

PROGRAMMA NUCLEARE SOSTENIBILE DELL'ITALIA

Copyright GHEZZI CHARLYE – 2026

PROGRAMMA NUCLEARE SOSTENIBILE DELL'ITALIA

VALUTAZIONE STRATEGICO-TECNICA

Classificazione: NON CLASSIFICATO / RISERVATO
Versione: 1.0 — Pacchetto di apertura certificato
Data limite di riferimento: 27 settembre 2026
Lingua: inglese

Copyright GHEZZI CHARLYE – 2026

Standard di valutazione: Valutazione strategica, tecnica, normativa e fiscale di livello governativo, basata su dati provenienti da IAEA, OCSE-NEA, parlamentari, regolamentari, imprese statali e fonti industriali primarie.

Ciclo di origine

[L] — Legge, atto parlamentare, verbale legislativo ufficiale, Corte costituzionale o Gazzetta ufficiale
[G] — Documentazione di programmi governativi, regolatori o statali
[I] — Documentazione dell'industria primaria, dell'operatore o dell'ente regolatore nucleare
[S] — Fonte secondaria tecnica o istituzionale autorevole
[M] — Articolo di stampa o dichiarazione pubblica attribuita non equivalente a una decisione giuridicamente vincolante
[U] — Giudizio analitico, incertezza, scenario o proposta contestata

“Le scelte energetiche non riguardano mai soltanto l’energia. Sono scelte che attengono alla sovranità, alla resilienza e al futuro che una nazione decide di costruire.”

✦

“L’autonomia strategica non è assenza di dipendenza. È la capacità di sceglierla, diversificarla e controllarla.”

✦

“Uno Stato non dovrebbe mai confondere la capacità di acquistare una tecnologia con quella di governarla.”

✦

“La sicurezza non è una caratteristica rivendicata da una tecnologia; è una prestazione comprovata dai fatti.”

✦

“I cicli politici si misurano in anni. I programmi nucleari si misurano in generazioni.”

Contents

Scopo, metodo e valore strategico di questo studio 55

SINTESI ESECUTIVA 70

TABELLA DECISIONALE ESECUTIVA 75

RIFERIMENTI — PACCHETTO DI APERTURA 77

CAPITOLO 1 — IL RESTAURO LEGALE E COSA PREVEDE CONCRETAMENTE LA LEGGE DEL 2026 80

1.1 Accertamento giuridico dell'esecutivo 80

1.2 L'orologio dei dodici mesi: cosa lo fa effettivamente iniziare 82

1.3 Cosa ha effettivamente delegato il Parlamento 85

1.4 Neutralità tecnologica: la legge definitiva è più ampia di una norma che si limita ai soli SMR. 87

1.5 Il programma nazionale diventerà lo strumento politico centrale 88

1.6 Ubicazione: il Parlamento ha autorizzato una procedura, non ha selezionato una sede. 90

1.7 La futura “autorizzazione integrata” non è una scappatoia in materia di sicurezza ambientale o nucleare. 91

1.8 L'ISIN non è ancora stato sostituito e non è ancora stata istituita una nuova autorità. 92

1.9 I referendum del 1987: cosa hanno effettivamente abolito 93

Effetti legali e politici del 1987 93

1.10 Il tentativo di ritorno al nucleare del 2009-2011 e il secondo referendum 94

1.11 Dottrina del referendum: il Parlamento può legiferare di nuovo, ma non può semplicemente annullare il referendum 95

1.12 I referendum creano dunque residui giuridici e residui politici, ma non sono la stessa cosa. 96

1.13 Rapporti tra Stato e regioni: nessun veto regionale generalizzato, ma nessuna esclusione legittima della partecipazione regionale 97

1.14 La legislazione dell'UE consente all'Italia di scegliere il nucleare, ma non esenta il nucleare dalla legislazione dell'UE 98

1.15 I requisiti Euratom iniziano prima dell'entrata in funzione 99

1.16 I rifiuti radioattivi rimangono legalmente collegati alle nuove costruzioni fin dall'inizio 99

1.17 Valutazione ambientale strategica: il programma nazionale non può essere concepito in un vuoto ambientale. 100

1.18 Valutazione di impatto ambientale a livello di progetto: un nuovo reattore non può sottrarsi ad essa tramite l'integrazione procedurale. 102

1.19 Tassonomia: cosa significa e cosa non significa la classificazione UE 102

La tassonomia dell'UE non costituisce: 103

1.20 La tassonomia crea uno specifico test di credibilità delle politiche sui rifiuti per l'Italia 103

1.21 Aiuti di Stato: il Parlamento ha autorizzato il sostegno futuro, ma non ha approvato un modello di finanziamento. 104

1.22 Il controllo degli aiuti di Stato dell'UE sarà una fase di progetto separata 106

1.23 Fondi pubblici stanziati: sono identificabili 67,5 milioni di euro, ma non si tratta di investimenti in conto capitale per il reattore. 107

1.24 La legge lascia deliberatamente irrisolta la questione del finanziamento centrale 108

1.25 La responsabilità dell'operatore è espressamente sancita dalla legge 109

1.26 Riconoscimento del lavoro di regolamentazione svolto all'estero: un acceleratore per l'ottenimento delle licenze, non un riconoscimento reciproco automatico 109

1.27 Stack minimo di approvazioni per un progetto futuro 111

1.28 Cosa deve essere completato durante il periodo del decreto delegato 112

1.29 Interruttori di sicurezza legali prima di un impegno FOAK italiano 114

1.30 Principali vulnerabilità giuridiche all'inizio del programma 115

1.31 Cosa è legale ora, cosa richiede un decreto e cosa richiede una licenza di progetto 117

1.32 Valutazione giuridica complessiva 119

CAPITOLO 1 — REGISTRO DELLA SORGENTE DI CARICO 121

CAPITOLO 2 — AUTORIZZAZIONE MULTILIVELLO, REGIONI E POLITICA DEL RIFIUTO 124

2.1 Risultati dell'analisi esecutiva 124

2.2 L'architettura costituzionale: l'energia nucleare attraversa contemporaneamente diverse competenze. 126

2.3 La Corte costituzionale ha già respinto una legislazione regionale unilaterale “senza nucleare”. 127

2.4 Sentenza n. 278/2010: la centralizzazione richiede una cooperazione leale 128

2.5 Sentenza n. 33/2011: la regione interessata non può essere ridotta a spettatrice 128

2.6 DDL 1924 incorpora tale giurisprudenza nella nuova delega 129

2.7 La Conferenza Unificata rappresenta quindi una vera e propria porta d'accesso al programma. 131

2.8 La consultazione istituzionale del 30 luglio 2025 ha anticipato la controversia centrale 131

2.9 Regioni a statuto speciale e province autonome 132

2.10 I comuni: politicamente indispensabili, costituzionalmente importanti, ma non costituiti come detentori assoluti del diritto di veto. 133

2.11 Una correzione critica: la “localizzazione volontaria” non è un concetto giuridico uniforme nella legge definitiva 134

Formula corretta 135

2.12 La consultazione pubblica è obbligatoria in linea di principio, ma la struttura esatta non è ancora definitiva. 135

2.13 Risarcimento: previsto per legge, non ancora quantificato 136

2.14 I meccanismi di compensazione preesistenti forniscono esperienza, ma non una formula automatica per le nuove costruzioni 137

2.15 MASE: responsabile della polizza e futuro punto di svolta amministrativo 138

2.16 ISIN rimane l'autorità esistente per la sicurezza nucleare al momento del taglio 139

2.17 La sicurezza nucleare è una condizione di blocco sostanziale, non semplicemente un'altra opinione delle parti interessate 141

2.18 ARERA: importante per l'economia nucleare tradizionale, non per l'ente regolatore della sicurezza nucleare 142

2.19 Sogin: operatore legacy e sviluppatore del repository, non automaticamente il futuro operatore del reattore 143

2.20 La distinzione tra localizzazione del reattore e localizzazione del deposito deve essere mantenuta 144

2.21 Posizioni regionali documentate sul quadro nucleare 2025-2026 145

2.22 Sardegna: due rifiuti separati non devono essere confusi 146

2.23 Toscana: l'opposizione istituzionale si è concentrata in modo sostanziale sulla governance 147

2.24 Umbria: rifiuto esplicito e ricorso costituzionale annunciato 148

2.25 Emilia-Romagna: Caorso non è automaticamente un sito nucleare riutilizzabile 149

2.26 Lombardia: il sostegno industriale non equivale al sostegno all'insediamento 150

2.27 L'opposizione al repository in altre regioni deve rimanere nella categoria del repository 151

2.28 Il rifiuto a livello regionale non può essere analizzato senza il rifiuto a livello comunale 151

2.29 Prima di procedere a un collegamento irreversibile tra fornitore e sito, è necessario effettuare una consultazione territoriale. 152

2.30 L'articolo 120 prevede che i poteri sostitutivi costituiscano un meccanismo eccezionale, non una semplice scorciatoia per la localizzazione. 153

2.31 “Veto” è il termine generico sbagliato per indicare il processo di approvazione. 154

2.32 Il contenzioso amministrativo costituirà un rischio normale del programma, non un evento eccezionale. 155

2.33 Il contenzioso costituzionale rimane un canale separato e potenzialmente più rilevante 156

2.34 L'organismo di regolamentazione stesso deve essere protetto dalle pressioni politiche territoriali e centrali. 156

2.35 Le agenzie ambientali regionali acquisiranno importanza operativa anche senza essere enti di regolamentazione nucleare. 157

2.36 La pianificazione delle emergenze aggiunge un ulteriore livello di interdipendenza tra Stato e territorio 158

2.37 La remunerazione dovrebbe essere sufficientemente trasparente da consentire il controllo della Corte dei conti. 159

2.38 La campagna informativa richiede una separazione istituzionale dalla consultazione 160

2.39 Prima di iniziare una seria ricerca di siti, è necessario un database territoriale nazionale. 161

2.40 Il rifiuto territoriale dovrebbe quindi essere classificato in base alla sua forza giuridica 162

2.41 Architettura di governance necessaria prima che il primo sito possa diventare “preferito” 163

2.42 Responsabilità minime nel futuro sistema di autorizzazione 165

2.43 Conflitti istituzionali critici da prevenire 166

2.44 Esposizione al contenzioso per fase del programma 167

2.45 Il programma non dovrebbe tentare di “risolvere” l’opposizione indebolendo la procedura territoriale 168

2.46 Matrice decisionale: cosa può e cosa non può fare una Regione 169

2.47 Matrice decisionale: cosa può e cosa non può fare un comune ai sensi della legge istitutiva vigente 170

2.48 Priorità di attuazione del governo per i primi dodici mesi 171

2.49 Valutazione complessiva 173

CAPITOLO 3 — SCHERMO DI PROTEZIONE: DOVE POTREBBE ESSERE INSTALLATO, FISICAMENTE E LEGALMENTE, IL PRIMO SMR ITALIANO 178

3.1 Risultati esecutivi 178

3.2 Insieme di riferimenti geografici 181

3.3 La corretta dottrina sull'ubicazione degli impianti nucleari 181

Valutazione dello schermo nazionale rispetto al sito nucleare 183

3.4 Dimensioni dello schermo 184

3.5 Sismicità: la classificazione ordinaria degli edifici non è sufficiente 186

3.6 Rischio di alluvioni e idrogeologico 187

3.7 La disponibilità di acqua è diventata una variabile di primaria importanza nella scelta del sito. 188

3.8 I siti costieri non sono automaticamente più al sicuro dai vincoli di acqua di raffreddamento 189

3.9 L'accesso alla griglia è un vantaggio, non un sostituto per uno studio della griglia 190

3.10 Popolazione e pianificazione delle emergenze 191

3.11 I rischi di origine antropica sono particolarmente importanti nelle aree industriali dismesse. 192

3.12 Logistica dei componenti pesanti 193

3.13 Valutazione ambientale e delle aree protette 194

3.14 Ex siti nucleari: perché meritano di essere esaminati e perché non godono di alcun diritto acquisito 195

3.15 Montalto di Castro: il sito industriale dismesso più insolito del patrimonio nazionale. 196

3.16 Trino — forte eredità nel settore nucleare e delle telecomunicazioni, difficile questione idrica 197

3.17 Latina / Borgo Sabotino — storia nucleare e nodo strategico della rete elettrica 198

3.18 Caorso — preziose prove infrastrutturali, contesto di localizzazione insolitamente difficile 200

3.19 Garigliano — sito del reattore storico con un carico di rischio esterno più elevato da risolvere 201

3.20 Civitavecchia / Torrevaldaliga Nord — una potente logica industriale, un futuro post-carbone competitivo 202

3.21 Brindisi / Cerano — importanti infrastrutture di rete e portuali all'interno di un territorio industriale con problemi ambientali. 203

3.22 Fiume Santo / Porto Torres — logistica eccellente, sistema insulare e complessità di governance 204

3.23 Porto Tolle: perché un'area dismessa può perdere il suo apparente vantaggio infrastrutturale 205

3.24 I siti nucleari non destinati alla produzione di energia non devono essere confusi con le ex centrali elettriche 206

3.25 Matrice comparativa delle evidenze nazionali 207

3.26 Confronto tra famiglie di siti 208

3.27 Perché lo schermo non può utilizzare un'ipotesi di raffreddamento nazionale 211

3.28 Il clima futuro deve essere integrato nella progettazione 211

3.29 Un primo SMR e una flotta richiedono test in loco diversi 212

3.30 Gli ex siti termici dovrebbero essere sottoposti a una “verifica di fattibilità dei siti dismessi” 213

3.31 Nessuna falsificazione della precisione GPS 214

3.32 Pacchetto minimo di indagine di Fase II 215

3.33 Proprietari dei dati per la fase successiva 218

3.34 Requisiti probatori prima che un sito ottenga l'autorizzazione formale 219

3.35 Conclusione comparativa nazionale 219

CAPITOLO 3 — REGISTRO DELLA SORGENTE DI CARICO 221

CAPITOLO 4 — LA BASE INDUSTRIALE NUCLEARE ITALIANA COSÌ COM'È, NON COME LA DESCRIVONO I TITOLI DI STAMPA 225

4.1 Risultati dell'esecuzione 225

4.2 Perché la narrazione delle “500 aziende” è analiticamente insicura 228

Regola di segnalazione corretta 229

4.3 Metodologia di qualificazione utilizzata in questo capitolo 229

4.4 Mappa industriale consolidata 231

4.5 Nuclitalia — veicolo nazionale di selezione tecnologica, non un produttore italiano di reattori. 235

4.6 Enel — sponsor industriale e azionista di maggioranza di Nuclitalia 236

4.7 Edison: creatore di programmi commerciali, non produttore di NSSS..... 236

4.8 Ansaldo Nucleare: il centro di gravità della filiera italiana della fissione nucleare 237

4.9 Westinghouse Electric Italy: un vero e proprio asset di produzione pesante nel settore nucleare. 239

4.10 Walter Tosto — fabbricazione pesante nucleare supportata da una certificazione nucleare effettiva 240

4.11 ATB Riva Calzoni — apparecchiature a pressione del reattore e contenitori ... 241

4.12 SIMIC — uno dei più importanti produttori italiani di fusione in Europa, ora in possesso anche di prove sulla fissione..... 242

4.13 FOMAS — capacità di forgiatura strategica 243

4.14 Arvedi AST — capacità metallurgica nucleare sostanziale, ma lo stato di certificazione deve essere riconvalidato..... 244

4.15 Tectubi Raccordi — uno degli specialisti di PMI/medie dimensioni più qualificati nel settore nucleare..... 245

4.16 IBF / Tubacex — componenti specializzati per tubazioni e circuiti di raffreddamento 246

4.17 Belleli Energy — capacità di produzione nucleare effettiva, ma la qualificazione deve essere specifica per contratto..... 247

4.18 SIET — una rara risorsa strategica per i test nucleari..... 248

4.19 Sogin — L'operatore italiano del ciclo di vita nucleare 249

4.20 Nucleco — capacità specialistica nella gestione dei rifiuti e nello smantellamento..... 250

4.21 RINA — infrastruttura di qualificazione anziché fabbricazione di componenti 251

4.22 ENEA — la spina dorsale della ricerca statale..... 252

4.23 CIRTEN — la rete accademica di competenza nucleare 254

4.24 newcleo — Proprietà intellettuale relativa a reattori con legami con l'Italia, ma non fornitore di reattori operativi. 255

4,25 ASG Superconductors — Produttore strategico italiano di magneti per la fusione nucleare 256

4.26 Eni — industrializzazione della fusione, non produzione di reattori a fissione . 257

4.27 Fincantieri — integratore nucleare navale credibile, non ancora cantiere navale qualificato per il nucleare. 258

4.28 MAIRE / NEXTCHEM — integrazione industriale attorno al calore nucleare e all'idrogeno 259

4.29 Leonardo — azionista strategico con capacità di trasferimento di sistemi, non ancora un fornitore definito di reattori 260

4.30 Valvole e attuatori: una probabile opportunità di localizzazione, ma una sfida di qualificazione..... 261

4.31 Saipem e Webuild: la capacità di gestire grandi progetti non deve essere confusa con la qualificazione nucleare. 262

4.32 L'esercitazione sulla catena di approvvigionamento del Politecnico di Milano conferma la profondità industriale 263

4.33 Le imprese italiane sono già coinvolte in programmi nucleari stranieri..... 264

4.34 La fusione rappresenta una parte importante della capacità industriale nucleare italiana, ma non può essere conteggiata come capacità di produzione di reattori ad acqua leggera (LWR). 265

4.35 La sovranità sul ciclo del combustibile rimane il più grande ostacolo industriale mancante 266

4.36 La strumentazione e il controllo digitali rappresentano una probabile lacuna in termini di capacità, a meno che non siano collegati a una piattaforma di reattore autorizzata. 268

4.37 La reale opportunità di localizzazione è molto maggiore nel settore degli impianti ausiliari che in quello della proprietà intellettuale dei reattori. 269

4.38 La qualificazione non può essere creata per decreto..... 270

4.39 I codici nucleari rappresentano una barriera industriale all'ingresso 271

4.40 Matrice di qualificazione a livello aziendale per la localizzazione di prima fase 272

4.41 È probabile che i colli di bottiglia nella catena di approvvigionamento emergano per primi 274

4.42 Il problema della qualificazione è più rilevante per le PMI che per i grandi gruppi industriali..... 276

4.43 Cernavodă riveste un'importanza strategica come ponte di qualificazione 277

4.44 L'Italia dovrebbe perseguire, ove possibile, la filosofia "esportare prima di FOAK". 278

4.45 La geografia industriale è già concentrata 279

4.46 Le richieste di indennità di lavoro devono distinguere tra i lavori attuali e i lavori derivanti da scenari indotti. 281

4.47 Il vincolo della forza lavoro è quindi qualitativo prima di essere quantitativo .. 282

4.48 La capacità nucleare navale deve rimanere separata dalla prontezza operativa dei reattori terrestri. 283

4.49 La posizione strategica più forte dell'Italia potrebbe essere quella di potenza componente dell'Europa..... 284

4.50 La politica industriale non dovrebbe tentare l'autarchia artificiale..... 285

4.51 Segmentazione raccomandata della catena di fornitura per gli acquisti..... 286

4.52 Censimento minimo dei fornitori che lo Stato dovrebbe costruire 288

4.53 Lacune industriali strategiche 289

4.54 Cosa potrebbe realisticamente produrre in Italia un LWR-SMR da 300 MWe .. 290

4.55 Cosa cambia un percorso LFR italiano 291

4.56 Conclusioni industriali..... 293

CAPITOLO 4 — REGISTRO DELLA SORGENTE DI CARICO 295

CAPITOLO 5 — LA REALTÀ GLOBALE DI SMR/AMR E LE PROGETTI CHE L'ITALIA PUÒ CONCRETAMENTE SCEGLIERE 299

5.1 Risultati esecutivi..... 299

5.2 Classificazione della prontezza utilizzata in questo capitolo..... 303

5.3 La realtà globale al momento del taglio..... 304

5.4 Matrice di progettazione consolidata 306

5.5 BWRX-300 — attualmente il riferimento di costruzione più forte del West..... 310

5.6 Holtec SMR-300: un serio contendente per i reattori PWR, ma ancora prima della piena realizzazione del nucleo. 313

5.7 Westinghouse AP300: un pedigree di tutto rispetto, ma finora scarse evidenze di impiego sul campo. 316

5.8 NUWARD — il percorso industriale bilaterale italiano più solido, ma non ancora un progetto con licenza matura 318

5.9 Rolls-Royce SMR: non più solo un'offerta, ma qualcosa di più grande della semplice abbreviazione politica italiana. 320

5.10 NuScale US460 — la più forte approvazione di design generico negli Stati Uniti, le prove FOAK attuali più deboli 322

5.11 Xe-100: modulo da 80 MWe altamente rilevante, ma il combustibile rappresenta il vincolo strategico. 324

5.12 Natrium: il programma occidentale più avanzato per la costruzione di reattori veloci. 326

5.13 newcleo LFR-AS-200: il più forte candidato italiano per un reattore commerciale avanzato. 328

5.14 EAGLES-300 — Sovranità tecnologica italiana con un esplicito orologio più lungo 331

5.15 ACP100 / Linglong One — Il reattore SMR raffreddato ad acqua di riferimento più importante della Cina 333

5.16 HTR-PM — dati operativi, ma non un modello di approvvigionamento occidentale diretto 335

5.17 Reattori modulari di piccole dimensioni russi: dati operativi che l'Italia dovrebbe studiare, ma da non confondere con un acquisto realistico. 336

5.18 Corea — SMART100 come comparatore tecnicamente credibile da 110 MWe 337

5.19 CAREM25 — importante termine di paragone storico, ma al di sotto della fascia di potenza richiesta 338

5.20 La banda 50–200 MWe è tecnologicamente diversificata 339

5.21 La classe 300–400 MWe è quella in cui il dibattito italiano sugli appalti a breve termine diventa più concreto. 340

5.21.1 Perché questo intervallo di capacità è importante per l'Italia 341

5.21.2 I sei progetti rilevanti si trovano in fasi molto diverse 343

La sola classe di output dice ben poco sulla maturità dell'implementazione. 344

5.21.3 BWRX-300 — il principale riferimento costruttivo occidentale attualmente in uso in questa classe 344

5.21.4 Holtec SMR-300 — basato su un reattore PWR convenzionale, ma ancora in fase di sviluppo nell'ambito del programma FOAK. 346

5.21.5 AP300 — una solida eredità tecnologica e un legame insolitamente diretto con la produzione italiana. 347

5.21.6 EAGLES-300 — stessa classe di potenza, programma fondamentalmente diverso 347

5.21.7 Natrium: il reattore avanzato più maturo del confronto, ma non un normale SMR da 345 MWe 349

5.21.8 NUWARD — l'architettura industriale franco-italiana più forte in assoluto, ma attualmente un programma di progettazione e sviluppo 351

5.21.9 Confronto di maturità: la distinzione fondamentale 353

5.21.10 Confronto tra catene di alimentazione 355

5.21.11 Collegamento industriale italiano 356

5.21.12 Granularità del capitale: cosa significa realmente "progetto di dimensioni ridotte" 358

5.21.13 Conseguenza della rete: 300–400 MWe offre granularità ma non rende banale l'integrazione nella rete 359

5.21.14 Logica di sostituzione dei siti contaminati 359

5.21.15 La cogenerazione e i carichi industriali distinguono alcuni progetti 360

5.21.16 Trasferibilità normativa in Italia 361

5.21.17 Categorie di predisposizione agli appalti 361

5.21.18 Matrice di fasi decisionali specifica per l'Italia 364

5.21.19 L'errore più importante in materia di appalti sarebbe quello di trattare la scadenza come un singolo numero 365

5.21.20 Un appalto governativo dovrebbe richiedere prove a livello di sottosistema 366

5.21.21 La fascia 300–400 MWe non elimina la sfida su scala di flotta 367

5.21.22 La questione relativa agli appalti per l'Italia non è quindi "quale reattore da 300 MWe?" 367

5.21.23 Valutazione finale 368

5.21 — REGISTRO DELLA SORGENTE DI CARICO 370

5.22 La "costruzione in fabbrica" rimane un'ipotesi che deve essere dimostrata su scala di flotta. 372

5.22.2 La costruzione modulare in sé non è una novità per l'energia nucleare 375

5.22.3 La logica economica inizia con la perdita delle economie di scala 376

5.22.4 L'“effetto serie” 377

5.22.5 I tassi di apprendimento derivanti dalla costruzione di aeromobili e navi non possono essere semplicemente inseriti in un modello finanziario SMR 378

5.22.6 Le prime unità potrebbero effettivamente essere più costose perché il modello di fabbrica stesso deve essere creato 379

5.22.8 La strategia della Commissione europea dimostra che il sistema di produzione di flotte non è ancora maturo. 381

5.22.9 L'OCSE-NEA sta ancora studiando come dovrebbe funzionare l'economia delle fabbriche su larga scala. 382

5.22.10 Nessuna serie commerciale occidentale di reattori SMR ha ancora prodotto la curva dei costi richiesta 382

5.22.11 Dati attuali per programma 383

5.22.12 Darlington è il test empirico più importante a breve termine 384

5.22.13 I dati che l'Italia dovrebbe richiedere a Darlington e ad altre flotte di riferimento 385

5.22.14 Rolls-Royce fornisce la strategia di fabbrica europea più chiara, ma rimane in fase di pre-serie 386

5.22.15 La standardizzazione è il prerequisito nascosto 387

5.22.16 L'ingegneria specifica per il sito rimane un limite inferiore per la standardizzazione 388

5.22.17 La standardizzazione normativa è importante quanto la standardizzazione meccanica. 388

5.22.18 La supervisione normativa sulle fabbriche crea nuovi problemi anziché eliminare la regolamentazione 389

5.22.19 La produzione su misura crea una questione legale particolarmente importante 390

5.22.20 L'economia di fabbrica richiede una dimensione di mercato sufficiente per un modello 390

5.22.21 La decisione della Commissione di concentrare il sostegno su un numero minore di progetti è economicamente razionale 391

5.22.22 L'involucro italiano da 8 a 16 GW è teoricamente abbastanza grande da essere rilevante, ma solo se standardizzato 391

5.22.23 Una flotta europea potrebbe essere più importante di una flotta italiana 393

5.22.24 I protocolli d'intesa non devono essere considerati ordini di fabbrica 394

5.22.25 L'utilizzo della fabbrica è la variabile commerciale critica 395

5.22.26 Le lacune nella produzione possono compromettere la curva di apprendimento 396
5.22.27 Una modifica del progetto può azzerare la curva di apprendimento 396
5.22.28 Il “divario FOAK-NOAK” deve essere misurato, non ipotizzato. 398
5.22.29 Le prime unità di fabbrica possono avere un sovrapprezzo 399
5.22.30 L'Italia può importare la curva di apprendimento 399
5.22.31 Ma i costi FOAK specifici per paese rimangono 400
5.22.32 Pertanto, è necessario monitorare quattro curve di apprendimento distinte. 401
5.22.33 La trasportabilità crea un limite fisico alla modularizzazione della fabbrica 401
5.22.34 La produzione in fabbrica sposta, anziché eliminare, il rischio di qualità 402
5.22.35 La produzione su scala di flotta crea un rischio di concentrazione della catena di approvvigionamento 402
5.22.36 La politica industriale italiana non dovrebbe costruire una fabbrica di moduli per reattori prima che esista la domanda 403
5.22.37 Le fabbriche di componenti potrebbero essere razionalizzate prima delle fabbriche di reattori completi 405
5.22.38 Le fabbriche multi-design possono ridurre il problema degli asset non recuperabili 406
5.22.39 Anche la produzione in fabbrica modifica le tempistiche di finanziamento 406
5.22.40 L'economia di fabbrica e il finanziamento dei progetti sono quindi collegati 407
5.22.41 L'Italia dovrebbe richiedere un livello di prontezza industriale separato dal TRL 407
5.22.42 Proposta italiana di “Test di verifica dell’economia di fabbrica” 408
5.22.43 Trattamento del prezzo di offerta in Italia 409
5.22.44 L'analisi di sensibilità dovrebbe rimuovere esplicitamente l'apprendimento di fabbrica 409
5.22.45 Un terzo caso dovrebbe testare la produzione interrotta 411
5.22.46 L'economia di fabbrica è più forte quando la flotta è allineata a quella multinazionale. 411
5.22.47 Cosa costituirebbe una prova convincente entro i primi anni 2030? 412

5.22.48 Cosa *non* proverebbe l'economia di fabbrica 412
5.22.49 Scala delle prove governative 413
5.22.50 Conseguenze per il primo reattore in Italia 413
5.22.51 Conseguenza per l'inviluppo PNIEC 8–16 GW 414
5.22.52 Implicazioni per gli appalti 415
5.22.53 Implicazioni industriali per l'Italia 416
5.22.54 Valutazione finale 417
5.22 — REGISTRO DELLA SORGENTE DI CARICO 419
5.23 La biforcazione tecnologica chiave è in realtà il carburante 421
5.24 HALEU è una dipendenza strategica, non una nota a piè di pagina 422
5.25 MOX crea una proposta di sovranità diversa 423
5.26 In Italia i reattori SMR raffreddati ad acqua godono di un vantaggio in termini di licenze. 424
5.27 I reattori raffreddati a piombo massimizzano la proprietà intellettuale italiana 425
5.28 I reattori ad alta temperatura creano opportunità per il calore industriale 426
5.29 Il sistema di accumulo di Natrium crea una proposta di rete unica 427
5.30 Passaporto di abilitazione: concetto utile, slogan pericoloso 428
5.31 L'Italia dovrebbe utilizzare FOAK stranieri come parte del suo programma di test 429
5.32 La selezione della tecnologia dovrebbe utilizzare un processo a due fasi 430
5.33 Schermata di prontezza proposta per un primo FOAK italiano 431
5.34 Perché la maturità del BWRX-300 non lo rende automaticamente la scelta dell'Italia 432
5.35 Perché il legame di NUWARD con l'Italia non garantisce il 2035 432
5.36 Perché newcleo non può essere definito "disponibile ora" 433
5.37 Perché la fusione non rientra nella rosa dei candidati per gli appalti dei reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) degli anni 2030 433
5.38 La politica industriale dell'UE cambia il contesto 434
5.39 La politica industriale dell'UE mette in guardia anche contro la dipendenza strategica da un unico fornitore. 435
TABELLE COMPARATIVE — PRONTEZZA IN MATERIA DI CARBURANTE, LICENZE E APPROVVIGIONAMENTI 436
Tabella 5.23-A — Le tre architetture di combustibile rilevanti per l'Italia 436

Tabella 5.23-B — Architettura del combustibile in base alla progettazione del reattore 438
Tabella 5.24-A — Catena di rischio per la sicurezza del carburante 440
Tabella 5.24-B — Perché HALEU merita un premio di rischio italiano separato ... 441
Tabella 5.25-A — Opportunità di sovranità MOX rispetto alla complessità del programma 444
Tabella 5.26-A — Familiarità con la fisica dei reattori rispetto agli oneri di autorizzazione italiani 446
Tabella 5.27-A — Compromesso strategico 447
Tabella 5.28-A — Proposta di valore di HTGR per l'Italia 450
Tabella 5.29-A — Proposta del sistema Natrium 451
Tabella 5.30-A — Cosa può e cosa non può fare una licenza estera per l'Italia 452
Tabella 5.31-A — Cosa dovrebbe imparare l'Italia prima di impegnarsi 454
Tabella 5.32-A — Porta 1: schermo di eliminazione 455
Tabella 5.32-B — Porta 2: confronto delle tecnologie sopravvissute 457
Tabella 5.33-A — Portafoglio italiano di monitoraggio tecnologico 458
Tabella 5.34-A — Perché la sola maturità non può determinare la scelta tecnologica dell'Italia 459
Tabella 5.34-B — Affermazioni che i documenti governativi dovrebbero evitare .. 461
Tabella 5.38-A — Strategia UE per i reattori modulari di piccole dimensioni al 2026 e implicazioni per l'Italia 463
Tabella 5.39-A — Cosa deve negoziare l'Italia oltre al prezzo del reattore 464
Tabella 5.39-B — Prove richieste prima dell'impegno irreversibile in Italia 469
5.40 La data di consegna della prima unità deve essere espressa come intervalli di confidenza, non come promesse del fornitore. 473
5.41 Matrice italiana del contenuto industriale 474
5.42 Matrice di sicurezza del carburante 475
5.43 Le conseguenze in termini di rifiuti non possono essere ridotte a "I SMR producono meno rifiuti" 476
5.44 Le implicazioni relative al raffreddamento e al sito differiscono sostanzialmente 476
5.45 Implicazioni per la formazione degli operatori 477
5.46 Il vendor lock-in deve essere valutato esplicitamente 477

5.47 Una selezione interna italiana credibile non dovrebbe contenere venti tecnologie 478
5.48 Struttura della lista ristretta LWR a breve termine: non una classifica 479
5.49 Tracciato del reattore avanzato 480
5.50 Interruttori di sicurezza per gli acquisti 480
5.51 Implicazioni per lo scenario italiano più precoce 2034-2036 481
5.52 Implicazioni per lo scenario centrale 2037-2040 481
5.53 Implicazioni oltre il 2040 483
5.54 Valutazione complessiva della tecnologia 483
CAPITOLO 5 — REGISTRO DELLA SORGENTE DI CARICO 486
CAPITOLO 6 — CICLO DEL CARBURANTE, RIFIUTI RADIOATTIVI E IL DEPOSITO NAZIONALE SCOMPARSO 491
6.1 Risultati dell'analisi esecutiva 491
6.2 “I rifiuti radioattivi” non sono un materiale 494
6.3 Il combustibile esaurito e i rifiuti altamente attivi sono categorie giuridiche correlate ma non identiche 496
6.5 Circa il 99% ha lasciato l'Italia per essere riprocessato, ma ciò non chiude la responsabilità 498
6.6 Il combustibile di Elk River dell'ITREC rappresenta un problema ereditario diverso 499
6.7 Rilavorazione all'estero: cosa ha effettivamente acquistato l'Italia 499
6.8 Inventario dei residui francesi 500
6.9 Inventario dei residui nel Regno Unito e accordo di sostituzione 500
6.10 L'obbligo di restituzione dei residui è attivo 501
6.11 L'orizzonte temporale del ritorno al 2025 mancato 502
6.12 Lo stoccaggio all'estero comporta già costi fiscali misurabili 503
6.13 Il ritardo ha un meccanismo di costi ricorrenti 504
6.14 Il National Repository: cos'è realmente 505
6.15 Il National Repository non è un deposito geologico profondo 506
6.16 Il volume attuale del deposito: 98.000 m^3 non è lo stesso dell'inventario odierno. 507
6.17 Il volume aumenterà con il progredire dello smantellamento 509
6.18 Siti nucleari Sogin esistenti 510

6.19 I punti di stoccaggio temporanei sono necessari ma non rappresentano lo stato finale nazionale auspicato 511

6.20 La disattivazione è completa al 47,7%, ma il repository rimane una dipendenza di sistema 512

6.21 CNAI: 51 aree candidate, non 51 siti selezionati..... 512

6.22 Nessun comune si è offerto volontario..... 513

6.23 Il processo della CNAI rimane attivo a settembre 2026..... 513

6.24 L'opposizione di Viterbo/Toscia resta tecnicamente organizzata 514

6.25 Obiettivo del repository: il 2039 è un obiettivo dell'operatore, non una data di completamento autorizzata. 514

6.26 L'intervento di ARERA del 2026 dimostra che il finanziamento dei progetti di gestione dei rifiuti è sottoposto a verifiche approfondite. 515

6.27 Il deposito geologico mancante rappresenta la lacuna più ampia a lungo termine 516

6.28 Lo stoccaggio temporaneo per 50-100 anni non equivale allo smaltimento.... 517

6.29 Non si può presumere che un deposito geologico internazionale appaia 518

6.30 La normativa UE impedisce all'Italia di considerare il trattamento dei dati all'estero come una via di fuga dalle proprie responsabilità. 519

6.31 Il nuovo quadro 2026 adotta esplicitamente la responsabilità del ciclo di vita 520

6.32 Le passività pregresse e le passività relative alle nuove costruzioni devono essere tenute finanziariamente separate..... 521

6.33 I prezzi dell'elettricità per le nuove costruzioni devono includere il back-end . 522

6.34 Architettura di finanziamento raccomandata per le nuove costruzioni..... 523

6.35 Un prelievo per MWh da solo potrebbe non essere sufficiente 524

6.36 La capacità del repository di nuova costruzione deve essere ridefinita 524

6.37 Il primo reattore non dovrebbe consumare la capacità del repository legacy senza allocazione trasparente 525

6.38 Mito sui rifiuti degli SMR: un reattore più piccolo non significa un carico di rifiuti proporzionalmente inferiore 526

6.39 SMR raffreddati ad acqua: back end familiare, non back end zero 527

6.40 Un maggiore grado di combustione modifica le caratteristiche dei rifiuti 528

6.41 Xe-100 e altri HTGR: TRISO risolve un problema e crea un'altra forma di rifiuto529

6.42 Natrium: smantellamento del sistema a sodio e combustibile avanzato..... 530

6.43 Reattori raffreddati a piombo: il piombo non è “il problema dei rifiuti”, ma crea un sistema di ciclo di vita distinto 531

6.44 MOX sposta la questione dal volume dei rifiuti alla complessità del ciclo del combustibile 532

6.45 Il ritrattamento non elimina lo smaltimento geologico 533

6.46 Selezione del reattore basata sui rifiuti 534

6.47 La standardizzazione dei rifiuti dovrebbe essere un requisito per gli appalti ... 535

Tabella 6.47-A — Informazioni sulla standardizzazione dei rifiuti richieste a ogni fornitore di reattori 538

Tabella 6.47-B — Implicazioni a valle di un'eccessiva diversità dei reattori 544

6.48 Il deposito nazionale non dovrebbe sostituire la pianificazione dei rifiuti del sito del reattore. 546

6.48.1 La capacità del sito del reattore inizia nel punto di generazione 548

6.48.2 L'operatore del reattore deve rimanere responsabile della qualità dell'imballaggio 549

6.48.3 L'archiviazione del sito deve essere una funzione di resilienza 550

Tabella 6.48-A — Resilienza minima dei rifiuti del sito del reattore da dimostrare in sede di rilascio della licenza FOAK 551

6.48.4 Il FOAK dovrebbe dimostrare l'indipendenza dalla puntualità del deposito 552

6.48.5 Lo stesso principio si applica al combustibile esaurito 554

6.48.6 L'esperienza già maturata dall'Italia dimostra l'importanza dello stoccaggio temporaneo 555

6.49 La capacità delle piscine di stoccaggio del combustibile esaurito non dovrebbe essere progettata in base a date di deposito ottimistiche. 556

6.49.1 Perché le date di archiviazione sono strutturalmente incerte 557

6.49.2 La progettazione della piscina dovrebbe preservare la flessibilità operativa 558

Tabella 6.49-A — Scenari di pianificazione del combustibile esaurito richiesti per l'ottenimento della licenza italiana 559

6.49.3 Il deposito per la piscina e il deposito a secco dovrebbero costituire un unico sistema integrato 560

6.49.4 I sistemi a duplice scopo meritano un esame particolarmente attento.... 561

6.49.5 L'espansione del pool non dovrebbe diventare la risposta predefinita 562

6.49.6 Ogni fornitore deve fornire un inventario completo del combustibile esaurito per un periodo compreso tra 60 e 80 anni. 562

6.49.7 L'esperienza storica dell'Italia si oppone direttamente alle ipotesi del just-in-time 564

6.50 La ricerca sullo smaltimento geologico dovrebbe iniziare prima che il FOAK produca combustibile esaurito 565

6.50.1 Lo smaltimento geologico è un programma, non un progetto di costruzione. 566

Tabella 6.50-A — Catena indicativa di sviluppo dello smaltimento geologico 567

6.50.2 L'Italia non deve confondere il Deposito Nazionale con il deposito geologico 568

6.50.3 L'approvvigionamento dei reattori e la ricerca e sviluppo del deposito devono comunicare fin dall'inizio 569

6.50.4 I reattori avanzati possono modificare, non eliminare, le questioni geologiche 570

6.50.6 La ricerca geologica precoce preserva le opzioni strategiche 571

6.50.7 Il programma geologico dovrebbe essere protetto dalla volatilità politica legata al ciclo del reattore. 573

6.50.8 Il finanziamento dovrebbe iniziare con la prima generazione di entrate nucleari 574

6.50.9 Il programma dovrebbe mantenere la possibilità di scelta tra smaltimento diretto e riciclaggio senza eludere la questione dello stato finale. 575

6.50.10 La decisione FOAK dovrebbe dare il via al programma geologico, non precederlo di decenni. 576

Tabella 6.50-B — Livello minimo di maturità del programma di smaltimento geologico in corrispondenza delle principali tappe fondamentali dei reattori 577

6.51 La condizione tassonomica del 2050 rende la pianificazione geologica economicamente rilevante già ora 581

6.52 Il deposito è necessario anche per la medicina e l'industria 582

6.53 I rifiuti preesistenti esistono indipendentemente dalla decisione politica del 2026 583

6.54 Il legame politico non può tuttavia essere ignorato 584

6.55 Finanziamento pregresso attuale: il contribuente si fa carico del programma storico 584

6.56 La nuova costruzione non deve riprodurre lo stesso trasferimento intergenerazionale 585
6.57 L'insolvenza dell'operatore deve essere pianificata per 585
6.58 La chiusura anticipata è il principale stress test di finanziamento 586
6.59 I costi di smaltimento geologico devono essere contabilizzati prima che esista un deposito geologico 586
6.60 Chi dovrebbe pagare cosa 587
6.61 La tariffazione dei depositi dovrebbe riflettere il carico radiologico, non solo i metri cubi 588
6.62 Il programma italiano richiede un unico conto consolidato dei materiali radioattivi 589
6.63 Fasi decisionali prima dell'autorizzazione di un FOAK italiano 590
6.64 I rifiuti dovrebbero essere inseriti nella gara d'appalto tecnologica come criterio di valutazione 592
6.65 La “minimizzazione dei rifiuti” non deve diventare un sostituto dello “smaltimento dei rifiuti”. 593
6.66 La strategia di riprocessamento per una nuova flotta non dovrebbe essere ereditata automaticamente dalla vecchia flotta 594
6.67 Il ritrattamento nazionale costituirebbe un secondo programma nucleare nazionale 595
6.68 Le politiche relative ai depositi e ai combustibili dovrebbero essere tecnologicamente neutrali, ma non cieche rispetto alla tecnologia. 596
6.69 Una strategia di flotta riduce la complessità del back-end 596
6.70 Lo smantellamento deve essere previsto nella progettazione dell'impianto ... 597
6.71 Le passività relative ai rifiuti devono essere iscritte nel registro dei rischi del bilancio statale anche quando finanziate privatamente. 597
6.72 Il programma attuale dimostra già il costo di una discrepanza nella pianificazione. 598
6.73 Valutazione complessiva 598
CAPITOLO 6 — REGISTRO DELLA SORGENTE DI CARICO 602
CAPITOLO 7 — IMPATTI SUL SISTEMA, SULL'AMBIENTE, SUI SISMICI E SULLA SICUREZZA 605
7.1 Risultati esecutivi 605

7.2 Il problema del sistema elettrico italiano è l'adeguatezza, la flessibilità e la geografia della rete, non solo l'energia annua 610

7.3 Il credito di capacità non corrisponde alla potenza nominale del reattore 612

7.4 Gli SMR possono ridurre la contingenza di singola unità, ma i siti multi-modulo creano un rischio correlato 613

7.5 Il nucleare e le energie rinnovabili sono complementari a livello di sistema, ma economicamente possono competere ora per ora 614

7.6 Il caricamento in base al carico è possibile per i reattori moderni, ma non è una flessibilità libera 615

7.7 Inerzia sincrona: utile, reale, ma non esclusiva del nucleare 616

7.8 Una flotta nucleare non elimina lo stoccaggio 617

7.9 Gli interconnettori rimangono strategicamente importanti 618

7.10 Il rafforzamento della rete rimane necessario anche con il nucleare 619

7.10.1 L'infrastruttura di trasmissione esistente è un vantaggio, non una prova della capacità di connessione 620

7.10.2 I siti del Capitolo 3 possiedono un importante contesto di trasmissione, ma ciascuno richiede ancora un nuovo studio Terna 622

7.10.3 La capacità di trasmissione termica è solo il primo test 624

7.10.4 L'analisi N-1 diventa particolarmente importante per i grandi siti multi-unità 625

7.10.5 La stabilità della tensione deve essere valutata separatamente dal trasporto di potenza attiva. 627

7.10.6 La capacità di cortocircuito può diventare una condizione limitante 628

7.10.7 La stabilità transitoria deve essere dimostrata 629

7.10.8 La perdita di alimentazione deve essere valutata come un evento di sistema 630

7.10.9 L'interazione con i sistemi HVDC deve diventare una specifica categoria di studio italiana 631

7.10.10 La coda di connessione deve essere modellata alla futura data di messa in servizio 632

Tabella 7.10-B — Scenari minimi per la valutazione della connessione alla rete nucleare 632

7.10.11 Anche i requisiti di alimentazione fuori sede rendono la rete di trasmissione parte della sicurezza nucleare 633

7.10.12 Il nucleare dovrebbe quindi diventare un elemento da considerare nella pianificazione di Terna prima del completamento dell'approvvigionamento dei reattori. 634

Tabella 7.10-C — Dati di griglia specifici per il settore nucleare richiesti prima della selezione del sito 635

7.11 I data center rappresentano un carico emergente importante, ma la coda di connessione non deve essere interpretata in modo errato. 636

7.11.2 Le code di connessione contengono opzioni strategiche 638

7.11.3 Ma la coda non è priva di significato 639

7.11.4 Anche la distribuzione geografica è importante 639

7.11.5 La domanda dei data center dovrebbe essere suddivisa in classi di maturità 640

Tabella 7.11-A — Classificazione di maturità proposta per la domanda di rete dei data center 640

7.11.6 Il numero rilevante è in definitiva l'energia e la potenza 642

7.11.7 La pianificazione a griglia si trova di fronte a una difficile asimmetria 643

7.11.8 I centri dati dovrebbero essere inclusi negli scenari relativi ai siti nucleari, ma non conteggiati come clienti garantiti. 644

7.12 Le centrali nucleari e i centri dati possono essere tecnicamente compatibili . 645

7.12.1 Perché il profilo di carico può essere interessante 645

7.12.2 La compatibilità commerciale è diversa dalla co-locazione elettrica 646

Tabella 7.12-A — Architetture di alimentazione per centrali nucleari/centri dati . 646

7.12.3 “Dietro il contatore” non significa “senza griglia” 647

7.12.4 Il funzionamento in isola richiederebbe un caso tecnico separato 648

7.12.5 Le interruzioni di servizio delle centrali nucleari devono essere integrate nell'architettura del data center. 649

7.12.6 Un data center non è automaticamente un carico perfettamente piatto .. 650

7.12.7 La co-localizzazione può ridurre alcuni flussi di rete, ma può aumentare il rischio di concentrazione locale 651

7.12.8 I confini di sicurezza nucleare devono rimanere indipendenti 652

7.12.9 La struttura commerciale è importante quanto la compatibilità tecnica .. 652

Tabella 7.12-B — Matrice di due diligence per impianti nucleari e centri dati..... 653

7.13 Il tempismo è fondamentale: il nucleare non può risolvere l'immediata coda dei data center in Italia 654

7.13.1 Il percorso ufficiale dell'Italia verso il nucleare è successivo al 2030 654

7.13.3 La gestione delle connessioni a breve termine richiede soluzioni a breve termine 656

7.13.4 L'energia nucleare potrebbe diventare rilevante per il sistema di carico strutturale post-2035..... 657

7.13.5 La corretta sequenza di pianificazione è quindi cronologica 658

7.13.6 Non si dovrebbe ritardare la connessione al data center presumendo che l'energia nucleare arriverà più tardi 659

7.13.7 Né un SMR dovrebbe essere giustificato utilizzando speculazioni sulla futura domanda di data center. 659

7.13.8 Le infrastrutture nucleari e digitali dovrebbero comunque essere pianificate insieme fin da ora..... 660

Tabella 7.13-A — Uso corretto delle prove provenienti dai centri dati in base alla fase decisionale in materia nucleare 661

7.14 Il calore industriale potrebbe aumentare il valore del sistema del reattore..... 662

7.14.1 L'efficienza basata esclusivamente sull'elettricità non tiene conto dell'energia utile totale 663

7.14.2 Ma il calore utile ha valore solo quando esiste un cliente 664

7.14.3 Il calore non può essere trasportato come l'elettricità..... 664

7.14.4 La scelta del sito dovrebbe quindi basarsi sulla domanda termica..... 665

7.14.5 L'Italia ha diverse classi rilevanti di domanda di calore industriale 666

Tabella 7.14-A — Concetto di grado termico per l'ubicazione dei reattori..... 667

7.14.6 L'estrazione del vapore comporta un costo opportunità dell'elettricità.... 667

7.14.7 La domanda industriale e la domanda di reattori devono essere abbinate dinamicamente 668

7.14.8 Potrebbero essere necessari sistemi di riscaldamento intermedi 669

7.14.9 La desalinizzazione è particolarmente dipendente dal sito..... 670

7.14.10 L'idrogeno introduce diversi percorsi nucleari..... 670

7.14.11 L'idrogeno può risolvere in parte il problema della distanza termica, ma aggiunge costi di conversione 671

7.14.12 Il calore industriale potrebbe modificare sostanzialmente l'attrattiva relativa dei siti..... 672

Tabella 7.14-B — Dati relativi al calore industriale richiesti per ciascun sito nucleare candidato 673

7.14.13 L'integrazione termica può creare un cluster industriale più forte, ma anche una maggiore interdipendenza reciproca. 674

7.14.14 Il calore dovrebbe essere integrato nella valutazione del sito, non una giustificazione aggiunta in seguito. 675

7.15 Il calore del reattore LWR e il calore del reattore avanzato non sono intercambiabili 676

7.15.1 I reattori ad acqua leggera occupano l'estremità a bassa temperatura dello spettro della cogenerazione nucleare. 676

7.15.2 Le famiglie di reattori ad alta temperatura espandono sostanzialmente l'intervallo di calore di processo 677

7.15.3 Xe-100 dimostra chiaramente la differenza 677

7.15.4 Ma la capacità termica e la prontezza di implementazione si muovono su assi diversi..... 679

Tabella 7.15-A — Capacità termica rispetto alle variabili di impiego 679

7.15.5 L'Italia dovrebbe quindi respingere una classificazione unidimensionale dei reattori 680

7.15.6 La temperatura del reattore non è necessariamente la temperatura erogata al cliente 680

7.15.7 Il calore industriale deve essere valutato presso il cliente 681

7.15.8 Il calore di processo LWR può ancora risultare economicamente dominante laddove il cliente non necessiti di alte temperature..... 682

7.15.9 La capacità di operare ad alta temperatura dovrebbe essere valorizzata solo laddove esista un acquirente in grado di operare ad alta temperatura. 682

Tabella 7.15-B — Logica di punteggio proposta per il potere calorifico..... 683

7.15.10 Il calore avanzato introduce anche ulteriori questioni relative all'interfaccia nucleare-industriale 683

7.15.11 Non si dovrebbe permettere che la cogenerazione indebolisca il quadro di sicurezza del reattore. 685

7.15.12 Il programma nazionale necessita quindi di due diversi punteggi di prontezza 686

7.15.13 Il reattore ottimale può quindi variare a seconda del sito italiano 687

7.16 L'idrogeno non fa automaticamente scomparire la scarsa redditività dei reattori. 692

7.17 La co-localizzazione industriale crea ulteriori rischi esterni 693

7.18 L'acqua è un vincolo di progettazione per l'intero ciclo di vita. 694

7.19 Anche il caldo mediterraneo rappresenta un problema di efficienza termica . 695

7.20 Raffreddamento a passaggio singolo: prelievo massimo, forte dipendenza dal dissipatore di calore 696

7.21 Torri a ricircolo umido: minore prelievo, maggiore consumo 697

7.22 Raffreddamento a secco: una vera opzione per la resilienza alla siccità, non una soluzione gratuita 698

7.23 Il raffreddamento a secco non elimina il dissipatore di calore finale nucleare 699

7.24 Gli scambi di raffreddamento costieri comportano un rischio di siccità per il rischio marino e costiero..... 700

7.25 Gli impatti ambientali durante il normale funzionamento rimangono significativi 701

7.26 La sicurezza sismica non può essere ridotta alla mappa delle zone sismiche comunali italiane..... 702

7.27 La valutazione probabilistica del rischio sismico deve essere specifica per il reattore e per il sito. 703

7.28 L'idrogeologia è parte integrante della sicurezza, non si limita all'ottenimento dei permessi ambientali. 704

7.29 I rischi climatici devono essere trattati come rischi variabili..... 705

7.30 I pericoli complessi contano più dei pericoli isolati 706

7.30.1 I rischi composti devono essere suddivisi in diverse categorie causali..... 708

Tabella 7.30-A — Tassonomia dei composti pericolosi per la sicurezza nucleare 708

7.30.2 Fukushima ha dimostrato il pericolo di considerare i livelli di difesa come indipendenti, quando un singolo pericolo può neutralizzarne diversi contemporaneamente..... 710

7.30.3 Il diritto italiano incorpora già il principio di difesa in profondità successivo al disastro di Fukushima. 712

7.30.4 Terremoto + interruzione dell'alimentazione elettrica esterna è uno scenario combinato fondamentale 713

7.30.5 Il rischio di terremoto e tsunami deve essere valutato per ogni sito costiero candidato in cui il pericolo è fisicamente credibile..... 714

7.30.7 Inondazione + danneggiamento della strada di accesso devono essere trattati come uno scenario di sicurezza nucleare, non solo come un inconveniente di ingegneria civile 717

7.30.8 Ondata di calore + siccità + picco di domanda di elettricità: uno scenario di particolare importanza per i sistemi italiani 718

7.30.9 Il sistema di raffreddamento deve pertanto essere testato rispetto a condizioni climatiche composte. 719

7.30.10 Incendi boschivi + perdita di linea di trasmissione meritano un trattamento esplicito 721

7.30.11 I pericoli causati dall'uomo possono sommarsi agli eventi naturali 722

7.30.12 I reattori SMR multi-modulo rendono l'analisi delle cause comuni più importante, non meno. 723

Tabella 7.30-B — Test di indipendenza per un sito SMR italiano multi-modulo ... 724

7.30.13 Il dissipatore di calore definitivo deve essere valutato su base globale. . 726

7.30.14 Le risorse di emergenza devono essere dimensionate anche per far fronte alla domanda simultanea 726

7.30.15 I rischi composti richiedono un'analisi deterministica e probabilistica congiunta 728

7.30.16 Gli “effetti a strapiombo” sono particolarmente importanti 729

7.30.17 Bisogna considerare l'evoluzione del rischio nell'arco di 60-80 anni 730

7.30.18 La pianificazione delle emergenze deve presupporre che il disastro naturale possa essere ancora in corso. 731

7.30.19 Matrice minima di rischio composto richiesta prima di ottenere una licenza FOAK italiana 732

Tabella 7.30-C — Categorie obbligatorie di rischio combinato 732

7.30.20 Implicazioni degli appalti pubblici 733

7.31 Il termine sorgente dell'incidente è la misura corretta per la pianificazione delle conseguenze fuori sede 735

7.31.1 La parola “termine sorgente” deve sempre specificare il confine 736

7.31.2 Un termine sorgente completo ha diverse dimensioni 737

Tabella 7.31-A — Componenti minime di un termine sorgente di incidente 737

7.31.3 L'inventario di base è il primo determinante fisico 738

7.31.4 Il comportamento del combustibile può alterare in modo fondamentale il termine sorgente 739

7.31.5 I termini sorgente meccanicistici sono particolarmente importanti per i reattori avanzati 740

7.31.6 Il concetto di contenimento o confinamento è importante quanto il nucleo 741

7.31.7 Il “contenimento funzionale” deve essere valutato in base alle prestazioni radiologiche, non alla terminologia. 742

7.31.8 La tempistica può essere importante quanto il rilascio totale 742

7.31.9 Anche la durata e le fasi del rilascio sono importanti 743

7.31.10 La miscela di radionuclidi è importante perché i percorsi di esposizione sono diversi 744

7.31.11 La forma fisica e chimica non sono dettagli secondari 745

7.31.12 Il termine sorgente deve quindi essere convertito in conseguenza 746

7.31.13 La legge italiana richiede già un'analisi di emergenza basata sulle conseguenze 747

7.31.14 L'Italia dovrebbe richiedere più di un termine di origine 747

7.31.15 L'analisi del termine sorgente deve includere i percorsi di bypass 748

7.31.16 La mitigazione degli incidenti gravi deve ricevere un credito quantitativo solo quando dimostrato 749

7.31.17 Il termine "passivo" descrive un principio di funzionamento, non una conseguenza radiologica. 750

7.31.18 La “Generazione IV” è ancora meno utile per la pianificazione delle emergenze 751

7.31.19 Anche l'ubicazione sotterranea non è un numero di termine sorgente ... 751

7.31.20 La meteorologia deve essere trattata separatamente dalle prestazioni di sicurezza del reattore. 752

7.31.21 Il termine di origine dovrebbe informare la geografia della pianificazione delle emergenze piuttosto che la geografia venga fissata prima 753

7.31.22 L'approvvigionamento dovrebbe pertanto richiedere un dossier sulla fonte dell'incidente 754

Tabella 7.31-C — Pacchetto minimo di prove relative al termine di origine italiano 754

7.31.23 Il confronto governativo dovrebbe riportare le prestazioni radiologiche in unità fisicamente significative 755

7.31.24 La distinzione più importante in termini di sicurezza è tra rilascio anticipato e rilascio in grandi quantità. 756

7.32 Gli SMR possono ridurre il termine sorgente, ma conta solo l'evidenza specifica del progetto..... 758

7.32.2 Un calore di decadimento inferiore può aumentare il tempo di copertura 760

7.32.3 La rimozione passiva del calore può ridurre la dipendenza dai sistemi attivi 760

7.32.4 Le affermazioni del tipo "tempo di recupero infinito" o simili affermazioni assolute dovrebbero essere sottoposte a un esame particolarmente approfondito. 761

7.32.5 I progetti di reattori integrali possono eliminare alcuni incidenti di grandi dimensioni relativi alle tubazioni. 762

7.32.6 Le strutture sotterranee possono proteggere da alcuni pericoli esterni.... 762

7.32.7 I sistemi semplificati possono ridurre le possibilità di guasto..... 763

7.32.8 Un modulo più piccolo non significa un sito più piccolo 763

7.32.9 L'inventario radiologico rilevante è l'inventario dell'intero sito. 764

Tabella 7.32-A — Inventario radiologico del sito che l'Italia dovrebbe richiedere 764

7.32.10 La variabile critica è il coinvolgimento simultaneo dei moduli..... 765

7.32.11 Un incidente multi-modulo non significa necessariamente sei rilasci del nucleo identici 766

7.32.12 I sistemi condivisi meritano un'analisi esplicita della modalità comune 766

Tabella 7.32-B — Infrastruttura condivisa contro indipendenza in materia di sicurezza 767

7.32.13 La separazione fisica tra i moduli deve essere considerata un attributo di sicurezza misurabile..... 767

7.32.14 Le sale di controllo comuni richiedono un'analisi dei fattori umani per gli eventi simultanei..... 768

7.32.15 Il combustibile esaurito non può essere escluso dal confronto 769

7.32.16 Un sito multi-modulo può accumulare il combustibile esaurito in modo diverso da un singolo grande reattore 769

7.32.17 Il termine "fonte dell'incidente" e la "zona di pianificazione delle emergenze" sono collegati, ma non identici. 770

7.32.18 L'Italia non dovrebbe copiare meccanicamente le distanze delle zone economiche esclusive straniere 770

7.32.19 La domanda corretta in italiano è se restano necessarie le misure di protezione fuori sede. 771

7.32.20 Le affermazioni sulla riduzione del termine sorgente dovrebbero essere scomposte in prove causali 771

Tabella 7.32-C — Prove richieste a supporto di un'affermazione di riduzione del termine sorgente SMR 772

7.32.21 La qualificazione del combustibile è particolarmente importante per i reattori avanzati 773

7.32.22 TRISO fornisce un buon esempio del perché la metodologia sia importante 773

7.32.23 I reattori veloci richiedono una propria fenomenologia del termine sorgente 774

7.32.24 Un rilascio multi-modulo a bassa probabilità può ancora dominare la pianificazione delle emergenze 774

7.32.25 Il layout del sito può modificare il termine sorgente combinato..... 776

7.32.26 Il sito deve essere valutato come un unico sistema radiologico 776

7.32.27 Una stazione a sei moduli dovrebbe quindi dimostrare almeno quattro classi di termini sorgente 777

7.32.28 Il modello delle risorse per la gestione degli incidenti deve corrispondere al modello del termine sorgente multi-modulo 778

7.32.29 La scaglionatura dei moduli può migliorare alcuni rischi del sito ma complicarne altri..... 778

7.32.30 La “sicurezza della flotta” e la “sicurezza del sito” sono questioni diverse 779

7.32.31 La riduzione del termine sorgente può avere un valore economico sostanziale 780

7.32.32 L'Italia dovrebbe stabilire un caso standardizzato di conseguenze radiologiche del sito per ogni candidato reattore. 781

Tabella 7.32-D — Caso di conseguenze radiologiche del sito proposto..... 781

7.32.33 I documenti governativi devono utilizzare un linguaggio disciplinato 782

Tabella 7.32-E — Dichiarazioni da evitare 782

7.32.34 Il confronto strategico dovrebbe quindi utilizzare due parametri radiologici 783

7.32.35 La più forte affermazione sulla sicurezza dei reattori SMR è quindi condizionale, non categorica. 784

7.33 La legge italiana fissa un obiettivo ambizioso per le rilasci anticipati e di grandi dimensioni 788

7.34 La difesa in profondità rimane obbligatoria 789

7.35 Non si può presumere che le zone di pianificazione di emergenza scompaiano per i SMR 790

7.37 Il prefetto è fondamentale per la pianificazione delle emergenze specifiche di ciascun sito. 792

7.38 Ogni reattore commerciale richiede un piano di emergenza esterno 793

7.39 Un nuovo impianto non può iniziare l'attività prima che siano stati approvati i piani di emergenza richiesti. 793

7.40 I piani di emergenza devono evolversi insieme al sito 794

7.41 Gli esercizi fanno parte del sistema di sicurezza 794

7.42 La protezione fisica è un sistema di sicurezza separato 795

7.43 La sicurezza deve essere progettata fin dall'inizio, non aggiunta dopo la costruzione delle opere civili. 796

7.44 Un'area dismessa può creare vantaggi e svantaggi in termini di sicurezza 797

7.45 La sicurezza informatica diventa una questione di sicurezza nucleare 798

7.46 La sicurezza informatica nucleare richiede un'architettura a livelli e il controllo del ciclo di vita 799

7.47 Il rischio informatico del fornitore è particolarmente importante per un SMR importato 800

7.48 NIS2 si applica insieme ai requisiti specifici per il settore nucleare 801

7.49 Sicurezza e protezione possono entrare in conflitto se l'architettura è progettata male 802

7.50 La minaccia interna deve essere inclusa 803

7.51 La sicurezza della costruzione inizia prima dell'arrivo del combustibile nucleare 804

7.52 L'attuale responsabilità nucleare dell'Italia è rigorosa e incanalata verso l'operatore 804

7.53 L'Italia attualmente utilizza un importo di responsabilità generale dell'operatore pari a 700 milioni di euro 805

7.54 Per le attività a basso rischio sono previsti importi di responsabilità inferiori.. 805

7.55 La “responsabilità illimitata dell’operatore” non è l’attuale linea di base italiana 806

7.56 La responsabilità nucleare non è la stessa cosa dell'assicurazione ordinaria degli impianti. 806

7.57 La capacità del mercato assicurativo deve essere testata prima della chiusura finanziaria 807

7.58 I fondi di responsabilità e i fondi per lo smantellamento sono obbligazioni finanziarie diverse 807

7.59 La notifica ambientale transfrontaliera è un requisito reale del progetto 808

7.60 La consultazione transfrontaliera si basa sull'impatto, non su un diritto di veto universale dei quattro paesi. 808

7.61 Francia, Slovenia e Austria si avvalgono direttamente del diritto ambientale dell'UE 809

7.62 La Svizzera richiede un percorso legale diverso 809

7.63 L'articolo 37 di Euratom crea una revisione separata da parte della Commissione 810

7.64 La pianificazione delle emergenze deve tenere conto degli effetti in altri stati. 810

7.65 La notifica transfrontaliera dovrebbe essere trattata come pianificazione della resilienza, non come formalità diplomatica. 811

7.66 La sicurezza dell'alimentazione elettrica esterna deve essere inclusa sia nell'analisi della sicurezza della rete elettrica che in quella della sicurezza nucleare. 811

7.67 Non si deve presumere che le centrali nucleari ordinarie possano avere un riavvio a freddo. 812

7.68 La resilienza informatica della connessione alla rete è importante quanto l'isola del reattore. 812

7.69 L'adattamento climatico fisico dovrebbe essere integrato nella progettazione iniziale, non aggiunto in un secondo momento. 813

7.70 Il valore del sistema e il valore ambientale devono essere modellati insieme . 813

7.71 Indicatori chiave di prestazione (KPI) del sistema di valutazione della Corte dei conti 814

7.72 Requisiti minimi di progettazione integrata per un FOAK italiano 815

7.73 Differenze di impatto principali per famiglia di reattori 817

7.74 La “sicurezza passiva” deve essere verificata secondo i rischi esterni previsti dalla normativa italiana 818

7.75 Un primo reattore non dovrebbe ricevere una pianificazione di emergenza ridotta solo per favorire le politiche di localizzazione. 819

7.76 La classificazione di sicurezza non deve diventare una scusa per l'insufficienza di prove pubbliche 819

7.77 La resilienza climatica dovrebbe essere inclusa nella due diligence finanziaria 820

7.78 La co-locazione dei data center non dovrebbe ricevere un trattamento privilegiato in assenza di prove di sistema 820

7.79 La co-localizzazione dell'idrogeno richiede una valutazione degli impianti pericolosi..... 821

7.80 La sicurezza dei clienti del calore è importante per le operazioni nucleari..... 821

7.81 Il nuovo nucleare dovrebbe essere valutato negli stessi anni climatici delle energie rinnovabili 822

7.82 Non si dovrebbe presumere che la disponibilità nucleare sia indipendente dal clima 822

7.83 La diversificazione multisito ha valore..... 823

7.84 L'onere della sicurezza aumenta anche in proporzione al numero di siti 823

7.85 I reattori di piccole dimensioni non implicano automaticamente costi di sicurezza ridotti. 824

7.86 Anche le assicurazioni potrebbero favorire la standardizzazione delle flotte .. 824

7.87 Le relazioni transfrontaliere dovrebbero iniziare prima della notifica formale . 824

7.88 La notifica internazionale può diventare un rischio di ritardo se avviata troppo tardi..... 825

7.89 Registro dei rischi di sistema/ambiente/sicurezza 825

7.90 Fasi decisionali prima dell'autorizzazione alla prima costruzione..... 826

7,91 Valutazione complessiva 828

CAPITOLO 7 — REGISTRO DELLA SORGENTE DI CARICO 831

CAPITOLO 8 — RISCHI CRITICI DEL PERCORSO: LE MODALITÀ DI GUASTO CHE METTONO A FUOCO IL PROGRAMMA 836

8.1 Risultato esecutivo..... 836

8.2 Il rischio è cumulativo..... 838

8.3 L'architettura del percorso critico 839

8.5 Il ritardo normativo è il primo rischio concreto del programma 842

8.6 La data di emanazione di un decreto non è la stessa cosa della prontezza normativa. 843

8.7 La capacità ISIN è un vincolo concreto e misurabile 844

8.8 Il limite statutario di 90 persone per l'organico stesso potrebbe alla fine diventare il vincolo 845

8.9 La carenza di personale degli enti regolatori non può essere risolta rapidamente con le normali procedure di reclutamento. 846

8.10 La cessazione dell'attività dei regolatori e il reclutamento nel settore saranno in competizione 847

8.11 La sostituzione dell'ISIN potrebbe di per sé diventare un rischio di transizione847

8.12 Un numero eccessivo di progetti di reattori può sovraccaricare l'ente regolatore prima che l'Italia ne scelga uno. 848

8.13 Il guasto del sito non è ipotetico: il processo del repository fornisce un avviso849

8.14 La localizzazione dei reattori presenta un'ulteriore incertezza: la legge definitiva non definisce ancora un modello completo di sito ospitante volontario. 850

8.15 Un sito che supporta politicamente può comunque fallire tecnicamente 851

8.16 Un sito tecnicamente attraente può essere politicamente inutilizzabile 851

8.17 Il contenzioso costituzionale tra Stato e Regione è integrato nella classe di riferimento storica 852

8.19 Il contenzioso amministrativo è ancora più probabile del contenzioso costituzionale. 853

8.20 Il rischio di contenzioso aumenta quando la pressione sui tempi porta alla compressione delle procedure 854

8.21 L'inversione politica rappresenta un rischio infrastrutturale reale in Italia 854

8.22 La costruzione di centrali nucleari sopravvive ai normali cicli politici..... 855

8.23 Il rischio di cancellazione è più oneroso quando il progetto diventa irreversibile 855

8.24 L'aumento dei costi FOAK rappresenta il rischio commerciale principale 856

8.25 Il punto C di Hinkley illustra il costo del tempo..... 856

8.26 Darlington fornisce le prove più utili attualmente disponibili sui costi dei SMR857

8.27 FOAK e NOAK devono essere separati 857

8.28 La prima unità italiana rischia di sostenere simultaneamente diversi premi FOAK. 858

8.29 L'aumento dei costi può invalidare il modello di finanziamento politico prima di invalidare quello ingegneristico 858

8.30 Il rischio di finanziamento non è riducibile al CAPEX 860

8.31 L'Italia non ha ancora un modello di sostegno commerciale definito 861

8.32 È improbabile che il mercato privato assorba a basso costo il rischio di costruzione FOAK illimitato 861

8.33 La riduzione del rischio trasferisce il rischio; non lo elimina. 862

8.34 Le passività statali contingenti possono superare gli stanziamenti diretti..... 862

8.35 Hinkley illustra la portata dell'esposizione contrattuale a lungo termine 863

8.36 La dipendenza da progetti importati rappresenta un rischio del ciclo di vita ... 863

8.37 La dipendenza dal fornitore diventa più pericolosa dopo il lock-in delle licenze 864

8.38 Il software di sicurezza importato solleva una questione particolare in materia di sovranità 864

8.39 La concessione di licenze di riferimento estere è preziosa ma può creare dipendenza normativa 865

8.40 L'approvvigionamento di uranio è diversificato; la conversione e l'arricchimento sono più concentrati 866

8.41 L'arricchimento russo rimane un rischio rilevante per l'UE 867

8.42 La capacità di arricchimento sostitutivo europea è in espansione, ma non istantanea..... 867

8.43 Le scorte di carburante costituiscono un cuscinetto strategico 868

8.44 HALEU rappresenta un rischio qualitativamente più difficile 868

8.45 L'HALEU europeo è ancora meno maturo 869

8.46 Un reattore può essere completo e non essere comunque in grado di avviarsi perché il combustibile è in ritardo 869

8.47 Il combustibile MOX/per reattori veloci crea una dipendenza diversa 870

8.48 La scelta del ciclo del combustibile può determinare la data di messa in funzione più della costruzione del reattore. 870

8.49 La capacità industriale italiana è reale ma disomogenea..... 871

8.50 La qualificazione di grado nucleare è un programma a sé stante 871

8.51 La certificazione non può essere accelerata indefinitamente..... 871

8.52 Il programma può fallire scegliendo contenuti locali più velocemente di quanto i fornitori possano qualificarsi 873

8.53 La produzione in serie non è comprovata, anche se i singoli fornitori sono eccellenti 873

8.54 La scarsa visibilità degli ordini può arrestare gli investimenti nelle fabbriche.. 874

8.55 Le competenze rappresentano un collo di bottiglia a livello di sistema 874

8.56 La competenza dell'operatore rappresenta una sfida distinta dalla competenza ingegneristica. 875

8.57 La formazione del fornitore importato crea un'esperienza utile ma anche dipendenza 876

8.58 Il profilo anagrafico e il trasferimento di conoscenze sono importanti..... 876

8.59 L'acqua può distruggere un sito dopo anni di sviluppo 877

8.60 Il rischio idrico si manifesta tardivamente se la valutazione del sito è superficiale 877

8.61 Il cambiamento climatico può invalidare un'ipotesi relativa al sito senza renderlo fisicamente impossibile 878

8.62 Le località costiere scambiano il rischio di siccità con il rischio di inondazioni e di eventi marini. 878

8.63 I rifiuti rimangono un rischio per la credibilità del percorso critico anche prima di diventare un vincolo tecnico del reattore. 879

8.64 Il ritardo del repository può propagarsi direttamente nelle politiche di sviluppo di nuove versioni. 879

8.65 Lo smaltimento geologico rimane una seconda porta di rifiuti irrisolta 880

8.66 Lo stallo sui rifiuti può avere ripercussioni sui finanziamenti 880

8.67 L'opposizione politica alla localizzazione dei rifiuti e dei reattori può rafforzarsi a vicenda 881

8.68 Il programma può fallire anche a causa di un eccessivo ottimismo sulla data della prima potenza 881

8.69 La previsione della classe di riferimento è essenziale 882

8.70 La pianificazione di emergenza deve includere la fase di pre-costruzione, non solo la fase di costruzione. 882

8.71 Le modifiche di progettazione importate possono causare rilavorazioni a cascata 883

8.72 L'armonizzazione normativa può ridurre il rischio, ma non eliminare le differenze nazionali. 883

8.73 Gli aiuti di Stato possono diventare parte del percorso critico 884

8.74 Il trattamento fuori bilancio non elimina il rischio economico 884

8.75 La chiusura anticipata rappresenta il caso di stress più grave in termini di passività contingenti. 885

8.76 Gli impegni multi-unità possono amplificare il fallimento FOAK 885

8.77 La concentrazione della flotta presso un unico fornitore presenta vantaggi e rischi 886

8.78 Un'eccessiva diversità tecnologica crea il problema opposto 886

8.79 La strategia di esportazione industriale può in parte coprire i ritardi interni 887

8.80 La politica industriale stessa può creare il rischio di costi irrecuperabili 887

8.81 Il rischio di “localizzazione cartacea” 888

8.82 La dipendenza dal carburante è spesso più importante dal punto di vista strategico rispetto alla dipendenza dai componenti. 888

8.83 La dipendenza da fornitori/sicurezza informatica va inserita nello stesso registro dei rischi 889

La sovranità tecnologica deve essere valutata lungo l'intero ciclo di vita. 889

8.84 Il rischio non può essere eliminato trasferendolo a Sogin o allo Stato 889

8.85 Il sostegno pubblico deve prevedere condizioni di uscita esplicite 890

8.86 L'aumento dei costi dovrebbe comportare una nuova approvazione anziché un'espansione automatica dei finanziamenti. 890

8.87 Il fallimento di un sito dovrebbe innescare competizione tra le aree, non un ripetuto indebolimento dei criteri 891

8.88 Un guasto tecnologico non dovrebbe automaticamente compromettere l'intero programma nazionale 891

8.89 Alcune modalità di guasto sono recuperabili; altre compromettono la fattibilità del progetto. 892

8.90 Un pratico pannello di controllo per l'allerta precoce 893

8.91 La titolarità del rischio deve essere esplicitata 894

8.92 Condizioni che dovrebbero impedire l'impegno FOAK irreversibile 895

8.93 Condizioni che dovrebbero imporre una nuova definizione della base di riferimento del progetto 896

8.94 Condizioni che dovrebbero far prendere in considerazione la cessazione del progetto 897

8.95 L'Italia dovrebbe distinguere il fallimento del programma dal fallimento del primo progetto. 897

8.96 Il rischio nascosto più grande è l'ottimismo simultaneo 898

8.97 La dotazione statutaria di 60-67,5 milioni di euro è destinata alla preparazione del programma, non al capitale di rischio. 898

8.98 L'UE può sostenere la riduzione del rischio, ma gli strumenti dell'UE non finanzieranno automaticamente il programma. 899

8.99 Un FOAK fallito può comunque generare conoscenza industriale, ma ciò non fa scomparire la perdita finanziaria..... 899

8.100 Valutazione complessiva 900

CAPITOLO 8 — REGISTRO DELLA SORGENTE DI CARICO 903

CAPITOLO 9 — PIANO DI INSTALLAZIONE CON OROLOGI, PROPRIETARI E INTERRUTTORI DI SICUREZZA..... 908

9.1 Risultato esecutivo..... 908

9.2 Principio del programma: lo Stato ha bisogno di un piano generale integrato ... 913

9.3 Mappa dei proprietari istituzionali 914

9.4 Ufficio di gestione del programma 916

9.5 T0 è legalmente più importante del voto del 23 settembre 2026..... 917

9.6 I lavori possono comunque iniziare prima di T0..... 918

9.7 Fase 0 — Da settembre 2026 a T0: mobilitazione 919

9.8 Fase 1 — Da T0 a T0+3 mesi: congelamento dell'architettura..... 920

9.9 Fase 1 — prontezza istituzionale 921

9.10 Fase 2 — Da T0+3 a T0+6 mesi: lavoro parallelo su aspetti legali, di localizzazione e tecnologici..... 921

9.11 Richiesta di informazioni tecnologiche..... 922

9.12 Fase 3 — Da T0+6 a T0+12 mesi: pacchetto normativo 923

9.13 Porta 2 — legge applicabile, non semplici decreti pubblicati..... 924

9.14 Fase 4 — Da T0+9 a T0+18 mesi: implementazione dell'ente regolatore..... 924

9.16 Fase 5 — Equivalente 2027-2028: prequalificazione tecnologica 926

9.17 Gate 3 — selezione tecnologica..... 927

9.18 Le prove FOAK straniere devono rimanere un input attivo 928

9.19 Fase 6 — Indagine nazionale sui siti..... 929

9.20 Impostazione degli indicatori chiave di prestazione (KPI) per il sopralluogo.... 930

9.21 Fase 7 — Da T0+18 a T0+36 mesi: indagini sui siti candidati..... 931

9.22 Porta 4 — sopravvivenza del sito..... 931

9.23 Percorso di consenso e consultazione territoriale 932
9.24 Fase 8 — equivalente 2028–2030: abbinamento dettagliato sito-tecnologia .. 932
9.25 Società di sviluppo progetti 933
9.26 Porta di capacità dell'operatore 933
9.27 Fase 9 — valutazione ambientale strategica / programma di lavoro ambientale 934
9.28 Fase 10 — Valutazione di impatto ambientale del progetto e procedure transfrontaliere 934
9.29 Porta ambientale 935
9.30 Fase 11 — architettura finanziaria 935
9.31 Lo Stato deve separare le funzioni sovrane dagli investimenti di progetto 936
9.32 Infrastruttura condivisa/regolamentata 937
9.33 Fase di finanziamento prima della decisione finale di investimento 937
9.34 La rendicontazione CAPEX richiede un dizionario standard 938
9.35 Costo di base 939
9.36 Ricalcolo obbligatorio della baseline 939
9.37 Fase 12 — Processo di aiuti di Stato 940
9.38 Fase 13 — qualificazione della catena di fornitura 940
9.39 Articoli a lungo termine 941
9.40 Cancello a lunga guida 941
9.41 Fase 14 — accademia per la forza lavoro 941
9.42 KPI della forza lavoro 942
9.43 Fase 15 — autorizzazione alla costruzione 942
9.44 Porta 5 — il primo cemento nucleare 943
9.45 Caso disciplinato — calendario illustrativo 944
9.46 Cosa deve essere vero per un caso limite di prima potenza del 2034 945
9.47 Cosa deve essere vero per due unità prima o intorno al 2035 946
9.48 Cassa centrale — calendario illustrativo 947
9.49 Perché il periodo 2037-40 è strutturalmente più solido 948
9.50 Caso di ritardo — calendario illustrativo 948
9.51 Regole di attivazione dello scenario 949
9.52 Fase di costruzione 949

9.53 KPI di costruzione 950
9,54 Costo interruttore di spegnimento 950
9.55 Programma l'interruttore di spegnimento 952
9.56 Punti di controllo normativi 952
9.57 Fase 16 — la richiesta di licenza di esercizio dovrebbe sovrapporsi alla costruzione 953
9.58 Fase 17 — approvvigionamento di carburante 953
9.59 Valvola carburante 953
9.60 Fase 18 — messa in servizio 954
9.61 Gate 6 — carico carburante 954
9.62 Gate 7 — attività commerciale 955
9.63 Periodo di evidenza post-operatoria FOAK 955
9.64 Lo sviluppo di NOAK deve iniziare prima del completamento di FOAK 956
9.65 Porta 8 — Replicazione NOAK 956
9.66 Standardizzazione della flotta 957
9.67 Possibile architettura della flotta 957
9,68 PNIEC 8 GW busta tradotto in conteggi di unità 958
9,69 Involucro del potenziale tecnico completo di 16 GW 958
9,70 Tasso necessario per raggiungere 8 GW entro il 2050 959
9,71 Tasso richiesto per 16 GW 959
9.72 I numeri PNIEC devono rimanere buste di scenario 960
9,73 Capacità del cancello dopo FOAK 960
9.74 Dipendenza dal repository nazionale 961
9.75 Porta del repository 961
9.76 Fondo per i rifiuti di nuova costruzione 962
9.78 Cancello a griglia 962
9.79 Programma di pianificazione delle emergenze 963
9.80 Programma di sicurezza 963
9.81 Orologio delle abilità 964
9.82 Scheda di valutazione annuale della Corte dei conti 965
9.83 Programmazione della logica del semaforo 966

9.84 Gerarchia dell'interruttore di sicurezza 966
9.85 Lo Stato dovrebbe preservare le opzioni di uscita 967
9.86 Opzioni di flotta condizionali 967
9.87 Caso disciplinato — tabella dei traguardi 968
9.88 Caso centrale — tabella delle tappe fondamentali 969
9.89 Caso in ritardo — tabella delle tappe fondamentali 970
9.90 Il caso più antico non è compatibile con tutte le tecnologie dei reattori 970
9.91 Il percorso del reattore avanzato richiede una pianificazione diversa 971
9.92 I percorsi tecnologici paralleli necessitano di budget separati 971
9.93 Traguardi nell'ambito dell'informazione pubblica 972
9.94 La trasparenza protegge il programma 972
9,95 Checkpoint 2030 973
9.96 2035 checkpoint 973
9.97 2040 checkpoint 974
9.98 2045 checkpoint 974
9,99 2050 è una busta, non un traguardo 975
9.100 Piano generale di installazione 976
CAPITOLO 9 — REGISTRO DELLA SORGENTE DI CARICO 979
CAPITOLO 10 — QUESTIONI NON INCLUSE NEL DOCUMENTO POLITICO E LE DECISIONI CHE IL GOVERNO SI TROVA EFFETTIVAMENTE AD AFFRONTARE 982
10.1 Risultato esecutivo 982
Rimangono aperte quattro ampie architetture nucleari: 985
10.2 Il nucleare deve essere confrontato con l'attuale portafoglio di alternative italiane 986
10.3 La data di consegna è importante quanto il costo del ciclo di vita 987
10.4 Le energie rinnovabili hanno già un vantaggio in termini di scala di implementazione 988
10.5 Lo stoccaggio sta diventando una risorsa di sistema industriale anziché una tecnologia pilota 989
10.6 Le batterie e il nucleare affrontano aspetti diversi del rischio di carico residuo 990
10.8 Il programma di rete è inevitabile indipendentemente dal nucleare 991

10.9 L'interconnessione è parte integrante della sovranità italiana, non l'opposto della sovranità 992

10.10 ELMED cambia la geometria dell'elettricità nel Mediterraneo 992

10.11 Il gas rimane la principale risorsa di sicurezza dispacciabile dell'Italia nel breve termine 993

10.12 Il sistema del gas post-2022 è più diversificato ma rimane esposto a livello internazionale 993

10.13 Il nucleare converte un'esposizione all'importazione in un'altra 994

10.14 Gas-plus-CCS è una valida alternativa per un percorso a basse emissioni di carbonio che deve essere testato 994

10.15 Il gas con cattura e stoccaggio del carbonio (CCS) e il nucleare presentano strutture di rischio fondamentalmente diverse 995

10.16 La CCS non elimina la necessità di valutare le emissioni residue 997

10.17 La CCS crea una dipendenza infrastrutturale geologica propria 997

10.18 Il calore industriale può essere più importante dell'elettricità in alcuni settori 998

10.19 Il calore industriale nucleare diventa interessante solo in determinate condizioni 998

10.20 L'idrogeno è un'opzione flessibile, non un sottoprodotto automatico del nucleare 999

10.21 Le limitazioni idriche potrebbero modificare l'attrattività relativa dei percorsi del sistema 999

10.22 Il raffreddamento a secco potrebbe preservare le opzioni di localizzazione nucleare, ma modifica gli aspetti economici 1000

10.23 L'assicurazione è una questione di programma strategico, non una nota a piè di pagina legale. 1000

10.24 La capacità assicurativa dovrebbe essere testata su un'intera flotta, non su una singola unità. 1001

10.25 L'Italia ha bisogno di un piano decennale per la forza lavoro nel settore nucleare se intende procedere oltre la fase di studio. 1001

10.26 L'accademia avrebbe bisogno di percorsi professionali separati 1002

10.27 L'accademia dovrebbe essere una rete di capacità italiane esistenti 1003

10.28 La formazione degli enti regolatori deve rimanere istituzionalmente separata dalla formazione degli operatori 1004

10.29 I tirocini internazionali potrebbero accelerare la competenza italiana 1004

10.30 La sicurezza energetica dovrebbe essere trattata come un portafoglio sovrano 1005

10.31 Le scorte di carburante possono fornire resilienza strategica 1005

10.32 La strategia industriale italiana non dovrebbe essere misurata solo in base ai reattori nazionali 1006

10.33 Esportare prima di FOAK nazionale può ridurre il rischio del programma nazionale 1006

10.34 Una strategia basata sulle componenti di potere è una vera e propria architettura nazionale 1007

10.35 Il coordinamento industriale europeo aumenta la fattibilità di una strategia di esportazione 1008

10.36 “Alleanza nucleare dell’UE” e “Alleanza industriale europea sui SMR” sono istituzioni diverse..... 1009

10.37 La partecipazione dell'Italia all'Alleanza Nucleare crea leva politica, ma non garantisce la scelta automatica del reattore. 1010

10.38 L'Italia dovrebbe utilizzare la cooperazione europea principalmente per ridurre le duplicazioni 1010

10.39 ENSREG ha già creato un meccanismo di cooperazione normativa per i SMR 1011

10.40 La cooperazione normativa dell'AIEA è andata oltre la teoria..... 1011

10.41 La cooperazione in materia di regolamentazione dovrebbe essere un requisito del programma italiano, non un'aggiunta diplomatica. 1012

10.42 La cooperazione non deve arrivare all'esternalizzazione della regolamentazione 1012

10.43 L'energia nucleare navale è un programma strategico separato, non un'appendice dei reattori modulari di piccole dimensioni civili. 1013

10.44 Le stesse norme internazionali in materia di armi nucleari marittime sono in fase di riscrittura..... 1013

10.45 ATLAS conferma che il divario normativo internazionale viene preso sul serio 1014

10.46 La responsabilità nucleare marittima è particolarmente complessa 1014

10.47 L'accettazione da parte del porto potrebbe diventare importante quanto la certificazione della nave..... 1015

10.48 Le centrali elettriche galleggianti costituiscono un'altra categoria giuridicamente distinta 1015

10.49 La fusione è strategicamente importante per l'Italia, ma appartiene a un orario diverso..... 1016

10.50 DTT è già un importante programma industriale/scientifico italiano..... 1016

10.51 Il programma di ricerca nucleare italiano considera esplicitamente la fusione come un obiettivo a lungo termine 1017

10.52 ITER rimane un terreno di formazione industriale per l'Italia..... 1017

10.53 Eni offre all'Italia un'esposizione separata al settore della fusione commerciale-privata. 1018

10.55 La sicurezza energetica del Mediterraneo è cambiata strutturalmente dal 2022 1018

10.56 Il Mediterraneo è al contempo una via di approvvigionamento e un'esposizione geopolitica..... 1019

10.57 L'interconnessione elettrica crea un'opportunità diversa per il Mediterraneo 1019

10.58 Il nucleare potrebbe cambiare la posizione negoziale dell'Italia anche senza produrre la maggior parte dell'elettricità..... 1020

10.59 L'autonomia strategica non deve trasformarsi in autarchia 1020

10.60 L'etica dell'informazione è parte integrante della governance del programma. 1022

10.61 L'informazione governativa e la promozione politica devono rimanere distinte 1022

10.62 Le linee guida dell'AIEA sull'impegno promuovono la trasparenza, non la persuasione. 1023

10.63 L'incertezza deve essere comunicata esplicitamente 1024

10.64 La consultazione pubblica deve comunque avere la capacità di modificare una decisione 1024

10.65 L'eredità del referendum non può essere risolta attraverso la comunicazione. 1025

10.66 Tabella comparativa dell'architettura di sistema 1026

10.67 Architettura I — reattore LWR-SMR occidentale con licenza e industrializzazione italiana 1028

10.68 Condizioni in base alle quali l'Architettura I è internamente coerente 1028

10.69 Quale architettura I potenzialmente acquista l'Italia 1029
10.70 Cosa non risolve l'Architettura I 1029
10.71 Condizione di guasto dell'architettura I 1029
10.72 Architettura II — Percorso AMR/LFR guidato dall'Italia 1030
10.73 Condizioni in base alle quali l'Architettura II è internamente coerente 1030
10.74 Cosa potrebbe potenzialmente acquistare l'Italia Architettura II 1031
10.75 Cosa non risolve l'Architettura II 1031
10.76 Condizione di errore dell'architettura II 1031
10.77 Architettura III — esportatore di componenti senza FOAK nazionale immediato 1032
10.78 Condizioni in base alle quali l'Architettura III è internamente coerente 1032
10.79 Cosa potrebbe potenzialmente acquistare l'Italia l'Architettura III 1032
10.80 Cosa non risolve l'Architettura III 1033
10.81 Condizione di guasto dell'architettura III 1033
10.82 Architettura IV — rinviare il FOAK nazionale fino a quando i gate relativi a rifiuti/ubicazione/istituzioni non saranno maturi 1033
10.83 Condizioni in base alle quali l'Architettura IV è internamente coerente 1034
10.84 Cosa potrebbe potenzialmente acquistare l'Italia l'Architettura IV 1034
10.85 Cosa non risolve l'Architettura IV 1035
10.86 Condizione di errore dell'architettura IV 1035
10.87 Matrice comparativa dell'architettura 1036
10.88 Il governo potrebbe anche sequenziare le architetture invece di sceglierne una in modo permanente 1037
10.89 La scelta dell'architettura dovrebbe essere legata all'obiettivo nazionale, non al marchio tecnologico. 1037
10.90 Una matrice decisionale dovrebbe utilizzare le condizioni, non il punteggio politico 1038
10.91 La scelta dovrebbe essere riconsiderata in corrispondenza di punti di evidenza definiti 1039
10.92 Il nucleare dovrebbe essere valutato in base al costo del sistema, non solo al LCOE 1040
10.93 Gli scenari relativi al gas devono includere lo stress legato al prezzo del carburante 1041

10.94 Gli scenari nucleari devono includere lo stress relativo al costo del capitale 1042

10.95 Gli scenari di energia rinnovabile devono includere la limitazione e il costo della rete..... 1042

10.96 Gli scenari di interconnessione devono includere lo stress europeo correlato 1043

10.97 Gli scenari CCS devono includere la capacità di trasporto e stoccaggio 1043

10.98 La sicurezza del Mediterraneo dovrebbe essere considerata in ogni scenario 1044

10,99 L'Alleanza Nucleare può sostenere la resilienza del combustibile e dell'industria 1044

10.100 La strategia europea SMR crea un'opportunità per la flotta che l'Italia dovrebbe valutare..... 1045

10.101 Al contrario, il blocco della flotta a livello europeo può creare un rischio di concentrazione 1046

10.102 La decisione finale è quindi una decisione di allocazione del rischio 1046

10.103 Il governo dovrebbe dichiarare esplicitamente quali rischi accetta 1047

10.104 Le quattro architetture non dovrebbero essere presentate al pubblico come certezze 1047

10.105 Struttura della decisione finale del governo 1048

10.106 Condizioni che supportano l'Architettura I 1049

10.107 Condizioni che supportano l'Architettura II 1049

10.108 Condizioni che supportano l'Architettura III 1050

10.109 Condizioni che supportano l'Architettura IV 1050

10.110 La decisione può cambiare al variare delle prove 1050

10.111 Anche la decisione di non costruire immediatamente comporta dei costi.1051

10.112 La decisione di costruire immediatamente è anch'essa una decisione con costo opzionale..... 1051

10.113 Lo Stato dovrebbe quindi distinguere tra decisioni reversibili e irreversibili. 1052

10.114 Azioni con valore in tutte e quattro le architetture 1052

10.115 Azioni che diventano utili solo dopo la scelta di un'architettura specifica 1053

10.116 Valutazione strategica finale..... 1053

CAPITOLO 10 — REGISTRO DELLA SORGENTE DI CARICO 1057

CAPITOLO 11 — DALL'ABBANDONO DEL NUCLEARE AL RIENTRO POLITICO: LA RIVOLUZIONE POLITICA, GIURIDICA E GEOPOLITICA DELL'ITALIA NELL'ARCO DI QUARANT'ANNI, 1986-2026 1062

11.0 Introduzione narrativa — Come l'Italia è passata dal ritiro dal nucleare alla ricostruzione di un'opzione nucleare nazionale..... 1062

11.1 Conclusione dell'esecutivo: l'Italia non è passata da un “divieto eterno” legale a una rinascita nucleare dall'oggi al domani. 1075

11.1.1 Protocollo probatorio applicato al presente capitolo 1078

11.2 Storicamente, l'Italia non è stata marginale nel campo dell'energia nucleare: è stata uno dei primi paesi europei a dotarsi di armi nucleari. 1079

11.3 Chernobyl fu l'acceleratore decisivo, ma il conflitto nucleare italiano era già iniziato..... 1081

11.4 La coalizione antinucleare del 1987 era politicamente eterogenea..... 1082

11.5 Cosa hanno votato realmente gli italiani nel 1987 1083

11.5.1 Significato politico versus effetto giuridico 1084

11.6 L'effettiva uscita dell'Italia dal nucleare è stata determinata dalle decisioni prese dopo il referendum 1085

11.7 La questione nucleare del 1987 si intrecciò con una più ampia crisi di governo 1087

11.8 L'energia nucleare divenne un simbolo politico di grande valore 1088

11.9 L'Italia è diventata uno stato di smantellamento nucleare anziché un paese senza obblighi nucleari. 1089

11.10 Il sistema energetico post-nucleare ha creato un'architettura di dipendenza diversa..... 1090

11.11 Berlusconi IV ha riaperto la questione nucleare nel 2008-2009 1092

11.11.1 Il rilancio del 2009 era già politicamente divisivo 1092

11.11.2 PD e Italia dei Valori si sono opposti al rilancio 1093

11.12 Anche il programma del 2009 è diventato un conflitto costituzionale tra Stato e Regione. 1094

11.13 Fukushima ha distrutto la fattibilità politica del rilancio di Berlusconi..... 1095

11.14 I partiti di opposizione hanno contemporaneamente affermato che vi era un movente politico tattico 1096

11.15 Il referendum del 2011 ha prodotto un risultato ancora più forte contro il nucleare. 1097

Tabella 11.15-A — Confronto dei due referendum sul nucleare in Italia 1097

11.16 Nessuno dei due referendum ha creato un divieto costituzionale immutabile di legiferare sull'energia nucleare 1098

11.17 Chi si oppose all'energia nucleare e perché "sempre" richiede precisione . 1099

Tabella 11.17-A — Opposizione politica documentata nei principali punti di svolta in materia nucleare 1100

11.18 Le ragioni dell'opposizione sono cambiate nel tempo..... 1104

11.19 L'energia nucleare è stata utilizzata come arma politica contro i governi? .. 1105

11.19.1 La formulazione difendibile..... 1106

11.21 Le conseguenze italiane furono particolarmente evidenti nei rapporti con la Francia 1108

11.21.1 L'Italia non si è isolata economicamente dall'energia nucleare 1109

11.22 “Altri prosperarono mentre l’Italia soffriva” richiede una formulazione più precisa 1110

11.23 Lo shock geopolitico del 2022 ha trasformato nuovamente il dibattito nucleare 1111

11.24 Il programma di centrodestra del 2022 ha formalmente riaperto l'opzione nucleare prima dell'insediamento del governo Meloni. 1113

11.24.1 Il programma rivela il nuovo quadro politico 1113

11.25 Il governo Meloni non iniziò con una legislazione nucleare immediata 1114

11.26 La Piattaforma nazionale per il nucleare sostenibile ha trasformato l'intento politico in lavoro istituzionale 1115

11.27 Il PNIEC 2024 ha spostato il nucleare dal dibattito politico alla modellazione ufficiale del sistema energetico. 1116

11.27.1 L'importanza strategica del PNIEC era istituzionale..... 1117

11.28 Anche l'ambiente europeo stava cambiando 1118

11.29 Il governo è passato dalla modellizzazione alla ricostruzione legale nel periodo 2024-2025 1119

11.31 Il percorso parlamentare nel 2026 1121

11.31.1 Posizioni dei gruppi nella votazione finale del Senato 1121

11.32 Anche la coalizione politica pro-nucleare ha cambiato il suo linguaggio 1122

11.33 Anche la coalizione antinucleare ha cambiato il suo linguaggio 1123
11.34 La legge del 2026 non cancella le votazioni del 1987 e del 2011 1124
11.35 Che cosa ha cambiato esattamente il governo di Giorgia Meloni? 1125
Tabella 11.35-A — La differenza tra rientro politico e ritorno nucleare fisico..... 1126
11.36 Il significato geopolitico dell'inversione di Meloni va oltre il reattore stesso. 1127
11.37 Il nucleare non crea automaticamente l'indipendenza energetica italiana . 1128
11.38 La scelta precedente dell'Italia ha avuto un lungo costo istituzionale 1129
11.39 L'Italia ha inoltre evitato alcuni rischi e costi durante il periodo senza nuove costruzioni nucleari 1130
11.40 Il costo opportunità storico è tuttavia diventato visibile attraverso le importazioni..... 1131
11.41 La politica nucleare ha ripetutamente seguito shock esterni anziché una pianificazione costante a lungo termine. 1131
Tabella 11.41-A — Shock esterni e risposta politica italiana..... 1131
11.42 La reversibilità delle politiche è di per sé un rischio di investimento nucleare 1132
11.43 La vera sfida strategica non è quindi vincere la disputa nucleare, bensì depoliticizzare il nucleo tecnico..... 1133
11.44 Il governo Meloni ha cambiato il default politico..... 1134
11.45 Cronologia politica generale: dagli anni '60 a settembre 2026 1135
11.46 Matrice principale delle divisioni politiche..... 1138
11.47 Schema principale della dipendenza geopolitica 1139
11.48 L'argomento più forte a favore dell'inversione storica è la diversificazione, non l'assolutismo tecnologico. 1140
11.49 La correzione storica essenziale: l'Italia non ha trascorso quarant'anni sotto un divieto costituzionale sulle armi nucleari..... 1141
11.50 Valutazione geopolitica finale..... 1143
11.51 Schema della decisione finale: dallo stato referendario allo stato con opzione nucleare 1145
Capitolo 12 — Il finanziamento del programma nucleare italiano 1148
12.1 Il finanziamento del nucleare è principalmente un problema di allocazione del rischio 1150

Tabella 12.1-A — Principali rischi finanziari nel settore nucleare e soggetti che possono assumerseli 1152

12.2 Gli strumenti di finanziamento a disposizione dell'Italia 1155

12.2.1 Modelli di sostegno alle entrate: CfD, RAB e PPA a lungo termine..... 1155

12.2.2 Strumenti dal lato del capitale: azioni quotate, prestiti e garanzie..... 1160

Tabella 12.2-A — Principali modelli di finanziamento a disposizione dell'Italia. 1166

12.3 Il costo del capitale può modificare l'economia tanto quanto il costo del reattore 1167

Tabella 12.3-A — Effetto illustrativo del costo di finanziamento durante la costruzione 1168

12.3.1 Perché il WACC diventa una variabile strategica 1169

12.4 Gli aiuti di Stato dell'UE e la legislazione sul mercato dell'elettricità fanno parte del modello di finanziamento 1174

Tabella 12.4-A — Strumenti europei rilevanti per un programma nucleare italiano 1178

12.5 Un'architettura di finanziamento italiana credibile dovrebbe separare il sostegno FOAK dai sussidi permanenti..... 1179

Tabella 12.5-A — Esempio di registro pubblico dell'esposizione nucleare..... 1184

Tabella 12.5-B — Casi minimi di stress finanziario prima della FOAK FID italiana 1187

Confronto tra i principali strumenti: cosa risolve effettivamente ciascuno di essi 1191

Capitolo 13 — La costruzione dello Stato nucleare..... 1196

13.1 L'Italia deve passare da un'amministrazione nucleare tradizionale a uno Stato nucleare che gestisce l'intero ciclo di vita degli impianti nucleari. 1200

Tabella 13.1-A — Funzioni istituzionali principali del futuro programma italiano1204

13.2 L'Italia ha bisogno di un'organizzazione permanente per il programma nucleare, ma non deve diventare un secondo ente regolatore..... 1207

13.2.1 L'ufficio del programma dovrebbe coordinare, non regolamentare..... 1208

Tabella 13.2-A — Quadro di controllo del programma nucleare nazionale 1212

13.3 Il futuro proprietario/gestore e l'autorità di regolamentazione devono essere entità istituzionalmente distinte e tecnicamente potenti. 1214

Tabella 13.3-A — Funzioni che l'ISIN dovrebbe e non dovrebbe svolgere..... 1220

13.4 Il capitale umano è un'infrastruttura fondamentale, non un'appendice delle politiche educative. 1222

Tabella 13.4-A — Famiglie dei lavoratori del settore nucleare 1223

Tabella 13.4-B — Modalità di fallimento delle risorse umane 1230

13.5 Le misure di salvaguardia e la protezione dalle radiazioni devono essere integrate nel programma fin dalla fase di progettazione. 1231

13.5.1 Nel ciclo del reattore e del combustibile devono essere previsti dei sistemi di salvaguardia..... 1232

Tabella 13.5-A — Documentazione richiesta in materia di radioprotezione prima della selezione del reattore 1237

Tabella 13.5-B — Conflitti istituzionali che l'Italia deve prevenire 1242

Tabella 13.5-C — Indicatori di capacità istituzionale 1246

Capitolo 14 — Approvvigionamento, costruzione e gestione della flotta 1251

14.1 L'Italia deve scegliere un modello contrattuale prima di scegliere quanto rischio ritiene di aver trasferito 1255

Tabella 14.1-A — Cosa può e cosa non può significare il termine “chiavi in mano” 1257

Tabella 14.1-B — Compromesso tra modello contrattuale e modello 1260

14.2 La localizzazione della catena di approvvigionamento nucleare richiede qualificazione, tracciabilità e una cultura industriale diversa 1264

Tabella 14.2-A — Dimensioni minime di qualificazione dei fornitori..... 1269

Tabella 14.2-B — Gerarchia di localizzazione..... 1271

14.3 La costruzione deve essere gestita simultaneamente come controllo della configurazione, controllo della pianificazione e produzione di documentazione.. 1272

Tabella 14.3-A — Condizioni minime di precaricamento del carburante 1282

14.4 L'esercizio commerciale rappresenta l'inizio del ciclo di vita dell'asset, non la fine del progetto. 1283

Tabella 14.4-A — Variabili operative con effetto economico diretto 1285

14.5 La replicazione e lo smantellamento della flotta devono essere progettati prima della costruzione del FOAK..... 1292

Tabella 14.5-A — Informazioni di smantellamento richieste in fase di appalto.. 1297

Tabella 14.5-B — Chi controlla cosa nel corso del ciclo di vita nucleare 1300

Tabella 14.5-C — Proposta di scorecard operativa nazionale 1303

Conclusioni finali del governo — Capitolo 14 1306
Capitolo 15 — Lo scenario controfattuale nucleare 1310
15.1 Il sistema elettrico italiano del 2050 sarà radicalmente più ampio e più elettrificato, a prescindere dalla decisione sul nucleare. 1314
Tabella 15.1-A — Confronto ufficiale della domanda PNIEC 2050 1316
15.2 Cosa sostituirebbe fisicamente l'energia nucleare in un'Italia senza nucleare? 1318
15.2.1 Più energie rinnovabili e più sistemi di accumulo 1318
Tabella 15.2-A — Controfattuale Terna a domanda uguale 2050 1322
15.3 Il confronto economico deve essere basato sul costo totale del sistema, non sul LCOE della singola tecnologia. 1326
Tabella 15.3-A — Principali sensibilità economiche 1330
15.4 Il nucleare cambia la struttura di dipendenza dell'Italia; non elimina la dipendenza 1333
Costo variabile stimato del CCGT 1337
Tabella 15.4-A — Confronto delle dipendenze 1339
15.5 La politica corretta è quella di preservare l'opzione nucleare fino a quando le prove non dimostreranno se essa migliora il sistema italiano. 1340
Tabella 15.5-A — Cosa stabilisce effettivamente la modellazione ufficiale 1341
Matrice decisionale proposta 1345
Capitolo conclusivo: dall'opzione nucleare alla decisione nazionale. 1354
Chi è l'autore 1388

Scopo, metodo e valore strategico di questo studio

L'Italia è rientrata nel dibattito sul nucleare in un momento in cui la politica energetica non è più separabile dalla sicurezza nazionale, dalla competitività industriale, dalla politica fiscale, dalla sovranità tecnologica, dalla strategia climatica e dalla resilienza del sistema economico europeo.

Per tale ragione, il ritorno dell'energia nucleare al centro delle politiche pubbliche italiane non può essere analizzato adeguatamente attraverso il linguaggio convenzionale della propaganda politica.

La questione non è se l'energia nucleare debba essere definita moderna o obsoleta, sicura o pericolosa, economica o costosa, strategica o superflua.

Ciascuna di queste formulazioni è troppo generica per supportare una decisione della portata che lo Stato italiano potrebbe trovarsi ad affrontare.

La domanda pertinente è molto più impegnativa:

In quali condizioni legali, tecnologiche, industriali, finanziarie, ambientali, normative e geopolitiche un rinnovato programma nucleare italiano potrebbe creare un valore strategico netto e in quali condizioni l'Italia dovrebbe rifiutare, ritardare o riprogettare tale programma?

Questo libro è stato concepito per rispondere a tale domanda.

Il suo scopo, pertanto, non è né quello di sostenere il ritorno dell'energia nucleare né di riprodurre gli argomenti storicamente utilizzati per opporsi ad essa.

Il suo scopo è quello di accertare, con il massimo livello possibile di rigore documentario, **cosa stia effettivamente decidendo l'Italia** .

Tale distinzione è essenziale.

Un programma di reattori non è un singolo progetto infrastrutturale.

Si tratta di un impegno istituzionale che si estende a:

- governi;
- generazioni di regolatori;
- cicli industriali multipli;
- riforme del mercato dell'energia elettrica;
- contratti sui carburanti;
- cambiamenti geopolitici;
- gestione dell'impianto;
- gestione dei rifiuti;
- smantellamento.

Gli effetti della decisione possono quindi estendersi per un secolo o più.

Una politica di tale durata non può essere valutata attraverso slogan politici, presentazioni di fornitori o parametri ingegneristici isolati.

Richiede una prospettiva che abbracci il sistema nazionale.

Questo studio è stato pertanto concepito per fornire tale prospettiva.

L'obiettivo centrale: trasformare il dibattito sul nucleare in un'architettura decisionale.

Il dibattito sul nucleare in Italia è stato storicamente caratterizzato da una polarizzazione insolita.

Chernobyl, i referendum del 1987, la successiva chiusura del programma nucleare italiano, il tentativo di rilancio dell'era Berlusconi, Fukushima e il referendum del 2011 hanno tutti contribuito a creare una cultura politica in cui l'energia nucleare ha acquisito un'importanza simbolica che va ben oltre la sua quota diretta nel sistema elettrico.

Il risultato è stato spesso un dibattito organizzato attorno a presupposti assoluti incompatibili.

Da un lato, l'energia nucleare può essere presentata come la soluzione indispensabile alla dipendenza energetica e alla decarbonizzazione.

D'altra parte, può essere presentata come intrinsecamente superflua, antieconomica o politicamente illegittima.

Nessuno dei due punti di partenza è sufficiente per una decisione governativa.

L'approccio utilizzato in questo libro è quindi volutamente diverso.

Lo studio pone le seguenti domande, in sequenza:

- Che cosa è effettivamente diventato legale?
- Cosa richiede ancora una legislazione o una regolamentazione delegata?
- Quali istituzioni devono esistere prima che un reattore possa ottenere la licenza?
- Dove potrebbe essere fisicamente e legalmente collocato un reattore?
- Quali tecnologie sono state effettivamente realizzate o testate in esercizio?
- Che dipendono da catene di approvvigionamento del carburante che non esistono ancora su scala commerciale matura?
- Quali aziende italiane vantano referenze concrete nel settore nucleare?
- Quali flussi di rifiuti genererebbe una nuova flotta?
- Chi finanzierebbe il programma?
- Chi sarebbe il proprietario e il gestore dell'impianto?
- Chi si farebbe carico degli extracosti?
- Quali ulteriori infrastrutture di rete, stoccaggio, raffreddamento, trasporto e emergenza sarebbero necessarie?
- Cosa succederebbe se non si costruisse una centrale nucleare?
- Quali condizioni dovrebbero indurre lo Stato a interrompere il programma?

L'obiettivo non è quello di fornire un'unica risposta semplicistica.

L'obiettivo è definire le **condizioni in base alle quali le diverse risposte diventano razionali** .

Questa è la differenza tra attività di patrocinio e valutazione strategica.

Il rapporto è strutturato in base alla gerarchia delle prove, non alla convenienza narrativa.

L'affidabilità di una relazione di questo tipo dipende meno dal numero di fonti citate che dalla disciplina con cui vengono distinte le diverse forme di prova.

Nel corso di questo studio, viene mantenuta una rigorosa distinzione tra:

- legge;
- politica governativa;
- prove a supporto dell'autorità di regolamentazione;
- rivendicazioni industriali;
- Risultati del modello;
- dichiarazioni politiche;
- inferenza analitica.

Queste categorie non sono intercambiabili.

Una dichiarazione ministeriale secondo cui la prima energia nucleare potrebbe arrivare in un determinato anno non equivale a:

- un programma autorizzato;
- un contratto di costruzione;
- una decisione finale di investimento.

Una dichiarazione del fornitore che descrive un reattore come pronto per l'implementazione non è equivalente a:

- costruzione completata;
- prima criticità;
- Storia operativa commerciale.

Un impegno politico a sostegno dell'energia nucleare non equivale a:

- un'autorizzazione per un reattore.

Una riduzione stimata di 17 miliardi di euro nei costi del sistema non equivale a:

- 17 miliardi di euro di risparmi pubblici garantiti.

Una richiesta di connessione a un data center non equivale a:

- fabbisogno di energia elettrica operativa.

Un'azienda teoricamente in grado di produrre un componente nucleare non è equivalente a:

- un fornitore attualmente qualificato per il settore nucleare.

L'intero rapporto è strutturato in modo da preservare queste distinzioni.

Ciò previene uno degli errori più comuni nelle politiche relative alle grandi infrastrutture: permettere che aspettative, ambizioni e scenari acquisiscano gradualmente lo status di fatti.

Il lettore dovrebbe quindi interpretare ogni conclusione principale attraverso la gerarchia:

```
FATTO REALIZZATO
↓
STATO DEL PROGRAMMA VERIFICATO
↓
INFERENZA ANALITICA SUPPORTATA
↓
SCENARIO
↓
AMBIZIONE POLITICA O INDUSTRIALE
```

Maggiore è il livello di incertezza, più stringente è la qualificazione applicata.

Questa disciplina metodologica è particolarmente importante perché il settore nucleare è caratterizzato da cicli di sviluppo eccezionalmente lunghi.

Tra annuncio politico e operazione commerciale possono verificarsi:

- riforma legale;
- selezione della tecnologia;
- selezione del sito;
- valutazione ambientale;
- revisione normativa;
- finanziamento;
- approvvigionamento;
- produzione;
- costruzione;
- messa in servizio;
- carico di carburante;
- prima criticità;
- ascesa al potere;

- attività commerciale.

Queste fasi non devono mai essere ridotte al termine generico **"progetto".**

Lo studio considera il reattore come un solo componente del sistema nucleare.

Una delle conclusioni principali che emergono dalla ricerca è che la sola selezione della tecnologia non è sufficiente.

L'unità di analisi corretta non è:

il reattore

Ma:

il sistema completo reattore-combustibile-sito-rete-gestore-rifiuti-finanziamento-regolamentazione.

Ciò modifica l'interpretazione di molte tecnologie di reattori apparentemente interessanti.

Un progetto può possedere:

- elevata sicurezza passiva;
- bassa potenza dell'unità;
- capacità di riscaldamento industriale avanzata;

e rimanere comunque strategicamente debole per l'Italia se:

- il carburante non può essere contrattualizzato;
- l'ente regolatore non possiede le capacità necessarie;
- Il percorso di smaltimento dei rifiuti non è stato risolto;
- il fornitore crea una dipendenza a lungo termine inaccettabile;
- Il sistema non può essere finanziato in modo competitivo.

Al contrario, un SMR convenzionale maturo raffreddato ad acqua può possedere un profilo tecnologico meno ambizioso, pur offrendo:

- maggiore maturità dei combustibili;
- prove normative più approfondite;
- conoscenze operative più accessibili.

Nessuno dei due esiti individua un vincitore universale.

Ciò dimostra perché gli appalti nazionali debbano essere multidimensionali.

Lo stesso principio si applica ai siti.

Un collegamento alla rete elettrica a 380 kV esistente non rende automaticamente un sito autorizzato.

Il fatto che un ex sito nucleare sia automaticamente riutilizzabile non significa che lo sia.

La posizione costiera non risolve automaticamente i problemi di approvvigionamento idrico per il raffreddamento.

La bonifica di un sito industriale dismesso non semplifica automaticamente la sicurezza fisica.

Ogni vantaggio apparente genera una questione di secondo livello.

Quest'analisi di secondo ordine è una delle caratteristiche distintive di questo libro.

Il rapporto introduce l'incertezza nella decisione anziché nasconderla.

I rapporti governativi possono generare una falsa fiducia quando l'incertezza viene trattata come una debolezza editoriale.

Nell'ambito della politica nucleare, l'incertezza è di per sé una delle variabili decisionali.

Tra le variabili importanti ancora da definire figurano:

- Costo di costruzione di FOAK;
- Economia futura della produzione in serie di SMR;
- WACC nucleare italiano;
- costi di stoccaggio negli anni 2030;
- Prestazioni e costi della CCS;
- Disponibilità di HALEU;
- accettazione da parte del pubblico;
- disponibilità del sito;
- futura domanda di elettricità;
- carico futuro del data center;
- durabilità politica.

La risposta appropriata non è quella di eliminare l'incertezza attraverso stime non supportate da prove.

Si tratta di strutturare il programma in modo che le evidenze future modifichino le decisioni.

Ciò produce una strategia basata su porte.

```
INCERTEZZA OGGI
↓
PROVE DI FOAK STRANIERO
↓
LAVORO IN AMBITO REGOLATORIO ITALIANO
```

```
↓
PROVE SUL LUOGO
↓
PROVE DI FINANZIAMENTO
↓
DECISIONE AGGIORNATA
```

Lo Stato non ha bisogno di una conoscenza perfetta prima di iniziare i lavori preparatori.

È necessario fornire prove sostanzialmente più solide prima di assumere impegni irreversibili.

Tale distinzione consente all'Italia di preservare l'opzionalità nucleare senza vincolarsi prematuramente a una singola tecnologia o a un unico fornitore.

Lo studio è destinato sia ai decisori politici che alle istituzioni tecniche.

Il pubblico di lettori a cui è destinato questo libro è volutamente più ampio della sola comunità tecnica nucleare.

Un programma nucleare moderno non può essere gestito esclusivamente da ingegneri.

Né può essere governato efficacemente attraverso decisioni politiche senza prove ingegneristiche.

I soggetti decisionali competenti includono:

- Presidenza del Consiglio;
- Parlamento;
- MASE;
- MEF;
- MIMIT;
- MAECI;
- ISIN;
- Terna;
- Protezione civile;
- governi regionali;
- potenziali operatori;
- aziende industriali;
- istituzioni finanziarie;
- università e centri di ricerca.

Ognuno di loro vede un problema nucleare diverso.

L'autorità di regolamentazione chiede:

L'installazione è sicura?

Il Tesoro chiede:

Quale responsabilità potenziale si assume lo Stato?

L'operatore di rete chiede:

La rete è in grado di integrare l'impianto?

Il ministero dell'industria chiede:

Quali capacità strategiche restano all'Italia?

L'operatore chiede:

È possibile costruire e gestire l'impianto in modo affidabile?

L'ente locale chiede:

Quali rischi, infrastrutture e benefici riceve il territorio?

Il governo deve integrare tutte queste prospettive.

Ecco perché questo libro oltrepassa intenzionalmente i confini disciplinari.

Combina:

- diritto costituzionale;
- regolamentazione nucleare;
- ingegneria dei reattori;
- analisi del ciclo del combustibile;
- pianificazione a griglia;
- politica industriale;
- rischio ambientale;
- finanza pubblica;
- approvvigionamento;
- geopolitica.

Una decisione nazionale in materia nucleare non può essere ridotta a una sola di queste opzioni.

La dimensione temporale è fondamentale

Un ulteriore principio dello studio è la separazione tra politiche immediate, a medio termine e a lungo termine.

I problemi energetici dell'Italia funzionano secondo ritmi diversi.

Il Paese deve agire immediatamente su:

- griglie;
- diffusione delle energie rinnovabili;
- magazzinaggio;
- efficienza energetica;
- elettrificazione;
- Diversificazione del gas.

Un programma nucleare non può risolvere in modo sostanziale i problemi di approvvigionamento elettrico dell'Italia per il periodo 2026-2030.

È di fondamentale importanza per il sistema che potrebbe emergere dalla metà degli anni 2030 fino al 2050 e oltre.

Ciò previene un errore comune nelle politiche aziendali:

utilizzare la futura energia nucleare come giustificazione per ritardare le infrastrutture di cui l'Italia ha bisogno prima che il nucleare possa eventualmente entrare in funzione.

La relazione dovrebbe invece essere complementare.

```
anni 2020
ENERGIE RINNOVABILI
GRIGLIA
MAGAZZINAGGIO
EFFICIENZA
+
SVILUPPO DELL'OPZIONE NUCLEARE

↓

Anni 2030

DECISIONE NUCLEARE BASATA SULLE PROVE
```

Se il nucleare supera i passaggi richiesti, entra a far parte del sistema successivo.

In caso contrario, l'Italia deve dotarsi di un percorso credibile verso un'alternativa non nucleare.

Il rapporto esamina quindi entrambi gli aspetti.

La prospettiva geopolitica è più ampia della semplice indipendenza energetica.

Il termine **"sovranità energetica"** compare sempre più spesso nel discorso politico europeo.

Può facilmente risultare fuorviante.

Nessun plausibile sistema energetico italiano futuro è completamente sovrano in senso letterale.

Un sistema fortemente basato sulle energie rinnovabili dipende da:

- tecnologia;
- minerali critici;
- catene di approvvigionamento per lo stoccaggio;
- griglie.

Un sistema a gas dipende da:

- oleodotti;
- GNL;
- produttori stranieri.

Un sistema nucleare dipende da:

- uranio;
- conversione;
- arricchimento;
- fabbricazione di combustibili;
- tecnologia dei reattori.

L'obiettivo rilevante non è l'autarchia.

È:

evitare un'eccessiva concentrazione strategica.

L'analisi geopolitica presentata in questo libro si concentra pertanto sull'architettura della dipendenza.

Si chiede se l'Italia stia sostituendo:

DIPENDENZA A

con:

DIPENDENZA B

o creare un sistema più diversificato e resiliente.

Questa distinzione è particolarmente importante dopo lo shock energetico seguito all'invasione russa dell'Ucraina.

Gli eventi del 2022 non hanno dimostrato che l'energia nucleare sia automaticamente necessaria.

Hanno dimostrato il costo strategico della dipendenza da fonti energetiche concentrate.

Questa lezione si applica ugualmente alla futura selezione dei fornitori di servizi nucleari.

L'Italia non dovrebbe ridurre la dipendenza dal gas solo per diventare strutturalmente dipendente da:

- un fornitore di reattori;
- un unico fornitore di carburante;
- un ecosistema software straniero.

La sicurezza è considerata una condizione abilitante, non un argomento politico.

Nessun risultato economico ha la precedenza sulla sicurezza nucleare.

Nessun argomento geopolitico prevale sulla sicurezza nucleare.

Nessun programma di costruzione ha la precedenza sulla sicurezza nucleare.

Allo stesso tempo, l'analisi della sicurezza deve rimanere di natura tecnica.

Il libro, pertanto, respinge affermazioni categoriche quali:

- “I SMR sono intrinsecamente sicuri”;
- “La quarta generazione elimina gli incidenti”;
- “I reattori di piccole dimensioni non necessitano di piani di emergenza.”

La sequenza corretta è sempre:

```
PROGETTO
↓
PERICOLO
↓
ANALISI DEGLI INCIDENTI
↓
TERMINE DI ORIGINE
↓
CONSEGUENZA
↓
DECISIONE REGOLATORIA
```

Lo stesso standard si applica alla sicurezza informatica, alla protezione fisica e alle misure di sicurezza.

Ciò consente alla sicurezza di rimanere una disciplina professionale, anziché un'arma retorica utilizzata per promuovere o respingere la tecnologia.

La storia politica è inclusa perché la stabilità politica influenza l'ingegneria e la finanza.

L'analisi dei referendum del 1987 e del 2011 non è un'appendice storica.

È direttamente rilevante per l'economia dei programmi.

Gli investimenti nel nucleare richiedono decenni di continuità politica.

Aumentano i ripetuti cambi di rotta nelle politiche:

- rischio per l'investitore;
- costo del finanziamento;
- incertezza dei fornitori;
- abbandono della forza lavoro.

La storia nucleare italiana diventa quindi una variabile finanziaria attuale.

Lo Stato deve dimostrare che le istituzioni tecniche possono sopravvivere ai cambiamenti politici.

Ecco perché l'indipendenza degli enti regolatori, i fondi per lo smantellamento, le misure di salvaguardia e la politica in materia di rifiuti non dovrebbero essere ridefiniti dopo ogni elezione.

Un programma nucleare sostenibile richiede un nucleo istituzionale stabile, anche se le maggioranze politiche continuano a essere in disaccordo sulle dimensioni della flotta o sulla sua tempistica.

Cosa il lettore può aspettarsi dai capitoli che seguono

I capitoli procedono dalla legge all'attuazione.

Essi esaminano:

- la ricostruzione giuridica della politica nucleare italiana;
- governo multilivello e autorità regionale;
- fattibilità del sito;
- la base industriale nucleare italiana;
- Realtà globale dei reattori modulari di piccole dimensioni e dei reattori avanzati;
- carburante e rifiuti;
- vincoli ambientali, di rete e di sicurezza;
- rischi del programma;
- sequenza di dispiegamento;
- opzioni strategiche;
- la storia politica del ritiro e del ritorno dell'Italia al nucleare;
- finanziamento;
- architettura istituzionale;
- approvvigionamento e gestione della flotta;
- il controfattuale completo nucleare contro quello non nucleare.
- Il risultato è volutamente più ampio di un semplice rapporto tecnologico.

Si tratta di una valutazione sulla capacità dell'Italia di costruire un **sistema nucleare completo** .

Il principio guida dell'intero studio

Lo studio può essere in definitiva ricondotto a un'unica regola analitica:

Nessuna singola caratteristica positiva dovrebbe essere consentita per compensare un fallimento fondamentale del programma.

- Un reattore economico senza possibilità di ottenere licenze non è una soluzione praticabile.
- Un reattore maturo senza un sito idoneo non è una soluzione praticabile.
- Un reattore sicuro senza finanziamenti bancari non è fattibile.
- Un reattore finanziabile senza un combustibile sicuro non è realizzabile.

- Un reattore tecnologicamente avanzato che crea un'inaccettabile dipendenza strategica non è automaticamente auspicabile.
- Un progetto politicamente attraente i cui rifiuti non possono essere gestiti non è sostenibile.

Pertanto, il programma italiano deve superare contemporaneamente tutte le principali prove.

LEGGE
↓
ISTITUZIONI
↓
TECNOLOGIA
↓
SITO
↓
SICUREZZA
↓
CARBURANTE
↓
SCIUPARE
↓
GRIGLIA
↓
FINANZA
↓
APPROVVIGIONAMENTO
↓
OPERATORE
↓
FID

Lo scopo di questo libro è rendere visibile ciascuna di queste porte.

Tale visibilità costituisce di per sé una forma di protezione strategica.

Consente ai decisori politici di distinguere:

- ciò che è già noto;
- ciò che resta incerto;
- cosa si può accelerare;
- ciò che non può essere compresso in sicurezza;
- dove l'Italia possiede autentici vantaggi strategici;
- dove l'ambizione politica supera le prove attuali.

L'obiettivo dello studio non è quindi quello di dire allo Stato italiano quale conclusione debba raggiungere.

Si tratta di rendere sostanzialmente più difficile per lo Stato giungere a tale conclusione sulla base di informazioni incomplete.

Questo è il criterio in base al quale va letto ogni capitolo che segue.

SINTESI ESECUTIVA

23 settembre 2026 l'Italia ha superato una soglia parlamentare significativa , ma ciò non ha autorizzato la costruzione di una centrale nucleare. Il Senato ha approvato la DDL n. 1924, *Delega al Governo in materia di energia nucleare sostenibile* , con **81 voti favorevoli, 51 contrari e 7 astensioni** , concludendo l'iter parlamentare dopo l'approvazione da parte della Camera dei Deputati il 4 giugno 2026. Tuttavia, alla data di riferimento del presente rapporto, il database legislativo del Senato continuava a classificare il provvedimento come **"approvato in via definitiva, non ancora pubblicato".** La posizione giuridicamente corretta è quindi che il Parlamento aveva completato l'iter di approvazione di un provvedimento abilitante, mentre la promulgazione, la pubblicazione e l'entrata in vigore non erano ancora state registrate dalla fonte del Senato utilizzata per questa valutazione. Il provvedimento non costituisce pertanto né un'autorizzazione alla costruzione di un reattore né una designazione di sito. **[L]**

L'articolo 1 rappresenta il perno giuridico immediato del programma. Esso delega al Governo l'adozione di uno o più decreti legislativi **entro dodici mesi dalla data di entrata in vigore della legge** . Il quadro delegato è eccezionalmente ampio: comprende la produzione e l'utilizzo di energia nucleare sostenibile, la produzione e il ritrattamento del combustibile, lo smantellamento degli impianti esistenti, la gestione dei rifiuti radioattivi e del combustibile esaurito, la ricerca e la fusione, nonché la riorganizzazione delle responsabilità istituzionali. Il periodo di dodici mesi non deve quindi essere calcolato a partire dalla votazione del Senato del 23 settembre. Né l'approvazione parlamentare stabilisce una data di entrata in vigore legalmente fissa. **[L]**

Anche il perimetro tecnologico richiede precisione. Il testo parlamentare definitivo prevede che le tecnologie ammissibili siano individuate secondo il principio di **neutralità tecnologica** , utilizzando le migliori tecnologie nucleari, comprese quelle modulari o avanzate riconosciute dalle pertinenti definizioni internazionali. Fornisce quindi un quadro giuridico in grado di accogliere i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) e i reattori avanzati senza ridurre la legge a una normativa limitata ai soli SMR. Anche le procedure di localizzazione devono ancora essere rese operative: l'articolo 3 prevede che il sistema di attuazione definisca criteri e procedure di localizzazione **su richiesta dei proponenti del progetto** , applicando gli standard tecnici e di sicurezza nazionali, europei e internazionali. Di conseguenza, alla data limite non esiste un sito di reattore selezionato a livello nazionale. **[L]**

L'impegno finanziario pubblico contenuto nel provvedimento abilitante è altrettanto diverso dal finanziamento necessario per un effettivo programma di reattori. L'articolo 5 stanzia **20 milioni di euro per ciascuno degli anni 2027, 2028 e 2029** , ovvero 60 milioni di euro nell'arco di questi tre anni, attingendo alle risorse assegnate a MASE nell'ambito

del quadro di investimento statale vigente. Ulteriori **1,5 milioni di euro nel 2026 e 6 milioni di euro nel 2027** sono autorizzati per specifiche attività delegate. Tali stanziamenti devono essere intesi come spese abilitanti al programma. Non costituiscono il bilancio di capitale per un singolo SMR, tanto meno per un parco nazionale di reattori, e la legislazione stessa riconosce che potrebbero essere necessarie misure aggiuntive laddove i decreti delegati generino spese che non possono essere coperte dalle risorse esistenti. **[L]**

La scala discussa nella pianificazione energetica nazionale è considerevolmente più ampia, ma rimane comunque di natura scenaristica. Il **PNIEC 2024** modella un percorso nucleare conservativo di circa **8 GW entro il 2050** , in grado di soddisfare circa **l'11% della domanda di elettricità** ; individua inoltre un potenziale tecnico-economico di circa **16 GW** , corrispondente a circa **il 22%** della domanda qualora venisse sviluppato l'intero potenziale stimato. Lo stesso PNIEC presenta la componente nucleare come uno scenario a lungo termine piuttosto che come un programma di approvvigionamento vincolante e chiarisce che non modifica le ipotesi politiche del Paese per il 2030. Queste cifre dovrebbero quindi essere utilizzate come limiti di pianificazione, non come prova che l'Italia abbia ordinato 8 o 16 GW di reattori. **[G]**

L'Italia, nel frattempo, riparte da **zero con reattori nucleari nazionali in funzione** . Le sue quattro ex unità commerciali – Latina, Garigliano, Trino e Caorso – sono chiuse e fanno parte del patrimonio nazionale di smantellamento. La risposta industriale a una possibile ripresa è tuttavia reale. **Nuclitalia** , costituita nel maggio 2025 da Enel, Ansaldo Energia e Leonardo, è partecipata **rispettivamente al 51%, 39% e 10%** ed è stata creata per valutare tecnologie nucleari avanzate, inizialmente con un focus sui progetti di SMR (Small Modular Reactor) raffreddati ad acqua, relativamente maturi, sulla loro fattibilità tecnico-economica e sulle potenziali partnership industriali. Si tratta di un veicolo di valutazione tecnologica e di sviluppo industriale; non è ancora un costruttore di impianti autorizzato con un progetto di costruzione in Italia. **[I][S]**

La stessa disciplina è necessaria quando si descrive il mercato globale dei reattori modulari di piccole dimensioni (SMR). L'AIEA ha identificato due progetti di SMR già in funzione commerciale: il reattore galleggiante russo **Akademik Lomonosov , operativo commercialmente dal 2020, e l'HTR-PM** cinese , entrato in funzione commerciale nel dicembre 2023. Lo sviluppo occidentale ha superato la fase puramente concettuale, ma non ha ancora prodotto una flotta commerciale matura che dimostri la redditività della produzione in serie. La CNSC canadese ha rilasciato a Ontario Power Generation una licenza nell'aprile 2025 per la costruzione del primo **BWRX-300** a Darlington; il primo ostacolo normativo è stato rimosso nel marzo 2026 e OPG ha successivamente richiesto una licenza operativa. Negli Stati Uniti, la NRC ha rilasciato il permesso di costruzione per il progetto **Natrium di TerraPower** nel marzo 2026. Si tratta di importanti traguardi

normativi e costruttivi, ma l'autorizzazione alla costruzione, la messa in servizio e l'esercizio commerciale sostenuto della flotta rimangono fasi distinte. **[I]**

Il dibattito italiano sulla data di entrata in funzione delle centrali nucleari deve quindi essere trattato come un problema di rischio legato alla tempistica, piuttosto che essere riproposto come una data politica. Il Ministro Pichetto Fratin ha dichiarato il 18 settembre 2026 che la produzione di energia nucleare potrebbe essere considerata per **il 2033-2034 "nella migliore delle ipotesi".** Separatamente, Edison, EDF, NUWARD e partner industriali italiani hanno firmato una dichiarazione nel giugno 2026 relativa a un programma europeo per i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR), con l'obiettivo dichiarato di rendere operativi i primi impianti nel **2035.** Nessuna delle due dichiarazioni costituisce un programma di progetto italiano approvato. Per la pianificazione statale, questo rapporto esaminerà pertanto tre fasce di programma esplicite: un **caso di entrata in funzione credibile al più presto tra il 2034 e il 2036** , un **caso di pianificazione centrale tra il 2037 e il 2040** e un **caso di rinvio oltre il 2042.** La prima fascia richiede condizioni eccezionalmente favorevoli: decreti attuativi rapidi, selezione tempestiva di un progetto sostanzialmente maturo, un sito accettabile, capacità regolamentare adeguata, chiusura del finanziamento, predisposizione alla rete ed esecuzione della costruzione senza significative interruzioni alla data di entrata in funzione. **[G/I/M/U]**

I rifiuti radioattivi rappresentano il vincolo strutturale ereditato più evidente del programma. L'Italia **non dispone ancora di un Deposito Nazionale operativo** . La CNAI proposta comprende **51 aree potenzialmente idonee** , ma dopo che la fase di manifestazione volontaria non ha prodotto autocandidature, il processo di selezione dei siti è rimasto in corso attraverso la procedura di Valutazione Ambientale Strategica. Il Sogin ha riferito che il programma nazionale di smantellamento complessivo aveva raggiunto **il 47,7% di completamento al 31 dicembre 2025.** La sua gestione è proseguita nel 2026 con l'obiettivo di individuare **il 2039** come termine ultimo per il completamento del Deposito Nazionale, ma tale data rappresenta un obiettivo di attuazione, non una garanzia vincolante. **[G]**

La questione del deposito è più complessa di quanto suggerisca l'espressione "deposito nazionale". La revisione ARTEMIS dell'AIEA descrive il deposito previsto come un sistema di smaltimento superficiale per i rifiuti a bassissima e bassa attività, mentre lo stoccaggio centralizzato ospiterebbe i rifiuti a media e alta attività e il combustibile esaurito. La stessa revisione ha rilevato che il Programma Nazionale del 2019, allora in fase di elaborazione, non conteneva un piano di smaltimento geologico ben definito e raccomandava all'Italia di procedere con un programma che prevedesse lo smaltimento geologico come destinazione finale per il combustibile esaurito e i rifiuti radioattivi ad alta attività. Pertanto, la costruzione di un deposito superficiale risolverebbe un grave deficit infrastrutturale nazionale senza, di per sé, fornire una risposta completa alla questione dello stato finale dei rifiuti ad alta attività e del combustibile esaurito. **[G/I]**

La base industriale è reale, ma non va gonfiata. Il presidente dell'AIN ha affermato che circa **60-70 aziende italiane** operano già ad alti livelli nel settore nucleare internazionale. Stime storiche più ampie, che indicano circa 400 aziende potenzialmente rilevanti, descrivono una popolazione industriale convertibile, piuttosto che un censimento dei fornitori attualmente qualificati per il nucleare. La distinzione è decisiva: la fabbricazione di apparecchiature per la saldatura nucleare, la tracciabilità dei materiali, il controllo qualità, la strumentazione di classe di sicurezza e la costruzione nucleare richiedono qualifiche e controlli documentali che le normali capacità nel settore petrolifero e del gas, della produzione di energia o della meccanica non conferiscono automaticamente. Il Capitolo 4 ricostruirà quindi la base industriale azienda per azienda, separando il nucleo nucleare documentato dai fornitori adiacenti e potenzialmente convertibili, anziché riprodurre i dati generali. **[I/S]**

Tre rischi dominano la valutazione del programma di apertura. **Il primo riguarda l'attuazione istituzionale:** entro una breve finestra politica, l'Italia deve convertire i principi delegati generali in un regime di licenze stabile, rafforzare la capacità di regolamentazione, definire le responsabilità e stabilire un processo di sito in grado di resistere al vaglio tecnico, ambientale, regionale, comunale e giudiziario. **Il secondo rischio riguarda l'economia e la realizzazione del FOAK:** il mercato occidentale degli SMR sta solo ora generando dati concreti sulla costruzione, pertanto le ipotesi di modularità seriale, tempistiche ristrette o costi prevedibili dall'oggi al domani rimangono in parte non dimostrate. **Il terzo rischio riguarda la fase finale e il consenso sociale: il programma di deposito irrisolto, la via di smaltimento definitiva per i rifiuti ad alta attività e il combustibile esaurito, il consenso territoriale, la capacità della forza lavoro e il finanziamento delle passività a lungo termine possono ritardare o screditare il programma ,** anche se la tecnologia del reattore in sé è tecnicamente fattibile.

La decisione strategica non si riduce quindi a uno slogan binario del tipo "nucleare contro non nucleare". Il Governo si trova di fronte ad almeno quattro architetture sostanzialmente diverse: **(i)** acquistare o collaborare attorno a un SMR (Super Reactor Modular) occidentale relativamente maturo, massimizzando al contempo la partecipazione industriale italiana; **(ii)** attribuire maggiore importanza strategica alle tecnologie dei reattori avanzati di origine italiana e accettare un percorso di implementazione successivo e più intensivo in termini di sviluppo; **(iii)** rafforzare l'Italia principalmente come esportatore di componenti nucleari, ingegneria, smantellamento e tecnologia, rinviando al contempo un primo impianto nucleare nazionale; o **(iv)** posticipare gli impegni irreversibili per la costruzione di nuovi reattori nazionali fino a quando le fasi di regolamentazione, localizzazione e gestione dei rifiuti non avranno raggiunto livelli di maturità definiti. Il presente rapporto non sceglierà una di queste opzioni politiche. Definirà le condizioni di fatto, i costi, le dipendenze, i rischi e le fasi

decisionali in base alle quali ciascuna di esse diventa attuabile o cessa di essere credibile. **[U]**

Il compito immediato dello Stato alla fine del 2026 non è quindi quello di annunciare dove verrà costruito un reattore o di fingere che una data di messa in servizio negli anni 2030 sia già garantita. Si tratta piuttosto di stabilire se l'Italia sia in grado di trasformare la delegazione parlamentare in un **programma nazionale autorizzabile, finanziabile, tecnicamente difendibile e verificabile,** che integri la tecnologia del reattore, la localizzazione, l'indipendenza dell'autorità di regolamentazione, l'infrastruttura di rete, la qualificazione industriale, la gestione dei rifiuti, la formazione della forza lavoro, la sicurezza, la finanza pubblica e le responsabilità a lungo termine all'interno di un'unica architettura di governo.

TABELLA DECISIONALE ESECUTIVA

Problema	Posizione certificata al 26 settembre 2026	Stato
Status parlamentare	La legge DDL 1924 è stata finalmente approvata il 23 settembre; il database del Senato riporta ancora la dicitura "non ancora pubblicata".	[L]
Votazione del Senato	81 voti a favore, 51 contrari, 7 astensioni	[L]
Orologio del decreto delegato	12 mesi dall'entrata in vigore della legge	[L]
Autorizzazione alla costruzione	Nessuna costruzione di reattore è autorizzata semplicemente con l'approvazione parlamentare.	[L]
Siti selezionati	Nessuno	[L/G]
La tecnologia domina	Neutralità tecnologica; migliori tecnologie, inclusi reattori modulari e avanzati.	[L]
Struttura finale delle autorità di sicurezza	Ancora da definire tramite implementazione delegata	[L]
Stanziamento di investimenti 2027-2029	20 milioni di euro all'anno; 60 milioni di euro in totale	[L]
Finanziamenti aggiuntivi specifici	1,5 milioni di euro nel 2026; 6 milioni di euro nel 2027	[L]
percorso conservativo PNIEC	Circa 8 GW entro il 2050; circa l'11% della domanda di elettricità	[G]
potenziale stimato completo del PNIEC	~16 GW; ~22% della domanda di elettricità	[G]
Reattori nucleari italiani in funzione	0	[G/S]
Progetti di SMR commerciali operativi a livello globale identificati dall'AIEA	Akademik Lomonosov; HTR-PM	[IO]
Darlington BWRX-300	Rilasciata la licenza di costruzione; avviato l'iter regolamentare per la fase di costruzione.	[IO]
Natrium Kemmerer	Permesso di costruzione rilasciato dalla NRC nel marzo 2026.	[IO]
Dichiarazione ministeriale di prima potenza	2033–34 “nella migliore delle ipotesi”; non si tratta di un programma previsto dalla legge o concesso in licenza.	[M]
Obiettivo industriale di Edison/EDF/NUWARD	I primi impianti saranno operativi nel 2035; non si tratta di un programma di licenze italiano.	[IO]
Rapporto sulle fasce di pianificazione	2034–36 data più probabile / 2037–40 data centrale / >2042 data posticipata	[U]
Archivio nazionale	Non funzionante	[G]
CNAI	Proposta per 51 aree; processo di assegnazione dei siti ancora da definire.	[G]
Avanzamento delle attività di smantellamento della centrale di Sogin	47,7% al 31 dicembre 2025	[G]
Obiettivo del programma di repository	Obiettivo 2039; non si tratta di una garanzia di licenza.	[G]

Nucleo industriale nucleare specializzato attuale	Circa 60-70 aziende secondo i dati AIN/CDP	[È]
“400-500 aziende” affermano	Universo industriale potenziale/convertibile; non accettato come censimento qualificato per il nucleare.	[U]

RIFERIMENTI — PACCHETTO DI APERTURA

I riferimenti riportati di seguito sono le **fonti principali effettivamente utilizzate per questo pacchetto iniziale** . La mappa completa delle fonti consolidate, composta da 25-40 fonti, richiesta dal mandato, verrà pubblicata dopo il Capitolo 10.

[L1] Senato della Repubblica — Atto Senato n. 1924, *Delega al Governo in materia di energia nucleare sostenibile* , stato legislativo, aggiornato al 23 settembre 2026.
Senato — DDL 1924 record legislativo

[L2] Senato della Repubblica — Verbale finale dell'Assemblea, seduta n. 458, 23 settembre 2026, DDL 1924. Contiene gli articoli 1-5 approvati e gli atti parlamentari finali.
Senato — Ultima seduta del 23 settembre 2026

[L3] Senato della Repubblica — Articolo 1, DDL 1924: delega di dodici mesi dall'entrata in vigore.
Senato — Testo DDL 1924

[L4] Senato della Repubblica — Articolo 5, DDL 1924: disposizioni finanziarie.
Senato — Articolo 5 disposizioni finanziarie

[L5] Servizio Bilancio del Senato — Fascicolo tecnico e finanziario DDL 1924, inclusa la previsione di 20 milioni di euro/anno 2027-2029 e le spese delegate aggiuntive.
Senato — Fascicolo tecnico e finanziario sul DDL 1924

[L6] Corte costituzionale italiana — verbale di ammissibilità del referendum nucleare del 2011.
Corte costituzionale — verbale della decisione sul referendum nucleare del 2011

[G1] MASE — *Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima* , giugno 2024.
MASE — PNIEC 2024 documento completo

[G2] Servizio di ricerca della Camera dei Deputati — Dossier 2026 sugli scenari nucleari DDL 1924 e PNIEC; riporta il caso conservativo di circa 8 GW e il caso a pieno potenziale di circa 16 GW / 22%.
Camera dei Deputati — Dossier sul programma nucleare

[G3] Sogin — Deposito nazionale e parco tecnologico: attuale processo di localizzazione, CNAI, assenza di candidature volontarie e prosecuzione attraverso la valutazione ambientale strategica.
Sogin — Deposito nazionale e parco tecnologico

[G4] Sogin — Pubblicazione MASE della CNAI proposta contenente 51 aree.
Sogin — Pubblicazione della CNAI a 51 aree

[G5] Sogin — Risultati finanziari 2025, pubblicati il 6 agosto 2026; completamento dello smantellamento a livello nazionale pari al 47,7%.
Sogin — Risultati finanziari 2025 e progressi nello smantellamento

[G6] Sogin — Audizione al Senato sulla legge sulla delega nucleare, 2026; conferma del parametro di smantellamento del 47,7% e dell'obiettivo di deposito del 2039.
Sogin — Audizione al Senato del 2026

[G7] IAEA — Missione ARTEMIS in Italia, rifiuti radioattivi, combustibile esaurito, smantellamento e bonifica. Descrive l'architettura prevista per il Deposito Nazionale e identifica lo smaltimento geologico come destinazione finale necessaria per il combustibile esaurito e i rifiuti altamente radioattivi.
IAEA — Rapporto della missione ARTEMIS sull'Italia

[I1] Ansaldo Energia — costituzione di Nuclitalia, 14 maggio 2025; Enel 51%, Ansaldo Energia 39%, Leonardo 10%.
Ansaldo Energia — Creazione di Nuclitalia

[I2] Edison — Dichiarazione del 25 giugno 2026 con EDF, NUWARD e partner industriali italiani in merito al programma europeo SMR e all'obiettivo operativo dichiarato per il 2035.
Edison — Dichiarazione EDF/NUWARD/industria italiana sull'SMR

[I3] IAEA — Opuscolo sulla piattaforma SMR; riferimenti operativi SMR tra cui Akademik Lomonosov e HTR-PM.
IAEA — Opuscolo sulla piattaforma per piccoli reattori modulari.

[I4] Commissione canadese per la sicurezza nucleare — Nuovo progetto nucleare di Darlington; licenza di costruzione BWRX-300, punti di blocco normativo e domanda di licenza operativa 2026.
CNSC — Nuovo progetto nucleare di Darlington

[I5] Commissione di regolamentazione nucleare statunitense — Punti salienti delle licenze per reattori avanzati; permesso di costruzione per Natrium rilasciato il 9 marzo 2026.
US NRC — Punti salienti sui reattori avanzati

[I6] Associazione Italiana Nucleare — Intervista a Stefano Monti sulla filiera specializzata esistente; circa 60-70 aziende italiane descritte come operanti ad alto livello internazionale nel settore nucleare.
AIN — Intervista alla base industriale nucleare italiana

[S1] Cassa Depositi e Prestiti — valutazione della base industriale nucleare italiana, individuando circa 70 imprese specializzate e distinguendo le competenze esistenti

della filiera produttiva dal potenziale di sviluppo futuro. CDP — Settore nucleare italiano: stato e prospettive

[S2] Associazione Mondiale Nucleare — Profilo Paese Italia, aggiornato a maggio 2026; stato storico dei reattori e assenza di reattori nazionali in funzione. Associazione Mondiale Nucleare — Energia Nucleare in Italia

[M1] ANSA, 18 settembre 2026 — dichiarazione attribuita al Ministro Gilberto Pichetto Fratin secondo cui la produzione di energia nucleare potrebbe arrivare nel 2033-2034 "nella migliore delle ipotesi"; in questo rapporto viene considerata una tempistica politica ministeriale, non un programma autorizzato. ANSA — Pichetto Fratin sulla tempistica 2033-2034

STATO: APERTURA CONFEZIONE CERTIFICATA.

PROSSIMA UNITÀ DI RELAZIONE: CAPITOLO 1 — "Il ripristino legale e cosa prevede concretamente la legge del 2026".

Il capitolo 1 sarà sottoposto a un nuovo ciclo specifico per il capitolo, **Agente A → Agente B → Agente C,** prima che qualsiasi testo del capitolo 1 venga ammesso al rapporto.

Rimuovere il materiale interno del controllo qualità. Aggiungere la tesi analitica in anticipo.

CAPITOLO 1 — IL RESTAURO LEGALE E COSA PREVEDE CONCRETAMENTE LA LEGGE DEL 2026

1.1 Accertamento giuridico dell'esecutivo

L'Italia aveva completato l' **approvazione parlamentare** di un nuovo quadro normativo per l'energia nucleare sostenibile entro la data limite del **26 settembre 2026. Tuttavia, non** aveva ancora creato un diritto giuridico operativo per la costruzione di un reattore, selezionato un sito, concesso una licenza di costruzione nucleare, adottato un programma nucleare nazionale, istituito un nuovo ente di rilascio delle licenze definitivo, impegnato finanziamenti pubblici per un progetto di reattore, né fissato una data giuridicamente vincolante per la prima produzione di energia.

Il **23 settembre 2026** , il Senato ha approvato in via definitiva la DDL n. 1924, *Delega al Governo in materia di energia nucleare sostenibile* , con **81 voti favorevoli, 51 contrari e 7 astensioni** , con 140 senatori presenti e 139 votanti. Il disegno di legge era stato precedentemente approvato dalla Camera dei Deputati il **4 giugno 2026.** Alla data di chiusura della relazione, il verbale legislativo ufficiale del Senato continuava a riportare la dicitura: **“approvato definitivamente, non ancora pubblicato”** . Tale distinzione è giuridicamente rilevante. L'approvazione parlamentare era stata completata, ma la pubblicazione e l'entrata in vigore non erano ancora avvenute, secondo il verbale parlamentare di riferimento disponibile il 26 settembre. **[L]**

Il nuovo quadro normativo, pertanto, si configura, in via preliminare, come una **legge di delega approvata dal Parlamento, in attesa del completamento dell'iter costituzionale di pubblicazione/entrata in vigore** , e non come una legge italiana sulla costruzione di reattori già in grado di supportare le opere materiali. La sua funzione centrale è quella di conferire al Governo il potere di creare il quadro legislativo dettagliato che ancora non esiste. **[L]**

Tale distinzione deve rimanere intatta per tutta la durata del programma nazionale:

Fase legale	Situazione al 26 settembre 2026	Conseguenza
Approvazione parlamentare	**Completato**	Il Parlamento ha approvato il quadro delle delegazioni
Promulgazione/pubblicazione	**Non risulta completato nello stato del Senato alla scadenza**	La relazione non può considerare il 23 settembre come data di entrata in vigore.
Entrata in servizio	**In sospeso al termine**	Il conto alla rovescia di dodici mesi per la delega non era ancora iniziato in base alle prove disponibili
Decreti legislativi	**Non ancora adottato**	Non esiste ancora un regime dettagliato per le nuove costruzioni.
Programma nucleare nazionale	**Previsto per una futura definizione, non ancora adottato.**	Non esiste ancora un programma definitivo in termini di capacità, tecnologia o sito.
Selezione della tecnologia del reattore	**Nessuno**	Nessun fornitore o progetto è stato selezionato per legge
Designazione del sito	**Nessuno**	Nessun comune o sito industriale è stato legalmente selezionato
Approvazione ambientale	**Nessuno per un nuovo reattore nucleare italiano**	Le valutazioni VIA specifiche del progetto e altre valutazioni rimangono requisiti futuri
Autorizzazione alla costruzione nucleare	**Nessuno**	Nessun reattore può essere presentato come autorizzato per la costruzione
Meccanismo di sostegno commerciale	**Nessuno definito**	Non esiste alcun CfD, RAB, prestito sovrano, garanzia statale o prezzo di esercizio regolamentato.

Data di inizio dell'attività commerciale	**Nessuno legalmente stabilito**	Le dichiarazioni del periodo 2033-35 rimangono obiettivi politico-industriali

Di conseguenza, il riassetto giuridico pratico è sostanziale ma incompleto. Il Parlamento ha autorizzato il Governo a ricostruire l'architettura giuridica nucleare, ma **non ha preventivamente autorizzato i progetti che potrebbero essere elaborati attraverso tale architettura** .

1.2 L'orologio dei dodici mesi: cosa lo fa effettivamente iniziare

L'articolo 1 delega al Governo l'adozione di uno o più decreti legislativi **entro dodici mesi dalla data di entrata in vigore della legge** . Non si parla di dodici mesi dalla votazione parlamentare definitiva. Tale differenza assume particolare importanza perché, alla scadenza del termine, la legislazione non era ancora stata registrata come pubblicata. **[L]**

Ai fini della gestione del programma, la data di riferimento corretta dovrebbe pertanto essere definita come segue:

T0 = data di entrata in vigore della legge abilitante

Tutti i conti alla rovescia previsti dalla legge devono essere calcolati a partire da T0.

La procedura per la legislazione delegata è di per sé insolitamente complessa, poiché il futuro quadro nucleare deve passare attraverso un iter multi-istituzionale. Il Ministero dell'Ambiente, dell'Industria e dell'Economia (MASE) è il ministero proponente, ma i decreti devono essere elaborati di concerto, secondo le rispettive competenze, con il Ministero dell'Economia, dell'Informazione e della Tecnologia (MIMIT), della Difesa, dell'Università e della Ricerca, della Sanità, delle Infrastrutture e dei Trasporti, della Cultura, del Lavoro, della Protezione Civile e delle Politiche Marittime, dello Sport e della Gioventù e del Ministero dell'Ambiente e delle Finanze (MEF). È necessario ottenere l'approvazione della **Conferenza Unificata . Il Consiglio di Stato** ha quindi 45 giorni per esprimere il proprio parere; la scadenza di tale termine non impedisce al Governo di proseguire. Le bozze di decreto vengono successivamente trasmesse alle commissioni parlamentari competenti, comprese quelle responsabili delle questioni finanziarie, che hanno 30 giorni per esprimere il proprio parere. **[L]**

La legge contiene anche una garanzia procedurale contro la scadenza della delega mentre l'esame parlamentare è ancora in corso. Se il periodo per la presentazione del parere parlamentare cade negli ultimi 30 giorni del periodo di delega, o successivamente, il termine per la delega viene prorogato di **90 giorni** . Qualora le commissioni parlamentari individuino specificamente disposizioni incompatibili con i principi e i criteri statutari e il Governo scelga di non conformarsi, deve ritrasmettere il testo con le

relative motivazioni ed eventuali emendamenti; le commissioni hanno quindi altri dieci giorni per esprimere il loro parere definitivo. **[L]**

Dopo l'entrata in vigore di ciascun decreto legislativo, il Governo ha a disposizione ulteriori **24 mesi** per adottare decreti legislativi correttivi e integrativi, seguendo la stessa procedura e secondo gli stessi principi e criteri. La struttura giuridica è quindi articolata in più fasi: i primi dodici mesi sono destinati alla creazione del quadro normativo di base, ma le successive correzioni possono proseguire per due anni dopo l'entrata in vigore dei singoli decreti attuativi. **[L]**

Fotocopia legale

Periodo	Azione legale	significato per noi
T0	Entra in vigore la legge abilitante	Il conto alla rovescia per la delegazione inizia
Da T0 a T0+12 mesi	Il governo adotta uno o più decreti legislativi	È necessario creare un'architettura giuridica nucleare di base.
Durante la preparazione del decreto	Accordo della Conferenza Unificata	Il coinvolgimento dei governi territoriali entra nel processo di regolamentazione nazionale
Durante la preparazione del decreto	Parere del Consiglio di Stato, 45 giorni	Rivista di diritto amministrativo
Fase di bozza del decreto	Revisione da parte della commissione parlamentare, 30 giorni	Analisi della materia e degli aspetti finanziari
Prossima scadenza della delega	Possibile proroga legale di 90 giorni	Evita che il controllo parlamentare esaurisca la delega
Dopo ogni decreto	Fino a 24 mesi	Possibili decreti correttivi e integrativi.

La conseguenza pratica è che le affermazioni secondo cui l'Italia avrebbe ottenuto un regime di reattori immediatamente operativo il 23 settembre 2026 sono giuridicamente inesatte. Il Parlamento ha infatti istituito un **mandato a tempo determinato per la creazione di tale regime** .

1.3 Cosa ha effettivamente delegato il Parlamento

La portata della delega è più ampia della costruzione di reattori per la produzione di energia elettrica. L'articolo 1 disciplina espressamente quattro aree giuridiche generali: la produzione e l'uso sostenibili del nucleare; la fabbricazione e il riprocessamento del combustibile nucleare; lo smantellamento, i rifiuti radioattivi, il combustibile esaurito e la fusione; e la riorganizzazione delle funzioni istituzionali e della legislazione nucleare vigente. Il termine "nucleare sostenibile" è esplicitamente collegato alla tassonomia della finanza sostenibile dell'UE. **[L]**

L'articolo 2 amplia queste linee guida in un programma nazionale che copre essenzialmente l'intero ciclo di vita del nucleare civile.

Perimetro statutario della delega

Zona	Cosa potranno regolamentare i futuri decreti	Ciò che non esiste ancora
Programma nazionale	Sviluppo e utilizzo dell'energia nucleare e della fusione sostenibili nel mix energetico italiano	Programma definitivo, traiettoria di sviluppo delle capacità e piano di approvvigionamento
governance del programma	Responsabilità di approvazione, implementazione e monitoraggio	Assegnazione istituzionale definitiva
Informazioni pubbliche	Strumenti di informazione e formazione riguardanti le tecnologie nucleari	Meccanismo di implementazione completo
Allineamento UE/internazionale	Allineamento con il diritto dell'UE e gli obblighi internazionali	Codice nucleare consolidato dettagliato
Strutture storiche	Smantellamento, disattivazione e utilizzo futuro degli ex siti nucleari.	Autorizzazione automatica al riutilizzo di qualsiasi vecchio sito per nuove centrali nucleari
Nuove centrali nucleari	Sperimentazione, localizzazione, costruzione/installazione, funzionamento e smantellamento	Qualsiasi autorizzazione specifica per il progetto
Cogenerazione	Produzione nucleare di elettricità, idrogeno e calore	Progetto commerciale
Ciclo del carburante	Impianti di fabbricazione e riprocessamento di combustibili	Impianto italiano commerciale per reattori nucleari a ciclo di combustibile
Rifiuti e combustibile esaurito	Impianti di deposito temporaneo e smaltimento finale	Nuovo deposito o impianto di smaltimento geologico

Applicazioni marine	Applicazioni dell'energia nucleare nel settore navale/marittimo	Regime operativo di concessione di licenze nucleari marittime
Fusione	Ricerca, sviluppo, utilizzo e quadro normativo	Programma di fusione commerciale
Ricerca e innovazione	Incentivi e sostegno alla ricerca e sviluppo sulla fissione e la fusione	Diritto automatico al sussidio
Territori	Misure di promozione e valorizzazione territoriale	Piano di retribuzione definito
forza lavoro	Formazione di tecnici, ingegneri, ricercatori e altri specialisti.	Accademia nazionale per la forza lavoro e percorso quantificato
Gestione della sicurezza	Riorganizzazione della vigilanza e del controllo; possibile creazione di una nuova autorità indipendente.	Architettura dell'autorità finale
Garanzie finanziarie	Garanzie che coprono l'intero ciclo di vita dell'impianto.	Progettazione completa della garanzia
Sostegno al mercato	Possibile sostegno per la costruzione di reattori e la produzione di energia nucleare/da fusione	CfD, RAB, prestito o garanzia statale
Mercato dell'elettricità	Integrazione della produzione nucleare con le regole del mercato	Progettazione per il mercato finale

[L]

La legge, pertanto, va ben oltre la semplice produzione di energia. Essa collega deliberatamente i reattori al combustibile, ai rifiuti, allo smantellamento, alla forza lavoro, alla capacità istituzionale, alle garanzie finanziarie e alla struttura del mercato. Questo rappresenta un importante miglioramento nell'architettura giuridica rispetto al considerare la produzione di energia nucleare come una decisione isolata relativa alla centrale elettrica. Significa anche che la legislazione delegata non raggiungerà il suo scopo statutario se regolerà la fase iniziale – costruzione e rilascio delle licenze – lasciando insufficientemente specificate le fasi successive, ovvero le risorse degli enti regolatori, le responsabilità degli operatori o lo stato finale dei rifiuti. **[U]**

1.4 Neutralità tecnologica: la legge definitiva è più ampia di una norma che si limita ai soli SMR.

Una delle conclusioni giuridiche più importanti di questo capitolo è che il testo parlamentare definitivo non **crea** un divieto esplicito per legge su tutti i grandi reattori di terza o terza generazione e oltre.

L'articolo 3 richiede che la futura legislazione di attuazione identifichi le tipologie di impianti ammissibili in base alla **neutralità tecnologica** , utilizzando le “migliori tecnologie nucleari”, **comprese le tecnologie modulari o avanzate** , in conformità con le convenzioni o le definizioni dell'AIEA e i criteri di sostenibilità e sicurezza dell'UE. Il termine “compresi” è giuridicamente diverso da “limitato a”. **[L]**

Il perimetro legale dovrebbe pertanto essere rappresentato come segue:

Giuridicamente stabilito: selezione tecnologicamente neutrale, soggetta a criteri di sostenibilità, sicurezza, diritto dell'UE e programmatici.

Di rilevanza politica e industriale: SMR, reattori modulari avanzati e altri sistemi avanzati.

Non è previsto nel testo normativo definitivo: un'esclusione legale categorica di ogni progetto di reattore di terza/terza generazione superiore di dimensioni maggiori, unicamente in base alla potenza elettrica erogata o alle dimensioni del reattore.

Tale distinzione è rilevante per la successiva selezione tecnologica. La politica governativa potrebbe scegliere di dare priorità ai reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) o a quelli di grandi dimensioni (AMR). Le analisi economiche potrebbero concludere che particolari configurazioni di reattori di grandi dimensioni siano incompatibili con i vincoli di sistema, finanziamento o localizzazione del sistema italiano. Un futuro programma nazionale potrebbe quindi restringere considerevolmente il campo di applicazione. Tuttavia, si tratterebbe di **scelte programmatiche o attuative** , non di un divieto già sancito dal Parlamento.

Il testo definitivo vincola inoltre l'ammissibilità al concetto di "nucleare sostenibile" secondo la **tassonomia UE applicabile** , anziché inventare una definizione italiana autonoma svincolata dai requisiti UE. **[L]**

Questa formulazione giuridica ha due implicazioni.

Innanzitutto, il processo di selezione della tecnologia deve basarsi su criteri dichiarati in grado di superare un controllo amministrativo e giudiziario. Un governo non può invocare in modo credibile la neutralità tecnologica mentre elabora regole di selezione che favoriscono in modo occulto un fornitore specifico, senza una giustificazione tecnica oggettiva. **[U]**

In secondo luogo, la neutralità tecnologica non significa equivalenza tecnica. Un SMR ad acqua leggera con un dossier di licenza occidentale avanzato, un reattore veloce raffreddato a piombo che richiede una diversa strategia di combustibile, un reattore a gas ad alta temperatura, un microrreattore e un reattore di terza generazione e oltre di classe gigawatt presentano requisiti fondamentalmente diversi in termini di licenze, gestione dei rifiuti, finanziamento, rete e industria. La legge lascia la porta aperta; il programma futuro dovrà effettuare la discriminazione ingegneristica. **[U]**

1.5 Il programma nazionale diventerà lo strumento politico centrale

La delegazione richiede la creazione di un **programma nazionale** per il nucleare e la fusione sostenibili. I suoi obiettivi statutari includono la decarbonizzazione, la sicurezza energetica, la resilienza e l'indipendenza, l'evitare interruzioni di approvvigionamento, il contenimento dei costi energetici e la competitività industriale. Questi sono obiettivi legislativi; non si tratta di constatazioni secondo cui una specifica tecnologia di reattore si è già dimostrata in grado di raggiungerli a un determinato costo. **[L]**

La distinzione è importante. Il Parlamento ha definito gli scopi in base ai quali il programma dovrebbe essere elaborato. Non ha risposto alle questioni empiriche sottostanti.

Il programma futuro deve pertanto tradurre gli obiettivi politici in proposte verificabili:

controllo statutario	Prove di cui avrà bisogno il programma nazionale
Decarbonizzazione	Emissioni del ciclo di vita, data di consegna e generazione marginale spostata.
Sicurezza dell'approvvigionamento	Contributo di capacità, ipotesi di interruzione, scorte di carburante, resilienza della rete
indipendenza energetica	Uranio, conversione, arricchimento, fabbricazione e dipendenza dai fornitori
resilienza dell'offerta	Contratti sui combustibili, strategia di gestione delle scorte e concentrazione geopolitica
Contenimento dei costi	CAPEX, costi di finanziamento, requisiti di prezzo di esercizio, costi di sistema e imprevisti
Competitività	Impatto dell'elettricità industriale e costo opportunità rispetto alle alternative
catena di approvvigionamento nazionale/UE	Capacità qualificata per il settore nucleare, piuttosto che potenziale generale per l'industria meccanica.
Sicurezza	Livello di maturità del progetto, riferimenti normativi, rischi del sito e quadro di gestione delle emergenze
Gestione dei rifiuti	Volumi di rifiuti, percorso del combustibile esaurito, deposito e strategia di smaltimento geologico

[U]

Un programma giuridicamente valido non dovrebbe utilizzare gli obiettivi statutari come risultati scontati. Dovrebbe invece dimostrare, tecnologia per tecnologia e scenario per scenario, se la flotta prevista è in grado di raggiungerli.

1.6 Ubicazione: il Parlamento ha autorizzato una procedura, non ha selezionato una sede.

Nessun comune italiano, ex sito nucleare, sito termoelettrico, installazione militare, zona industriale o porto era stato legalmente designato per la costruzione di un nuovo reattore nucleare dalla legge istitutiva.

L'articolo 3 prevede futuri criteri e procedure di localizzazione, **da applicare su richiesta dei proponenti del progetto** , conformi agli standard nazionali, dell'UE e internazionali. Consente inoltre al quadro giuridico di disciplinare i casi in cui le aree con caratteristiche rilevanti siano individuate ex ante, ma richiede la consultazione dei comuni interessati e la valutazione della promozione territoriale, della compensazione e degli impatti cumulativi. **[L]**

La legge, pertanto, non crea né una mappa nazionale dei reattori imposta dall'alto, né un diritto di veto incondizionato a livello comunale.

Per gli impianti di rifiuti radioattivi e di combustibile esaurito, la delegazione chiede espressamente la possibilità di **autocandidature** e richiede nuove procedure di valutazione ambientale strategica per gli strumenti di pianificazione riguardanti le aree ammissibili. **[L]**

Ciò dovrebbe prevenire tre categorie di esagerazioni legali:

1. Un ex sito nucleare **non viene automaticamente autorizzato** per la costruzione di un nuovo reattore solo perché in passato vi erano presenti infrastrutture nucleari.
2. Un grande sito industriale termico dismesso **non è automaticamente idoneo** perché possiede infrastrutture di rete e di raffreddamento.
3. Un comune menzionato in discussioni tecniche o politiche **non è considerato un sito selezionato** finché non avrà superato l'iter legislativo e regolamentare previsto.

La schermata del sito nazionale vera e propria va inserita nel Capitolo 3.

1.7 La futura “autorizzazione integrata” non è una scappatoia in materia di sicurezza ambientale o nucleare.

Il quadro delegato è inteso a stabilire **procedure di autorizzazione integrate nell'ambito del MASE** per la sperimentazione, la costruzione, l'installazione e l'esercizio di impianti nucleari e opere connesse. La spiegazione parlamentare del testo approvato afferma che il titolo risultante può sostituire molteplici autorizzazioni amministrative, concessioni, licenze, *nulla osta* e atti di consenso. **[L]**

Ma lo stesso testo contiene un limite esplicito: **le decisioni di valutazione ambientale sono escluse da tale meccanismo di sostituzione** . Rimangono disciplinate dalla Parte II del Decreto Legislativo n. 152/2006 e dal relativo quadro giuridico dell'UE. **[L]**

La distinzione pratica è fondamentale.

Un'autorizzazione integrata può razionalizzare le procedure amministrative. Non può, tuttavia, trasformare legalmente la valutazione ambientale obbligatoria in un mero adempimento burocratico interno che scompare con il rilascio del titolo integrato.

Né l'integrazione può eliminare la funzione indipendente di sicurezza nucleare richiesta dal diritto Euratom.

La direttiva 2009/71/Euratom del Consiglio, come modificata, impone agli Stati membri di mantenere un quadro nazionale di sicurezza nucleare che preveda requisiti di sicurezza, licenze, supervisione e applicazione delle norme. Richiede inoltre un'autorità di regolamentazione competente, effettivamente indipendente da indebite influenze e funzionalmente separata dagli organismi coinvolti nella promozione o nell'utilizzo dell'energia nucleare. **[L]**

Di conseguenza, la futura legislazione italiana potrebbe creare uno sportello amministrativo unico, coordinare i termini e consolidare la denominazione formale, ma dovrà comunque preservare la sostanziale **indipendenza normativa nel processo decisionale in materia di sicurezza nucleare** . **[L/U]**

Ciò è particolarmente importante perché il MASE ha contemporaneamente responsabilità politiche relative al programma energetico nazionale. Il diritto dell'UE rende giuridicamente insicuro interpretare il coordinamento procedurale ministeriale come un'autorizzazione a subordinare il giudizio indipendente sulla sicurezza alla promozione della politica energetica. **[U]**

1.8 L'ISIN non è ancora stato sostituito e non è ancora stata istituita una nuova autorità.

Il testo parlamentare non abolisce di per sé l'ISIN né crea automaticamente un'autorità successore.

L'articolo 2 autorizza il Governo a riorganizzare il sistema di sicurezza, supervisione e controllo, anche attraverso la riorganizzazione o la soppressione di organismi esistenti, e consente espressamente al Governo di **valutare l'istituzione di un'autorità amministrativa indipendente per la sicurezza nucleare** . La formulazione è abilitante, non autoesecutiva. **[L]**

Questa conclusione è rafforzata dagli atti finali del Senato. Un emendamento che avrebbe reso obbligatoria l'istituzione della nuova autorità indipendente è stato respinto. Separatamente, il Senato ha approvato un ordine del giorno che chiede al Governo, qualora decidesse di istituire tale autorità, di preservare e valorizzare le competenze tecniche e regolamentari già accumulate all'interno dell'ISIN e di altri enti pubblici. **[L]**

Al momento del taglio, quindi:

- **Il codice ISIN continua ad esistere nell'ambito dell'attuale quadro giuridico;**
- **Non è stata ancora costituita un'autorità sostitutiva;**
- **La legislazione delegata deve decidere l'architettura futura;**
- **Qualunque architettura venga scelta, deve soddisfare i requisiti di indipendenza e di risorse di Euratom.**

La questione del personale non è secondaria. La direttiva 2009/71/Euratom richiede che l'autorità di regolamentazione competente disponga di adeguati **poteri giuridici e risorse umane e finanziarie** . L'indipendenza senza capacità tecnica non soddisferebbe lo scopo funzionale del requisito UE. **[L]**

Un programma di costruzione di nuovi reattori prevede quindi una fase di controllo della capacità degli enti regolatori prima di una fase di costruzione dei reattori stessi.

1.9 I referendum del 1987: cosa hanno effettivamente abolito

La storia giuridica viene spesso semplificata affermando che "gli italiani hanno vietato l'energia nucleare nel 1987". Questa formulazione è politicamente comprensibile, ma giuridicamente imprecisa.

In seguito all'incidente di Chernobyl, nel novembre del 1987 si tennero tre referendum abrogativi sul nucleare. La decisione di ammissibilità della Corte Costituzionale ne individua con precisione gli obiettivi. Essi riguardavano:

1. contributi obbligatori versati ai comuni e alle regioni che ospitano specifiche centrali elettriche;
2. la disposizione che conferisce **al CIPE** il potere di individuare potenziali aree per impianti nucleari laddove la normale procedura di localizzazione non sia stata completata nei tempi previsti;
3. Il potere legale di ENEL di costituire o partecipare a società con entità straniere allo scopo di costruire o gestire impianti nucleari all'estero. **[L]**

I successivi decreti presidenziali hanno formalmente attuato le abrogazioni risultanti. **Il DPR n. 498/1987** ha abrogato il tredicesimo paragrafo della legge n. 8/1983 relativo al meccanismo di localizzazione del CIPE; **il DPR n. 499/1987** ha abrogato le disposizioni specifiche relative al contributo di ospitalità; e **il DPR n. 500/1987** ha abrogato il potere dell'ENEL in materia di partecipazione a progetti nucleari esteri. **[L]**

Effetti legali e politici del 1987

Dimensione	Effetto
Effetti giuridici diretti	Abrogazione di specifiche disposizioni di legge
emendamento costituzionale	**Nessuno**
Divieto costituzionale permanente sulla produzione di energia nucleare	**Nessuna di queste disposizioni è stata emanata dal referendum stesso.**
Effetto immediato della politica	Importante inversione di rotta politica rispetto al programma nucleare esistente
Effetti governativi successivi	Sospensione/cancellazione ed eventuale eliminazione graduale del programma operativo
Rimane rilevante anche nel 2026	La dottrina costituzionale del referendum, unitamente a solidi precedenti politici e territoriali.

La votazione del 1987 ebbe dunque un'importanza enorme per la successiva interruzione del programma nucleare commerciale italiano. Tuttavia, il suo effetto giuridico non dovrebbe essere riscritto retroattivamente come un emendamento alla Costituzione che stabilisca che l'energia nucleare non potrà mai più essere regolamentata per legge.

Tale distinzione è importante perché il Parlamento del 2026 rimane costituzionalmente competente a legiferare in materia energetica, fatte salve le limitazioni imposte dalla dottrina del referendum, dal diritto dell'UE, dal diritto dell'Euratom, dal diritto ambientale e dalla ripartizione costituzionale delle competenze tra Stati e regioni.

1.10 Il tentativo di ritorno al nucleare del 2009-2011 e il secondo referendum

Il secondo episodio giuridico è più direttamente rilevante per il quadro del 2026.

Durante la XVI legislatura, l'Italia ha istituito un nuovo percorso normativo verso la produzione di energia nucleare attraverso **la Legge n. 99/2009** e il quadro di attuazione contenuto principalmente nel **Decreto Legislativo n. 31/2010** . Tale regime ha disciplinato la localizzazione, la costruzione e la gestione dei nuovi impianti nucleari, nonché le infrastrutture associate.

L'incidente di Fukushima Daiichi del marzo 2011 ha modificato radicalmente il contesto politico immediato. Il decreto-legge n. 34/2011, successivamente convertito dalla legge n. 75/2011, ha sospeso l'attuazione del nuovo programma nucleare, mantenendo tuttavia aperto un futuro processo decisionale in materia di energia strategica. L'Ufficio centrale per i referendum presso la Corte di Cassazione ha ritenuto che la legislazione rivista lasciasse ancora aperta una futura opzione nucleare e ha trasferito la questione del referendum pendente agli articoli 5(1) e 5(8) del nuovo decreto-legge. **[L]**

Il **7 giugno 2011** , la Corte costituzionale, con la sentenza n. 174/2011, ha dichiarato ammissibile il referendum riformulato. La Corte ha descritto la questione come riguardante l'abrogazione delle nuove disposizioni che consentono la produzione di energia elettrica nucleare all'interno del territorio nazionale. **[L]**

Il referendum del 12-13 giugno 2011 ha raggiunto la soglia di partecipazione costituzionale e la posizione abrogativa è risultata prevalente. Il DPR n. 114/2011 ha successivamente formalizzato l'esito. **[L]**

Il significato giuridico del 2011 è più rilevante per il programma attuale rispetto a un generico riferimento all'"opinione pubblica". Ha sollevato un quesito di diritto costituzionale: in che misura il potere legislativo ordinario può in seguito rientrare in un ambito in cui le disposizioni sono state abrogate dall'articolo 75 della Costituzione?

La risposta non è né "mai" né "immediatamente e senza vincoli".

1.11 Dottrina del referendum: il Parlamento può legiferare di nuovo, ma non può semplicemente annullare il referendum

La dottrina prevalente della Corte Costituzionale è più sfumata rispetto ai due estremi spesso presentati nel dibattito politico.

La Corte ha chiarito che il potere legislativo ordinario **conserva la facoltà di legiferare in materia precedentemente oggetto di referendum abrogativo** . Il referendum non congela permanentemente il campo giuridico. La Corte riassume la sua dottrina affermando che, anche dopo un referendum favorevole, il potere legislativo ordinario conserva la facoltà di intervenire in tale ambito, fatto salvo principalmente il divieto di ripristinare la legislazione abrogata. **[L]**

Il limite corrispondente è altrettanto reale.

Nella sentenza n. **199/2012** , la Corte costituzionale ha invalidato una legge che di fatto ripristinava un quadro giuridico abrogato da un referendum appena 23 giorni prima. La Corte ha stabilito che l'articolo 75 impedisce un ripristino formale o sostanziale quando la nuova legge riproduce i principi e il contenuto normativo essenziale del sistema abrogato senza un rilevante cambiamento delle circostanze. **[L]**

Il ragionamento della Corte è particolarmente importante per il programma nucleare del 2026 perché individua **circostanze mutate** rilevanti per l'analisi costituzionale. Non esiste una regola giuridica fissa che stabilisca che un referendum abrogativo crei un divieto perpetuo. Allo stesso modo, il trascorrere del tempo di per sé non costituisce una carta bianca per il potere legislativo.

La questione costituzionale per il quadro del 2026 non è quindi semplicemente:

"L'energia nucleare è stata respinta in un referendum?"

La questione giuridicamente utile è:

La legislazione del 2026, e in particolare la legislazione delegata di prossima approvazione, costituisce un quadro normativo realmente nuovo, in risposta a mutate circostanze giuridiche, tecnologiche e fattuali, oppure si limita a riprodurre il contenuto essenziale del quadro precedentemente abrogato tramite referendum?

A questa domanda non si può rispondere in modo definitivo prima che esistano i decreti attuativi. **[U]**

Diversi cambiamenti intervenuti dal 2011 potrebbero essere rilevanti per tale analisi: l'architettura dell'UE per la neutralità climatica entro il 2050; le successive modifiche alla legge Euratom sulla sicurezza nucleare; l'evoluzione della politica dell'UE in materia di rifiuti radioattivi; la tassonomia dell'UE; i cambiamenti nella struttura del mercato elettrico europeo; il contesto di sicurezza dell'approvvigionamento post-2022; le nuove

tecnologie dei reattori; la valutazione aggiornata del rischio sismico e climatico; e un intervallo di quindici anni dal voto del 2011. Questi elementi possono contribuire a dimostrare il mutamento delle circostanze, ma non **esentano** i futuri decreti dal controllo di costituzionalità. **[L/U]**

Una strategia di attuazione difendibile dovrebbe pertanto evitare di riproporre meccanicamente il quadro del 2009-2010. Dovrebbe documentare perché il nuovo regime differisce in termini di governance della sicurezza, selezione delle tecnologie, procedura ambientale, politica dei rifiuti, partecipazione territoriale, responsabilità finanziaria, indipendenza dell'autorità di regolamentazione e contesto giuridico internazionale/UE. **[U]**

1.12 I referendum creano dunque residui giuridici e residui politici, ma non sono la stessa cosa.

Ai fini del processo decisionale governativo, i due effetti dovrebbero essere distinti.

Le questioni giuridiche irrisolte riguardano l'articolo 75 della Costituzione, il divieto della Corte Costituzionale di ripristinare semplicemente le norme abrogate e la necessità di dimostrare l'esistenza di un'architettura normativa effettivamente nuova.

Le questioni politiche residue riguardano la legittimità pubblica, la fiducia nelle istituzioni, il consenso territoriale e il fatto che due generazioni di politica nucleare italiana siano state plasmate da referendum associati rispettivamente a Chernobyl e Fukushima.

Quest'ultima questione ha una rilevanza politica, ma non dovrebbe essere trasformata in un principio giuridico che impedisca a qualsiasi Parlamento futuro di legiferare sull'energia nucleare.

Al contrario, il fatto che il Parlamento conservi il potere legislativo non dovrebbe essere trasformato nella tesi politica opposta, ovvero che i referendum siano irrilevanti. Essi restano parte della storia giuridica e istituzionale in base alla quale verranno valutate le politiche di localizzazione, consultazione e informazione pubblica.

Il capitolo 2 esaminerà in dettaglio tale architettura territoriale e politica.

1.13 Rapporti tra Stato e regioni: nessun veto regionale generalizzato, ma nessuna esclusione legittima della partecipazione regionale

La legislazione del 2026 non può essere attuata come se la regolamentazione nucleare fosse esclusivamente un rapporto verticale tra MASE e un costruttore di reattori.

La Corte costituzionale si è già pronunciata su tale questione nell'ambito del precedente quadro normativo in materia nucleare. Nella **sentenza n. 33/2011** , ha dichiarato incostituzionale una disposizione del decreto legislativo n. 31/2010 nella misura in cui la procedura unica di autorizzazione per la costruzione e l'esercizio non garantiva un'adeguata partecipazione della Regione specificamente interessata prima dell'accordo in seno alla Conferenza unificata. La sentenza si fondava sul principio di **leale cooperazione** laddove si intersecano le competenze statali e regionali. **[L]**

La sentenza non ha stabilito un potere regionale illimitato di proibire ogni attività nucleare. Ha stabilito che la ripartizione costituzionale dei poteri non può essere aggirata da un quadro di autorizzazione che riduce le regioni materialmente interessate a una mera irrilevanza procedurale.

Il testo del 2026 riflette tale storia. Richiede un accordo in seno alla Conferenza Unificata durante la preparazione dei decreti legislativi e prevede l'individuazione dei casi in cui sono necessari accordi con le Regioni o in seno alla Conferenza Unificata, unitamente a qualsiasi legittimo utilizzo dei poteri sostitutivi nazionali ai sensi **dell'articolo 120 della Costituzione** . Lo stesso articolo 120 richiede che i poteri sostitutivi siano esercitati secondo i principi di sussidiarietà e leale cooperazione. **[L]**

La posizione giuridica che ne deriva è pertanto la seguente:

Nessun diritto di veto regionale automatico sulla politica energetica nazionale. Nessun diritto nazionale automatico di ignorare la partecipazione regionale costituzionalmente rilevante.

Il capitolo 2 esamina i punti di veto pratici, le tutele previste da leggi speciali e le posizioni regionali.

1.14 La legislazione dell'UE consente all'Italia di scegliere il nucleare, ma non esenta il nucleare dalla legislazione dell'UE

L'articolo 194(2) del Trattato sul funzionamento dell'Unione europea preserva il diritto di ciascuno Stato membro di determinare le condizioni per lo sfruttamento delle proprie risorse energetiche, di scegliere tra diverse fonti energetiche e di stabilire la struttura generale del proprio approvvigionamento energetico. L'Italia, pertanto, non necessita di un mandato politico dell'UE per decidere che l'energia nucleare possa far parte del proprio mix energetico nazionale. **[L]**

Tale competenza nazionale viene espressamente esercitata **"senza pregiudizio" per le altre disposizioni del Trattato** . La scelta del nucleare non sospende le norme dell'UE in materia di valutazione ambientale, aiuti di Stato, concorrenza, mercati dell'elettricità, appalti pubblici (ove applicabili), sicurezza nucleare, radioprotezione o rifiuti radioattivi.

Il corretto rapporto giuridico è quindi il seguente:

L'Italia sceglie se includere il nucleare nel proprio programma nucleare. Il diritto dell'UE e dell'Euratom condiziona in modo sostanziale le modalità di attuazione di tale scelta.

Principali strati giuridici UE/Euratom

Strumento	Obbligo principale	Significato diretto per le nuove costruzioni italiane
Articolo 194 del TFUE	Lo Stato membro sceglie il proprio mix energetico	Base giuridica per la scelta delle fonti energetiche in Italia
Trattato Euratom	Quadro comunitario specifico per il settore nucleare	Obblighi in materia di investimenti, salvaguardie, salute/sicurezza e rifiuti
Direttiva 2009/71/Euratom, modificata dalla direttiva 2014/87	Quadro normativo nazionale per la sicurezza nucleare e ente regolatore indipendente	Il sistema di licenze e l'indipendenza dell'organismo di regolamentazione sono obbligatori
Direttiva 2011/70/Euratom	Quadro normativo per il combustibile esaurito e i rifiuti radioattivi	L'Italia conserva la responsabilità ultima per i rifiuti che produce.
Direttiva 2013/59/Euratom	Norme di base per la protezione dalle radiazioni ionizzanti	Tutela dei lavoratori e del pubblico durante tutto il ciclo di vita
Direttiva 2001/42/CE	Valutazione ambientale strategica	Rilevante per i piani/programmi nazionali ammissibili
Direttiva 2011/92/UE, come modificata	Valutazione dell'impatto ambientale del progetto	Le centrali nucleari e i principali impianti di stoccaggio di combustibili/rifiuti rientrano nelle

		categorie obbligatorie di valutazione dell'impatto ambientale (VIA).
Regolamento 2020/852 + Regolamento delegato 2022/1214	Tassonomia della finanza sostenibile	Definisce le condizioni affinché le attività nucleari possano essere classificate secondo la tassonomia
Articoli 107-108 del TFUE	controllo degli aiuti di Stato	Il futuro sostegno pubblico potrebbe richiedere l'approvazione della Commissione

[L]

1.15 I requisiti Euratom iniziano prima dell'entrata in funzione

Un eventuale progetto italiano per un reattore nucleare entrerebbe a far parte del quadro di Euratom ben prima dell'avvio dell'esercizio commerciale.

Ai sensi **degli articoli 41-43 del Trattato Euratom** , i progetti di investimento nucleare industriale ammissibili vengono comunicati alla Commissione europea, la quale discute il progetto con le persone o le imprese interessate e comunica il proprio parere. Il Trattato crea pertanto un meccanismo europeo di informazione sugli investimenti, distinto dalle autorizzazioni nazionali per la costruzione. **[L]**

Ai sensi **dell'articolo 37 dell'Euratom** , uno Stato membro deve fornire alla Commissione dati generali riguardanti qualsiasi piano di smaltimento di rifiuti radioattivi, in qualsiasi forma, qualora la sua attuazione possa comportare la contaminazione radioattiva delle acque, del suolo o dello spazio aereo di un altro Stato membro. La Commissione emette un parere entro sei mesi dopo aver consultato il gruppo di esperti competente. **[L]**

Queste procedure non possono essere considerate semplici notifiche post-autorizzazione di carattere puramente decorativo. Un programma italiano maturo deve integrare le interazioni con Euratom nel percorso critico con sufficiente anticipo, in modo che la revisione da parte della Commissione non diventi una sorpresa tardiva. **[U]**

Lo stesso principio si applica alla sicurezza nucleare. La Direttiva Euratom sulla sicurezza nucleare definisce il termine "licenza" in modo sufficientemente ampio da comprendere la responsabilità legale per la localizzazione, la progettazione, la costruzione, la messa in servizio, l'esercizio e lo smantellamento. Richiede un quadro normativo nazionale vincolante, non semplicemente un documento programmatico. **[L]**

1.16 I rifiuti radioattivi rimangono legalmente collegati alle nuove costruzioni fin dall'inizio

La direttiva **2011/70/Euratom** stabilisce un principio particolarmente importante per l'Italia: ogni Stato membro ha la responsabilità ultima della gestione del combustibile esaurito e dei rifiuti radioattivi prodotti al suo interno. Qualora il materiale venga spedito

in un altro Stato membro o in un paese terzo per essere trattato o ritrattato, la responsabilità ultima per lo smaltimento sicuro e responsabile, compresi i sottoprodotti di scarto risultanti, rimane in capo allo Stato di origine. **[L]**

Ciò impedisce che un programma italiano giuridicamente serio possa equiparare il ritrattamento all'estero all'esportazione della responsabilità a lungo termine relativa ai rifiuti. L'articolo 3 dell'atto esecutivo del 2026 incorpora espressamente i principi della direttiva 2011/70/Euratom nel quadro delegato. **[L]**

La conseguenza giuridica è significativa: una strategia di approvvigionamento dei reattori non può essere separata dalla strategia di gestione del combustibile esaurito. Anche laddove i contratti prevedano il trattamento o il riprocessamento all'estero, l'Italia rimane responsabile di una procedura di gestione finale giuridicamente credibile.

Il capitolo 6 esamina in dettaglio il problema del deposito e dello smaltimento geologico.

1.17 Valutazione ambientale strategica: il programma nazionale non può essere concepito in un vuoto ambientale.

La direttiva UE sulla valutazione ambientale strategica, **direttiva 2001/42/CE** , richiede la valutazione ambientale per i piani e i programmi di qualificazione elaborati in settori quali **l'energia e la gestione dei rifiuti,** laddove questi definiscano il quadro per la futura autorizzazione allo sviluppo di progetti rientranti nell'ambito di applicazione della direttiva VIA. **[L]**

Il futuro Programma Nazionale Nucleare Italiano, per la sua funzione prevista, sembra in grado di diventare proprio quel tipo di programma energetico nazionale che potrebbe definire il quadro di riferimento per successive autorizzazioni a progetti nucleari. L'applicazione definitiva del regime di Valutazione Ambientale Strategica (VAS) dipenderà dalla forma giuridica e dal contenuto del programma e dai decreti attuativi, ma una strategia di attuazione governativa che presupponga che il programma nazionale possa essere sottratto alla VAS comporterebbe un rischio significativo di contenzioso. **[L/U]**

Ciò richiede precisione perché la legislazione attuativa stessa non si limita a dichiarare in una sola frase che ogni componente del programma nazionale è automaticamente soggetta a una nuova VAS. Richiede, tuttavia, espressamente nuove procedure di valutazione ambientale strategica per gli strumenti di pianificazione relativi alle aree idonee per gli impianti di stoccaggio di rifiuti radioattivi e combustibile esaurito. **[L]**

Per il programma nel suo complesso, la soluzione giuridica più sicura è quella di determinare l'applicabilità della Valutazione Ambientale Strategica (VAS) ai sensi del Decreto Legislativo n. 152/2006 e della Direttiva 2001/42/CE già nella fase di

progettazione del programma, piuttosto che tentare di rimandare le questioni ambientali strategiche alle singole richieste di autorizzazione per i reattori. **[U]**

Una valutazione ambientale strategica (VAS) a livello di programma presenta anche un sostanziale vantaggio in termini di pianificazione: consente un confronto cumulativo di alternative ragionevoli – tecnologie, percorsi di capacità, strategie di localizzazione, effetti sulla rete, vincoli idrici e l'alternativa senza programma – prima che vengano impegnati capitali specifici per il progetto.

Tale vantaggio in termini di pianificazione è di natura analitica; il requisito legale deve comunque essere determinato in base alle norme SEA applicabili.

1.18 Valutazione di impatto ambientale a livello di progetto: un nuovo reattore non può sottrarsi ad essa tramite l'integrazione procedurale.

La direttiva UE sulla valutazione dell'impatto ambientale (VIA) colloca **le centrali nucleari e gli altri reattori nucleari** nell'allegato I, con la ristretta eccezione degli impianti di ricerca di dimensioni molto ridotte al di sotto della soglia termica specificata. L'allegato I comprende anche i principali impianti di combustibile nucleare, riprocessamento, stoccaggio di combustibile esaurito e rifiuti radioattivi. Queste categorie richiedono una valutazione dell'impatto ambientale a livello di progetto prima del rilascio dell'autorizzazione allo sviluppo. **[L]**

Pertanto, per un reattore commerciale italiano SMR, AMR o di dimensioni maggiori:

La valutazione di impatto ambientale (VIA) non è facoltativa solo perché l'unità è "piccola".

L'acronimo SMR non costituisce un'esenzione dalla legislazione ambientale dell'UE.

Un sistema di autorizzazione integrato italiano può coordinare la valutazione di impatto ambientale (VIA) con le procedure nucleari e di costruzione, ma la legge istitutiva preserva espressamente le decisioni ambientali. Un piano che sostenga che un'autorizzazione MASE integrata elimini il percorso critico della valutazione di impatto ambientale dovrebbe pertanto essere respinto. **[L/U]**

La valutazione ambientale dovrà inoltre interagire con problematiche sismiche, idrogeologiche, di raffreddamento idrico, climatiche, di biodiversità, paesaggistiche e transfrontaliere specifiche del sito. Tali questioni sono esaminate nei capitoli 3 e 7.

1.19 Tassonomia: cosa significa e cosa non significa la classificazione UE

La delega del 2026 collega espressamente il “nucleare sostenibile” alla tassonomia dell’UE creata ai sensi del regolamento (UE) 2020/852 e ai relativi criteri tecnici delegati. Le disposizioni nucleari pertinenti sono contenute principalmente nel **regolamento delegato (UE) 2022/1214 della Commissione** . **[L]**

Per i nuovi impianti nucleari, la regolamentazione delegata include una categoria di attività che comprende la costruzione e il funzionamento in sicurezza di nuove centrali nucleari utilizzando le migliori tecnologie disponibili, laddove il permesso di costruzione sia rilasciato entro **il 2045** , soggetto a criteri tecnici e relativi ai rifiuti dettagliati. **[L]**

Il regime di screening tecnico non si limita a un test sull'intensità di carbonio. È connesso alla legislazione sulla sicurezza nucleare, ai parametri IAEA/WENRA e al quadro normativo relativo ai rifiuti radioattivi e allo smantellamento. Tra i requisiti tassonomici pertinenti figurano accordi di finanziamento documentati per la gestione e lo

smantellamento dei rifiuti radioattivi, percorsi operativi di smaltimento per le categorie di rifiuti a bassa attività e un piano documentato per un impianto di smaltimento di rifiuti radioattivi ad alta attività che sia operativo entro il **2050** secondo i criteri applicabili. **[L]**

La tassonomia non deve tuttavia essere descritta in modo errato.

La tassonomia dell'UE non costituisce:

- una licenza per la costruzione di un reattore;
- una licenza di sicurezza nucleare;
- autorizzazione del sito;
- una decisione in materia di valutazione dell'impatto ambientale;
- un'approvazione della Commissione in materia di aiuti di Stato;
- una garanzia di credito sovrano;
- una garanzia che gli investitori privati finanzieranno il progetto;
- la determinazione che un particolare reattore è economicamente vantaggioso;
- un sostituto del Deposito Nazionale o dello smaltimento geologico.

Si tratta fondamentalmente di un **quadro di classificazione della finanza sostenibile con condizioni di selezione tecniche** .

Questa distinzione avrà un impatto diretto sui finanziamenti italiani. Una tecnologia può essere ammissibile ai sensi della tassonomia, pur risultando commercialmente non finanziabile senza un meccanismo di entrate a lungo termine; viceversa, il sostegno pubblico potrebbe comunque richiedere un'approvazione separata per gli aiuti di Stato, anche laddove la tecnologia sottostante sia ammissibile ai sensi della tassonomia.

1.20 La tassonomia crea uno specifico test di credibilità delle politiche sui rifiuti per l'Italia

Poiché la delegazione nazionale integra la tassonomia dell'UE nel suo concetto di nucleare sostenibile, la politica in materia di rifiuti non è più una questione secondaria e distante, ma diventa rilevante per la credibilità della classificazione degli investimenti iniziali.

I requisiti della tassonomia relativi alla pianificazione dello smaltimento implicano che l'Italia non può basare una strategia di finanza sostenibile sul presupposto che i rifiuti altamente attivi non smaltiti possano semplicemente rimanere in deposito temporaneo a tempo indeterminato senza una documentazione che ne definisca lo stato finale. **[L/U]**

Ciò non significa che l'Italia debba possedere un deposito geologico profondo pienamente operativo prima di adottare qualsiasi decreto attuativo in materia nucleare. Significa piuttosto che la struttura politica, finanziaria e di concessione delle licenze deve prevedere un percorso credibile, in grado di rispettare la tempistica tassonomica applicabile e la normativa sui rifiuti nucleari.

La distinzione tra il deposito nazionale previsto per i rifiuti a bassa attività e lo stato geologico finale, ancora da definire, per i rifiuti ad alta attività e il combustibile esaurito sarà decisiva nel capitolo 6.

1.21 Aiuti di Stato: il Parlamento ha autorizzato il sostegno futuro, ma non ha approvato un modello di finanziamento.

L'articolo 2 consente espressamente alla legislazione delegata di regolamentare **le possibili forme di sostegno** alla costruzione di centrali nucleari e a fusione e alla produzione di energia, purché siano coerenti con il programma nazionale. L'articolo 3, analogamente, consente di stabilire criteri che disciplinino il possibile sostegno agli operatori. **[L]**

Si tratta di un'autorità incaricata di progettare un futuro regime di sostegno. Non è il regime di sostegno in sé.

A partire dal 26 settembre 2026 la legge **non** stabilisce:

Meccanismo potenziale	Status ai sensi della legge italiana del 2026
Contratto bilaterale per differenza	**Non stabilito**
Modello di base patrimoniale regolamentata	**Non stabilito**
Prestito sovrano per la costruzione	**Non stabilito**
garanzia di credito statale	**Non stabilito**
Prezzo fisso per l'attacco nucleare	**Non stabilito**
Pagamento di capacità specifico per il nucleare	**Non stabilito**
Impegno azionario statale verso una SPV per reattori	**Non stabilito**
Tassa nucleare per i consumatori	**Non stabilito**
PPA garantito a lungo termine	**Non stabilito**

Meccanismo di condivisione delle perdite FOAK	**Non stabilito**
garanzia di superamento dei costi	**Non stabilito**
Risarcimento per blocco politico	**Non stabilito**

Questi aspetti non possono essere dedotti da una frase di legge che autorizza un "sostegno" futuro.

1.22 Il controllo degli aiuti di Stato dell'UE sarà una fase di progetto separata

Se l'Italia dovesse infine utilizzare risorse o misure statali che conferiscono un vantaggio economico selettivo per rendere finanziabile un progetto nucleare, tale misura potrebbe configurarsi come aiuto di Stato ai sensi del diritto dell'UE. L'articolo 108, paragrafo 3, del TFUE prevede in generale che i nuovi aiuti pianificati debbano essere notificati alla Commissione europea e impedisce allo Stato membro di attuarli prima che la procedura richiesta abbia portato a una decisione definitiva, a meno che non sussista un'esenzione applicabile. **[L]**

La giurisprudenza dell'UE stabilisce che la produzione nucleare non è categoricamente esclusa dagli aiuti di Stato compatibili. Nella causa **Austria contro Commissione, causa C-594/18 P** , la Corte di giustizia ha confermato la decisione della Commissione di approvare il pacchetto di aiuti per Hinkley Point C ai sensi dell'articolo 107, paragrafo 3, lettera c), del TFUE. **[L]**

Tuttavia, la sentenza Hinkley non rappresenta un'approvazione incondizionata per un futuro sostegno italiano. La compatibilità rimane specifica per ciascuna misura.

L'esperienza ceca contemporanea illustra bene questo punto. Nel nuovo programma Dukovany, la Commissione ha esaminato separatamente strumenti quali prestiti statali, contratti per difesa a lungo termine (CfD) e protezione contro determinati rischi politici. Un'indagine del dicembre 2025 sul sostegno a due unità aggiuntive ha esaminato specificamente la necessità, la proporzionalità, l'allocazione del rischio e gli effetti sulla concorrenza. **[L/I]**

Per l'Italia, la strategia di aiuti di Stato deve quindi essere elaborata **prima che** il finanziamento del reattore raggiunga la chiusura finanziaria. Non può essere considerata un adempimento legale finale, da attuare solo dopo che il modello commerciale è già stato negoziato.

1.23 Fondi pubblici stanziati: sono identificabili 67,5 milioni di euro, ma non si tratta di investimenti in conto capitale per il reattore.

L'articolo 5 contiene le disposizioni finanziarie immediatamente quantificabili della legge attuativa.

Prevede uno stanziamento **di 20 milioni di euro per ciascuno degli anni 2027, 2028 e 2029** , finanziato con risorse assegnate al MASE nell'ambito del quadro di investimento statale vigente. Ciò crea un fondo triennale di **60 milioni di euro** . **[L]**

L'articolo 5 autorizza inoltre **1,5 milioni di euro nel 2026 e 6 milioni di euro nel 2027** per le disposizioni relative all'informazione pubblica e alla consultazione contenute nell'articolo 3(bb) e 3(cc). **[L]**

Gli stanziamenti espliciti possono quindi essere riassunti come segue:

Anno	Risorse per programmi/investimenti	Risorse di informazione/consulenza	Totale esplicito
2026	—	1,5 milioni di euro	1,5 milioni di euro
2027	20 milioni di euro	6 milioni di euro	26 milioni di euro
2028	20 milioni di euro	—	20 milioni di euro
2029	20 milioni di euro	—	20 milioni di euro
Totale	**60 milioni di euro**	**7,5 milioni di euro**	**67,5 milioni di euro**

Queste somme non dovrebbero mai essere presentate come il costo del programma nucleare italiano.

L'esame del DDL 1924 da parte del Servizio Bilancio del Senato considera le disposizioni finanziarie come un supporto all'attuazione della delega e solleva questioni separate riguardo alle future implicazioni finanziarie delle strutture istituzionali, dei meccanismi di supporto e di altre misure delegate. **[L]**

Un singolo reattore commerciale richiederebbe capitali misurati in **miliardi** , non in decine di milioni. Lo stanziamento esplicito di 67,5 milioni di euro è quindi correttamente classificato come **spesa legale, istituzionale, preparatoria, informativa e di supporto al programma** , non come spesa in conto capitale per la nuova costruzione. **[L/U]**

1.24 La legge lascia deliberatamente irrisolta la questione del finanziamento centrale

Questa è una delle conclusioni fiscali più importanti del Capitolo 1.

Il Parlamento ha istituito l'autorità competente per valutare futuri finanziamenti, ma **non ha ancora chiarito chi, in ultima analisi, si farà carico del rischio di costruzione del FOAK** .

La questione irrisolta comprende:

- chi fornisce il finanziamento per la costruzione;
- quanto capitale proprio deve apportare una società di progetto;
- se lo Stato partecipa direttamente;
- se i consumatori di energia elettrica garantiscono le entrate;
- se un CfD o uno strumento equivalente protegga contro i prezzi di mercato bassi;
- chi si assume il rischio di tasso d'interesse;
- chi si fa carico dei ritardi nella costruzione;
- chi si fa carico dell'aumento dei costi;
- chi si assume il rischio di modifiche al progetto da parte del fornitore;
- come viene finanziato il potenziamento della rete elettrica specifico per il settore nucleare;
- come viene capitalizzato il fondo per lo smantellamento;
- come vengono calcolate le tasse sui rifiuti;
- come vengono accantonate le passività a lungo termine relative al combustibile esaurito;
- se il rischio di chiusura di natura politica o regolamentare riceve un risarcimento;
- se FOAK e i successivi progetti NOAK riceveranno lo stesso supporto.

Fino a quando queste questioni non saranno risolte, il programma ha un orientamento legislativo ma **non una struttura di investimento completa** .

Questo non costituisce di per sé un difetto di redazione; non ci si aspetta che una legge di delega esegua un contratto di finanziamento di un progetto multimiliardario. Tuttavia, diventa un rischio per il programma se vengono assunti impegni tecnologici o relativi al sito prima che sia stata definita l'allocazione del rischio.

1.25 La responsabilità dell'operatore è espressamente sancita dalla legge

Il testo definitivo prevede che la legislazione attuativa richieda garanzie finanziarie **a carico del gestore** che coprano l'intero ciclo di vita, comprese le risorse necessarie per la disattivazione, la gestione del combustibile esaurito e dei rifiuti e lo smantellamento finale. Prevede inoltre che i costi relativi alla sicurezza e alla radioprotezione siano a carico dei gestori nucleari. **[L]**

Ciò è significativo perché l'assetto giuridico non considera lo smantellamento come una spesa discrezionale da decidere dopo la chiusura del reattore.

Ma la responsabilità dell'operatore sulla carta non elimina di per sé l'esposizione fiscale dello Stato.

Qualora in seguito venga introdotto un CfD, un prestito, una garanzia, un meccanismo di compensazione o una società di progetto pubblica sostenuti dallo Stato, quest'ultimo può assumersi specifici rischi commerciali o politici anche se l'operatore legale conserva gli obblighi di smantellamento e gestione dei rifiuti. I futuri decreti dovranno pertanto distinguere:

responsabilità nucleare dell'operatore e obblighi relativi al ciclo di vita derivanti
dal sostegno commerciale statale e da passività fiscali contingenti .

La Corte dei conti e il MEF dovrebbero essere in grado di identificarli separatamente. **[U]**

1.26 Riconoscimento del lavoro di regolamentazione svolto all'estero: un acceleratore per l'ottenimento delle licenze, non un riconoscimento reciproco automatico

Il quadro di riferimento prevede il riconoscimento di licenze, certificazioni e altri titoli regolamentari rilasciati dalle autorità degli Stati membri dell'Agenzia per l'energia nucleare dell'OCSE o di altri Stati con i quali esistono accordi bilaterali appropriati. **[L]**

Questo aspetto è potenzialmente importante per il programma italiano. L'Italia si appresta a costruire una nuova centrale nucleare dopo decenni senza aver ottenuto la licenza per un reattore nucleare commerciale nazionale. Il riutilizzo delle valutazioni di sicurezza, della documentazione di progettazione, delle qualifiche di produzione e delle prove di licenza prodotte da un ente regolatore di riferimento esperto potrebbe ridurre significativamente le duplicazioni.

Ma il meccanismo non deve essere descritto come un “passaporto di patente” automatico.

Una licenza estera non elimina:

- Valutazione sismica specifica del sito in Italia;
- qualificazione idrogeologica;
- valutazione dell'acqua di raffreddamento;
- studi a griglia;
- Valutazione ambientale italiana;
- pianificazione delle emergenze;
- Norme italiane in materia di radioprotezione;
- revisione della sicurezza;
- Requisiti previsti dalla normativa italiana in materia di costruzioni;
- responsabilità dell'autorità italiana competente in materia di sicurezza.

Il concetto corretto è **quello di affidarsi alla regolamentazione e di riconoscerla laddove legalmente appropriato** , non di esternalizzare la responsabilità sovrana in materia di sicurezza. **[L/U]**

1.27 Stack minimo di approvazioni per un progetto futuro

I decreti definitivi stabiliranno l'architettura precisa, ma il quadro giuridico esistente consente già di individuare le categorie minime che non possono semplicemente scomparire.

Cancello	Scopo	Situazione al 26 settembre 2026
1. Entrata in vigore della legge sulla delega	Attiva la delega	In sospeso al termine
2. Attuazione dei decreti legislativi	Crea un quadro operativo nucleare	Non adottato
3. Programma nucleare nazionale	Definisce gli obiettivi nazionali e il quadro tecnologico/di capacità	Non adottato
4. Processo ambientale strategico, ove applicabile	Valuta le alternative di programma/pianificazione	Futuro
5. Architettura del regolatore	Istituisce/rafforza una funzione di sicurezza indipendente e competente	Non ancora definito
6. Applicazione/schermata del sito	Dimostra l'idoneità del sito candidato	Nessun sito approvato
7. Progetto di valutazione dell'impatto ambientale	Valutazione ambientale del reattore e delle opere associate	Porta di accesso obbligatoria per i progetti futuri
8. Valutazione della sicurezza nucleare	Valutazione della sicurezza del progetto/del sito	Nessuna autorizzazione edilizia in Italia per nuove costruzioni.
9. Autorizzazione MASE integrata	Autorizzazione amministrativa consolidata allo sviluppo	Regime futuro
10. Comunicazione sugli investimenti di Euratom	revisione degli investimenti nucleari dell'UE	Futuro
11. Procedura di cui all'art. 37 dell'Euratom, ove applicabile.	Valutazione delle scariche radioattive transfrontaliere	Futuro
12. Approvazione degli aiuti di Stato se il sostegno pubblico è un aiuto	Porta del diritto della concorrenza dell'UE	Il meccanismo di finanziamento non è ancora stato progettato.
13. Autorizzazione alla costruzione / primo calcestruzzo	Autorizzazione di compilazione fisica	Nessuno
14. Autorizzazione alla messa in servizio	Fasi di collaudo e caricamento del carburante	Nessuno
15. Licenza di esercizio	operazione commerciale	Nessuno

[L/U]

La sequenza esatta potrà essere successivamente consolidata o parzialmente parallelizzata. Gli obblighi sostanziali non possono essere semplicemente eliminati per comprimere un calendario politico.

1.28 Cosa deve essere completato durante il periodo del decreto delegato

Il periodo di delega di dodici mesi dovrebbe essere considerato come una finestra di mobilitazione del programma statale, e non semplicemente come un esercizio di redazione legislativa.

Un programma di lavoro minimo credibile è il seguente.

Flusso di lavoro	Responsabilità istituzionale principale	Output richiesto	Scadenza	Conseguenza di blocco in caso di assenza
Codice giuridico nucleare	MASE + Presidenza + ministeri competenti	Decreti attuativi coerenti	T0+12m	Nessun regime stabile per le nuove costruzioni
Programma nucleare nazionale	MASE con istituzioni energetiche/ di ricerca	Architettura tecnologica/di capacità/di programma	Nell'ambito dell'attuazione delegata	Nessuna base per una selezione coerente
autorità di sicurezza	Quadro di delega tra governo e parlamento	Autorità indipendente, dotata di risorse e competente o architettura di conformità rafforzata	Prima della revisione della sicurezza del progetto	Il rilascio delle licenze non può procedere in modo credibile
Procedura di rilascio della licenza	MASE + regolatore di sicurezza	Fasi di svolgimento, documentazione, tempistiche, responsabilità	T0+12m	Gli sviluppatori non sono in grado di preparare applicazioni finanziabili
Regolamento sull'ubicazione	MASE + regioni + ente regolatore	Criteri tecnici e procedurali	T0+12m	Nessun processo di volontariato /sito difendibile
Integrazione ambientale	MASE/autorità ambientali	SEA/VAS, VIA/EIA e interfaccia procedura nucleare	T0+12m	Rischio di contenzioso e di ritardi
Integrazione tra rifiuti e combustibile	MASE + Sogin + regolatore	Interfaccia tra deposito e rifiuti a lungo termine	Struttura T0+12m	La credibilità della tassonomia

derivato da rifiuti solidi urbani				e del ciclo di vita si è indebolita.
Garanzie finanziarie	MEF + MASE	Garanzie dell'operatore, modello di finanziamento per lo smantellamento/smaltimento dei rifiuti	Prima dell'autorizzazione al lavoro	Passività a lungo termine non finanziate
Architettura di supporto al mercato	MEF + MASE + ARERA ove pertinente	Decisione CfD/RAB/prestito/garanzia o modello esplicito di non supporto	Prima della chiusura dell'appalto/finanziaria	Nessuna allocazione di ricavi/rischi bancabile
Strategia dell'UE in materia di aiuti di Stato	MEF + MASE	Modalità di preavviso/notifica, ove richiesta	Prima dell'attuazione degli aiuti	Rischio di aiuti illegali
Conformità a Euratom	MASE + ente regolatore + interfaccia tra Ministero degli Esteri e UE	Articoli 37, 41-43 e tabella di marcia per la conformità alla direttiva	Prima delle tappe fondamentali del progetto	ritardo dovuto alla legge UE
partecipazione pubblica	MASE + autorità territoriali	Consulenza e architettura dell'informazione	Durante la progettazione del programma/del sito	vulnerabilità sociale/legale
Personale addetto alla forza lavoro/regolamentazione	Autorità di regolamentazione della sicurezza, università, ENEA e ministeri	Piano di reclutamento e qualificazione	Iniziare subito dopo T0	Collo di bottiglia normativo
Legge transitoria	Governo	Norme di coesistenza/abrogazione della legislazione nucleare vigente	T0+12m	Norme contrastanti e incertezza

[U]

La sequenza è fondamentale. Richiedere l'ubicazione degli impianti prima di aver stabilito le norme, acquisire tecnologie prima di aver raggiunto la piena operatività degli enti regolatori, o assumersi impegni finanziari prima di aver definito la strategia sugli aiuti di Stato, invertirebbe il corretto ordine di sviluppo del programma.

1.29 Interruttori di sicurezza legali prima di un impegno FOAK italiano

Un programma di livello governativo dovrebbe definire le condizioni in base alle quali un progetto FOAK previsto **non può procedere,** anziché considerare ogni precedente impegno politico come irreversibile.

A fini legali, la prima unità non dovrebbe essere soggetta a un impegno irreversibile di approvvigionamento/costruzione a meno che non sussistano almeno le seguenti condizioni:

- La delega è stata convertita in legislazione attuativa operativa;
- L'organismo di regolamentazione possiede comprovata indipendenza, poteri legali, personale specializzato e budget;
- Il programma nazionale ha individuato il ruolo della tecnologia selezionata;
- il progetto candidato possiede una base di licenza di riferimento adeguata;
- Il processo di localizzazione ha rispettato i requisiti territoriali e costituzionali;
- Le procedure SEA/VAS e EIA/VIA richieste sono integrate a norma di legge;
- Le responsabilità relative al combustibile esaurito e ai rifiuti radioattivi sono ripartite contrattualmente e legalmente;
- Sono definite le garanzie finanziarie relative al ciclo di vita dell'operatore;
- il modello di finanziamento commerciale è completo;
- L'autorizzazione dell'UE in materia di aiuti di Stato è stata ottenuta ove richiesto;
- I processi Euratom rilevanti sono integrati nel percorso critico;
- Non sussiste alcuna contraddizione giuridica irrisolta tra la procedura MASE integrata e l'indipendenza del processo decisionale in materia di sicurezza nucleare.

[U]

Il mancato rispetto di questi punti dovrebbe comportare ritardi, riprogettazione o interruzione di una fase del progetto, piuttosto che pressioni amministrative per una reinterpretazione dei requisiti legali.

1.30 Principali vulnerabilità giuridiche all'inizio del programma

Contenzioso relativo al ripristino del referendum

I futuri decreti potrebbero essere contestati sostenendo che ripristinano illegittimamente la sostanza del quadro normativo respinto nel 2011. La difesa legale più solida del governo non sarà la retorica sull'età del referendum, bensì una struttura normativa dimostrabilmente nuova, in risposta alle mutate circostanze e ai requisiti sostanzialmente aggiornati in materia di sicurezza, ambiente, rifiuti e istituzioni. **[L/U]**

Regolatore indipendente

Un modello in cui la stessa amministrazione politica promuova di fatto il programma e controlli il giudizio finale sulla sicurezza nucleare si troverebbe ad affrontare un serio problema di diritto Euratom. L'integrazione procedurale deve preservare l'effettiva indipendenza della regolamentazione della sicurezza. **[L]**

Partecipazione regionale

Un sistema di autorizzazione che riduca la Regione interessata a un ruolo puramente formale potrebbe entrare in conflitto con il precedente della Corte Costituzionale in materia di cooperazione leale. Allo stesso tempo, tale precedente non equivale a un veto regionale unilaterale generalizzato. **[L]**

Sequenziamento ambientale

Il tentativo di considerare l'autorizzazione integrata come un sostituto della valutazione ambientale strategica o di progetto sarebbe in contrasto sia con il testo finale della delega sia con il diritto ambientale dell'UE. **[L]**

Incoerenza nella normativa sui rifiuti

Un programma che supporti nuovi reattori ma lasci concettualmente irrisolte le responsabilità relative allo stato finale del combustibile esaurito sarebbe difficile da conciliare con l'approccio del ciclo di vita previsto dalla delega, dalla Direttiva 2011/70/Euratom e dai criteri di tassonomia. **[L/U]**

Sequenziamento degli aiuti di Stato

Un progetto la cui economia dipende dal sostegno statale non può presumere che il linguaggio generale attuativo del Parlamento costituisca un'approvazione della Commissione europea. La notifica e l'analisi di compatibilità sono distinte. **[L]**

Sottospecificazione fiscale

I 67,5 milioni di euro espressamente stanziati per il periodo 2026-2029 non sono sufficienti a finanziare la costruzione di un reattore. Un futuro meccanismo di

finanziamento in grado di mobilitare capitali multimiliardari deve ancora essere legiferato, negoziato o approvato. **[L/U]**

1.31 Cosa è legale ora, cosa richiede un decreto e cosa richiede una licenza di progetto

La distinzione può essere ricondotta alla seguente matrice decisionale di stato.

Azione	Esiste un quadro parlamentare?	È necessario un decreto di attuazione?	È necessaria l'autorizzazione del progetto?
Sviluppare una politica nucleare governativa	SÌ	No per il lavoro sulle politiche	NO
Preparare la legislazione attuativa	Sì, una volta che la legge entrerà in vigore	Questa è la funzione delegata	NO
Istituire un programma nucleare nazionale	Obbligatorio	SÌ	NO
Riorganizzare l'autorità di sicurezza	Obbligatorio/consentito	SÌ	NO
Definire le tecnologie ammissibili	Principio stabilito	SÌ	NO
Definire le regole di posizionamento	Principio stabilito	SÌ	NO
Invito/presentazione di proposte di progetto	Quadro di riferimento previsto	SÌ	Dopo
Selezionare un fornitore di reattori commercialmente	Non vietato come attività preparatoria	È necessario un quadro giuridico operativo per un'implementazione bancabile.	Sì, prima della costruzione.
Costruire un reattore	Non esiste alcuna autorizzazione generale ai sensi del DDL 1924	SÌ	SÌ
Caricare combustibile nucleare	NO	SÌ	È necessaria un'autorizzazione specifica in materia di sicurezza.
Operare commercialmente	NO	SÌ	È necessaria la licenza di esercizio.
Costruire un impianto di riprocessamento del combustibile	NO	SÌ	SÌ
Costruire un deposito per i rifiuti	interazione tra diritto esistente e futuro	Ulteriori procedure necessarie	SÌ
Concessione di contratti per difesa	Non creato	Probabilmente sarà necessaria	Potrebbe essere applicata la

nucleare/garanzia statale		un'ulteriore struttura legale/fiscale.	procedura di revisione degli aiuti di Stato dell'UE.

Questa matrice costituisce il punto di riferimento legale rispetto al quale devono essere valutate tutte le successive affermazioni relative al programma.

1.32 Valutazione giuridica complessiva

La decisione parlamentare del settembre 2026 rappresenta un **vero e proprio riassetto giuridico** , ma costituisce l'inizio del programma piuttosto che l'autorizzazione alla sua costruzione.

Svolge quattro funzioni strategicamente importanti.

In primo luogo, ripristina una base parlamentare esplicita che consenta al governo di legiferare in modo esaustivo sull'energia nucleare futura, dopo la ritirata legislativa successiva al 2011.

In secondo luogo, adotta deliberatamente un **perimetro che abbraccia l'intero ciclo di vita** : generazione, combustibile, rifiuti, combustibile esaurito, smantellamento, istituzioni per la sicurezza, ricerca, competenze e integrazione nel mercato sono trattati come soggetti giuridici interconnessi.

In terzo luogo, adotta **la neutralità tecnologica** , con l'inclusione esplicita di tecnologie modulari e avanzate, anziché legiferare su un unico progetto di reattore.

In quarto luogo, crea un percorso normativo verso l'autorizzazione integrata, preservando al contempo le procedure ambientali e richiedendo il rispetto delle norme UE, Euratom e internazionali.

Ciò che non **fa** è altrettanto importante.

- Non seleziona un reattore.
- Non seleziona un sito.
- Non autorizza la costruzione.
- Non istituisce un'autorità di sicurezza indipendente definitiva.
- Non risolve il problema dello smaltimento finale dei rifiuti in Italia.
- Non prevede investimenti in conto capitale per il reattore.
- Non istituisce un CfD o altro meccanismo di sostegno alle entrate.
- Ciò non garantisce l'approvazione della Commissione europea per futuri aiuti di Stato.
- Ciò non rende legalmente vincolante una data di messa in funzione fissata per il 2033, il 2034 o il 2035.

E ciò non cancella le conseguenze costituzionali e politiche dei referendum del 1987 e del 2011.

Il compito giuridico da svolgere durante il periodo di delega di dodici mesi è quindi considerevolmente più impegnativo rispetto alla redazione di un decreto di autorizzazione. L'Italia deve costruire una moderna architettura statale nucleare in cui **la regolamentazione della sicurezza, la partecipazione territoriale, la valutazione**

d'impatto ambientale, il finanziamento del ciclo di vita, la responsabilità per i rifiuti radioattivi, il diritto della concorrenza dell'UE e gli obblighi dell'Euratom siano tutti funzionanti prima che un progetto FOAK diventi irreversibile .

La vera prova giuridica del programma non sarà se il governo riuscirà a emanare un decreto che autorizzi la costruzione di centrali nucleari, bensì se tali decreti creeranno un'architettura in grado di resistere contemporaneamente **al vaglio della Corte Costituzionale, ai contenziosi amministrativi, al controllo del diritto comunitario, ai requisiti di sicurezza dell'Euratom, alla valutazione d'impatto ambientale, alle contestazioni territoriali e al finanziamento di progetti multimiliardari** .

Il 26 settembre 2026, il Parlamento aveva aperto quella strada, ma non l'aveva ancora completata.

CAPITOLO 1 — REGISTRO DELLA SORGENTE DI CARICO

[L] Legislazione italiana, Parlamento e giurisprudenza costituzionale

L1 — Senato della Repubblica, Atto Senato n. 1924, stato legislativo ufficiale. Approvazione parlamentare definitiva il 23 settembre 2026; stato alla data limite: “approvato definitivamente, non ancora pubblicato”. Senato — DDL 1924 registro legislativo ufficiale

L2 — Senato della Repubblica, votazione elettronica finale, seduta n. 458, 23 settembre 2026. 140 presenti; 139 votanti; 81 a favore; 51 contrari; 7 astensioni. Senato — votazione finale sul DDL 1924

L3 — Senato della Repubblica, DDL 1924, Articolo 1 e procedura completa di legislazione delegata. Periodo di dodici mesi dall'entrata in vigore; Conferenza Unificata; Consiglio di Stato; pareri parlamentari; meccanismo di proroga di 90 giorni; decreti correttivi entro 24 mesi. Senato — testo del DDL 1924

L4 — Senato della Repubblica, DDL 1924, Articolo 3 — principi e criteri. Neutralità tecnologica, tassonomia UE, parametri AIEA, localizzazione, norme territoriali e principi del ciclo di vita. Senato — Articolo 3 del DDL 1924

L5 — Senato della Repubblica, seduta finale del 23 settembre 2026. Testo parlamentare definitivo, compreso il dibattito sull'autorità di sicurezza e l'ordine del giorno approvato in merito alla conservazione delle competenze ISIN. Senato — verbale della seduta finale, 23 settembre 2026

L6 — Senato della Repubblica, articolo 5 disposizioni finanziarie. 20 milioni di euro all'anno per il periodo 2027-2029 e 1,5 milioni di euro/6 milioni di euro per specifiche misure di informazione e consultazione per il 2026/2027. Senato — Articolo 5 disposizioni finanziarie

L7 — Servizio Bilancio del Senato, Dossier n. 377 sull'AS 1924. Controllo fiscale della delega e future implicazioni finanziarie. Servizio Bilancio del Senato — Dossier n. 377

L8 — Servizio di ricerca della Camera dei Deputati, Dossier n. 545/1, 25 maggio 2026. Storia legislativa, referendum sul nucleare del 1987 e del 2011, precedente quadro normativo per le nuove costruzioni e DDL 2669. Camera dei Deputati — dossier sulla delegazione nucleare

L9 — Corte Costituzionale, Sentenza n. 25/1987. Soggetti giuridici precisi dei tre quesiti referendari sul nucleare del 1987.
Corte Costituzionale — Sentenza n. 25/1987

L10 — Gazzetta Ufficiale, DPR n. 499/1987. Abrogazione delle disposizioni relative al contributo per l'ospitalità a seguito del referendum del 1987.
Gazzetta Ufficiale — DPR n. 499/1987

L11 — Gazzetta Ufficiale, DPR n. 500/1987. Abrogazione del potere specifico dell'ENEL in materia di partecipazione a progetti nucleari.
Gazzetta Ufficiale — DPR n. 500/1987

L12 — Corte Costituzionale, Sentenza n. 174/2011. Ammissibilità del referendum nucleare riformulato del 2011.
Corte Costituzionale — Sentenza n. 174/2011

L13 — Corte Costituzionale, Sentenza n. 33/2011. Autorizzazione nucleare e partecipazione costituzionalmente richiesta della Regione interessata secondo il principio di leale cooperazione.
Corte Costituzionale — Materiali della Sentenza n. 33/2011

L14 — Corte Costituzionale, Sentenza n. 199/2012. Divieto di ripristino formale o sostanziale di una legislazione abrogata tramite referendum senza che sussistano circostanze mutate rilevanti.
Corte Costituzionale — Sentenza n. 199/2012

L15 — Corte costituzionale, sintesi della giurisprudenza istituzionale sui limiti del potere legislativo dopo un referendum abrogativo. Conferma che il Parlamento conserva la competenza legislativa pur rimanendo soggetto al divieto di ripristinare semplicemente il quadro normativo abrogato.
Corte costituzionale — limiti alla legislazione post-referendum

[L] Diritto dell'Unione Europea e dell'Euratom

L16 — Trattato sul funzionamento dell'Unione europea, articolo 194. Diritto degli Stati membri di determinare il mix energetico, fatte salve le altre norme del Trattato.
EUR-Lex — TFUE Articolo 194

L17 — Trattato Euratom, versione consolidata. Articolo 37 Notifiche sui rifiuti radioattivi e articoli 41-43 Comunicazioni sugli investimenti nucleari.
EUR-Lex — Trattato Euratom

L18 — Direttiva del Consiglio 2009/71/Euratom e quadro consolidato di modifica. Quadro nazionale per la sicurezza nucleare, rilascio di licenze ed effettiva indipendenza dell'autorità di regolamentazione competente.
EUR-Lex — Direttiva sulla sicurezza nucleare

L19 — Direttiva del Consiglio 2011/70/Euratom. Responsabilità nazionale per il combustibile esaurito e i rifiuti radioattivi, compresi i materiali inviati all'estero per il trattamento o il ritrattamento.
EUR-Lex — Direttiva sul combustibile esaurito e sui rifiuti radioattivi.

L20 — Direttiva del Consiglio 2013/59/Euratom. Norme di base di radioprotezione per i lavoratori e il pubblico.
EUR-Lex — Direttiva sulle norme di sicurezza di base

L21 — Direttiva 2001/42/CE. Valutazione ambientale strategica di piani e programmi qualificanti, compresi i programmi energetici e di gestione dei rifiuti, che definiscono i quadri di riferimento per le future autorizzazioni allo sviluppo.
EUR-Lex — Direttiva sulla valutazione ambientale strategica

L22 — Direttiva 2011/92/UE. Direttiva VIA; l'allegato I comprende centrali/reattori nucleari, grandi impianti del ciclo del combustibile e impianti specifici per combustibile esaurito/rifiuti radioattivi.
EUR-Lex — Direttiva sulla valutazione dell'impatto ambientale.

L23 — Regolamento delegato (UE) 2022/1214 della Commissione. Criteri di screening tecnico per le attività nucleari ai sensi della tassonomia UE, compreso il criterio del permesso di costruzione 2045 per la qualificazione di nuovi impianti nucleari e i requisiti relativi ai rifiuti/smantellamento.
EUR-Lex — Regolamento delegato sulla tassonomia nucleare e del gas

L24 — Articolo 108 del TFUE. Controllo preventivo della Commissione sulle nuove misure di aiuto di Stato e obbligo di standstill, ove applicabile.
EUR-Lex — Articolo 108 del TFUE

L25 — Corte di giustizia dell'Unione europea, C-594/18 P, Austria contro Commissione. Sentenza della Grande Camera relativa agli aiuti di Stato per Hinkley Point C.
CGUE — Austria contro Commissione, Hinkley Point C

L26 — Registro degli aiuti di Stato della Commissione europea, SA.117794. Esempio attuale di controllo da parte della Commissione sul sostegno pubblico per ulteriori unità nucleari di Dukovany.
Commissione europea — Caso di aiuti di Stato Dukovany SA.117794

FINE DEL CAPITOLO 1

CAPITOLO 2 — AUTORIZZAZIONE MULTILIVELLO, REGIONI E POLITICA DEL RIFIUTO

2.1 Risultati dell'analisi esecutiva

Il sistema italiano di autorizzazione nucleare non è una procedura statale verticalmente integrata in cui il governo centrale può selezionare una tecnologia, designare un comune e procedere direttamente alla costruzione. Né è un sistema di tipo federale in cui una Regione o un comune detiene un potere di veto legale incondizionato su un programma nucleare autorizzato a livello nazionale.

La posizione costituzionale si colloca tra questi due estremi.

La produzione di energia nucleare si interseca con almeno due principali ambiti di competenza costituzionale: **“la produzione, il trasporto e la distribuzione nazionale di energia”,** un settore in cui interagiscono le competenze statali e regionali, e **“la tutela dell’ambiente e dell’ecosistema”,** ambito in cui lo Stato detiene la competenza legislativa esclusiva. La regolamentazione dei rifiuti radioattivi coinvolge quest’ultimo ambito in modo particolarmente significativo. La giurisprudenza della Corte costituzionale ha ripetutamente affermato che una Regione non può utilizzare la propria legislazione per rendere inapplicabile la legge nucleare nazionale su tutto il suo territorio; al contempo, laddove l’azione statale centralizza i poteri amministrativi a causa della portata nazionale dell’infrastruttura, i principi di sussidiarietà e **di cooperazione leale richiedono una partecipazione territoriale significativa** . **[L]**

Il DDL n. 1924 riflette tale storia costituzionale in modo più chiaro di quanto suggeriscano alcune precedenti interpretazioni del programma. Ogni decreto legislativo attuativo deve essere preceduto da un'intesa **della Conferenza Unificata** . I futuri decreti devono inoltre individuare le circostanze in cui è richiesto il consenso della Regione direttamente interessata o, in alternativa, della Conferenza Unificata, e devono disciplinare qualsiasi esercizio dei poteri sostitutivi del Governo ai sensi dell'articolo 120 della Costituzione. **[L]**

ex ante aree idonee agli impianti nucleari , deve essere garantita la consultazione dei comuni interessati. Il futuro regime può prevedere misure compensative ambientali, territoriali ed economiche, stabilite in fase di autorizzazione e finanziate dai proponenti del progetto. Le popolazioni direttamente interessate devono ricevere informazioni mirate e partecipare a consultazioni. **[L]**

Occorre tuttavia mantenere una distinzione sostanziale. Il testo definitivo prevede esplicitamente la possibilità di **“autocandidatura” per gli impianti di stoccaggio temporaneo e smaltimento definitivo di rifiuti radioattivi e combustibile esaurito** .

Non stabilisce **,** invece, un diritto altrettanto esplicito all'autocandidatura comunale per i reattori nucleari. Per i reattori e gli altri impianti nucleari, l'atto definitivo stabilisce la consultazione, le misure territoriali, la partecipazione del gestore allo sviluppo territoriale e le future norme di localizzazione, ma lascia il modello di localizzazione preciso ai decreti attuativi. Definire l'intero futuro sistema di localizzazione dei reattori un "modello di candidatura comunale volontaria" legalmente completo significherebbe quindi sopravvalutare la legge approvata il 26 settembre 2026. **[L]**

Anche la mappa istituzionale è incompleta. **MASE** è il perno politico e legislativo ed è destinata a diventare il centro amministrativo di un sistema di autorizzazione integrato. **ISIN rimane l'attuale ente regolatore della sicurezza nucleare e della radioprotezione** al momento della transizione. La legge attuativa consente una riorganizzazione degli organismi esistenti e la valutazione di una nuova autorità amministrativa indipendente; non abolisce ISIN né crea l'autorità successore. **ARERA** rimane centrale per la regolamentazione economica e il riconoscimento dei costi nucleari pregressi, mentre **Sogin** rimane la società statale responsabile dello smantellamento degli impianti pregressi e del Deposito Nazionale e Parco Tecnologico nell'ambito del quadro normativo vigente. Nessuno di questi ruoli dovrebbe essere accorpato in un'unica "autorità nucleare". **[L][G]**

Il quadro politico-geografico è già ben definito. Nella consultazione istituzionale sulla legislazione attuativa, le Regioni e le Province Autonome hanno infine espresso una **posizione favorevole a maggioranza, a condizione di un maggiore coinvolgimento regionale** , mentre Sardegna, Toscana e Umbria hanno mantenuto una formale opposizione. La Lombardia ha invece adottato misure a sostegno della filiera industriale e di ricerca del nucleare avanzato, senza per questo acconsentire ad ospitare un reattore. L'Emilia-Romagna ha adottato una specifica posizione istituzionale volta ad escludere l'ex sito di Caorso dalla ripresa della produzione nucleare. Diverse Regioni, tra cui Sardegna, Lazio e Puglia, si sono opposte separatamente alle ubicazioni proposte per il Deposito Nazionale. Queste categorie sono giuridicamente distinte: l'opposizione a un deposito di scorie non implica l'opposizione a ogni futuro reattore, e il sostegno a una filiera industriale non equivale al consenso per un sito di reattore. **[G]**

Il principale rischio di governance non risiede quindi in un singolo "veto regionale" formale, bensì in una **serie di ostacoli giuridicamente differenti** : accordi intergovernativi vincolanti, valutazioni di sicurezza indipendenti, decisioni ambientali, consultazioni territoriali, vincoli culturali e paesaggistici, ricorsi amministrativi, contenziosi costituzionali e, infine, processi UE/Euratom. Un programma può essere ritardato o invalidato da una gestione errata di uno qualsiasi di questi elementi, anche laddove nessun governo territoriale possieda il potere assoluto di vietare la politica nucleare nazionale.

2.2 L'architettura costituzionale: l'energia nucleare attraversa contemporaneamente diverse competenze.

L'articolo 117 della Costituzione non contiene una singola voce intitolata "energia nucleare". Piuttosto, un progetto nucleare si interseca con molteplici materie costituzionali.

Per le nuove centrali elettriche, gli aspetti più importanti sono **la produzione, il trasporto e la distribuzione nazionale dell'energia** . La giurisprudenza della Corte Costituzionale ha considerato la produzione di energia elettrica nucleare come sostanzialmente rientrante in questo ambito energetico. Allo stesso tempo, la sicurezza nucleare, la contaminazione radioattiva e la gestione dei rifiuti radioattivi coinvolgono la competenza esclusiva dello Stato in materia di **tutela dell'ambiente e dell'ecosistema** . La pianificazione territoriale, la tutela della salute, la protezione civile, le infrastrutture di trasporto, la tutela del paesaggio e lo sviluppo economico possono comportare ulteriori responsabilità statali, regionali e locali all'interno dello stesso progetto. **[L]**

Ciò produce ciò che la Corte Costituzionale ha storicamente descritto attraverso la logica della sovrapposizione di competenze.

Lo Stato possiede poteri eccezionalmente forti perché:

- il sistema elettrico è nazionale;
- La sicurezza nucleare ha conseguenze che vanno oltre i confini comunali e regionali;
- Gli obblighi relativi ai rifiuti radioattivi sono nazionali e intergenerazionali;
- Gli obblighi derivanti dall'Euratom sono a carico della Repubblica Italiana;
- La pianificazione delle emergenze e la sicurezza fisica richiedono standard nazionali uniformi;
- Le conseguenze di una gestione inadeguata dei rifiuti preesistenti non possono essere attribuite esclusivamente a un unico territorio.

Le regioni possiedono comunque interessi costituzionalmente protetti perché un impianto nucleare ha conseguenze dirette per:

- pianificazione territoriale;
- politica energetica regionale;
- organizzazione sanitaria;
- infrastrutture;
- protezione civile;
- monitoraggio ambientale tramite agenzie regionali;
- utilizzo dell'acqua e del suolo;
- sviluppo economico locale;

- i comuni che ospitano fisicamente o circondano l'installazione.

Questa sovrapposizione spiega perché la giurisprudenza costituzionale italiana abbia respinto sia un modello di **esclusione regionale unilaterale** sia un modello di **irrilevanza territoriale** .

2.3 La Corte costituzionale ha già respinto una legislazione regionale unilaterale "senza nucleare".

Il precedente più diretto è **la sentenza n. 331/2010 della Corte Costituzionale** .

Puglia, Basilicata e Campania avevano adottato disposizioni regionali volte, in diverse forme, a impedire l'installazione di centrali nucleari, impianti di stoccaggio di combustibile nucleare, combustibile esaurito o scorie radioattive sui loro territori in assenza di accordo con lo Stato. La Corte ha dichiarato incostituzionali tali disposizioni. **[L]**

Il ragionamento della Corte rimane di grande rilevanza per il programma del 2026.

Per quanto riguarda i rifiuti radioattivi, la regolamentazione coinvolge la competenza costituzionale esclusiva dello Stato in materia di tutela ambientale. Per gli impianti di produzione nucleare, il campo costituzionale applicabile comprende la competenza concorrente in materia energetica. La Corte ha tuttavia stabilito che le **forme e le modalità di collaborazione tra Stato e Regione devono essere definite dal legislatore nazionale competente** . Una Regione non può semplicemente emanare un divieto territoriale e in tal modo disapplicare la legislazione nazionale che ritiene indesiderabile o incostituzionale. Il suo rimedio è il ricorso costituzionale, non l'annullamento legislativo unilaterale. **[L]**

La formulazione della Corte è stata insolitamente chiara: un'adeguata partecipazione della Regione interessata può essere costituzionalmente necessaria, ma la Regione non può trasformare tale requisito in un potere legislativo autonomo per escludere l'applicazione del diritto nazionale su tutto il suo territorio.

Conseguenze per il programma 2026

Una risoluzione che dichiara che una Regione è politicamente contraria all'energia nucleare ha un significato istituzionale rilevante.

Una legge regionale che dichiari l'intero territorio regionale legalmente indisponibile a un futuro programma nucleare è una proposta diversa e si scontrerebbe con il precedente stabilito dalla sentenza n. 331/2010.

Pertanto:

Il rifiuto politico non costituisce un divieto territoriale giuridicamente vincolante.

Ma anche l'inverso è errato:

L'assenza di un diritto di veto regionale non equivale al permesso dello Stato di escludere la Regione dal processo decisionale.

2.4 Sentenza n. 278/2010: la centralizzazione richiede una cooperazione leale

Nella **sentenza n. 278/2010** , la Corte costituzionale ha esaminato la legislazione nazionale del 2009 che tentava di riaprire il programma nucleare italiano. Diverse Regioni avevano contestato il quadro di delega.

La Corte ha riconosciuto che le infrastrutture energetiche su scala nazionale possono giustificare l'attribuzione di funzioni amministrative allo Stato attraverso il principio costituzionale comunemente noto come **"chiamata in centralità"** – l'assunzione centrale di funzioni laddove è richiesto un esercizio uniforme a livello nazionale. Ma tale centralizzazione è costituzionalmente vincolata a meccanismi di **leale cooperazione con le istituzioni territoriali** . **[L]**

La conseguenza è importante per il nuovo programma.

Il carattere nazionale della politica in materia di sicurezza nucleare ed energia elettrica fornisce solide basi per la leadership statale. Ciò non autorizza il governo a utilizzare l'importanza nazionale come sinonimo legale di unilateralismo.

I decreti attuativi devono pertanto assolvere simultaneamente a due funzioni:

- preservare un sistema di licenze e sicurezza coerente a livello nazionale; e
- garantire una partecipazione costituzionalmente adeguata alle regioni interessate.

Se il quadro normativo tende eccessivamente verso i veti territoriali, l'attuazione dei programmi nazionali potrebbe diventare impossibile. Se invece tende eccessivamente verso la sostituzione amministrativa centrale, diventa vulnerabile a contestazioni costituzionali.

L'architettura giuridica deve pertanto distinguere tra **partecipazione** , **accordo** , **consenso tecnico vincolante in materia di sicurezza** , **consultazione** e **assenso politico,** anziché trattare tutti e cinque come un unico strumento.

2.5 Sentenza n. 33/2011: la regione interessata non può essere ridotta a spettatrice

La sentenza n. 33/2011 della Corte Costituzionale ha ulteriormente affinato questo principio esaminando il decreto legislativo n. 31/2010.

La Corte ha dichiarato incostituzionale parte del precedente quadro di autorizzazione perché alla Regione direttamente interessata da un impianto proposto non era garantito un ruolo formale adeguato prima della decisione di autorizzazione nazionale. La Corte ha richiesto un contributo regionale obbligatorio nell'ambito della procedura di cooperazione, anche se tale contributo non equivaleva a un potere illimitato di annullare la politica nazionale. **[L]**

La sentenza è particolarmente importante per i decreti attuativi del 2026 perché dimostra che una consultazione formale in una fase avanzata non è necessariamente sufficiente.

Se i criteri tecnici, le decisioni del governo centrale o le designazioni preliminari del sito determinano effettivamente il sito prima che la Regione entri nel processo, una procedura regionale nominalmente successiva potrebbe non costituire più una codeterminazione significativa. La precedente giurisprudenza nucleare della Corte lascia spazio a conflitti costituzionali laddove la struttura procedurale rende la partecipazione territoriale meramente cerimoniale. **[L]**

Per la progettazione del programma, ciò crea un principio fondamentale:

Lo Stato può guidare il processo, ma non dovrebbe predeterminare l'esito territoriale prima che la fase di cooperazione, costituzionalmente rilevante, abbia un contenuto concreto.

2.6 DDL 1924 incorpora tale giurisprudenza nella nuova delega

Il testo definitivo del 2026 contiene due livelli distinti di accordo intergovernativo.

In primo luogo, **tutti i decreti legislativi attuativi richiedono a loro volta l'approvazione preventiva della Conferenza Unificata** . L'articolo 1(2) prevede che i decreti siano adottati su proposta del MASE, congiuntamente ai ministeri competenti, solo dopo aver ottenuto l' *approvazione* della Conferenza Unificata, nonché il parere del Consiglio di Stato e il controllo parlamentare. **[L]**

In secondo luogo, l'articolo 3 richiede che i decreti determinino, in conformità alla leale cooperazione:

- i casi in cui è necessario il **consenso della Regione direttamente interessata ;**
- è necessario un accordo in seno alla **Conferenza Unificata ; e**
- le modalità in base alle quali il Governo può esercitare poteri sostitutivi ai sensi dell'articolo 120 della Costituzione. **[L]**

Questa richiesta è decisamente più forte di un generico obbligo di "ascoltare le Regioni".

Ciò significa che la partecipazione del governo territoriale è integrata in entrambi i seguenti aspetti:

a monte , quando viene redatta l'architettura normativa nazionale; e

a valle , dove i futuri decreti individuano circostanze specifiche del progetto che richiedono un accordo regionale o intergovernativo.

Il preciso equilibrio a valle viene deliberatamente lasciato ai decreti.

2.7 La Conferenza Unificata rappresenta quindi una vera e propria porta d'accesso al programma.

La **Conferenza Unificata** riunisce la Conferenza Stato-Regioni e la Conferenza Stato-Città e Autonomie Locali. Per la delegazione nucleare, la sua importanza non è solo consultiva.

L'articolo 1 richiede espressamente **l'indicazione** prima di ogni decreto legislativo. **[L]**

Ciò crea un'importante differenza rispetto al parere del Consiglio di Stato. La legge prevede un periodo di 45 giorni per il Consiglio di Stato e stabilisce espressamente che il Governo può procedere dopo la scadenza di tale periodo. L'accordo della Conferenza Unificata è formulato in modo diverso: la legge ne richiede la preventiva acquisizione.

Ciò non significa che gli attori territoriali acquisiscano un potere costituzionale permanente per impedire indefinitamente ogni possibile decreto. Il diritto pubblico italiano prevede meccanismi per affrontare il fallimento degli accordi intergovernativi e il futuro quadro normativo dovrà operare all'interno di una più ampia dottrina costituzionale. Tuttavia, da un punto di vista della gestione del programma, trattare la Conferenza Unificata come una fase di consultazione irrilevante sarebbe giuridicamente rischioso.

Implicazione pratica

Redigere i decreti attuativi all'interno del MASE e presentare un testo completo alle Regioni al termine del periodo di dodici mesi creerebbe rischi evitabili in termini di tempistiche e contenziosi.

La negoziazione intergovernativa deve avvenire **durante** , e non dopo, la fase di stesura.

2.8 La consultazione istituzionale del 30 luglio 2025 ha anticipato la controversia centrale

La consultazione intergovernativa formale sulla bozza originale del governo aveva già evidenziato le aree in cui si sarebbe concentrato il conflitto territoriale.

Il **30 luglio 2025** , la Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome è passata da una precedente valutazione tecnica negativa a una **posizione istituzionale favorevole a maggioranza, a condizione che si richiedesse una maggiore partecipazione regionale e un accordo sui futuri decreti attuativi** . Sardegna, Toscana e Umbria hanno mantenuto posizioni negative. Anche l'ANCI, in rappresentanza dei comuni, ha sostenuto il quadro, a condizione di un maggiore coinvolgimento dei comuni nella consultazione e nella valutazione delle compensazioni territoriali. Il rappresentante del Governo ha accettato le condizioni istituzionali durante i lavori della Conferenza Unificata. **[G]**

Questo episodio è importante perché la preoccupazione sollevata dalle istituzioni territoriali non si limitava al sostegno o all'opposizione ideologica alla fissione. Gran parte della disputa istituzionale riguardava **chi avrebbe detenuto un potere procedurale significativo nella stesura delle norme dettagliate e nella successiva valutazione dei siti** .

Il testo parlamentare definitivo ha successivamente incorporato un accordo obbligatorio della Conferenza Unificata per i decreti e una più ampia disposizione di cooperazione leale per i futuri accordi regionali. **[L][G]**

La storia istituzionale indica pertanto che la partecipazione territoriale non fu un emendamento incidentale, bensì divenne parte integrante dell'accordo giuridico strutturale alla base della delega.

2.9 Regioni a statuto speciale e province autonome

L'articolo 4 contiene una **clausola di salvaguardia specifica** per le Regioni con statuto speciale e le Province Autonome di Trento e Bolzano.

La legge e i relativi decreti attuativi si applicano ad essi **in modo compatibile con i rispettivi statuti e disposizioni attuative** , tenendo conto anche della Legge Costituzionale n. 3/2001. **[L]**

Questa disposizione è importante perché una legge ordinaria sulla delega non può cancellare silenziosamente le competenze protette da statuti speciali di livello costituzionale.

Ciò **non** implica, tuttavia, un diritto di veto nucleare generalizzato per ogni territorio soggetto a statuto speciale.

L'effettiva divisione delle competenze dipenderà da:

- lo statuto di autonomia specifica;
- la relativa legislazione attuativa;
- sia che la questione riguardi l'energia, l'ambiente, la pianificazione territoriale, la salute, i trasporti o qualsiasi altra materia;
- se la competenza statale in questione sia esclusiva;
- il principio costituzionale di leale cooperazione;
- il meccanismo preciso stabilito dai decreti attuativi.

Pertanto, lo status di statuto speciale aumenta la necessità di **un'analisi giuridica specifica per tale statuto** ; non supporta la conclusione generica secondo cui una Regione a statuto speciale possa escludere automaticamente le infrastrutture nucleari nazionali attraverso una risoluzione politica unilaterale.

Requisiti del programma

Prima che qualsiasi sito di screening nazionale raggiunga lo status di sito candidato in una Regione a statuto speciale o in una provincia autonoma, il Governo dovrebbe mantenere una matrice di competenze dedicata che identifichi:

- Poteri esclusivi dello Stato;
- poteri legislativi regionali/provinciali;
- trasferì le funzioni amministrative;
- accordi richiesti;
- competenze di pianificazione;
- funzioni ambientali e paesaggistiche;
- responsabilità in materia di protezione civile;
- Percorsi giudiziari disponibili in caso di conflitto di competenze.

Questa analisi dovrebbe precedere il coinvolgimento degli sviluppatori, anziché essere eseguita dopo che un sito ha acquisito rilevanza politica. **[U]**

2.10 I comuni: politicamente indispensabili, costituzionalmente importanti, ma non costituiti come detentori assoluti del diritto di veto.

I comuni subiranno le conseguenze più immediate della scelta del sito, ma non godono dello stesso status legislativo costituzionale delle regioni.

L'atto istitutivo finale, tuttavia, attribuisce loro un ruolo ben definito.

Laddove il futuro sistema identifichi *ex ante* aree che possiedono le caratteristiche per ospitare impianti di generazione nucleare, del ciclo del combustibile o di smaltimento dei rifiuti, la legislazione richiede **la consultazione dei comuni interessati** . I decreti possono anche prevedere misure di promozione e sviluppo territoriale e devono affrontare gli impatti cumulativi laddove siano già presenti o autorizzati impianti energetici nello stesso territorio. **[L]**

L'articolo 3 richiede inoltre:

- ampia diffusione di informazioni per le popolazioni direttamente interessate;
- procedure di consultazione per tali popolazioni;
- Trasparenza nei confronti dei cittadini e delle amministrazioni locali in merito ai controlli sulla sicurezza nucleare e sulla radioprotezione. **[L]**

Ciò che la legge istitutiva definitiva non **specifica** è altrettanto importante.

Non stabilisce che:

- una votazione del consiglio comunale blocca automaticamente un reattore;
- un referendum consultivo locale ha automaticamente forza vincolante rispetto all'autorizzazione nazionale;

- ogni reattore deve nascere da un'autocandidatura comunale;
- Il rifiuto da parte di un comune comporta automaticamente la cessazione di tutte le procedure a livello nazionale.

Tali questioni dipenderanno dai decreti attuativi e dalle altre leggi applicabili.

La realtà politica può tuttavia rivelarsi più restrittiva della legge formale. Un progetto di reattore tecnicamente valido, imposto a un comune nonostante la forte opposizione locale, può generare contenziosi, resistenze urbanistiche, controversie in materia di consultazioni e incertezza finanziaria, anche laddove il comune non disponga di un formale potere di veto legale.

La distinzione tra **autorità legale** e **licenza sociale** deve pertanto rimanere ben visibile.

2.11 Una correzione critica: la “localizzazione volontaria” non è un concetto giuridico uniforme nella legge definitiva

La legge del 2026 viene talvolta descritta come l'istituzione di un sistema generale di candidatura volontaria.

Il testo finale è più preciso.

Per gli impianti di smaltimento di rifiuti radioattivi e combustibile esaurito

L'articolo 3 richiede esplicitamente che la futura disciplina della localizzazione prenda in considerazione la possibilità di **autocandidature** per:

- deposito temporaneo di scorie radioattive e combustibile esaurito;
- Smaltimento finale dei rifiuti radioattivi;
- Smaltimento finale del combustibile esaurito laddove non sia riprocessabile, riciclabile o riutilizzabile entro i limiti previsti dalla legge.

Richiede inoltre nuove procedure di valutazione ambientale strategica per gli strumenti di pianificazione pertinenti riguardanti le aree ammissibili. **[L]**

Per i nuovi reattori e altri impianti nucleari

Il testo definitivo stabilisce:

- futuri criteri di localizzazione;
- richieste presentate dai proponenti;
- consultazione comunale laddove le aree idonee siano individuate *ex ante* ;
- possibile promozione territoriale e relativa compensazione;
- Requisiti relativi alle informazioni demografiche e alla consultazione pubblica;
- meccanismi di cooperazione leale che coinvolgono le Regioni.

Ma non **utilizza** la stessa formulazione esplicita di “autocandidatura” per creare un regime completo di autocandidatura municipale per i reattori. **[L]**

La distinzione giuridica deve essere preservata in tutte le comunicazioni governative.

Formula corretta

Impianti di smaltimento dei rifiuti: esplicita possibilità legale di autocandidatura.

Reattori nucleari: futuro quadro di localizzazione guidato dai proponenti con consultazione territoriale e possibile compensazione; il grado esatto di volontarietà deve ancora essere stabilito per decreto.

Questa distinzione diventerà decisiva nel Capitolo 3, quando verranno esaminate le singole aree.

2.12 La consultazione pubblica è obbligatoria in linea di principio, ma la struttura esatta non è ancora definitiva.

L'articolo 3(cc) richiede **informazioni capillari per le popolazioni direttamente interessate e procedure di consultazione** . L'articolo 3(bb) richiede separatamente una campagna informativa nazionale sull'energia nucleare incentrata in particolare sulla sicurezza e sulla sostenibilità. **[L]**

Non si tratta di funzioni identiche.

Una campagna informativa nazionale è una forma di comunicazione governativa.

La consultazione in loco rappresenta una garanzia nel processo decisionale.

I due non dovrebbero essere fusi a livello istituzionale.

Un sistema di consultazione credibile dovrebbe consentire alla popolazione e alle autorità territoriali di esaminare, come minimo:

- la tecnologia proposta;
- siti alternativi;
- metodologia di selezione del sito;
- studi sismici e idrogeologici;
- fabbisogno di acqua di raffreddamento;
- impatti ambientali;
- disposizioni di emergenza;
- vie di trasporto;
- strategia per il combustibile esaurito e i rifiuti;
- Occupazione prevista nel settore edile;
- impiego a tempo indeterminato;

- effetti sulla proprietà e sull'uso del suolo;
- requisiti infrastrutturali locali;
- proposte di risarcimento;
- obblighi di smantellamento.

[U]

Anche la storia parlamentare è rilevante. Durante il processo legislativo si è discusso di proposte per un meccanismo **di dibattito pubblico obbligatorio più ampio, ma queste non sono diventate il modello normativo definitivo. Di conseguenza, il principio fondamentale della legge definitiva è l'informazione e la consultazione** , mentre la forma dettagliata deve ancora essere definita; non si deve quindi presentare la questione come se il Parlamento avesse già adottato un modello nazionale di dibattito pubblico sul modello francese per ciascun reattore proposto. **[L]**

Ciò comporta un'importante scelta progettuale per i decreti.

Un processo di notifica e commento minimo potrebbe non soddisfare pienamente la delega letterale e creare rischi di natura costituzionale o amministrativa. Un processo strutturato che consenta l'acquisizione di prove, l'analisi di alternative e risposte governative motivate fornirebbe una documentazione amministrativa più difendibile. **[U]**

2.13 Risarcimento: previsto per legge, non ancora quantificato

La legge definitiva consente esplicitamente che il futuro quadro normativo imponga all'operatore nucleare autorizzato di partecipare alla **promozione, allo sviluppo e alla valorizzazione del territorio ospitante** .

Prevede la considerazione dei seguenti aspetti:

- compensazione ambientale;
- compensazione territoriale;
- compensazione economica.

Tali misure verrebbero determinate in relazione all'autorizzazione e finanziate dai **proponenti del progetto** , non automaticamente dai bilanci regionali generali. **[L]**

La legge istitutiva non specifica:

- una formula €/MW;
- una percentuale del CAPEX;
- un canone di hosting annuale;
- elettricità gratuita;
- tariffe elettriche ridotte;
- ripartizione delle imposte;

- equità municipale;
- proprietà comunitaria;
- fondi per le infrastrutture;
- durata dei pagamenti.

Pertanto, le cifre riportate prima dei decreti sarebbero da considerarsi proposte politiche, non diritti legali esistenti.

Anche il risarcimento deve essere separato dalla sicurezza.

Un beneficio della comunità ospitante non può legalmente sostituire:

- conformità alle norme di sicurezza nucleare;
- Risultati della valutazione di impatto ambientale;
- qualificazione sismica;
- protezione radiologica;
- approvazione dell'autorità di regolamentazione.

Il futuro regime dovrebbe pertanto mantenere una chiara separazione istituzionale tra:

idoneità tecnica del sito

E

distribuzione dei benefici territoriali una volta valutato un sito tecnicamente idoneo.

Altrimenti, il risarcimento potrebbe essere percepito come l'accettazione, tramite acquisto, di un sito che non ha ancora soddisfatto i criteri di sicurezza. **[U]**

2.14 I meccanismi di compensazione preesistenti forniscono esperienza, ma non una formula automatica per le nuove costruzioni

L'Italia ha già esperienza in materia di compensazione territoriale relativa a impianti nucleari dismessi.

Ad esempio, il processo di smantellamento in corso a **Caorso** ha generato misure territoriali per i comuni dell'area interessata, e la Tavola della Trasparenza 2026 ha descritto un accordo che mette a disposizione risorse per la riqualificazione della Media Pianura Padana, compresi i fondi derivanti da compensazioni ambientali ai sensi della legislazione preesistente. **[G]**

Questi accordi forniscono esperienza istituzionale in:

- distribuire i benefici tra più comuni;
- definizione dei territori interessati;
- collegare i pagamenti alle attività nucleari pregresse;
- mantenimento delle strutture locali di trasparenza.

Non dovrebbero, tuttavia, essere importati meccanicamente nella legislazione relativa alle nuove costruzioni.

Un nuovo reattore rappresenta un bene economico, un periodo di rischio e una struttura di ricavi diversi rispetto alla dismissione di un impianto chiuso.

I futuri decreti richiederanno pertanto uno specifico modello di compensazione per le nuove costruzioni, anziché presumere che i pagamenti pregressi relativi al nucleare risolvano il problema.

2.15 MASE: responsabile della polizza e futuro punto di svolta amministrativo

Il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica occupa la posizione centrale nell'assetto governativo che si sta delineando.

Ai sensi del DDL 1924:

- I decreti legislativi sono proposti dal Ministro dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica;
- Il programma nazionale deve essere creato nell'ambito del quadro delegato;
- Si prevede che la futura legislazione organizzerà processi di autorizzazione integrati;
- Il MASE rimane il ministero nazionale responsabile dell'indirizzo della politica energetica e delle principali funzioni ambientali. **[L]**

Il MASE dovrebbe pertanto essere inteso come il **fulcro del programma e della politica amministrativa** , non come un sostituto di un organismo di regolamentazione indipendente per la sicurezza nucleare.

Tale separazione è essenziale.

Il ministero avrà un interesse istituzionale nell'attuazione della politica energetica nazionale. L'organismo di controllo della sicurezza deve essere in grado di concludere che un progetto, un sito o una condizione operativa proposti siano inaccettabili, anche laddove il progetto sia una priorità governativa.

La procedura integrata dovrebbe pertanto essere strutturata come segue:

un percorso amministrativo coordinato

piuttosto che:

un'unica istituzione che esercita ogni giudizio sostanziale.

2.16 ISIN rimane l'autorità esistente per la sicurezza nucleare al momento del taglio

Al 26 settembre 2026, **l'ISIN – Ispettorato Nazionale per la Sicurezza Nucleare e la Radioprotezione – rimane l'organismo di regolamentazione italiano esistente nel campo della sicurezza nucleare e della radioprotezione** .

L'ISIN descrive le sue attuali responsabilità come comprendenti attività tecniche e regolamentari riguardanti impianti nucleari, rifiuti radioattivi e combustibile esaurito, materiale nucleare, sorgenti radioattive e trasporto, nonché ispezione, controllo e partecipazione alle strutture europee e internazionali per la sicurezza nucleare. Partecipa a ENSREG, WENRA e ai pertinenti meccanismi di esperti di Euratom. **[G]**

La delega del 2026 consente:

- riorganizzazione degli enti esistenti;
- possibile soppressione o ridistribuzione delle funzioni;
- valutazione dell'istituzione di una nuova autorità amministrativa indipendente per la sicurezza nucleare.

Non stabilisce di per sé quella nuova autorità. **[L]**

Durante la seduta finale del Senato, un ordine del giorno invitava il Governo, qualora avesse istituito una nuova autorità, a preservare e potenziare le competenze tecniche e regolamentari accumulate all'interno dell'ISIN e di altre istituzioni pubbliche. Questa è una prova rilevante della preoccupazione parlamentare per la continuità istituzionale, ma non equivale alla creazione della nuova autorità. **[L]**

rischio di transizione

La configurazione istituzionale più pericolosa sarebbe una transizione prolungata in cui:

- L'ISIN perde personale o autorità;
- l'autorità successore non è ancora pienamente operativa;
- I potenziali sviluppatori presentano dossier per importanti progetti di nuova costruzione;
- La responsabilità delle decisioni tecniche non è chiara.

I decreti dovrebbero pertanto prevedere norme esplicite di continuità che riguardino:

- personale;
- autorizzazioni in sospeso;
- guide tecniche;
- ispezioni;
- applicazione della legge;
- rappresentanza internazionale;
- custodia dei documenti;
- finanziamenti;
- reclutamento.

[U]

La transizione verso un nuovo ente regolatore non deve trasformarsi in un vuoto normativo in materia di licenze.

2.17 La sicurezza nucleare è una condizione di blocco sostanziale, non semplicemente un'altra opinione delle parti interessate

Il ruolo dell'organismo di controllo della sicurezza differisce sostanzialmente dalla posizione politica di una Regione o dalla risposta di un Comune a una consultazione.

Un'autorità di sicurezza applica criteri legali e tecnici.

Se un progetto o un sito non soddisfa i requisiti obbligatori di sicurezza nucleare, la questione non si risolve tramite compensazione territoriale o un accordo politico intergovernativo.

Di conseguenza, il sistema futuro deve differenziare:

Istituzione	Natura dell'intervento
MASE	programma, politica e autorizzazione amministrativa integrata
Autorità di regolamentazione della sicurezza nucleare	valutazione indipendente in materia di sicurezza tecnica e radioprotezione
Regione	partecipazione territoriale e settoriale costituzionalmente protetta
Comune	partecipazione della comunità ospitante, informazioni locali e interessi territoriali
autorità ambientale	valutazione ambientale ai sensi della legge applicabile
Sogin	gestore di smantellamento/deposito di sistemi preesistenti ai sensi della legge vigente
ARERA	Regolamentazione economica dei costi pregressi specifici del nucleare; ruolo futuro soggetto a legislazione
Proponente/gestore	Richiesta di progetto, finanziamento, costruzione e obblighi relativi al ciclo di vita

L'esistenza di un'"autorizzazione integrata" non dovrebbe mai cancellare queste differenze funzionali.

2.18 ARERA: importante per l'economia nucleare tradizionale, non per l'ente regolatore della sicurezza nucleare

Il ruolo attuale di ARERA nel settore nucleare riguarda principalmente il trattamento economico e il riconoscimento di specifici **costi pregressi relativi al nucleare** , non la sicurezza dei reattori.

La delibera 261/2025/R/eel del giugno 2025 conferma che l'ARERA continua a determinare i costi nucleari associati allo smantellamento, alla chiusura del ciclo del combustibile e alle relative attività di Sogin utilizzando criteri di efficienza economica. La delibera rileva inoltre che, a partire dal **2023** , tali costi nucleari hanno cessato di essere sostenuti direttamente dagli utenti di energia elettrica e sono diventati oneri a carico del **bilancio statale** , mentre l'ARERA ha mantenuto le proprie funzioni di determinazione dei costi. **[G]**

La stessa decisione riporta che, ai sensi dell'articolo 26 del Decreto Legislativo n. 31/2010, Sogin è responsabile degli impianti nucleari a fine vita e del Deposito Nazionale e del Parco Tecnologico.

Per il programma di nuove costruzioni, il ruolo futuro di ARERA non è ancora stato definito completamente.

Le potenziali responsabilità future potrebbero includere i seguenti aspetti:

- trattamento del mercato dell'energia elettrica;
- entrate regolamentate;
- impatto sui clienti;
- meccanismi tariffari;
- interazione con infrastrutture regolamentate.

Ma finché la legislazione delegata non assegnerà tali poteri, sarebbe scorretto descrivere l'ARERA come il futuro ente regolatore economico dei nuovi progetti nucleari nello stesso modo in cui attualmente esamina i costi di smantellamento degli impianti preesistenti. **[U]**

2.19 Sogin: operatore legacy e sviluppatore del repository, non automaticamente il futuro operatore del reattore

L'attuale missione istituzionale di Sogin riguarda **la chiusura del ciclo nucleare storico italiano** .

In base alla legislazione e alla prassi regolamentare vigenti, le sue responsabilità includono:

- mantenere in sicurezza i siti nucleari dismessi;
- smantellamento di ex impianti nucleari;
- gestione dei rifiuti radioattivi associati;
- Attività di chiusura per il ciclo storico del combustibile;
- Localizzazione, progettazione, costruzione e futura gestione del Deposito Nazionale e del Parco Tecnologico. **[G]**

Sogin ha inoltre sviluppato **delle Tavole della Trasparenza regionali strutturate** attorno ai siti contaminati. Nel 2026 queste sono proseguite in Piemonte, Emilia-Romagna e Campania, coinvolgendo governi regionali, comuni, ISIN, enti ambientali, istituzioni sanitarie e parti interessate. **[G]**

Questi meccanismi rappresentano una risorsa istituzionale già esistente per la trasparenza.

Ciò non significa che Sogin diventi automaticamente:

- acquirente di nuovi reattori;
- proprietario della futura flotta di generazione nucleare;
- autorità di rilascio delle licenze per le nuove costruzioni;
- ente regolatore della sicurezza.

Un eventuale ruolo futuro di questo tipo richiederebbe una base giuridica separata.

2.20 La distinzione tra localizzazione del reattore e localizzazione del deposito deve essere mantenuta

Un errore di governance ricorrente è quello di unire l'opposizione al **Deposito Nazionale** all'opposizione ai **nuovi reattori di generazione** .

I due processi implicano differenze:

- basi giuridiche;
- tecnologie;
- pericoli;
- requisiti relativi al terreno;
- strutture economiche;
- effetti della comunità ospite;
- operatori;
- cronologie.

Una Regione può opporsi al National Repository pur non prendendo una posizione formale su un futuro SMR.

Una regione può sostenere la ricerca e lo sviluppo nell'industria nucleare pur opponendosi all'utilizzo di uno specifico ex sito nucleare.

Un comune può rifiutare un sito di smaltimento rifiuti ma in seguito prendere in considerazione la costruzione di un impianto energetico, o viceversa.

Il programma nazionale dovrebbe pertanto mantenere registri separati delle posizioni territoriali per:

- **nuovi reattori di generazione;**
- **impianti del ciclo del combustibile;**
- **deposito temporaneo di combustibile esaurito/rifiuti radioattivi;**
- **Archivio nazionale;**
- **futuro smaltimento geologico;**
- **smantellamento di impianti preesistenti.**

Senza questa separazione, la mappatura politica diventa analiticamente fuorviante.

2.21 Posizioni regionali documentate sul quadro nucleare 2025-2026

La tabella seguente include solo le posizioni supportate da documenti istituzionali identificabili disponibili alla data di riferimento del rapporto.

\	Posizione documentata	Ambito di applicazione	Conseguenze legali
Sardegna	La Regione si è formalmente opposta al disegno di legge attuativo nel luglio 2025 e ha mantenuto la sua posizione negativa anche quando la Conferenza delle Regioni ha adottato una posizione condizionale a maggioranza. Ha contestato in particolare la presunta debolezza delle garanzie in materia di coinvolgimento territoriale e localizzazione degli impianti.	DDL / nuovo quadro nucleare	Opposizione politica e istituzionale; non costituisce di per sé un divieto territoriale giuridicamente vincolante.
Toscana	La Regione ha votato contro la delegazione nucleare alla Conferenza delle Regioni del 30 luglio 2025, citando la mancanza di una programmazione sufficientemente condivisa tra Stato e Regione e le preoccupazioni relative ai criteri di localizzazione/economici.	DDL / nuovo quadro nucleare	Opposizione istituzionale regionale formale; tale votazione non ha comportato un veto automatico.
Umbria	La Regione ha espresso un parere negativo sulla delegazione e ha dichiarato pubblicamente la propria opposizione sia agli impianti di fissione che agli impianti di stoccaggio di rifiuti radioattivi nella regione; il governo regionale ha inoltre annunciato la propria disponibilità a impugnare la legislazione dinanzi alla Corte Costituzionale.	DDL / reattori / repository	Posizione politica e intenzione di ricorrere in giudizio. L'annuncio in sé non costituisce una sentenza della Corte Costituzionale e non stabilisce un divieto regionale di natura legale.
Lombardia	Le misure adottate dal Consiglio regionale sostengono una filiera di fornitura di tecnologie nucleari avanzate, la mappatura delle imprese, la ricerca, la qualificazione industriale, la partecipazione a Euratom e la formazione specializzata.	Politica industriale/di ricerca	Prove del sostegno delle politiche industriali. Non prove del consenso ad ospitare un reattore.
Emilia-Romagna	L'ordinanza regionale adottata il 23 dicembre 2025 impone alla Giunta di raggiungere un accordo con il Governo per escludere un ritorno dell'attività nucleare nell'ex sito di Caorso e di proseguire con il percorso di smantellamento e riqualificazione.	Sito specifico dell'ex reattore	Opposizione istituzionale specifica per il sito. Non equivale a un divieto regionale giuridicamente vincolante di tutte le attività nucleari in Emilia-Romagna.

Queste evidenze dimostrano che un programma nazionale italiano si scontrerà con **diverse tipologie di dinamiche territoriali** , non con una singola divisione Nord-Sud o tra governo e opposizione.

2.22 Sardegna: due rifiuti separati non devono essere confusi

La Sardegna offre l'esempio più chiaro del perché sia necessaria la separazione delle questioni.

Nel **dicembre 2024** , la Regione ha documentato una posizione istituzionale unanime contraria all'ubicazione del Deposito Nazionale sull'isola. Sedici comuni associati alle otto aree individuate hanno partecipato al processo regionale e la Regione ha citato preoccupazioni di natura ambientale, paesaggistica, agricola e di approvvigionamento idrico. **[G]**

Nel **luglio 2025** , la Sardegna si è opposta separatamente alla più ampia delegazione nucleare del governo, criticando la governance e il ruolo territoriale proposti per le Regioni. **[G]**

Si tratta dunque di due posizioni distinte e documentate:

Rifiuto del deposito
e
opposizione al nuovo quadro legislativo sul nucleare.

Lo status speciale della Sardegna aggiunge un'ulteriore dimensione giuridica, poiché l'articolo 4 della delega preserva il quadro di competenza previsto dallo statuto speciale. Tuttavia, anche considerati nel loro insieme, questi fattori non dovrebbero essere riformulati semplicisticamente come un incontestabile "veto sardo" costituzionale su tutte le possibili misure nucleari nazionali.

Qualsiasi futuro progetto in Sardegna richiederebbe un'analisi specifica ai sensi di una legge speciale e della Costituzione.

2.23 Toscana: l'opposizione istituzionale si è concentrata in modo sostanziale sulla governance

La posizione ufficiale della Toscana del luglio 2025 si opponeva alla delegazione e criticava l'assenza, a suo avviso, di una programmazione sufficientemente condivisa e di un processo decisionale strutturato tra Stato e Regione.

La Regione ha specificamente collegato la sua opposizione a:

- partecipazione territoriale;
- metodologia di localizzazione;
- sostenibilità economica;
- il ruolo delle Regioni nelle questioni che coinvolgono competenze concorrenti. **[G]**

Il significato per il programma nazionale è tanto procedurale quanto politico.

Un futuro governo non dovrebbe dedurre che l'adozione di procedure di cooperazione leale più rigorose comporti automaticamente l'accettazione da parte della Toscana di un reattore. Né dovrebbe dedurre che il voto negativo della Toscana nel 2025 conferisca alla Regione un diritto di veto unilaterale per legge.

Dai documenti ufficiali si evince un quadro più ristretto: la Toscana si è formalmente opposta alla delegazione nel 2025, individuando nella governance Stato-Regione uno dei motivi di tale posizione.

2.24 Umbria: rifiuto esplicito e ricorso costituzionale annunciato

La posizione dell'Umbria è stata tra le più esplicite.

Il **29 luglio 2025** , la Regione ha espresso parere negativo e ha dichiarato pubblicamente la propria opposizione sia agli impianti di fissione che ai depositi di scorie radioattive in Umbria. L'assessore regionale all'ambiente e all'energia ha inoltre annunciato la disponibilità della Regione a impugnare la normativa direttamente dinanzi alla Corte costituzionale. **[G]**

Tale dichiarazione relativa al contenzioso deve essere riportata con precisione.

Si trattava di **un'intenzione dichiarata** , non di una controversia costituzionale sottoposta a giudizio.

Alla data di riferimento, ciò dimostra quindi un elevato rischio di contenzioso, ma non si dovrebbe dare per scontato che la Corte costituzionale abbia già accolto un ricorso dell'Umbria o sospeso la normativa.

È proprio questo il tipo di distinzione che il registro dei rischi legali del programma nazionale deve mantenere.

2.25 Emilia-Romagna: Caorso non è automaticamente un sito nucleare riutilizzabile

L'ordinanza dell'Emilia-Romagna del dicembre 2025 è importante per la futura schermatura del sito.

L'Assemblea regionale ha incaricato la Giunta di cercare un accordo con il Governo volto a **escludere il ritorno della produzione di energia nucleare nell'ex sito di Caorso** , di continuare a monitorare lo smantellamento attraverso le Tabelle di trasparenza e di sostenere la riqualificazione alternativa basata sulle energie rinnovabili e sull'idrogeno. **[G]**

L'ordinanza dimostra che l'uso storico di armi nucleari non crea un consenso territoriale attuale.

Caorso possiede caratteristiche che potrebbero renderlo rilevante ai fini di un'analisi tecnica — collegamenti alla rete elettrica preesistenti, infrastrutture industriali e storia nucleare — ma la documentazione istituzionale regionale contiene un'esplicita obiezione specifica relativa al sito.

Il capitolo 3 deve pertanto classificare separatamente **il potenziale di riutilizzo tecnico** e **l'accettabilità territoriale** .

Nessuna ex centrale nucleare dovrebbe essere automaticamente riclassificata come sito prioritario solo perché vi era presente un reattore prima del 1987.

2.26 Lombardia: il sostegno industriale non equivale al sostegno all'insediamento

In Lombardia è possibile che si verifichi l'errore analitico opposto.

Le misure regionali sostengono:

- mappatura delle capacità industriali legate al nucleare;
- Qualifica e certificazione aziendale;
- ricerca nucleare;
- tecnologia avanzata;
- partecipazione ai programmi Euratom ed europei di riduzione delle radiazioni su piccola scala;
- sviluppo di una forza lavoro specializzata. **[G]**

Ciò dimostra un **approccio proattivo da parte dell'industria e della ricerca** nei confronti delle tecnologie nucleari avanzate.

Non stabilisce:

- selezione di un sito per un reattore in Lombardia;
- accordo da parte di un comune per ospitare un reattore;
- approvazione ambientale;
- autorizzazione regionale per uno specifico progetto di nuova costruzione.

Pertanto, la relazione non classificherà la Lombardia come regione ospitante automaticamente consenziente solo perché il suo governo sostiene una filiera industriale nucleare.

2.27 L'opposizione al repository in altre regioni deve rimanere nella categoria del repository

Diverse altre posizioni territoriali appartengono specificamente al processo del Deposito Nazionale.

La Puglia , ad esempio, ha formalmente appoggiato i comuni che si oppongono alle ubicazioni proposte per i depositi, basando tale posizione su analisi tecniche e territoriali regionali. **[G]**

Il Lazio ha assunto posizioni istituzionali contrarie alle proposte di ubicazione dei depositi nazionali nelle aree di Viterbo/Tuscia.

Questi dati dimostrano la difficoltà politica di individuare i siti adatti per la gestione dei rifiuti.

In assenza di prove separate, non dimostrano che ciascuna di queste regioni abbia adottato una posizione identica nei confronti di ogni possibile futura tecnologia di reattore o sito di produzione di energia.

Questa distinzione diventa particolarmente importante perché il Capitolo 3 valuterà i grandi siti industriali e i siti storici al di fuori del processo di gestione del repository CNAI.

2.28 Il rifiuto a livello regionale non può essere analizzato senza il rifiuto a livello comunale

Le posizioni nel governo regionale rappresentano solo uno dei livelli.

Un potenziale sito può incontrare opposizione da parte di:

- il comune ospitante;
- comuni limitrofi;
- province o autorità metropolitane;
- governo regionale;
- assemblea legislativa regionale;
- autorità sanitarie locali;
- autorità di bacino;
- autorità del parco;
- agenzie ambientali regionali;
- autorità preposte alla tutela del patrimonio;
- società civile organizzata;
- proprietari terrieri.

Non tutti questi soggetti possiedono la stessa autorità legale.

Ma insieme possono creare un effetto cumulativo sul calendario anche quando nessuno di loro detiene individualmente un diritto di veto statutario incondizionato.

Un processo di localizzazione serio dovrebbe pertanto mappare il **raggio d'azione funzionale dell'opposizione istituzionale** , e non solo la delibera del consiglio comunale del comune ospitante.

Ad esempio, le infrastrutture per l'acqua di raffreddamento, le linee di trasmissione, i corridoi per il trasporto di carichi eccezionali e i piani di emergenza possono estendersi oltre il comune in cui si trova la centrale nucleare.

Un “comune di volontariato” non può di per sé neutralizzare i legittimi interessi dei territori circostanti.

2.29 Prima di procedere a un collegamento irreversibile tra fornitore e sito, è necessario effettuare una consultazione territoriale.

Una delle strutture di programma più dannose sarebbe:

1. Seleziona un fornitore;
2. annunciare un sito ex nucleare o termico preferito;
3. negoziare il finanziamento;
4. quindi iniziare la consultazione territoriale.

A quel punto, la consultazione verrebbe ragionevolmente percepita come una richiesta di approvazione per un risultato predeterminato.

Il quadro giuridico supporta invece una sequenza in cui:

Requisiti tecnologici nazionali → criteri di preselezione del sito → dialogo territoriale → indagine dettagliata del sito → selezione del progetto → autorizzazione

rimanere sufficientemente distinti da consentire alternative reali.

Ciò non obbliga lo Stato a concedere forza determinante a ogni preferenza locale.

Richiede che la documentazione amministrativa dimostri che la consultazione è avvenuta mentre le alternative erano ancora in grado di influenzare la decisione. **[U]**

Tale principio è importante sia per la cooperazione leale prevista dalla Costituzione, sia per la difendibilità dinanzi ai tribunali amministrativi.

2.30 L'articolo 120 prevede che i poteri sostitutivi costituiscano un meccanismo eccezionale, non una semplice scorciatoia per la localizzazione.

La legge istitutiva richiede espressamente che i futuri decreti definiscano le modalità per i poteri sostitutivi del Governo ai sensi **dell'articolo 120 della Costituzione** . **[L]**

Questa disposizione non deve essere interpretata come la creazione di un meccanismo di routine attraverso il quale l'esecutivo nazionale possa scavalcare qualsiasi disaccordo regionale.

I poteri sostitutivi previsti dall'articolo 120 operano entro i limiti costituzionali e nel rispetto del principio di leale cooperazione.

Per la progettazione di un programma nucleare, è quindi necessario distinguere tre fasi:

1. **negoziazione e procedura cooperativa ordinaria;**
2. **identificazione formale del persistente disaccordo istituzionale;**
3. **Solo laddove sussistano le condizioni previste dalla legge e dalla Costituzione, è possibile ricorrere a un'azione sostitutiva.**

L'utilizzo prematuro di poteri sostitutivi creerebbe proprio quel rischio di contenzioso che l'architettura cooperativa intende ridurre.

Di conseguenza, un programma di lavoro non dovrebbe mai presupporre che un disaccordo regionale possa essere convertito in un intervallo di deroga fisso di 30 o 60 giorni, a meno che i decreti definitivi non stabiliscano legalmente tale meccanismo e questo superi il vaglio di costituzionalità.

2.31 “Veto” è il termine generico sbagliato per indicare il processo di approvazione.

Il sistema di governo contiene diverse tipologie di effetti giuridici.

Strumento	Effetto	Può bloccare/ritardare il progetto?
Rifiuto della sicurezza nucleare	Barriera tecnico-legale vincolante	Sì
Decisione negativa in merito alla valutazione di impatto ambientale (VIA).	A seconda della legge applicabile, può impedire l'autorizzazione allo sviluppo	Sì
***Accordo* Stato-Regione richiesto**	Porta cooperativa giuridicamente rilevante	Potenzialmente, nel rispetto dei meccanismi di risoluzione dei conflitti previsti dalla legge.
Conferenza unificata *sull'attuazione* dei decreti	Requisito obbligatorio del processo legislativo a monte	Sì, come fase cruciale del processo di decreto.
Competenza prevista da statuto speciale	Potrebbe essere necessario un ulteriore supporto legale/amministrativo.	Potenzialmente
Consultazione comunale	Deve influenzare il verbale amministrativo, ma non costituisce un diritto di veto assoluto.	È possibile ritardare/contestare; non si tratta di un veto automatico.
risoluzione politica regionale	Posizione politica/istituzionale	Nessun divieto legale automatico
Mozione del consiglio comunale	Prove politiche/amministrative locali	Non esiste un veto automatico previsto dalla legge nazionale, a meno che una legge specifica non disponga tale effetto.
Sentenza della Corte costituzionale	Può invalidare la legislazione	Sì
Regolamento TAR/Consiglio di Stato	Può annullare o sospendere gli atti amministrativi qualora siano soddisfatte le condizioni di legge.	Sì
Campagna/protesta pubblica	Vincolo politico/sociale	Nessun veto legale diretto, potenziale impatto significativo sull'esecuzione.
negoziazione della retribuzione	Strumento territoriale/economico	Può ritardare l'accordo, ma non può porre rimedio alla non conformità in materia di sicurezza.

Questa matrice è più accurata rispetto alla descrizione dell'Italia come dotata di un sistema nucleare "centralizzato" o di un sistema con "veto locale".

2.32 Il contenzioso amministrativo costituirà un rischio normale del programma, non un evento eccezionale.

Una futura autorizzazione per un reattore italiano produrrebbe una complessa documentazione amministrativa comprendente:

- criteri di localizzazione;
- valutazione ambientale;
- vincoli paesaggistici;
- permessi per l'utilizzo dell'acqua;
- infrastrutture di rete;
- approvvigionamento;
- consultazioni;
- accordi regionali;
- atti comunali;
- determinazioni in materia di sicurezza nucleare;
- pianificazione delle emergenze.

Qualsiasi atto materialmente viziato può costituire la base per un contenzioso amministrativo.

Le possibili rivendicazioni potrebbero riguardare:

- mancanza di competenza;
- omissione procedurale;
- ragionamento inadeguato;
- valutazione ambientale difettosa;
- mancata valutazione delle alternative;
- partecipazione pubblica insufficiente;
- mancato ottenimento di un accordo legalmente richiesto;
- incoerenza con la pianificazione territoriale;
- tutela del paesaggio o del patrimonio culturale;
- trattamento diseguale tra i siti candidati;
- mancata divulgazione o considerazione di prove tecniche pertinenti.

[U]

La risposta appropriata non è eliminare il controllo giurisdizionale, bensì costruire un quadro probatorio sufficientemente solido da impedire che il controllo riveli vizi procedurali evitabili.

2.33 Il contenzioso costituzionale rimane un canale separato e potenzialmente più rilevante

Le regioni possono impugnare la legislazione statale direttamente dinanzi alla Corte costituzionale, nel rispetto del quadro costituzionale applicabile, qualora ritengano che violi le proprie competenze.

Viceversa, lo Stato può contestare la legislazione regionale che invade le competenze statali.

I casi nucleari del 2010-2011 dimostrano entrambi i lati di questa dinamica.

Le controversie costituzionali più plausibili nel nuovo quadro normativo riguardano:

- partecipazione regionale inadeguata;
- eccessivo tentativo regionale di vietare le infrastrutture nazionali;
- uso di poteri sostitutivi;
- competenze previste da statuti speciali;
- ripartizione dei poteri in materia ambientale rispetto a quelli in materia energetica;
- riprogettazione dell'autorità per la sicurezza nucleare;
- Una legge che si presume violi la dottrina costituzionale relativa al referendum.

[L/U]

Il programma dovrebbe pertanto considerare la Corte costituzionale non come una remota eventualità, ma come parte integrante del quadro di riferimento derivante dal precedente tentativo nucleare italiano.

2.34 L'organismo di regolamentazione stesso deve essere protetto dalle pressioni politiche territoriali e centrali.

Un processo di autorizzazione integrato e cooperativo crea il rischio di un'eccessiva negoziazione politica in merito alle valutazioni di sicurezza tecnica.

I futuri decreti dovrebbero esplicitare che nessuno dei due:

- accordo regionale,
- sostegno municipale,
- compensazione economica,
- Approvazione del Gabinetto,
- Approvazione del programma MASE,

può sostituire le valutazioni tecniche di sicurezza richieste dall'autorità di regolamentazione competente.

Ciò è particolarmente importante quando un comune si offre volontariamente o sostiene con forza un progetto. L'accettazione locale non può trasformare un sito sismicamente, idrologicamente o tecnicamente inadatto in un sito nucleare autorizzato.

Analogamente, il rifiuto a livello regionale non può obbligare l'autorità di regolamentazione a classificare come non sicuro un sito tecnicamente idoneo.

Gli ambiti normativo e politico devono convergere nell'autorizzazione finale, pur rimanendo analiticamente indipendenti.

2.35 Le agenzie ambientali regionali acquisiranno importanza operativa anche senza essere enti di regolamentazione nucleare.

La futura autorità nazionale per la sicurezza nucleare non opererà da sola.

Gli enti ambientali regionali svolgono già attività di monitoraggio e tecniche intorno ai siti nucleari dismessi. Le Tabelle di Trasparenza 2025 e 2026 di Sogin mostrano la partecipazione di enti quali **ARPA Piemonte** e **ARPA Campania/ARPAC** , insieme a ISIN e alle autorità regionali. **[G]**

Per le nuove costruzioni, le agenzie regionali possono diventare rilevanti per:

- radioattività ambientale di base;
- monitoraggio delle acque;
- monitoraggio dell'aria e del suolo;
- prove di valutazione ambientale;
- revisione tecnica regionale indipendente;
- monitoraggio di emergenza;
- dati pubblici.

Non vanno confusi con l'organismo nazionale di controllo della sicurezza nucleare, ma escluderli dalla struttura di monitoraggio significherebbe vanificare decenni di capacità istituzionale territoriale.

2.36 La pianificazione delle emergenze aggiunge un ulteriore livello di interdipendenza tra Stato e territorio

La pianificazione delle emergenze nucleari non può essere limitata al perimetro del reattore.

A seconda del progetto definitivo, della fonte di approvvigionamento e dei requisiti di pianificazione delle emergenze, l'implementazione può prevedere:

- Prefetture;
- Protezione civile;
- Regioni;
- comuni;
- sistemi sanitari;
- servizi antincendio;
- agenzie di contrasto;
- reti di monitoraggio ambientale;
- autorità dei trasporti

La struttura di autorizzazione definitiva deve pertanto garantire che le disposizioni di emergenza di un progetto siano fattibili non solo dal punto di vista tecnico, ma anche istituzionale.

Un sito non può essere considerato pronto per l'implementazione se il progetto del reattore è autorizzabile ma il territorio circostante è privo dei seguenti requisiti:

- accesso di emergenza praticabile;
- Modalità di notifica alla popolazione;
- capacità di monitoraggio;
- pianificazione dei servizi sanitari;
- predisporre misure di evacuazione/alloggio ove necessario;
- protocolli di comando istituzionali.

Il capitolo 7 analizzerà questi requisiti fisici e di sicurezza.

2.37 La remunerazione dovrebbe essere sufficientemente trasparente da consentire il controllo della Corte dei conti.

Il futuro sistema di compensazione può di per sé generare rischi di governance.

Se negoziate caso per caso senza criteri trasparenti, diverse aree ospitanti potrebbero ricevere accordi sostanzialmente differenti, senza una base documentata.

Un quadro normativo di livello governativo dovrebbe pertanto specificare almeno:

- raggio geografico ammissibile;
- beneficiari;
- rapporto tra il comune ospitante e i comuni circostanti;
- Misure ambientali contro misure economiche;
- pagamenti una tantum contro pagamenti ricorrenti;
- indicizzazione;
- fonte di finanziamento;
- trattamento durante il periodo di interruzione dei lavori;
- cessazione o continuazione dopo l'arresto;
- relazione con la tassazione immobiliare;
- norme di audit e pubblicazione.

[U]

La legislazione impone già ai proponenti dei progetti l'adozione di misure specifiche. I decreti dovrebbero impedire che queste si trasformino in accordi collaterali poco trasparenti.

La stessa regola dovrebbe applicarsi ai benefici infrastrutturali quali:

- strade;
- ammodernamenti della rete elettrica;
- sistemi idrici;
- centri di formazione;
- strutture di ricerca;
- accordi energetici locali.

Lo sviluppo territoriale può costituire un compenso legittimo. Dovrebbe rimanere soggetto a verifica.

2.38 La campagna informativa richiede una separazione istituzionale dalla consultazione

La legge impone una campagna informativa sulla sicurezza e la sostenibilità dell'energia nucleare.

Ciò crea una sfida di governance perché MASE è contemporaneamente:

- promotore della legislazione;
- futuro ministero del programma nazionale;
- coordinatore del quadro di autorizzazione.

Se la campagna informativa nazionale viene presentata come un'azione persuasiva piuttosto che come informazione pubblica basata sui fatti, le successive consultazioni in loco potrebbero risentirne in termini di credibilità istituzionale.

Il sistema dovrebbe pertanto distinguere almeno tre funzioni di comunicazione:

Funzione	Scopo
Informazioni pubbliche nazionali	Spiegare le tecnologie, la legislazione, i rischi, i rifiuti e la struttura del programma.
Comunicazione regolamentare	Spiegare in modo autonomo i risultati delle verifiche di sicurezza, le ispezioni e le decisioni tecniche.
Consulenza in loco	Raccogliere e rispondere alle prove territoriali e alle obiezioni prima di prendere decisioni

[U]

L'autorità di regolamentazione dovrebbe comunicare in modo indipendente in materia di sicurezza.

Il proponente del progetto deve identificare in modo trasparente i propri interessi commerciali.

MASE dovrebbe chiarire quando sta illustrando le politiche governative anziché pubblicare risultati indipendenti in materia di sicurezza.

Questa distinzione assume particolare importanza alla luce della storia referendaria italiana.

2.39 Prima di iniziare una seria ricerca di siti, è necessario un database territoriale nazionale.

Lo Stato non dovrebbe basarsi su manifestazioni di interesse politico estemporanee come principale filtro geografico.

Il programma futuro richiede un'unica base di dati nazionale che includa:

- rischio sismico;
- guasti attivi;
- rischio idrogeologico;
- rischio di alluvioni;
- esposizione allo tsunami;
- disponibilità di acqua di raffreddamento;
- futuri stress climatici/idrici;
- aree protette;
- Vincoli della rete Natura 2000;
- Vincoli paesaggistici imposti dall'UNESCO;
- zone a valore agricolo;
- densità di popolazione;
- condizioni di accesso di emergenza;
- Nodi della rete a 380/220 kV;
- trasporto di carichi pesanti;
- porte;
- aree industriali dismesse;
- ex siti di produzione di energia;
- siti nucleari esistenti;
- vincoli militari/di sicurezza;
- incarichi istituzionali a livello regionale e comunale.

[U]

Solo dopo questa verifica tecnica la disponibilità politica dovrebbe diventare un fattore di differenziazione del sito.

Altrimenti, l'interesse volontario potrebbe creare pressioni per indagare su luoghi che avrebbero già dovuto essere esclusi per motivi fisici.

2.40 Il rifiuto territoriale dovrebbe quindi essere classificato in base alla sua forza giuridica

Ai fini della gestione dei programmi, un futuro "pannello di controllo delle posizioni regionali" non dovrebbe utilizzare esclusivamente i colori verde/rosso.

Come minimo, ogni posizione deve essere codificata come:

Codice	Senso
P1	dichiarazione politica pubblica
P2	Mozione del consiglio comunale o regionale
P3	Posizione amministrativa formale Giunta/regionale
P4	Posizione adottata nella procedura istituzionale Stato-Regione
L1	Ricorso amministrativo presentato
L2	Ricorso diretto alla Corte Costituzionale
L3	Sospensione giudiziaria provvisoria
L4	Sentenza definitiva che incide sul programma
C1	*Informazioni* richieste non divulgate
C2	conflitto di competenza previsto da statuti speciali
T1	Obiezione tecnica ambientale/di sicurezza
T2	Criteri di esclusione tecnica dal sito

[U]

Ciò impedisce che un comunicato stampa venga equiparato a una sentenza definitiva e, viceversa, impedisce che un'obiezione giuridica tecnicamente rilevante venga liquidata come generica opposizione politica.

2.41 Architettura di governance necessaria prima che il primo sito possa diventare "preferito"

Il programma nazionale non dovrebbe conferire lo status di sito preferenziale fino al completamento dei seguenti lavori istituzionali.

Requisito	Situazione al 26 settembre 2026	Richiesto prima della decisione sulla sede preferita
Decreti attuativi	Non adottato	**SÌ**
***l'intenzione* della Regione/Conferenza Unificata**	Non definitivo	**SÌ**
Architettura dell'autorità per la sicurezza nucleare	Non definitivo	**SÌ**
Criteri del sito nazionale	Non definitivo	**SÌ**
Procedura di consultazione comunale	Principio promulgato; mancano i dettagli.	**SÌ**
Procedura di consultazione della popolazione	Principio promulgato; mancano i dettagli.	**SÌ**
Metodologia di compensazione	Principio attuato; formula mancante	Preferibilmente sì
Matrice di competenze previste dalla legge speciale	Non a livello di programma	**Sì, ove pertinente.**
Interfaccia procedurale VIA/SEA	Legge vigente + integrazione futura necessaria	**SÌ**
interfaccia di pianificazione delle emergenze	Istituzioni esistenti; sono necessarie norme per le nuove costruzioni	**SÌ**
Protocollo di gestione del contenzioso	Nessun quadro programmatico dedicato	Consigliabile
Registro trasparente delle posizioni territoriali	Non stabilito	Consigliabile

Fino a quando questi elementi non saranno presenti, individuare un “sito italiano preferenziale per un SMR” sarebbe politicamente possibile ma istituzionalmente prematuro.

2.42 Responsabilità minime nel futuro sistema di autorizzazione

Un'architettura finale credibile dovrebbe assegnare le responsabilità approssimativamente come segue, fatte salve le disposizioni dei decreti attuativi.

Attore	Responsabilità principale	Non deve essere confuso con
Consiglio dei Ministri / Governo	Politica nazionale, legislazione delegata, decisioni strategiche e azioni sostitutive legittime	ente regolatore dell'ingegneria nucleare
MASE	Programma nucleare nazionale, coordinamento delle politiche, architettura integrata di autorizzazione	Autorità indipendente per la sicurezza
ISIN / autorità successore	Sicurezza nucleare, radioprotezione, ispezione e controllo tecnico	Promotore di politiche energetiche
MEF	Esposizione fiscale, garanzie, finanziamenti pubblici e passività potenziali	Regolatore nucleare
MIMIT	Politica industriale e sviluppo della catena di approvvigionamento	Autorità per la sicurezza del sito
Ministero della Salute	Responsabilità pertinenti in materia di salute e radioprotezione	Proprietario del reattore
Protezione Civile / Prefetture	Preparazione e risposta alle emergenze	Autorità di progettazione nucleare
Regioni	Competenze territoriali, pianificazione e processo decisionale cooperativo costituzionalmente garantiti.	Legislatore nazionale unilaterale in materia di energia
Comuni	Consultazione locale, dati territoriali e rappresentanza della comunità ospitante.	Autorità di sicurezza automatica
ARERA	Ruoli preesistenti nella regolamentazione dei costi del nucleare e nei futuri mercati energetici, se assegnati.	Autorità di regolamentazione della sicurezza nucleare
Sogin	Dismissione degli impianti preesistenti e archivio nazionale nell'ambito del quadro normativo vigente	Utilità automatica di generazione futura
Operatore di progetto	Applicazione, finanziamento, costruzione, gestione, smantellamento e responsabilità relative al ciclo di vita	Autorità di controllo pubblica
autorità ambientali	Valutazione di impatto ambientale/strategia ambientale e condizioni ambientali	Sponsor commerciale del progetto

[L/G/U]

2.43 Conflitti istituzionali critici da prevenire

MASE contro l'ente regolatore della sicurezza

Il ministero può coordinare l'autorizzazione; non deve tuttavia assumersi la responsabilità di giudizi indipendenti in materia di sicurezza.

Stato contro Regione

La competenza strategica nazionale non può trasformarsi in esclusione territoriale da una partecipazione significativa.

La partecipazione regionale non può tradursi in un'annullamento legislativo unilaterale del diritto nazionale.

Regione contro municipalità

Non si deve presumere che un governo regionale parli automaticamente a nome del comune ospitante, né viceversa.

Operatore contro comunità

Lo sviluppatore può finanziare gli indennizzi, ma non dovrebbe controllare il meccanismo di consultazione pubblica.

Sogin contro l'operatore futuro

Le responsabilità relative alla gestione dei rifiuti preesistenti non dovrebbero essere trasferite silenziosamente a un futuro gestore della generazione di energia, né le responsabilità relative ai nuovi edifici dovrebbero essere automaticamente trasferite a Sogin, senza un'esplicita legislazione e i relativi finanziamenti.

ARERA contro MEF

La valutazione dell'efficienza economica dei costi preesistenti dovrebbe rimanere distinta dalle decisioni statali in merito alla garanzia o alla sovvenzione del finanziamento di nuove costruzioni.

Informazione contro difesa

Le informazioni pubbliche richieste dalla legge dovrebbero individuare le incertezze e gli obblighi relativi al ciclo di vita, anziché fungere da sostituto per la consultazione in loco.

2.44 Esposizione al contenzioso per fase del programma

Palcoscenico	Principale esposizione al contenzioso
Decreti attuativi	Competenza tra Stati e regioni; accordo insufficiente della Conferenza unificata; limiti alla delega; argomentazioni relative al referendum.
Programma nazionale	Applicabilità del SEA/VAS; partecipazione procedurale; analisi inadeguata delle alternative
Regole di schermata del sito	Criteri discriminatori/incoerenti; controversie di competenza; omissioni ambientali
Designazione del sito candidato	Accordo regionale; consultazione comunale; competenza statutaria speciale; criteri tecnici
Progetto di valutazione dell'impatto ambientale	Alternative, biodiversità, acqua, impatti cumulativi, partecipazione pubblica
Sicurezza nucleare	Legalità procedurale; indipendenza dell'autorità di regolamentazione; adeguatezza del processo tecnico
Autorizzazione integrata	Mancanza di opinioni/intenti; competenza; sequenziamento procedurale
Pacchetto retributivo	Uguaglianza, finanza pubblica, trasparenza, implicazioni degli aiuti di Stato, ove pertinenti.
potere sostitutivo	Condizioni dell'articolo 120; sussidiarietà; cooperazione leale
Costruzione	Conformità alle condizioni di autorizzazione; modifiche agli appalti e al progetto

[U]

In un sistema amministrativo democratico, il contenzioso non può essere eliminato per impostazione predefinita. I vizi procedurali, invece, sì.

2.45 Il programma non dovrebbe tentare di “risolvere” l’opposizione indebolendo la procedura territoriale

La storia del tentativo del 2009-2011 offre un'importante lezione a livello istituzionale.

Il principale vantaggio giuridico di solidi meccanismi di consultazione e di cooperazione leale non è che garantiscano il consenso territoriale. Non lo garantiscono.

Il loro vantaggio è che creano un registro delle decisioni in grado di mostrare:

- che è stato ascoltato;
- Quale obiezione tecnica è stata sollevata?
- se fosse comprovato;
- come sono state confrontate le alternative;
- perché è stata presa la decisione finale;
- Quali misure di mitigazione o risarcimento sono state offerte?
- di cui l'autorità pubblica si è assunta la responsabilità.

Un sistema proceduralmente più rigoroso potrebbe comunque approvare un progetto osteggiato da un territorio laddove la legislazione nazionale consenta tale esito.

Ma lo fa partendo da basi costituzionali e amministrative più difendibili.

2.46 Matrice decisionale: cosa può e cosa non può fare una Regione

Interventi per regione	Valutazione legale
Opporsi politicamente alla politica nucleare nazionale	Consentito
Adottare una risoluzione del consiglio comunale/Giunta contraria a un sito	Atto politico/istituzionale consentito
Presentare obiezioni tecniche nell'ambito della procedura ambientale	Ammissibile e potenzialmente rilevante
Sospendere una *dichiarazione* laddove lo statuto lo richieda	Rilevanza giuridica; le conseguenze dipendono dalle future norme di risoluzione dei conflitti.
Contestare la legislazione statale dinanzi alla Corte Costituzionale	Disponibile laddove siano soddisfatti i requisiti costituzionali.
Contestare l'autorizzazione amministrativa attraverso vie giudiziarie legali.	Disponibilità soggetta a verifica dei requisiti e alle procedure previste.
Utilizzare la legislazione regionale per rendere la legislazione nucleare nazionale categoricamente inapplicabile in tutta la Regione	Costituzionalmente vulnerabile ai sensi della sentenza n. 331/2010
I requisiti di sicurezza nucleare vengono derogati perché la Regione sostiene il progetto.	NO
Dichiarare sicuro un sito non sicuro	NO
Impedire allo Stato di esercitare ogni competenza costituzionalmente assegnata semplicemente attraverso un rifiuto politico.	Nessuna alimentazione automatica impostata

[L]

2.47 Matrice decisionale: cosa può e cosa non può fare un comune ai sensi della legge istitutiva vigente

Azione/stato a livello comunale	Posizione al punto di taglio
È necessario consultarli laddove siano state individuate *a priori* aree idonee.	Sì, principio attuato
La popolazione direttamente interessata deve ricevere informazioni/consultazioni	SÌ
Potrebbe ricevere benefici territoriali/economici nell'ambito del futuro quadro normativo	Potenzialmente sì
Possiede un percorso esplicito di autocandidatura previsto dalla legge per gli impianti di smaltimento dei rifiuti.	Il futuro quadro normativo sui rifiuti deve consentire la possibilità
Possiede un esplicito diritto di autocandidatura statutario equivalente per ogni reattore	Non stabilito nel testo di autorizzazione definitivo
Possiede il diritto di veto assoluto sul reattore.	Non stabilito
Può fornire prove tecniche/di pianificazione	SÌ
È possibile avviare un contenzioso laddove siano soddisfatti i requisiti di legge.	Sì, a seconda dell'atto e della posizione
Può sostituire l'autorità per la sicurezza nucleare	NO

[L]

2.48 Priorità di attuazione del governo per i primi dodici mesi

Per ridurre al minimo i fallimenti istituzionali, la fase di attuazione dovrebbe garantire, come minimo:

1. Un protocollo di competenza Stato-Regione. Dovrebbe individuare ogni fase di autorizzazione in cui è richiesto *l'impegno* , il parere, la partecipazione o la consultazione a livello regionale.

2. Un allegato a statuto speciale. Occorre predisporre un trattamento separato per le Regioni a statuto speciale e le Province autonome.

3. Un piano di continuità normativa. Qualora l'ISIN venga sostituito o trasformato, non si dovrebbero verificare interruzioni nell'autorità di sicurezza, nel personale o nella rappresentanza internazionale.

4. Un codice di consultazione comunale. La procedura dovrebbe specificare tempistiche, prove richieste, obblighi di risposta e pubblicazione.

5. Un quadro di riferimento per il risarcimento. Dovrebbe definire i requisiti di ammissibilità, il soggetto pagatore, la formula, la durata, i comuni limitrofi e le modalità di verifica.

6. Un registro delle posizioni in loco. Risoluzioni politiche, obiezioni tecniche, controversie legali e *intenzioni formali* devono essere registrate separatamente.

7. Un protocollo per la gestione delle controversie. Qualsiasi considerazione relativa a poteri sostitutivi dovrebbe essere preceduta da una negoziazione ordinaria.

8. Una barriera di trasparenza per le informazioni pubbliche. La comunicazione delle politiche governative, la comunicazione indipendente in materia di sicurezza e la consultazione sui progetti devono rimanere istituzionalmente distinguibili.

9. Un protocollo di trasparenza. L'esperienza esistente con la Tabella di trasparenza di Sogin dovrebbe essere valutata per un eventuale adattamento ai nuovi cantieri, senza considerare Sogin come il futuro ente regolatore o gestore dei nuovi cantieri.

10. Un fascicolo di preparazione al contenzioso per ogni sito candidato. La competenza costituzionale, la procedura ambientale, l'uso del suolo, il patrimonio

culturale, l'acqua, la rete elettrica e la documentazione relativa alle consultazioni devono essere raccolte prima che venga annunciata la preferenza per il sito.

[U]

2.49 Valutazione complessiva

Il programma nucleare italiano opererà all'interno di un sistema di **autorità condivisa ma non uguale** .

Lo Stato detiene la posizione giuridica più forte in materia di strategia energetica nazionale, quadro normativo sulla sicurezza nucleare e regolamentazione dei rifiuti radioattivi. La giurisprudenza costituzionale non consente alle singole Regioni di neutralizzare la legislazione nucleare nazionale semplicemente dichiarando i propri territori indisponibili.

Ma la forza dello Stato non equivale alla libertà procedurale.

La Corte costituzionale ha ripetutamente richiesto una cooperazione leale laddove l'azione nazionale centralizzata si interseca con le competenze regionali in materia di energia e territorio. La legislazione attuativa del 2026 ha interiorizzato tale requisito in modo più esplicito rispetto al quadro precedente: i decreti attuativi richiedono l' *approvazione* della Conferenza unificata, la legislazione futura deve individuare le fasi del progetto che richiedono l'accordo della Regione interessata o della Conferenza, e i poteri sostitutivi dell'articolo 120 devono essere a loro volta regolamentati nell'ambito del quadro costituzionale. **[L]**

I comuni acquisiscono per legge il diritto di consultazione laddove le aree siano identificate *ex ante* , mentre le popolazioni direttamente interessate devono ricevere informazioni e consultazione. È espressamente previsto un eventuale risarcimento ambientale, territoriale ed economico, che deve essere finanziato dai promotori del progetto. **[L]**

La legge definitiva, tuttavia, non prevede che ogni reattore dipenda da un'esplicita autocandidatura comunale. La disposizione sull'esplicita autocandidatura si applica agli impianti di stoccaggio/smaltimento di rifiuti e combustibile esaurito. Il preciso sistema di localizzazione dei reattori sarà stabilito dai decreti. **[L]**

A livello istituzionale, MASE coordinerà il programma nazionale e l'architettura di autorizzazione, ma l'indipendenza in materia di sicurezza nucleare deve rimanere strutturalmente separata. ISIN rimane l'attuale ente regolatore, a meno che e fino a quando una nuova legislazione non modifichi tale posizione. ARERA continua a esaminare i costi pregressi del nucleare, e Sogin continua a gestire lo smantellamento e il programma del Deposito Nazionale. Un sistema credibile per le nuove costruzioni deve preservare questi confini funzionali, anziché creare un "sportello unico" nominale che confonda la promozione delle politiche, la regolamentazione della sicurezza, la valutazione ambientale e la titolarità del progetto.

Il panorama politico è già eterogeneo. Sardegna, Toscana e Umbria si sono formalmente opposte alla delegazione durante il processo istituzionale territoriale. L'Emilia-Romagna si è specificamente opposta al riutilizzo di Caorso per la produzione di energia nucleare rinnovata. La Lombardia ha adottato politiche a sostegno della filiera industriale del nucleare avanzato senza tuttavia acconsentire ad alcun sito specifico. L'opposizione ai depositi di scorie in Sardegna, Lazio, Puglia e altri territori appartiene a un processo giuridico distinto e non dovrebbe essere trasformata in rivendicazioni infondate sull'ubicazione dei reattori. **[G]**

La conclusione principale non è quindi che le Regioni abbiano diritto di veto, né che lo Stato possa scavalcarle a piacimento.

La **legittimità territoriale è entrata a far parte del percorso critico giuridico** .

Per il primo FOAK italiano, la scelta del sito tecnico, la cooperazione costituzionale e l'accettazione da parte del pubblico non possono essere trattate come problemi sequenziali in cui l'ingegneria viene prima e la politica viene gestita in seguito. Devono procedere di pari passo.

Un sito può essere tecnicamente eccellente ma istituzionalmente inutilizzabile.

Un comune può essere politicamente disposto, ma tecnicamente inadatto.

Una Regione può opporsi a un progetto, ma non dispone di un potere di veto legale assoluto.

Lo Stato può possedere la massima competenza strategica, eppure perdere anni a causa di consultazioni difettose o di una progettazione procedurale incostituzionale.

L'obiettivo dei decreti attuativi deve quindi essere quello di creare un sistema in cui tali distinzioni vengano risolte **prima** , e non dopo, che un progetto multimiliardario venga impegnato politicamente e finanziariamente.

CAPITOLO 2 — REGISTRO DELLA SORGENTE DI CARICO

[L] Legislazione primaria e verbale parlamentare

L1 — Senato della Repubblica, DDL n. 1924, Articolo 1. *Approvazione* obbligatoria nella Conferenza Unificata prima dell'adozione dei decreti legislativi delegati. Senato — DDL 1924, Articolo 1 e procedura di delega

L2 — Senato della Repubblica, DDL n. 1924, Articolo 3. Leale cooperazione; circostanze che richiedono l'accordo delle Regioni interessate o della Conferenza Unificata; poteri sostitutivi dell'articolo 120; informazione e consultazione. Senato — DDL 1924, Articolo 3

L3 — Senato della Repubblica, verbale finale dell'Assemblea, 23 settembre 2026. Disposizioni definitive dell'articolo 3 riguardanti la partecipazione territoriale, il risarcimento, la consultazione, la trasparenza in materia di sicurezza e gli accordi intergovernativi.
Senato — seduta finale sul DDL 1924, 23 settembre 2026

L4 — Senato della Repubblica, testo definitivo relativo all'articolo 3(aa)–(cc). Meccanismi di accordo, articolo 120, campagna di informazione nazionale e consultazione delle popolazioni interessate. Senato — testo finale, disposizioni sulla cooperazione leale e sulla consultazione

L5 — DDL n. 1924, disposizione relativa all'ubicazione dei rifiuti. Possibilità esplicita di *autocandidatura* per impianti di stoccaggio temporaneo e smaltimento finale di rifiuti radioattivi e combustibile esaurito. Senato — disposizione sull'autocandidatura per rifiuti e combustibile esaurito

L6 — Servizio di ricerca della Camera dei Deputati, Dossier 545/1, 25 maggio 2026. Clausola di salvaguardia dell'articolo 4 per le Regioni a statuto speciale e le Province Autonome di Trento e Bolzano. Camera dei Deputati — Dossier sulla delega nucleare DDL e clausola di salvaguardia dell'articolo 4

[L] Giurisprudenza della Corte Costituzionale

L7 — Corte Costituzionale, Sentenza n. 331/2010. La legislazione regionale non può rendere unilateralmente inapplicabile la politica nucleare statale; distingue la competenza ambientale da quella energetica degli Stati, richiedendo al contempo adeguate procedure di cooperazione. Corte Costituzionale — Sentenza n. 331/2010

L8 — Corte Costituzionale, Sentenza n. 278/2010. Funzioni nucleari su scala nazionale, sussidiarietà e obbligo di leale cooperazione con le autorità territoriali. Corte Costituzionale — Sentenza n. 278/2010

L9 — Corte Costituzionale, Sentenza n. 33/2011. La Regione interessata deve avere una partecipazione costituzionalmente adeguata al processo di autorizzazione nucleare; limiti della procedura puramente centralizzata.
Corte Costituzionale — Sentenza n. 33/2011

[G] Architettura istituzionale esistente

G1 — ISIN, profilo istituzionale. Ispettorato nazionale esistente per la sicurezza nucleare e la radioprotezione e partecipazione alle strutture ENSREG, WENRA ed Euratom.
ISIN — responsabilità e struttura istituzionali

G2 — ARERA, Deliberazione 261/2025/R/eel, 18 giugno 2025. Regolamentazione economica dei costi nucleari pregressi; responsabilità di Sogin; trasferimento degli oneri nucleari dagli utenti di energia elettrica al bilancio statale a partire dal 2023, mantenendo i poteri di riconoscimento dei costi di ARERA.
ARERA — Deliberazione 261/2025/R/eel

G3 — Sogin, responsabilità istituzionali. Smantellamento, gestione dei rifiuti preesistenti e programma del Deposito Nazionale.
Sogin — profilo istituzionale

G4 — Sogin, Tavola della Trasparenza Piemonte, 20 aprile 2026. Esempio di architettura regionale per la trasparenza che coinvolge siti storici e istituzioni territoriali.
Sogin — Tavola della Trasparenza Piemonte 2026

G5 — Sogin, Tavola di trasparenza Emilia-Romagna, 17 aprile 2026. Partecipazione regionale, comunale, ISIN e delle parti interessate intorno a Caorso; compensazione territoriale associata al programma di eredità.
Sogin — Tavola di trasparenza Emilia-Romagna/Caorso 2026

G6 — Sogin, Tavola della Trasparenza Campania, 16 luglio 2026. Esempio di partecipazione istituzionale intorno a Garigliano che coinvolge Regione, comuni, Prefettura, ISIN, agenzie ambientali e altri enti.
Sogin — Tavola della Trasparenza Campania/Garigliano 2026

[G] Posizioni territoriali documentate

G7 — Regione Autonoma della Sardegna, 30 luglio 2025. Posizione formale negativa sulla delegazione nucleare del governo; si registra che Sardegna, Toscana e Umbria hanno mantenuto l'opposizione quando la Conferenza delle Regioni è passata a una posizione condizionale a maggioranza.
Sardegna — posizione ufficiale sulla delegazione nucleare

G8 — Regione Toscana, 30 luglio 2025. Verbale ufficiale del voto negativo della Toscana sulla delegazione nucleare e sulle sue preoccupazioni in materia di governance Stato-

Regione.
Toscana — posizione ufficiale sulla delegazione nucleare

G9 — Regione Umbria, 29 luglio 2025. Parere negativo sulla delegazione, dichiarata opposizione agli impianti/depositi di fissione e annunciata intenzione di valutare un ricorso costituzionale.
Umbria — posizione ufficiale sulla delegazione nucleare

G10 — Consiglio regionale Lombardia. Misure a sostegno della mappatura della filiera nucleare avanzata, della qualificazione industriale, della ricerca, della formazione e dei programmi nucleari europei; non designa di per sé un sito per un reattore.
Lombardia — legge sulla filiera industriale nucleare avanzata

G11 — Bollettino Ufficiale Emilia-Romagna, Ordinanza adottata il 23 dicembre 2025. Dispone che il governo regionale cerchi l'esclusione della ripresa della produzione nucleare presso l'ex sito di Caorso e prosegua con il percorso alternativo di riqualificazione/smantellamento.
Emilia-Romagna — delibera ufficiale Caorso

G12 — Regione Autonoma della Sardegna, 13 dicembre 2024. Opposizione regionale separata all'ubicazione del Deposito Nazionale in Sardegna; registra il coinvolgimento di sedici comuni e otto aree identificate.
Sardegna — posizione ufficiale sul Deposito Nazionale

G13 — Regione Puglia. Opposizione regionale e comunale alle possibili sedi per i depositi nazionali; rilevante specificamente per le politiche relative ai depositi, piuttosto che automaticamente per la futura localizzazione dei reattori.
Puglia — posizione ufficiale sui depositi nazionali

FINE DEL CAPITOLO 2

CAPITOLO 3 — SCHERMO DI PROTEZIONE: DOVE POTREBBE ESSERE INSTALLATO, FISICAMENTE E LEGALMENTE, IL PRIMO SMR ITALIANO

3.1 Risultati esecutivi

26 settembre 2026 , l'Italia non disponeva di un sito ufficialmente selezionato per un nuovo reattore nucleare. Né la legge attuativa del settembre 2026 converte automaticamente le ex centrali nucleari, gli impianti del ciclo del combustibile o le grandi aree dismesse di centrali termoelettriche in siti idonei per la costruzione di nuovi reattori. La corretta procedura a livello statale consiste pertanto in **un'indagine nazionale sui siti, seguita da una valutazione progressivamente più dettagliata** , e non nella nomina politica di un comune seguita da una giustificazione ingegneristica retrospettiva.

Il brief di commissione richiede correttamente che lo schermo combini sicurezza nucleare, sismicità, idrogeologia, inondazioni, esposizione a tsunami/coste, affidabilità dell'acqua di raffreddamento, stress climatico, connessione alla rete, trasporto di componenti di grandi dimensioni, pianificazione della popolazione e delle emergenze, paesaggi protetti, valore agricolo, infrastrutture industriali esistenti, ex siti nucleari e grandi brownfield termici. Proibisce inoltre espressamente una falsa precisione geografica o il trattamento di un sito nucleare preesistente come automaticamente riutilizzabile. Testo combinato

Questo capitolo si basa pertanto su **dati preliminari, non su conclusioni relative alle autorizzazioni** . Una località viene inclusa nel confronto perché esistono prove sufficienti a giustificarne l'esame dei vantaggi e dei limiti. Nessuna viene definita "approvata", "sicura", "idonea" o "preferita". Tali conclusioni potranno essere raggiunte solo dopo la definizione dei futuri criteri di localizzazione previsti dalla legge e dopo indagini nucleari specifiche per ciascun sito.

La scoperta più rilevante a livello nazionale è che le aree industriali dismesse italiane, apparentemente attraenti, si dividono in classi ingegneristiche molto diverse.

Montalto di Castro unisce una straordinaria eredità di costruzioni nucleari, infrastrutture ad alta tensione esistenti e importanti investimenti futuri nella rete, ma il sito è al contempo un asset energetico operativo/in fase di riqualificazione sulla costa e richiede una nuova valutazione, conforme agli standard nucleari, delle condizioni costiere, idrologiche, ecologiche e di utilizzo del suolo. Il progetto nucleare originale era completo per oltre il 70% quando i lavori furono interrotti in seguito al cambio di politica del 1987. Enel Corporate

Trino conserva un'autentica storia di reattore nucleare e una straordinaria documentazione sulla trasmissione attraverso il corridoio Trino-Lacchiarella a 380 kV. La sua storia passata, che comprende reattore, sistema di raffreddamento e prelievo di acqua dal Po, fornisce utili conoscenze ingegneristiche, ma ciò non equivale a una qualificazione del sito attuale. Le severe condizioni idriche del bacino del Po previste per il 2026 implicano che la futura disponibilità di acqua di raffreddamento e le combinazioni di inondazioni/siccità debbano essere considerate questioni di base per la progettazione, piuttosto che essere dedotte dal funzionamento storico. Sogin

Latina/Borgo Sabotino comprende un ex sito di reattore nucleare, una rete elettrica a 380 kV attualmente in funzione e il principale convertitore HVDC di SA.PE.I. che collega Lazio e Sardegna. Essendo situato in zona costiera, richiede pertanto un'analisi esplicita di tsunami, inondazioni costiere, evoluzione del litorale e dissipazione del calore dell'acqua di mare, secondo gli standard moderni. Sogin

Caorso dimostra perché la memoria infrastrutturale sia insufficiente. Il sito conserva la storia nucleare, le infrastrutture per il raffreddamento del Po e un nodo di rete a 380 kV, eppure il registro istituzionale regionale afferma che l'ex centrale si trova sulla riva destra del Po **all'interno di un'area soggetta ad allagamenti** , e il parlamento emiliano-romagnolo ha formalmente richiesto l'esclusione di una nuova produzione di energia nucleare nel sito. BURERT

Garigliano ha una storia autentica legata ai reattori nucleari, ma presenta un problema di rischio esterno sostanzialmente diverso: un ambiente fluviale/costiere, obblighi di smantellamento in corso e un comune classificato in zona sismica 2 secondo il materiale regionale citato. Le moderne procedure di autorizzazione richiederebbero una valutazione probabilistica del rischio sismico specifica per il sito, anziché basarsi sulla vecchia classificazione comunale. Sogin

I principali **grandi siti industriali dismessi dal carbone** — Torrevaldaliga Nord a Civitavecchia e Federico II/Cerano a Brindisi — presentano importanti vantaggi in termini di energia elettrica e logistica, ma non hanno una storia di produzione nucleare commerciale. Entrambi dispongono di infrastrutture di trasmissione a 380 kV, entrambi sono oggetto di processi di reindustrializzazione attivi guidati dal governo ed entrambi competono con altri usi proposti per le centrali a carbone. Civitavecchia beneficia inoltre di un importante porto commerciale; Brindisi di un porto industriale di notevoli dimensioni .

Fiume Santo , nella Sardegna nord-occidentale, combina un sito industriale per la produzione di energia, un'infrastruttura a 380 kV e una logistica marittima dedicata, ma il governo sardo sta perseguendo la riconversione del sito da carbone a gas e ha registrato separatamente l'opposizione istituzionale al quadro legislativo nucleare

nazionale. La sua particolare configurazione normativa crea inoltre un ulteriore livello di governance.

Porto Tolle illustra un'altra forma di rischio di incompatibilità. L'ex centrale termica si trova nel sistema territoriale del Delta del Po, dove il Parco Naturale Regionale e la Riserva della Biosfera UNESCO tutelano un paesaggio di zone umide, costiero e agricolo di grande valore; Enel ha inoltre promosso separatamente una riqualificazione a fini turistici dell'area dell'ex centrale. Tale combinazione crea un contesto di utilizzo del suolo sostanzialmente diverso da quello di un'area industriale dismessa convenzionale. UNESCO

Lo screening nazionale, pertanto, **non** produce un unico "sito italiano migliore per i reattori SMR" che possa essere difeso in modo univoco. Produce invece un insieme gestibile di famiglie di siti che richiedono diverse indagini di Fase II.

3.2 Insieme di riferimenti geografici

La mappa interattiva sottostante identifica le principali ubicazioni valutate in questo capitolo. I segnaposto indicano **posizioni di riferimento, non le coordinate proposte per i reattori** .



3.3 La corretta dottrina sull'ubicazione degli impianti nucleari

La norma SSR-1 dell'AIEA **, "Valutazione del sito per gli impianti nucleari"** , richiede che la scelta del sito per gli impianti nucleari identifichi e valuti i rischi esterni naturali e antropici, le caratteristiche della popolazione e del territorio/delle acque, la fattibilità della pianificazione delle emergenze e i parametri specifici del sito necessari per la progettazione. Inondazioni, movimenti sismici del terreno, spostamenti di faglia, condizioni idrologiche e combinazioni di rischi devono essere valutati per tutta la durata di vita dell'impianto. Nucleo

Le linee guida dell'AIEA per la selezione del sito richiedono anche la considerazione della distribuzione della popolazione, delle condizioni geologiche, delle faglie attive, delle scosse sismiche, delle acque sotterranee, dell'erosione costiera, dei cambiamenti dei rischi dovuti al clima e dell'uso del suolo e delle acque. Nucleo

Ciò ha conseguenze immediate per l'Italia.

Uno studio preliminare può individuare le aree che meritano un'indagine approfondita.

Non **può certificare un sito** .

Ai fini nucleari, le mappe nazionali di rischio sono strumenti di screening. Un dossier di autorizzazione richiederebbe campagne sul campo specifiche per il sito e analisi quantitative del rischio.

Valutazione dello schermo nazionale rispetto al sito nucleare

Livello	prove adeguate	Cosa può stabilire
indagine sui siti nazionali	INGV, ISPRA, Terna, mappe delle aree protette, popolazione, geografia industriale/portuale	Eliminare le aree chiaramente problematiche e identificare le famiglie candidate
Schermo regionale	Piani di bacino, dati sismici/idrogeologici regionali, pianificazione dell'uso del territorio, aree protette	Perfezionare le zone candidate
Caratterizzazione del sito	Pozzi di perforazione, geofisica, monitoraggio delle acque sotterranee, meteorologia, batimetria, idrologia, studi sui trasporti	Genera parametri specifici del sito
Valutazione della sicurezza nucleare	PSHA, analisi dei guasti capaci, allagamenti esterni, tsunami, dissipatore di calore ultimo, pericoli indotti dall'uomo	Determinare se il progetto proposto può essere collocato in sicurezza
Licenze	Caso di sicurezza/ambientale esaminato dall'ente regolatore	Autorizzazione legale per le fasi del progetto

Nessun sito menzionato in questo capitolo ha superato le prime fasi di tale sequenza per la costruzione di un **nuovo** reattore nucleare italiano.

3.4 Dimensioni dello schermo

Il confronto a livello nazionale si basa su dodici dimensioni principali.

Dimensione	Domanda centrale
rischio sismico	A quali fenomeni di movimento del terreno, spostamento delle faglie, liquefazione e rischi secondari indotti dai terremoti deve resistere l'impianto?
Idrogeologia	Le acque sotterranee, i cedimenti del terreno, l'erosione, le frane o le condizioni delle fondamenta rappresentano un problema?
Allagamento esterno	Esposizione a fiumi, piogge, dighe, mareggiate e eventi combinati.
Tsunami/rischio costiero	Salita, abbassamento del livello del mare, inondazioni marine, evoluzione della linea di costa ed erosione costiera.
Raffreddamento / dissipatore di calore definitivo	È possibile garantire un'efficace dissipazione del calore in condizioni di siccità, ondate di calore ed eventi estremi?
Griglia	È disponibile un nodo robusto da 380/220 kV e quali rinforzi sarebbero necessari?
Pianificazione demografica/di emergenza	La popolazione e le infrastrutture circostanti sono compatibili con un'efficace organizzazione delle emergenze?
Logistica pesante	I moduli del reattore, i recipienti e i grandi trasformatori possono fisicamente raggiungere il sito?
Territorio/paesaggio protetto	Natura 2000, parchi, designazioni di interesse culturale/paesaggistico, agricoltura di alto valore
valore delle aree industriali dismesse	Rete elettrica esistente, strade, acquedotti, zonizzazione industriale, perimetro di sicurezza e forza lavoro
Passività nucleari esistenti	La nuova costruzione entrerebbe in conflitto con le attività di smantellamento, i rifiuti temporanei o le strutture contaminate?

Prontezza legale/territoriale	Disponibilità dei terreni, procedure comunali/regionali, impegni di riqualificazione esistenti ed esposizione al contenzioso

In questo caso non viene imposta alcuna ponderazione numerica nazionale perché al momento della stesura del documento non esisteva alcuna normativa italiana definitiva in materia di localizzazione di centrali nucleari che contenesse tali ponderazioni.

3.5 Sismicità: la classificazione ordinaria degli edifici non è sufficiente

L'Italia dispone già di un modello nazionale probabilistico di pericolosità sismica, **MPS04** , utilizzato nell'ambito del quadro sismico nazionale e disponibile tramite gli strumenti interattivi dell'INGV. zonesismiche.mi.ingv.it

Ai fini nucleari, quel modello dovrebbe costituire un **primo filtro** , non la base definitiva per la scelta del sito.

Le linee guida dell'AIEA richiedono una valutazione specifica di:

- rischio di scosse telluriche;
- capacità di rilevamento dei guasti;
- liquefazione;
- insediamento;
- frana;
- inondazioni provocate dal terremoto;
- combinazioni con altri pericoli esterni. Nucleo

Questa distinzione è particolarmente importante perché le “zone” sismiche comunali sono state concepite per la regolamentazione generale delle costruzioni, non per la qualificazione finale in ambito nucleare.

Ad esempio, la normativa regionale vigente classifica **Caorso** nella zona sismica 3, mentre la microzonazione tecnica specifica esplicitamente che la moderna prassi dell'NTC utilizza parametri di movimento del suolo dipendenti dal sito piuttosto che una semplice etichetta di zona. Mappa GIS Emilia-Romagna

Analogamente, la documentazione regionale colloca **Sessa Aurunca** , il comune che ospita il Garigliano, nella zona 2 e rileva che la norma NTC 2018 richiede una valutazione sito-dipendente. VIA VAS

Perciò:

L'espressione "zona sismica inferiore" non deve mai essere tradotta con "adatta al nucleare".

3.6 Rischio di alluvioni e idrogeologico

IdroGEO di ISPRA e i rapporti nazionali sul rischio idrogeologico forniscono dati nazionali armonizzati su frane e inondazioni. La piattaforma può eseguire controlli di pericolosità incentrati su un punto specifico, ma le licenze nucleari richiedono un'area geografica e idrologica sostanzialmente più ampia rispetto a un normale controllo dell'indirizzo. ISPRA

La norma SSR-1 dell'IAEA richiede una valutazione esplicita delle inondazioni esterne, tra cui:

- precipitazione;
- inondazioni fluviali;
- mareggiata;
- azione ondosa;
- tsunami;
- erosione;
- effetti dei sedimenti;
- combinazioni di eventi. Nucleo

Questo criterio modifica sostanzialmente l'interpretazione dei siti della Pianura Padana.

Caorso

La legislatura emiliano-romagnola descrive l'impianto esistente come situato sulla **riva destra del fiume Po in una zona alluvionale** . La documentazione ambientale di Sogin conferma che il Po rimane la principale fonte idrica autorizzata per il sito. BURERT

Ciò non dimostra che un moderno SMR protetto non potrebbe mai essere progettato in quel luogo.

Ciò dimostra che **le inondazioni esterne non possono essere considerate un problema secondario** .

Trino

Storicamente, Trino si affidava al Po, e Sogin documenta l'antica diga fluviale utilizzata per ottimizzare l'approvvigionamento idrico del reattore. Tale struttura è stata successivamente rimossa. Sogin

Un nuovo reattore richiederebbe quindi un involucro idraulico completamente nuovo che copra:

- flusso basso;
- alluvione;
- sedimentazione;

- morfologia fluviale futura;
- astrazioni concorrenti;
- condizioni di cambiamento climatico.

La capacità storica di raffreddare il reattore Enrico Fermi non garantisce la futura disponibilità di acqua per una flotta di reattori modulari di piccole dimensioni (SMR).

3.7 La disponibilità di acqua è diventata una variabile di primaria importanza nella scelta del sito.

La questione idrica è cambiata sostanzialmente da quando l'Italia ha smesso di utilizzare reattori nucleari commerciali.

L'ISPRA ha calcolato che le risorse idriche rinnovabili dell'Italia nel 2025 ammontavano a circa **128 miliardi di m^3** , oltre **il 7% in meno rispetto alla media annua di lungo periodo** e circa il 19% in meno rispetto al 2024 .

Ancora più significativo per i siti candidati settentrionali, l'ISPRA ha registrato condizioni **di elevata gravità idrica nel distretto del Po nell'agosto 2026** , dopo temperature persistentemente superiori alla norma e risorse disponibili in calo.

Autorità del Bacino Po aveva già segnalato un forte calo delle portate del fiume nel giugno 2026, restrizioni sui prelievi per l'irrigazione in alcune zone e intrusione salina che raggiungeva circa 16-20 km nei rami del delta.

Ciò non esclude automaticamente Trino o Caorso.

Ciò modifica la questione progettuale da:

È presente un grande fiume?

A:

L'impianto è in grado di dimostrare una capacità di assorbimento del calore finale garantita e un impatto termico/di consumo accettabile durante futuri periodi di siccità prolungata e ondate di calore, senza compromettere altri usi prioritari?

Tale requisito incide sulla scelta tra:

- raffreddamento a passaggio singolo;
- torri di raffreddamento a umido;
- raffreddamento ibrido;
- raffreddamento ad aria/a secco.

I sistemi a basso consumo idrico possono ridurre i prelievi, ma generalmente comportano costi aggiuntivi, un maggiore ingombro o penalizzazioni in termini di efficienza termica. La selezione della tecnologia descritta nel Capitolo 5 deve pertanto essere direttamente collegata all'analisi delle risorse idriche del sito.

3.8 I siti costieri non sono automaticamente più al sicuro dai vincoli di acqua di raffreddamento

Le principali località costiere candidate — Montalto, Latina, Civitavecchia, Brindisi, Fiume Santo e il sistema costiero/estuarino del Garigliano — presentano un potenziale vantaggio rispetto alle località interne grazie alla disponibilità di un ampio serbatoio di calore marino.

Tale vantaggio comporta diversi rischi esterni.

Il **modello italiano di pericolosità degli tsunami 2025 (ITHM25)** copre l'intera linea costiera italiana attraverso curve di pericolosità probabilistiche in **1.085 punti costieri** , utilizzando periodi di ritorno da 475 a 9.975 anni. Cat. INGV

Di conseguenza, nessun sito costiero italiano dovrebbe essere valutato partendo dal presupposto che il rischio di tsunami nel Mediterraneo sia trascurabile.

La valutazione del sito deve considerare:

- tsunami generato dal terremoto;
- contributo delle frane sottomarine, ove pertinente;
- mareggiata;
- azione ondosa estrema;
- innalzamento del livello del mare;
- erosione costiera;
- intrusione di acqua salata;
- ostruzione della presa d'aria marina;
- Perdita simultanea di alimentazione elettrica esterna;
- morfologia costiera futura.

Ciò è particolarmente importante per un progetto SMR che prevede un dissipatore di calore finale semplificato o passivo. I sistemi passivi richiedono comunque la dimostrazione dell'idoneità del sito in termini di protezione dai rischi esterni.

3.9 L'accesso alla griglia è un vantaggio, non un sostituto per uno studio della griglia

Un primo SMR italiano non dovrebbe essere valutato come un generatore isolato da 300 MWe.

Le questioni rilevanti includono:

- livelli di cortocircuito;
- resistenza ai guasti;
- Requisiti di riserva e di emergenza;
- stabilità;
- congestione della rete di trasmissione;
- sono necessari N-1 rinforzi;
- capacità di evacuare più unità se viene costituita una flotta;
- interazione con la futura infrastruttura HVDC.

L'attuale programma di sviluppo di Terna prevede investimenti nella rete per oltre **23 miliardi di euro nel periodo 2025-2034** e importanti potenziamenti dell'Hypergrid. Terna

Diverse aree candidate presentano prove insolitamente consistenti della presenza di infrastrutture di trasmissione.

Trino

Il collegamento **Trino-Lacchiarella a 380 kV** è entrato in servizio nel 2014 e ha rafforzato il corridoio di trasferimento Piemonte-Lombardia. Terna Download

Caorso

La documentazione di Terna identifica una **stazione Caorso da 380 kV** . Scarica Terna

Montalto di Castro

Terna registra un importante nodo a 380 kV a Montalto, e il progetto **dell'iperrete Milano-Montalto** prevede due circuiti HVDC da 1.000 MW che raggiungono una nuova stazione di conversione a Montalto di Castro. Scarica Terna

Latina/Borgo Sabotino

I dati di Terna identificano **LATINA NUC** sulla rete a 380 kV. Borgo Sabotino è anche il capolinea continentale di SA.PE.I., il collegamento HVDC da 1.000 MW con la Sardegna. Scarica Terna

Civitavecchia

Terna registra le unità di generazione di Torrevaldaliga Nord collegate a **380 kV** . Scarica Terna

Bordeaux

Il sistema Brindisi/Federico II è rappresentato in modo analogo sulla rete **a 380 kV** . Scarica Terna

Cavaliere Santo

La documentazione di Terna identifica l' infrastruttura **a 380 kV Fiume Santo–Selargius** e la sua integrazione con Codrongianos. Scarica la documentazione di Terna.

Si tratta di risorse significative.

Non dimostrano che un impianto nucleare da 300-1.200 MWe possa essere collegato senza rinforzi **.**

Uno studio formale del collegamento con Terna rimane indispensabile.

3.10 Popolazione e pianificazione delle emergenze

Le linee guida dell'AIEA per la selezione dei siti richiedono che la distribuzione della popolazione e lo sviluppo previsto siano presi in considerazione intorno ai siti candidati, mentre la SSR-1 richiede che la valutazione del sito stabilisca se è possibile implementare efficaci disposizioni di risposta alle emergenze. Nucleo

Ciò significa che la variabile corretta non è semplicemente:

popolazione all'interno del comune.

L'analisi richiesta comprende:

- distribuzione degli insediamenti intorno al sito;
- popolazioni di turisti stagionali;
- ospedali e strutture per persone vulnerabili;
- operai industriali;
- porte;
- Importanti vincoli stradali/ferroviari;
- percorsi di evacuazione;
- scenari simultanei di calamità naturali;
- futura espansione urbana.

Per questo motivo, un importante porto industriale può rappresentare sia un vantaggio che uno svantaggio.

Civitavecchia offre eccellenti capacità logistiche per carichi pesanti, ma le attività portuali, i movimenti di passeggeri, gli impianti industriali e lo sviluppo urbano circostante dovrebbero essere inclusi nella valutazione dei rischi per la zona esterna e di origine antropica.

Lo stesso vale per Brindisi.

La presenza di un appezzamento industriale isolato su una mappa non è sufficiente a stabilire la fattibilità di un piano di emergenza.

3.11 I rischi di origine antropica sono particolarmente importanti nelle aree industriali dismesse.

L'AIEA richiede che la valutazione dei siti nucleari tenga conto degli eventi esterni di origine antropica, tra cui:

- esplosioni;
- incendi;
- rilasci di materiali pericolosi;
- incidenti di trasporto;
- attività industriali nelle vicinanze;
- Interferenza elettromagnetica. Nucleo

Ciò è particolarmente rilevante per:

- Brindisi;
- Civitavecchia;
- Porto Torres/Fiume Santo;
- grandi zone industriali integrate.

La co-localizzazione industriale può ridurre i costi delle nuove infrastrutture, ma al contempo aumenta la complessità dei rischi esterni.

Pertanto, un'area industriale dismessa non dovrebbe mai ricevere automaticamente un punteggio positivo solo perché presenta le seguenti caratteristiche:

- terra;
- griglia;
- porta;
- forza lavoro.

Anche l'inventario dei rischi industriali circostanti deve essere modellato.

3.12 Logistica dei componenti pesanti

Uno dei vantaggi teorici più significativi dei reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) è la possibilità di produrli in fabbrica.

Tale vantaggio scompare in parte se i moduli non possono raggiungere fisicamente l'isola del reattore.

Il quadro logistico nazionale deve considerare:

- pescaggio disponibile in porto;
- dimensioni della cuccetta;
- capacità di sollevamento di carichi pesanti con gru;
- capacità di carico/scarico con sistema roll-on/roll-off;
- limiti di carico del ponte;
- raggi di sterzata;
- pendenze stradali;
- scartamento ferroviario;
- linee aeree;
- trasporto dell'ultimo miglio;
- chiusure per motivi di sicurezza.

Le aree costiere dismesse di **Civitavecchia, Brindisi e Porto Torres/Fiume Santo** partono da un vantaggio logistico strutturale, poiché ciascuna di esse dispone di infrastrutture marittime commerciali/industriali consolidate.

Il porto di Brindisi supporta un'ampia gamma di operazioni di movimentazione merci. adspmam.it

Porto Torres dispone di strutture portuali industriali dedicate e storicamente ha movimentato combustibili solidi e liquidi; l'autorità portuale registra banchine industriali specializzate e attrezzature per la movimentazione di merci pesanti. AdSP Mare di Sardegna

Civitavecchia è un importante porto operativo con un considerevole traffico merci e passeggeri. portidiroma.it

Per le centrali idroelettriche interne di Trino e Caorso, il percorso per il trasporto dei componenti pesanti dovrebbe essere dimostrato da un'apposita indagine sui trasporti. La costruzione storica dei reattori non è sufficiente: le dimensioni dei moduli SMR moderni, gli standard dei ponti e le reti di trasporto differiscono sostanzialmente da quelli degli anni '60 e '70.

3.13 Valutazione ambientale e delle aree protette

La scelta del sito per un impianto nucleare non esclude automaticamente ogni paesaggio protetto, ma l'impatto ambientale aumenta notevolmente laddove un progetto entra in conflitto con:

- Siti Natura 2000;
- parchi;
- zone umide;
- costa protetta;
- paesaggi culturali;
- sistemi agricoli ad alto valore aggiunto.

Porto Tolle

Il Delta del Po è sia un **Parco Naturale Regionale** che una **Riserva della Biosfera UNESCO ,** e comprende zone umide, lagune, dune, terreni agricoli, aree di pesca e importanti valori di biodiversità.

Ciò non costituisce una determinazione legale univoca su ogni singolo appezzamento dell'ex centrale elettrica.

Ciò significa che l'area non può essere trattata come una normale zona industriale senza restrizioni.

Montatto

La documentazione ambientale regionale conferma che il comune contiene vincoli geomorfologici e caratteristiche costiere/naturali protette, tra cui la ZSC **Litorale a NW delle foci del Fiora** . Regione Lazio

Il capitolo **non** afferma che l'attuale lotto di terreno destinato alla centrale termica si trovi all'interno di quella ZSC.

Il documento evidenzia la necessità di una valutazione ecologica e paesaggistica a livello di singola area prima di giungere a qualsiasi conclusione in materia nucleare.

3.14 Ex siti nucleari: perché meritano di essere esaminati e perché non godono di alcun diritto acquisito

Sogin gestisce le quattro ex centrali elettriche commerciali situate a:

- Trino;
- Caorso;
- Latina;
- Garigliano Sogin

Questi luoghi possiedono risorse uniche:

- utilizzo storico del territorio per scopi nucleari;
- conoscenza del monitoraggio radiologico;
- esperienza nel settore della sicurezza;
- memoria della forza lavoro locale specializzata in ambito nucleare;
- rapporti esistenti con ISIN e le autorità locali;
- Infrastrutture storiche di raffreddamento e di rete.

Ma molte di queste caratteristiche si rivelano anche degli svantaggi.

I siti contengono ancora:

- rifiuti radioattivi;
- negozi temporanei;
- lavori di smantellamento;
- strutture contaminate o controllate;
- smantellamento delle attrezzature.

La nuova costruzione potrebbe interferire fisicamente, organizzativamente o radiologicamente con il vecchio programma.

L'AIEA richiede espressamente che vengano valutate le interazioni tra installazioni esistenti e nuove nello stesso sito, compresi gli eventi esterni a causa comune e le disposizioni di emergenza. Nucleo

Perciò:

La storia del nucleare è testimonianza della memoria infrastrutturale, non della qualificazione dei siti moderni.

3.15 Montalto di Castro: il sito industriale dismesso più insolito del patrimonio nazionale.

Montalto è un caso unico perché non è né semplicemente un ex sito termoelettrico né un mero progetto nucleare storico.

Secondo i dati di Enel, il sito fu originariamente selezionato negli anni '70 per la costruzione di **due reattori BWR da 1.000 MW . Seguì l'autorizzazione** alla costruzione, l'assemblaggio dei reattori iniziò nel 1985 e i lavori avevano superato **il 70% di completamento** quando il cambio di politica successivo al 1987 interruppe il progetto nucleare. Il sito fu successivamente trasformato nel complesso termico Alessandro Volta.

A partire dal 2026, l'impianto Alessandro Volta rimane soggetto a un regime di autorizzazione ambientale attivo, con MASE che registra le procedure AIA in corso e la verifica della conformità. MITE

vantaggi esistenti

- Impatto storico dell'ingegneria nucleare e dello sviluppo civile;
- vasta infrastruttura elettrica;
- terreni esistenti adibiti alla produzione di energia termica;
- Trasmissione a 380 kV;
- È previsto un importante investimento in corrente continua ad alta tensione a Montalto;
- accesso costiero a un grande serbatoio di calore;
- una lunga storia di utilizzo industriale del territorio.

Porte irrisolte

- Analisi PSHA moderna e analisi dei guasti capaci;
- Valutazione delle inondazioni costiere e dello tsunami secondo il modello ITHM25;
- Evoluzione della linea costiera/del livello del mare;
- rivalutazione delle acque sotterranee e delle fondamenta;
- vincoli ecologici e paesaggistici;
- interazione con gli usi energetici attuali/futuri;
- disponibilità di terreni;
- percorso di consegna dei moduli pesanti;
- Valutazione della popolazione e della zona di emergenza.

punto critico

La documentazione originale relativa all'autorizzazione nucleare degli anni '70 non può essere riutilizzata come prova di idoneità attuale.

La risorsa utile è **la conoscenza dei siti storici** .

Il vano di sicurezza deve essere ricostruito secondo gli standard contemporanei.

3.16 Trino — forte eredità nel settore nucleare e delle telecomunicazioni, difficile questione idrica

Trino ha gestito la centrale nucleare PWR **Enrico Fermi dal 1965 al 1987 e rimane un sito attivo di smantellamento a** Sogin . Lo smantellamento del reattore e degli edifici ausiliari è tuttora in corso.

vantaggi esistenti

- Autentica storia operativa del reattore di potenza;
- sito nucleare controllato esistente;
- Monitoraggio nucleare/conoscenza istituzionale;
- Infrastruttura 380 kV Trino–Lacchiarella;
- evacuazione di energia termica storicamente dimostrata;
- Ampio corridoio industriale-energetico tra Piemonte e Lombardia.

Porte irrisolte

- Proseguono le attività di smantellamento e di gestione temporanea dei rifiuti radioattivi;
- Modellazione delle inondazioni di Po;
- Massima affidabilità dei dissipatori di calore;
- siccità causata dai cambiamenti climatici;
- Concorrenza in agricoltura e nell'utilizzo delle risorse idriche;
- acque sotterranee;
- analisi sismica/delle faglie contemporanea;
- trasporto di componenti pesanti;
- Dati demografici relativi alla pianificazione delle emergenze.

Sogin riferisce che le vecchie torri di raffreddamento a umido sono già state demolite e che la vecchia barriera del Po, utilizzata per ottimizzare l'approvvigionamento di acqua di raffreddamento, è stata rimossa.

Un nuovo reattore non può quindi essere considerato un semplice riavvio dell'infrastruttura di raffreddamento esistente.

Allerta idrica 2026

L'evoluzione della gravità delle siccità nel distretto padano nell'estate del 2026 rafforza significativamente la tesi secondo cui qualsiasi studio Trino dovrebbe essere progettato sulla base di future condizioni di bassa portata piuttosto che sulle medie idrologiche del ventesimo secolo. ISPRA

3.17 Latina / Borgo Sabotino — storia nucleare e nodo strategico della rete elettrica

La centrale Latina Magnox è stata operativa dal 1964 al 1986 e rimane sotto la supervisione di Sogin per la sua dismissione .

L'ambiente del sito è esplicitamente costiero: la rete di monitoraggio di Sogin copre l'acqua di mare, i sedimenti marini, la sabbia della costa, la fauna marina e il canale vicino .

vantaggi esistenti

- ex sito di una centrale nucleare commerciale;
- presenza istituzionale nucleare esistente;
- nodo da 380 kV identificato;
- SA.PE.I. Infrastruttura HVDC a Borgo Sabotino;
- opzione dissipatore di calore marino;
- Uso storico del territorio a fini industriali ed energetici.

Porte irrisolte

- tsunami e inondazioni costiere;
- scenari di erosione/innalzamento del livello del mare;
- impatti ecologici marini;
- Progettazione dei sistemi di presa e scarico dell'acqua;
- distribuzione della popolazione;

- interazione con le infrastrutture di SA.PE.I.;
- disponibilità di terreno durante la fase di smantellamento;
- percorso di consegna del modulo;
- moderna valutazione sismica specifica del sito.

Il collegamento SA.PEI. conferisce a Borgo Sabotino un'importanza particolare per l'intero sistema elettrico. Questo è un argomento a favore di un'analisi dettagliata della rete, non di una co-localizzazione automatica.

3.18 Caorso — preziose prove infrastrutturali, contesto di localizzazione insolitamente difficile

Caorso gestiva il più grande reattore nucleare commerciale d'Italia ed è tuttora in fase di smantellamento.

Possiede inoltre un'infrastruttura documentata a 380 kV e un rapporto esistente di prelievo idrico con Po. Terna Download

Ma due fatti la distinguono sostanzialmente da Trino e Latina.

Innanzitutto, il registro ufficiale dell'Emilia-Romagna descrive l'impianto come situato **all'interno di una zona alluvionale del Po** . BURERT

In secondo luogo, la legge del dicembre 2025 dell'assemblea legislativa regionale impone al governo regionale di perseguire un accordo con il governo nazionale che **escluda la ripresa della produzione di energia nucleare a Caorso** e prosegua con lo smantellamento e la riqualificazione. BURERT

vantaggi esistenti

- ex sito di una grande centrale nucleare;
- rete istituzionale esistente specializzata in energia nucleare;
- Nodo da 380 kV;
- infrastrutture idriche storiche;
- zona industriale.

Principali problemi irrisolti

- Caso di rischio esterno in zona alluvionale;
- acque sotterranee e morfologia del Po;
- Combinazioni estreme di inondazioni e siccità;
- Prosegue lo smantellamento;
- opposizione istituzionale regionale;
- impegni di riqualificazione territoriale;
- Qualifica sismica e geotecnica contemporanea.

Questo caso illustra perché una vecchia impronta nucleare non può essere equiparata a una moderna conclusione in merito alla localizzazione di un impianto.

3.19 Garigliano — sito del reattore storico con un carico di rischio esterno più elevato da risolvere

Il reattore Garigliano di Sessa Aurunca ha gestito un BWR da 160 MWe dal 1964 al 1978 ed è ora un sito di smantellamento. Sogin

Sogin monitora tutti questi elementi ambientali.

La documentazione tecnica regionale identifica Sessa Aurunca nella zona sismica 2, pur rilevando correttamente che la norma NTC 2018 richiede una valutazione sismica specifica per ogni sito. VIA VAS

vantaggi esistenti

- Storia operativa autentica del reattore;
- impronta istituzionale nucleare esistente;
- rete di monitoraggio radiologico esistente;
- storia delle fonti idriche.

Porte irrisolte

- analisi di rischio psicosociale specifica per il sito;
- valutazione dello spostamento della faglia;
- inondazione del fiume;
- interazione tra zona costiera e tsunami;
- acque sotterranee;
- pianificazione delle emergenze;
- attuale capacità della rete EHV;
- percorso attuale dei componenti pesanti;
- interazione di smantellamento.

Rispetto a un'area industriale dismessa puramente industriale, Garigliano dispone di prove storiche sul suo passato nucleare molto più consistenti, ma deve affrontare una combinazione più complessa di questioni relative ai rischi esterni.

3.20 Civitavecchia / Torrevaldaliga Nord — una potente logica industriale, un futuro post-carbone competitivo

Torrevaldaliga Nord ha storicamente operato come una grande centrale elettrica a carbone. Enel ha comunicato che la sua autorizzazione non consentiva più il funzionamento a carbone dopo il 31 dicembre 2025 e che aveva richiesto la chiusura definitiva .

Il sito è collegato alla rete **a 380 kV** . Scarica Terna

Si trova inoltre all'interno di uno dei sistemi portuali commerciali più efficienti d'Italia.

vantaggi esistenti

- grandi aree dismesse di ultima generazione;
- Rete a 380 kV;
- logistica marittima;
- forza lavoro industriale;
- elevato impatto energetico preesistente;
- potenziale accesso al raffreddamento ad acqua di mare.

Porte irrisolte

- nessuna storia di attività nel settore nucleare commerciale;
- popolazione urbana/portuale;
- pericoli industriali/di trasporto nelle vicinanze;
- Valutazione del rischio tsunami/costiero;
- interazioni tra trasporti aerei, marittimi e stradali;
- fattibilità della pianificazione delle emergenze;
- disponibilità di terreni;
- riqualificazione competitiva.

Quest'ultimo è sostanziale.

La Regione, il MIMIT, il Comune e Invitalia hanno valutato **48 proposte di riqualificazione** per l'area post-carbone, mentre nel luglio 2026 il MIMIT ha descritto un processo attivo per rendere disponibili i terreni delle ex centrali elettriche a nuovi investimenti industriali. Regione Lazio

Qualsiasi opzione nucleare si inserirebbe quindi in una competizione già esistente per l'uso del territorio e la reindustrializzazione; non comporterebbe l'occupazione di un sito vuoto e abbandonato.

3.21 Brindisi / Cerano — importanti infrastrutture di rete e portuali all'interno di un territorio industriale con problemi ambientali.

La centrale Federico II di Cerano era uno dei più grandi impianti di generazione di energia a carbone in Italia. Il rapporto di Enel del 2025 affermava che l'attività a carbone non poteva più proseguire dopo la fine del 2025 nell'ambito del quadro di autorizzazione vigente e che era stata richiesta l'autorizzazione alla chiusura definitiva .

Terna identifica il sistema di Brindisi e il complesso di generazione di Brindisi sud sulla **rete a 380 kV** . Scarica Terna

Il porto di Brindisi supporta un'ampia gamma di operazioni di carico, scarico e movimentazione di merci industriali. adspmam.it

vantaggi esistenti

- vastissimo giacimento di energia già esistente;
- Rete a 380 kV;
- importante porto industriale;
- forza lavoro qualificata nel settore energetico/industriale;
- raffreddamento costiero;
- Potenziale di consegna via mare di moduli di grandi dimensioni.

Porte irrisolte

- Qualifica geologica e sismica specifica per il settore nucleare;
- tsunami/inondazioni costiere;
- pianificazione delle emergenze;
- interazioni pericolose con l'industria;
- oneri ambientali cumulativi;
- strategia locale di utilizzo del territorio;
- riqualificazione industriale competitiva.

Il MIMIT sta già coordinando la **reindustrializzazione dell'area dello stabilimento di Brindisi** e il Comune era ancora in trattativa con Enel sul futuro del sito nel febbraio 2026. Ministero dell'Interno

Il sito, pertanto, combina una solida infrastruttura fisica con un contesto decisionale complesso di natura ambientale e territoriale.

3.22 Fiume Santo / Porto Torres — logistica eccellente, sistema insulare e complessità di governance

Fiume Santo rimane un importante sito energetico della Sardegna.

Terna documenta l'infrastruttura di trasmissione a 380 kV associata all'impianto, mentre il sistema portuale comprende un'area dedicata a Fiume Santo e una considerevole capacità di carico industriale. Scarica Terna

vantaggi esistenti

- grande impianto di produzione di energia;
- rete ad alta tensione;
- Infrastrutture portuali industriali e logistiche per il trasporto di merci alla rinfusa;
- Affumicatore di calore costiero;
- forza lavoro energetica esistente.

Complicazioni materiali

Il governo regionale sardo ha dichiarato nel febbraio 2026 che la riconversione del Fiume Santo era una priorità, con la posizione territoriale condivisa incentrata sulla **conversione da carbone a gas e sulla riqualificazione industriale** . Regione Sardegna

L'operatore ha descritto separatamente una graduale eliminazione del carbone prevista per la **fine del 2028/inizio 2029** e un processo di trasformazione del sito in corso. EP Fiume Santo

Inoltre, la Sardegna si è formalmente opposta alla delegazione nucleare nazionale durante il processo intergovernativo del 2025, e il suo status di statuto speciale aggiunge un ulteriore livello di analisi giuridica. Regione Sardegna

Un reattore sardo dovrebbe inoltre essere considerato come parte di un **sistema elettrico insulare sempre più connesso tramite linee ad alta tensione in corrente continua (HVDC)** , e non semplicemente come un altro generatore da 300 MWe sulla terraferma.

3.23 Porto Tolle: perché un'area dismessa può perdere il suo apparente vantaggio infrastrutturale

L'ex centrale termica di Porto Tolle è un'ampia area industriale dismessa adibita alla produzione di energia.

Ma il suo contesto territoriale contemporaneo è fondamentalmente diverso da quello di Civitavecchia o Brindisi.

Il delta del Po circostante costituisce un Parco Naturale Regionale e Riserva della Biosfera UNESCO, caratterizzato da:

- zone umide;
- lagune;
- dune;
- pesca;
- elevata biodiversità;
- Paesaggi agricoli. UNESCO

L'ex centrale elettrica è stata inoltre collegata al progetto di riqualificazione turistica **DeltaFarm** .

Ciò crea tre vincoli simultanei:

- Rischio esterno di alluvione/delta;
- eccezionale sensibilità ambientale;
- riqualificazione territoriale in competizione.

Ciò dimostra che la sola capacità di generazione preesistente non è un criterio nazionale sufficiente per la scelta del sito.

3.24 I siti nucleari non destinati alla produzione di energia non devono essere confusi con le ex centrali elettriche.

Sogin gestisce anche:

- EUREX Saluggia;
- ITREC Rotondella;
- Casaccia IPU/OPEC;
- FN Bosco Marengo;
- Ispra-1. Sogin

Questi siti dimostrano l'esistenza di infrastrutture e competenze nel settore nucleare.

Non forniscono prove di idoneità pregressa per reattori nucleari commerciali .

Le loro funzioni storiche erano diverse:

- ciclo del combustibile;
- ricerca;
- materiali;
- reattori sperimentali;
- gestione dei rifiuti.

Pertanto, dovrebbero essere inseriti in uno schermo di potenza reattore solo se un futuro proponente presenta un caso specifico che dimostri:

- terreno sufficiente;
- Rete ad altissima tensione;
- soluzione di raffreddamento;
- idoneità a fronteggiare pericoli esterni;
- fattibilità della pianificazione delle emergenze;
- compatibilità con le responsabilità nucleari in corso.

Non dovrebbero essere collocati automaticamente accanto a Trino, Latina, Caorso o Garigliano.

3.25 Matrice comparativa delle evidenze nazionali

La tabella seguente evita volutamente di convertire dati incompleti in un punteggio pseudo-preciso.

Posizione	Storia dell'energia nucleare	Prove consistenti di EHV	Dissipatore di calore di grandi dimensioni	Logistica marittima pesante	Problema principale identificato	Uso concorrente attuale / fatto politico
Montalto di Castro	Progetto nucleare completato per oltre il 70%, ma mai entrato in funzione.	Sì — 380 kV + futuro HVDC	Costiero	Richiede uno studio dettagliato del percorso	Rischi costieri, ecologia, riqualificazione moderna	Gestione/riqualificazione del complesso energetico
Trino	Sì — azionato da PWR	Sì — 380 kV	Po	Percorso interno per dimostrare	scarsità d'acqua, inondazioni/idrologia, dismissione	Smantellamento attivo delle centrali nucleari
Latina/Borgo Sabotino	Sì — Magnox	Sì — 380 kV + SA.PE.I.	Costiero	È necessario uno studio di rotta/porto.	Tsunami/costa, popolazione, smantellamento	Smantellamento attivo delle centrali nucleari
Caorso	Sì — gestito da BWR	Sì — 380 kV	Po	Percorso interno per dimostrare	pianura alluvionale, idrologia	Posizione regionale ufficiale contraria al riutilizzo nucleare
Garigliano	Sì — gestito da BWR	Riutilizzo attuale per verificare	Fiume/costa	Percorso per dimostrare	Interazione sismica, alluvionale e costiera	Dismissione attiva
Civitavecchia	Nessuna storia nel settore nucleare commerciale	Sì — 380 kV	Costiero	Porto principale	Popolazione, rischi industriali, rischio costiero	Ampio e attivo processo di reindustrializzazione
Brindisi/Cerano	Nessuna storia nel settore nucleare	Sì — 380 kV	Costiero	Importante porto industriale	Impatto ambientale, rischi industriali	reindustrializzazione attiva

	commerciale					
Cavaliere Santo	Nessuna storia nel settore nucleare commerciale	Sì — 380 kV	Costiero	Porto industriale	Griglia insulare, costa, governo	Percorso di conversione del carbone in gas/riconversione; l'opposizione sarda al quadro normativo sul nucleare.
Porto Tolle	NO	Storia della griglia; requisito attuale per ristabilire	Delta/costa	Possibile accesso marittimo	inondazione del delta/ecologia/paesaggio	Contesto del parco/riserva della biosfera e riqualificazione turistica

Per "prove solide di altissima tensione" si intende che esistono prove attuali o identificabili da parte di Terna per il nodo elettrico circostante. **Non si tratta di un'offerta di connessione** .

3.26 Confronto tra famiglie di siti

Ex siti nucleari commerciali

Trino, Latina, Caorso e Garigliano

Il loro vantaggio è la conoscenza:

- storia nucleare;
- monitoraggio;
- aree controllate;
- rapporti tra istituzioni pubbliche;
- alcune eredità di griglia/acqua.

Il loro svantaggio è la resistenza:

- smantellamento;
- rifiuti radioattivi;
- infrastrutture obsolete;
- rischi modificati;
- comunità trasformate;
- nessuna patente acquisita in precedenza.

Area industriale dismessa, non completata, adibita a centrale nucleare/produttiva.

Montalto di Castro

La sua storia nell'ambito dell'ingegneria civile nucleare è unica e la sua posizione nella rete elettrica è insolitamente solida, ma l'utilizzo attuale, i vincoli ambientali e la lacuna normativa di quarant'anni richiedono una completa riqualificazione moderna.

Aree costiere dismesse post-carbone

Civitavecchia e Brindisi

I loro punti di forza principali sono:

- porte;
- griglia;
- terreni industriali;
- forza lavoro;
- raffreddamento.

I loro principali punti deboli sono:

- nessuna storia di reattori;
- contesto industriale denso e complesso;
- riqualificazione competitiva;
- rischio costiero;
- geografia potenzialmente complessa per la pianificazione delle emergenze.

Area industriale dismessa sull'isola

Cavaliere Santo

Il progetto combina infrastrutture con una specifica problematica di governance legata al sistema insulare e allo statuto speciale, oltre a una traiettoria di conversione alternativa già dichiarata.

Area industriale dismessa termicamente sensibile dal punto di vista ambientale

Porto Tolle

Il suo precedente ruolo nel settore energetico è oggi superato, sullo schermo, dall'idrologia deltizia, dal contesto paesaggistico protetto e da progetti di riqualificazione energetica avanzati che non prevedono l'utilizzo di fonti nucleari.

3.27 Perché lo schermo non può utilizzare un'ipotesi di raffreddamento nazionale

Un reattore modulare di piccole dimensioni (SMR) ad acqua leggera da 300 MWe a Trino e un reattore avanzato raffreddato a piombo o a gas a Montalto non impongono gli stessi requisiti di raffreddamento.

Analogamente:

- Un sito SMR multi-modulo potrebbe eventualmente dissipare più calore rispetto al FOAK iniziale;
- La produzione di teleriscaldamento o di idrogeno modifica i bilanci termici;
- Il raffreddamento a secco riduce la dipendenza dall'acqua, ma influisce sulle prestazioni e sulla configurazione;
- Il raffreddamento dell'acqua di mare modifica gli obblighi ambientali marini.

La schermata del sito e la schermata tecnologica devono quindi convergere in modo iterativo.

Il flusso di lavoro corretto è:

geografia dei candidati → ambito tecnologico → concetto di raffreddamento → modello di rischio del sito → elenco rivisto di tecnologie/siti

piuttosto che:

Scegli il reattore → trova un posto dove posizionarlo.

3.28 Il clima futuro deve essere integrato nella progettazione

La norma SSR-1 dell'IAEA richiede che vengano presi in considerazione i cambiamenti dei pericoli esterni durante la vita utile dell'impianto. Le linee guida per la selezione del sito identificano esplicitamente l'evoluzione climatica e il cambiamento dell'uso del suolo/acqua come variabili di localizzazione. Nucleo

Per un reattore italiano che entrerà in funzione alla fine degli anni 2030 e che potenzialmente rimarrà operativo fino agli anni 2090, le tendenze rilevanti includono:

- ondate di calore più intense;
- cambiamenti nel corso dei fiumi;
- siccità prolungata;
- precipitazioni intense;
- variazione del livello del mare nelle zone costiere;

- intrusione salina;
- condizioni di incendio boschivo.

La crisi idrica del Po del 2026 dimostra perché utilizzare solo le medie del XX secolo sarebbe metodologicamente inadeguato.

3.29 Un primo SMR e una flotta richiedono test in loco diversi

Un errore comune nella valutazione del sito è quello di considerare solo il FOAK.

Supponiamo che un sito ospiti con successo un SMR da 300 MWe.

Lo Stato potrà in seguito richiedere:

- due unità;
- quattro unità;
- Sei unità.

Ciò cambia:

- fabbisogno di raffreddamento;
- evacuazione della rete;
- inventario radioattivo totale;
- logistica di costruzione;
- pianificazione delle emergenze;
- alloggi per i lavoratori;
- volume dei rifiuti.

La valutazione del sito dovrebbe quindi esaminare entrambi gli aspetti:

busta FOAK

E

capacità finale credibile del sito .

Altrimenti, l'Italia potrebbe spendere miliardi per concedere in licenza una prima unità in un sito che non è in grado di sostenere una replicazione economica.

3.30 Gli ex siti termici dovrebbero essere sottoposti a una “verifica di fattibilità dei siti dismessi”

Un'area dismessa (brownfield) genera valore solo laddove le risorse utili rimangono utilizzabili.

Per ogni sito termale, lo Stato dovrebbe effettuare un inventario:

Risorsa	Domanda
Stazione di rete	Il rapporto tensione/capacità è adatto alla generazione nucleare?
Infrastruttura dell'acqua di raffreddamento	Può soddisfare i requisiti di affidabilità nucleare?
Aspirazione/deflusso	Riutilizzabile, ricostruibile o inaccettabile dal punto di vista ambientale?
Porta	È in grado di gestire le dimensioni reali dei moduli SMR?
Strada	Ponti e curve possono sopportare carichi?
Edifici	Responsabilità legate al riutilizzo o alla demolizione?
Contaminazione	È necessario un intervento di bonifica da idrocarburi, ceneri, sostanze chimiche o terreno?
Sicurezza	È possibile separare un'area protetta a fini nucleari da altre aree utilizzate?
Proprietà terriera	È possibile controllare una superficie territoriale contigua sufficiente?
Riqualificazione	I progetti concorrenti hanno già acquisito i diritti?

Questo test è particolarmente importante a Civitavecchia e Brindisi perché sono già attivi processi di reindustrializzazione sostenuti dal governo. Ministero dell'Interno

3.31 Nessuna falsificazione della precisione GPS

In questo rapporto si omette deliberatamente di pubblicare le coordinate ipotetiche del reattore.

In questa fase, una coordinata implicherebbe erroneamente che:

- Sono stati controllati i confini della proprietà;
- I guasti rilevati sono stati eliminati;
- Sono stati modellati i livelli di piena;
- Sono stati completati i sondaggi geotecnici;
- Sono state valutate le zone di popolazione;
- L'autorità di regolamentazione aveva esaminato il pacco.

Nessuna di queste condizioni sussiste.

L'unità geografica corretta nel 2026 è quindi:

sito industriale/nucleare esistente o area candidata

piuttosto che:

coordinate dell'isola del reattore .

Ciò segue il requisito di messa in servizio che vieta espressamente la precisione fittizia. Testo combinato

3.32 Pacchetto minimo di indagine di Fase II

Qualsiasi località che superi una valutazione preliminare a livello nazionale dovrebbe ricevere un pacchetto di indagine comune, in modo che i siti possano essere confrontati sulla base di prove equivalenti.

Geologia e sismicità

- mappatura geologica dettagliata;
- indagine sulla causalità;
- indagini geofisiche;
- Pozzi trivellati;
- analisi di rischio psicosociale specifica per il sito;
- liquefazione;
- cedimento del terreno;
- insediamento;
- stabilità del pendio.

Idrologia

- precipitazioni massime probabili;
- modellazione delle inondazioni fluviali;
- contributo alla rottura della diga, ove pertinente;
- acque sotterranee;
- drenaggio;
- portate minime corrette in base al clima;
- sedimentazione.

Costiero

- Estrazione di ITHM25 e affinamento sito-specifico;
- mareggiata;
- Salita delle onde;
- erosione;
- scenari di innalzamento del livello del mare;

- revisione delle frane sottomarine, ove pertinente.

Raffreddamento

- diritti idrici;
- flusso ambientale;
- affidabilità delle prese;
- temperatura di scarico;
- alternative umide/asciutte/ibride;
- Funzionamento in caso di siccità/ondata di calore.

Griglia

- Studio sulla connessione Terna;
- analisi del cortocircuito;
- N-1;
- Rinforzi di rete;
- capacità multi-unità.

Popolazione ed emergenza

- popolazione permanente;
- popolazione diurna;
- turismo;
- strade;
- ospedali;
- istituzioni vulnerabili;
- fattibilità della risposta alle emergenze.

Logistica

- ispezione portuale;
- Ispezione stradale per il trasporto di carichi pesanti;
- carico del ponte;
- raggio di sterzata;

- posa in opera;
- dimensioni del modulo.

Ambientale

- Natura 2000;
- aree protette;
- paesaggio;
- archeologia;
- agricoltura;
- Ecologia delle acque superficiali e sotterranee.

Rischi causati dall'uomo

- impianti industriali;
- oleodotti;
- porte;
- depositi di materiali pericolosi;
- aviazione;
- spedizione;
- incidenti stradali/ferroviari.

Legal

- proprietà;
- zonizzazione;
- concessioni;
- obblighi di smantellamento;
- procedure regionali e comunali;
- diritti di riqualificazione concorrenti.

3.33 Proprietari dei dati per la fase successiva

Soggetto	Principale fonte di dati/istituzionale italiana
Criteri di sicurezza nucleare	ISIN / futuro ente regolatore competente
linea di base sismica nazionale	INGV
Idrogeologia/inondazioni	ISPRA + Autorità distrettuali del bacino
Tsunami	INGV / Protezione Civile
Risorse idriche	Autorità distrettuali del bacino + ISPRA
Griglia	Terna
Popolazione	ISTAT
aree protette	MASE / Regioni / Autorità Natura 2000
Patrimonio paesaggistico/culturale	Ministero della Cultura / Regioni
Porti	Autorità del sistema portuale
Eredità nucleare	Sogin
Monitoraggio ambientale	ISPRA/SNPA/ARPA
Pianificazione locale	Regioni / Province / Comuni

Il rilevamento dei siti dovrebbe utilizzare la **stessa data di riferimento e le stesse ipotesi per tutti i candidati,** al fine di evitare che i siti favoriti politicamente vengano valutati con criteri diversi.

3.34 Requisiti probatori prima che un sito ottenga l'autorizzazione formale

Prima che un sito venga pubblicamente descritto come un “sito nucleare preferenziale” italiano, lo Stato deve possedere almeno:

- Rapporto preliminare sulla sicurezza del sito;
- programma sismico specifico per il sito;
- modello di rischio alluvioni/costiere;
- fattibilità del sistema di raffreddamento ad acqua;
- fattibilità della rete da Terna;
- studio sulla popolazione/studio di emergenza;
- studio sulla logistica pesante;
- mappa dei vincoli ambientali;
- strategia di controllo del territorio;
- Analisi di compatibilità con le attività di smantellamento o con le industrie esistenti;
- verbale di consultazione territoriale richiesto dai futuri decreti.

Fino ad allora, termini come "area candidata" o "area oggetto di indagine tecnica" risultano più appropriati.

3.35 Conclusione comparativa nazionale

L'Italia possiede effettivamente una conformazione geografica adatta per avviare un serio processo di individuazione di un sito per un futuro reattore nucleare.

Non **possiede** una mappa nucleare pre-approvata.

Gli ex siti dei reattori rappresentano la memoria operativa nucleare più forte, ma ognuno di essi porta con sé un vincolo materiale tipico della modernità:

- **Trino:** idrologia del Po e smantellamento;
- **Latina:** costa, contesto tsunami/emergenza e smantellamento;
- **Caorso:** pianura alluvionale più esplicita opposizione regionale;
- **Garigliano:** rischi esterni sismici/fluviali/costieri più smantellamento.

Montalto di Castro è strutturalmente diverso e merita un'attenzione particolare in qualsiasi futuro programma tecnico, sia perché l'Italia vi ha già realizzato un progetto nucleare di grandi dimensioni, sia perché la rete elettrica attuale rimane di fondamentale importanza. Allo stesso tempo, queste stesse considerazioni impediscono qualsiasi conclusione semplicistica: il sito moderno deve essere riqualificato da zero secondo gli attuali standard di sicurezza nucleare, ambientali e climatici. Enel Corporate

Le principali alternative post-carbone — **Civitavecchia e Brindisi** — dimostrano la logica industriale della localizzazione di siti industriali dismessi: porti, linee di trasmissione, forza lavoro, accesso al raffreddamento e grandi lotti industriali. La loro debolezza risiede nel fatto che questi stessi contesti industriali/urbani creano rischi di origine antropica, complessità nella pianificazione delle emergenze e competizione con i programmi di reindustrializzazione avanzata già in corso. Ministero dell'Interno

Fiume Santo offre infrastrutture energetiche e portuali altrettanto potenti, ma si trova in un contesto elettrico, costituzionale e politico diverso, con la Sardegna che attualmente sta perseguendo un percorso di conversione differente.

Porto Tolle dimostra perché un'ex grande centrale elettrica può smettere di essere un modello realistico se si considerano l'ecologia delle inondazioni/delta, i paesaggi protetti e la successiva riqualificazione urbana.

Il compito immediato dello Stato in materia di localizzazione non è quindi quello di annunciare la nascita di una città.

Si tratta di creare un **programma nazionale di monitoraggio dei siti nucleari** che applichi criteri di esclusione e confronto identici in tutta Italia e che sottoponga poi le aree risultanti a diversi anni di raccolta dati specifici per ciascun sito.

Il principio decisivo è semplice:

Brownfield non è equivalente a idoneo al nucleare; ex sito nucleare non è equivalente a riottenibile la licenza; zona costiera non è equivalente a sicurezza idrica; disponibilità locale non è equivalente a idoneità tecnica; e idoneità tecnica non è equivalente ad autorizzazione legale.

Il primo SMR italiano può essere localizzato solo laddove convergono tutte e cinque le condizioni:

sicurezza nucleare + compatibilità ambientale + acqua/rete/logistica + legalità territoriale + resilienza climatica a lungo termine.

CAPITOLO 3 — REGISTRO DELLA SORGENTE DI CARICO

Ubicazione degli impianti nucleari e norme di sicurezza

S1 — IAEA, SSR-1, *Valutazione del sito per impianti nucleari* . Requisiti relativi all'idoneità del sito, ai rischi esterni, alle inondazioni, all'uso del suolo/dell'acqua, alla popolazione e alla pianificazione delle emergenze.
IAEA — SSR-1 Valutazione del sito per impianti nucleari

S2 — IAEA, SSG-35, *Indagine e selezione del sito per installazioni nucleari* . Popolazione, geologia, rischi sismici, acque sotterranee, evoluzione della linea di costa e considerazioni relative a terra e acqua.
IAEA — SSG-35 Indagine e selezione del sito

S3 — AIEA, linee guida sui rischi sismici. Valutazione del movimento del terreno e dello spostamento delle faglie specifici per il settore nucleare.
AIEA — Rischi sismici nella valutazione del sito per gli impianti nucleari

S4 — AIEA, linee guida sugli eventi esterni causati dall'uomo. Incidenti industriali, esplosioni, eventi di trasporto e rilasci di materiali pericolosi.
AIEA — Eventi esterni causati dall'uomo nella valutazione dei siti nucleari.

prove nazionali sui pericoli esterni

G1 — INGV, modello nazionale di pericolosità sismica MPS04.
INGV — Dati nazionali sulla pericolosità sismica

G2 — INGV, Modello Italiano di Pericolosità Tsunami 2025 — ITHM25. Curve probabilistiche di pericolo tsunami per la costa italiana.
INGV — Modello Italiano di Pericolosità Tsunami 2025

G3 — ISPRA, *Instabilità idrogeologica in Italia: pericoli e indicatori di rischio — Edizione 2024*. ISPRA
— Rapporto sui pericoli idrogeologici

G4 — Piattaforma ISPRA, IdroGEO. Mappatura nazionale del rischio di frane e alluvioni.
Piattaforma nazionale di rischio idrogeologico ISPRA — IdroGEO.

G5 — ISPRA, valutazione delle risorse idriche 2025. Circa 128 miliardi di m^3 di risorse rinnovabili; calo rispetto ai livelli storici.
ISPRA — valutazione delle risorse idriche 2025

G6 — ISPRA, monitoraggio nazionale della gravità delle acque, aggiornato l'11 agosto 2026.
ISPRA — Stato nazionale della gravità delle acque

G7 — Autorità distrettuale del bacino del Po, 25 giugno 2026. Riduzione delle portate fluviali e dell'intrusione salina durante la crisi idrica del 2026. Autorità del bacino del Po — Condizioni idriche di giugno 2026

Siti del patrimonio nucleare

G8 — Sogin, siti nucleari italiani. Trino, Caorso, Latina, Garigliano e impianti ciclo combustibile/ricerca.
Sogin – Siti nucleari italiani

G9 — Centrale nucleare di Sogin e Trino. Stato di smantellamento, ex torri di raffreddamento, infrastrutture idriche e smantellamento in corso del reattore. Sito di Sogin e Trino.

G10 — Sogin, Latina monitoraggio ambientale. Contesto costiero e marino dell'ex sito del reattore.
Sogin — Latina monitoraggio ambientale

G11 — Sogin, monitoraggio ambientale del Garigliano. Monitoraggio di fiumi, acque sotterranee e della costa tirrenica.
Sogin — monitoraggio ambientale del Garigliano

G12 — Sogin, Dichiarazione ambientale di Caorso. Prelievo di acqua dal Po e condizioni ambientali del sito esistente.
Dichiarazione ambientale di Sogin-Caorso.

Trasmissione di energia elettrica

I1 — Terna, Piano nazionale di sviluppo della rete di trasmissione 2025. Architettura di sviluppo attuale, Hypergrid e investimenti 2025-2034.
Terna — Piano nazionale di sviluppo della rete di trasmissione elettrica.

I2 — Infrastruttura 380 kV Terna, Trino–Lacchiarella.
Terna – Infrastruttura di rete Trino

I3 — Terna, progetto di iperrete Milano-Montalto. Due circuiti HVDC da 1.000 MW verso Montalto.
Terna — Materiale del progetto HVDC Milano–Montalto

Montalto di Castro

I4 — Enel, Dichiarazione ambientale di Alessandro Volta. Progetto nucleare storico: due reattori BWR da 1.000 MW; costruzione completata per oltre il 70% prima della cancellazione.
Documentazione storica e ambientale di Enel - Montalto di Castro

G13 — Database delle autorizzazioni ambientali MASE, impianto Alessandro Volta. Stato operativo/AIA attuale e procedure 2026.
MASE — Registro delle autorizzazioni ambientali di Alessandro Volta

Aree industriali dismesse post-carbone

I5 — Enel, Relazione Annuale Integrata 2025. Cessazione dell'utilizzo autorizzato del carbone presso Federico II e Torrevaldaliga Nord e richieste di chiusura definitiva.
Enel — Relazione Annuale Integrata 2025

G14 — MIMIT, reindustrializzazione di Cerano/Brindisi e Torrevaldaliga Nord/Civitavecchia.
MIMIT — Reindustrializzazione delle centrali di Brindisi e Civitavecchia

G15 — Regione Lazio, proposte di riqualificazione di Civitavecchia. 48 progetti in fase di valutazione.
Regione Lazio — Processo di riqualificazione di Torrevaldaliga Nord

G16 — Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale, operazioni portuali di Brindisi.
Porto di Brindisi — operazioni di movimentazione merci industriali.

Pesce Santo / Sardegna

G17 — Regione Sardegna, 5 febbraio 2026. Strategia territoriale incentrata sulla riconversione di Fiume Santo.
Regione Sardegna – Strategia di riconversione di Fiume Santo

I6 — Gestore di Fiume Santo, aggiornamento sulla sostenibilità per il 2026. Percorso di abbandono graduale del carbone e di trasformazione.
Fiume Santo - Aggiornamento del Rapporto di Sostenibilità 2025

G18 — Ente di controllo del sistema portuale del Mar di Sardegna. Infrastrutture industriali di Porto Torres e marittime di Fiume Santo.
Ente di controllo del sistema portuale — Porto Torres

posizione territoriale di Caorso

G19 — Bollettino Ufficiale Emilia-Romagna, dicembre 2025. L'ex centrale di Caorso è stata identificata come situata in una pianura alluvionale del Po; l'Assemblea incarica la Regione di perseguire l'esclusione di una ripresa della produzione nucleare nel sito.
Emilia-Romagna — atto ufficiale Caorso

Porto Tolle / Po Delta

G20 — UNESCO, Riserva della biosfera del Delta del Po. Caratteristiche ecologiche e territoriali del delta.
UNESCO — Riserva della biosfera del Delta del Po

G21 — Regione Veneto, Parco Regionale del Delta del Po.
Regione Veneto — Parco Naturale Regionale del Delta del Po

I7 — Enel, Riqualificazione Porto Tolle / DeltaFarm.
Enel — Riqualificazione Porto Tolle

FINE DEL CAPITOLO 3

CAPITOLO 4 — LA BASE INDUSTRIALE NUCLEARE ITALIANA COSÌ COM'È, NON COME LA DESCRIVONO I TITOLI DI STAMPA

4.1 Risultati dell'esecuzione

L'Italia entra nel programma nucleare con una **base industriale nucleare reale, tecnicamente significativa e attiva a livello internazionale** , ma non con le centinaia di fornitori nucleari già qualificati che talvolta si lasciano intendere da dichiarazioni politiche o mediatiche.

La linea di base attualmente più difendibile è molto più ristretta.

La valutazione Edison-Ansaldo Nucleare-TEHA del 2024 ha individuato circa **70 aziende italiane specializzate nel settore dell'energia nucleare** . Si stima che la loro attività specificamente legata al nucleare abbia generato **un valore di circa 457 milioni di euro nel 2022** e sostenuto circa **2.800 posti di lavoro** . Lo stesso studio ha modellato un impatto industriale prospettico ben maggiore – fino a 50,3 miliardi di euro e 117.000 posti di lavoro diretti, indiretti e indotti entro il 2050 secondo il suo scenario di sviluppo – ma queste cifre rappresentano **i risultati di uno scenario** , non un censimento della forza lavoro nucleare attuale o del portafoglio ordini contrattualizzato. **[I/S]**

Ansaldo Nucleare ha riferito separatamente nel 2024 che più di **70 aziende italiane attive nella filiera nucleare** hanno partecipato alla sua iniziativa per i fornitori Cernavodă. Tale cifra è coerente con la stima del nucleo specializzato ed è sostanzialmente diversa dalle affermazioni secondo cui l'Italia possiede già quattro o cinquecento aziende qualificate nel settore nucleare. **[I]**

La distinzione è fondamentale perché la produzione nucleare non è sinonimo di produzione avanzata.

Un'azienda può possedere:

- lavorazioni pesanti;
- esperienza con recipienti a pressione;
- fabbricazione offshore;
- saldatura nel settore petrolifero e del gas;
- elettronica aerospaziale;
- ampia capacità EPC;

senza essere immediatamente qualificati per fabbricare un componente di classe di sicurezza nucleare.

L'accordo stipulato nel luglio 2026 tra **Ansaldo Energia e RINA** è particolarmente significativo sotto questo aspetto. Il programma è esplicitamente rivolto ad aziende **"non attualmente attive nel settore nucleare"** ma in possesso di competenze industriali trasferibili; RINA si occuperà di effettuare analisi delle lacune e di assistere tali aziende attraverso la certificazione e la qualificazione. In altre parole, è la stessa industria italiana a riconoscere la differenza tra una capacità adiacente e una filiera qualificata per il settore nucleare. **[I]**

L'Italia, tuttavia, conserva posizioni insolitamente forti in diversi settori:

- Ingegneria, approvvigionamento e costruzione (EPC) nucleare e integrazione di sistemi;
- componenti ad alta pressione nucleare;
- Forgiati e grandi anelli;
- raccordi per tubi ad alta integrità;
- Saldatura e fabbricazione nucleare;
- prove termoidrauliche;
- contenitori per combustibile esaurito e materiale radioattivo;
- smantellamento e gestione dei rifiuti radioattivi;
- magneti per la fusione e strutture per recipienti a vuoto;
- Ricerca e sviluppo sui reattori veloci raffreddati al piombo;
- Formazione e ricerca in ingegneria nucleare.

La debolezza industriale è diversa.

l'Italia **non** possiede una filiera completa di fornitura di reattori sovrani equivalente a quella di Francia, Stati Uniti, Russia, Cina o Corea del Sud. Non dispone di un'organizzazione nazionale consolidata di fornitori di reattori in grado di fornire un reattore LWR-SMR commerciale autorizzato, né di una filiera commerciale attiva per la fabbricazione e l'arricchimento del combustibile per reattori di potenza. Un futuro FOAK italiano richiederebbe pertanto una piattaforma tecnologica per reattori estera o multinazionale, mentre l'industria italiana potrebbe potenzialmente acquisire una quota sostanziale di ingegneria, opere civili, componenti ausiliari, componenti pesanti, collaudi, installazione, sistemi digitali, servizi e attività relative al ciclo di vita.

La strategia nazionale realistica non è quindi "L'Italia è già in grado di costruire da sola un intero reattore".

È:

L'Italia possiede già un nucleo industriale concentrato e qualificato per il nucleare, circondato da un'economia manifatturiera molto più ampia che potrebbe essere

progressivamente qualificata per un programma di produzione e di esportazione a livello nazionale.

Questa è la distinzione che il presente capitolo ricostruisce azienda per azienda, come richiesto dal mandato di appalto.

4.2 Perché la narrazione delle “500 aziende” è analiticamente insicura

Nel dibattito pubblico, si tende spesso a confondere queste tre popolazioni.

Popolazione A — organizzazioni dimostrabilmente attive nel settore nucleare

Si tratta di aziende, laboratori o enti pubblici che dispongono di prove dirette di:

- contratti nucleari;
- impianti nucleari;
- produzione nucleare;
- test nucleari;
- scorie nucleari/smantellamento;
- Ricerca e sviluppo nel settore nucleare;
- Codici e certificazioni specifici per il settore nucleare.

Questa popolazione è relativamente piccola.

Popolazione B: aziende identificate all'interno della filiera nucleare specializzata

L'analisi TEHA/Edison/Ansaldo ha individuato circa **70 aziende specializzate** .

Anche l'attuale elenco dei membri collettivi di AIN comprende un gruppo concentrato di produttori, aziende di servizi pubblici, società di ingegneria, enti di certificazione, istituti di ricerca e università, piuttosto che centinaia di produttori nominalmente nucleari. **[I/S]**

Popolazione C — industria italiana potenzialmente convertibile

I settori italiani più ampi della meccanica, delle apparecchiature a pressione, dell'acciaio, dell'ingegneria civile, dell'elettronica, dell'automazione, della cantieristica navale, dell'energia e del petrolio e del gas comprendono centinaia di aziende che potrebbero teoricamente entrare nelle catene di fornitura del settore nucleare.

Rappresentano **la potenziale capacità della catena di approvvigionamento** .

Non sono automaticamente qualificati per il settore nucleare.

È in questa terza fascia di popolazione che la narrazione delle "400-500 aziende" diventa plausibile come stima di politica industriale, ma fuorviante come affermazione delle capacità attuali.

Regola di segnalazione corretta

Dichiarazione	Valutazione
"In Italia ci sono circa 70 aziende specializzate nel settore nucleare".	**Supportato come stima industriale attuale basata su uno studio**
“Più di 70 aziende italiane della filiera nucleare hanno partecipato all'iniziativa Cernavodă di Ansaldo”.	**Supportato**
"L'Italia conta circa 500 aziende che potrebbero potenzialmente contribuire al settore nucleare".	**Possibile inquadramento del potenziale industriale, a seconda della metodologia**
"L'Italia ha già 500 aziende qualificate nel settore nucleare".	**Non supportato**
"Attualmente in Italia ci sono 117.000 persone impiegate nel settore nucleare".	**Interpretazione errata di uno studio di scenario**
"In uno scenario di implementazione a lungo termine, potrebbero essere creati 117.000 posti di lavoro."	**Affermazione di scenario; deve essere etichettata come tale**

Il programma di qualificazione Ansaldo-RINA del 2026 fornisce la prova concreta che il settore industriale nel suo complesso necessita ancora di una certificazione strutturata prima di poter accedere al mercato nucleare.

4.3 Metodologia di qualificazione utilizzata in questo capitolo

Il rapporto non utilizza l'espressione "qualificato per il nucleare" a scopo di marketing.

Ciascuna organizzazione viene inserita in una delle quattro classi di evidenza.

Classe NQ-1 — Nocciolo nucleare qualificato direttamente per la produzione nucleare

Le prove pubbliche dimostrano una o più delle seguenti circostanze:

- Certificazione nucleare ASME;
- Certificazione ISO 19443 per la catena di approvvigionamento nucleare;
- produzione nucleare di classe di sicurezza documentata;
- Contratto in essere per il componente nucleare del reattore/fusione;
- riconosciuta capacità di effettuare test nucleari;

- Lavoro diretto su impianti nucleari in esercizio o di nuova costruzione.

Classe NA-2 — Organizzazione nucleare direttamente attiva

L'organizzazione svolge attività nucleari a tutti gli effetti, ma non viene qui classificata come produttrice di componenti di classe di sicurezza.

Alcuni esempi includono:

- servizi di pubblica utilità/sviluppatori;
- operatori addetti allo smantellamento;
- sviluppatori di reattori;
- istituti di ricerca nucleare;
- organizzazioni di certificazione;
- università.

Classe NC-3 — Conversione strutturata/adiacente al nucleare

L'organizzazione ha:

- una partnership nucleare;
- uno studio di fattibilità;
- un programma di sviluppo industriale nucleare;
- capacità trasferibile identificabile;

Tuttavia, non sono disponibili prove sufficienti per classificare le sue principali attività produttive come attualmente qualificate per l'impiego nel settore nucleare.

Classe AC-4 — Solo capacità industriale adiacente

L'organizzazione possiede capacità industriali rilevanti, ma le prove esaminate per questo capitolo non attestano l'attuale qualificazione nucleare né uno specifico riferimento attuale per la produzione nucleare.

Questa classificazione è volutamente conservativa.

Appartenere a una classe inferiore non significa che un'azienda sia incapace di operare nel settore nucleare.

Significa che il rapporto non sostituirà le deduzioni alle prove documentate.

4.4 Mappa industriale consolidata

Organizzazione	ruolo principale	Scala/tipo	Classe di prove	Rilevanza nucleare documentata attuale
Nuclitalia	Selezione della tecnologia / piattaforma industriale	Joint venture aziendale	NA-2	Valutazione di progetti di reattori nucleari di nuova generazione consolidati; attenzione iniziale ai reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) raffreddati ad acqua.
Enel	Azionista di Utility / Nuclitalia	Elenco di grandi dimensioni	NA-2	Azionista di Nuclitalia con il 51% delle quote
Ansaldo Nucleare	Ingegneria EPC, NSSS/BOP, componenti, servizi	Specialista principale	NQ-1	AP1000, Cernavoda, Krško, ITER, LFR
Leonardo	Piattaforma azionaria per tecnologia/elettronica/sicurezza	Grandi società quotate/legate allo stato	NC-3	10% Nuclitalia; contributo futuro al sistema nucleare non ancora definito
Edison	Programma di sviluppo/commerciale	Grande utilità	NA-2	Iniziativa di sviluppo SMR di EDF/NUWARD
newcleo	Sviluppatore di reattori LFR	Sviluppatore di reattori avanzati	NA-2	Programma LFR; cooperazione ENEA/europea
Westinghouse Electric Italia	NSSS industria pesante	Importante polo manifatturiero	NQ-1	AP1000/AP300 e componenti pesanti nucleari
Walter Tosto	Fabbricazione pesante nucleare	Industriale specializzato	NQ-1	Certificazione ASME N; recipiente a vuoto ITER
ATB Riva Calzoni	Recipienti a pressione / barili / contenitori	Industriale specializzato	NQ-1	Apparecchiature per isole nucleari; contenitori; contratto ASME III

SIMIC	Fabbricazione di precisione per il settore nucleare/fusione	Industriale specializzato	NQ-1	Bobine/piastre ITER; contratto per componenti di contenimento ASME III 2026
Gruppo FOMAS	Forgiature/anelli nucleari	Industriale specializzato	NQ-1	Cinque decenni di fucinature nucleari; capacità di organizzazione dei materiali
Tect ubi Raccordi	Raccordi/tubazioni nucleari	Industriale specializzato	NQ-1	Fornitura EPR/AP1000; ISO 19443; ASME NCA
IBF / Tubacex	Tubi/raccordi nucleari	Industriale specializzato	NQ-1/NA-2	Tubazioni di confine di pressione nucleare e componenti del circuito di raffreddamento
Arvedi AST	Forgiati pesanti / materiali nucleari	Importante produttore di acciaio	NA-2 in attesa di convalida della certificazione attuale	Componenti nucleari e recipiente del reattore storico; l'ultima documentazione pubblica ASME NCA è scaduta nel 2025.
Belleli Energy	Apparecchiature a pressione / fusti	Industriale specializzato	NA-2	Capacità di produzione di vapore/contenitori nucleari
SIET	test nucleari termoidraulici	Laboratorio specializzato	NQ-1	Sistema NQA-1; test per i principali fornitori di reattori; storia di riconoscimento da parte della NRC
Sogin	Smantellamento / rifiuti / deposito	di proprietà statale	NA-2	Intera flotta storica e programma nazionale di gestione dei rifiuti.

Nucleco	trattamento dei rifiuti / smantellamento	Società sussidiaria specializzata Sogin	NA-2	Dismissione di reattori PWR/BWR/GCR e del ciclo del combustibile.
RINA	Certificazione / qualificazione / ingegneria	grande gruppo di servizi	NA-2	Qualificazione della catena di approvvigionamento nucleare; fattibilità nucleare marittima
ENEA	Ricerca e sviluppo / test / LFR / fusione	ricerca pubblica	NA-2	EAGLES, ALFRED, LEANDREA, Brasimone, DTT
CIRTEN	Ricerca e sviluppo universitaria e formazione	Consorzio accademico	NA-2	Rete di ingegneria nucleare composta da sette università
Superconduttori ASG	Magneti superconduttori per la fusione	Specialista in alta tecnologia	NQ-1	ITER e 18 magneti toroidali DTT
Eni	Investitore nel settore della fusione nucleare / partner industriale nel settore energetico	Grandi società quotate/legate allo stato	NA-2	CFS, DTT, programma sul trizio dell'UKAEA
Fincantieri	Integrazione navale	Grandi società quotate/legate allo stato	NC-3	fattibilità della propulsione nucleare newcleo/RINA
MAIRE / NEXTCHEM	Integrazione di processo / idrogeno / calore industriale	Grandi aziende quotate in borsa nel settore EPC/tecnologia	NC-3	Studio sulla fabbrica elettronica a energia nucleare di newcleo
Valvitalia	Valvole/attuazione/sistemi antincendio	Importanti industrie	AC-4	Produzione trasferibile pertinente; qualifica nucleare attuale non dimostrata in questo contesto
Valvole ORION	Valvole industriali	Specialista	AC-4	Membro AIN; qualifica specifica per il settore nucleare

				non stabilita dalla documentazione di certificazione esaminata.
Saipem	EPC / costruzione complessa	Elenco di grandi dimensioni	AC-4	Elevata capacità EPC trasferibile; nessuna qualifica nucleare specifica attualmente stabilita nel set di prove
Costruiamo	Grandi opere civili	Elenco di grandi dimensioni	AC-4	Elevata capacità civile trasferibile; nessun riferimento nucleare specifico attualmente stabilito nell'insieme delle prove

Questa tabella deve essere letta come una mappa delle prove, non come un elenco ristretto di candidati per gli appalti.

4.5 Nuclitalia — veicolo nazionale di selezione tecnologica, non un produttore italiano di reattori.

Nuclitalia è stata formalmente costituita nel maggio 2025 con:

- **Enel 51%** ;
- **Ansaldo Energia 39%** ;
- **Leonardo 10%** .

Il suo mandato è quello di valutare le tecnologie nucleari avanzate e le opportunità di mercato, concentrandosi inizialmente sui reattori modulari di piccole dimensioni **(SMR) raffreddati ad acqua , relativamente maturi** , definire i requisiti per il sistema italiano e analizzare possibili collaborazioni industriali e accordi di co-progettazione. **[I]**

I nuclei occupano quindi una posizione importante tra:

Programma statale e **appalti di tecnologia commerciale** .

Non lo è ancora:

- un fornitore NSSS;
- un'autorità di progettazione di reattori;
- un operatore nucleare italiano autorizzato;
- un produttore di reattori.

Il significato industriale risiede invece nella possibilità che Nuclitalia diventi lo strumento attraverso il quale le esigenze italiane si traducano nella selezione dei fornitori e in accordi di contenuto locale.

Ciò potrebbe conferirle un'influenza sproporzionata su quali segmenti della filiera italiana acquisiscano rilevanza strategica.

Ad esempio, la scelta di un PWR-SMR integrato favorirebbe:

- Forgiati per recipienti a pressione;
- accessori nucleari;
- Componenti del generatore di vapore e del sistema primario;
- Produzione conforme agli standard ASME/RCC-M;
- Capacità di test LWR.

La scelta di un LFR genererebbe una catena di approvvigionamento sostanzialmente diversa.

Nuclitalia dovrebbe quindi essere classificata come **NA-2: piattaforma tecnologica/di investimento nel settore nucleare** , e non come azienda produttrice di apparecchiature nucleari.

4.6 Enel — sponsor industriale e azionista di maggioranza di Nuclitalia

Il ruolo immediato e documentato di Enel è la sua **partecipazione di controllo del 51% in Nuclitalia** .

Il gruppo apporta una scala di utilizzo:

- conoscenza del sistema elettrico;
- sviluppo del progetto;
- esperienza nel mercato dell'energia;
- governance dei grandi progetti di investimento.

Ma il nuovo organismo italiano è stato creato specificamente per valutare tecnologie e collaborazioni industriali, piuttosto che per dichiarare una tecnologia di reattore preselezionata.

Pertanto, il rapporto non dovrebbe descrivere Enel come l'operatore già designato della flotta nucleare italiana.

Tale decisione non è stata ancora presa.

4.7 Edison: creatore di programmi commerciali, non produttore di NSSS

Edison occupa una posizione diversa.

Nel giugno 2026 Edison, EDF, NUWARD e le principali aziende italiane del settore nucleare hanno formalizzato la cooperazione finalizzata allo sviluppo di un programma europeo per i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR), con l'obiettivo industriale di raggiungere le prime unità intorno al 2035. L'iniziativa collega Edison a:

- Esperienza operativa di EDF nel settore nucleare;
- Sviluppo tecnologico NUWARD;
- Ansaldo e la partecipazione italiana alla catena di fornitura.

L'attività è strategicamente rilevante ma appartiene ancora alla **fase del programma di sviluppo/industriale** , non a un progetto italiano autorizzato. **[I]**

Edison dovrebbe quindi essere considerato un potenziale:

- sviluppatore;
- ente promotore del programma;
- utente finale di servizi pubblici/commerciali;

piuttosto che un produttore italiano di NSSS.

4.8 Ansaldo Nucleare: il centro di gravità della filiera italiana della fissione nucleare

Nessuna azienda industriale italiana ha un ruolo nel settore della fissione nucleare attualmente documentato più ampio di **Ansaldo Nucleare** .

L'azienda si presenta come appaltatore EPC e integratore di sistemi con competenze che coprono:

- ingegneria;
- approvvigionamento;
- produzione;
- installazione;
- messa in servizio;
- supporto operativo;
- smantellamento;
- sistemi di gestione dei rifiuti;
- reattori avanzati;
- fusione. **[Io]**

La sua documentazione di riferimento comprende diversi progetti di rilevanza tecnica.

AP1000 Sanmen

Per il reattore AP1000 di Westinghouse presso l'Unità 1 di Sanmen, Ansaldo Nucleare:

- Ho progettato e realizzato lo scambiatore di calore passivo per la rimozione del calore residuo;
- fornito come **componente ASME Sezione III Divisione 1 Classe 1** ;
- Apparecchiature di contenimento progettate/prodotte/certificate secondo la norma **ASME III Classe MC** .

Questo è importante perché dimostra esperienza con hardware di classe di sicurezza III+ di generazione reale, piuttosto che con ingegneria energetica generica.

Cernavodă

Ansaldo ha contribuito al completamento delle **unità 1 e 2 di Cernavodă** , continua a fornire servizi di ingegneria e manutenzione e si sta preparando per il programma di estensione della vita utile dell'unità 1 e per le future unità 3 e 4.

Krško

Nel giugno 2026, la società ha annunciato il completamento di due interventi di ammodernamento presso **la centrale nucleare di Krško** e di un ulteriore contratto di ristrutturazione del sistema antincendio, a dimostrazione dei lavori in corso su un reattore nucleare europeo in funzione.

ITER

Ansaldo è attiva anche nel progetto ITER, in particolare nei sistemi di distribuzione elettrica di emergenza e nelle infrastrutture per la manipolazione a distanza. Nel maggio 2026 ha completato la produzione e i test integrati di un sistema di manipolazione a distanza per contenitori e tappi di ITER, nell'ambito di un contratto con Fusion for Energy.

Reattori avanzati

Ansaldo Nucleare ed ENEA sono partner del consorzio **EAGLES** , che sviluppa la tecnologia europea dei reattori veloci raffreddati a piombo, tra cui ALFRED, EAGLES-300 e i progetti correlati a LEANDREA.

conclusione industriale

Ansaldo Nucleare è pertanto **NQ-1** e deve essere trattato come:

- Il principale nucleo italiano di ingegneria, approvvigionamento e costruzione (EPC) e di integrazione di sistema nel settore nucleare;
- un potenziale partner per la localizzazione di fornitori stranieri di reattori;
- Coordinatore della filiera specializzata italiana.

Ciò **non** rende Ansaldo un produttore OEM italiano indipendente e attualmente autorizzato per i reattori LWR-SMR.

Il suo ruolo più realistico e concreto è quello di integratore nucleare nazionale, affiancato dal proprietario della tecnologia del reattore.

4.9 Westinghouse Electric Italy: un vero e proprio asset di produzione pesante nel settore nucleare.

Nel marzo 2026 **Mangiarotti SpA è stata rinominata Westinghouse Electric Italy SpA.**

Westinghouse ha descritto esplicitamente l'impianto di Monfalcone come un **centro di produzione nucleare dedicato,** a supporto della sua catena di approvvigionamento globale.

L'azienda impiega circa **300 professionisti altamente qualificati** ed è in grado di fornire supporto a:

- AP1000;
- AP300;
- progetti negli Stati Uniti;
- Polonia;
- Bulgaria;
- apparecchiature pesanti del sistema globale di fornitura di vapore nucleare. **[I]**

Si tratta di uno dei cambiamenti industriali più importanti nel panorama nucleare italiano contemporaneo.

A differenza di un potenziale fornitore invitato a qualificarsi, Westinghouse Electric Italy fa parte di un'organizzazione globale consolidata di fornitori di reattori.

La sua rilevanza industriale si estende a:

- attrezzature pesanti NSSS;
- produzione nucleare di precisione;
- saldatura;
- fabbricazione di componenti di grandi dimensioni;
- Controllo qualità dei fornitori globali.

Implicazione strategica

Westinghouse Electric Italy potrebbe fungere da:

- un polo manifatturiero per l'esportazione, indipendente dalla scelta del reattore italiano;
- un punto di riferimento per la localizzazione nazionale qualora venisse selezionata un'adeguata tecnologia Westinghouse;

- Un riferimento di formazione/qualifica per i fornitori circostanti.

La sua classificazione è inequivocabilmente **NQ-1** .

4.10 Walter Tosto — fabbricazione pesante nucleare supportata da una certificazione nucleare effettiva

Walter Tosto offre un altro chiaro esempio della differenza tra capacità trasferibile e capacità nucleare diretta.

La cronologia industriale dell'azienda stessa:

- **2010** — partecipazione con Ansaldo Nucleare e Mangiarotti al contratto per il recipiente a vuoto di ITER;
- **2011** — acquisizione della **certificazione ASME N Stamp** per lavori nel settore nucleare;
- **2014** — apertura di un laboratorio dedicato alle operazioni nucleari e pulite. **[I]**

L'organizzazione ITER conferma che il contributo europeo relativo al recipiente a vuoto è stato realizzato dal **consorzio AMW — Ansaldo Nucleare, Mangiarotti e Walter Tosto** — e documenta i grandi settori ITER in fase di fabbricazione presso Walter Tosto.

Si tratta di fabbricazione nucleare diretta.

Walter Tosto dovrebbe pertanto essere classificato **NQ-1** per:

- grandi strutture nucleari saldate;
- fabbricazione ad alta integrità;
- componenti complessi in acciaio inossidabile;
- lavorazioni meccaniche pesanti.

La sua rilevanza per i futuri SMR dipenderà dall'architettura primaria/di contenimento selezionata dal fornitore.

4.11 ATB Riva Calzoni — apparecchiature a pressione del reattore e contenitori

ATB Riva Calzoni possiede prove nucleari dirette e attuali sia sulle apparecchiature front-end dell'impianto che sui sistemi di trasporto e stoccaggio back-end.

L'azienda dichiara di essere stata qualificata da importanti società di ingegneria nucleare, tra cui **Westinghouse, Framatome e GE,** per la fornitura di componenti critici per isole nucleari e identifica capacità che si estendono a:

- recipienti del reattore;
- pressurizzatori;
- recipienti a pressione;
- attrezzature per la ricerca nucleare;
- contenitori per materiale radioattivo ad alto livello. **[I]**

ATB gestisce inoltre un'officina specificamente dedicata alla produzione di componenti nucleari e ha investito direttamente nella sua attività di confezionamento dei contenitori.

Nel luglio 2026 ATB e SIMIC hanno annunciato un nuovo contratto per la fornitura di componenti chiave di un **recipiente di contenimento ASME Sezione III,** destinato a un importante programma nucleare non specificato.

Ciò è particolarmente significativo perché dimostra **l'attuale attività di produzione di apparecchiature per la sicurezza nucleare di classe 2026** , e non solo le qualifiche storiche.

L'ATB dovrebbe pertanto essere classificato **NQ-1** .

I suoi potenziali ruoli nel programma italiano includono:

- apparecchiature a pressione del reattore;
- attrezzature di contenimento;
- componenti di pressione del sistema primario;
- contenitori per combustibile esaurito/materiale ad alta attività.

4.12 SIMIC — uno dei più importanti produttori italiani di fusione in Europa, ora in possesso anche di prove sulla fissione

SIMIC viene spesso descritto principalmente attraverso ITER, dove i risultati ottenuti sono eccellenti.

La sua produzione documentata comprende:

- dieci bobine toroidali di campo ITER;
- 70 piastre radiali;
- Lavori di montaggio del corpo della cassetta del divertore;
- altri importanti dispositivi per la fusione nucleare. **[I]**

Il significato non è meramente dimensionale.

La produzione di ITER richiede:

- materiali speciali;
- Controllo estremo della saldatura;
- tracciabilità;
- precisione dimensionale;
- documentazione di qualità.

Il contratto ATB-SIMIC del luglio 2026 rafforza in modo sostanziale le prove relative alla fissione nucleare, aggiungendo **la produzione di componenti per recipienti di contenimento conformi alla Sezione III dell'ASME** .

SIMIC è quindi correttamente classificato come **NQ-1** anziché come "solo fusione".

4.13 FOMAS — capacità di forgiatura strategica

La realizzazione di grandi pezzi forgiati ad alta resistenza è uno dei segmenti della catena di approvvigionamento più difficili da ricreare rapidamente.

FOMAS riveste pertanto un'importanza strategica.

Nella documentazione relativa alla produzione di energia del febbraio 2026, l'azienda dichiara di aver fornito forgiati a stampo aperto di alta qualità alle centrali nucleari per circa **50 anni e si identifica come un'organizzazione europea ASME** di lunga data nel settore dei materiali .

L'azienda registra specificamente la consegna, all'inizio degli anni '70, di forgiature per gli ugelli di ingresso/uscita principali per il **reattore BWR di Caorso** . **[I]**

La sua gamma di prodotti nucleari contemporanei comprende forgiati/anelli per:

- Circuiti primari e secondari di generazione I-IV;
- generatori di vapore;
- teste primarie;
- fogli di tubi;
- ugelli di alimentazione dell'acqua;
- gestione dei rifiuti nucleari;
- Applicazioni di fusione/ITER.

Pertanto, FOMAS dovrebbe essere classificato come **NQ-1** .

Per un programma nazionale di SMR, la sua rilevanza potrebbe estendersi a:

- Componenti forgiati del recipiente del reattore;
- Forgiature per generatori di vapore;
- ugelli;
- anelli;
- materiale strutturale del sistema primario.

Il potenziale di localizzazione preciso dipende in larga misura dal diametro del recipiente, dall'architettura SMR integrata e dai percorsi dei materiali approvati dal fornitore.

4.14 Arvedi AST — capacità metallurgica nucleare sostanziale, ma lo stato di certificazione deve essere riconvalidato

Accai Speciali Terni vanta una delle più antiche e prestigiose tradizioni nel settore nucleare della metallurgia italiana.

Nel suo curriculum storico si annovera la produzione del **recipiente del reattore Garigliano** , e l'azienda afferma di essere diventata, durante il programma storico, l'unico produttore italiano di alcuni prodotti in acciaio inossidabile per centrali nucleari.

La sua attuale divisione Forgiatura identifica i prodotti per:

- reattori nucleari;
- generatori di vapore;
- pressurizzatori;
- pompe e valvole;
- Contenitori per il trasporto di scorie nucleari.

Il suo rapporto del 2024 afferma che la Divisione Forgiatura deteneva la certificazione come **Organizzazione dei Materiali ASME NCA-3800** , rinnovata nel 2023 con validità fino **al 2025** .

Quella data definitiva è importante.

Alla data limite di settembre 2026, le prove pubbliche esaminate per il presente capitolo non stabiliscono se tale certificato specifico sia stato successivamente rinnovato.

La classificazione corretta è quindi:

Produttore metallurgico con capacità nucleare documentata: lo stato di certificazione attuale dovrà essere riconvalidato prima dell'approvvigionamento.

Il rapporto non dovrebbe estendere implicitamente la validità di un certificato oltre la sua data di pubblicazione.

4.15 Tectubi Raccordi — uno degli specialisti di PMI/medie dimensioni più qualificati nel settore nucleare

Tectubi Raccordi rappresenta il tipo di fornitore che rende il polo nucleare italiano sostanzialmente diverso da un normale distretto di industria pesante.

Il suo record copre:

- Caorso;
- Trino;
- Montalto;
- Programmi francesi Phénix/Superphénix;
- EPR;
- AP1000;
- impianti nucleari internazionali. **[I/S]**

Ancora più importante, la sua attuale documentazione sulla qualità del 2026 identifica:

- **ISO 19443** per la catena di fornitura nucleare;
- **NCA della Sezione III del BPVC ASME** ;
- Requisiti culturali in materia di sicurezza nucleare;
- Qualifica EDF. **[I]**

Tectubi descrive inoltre le sue apparecchiature di Castel San Giovanni come gestite secondo standard di qualità nucleare e si identifica come fornitore di lunga data di tubazioni e raccordi per il settore nucleare.

Il suo ruolo industriale attuale comprende:

- gomiti;
- magliette;
- riduttori;
- tappi;
- Accessori speciali;
- curve profonde;
- componenti per tubazioni.

Tectubi appartiene quindi inequivocabilmente a **NQ-1** .

4.16 IBF / Tubacex — componenti specializzati per tubazioni e circuiti di raffreddamento

IBF mantiene una capacità dedicata ai prodotti nucleari che comprende tubi e condotti ad alta specifica utilizzati per applicazioni ad alta pressione/temperatura e per i confini del refrigerante nucleare. **[I]**

Il suo più ampio portafoglio di componenti speciali comprende:

- gamba calda;
- gamba fredda;
- linea di sovraccarico;
- raccordi per il circuito di raffreddamento del reattore;
- Collettori;
- curve specializzate;
- Componenti rivestiti/sovrapposti.

Ciò è direttamente rilevante per i sistemi primari dei reattori ad acqua leggera (LWR).

IBF dovrebbe pertanto essere considerato parte della base documentata di tubazioni/raccordi nucleari piuttosto che della popolazione generica del settore petrolifero e del gas.

Tuttavia, i requisiti individuali per l'appalto devono comunque essere verificati rispetto a:

- codice del reattore applicabile;
- Elenco dei fornitori approvati dal fornitore;
- classificazione precisa del prodotto;
- giurisdizione sugli impianti

4.17 Belleli Energy — capacità di produzione nucleare effettiva, ma la qualificazione deve essere specifica per contratto

Belleli Energy gestisce pubblicamente un portafoglio di prodotti nucleari che comprende:

- generatori di vapore;
- riscaldatori dell'acqua di alimentazione;
- recipienti a pressione;
- contenitori metallici per combustibile esaurito. **[I]**

L'azienda possiede pertanto comprovate capacità nel settore nucleare.

Le prove esaminate per questo capitolo sono meno specifiche rispetto a quelle relative a Tectubi, Walter Tosto o ATB per quanto riguarda la certificazione attuale del codice nucleare e i recenti riferimenti contrattuali di classe di sicurezza.

Di conseguenza, Belleli viene classificata come **NA-2** , non perché l'azienda non abbia competenze nucleari, ma perché questo rapporto applica una soglia di verifica più rigorosa prima di etichettare l'intera base produttiva come NQ-1.

Un audit sugli acquisti dei fornitori potrebbe facilmente modificare tale classificazione per specifiche famiglie di prodotti.

4.18 SIET — una rara risorsa strategica per i test nucleari

Il SIET di Piacenza è una delle centrali nucleari più sottovalutate d'Italia.

L'azienda è stata creata nel **1983 da ENEA e CISE** specificamente per condurre test di sicurezza su componenti e sistemi di centrali nucleari.

Le sue strutture possono simulare circuiti termoidraulici per:

- tecnologie dei reattori esistenti;
- impianti di nuova generazione;
- scala completa o ridotta. **[I]**

SIET dichiara che il suo sistema di qualità opera in conformità con **ISO 9001 e NQA-1** e identifica il lavoro o il riconoscimento connessi a:

- ENEA;
- Enel;
- Ansaldo;
- General Electric;
- Westinghouse;
- Mitsubishi;
- Toshiba;
- Doosan;
- la NRC statunitense.

Questo è di grande importanza per un programma SMR.

Una strategia di localizzazione italiana richiede più della semplice fabbricazione.

Richiede strutture indipendenti/qualificate per:

- Qualificazione dei componenti;
- validazione termoidraulica;
- test dei sistemi di sicurezza;
- verifica del codice;
- prove fornite dall'ente regolatore/fornitore.

SIET appartiene quindi a **NQ-1** .

Il suo valore strategico potrebbe superare le sue dimensioni aziendali.

4.19 Sogin — L'operatore italiano del ciclo di vita nucleare

Sogin non è un produttore di reattori nucleari.

Ciononostante, è una delle organizzazioni nucleari più attive del paese.

L'azienda è interamente di proprietà del Ministero dell'Economia e delle Finanze ed è responsabile di:

- smantellamento degli impianti nucleari italiani;
- gestione dei rifiuti radioattivi;
- chiusura del ciclo storico dei combustibili;
- Ubicazione, progettazione, costruzione e futura gestione del National Repository and Technology Park. **[G]**

Nel 2026, il suo mandato comprenderà anche nuove responsabilità legate al reattore di ricerca **RTS-1 Galileo Galilei** e al programma EURACOS di rimpatrio del materiale fissile.

Ciò crea competenze in:

- gestione del progetto di smantellamento;
- protezione radiologica;
- trattamento dei rifiuti;
- interfaccia di licenza;
- gestione dei siti nucleari;
- logistica dei materiali radioattivi.

Sogin dovrebbe pertanto essere considerato come **NA-2, ovvero l'operatore principale del ciclo di vita nucleare** .

Non si deve dare per scontato che si diventi automaticamente proprietari/gestori della flotta di nuova generazione.

4.20 Nucleco — capacità specialistica nella gestione dei rifiuti e nello smantellamento

Nucleco, all'interno del Gruppo Sogin, è un'azienda particolarmente specializzata nello sviluppo di soluzioni back-end.

L'azienda vanta un'esperienza di oltre **30 anni nello smantellamento di centrali nucleari,** che comprende:

- POTENZA;
- BWR;
- GCR;
- impianti di ritrattamento;
- ciclo del combustibile uranio-torio;
- Piante correlate a MOX. **[I/G]**

Le sue attività spaziano da:

- decontaminazione;
- smantellamento;
- trattamento dei rifiuti;
- caratterizzazione;
- supporto per il rilascio finale del sito.

Nucleco gestisce anche i rifiuti radioattivi provenienti da fonti esterne al settore energetico, tra cui quelle mediche, di ricerca e industriali.

Un nuovo programma per i reattori non creerebbe quindi da zero un'industria italiana dei servizi per i rifiuti radioattivi.

La sfida consiste nell'adattare e scalare le capacità di back-end esistenti a una flotta di nuova costruzione e, in futuro, a nuove scorte di combustibile esaurito.

4.21 RINA — infrastruttura di qualificazione anziché fabbricazione di componenti

Il ruolo di RINA è ancora diverso.

L'iniziativa Ansaldo-RINA del luglio 2026 è pensata per guidare le imprese manifatturiere italiane non nucleari attraverso:

- valutazione preliminare;
- analisi delle lacune;
- pianificazione della conformità;
- certificazione;
- qualificazione.

Ciò posiziona RINA come un importante **moltiplicatore di qualifiche industriali** .

RINA sta inoltre collaborando con Fincantieri e newcleo sulla fattibilità della propulsione nucleare marittima utilizzando la tecnologia dei reattori raffreddati a piombo.

RINA appartiene quindi al **gruppo NA-2** :

- Ingegneria/certificazione nucleare;
- qualificazione della catena di fornitura;
- classificazione/interfaccia marittima.

Non si tratta di un produttore OEM di apparecchiature nucleari.

4.22 ENEA — la spina dorsale della ricerca statale

ENEA è il centro istituzionale della ricerca italiana sui reattori avanzati.

Le prove a sostegno della sua efficacia nel 2026 sono particolarmente consistenti nel caso **dei reattori veloci raffreddati a piombo** .

A Brasimone e Casaccia, ENEA ha sviluppato o sostenuto infrastrutture per:

- tecnologia dei metalli liquidi pesanti;
- sicurezza del reattore;
- termoidraulica;
- materiali;
- Qualificazione dei componenti.

Nell'aprile 2026 l'ENEA ha pubblicato i risultati del programma **PASCAL** sulla sicurezza e l'affidabilità dei reattori raffreddati a piombo, compreso il lavoro a supporto del progetto ALFRED.

ENEA è membro, insieme ad Ansaldo Nucleare, SCK CEN e RATEN, del consorzio **EAGLES** e partecipa a:

- ALFREDO;
- EAGLES-300;
- LEANDREA.

Nel febbraio 2026 EAGLES e newcleo hanno concordato di collaborare al progetto LEANDREA, destinato a SCK CEN in Belgio.

La documentazione del programma ENEA 2026 afferma inoltre che l'agenzia collabora con newcleo sullo sviluppo della tecnologia LFR e mantiene la leadership nelle tecnologie dei metalli liquidi pesanti.

PRECURSORE

A Brasimone, ENEA e newcleo stanno sviluppando **PRECURSOR** , un simulatore elettrico non nucleare che riproduce gli aspetti tecnologici, termoidraulici, di monitoraggio e controllo di un reattore raffreddato a piombo.

importanza strategica

ENEA non è un fornitore di reattori.

Il suo ruolo è invece:

- infrastrutture sperimentali;
- ricerca sulla sicurezza;
- sviluppo tecnologico;
- supporto scientifico;
- qualificazione;
- conservazione del sapere nazionale.

Ciò rende ENEA una componente indispensabile del programma, anche se l'Italia dovesse alla fine optare per un LWR-SMR straniero anziché per un LFR di derivazione italiana.

4.23 CIRTEN — la rete accademica di competenza nucleare

CIRTEN è il **Consorzio Interuniversitario per la Ricerca sulle Tecnologie Nucleari** e collega sette università italiane:

- Politecnico di Milano;
- Politecnico di Torino;
- Bologna;
- Padova;
- Palermo;
- Pisa;
- Università Sapienza di Roma. **[I/A]**

La sua ricerca spazia su:

- sicurezza nucleare;
- smantellamento;
- sciupare;
- fissione;
- fusione;
- applicazioni delle radiazioni.

Le stesse università offrono corsi di laurea magistrale e di dottorato, e gli studenti dei programmi di ingegneria nucleare possono accedere al programma EMSNE (European Nuclear Education Network).

CIRTEN non è quindi semplicemente una risorsa educativa.

È il principale meccanismo accademico attraverso il quale l'Italia può ricostruire:

- Competenza in fisica dei reattori;
- termoidraulica;
- analisi della sicurezza;
- competenza sui materiali;
- Dottorati di ricerca in ingegneria nucleare.

Il suo limite è la scala.

La creazione di una flotta nazionale richiederebbe una forza lavoro sostanzialmente più ampia rispetto all'attuale ecosistema di ricerca e formazione.

4.24 newcleo — Proprietà intellettuale relativa a reattori con legami con l'Italia, ma non fornitore di reattori operativi.

newcleo occupa una categoria speciale.

Si tratta di un'azienda che sviluppa reattori avanzati, specializzata nella tecnologia dei reattori veloci raffreddati a piombo e che collabora intensamente con l'ecosistema italiano della ricerca e dell'industria.

Tra le sue attività legate all'Italia figurano gli impianti ENEA di Brasimone e Casaccia, dove sono state sviluppate infrastrutture a supporto della tecnologia dei reattori a piombo liquido.

newcleo ha inoltre aderito alla collaborazione 2026 con il consorzio EAGLES sul **progetto LEANDREA** .

Il programma è quindi concretamente applicabile a livello industriale.

Ma Newcleo non dovrebbe essere classificata come fornitore di un reattore commerciale già disponibile.

Rimane un'azienda **sviluppatrice di reattori** , con traguardi di sviluppo, dimostrazione, concessione di licenze e ciclo del combustibile ancora da raggiungere.

Classificazione industriale:

NA-2 — sviluppatore di reattori avanzati a tutti gli effetti; non un fornitore commerciale operativo di NSSS.

Tale distinzione diventa cruciale nel capitolo 5.

4,25 ASG Superconductors — Produttore strategico italiano di magneti per la fusione nucleare

ASG Superconductors è uno degli esempi più lampanti di tecnologia nucleare italiana ad alto valore aggiunto.

L'azienda ha fornito importanti sistemi di magneti superconduttori per ITER.

La documentazione ITER identifica la partecipazione di ASG al programma europeo sulle bobine a campo toroidale.

In Italia, ASG sta producendo il nucleo magnetico del **DTT** , che comprende **18 magneti toroidali superconduttori** . L'ENEA ha presentato la prima unità completata presso lo stabilimento ASG di La Spezia nel maggio 2025.

Pertanto, ASG dovrebbe essere classificato **NQ-1 per la tecnologia nucleare a fusione/superconduttiva** .

Questa capacità non è direttamente trasferibile alla produzione del recipiente di un reattore LWR.

Ciò riveste tuttavia un'importanza strategica poiché le discipline industriali si sovrappongono in:

- ingegneria estrema;
- materiali;
- tracciabilità;
- precisione;
- criogenia;
- Produzione di componenti di grandi dimensioni.

4.26 Eni — industrializzazione della fusione, non produzione di reattori a fissione

Il ruolo di Eni nel settore nucleare è concentrato nella **fusione nucleare** .

È un partner strategico e investitore in **Commonwealth Fusion Systems** , collabora con ENEA su DTT, lavora con UKAEA sulla tecnologia del ciclo del trizio e mantiene collaborazioni di ricerca con il MIT e istituzioni italiane. **[I]**

Nel 2025 Eni ha rafforzato la relazione con CFS attraverso un accordo commerciale riguardante la futura fornitura di energia elettrica derivante dal programma ARC.

Eni appartiene quindi al panorama industriale nucleare.

Non deve essere considerata un'azienda italiana certificata NSS per la fissione nucleare o un produttore di componenti.

Il suo contributo è:

- capitale;
- sviluppo energetico su scala industriale;
- commercializzazione della fusione;
- Supporto all'ecosistema plasma/fusione.

4.27 Fincantieri — integratore nucleare navale credibile, non ancora cantiere navale qualificato per il nucleare.

Fincantieri ha intrapreso un serio percorso di sviluppo in settori affini al nucleare con newcleo e RINA.

Dal 2023, le aziende stanno studiando la possibilità di sviluppare un **sistema di propulsione nucleare marittima** basato su un reattore compatto raffreddato a piombo.

Nel 2025 Fincantieri e newcleo hanno presentato ulteriori lavori relativi a un concetto di LFR marittimo.

Si tratta di un'attività ingegneristica significativa.

Tuttavia:

- Non esiste alcuna nave Fincantieri a propulsione nucleare;
- Non è stata rilasciata alcuna licenza italiana per reattori marini civili;
- Non si dovrebbe affermare che i cantieri navali siano già qualificati per l'installazione di reattori nucleari solo perché le aziende dispongono di un programma di fattibilità.

Fincantieri appartiene quindi alla **NC-3** .

Il suo potenziale ruolo futuro è considerevole:

- integrazione navale;
- integrazione dei moduli;
- ingegneria strutturale marittima;
- sistemi navali;
- industrializzazione.

Ma il percorso di qualificazione nucleare è ancora da affrontare.

4.28 MAIRE / NEXTCHEM — integrazione industriale attorno al calore nucleare e all'idrogeno

NEXTCHEM di MAIRE ha un accordo di collaborazione esplicito con newcleo riguardante una **"fabbrica elettronica per la chimica a impatto zero sul carbonio".**

Il concetto prevede l'utilizzo della tecnologia dei reattori di newcleo per supportare la produzione di idrogeno e prodotti chimici a basse emissioni di carbonio, mentre Tecnimont contribuisce con la propria competenza ingegneristica. **[I]**

Questo conferisce a MAIRE un autentico punto di riferimento per lo sviluppo industriale legato al settore nucleare.

Ciò non trasforma MAIRE in un produttore di reattori né qualifica automaticamente l'intera sua catena di fornitura EPC per i lavori sulle isole nucleari.

MAIRE dovrebbe pertanto essere classificato **NC-3** :

- Integratore di processi/EPC di elevata rilevanza;
- sviluppo di produzione di calore industriale e idrogeno legato al nucleare;
- Il livello di qualificazione dipenderà dai futuri pacchetti di lavoro.

4.29 Leonardo — azionista strategico con capacità di trasferimento di sistemi, non ancora un fornitore definito di reattori

Leonardo possiede **il 10% di Nuclitalia** .

Nel suo bilancio del 2026, Nuclitalia viene descritta come un polo tecnologico e industriale destinato a supportare:

- ricerca;
- ingegneria;
- sviluppo della catena di approvvigionamento;
- sviluppo commerciale.

Leonardo stesso possiede importanti capacità nei seguenti ambiti:

- elettronica;
- cibernetico;
- comando/controllo;
- sensori;
- sistemi di sicurezza/protezione.

Tuttavia, le prove pubbliche esaminate per questo capitolo non stabiliscono un pacchetto di lavoro definito per la fabbricazione di strumentazione e controllo nucleare o di sistemi di controllo del reattore di classe di sicurezza nell'ambito del programma italiano di costruzione di nuove centrali.

Leonardo appartiene quindi **all'NC-3** .

Il rapporto dovrebbe evitare un errore comune:

La partecipazione azionaria di Nuclitalia non qualifica automaticamente l'intera gamma di prodotti di Leonardo per il settore nucleare.

Un ruolo futuro in:

- protezione informatica;
- sicurezza fisica;
- Istruzione e controllo digitali;
- rilevamento;

richiederebbe licenze e qualifiche specifiche per ciascun reattore.

4.30 Valvole e attuatori: una probabile opportunità di localizzazione, ma una sfida di qualificazione

L'Italia possiede una notevole capacità industriale nella produzione di valvole e apparecchiature per il controllo del flusso.

Attualmente, i membri di AIN includono:

- Valvole ORION;
- Valvitalia;
- altri fornitori di componenti meccanici specializzati.

Valvitalia è un importante produttore italiano di:

- valvole;
- attuatori;
- raccordi;
- sistemi antincendio;

con un'ampia infrastruttura di test.

ORION pubblica qualifiche API, PD, ATEX e SIL.

Tuttavia, le specifiche prove di qualificazione pubblica qui esaminate **non** dimostrano che l'intera linea di prodotti pertinenti di nessuna delle due aziende detenga attualmente la qualificazione nucleare richiesta per le applicazioni SMR di classe di sicurezza.

Perciò:

potenziale industriale: elevato.

Qualificazione nucleare automatica: non dimostrata.

Questa è precisamente la tipologia di fornitore a cui si rivolge il programma di conversione Ansaldo-RINA.

4.31 Saipem e Webuild: la capacità di gestire grandi progetti non deve essere confusa con la qualificazione nucleare.

Sia Saipem che Webuild possiedono capacità potenzialmente rilevanti per la costruzione di nuove centrali nucleari:

- gestione di megaprogetti;
- opere civili complesse;
- costruzione energetica;
- logistica complessa;
- Grande progetto EPC internazionale.

Tali capacità potrebbero rivelarsi strategicamente importanti nei seguenti ambiti:

- isola convenzionale;
- strutture civili;
- sistemi di raffreddamento ad acqua;
- opere marittime;
- preparazione del sito;
- componenti ausiliari dell'impianto.

Tuttavia, le prove esaminate per questo capitolo non dimostrano che l'azienda possieda attualmente una qualifica nucleare a livello globale paragonabile a quella di Ansaldo Nucleare o dei produttori specializzati di NQ-1.

Sono pertanto classificati come **AC-4** in attesa di prove specifiche relative al progetto.

Questa non è una valutazione negativa.

Si tratta di una distinzione relativa agli appalti.

Un'azienda può essere un'impresa edile/EPC di livello mondiale e comunque richiedere:

- Controllo qualità nucleare;
- cultura della sicurezza;
- controllo dei documenti nucleari;
- Saldatore qualificato;
- gestione della configurazione;

- Controlli a cascata del fornitore;

prima di eseguire lavori nucleari relativi alla sicurezza.

4.32 L'esercitazione sulla catena di approvvigionamento del Politecnico di Milano conferma la profondità industriale

Il Gruppo Reattori Nucleari del Politecnico di Milano ha creato un'iniziativa industriale **italiana sulla filiera nucleare per i piccoli reattori modulari (SMR),** con l'obiettivo specifico di valutare la capacità delle aziende italiane di produrre componenti critici per gli SMR.

La valutazione pubblicata evidenzia il continuo coinvolgimento industriale dell'Italia nei progetti nucleari europei/internazionali nonostante l'assenza di produzione nazionale e sottolinea in particolare la partecipazione a:

- Cernavodă;
- Mochovce;
- ITER;
- fornitura di componenti pesanti;
- filiere di produzione di reattori e recipienti a pressione. **[S/A]**

Questa è un'importante prova della profondità industriale.

Ciò non deve essere interpretato come prova che tutte le aziende partecipanti possiedano le stesse qualifiche.

Il valore dell'esercizio risiede proprio nell'identificazione di un **sistema di catena di fornitura** , in cui diverse aziende contribuiscono:

- forgiati;
- lavorazione;
- saldatura;
- test;
- tubature;
- valvole;
- Controllo qualità;
- trasporto.

4.33 Le imprese italiane sono già coinvolte in programmi nucleari stranieri

Uno degli argomenti più validi contro la definizione di industria nucleare italiana come "perduta" è che diverse aziende sono sopravvissute grazie all'esportazione.

Le prove raccolte comprendono:

Cina — Sanmen AP1000

Ansaldo Nucleare produceva componenti principali conformi allo standard ASME III.

Romania — Cernavodă

Ansaldo ha contribuito alla realizzazione delle unità 1 e 2 e continua a essere coinvolto nei progetti di prolungamento della vita operativa e di creazione di nuove unità.

Slovenia — Krško

Ansaldo ha completato gli interventi di ammodernamento e si è aggiudicata un nuovo contratto per lo stabilimento nel 2026.

Fornitura internazionale di EPR/AP1000

Tectubi documenta la produzione a lungo termine di componenti nucleari per centrali nucleari di nuova generazione, compresi i mercati EPR/AP1000.

ITER

Tra i partecipanti italiani documentati figurano:

- Ansaldo Nucleare;
- Walter Tosto;
- Il ruolo storico di Westinghouse Electric Italy/Mangiarotti nell'ITER;
- SIMICO;
- ASG Superconductors.

Questa storia di esportazioni ha preservato capacità che altrimenti sarebbero scomparse dopo il 1987.

4.34 La fusione rappresenta una parte importante della capacità industriale nucleare italiana, ma non può essere conteggiata come capacità di produzione di reattori ad acqua leggera (LWR).

Le statistiche italiane sull'industria nucleare spesso combinano le competenze in materia di fissione e fusione.

Ciò è legittimo quando si misurano le scienze e l'ingegneria nucleare in senso lato.

Diventa fuorviante quando si valuta la predisposizione alla costruzione di un SMR.

Le capacità di ITER/DTT dimostrano eccellenza in:

- magneti superconduttori;
- recipienti sottovuoto;
- gestione a distanza;
- fabbricazione di precisione;
- criogenia;
- materiali specializzati.

Non stabilisce automaticamente la capacità per:

- Autorità di progettazione per reattori LWR, recipienti a pressione;
- fabbricazione di combustibili;
- strumentazione e controllo nucleare autorizzata;
- pompe del refrigerante del reattore;
- Progettazione del nocciolo del reattore.

Pertanto, il rapporto mantiene categorie separate.

leader industriali della fusione

- Superconduttori ASG;
- SIMICO;
- Ansaldo Nucleare;
- Walter Tosto;
- Westinghouse Electric Italia/Mangiarotti;
- Eni;
- HEA.

La fusione dovrebbe essere considerata una **risorsa nazionale ad alta tecnologia parallela** , non la prova che ogni lacuna nella catena di approvvigionamento della fissione sia stata risolta.

4.35 La sovranità sul ciclo del combustibile rimane il più grande ostacolo industriale mancante

Il punto di forza dell'industria italiana risiede nel settore della meccanica.

È più debole nella fase iniziale del ciclo del combustibile del reattore di potenza.

Attualmente l'Italia non possiede una catena commerciale sovrana completa che copra:

- estrazione di uranio;
- conversione;
- arricchimento;
- produzione in serie di moderni elementi combustibili per reattori LWR commerciali.

Ciò crea una dipendenza strategica a prescindere dalla quantità di hardware del reattore localizzato.

Per i reattori LWR-SMR a uranio impoverito (LEU), la dipendenza ricadrebbe su risorse internazionali:

- fornitori di uranio;
- convertitori;
- società di arricchimento;
- venditori di carburante.

Per i progetti dipendenti da HALEU, il problema della dipendenza diventa più complesso.

Per i sistemi LFR/MOX o a combustibile riciclato, il problema industriale e normativo è ancora diverso e potenzialmente più complesso.

Di conseguenza, un'affermazione come "80% di contenuto italiano" sarebbe strategicamente incompleta se non distinguesse:

localizzazione della costruzione di impianti

da

sovranità del ciclo del combustibile .

Il capitolo 5 affronta questo argomento tecnologia per tecnologia.

4.36 La strumentazione e il controllo digitali rappresentano una probabile lacuna in termini di capacità, a meno che non siano collegati a una piattaforma di reattore autorizzata.

L'Italia vanta un'industria elettronica e dell'automazione di lunga tradizione.

Ma **la strumentazione e il controllo digitali nucleari** sono tra le componenti di un reattore più soggette a vincoli di licenza.

Il sistema di strumentazione e controllo digitale di classe di sicurezza richiede:

- architettura di sicurezza deterministica;
- verifica/validazione del software;
- indipendenza;
- Difesa contro i guasti software di causa comune;
- requisiti di sicurezza informatica;
- Standard del ciclo di vita accettati dagli enti regolatori.

Leonardo e altre società italiane potrebbero possedere capacità trasferibili.

Ciò non significa che esista già una piattaforma nazionale di controllo dei reattori di classe di sicurezza.

Per il primo FOAK, la linea di base realistica dovrebbe quindi essere:

- Istruzione e controllo di sicurezza del fornitore del reattore;
- Partecipazione italiana ove possibile;
- Localizzazione progressiva solo dopo l'approvazione da parte dell'ente regolatore/fornitore.

Il tentativo di sostituire una piattaforma di sicurezza consolidata di un fornitore con una sviluppata internamente, al solo scopo di massimizzare il contenuto nazionale, potrebbe aumentare i rischi legati alle tempistiche e alle licenze del FOAK (First Outcomes Act).

4.37 La reale opportunità di localizzazione è molto maggiore nel settore degli impianti ausiliari che in quello della proprietà intellettuale dei reattori.

Per un reattore LWR-SMR straniero maturo, l'Italia potrebbe realisticamente competere per una quota sostanziale degli impianti non proprietari.

Le potenziali aree ad alto contenuto locale includono:

- strutture civili;
- isola convenzionale;
- tubature;
- raccordi;
- valvole;
- scambiatori di calore;
- apparecchiature a pressione;
- impianti elettrici;
- cavo;
- Riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria (HVAC);
- sistemi ausiliari;
- infrastrutture per l'acqua di raffreddamento;
- protezione antincendio;
- gestione dei progetti di costruzione;
- assemblaggio del modulo;
- messa in servizio;
- servizi di smantellamento.

È probabile che le aree di localizzazione più difficili rimangano:

- autorità di progettazione del reattore;
- progettazione di base;
- carburante autorizzato;
- determinati componenti proprietari di classe di sicurezza primaria;
- I&C digitali di sicurezza
- apparecchiature specializzate per il raffreddamento dei reattori;
- proprietà intellettuale specifica del fornitore.

Questa distinzione dovrebbe guidare la politica industriale.

4.38 La qualificazione non può essere creata per decreto

Il governo può:

- qualificazione al finanziamento;
- supporto alla certificazione;
- creare programmi di formazione;
- domanda aggregata;
- negoziare le disposizioni relative ai contenuti locali.

Non può, per via legislativa, dichiarare un'azienda qualificata per il settore nucleare.

La qualificazione viene generata attraverso:

- Sistema di controllo qualità;
- processi sottoposti a verifica;
- tracciabilità dei materiali;
- personale qualificato;
- Qualificazione delle procedure di saldatura;
- Qualifica NDE;
- Conformità ai codici di progettazione;
- registri di produzione;
- controllo dei fornitori;
- Accettazione da parte dell'ente regolatore/fornitore.

Per i componenti di classe di sicurezza, la qualificazione può richiedere anni.

Il programma Ansaldo-RINA riveste pertanto un'importanza strategica perché parte dal presupposto corretto: **la competenza trasferibile richiede una conversione strutturata.**

4.39 I codici nucleari rappresentano una barriera industriale all'ingresso

Le principali famiglie di codici rilevanti per la futura filiera produttiva italiana includeranno probabilmente una combinazione di:

- Sezione III del Codice ASME per caldaie e recipienti a pressione;
- RCC-M;
- RCC-E;
- ISO 19443;
- Controllo qualità specifico del fornitore;
- requisiti normativi nazionali.

La miscela effettiva dipende dal tipo di reattore scelto.

Un SMR derivato dagli Stati Uniti e un SMR derivato dalla Francia potrebbero imporre ecosistemi di codici di produzione sostanzialmente diversi.

Ciò ha una conseguenza importante.

La scelta della tecnologia è anche una scelta della catena di fornitura.

Se l'Italia ritarda troppo a lungo la selezione tecnologica, i fornitori potrebbero investire nella tecnologia sbagliata:

- sistema di codifica;
- qualifiche di saldatura;
- percorso del materiale;
- Controllo qualità digitale;
- processo di produzione.

Pertanto, lo Stato non può elaborare la propria politica industriale indipendentemente dall'approvvigionamento dei reattori.

4.40 Matrice di qualificazione a livello aziendale per la localizzazione di prima fase

Azienda	Lavoro plausibile della prima ondata	Forza delle prove nucleari	Cancello aggiuntivo prima del FOAK italiano
Ansaldo Nucleare	EPC, sistemi, NSSS/BOP, integrazione	Molto alto	Autorità di progettazione specifica per fornitore/progetto
Westinghouse Electric Italia	Attrezzature pesanti NSSS	Molto alto	Ordine specifico del fornitore
Walter Tosto	Strutture pesanti saldate	Alto	Qualifica del codice/fornitore selezionato
ATB	Pressione nucleare/contenimento/contenitori	Molto alto	Approvazione specifica del progetto/fornitore
SIMIC	Strutture/componenti di precisione	Molto alto	Qualificazione specifica del prodotto
FOMAS	Forgiati/anelli	Molto alto	Specifiche del materiale/fornitore
Tectubi	Tubazioni/raccordi nucleari	Molto alto	Stato del fornitore approvato per il progetto
IBF	Tubazioni/raccordi del circuito di raffreddamento	Alto	Verifica del prodotto e del codice
Arvedi AST	Materiali/componenti forgiati	Storicamente molto alto	Rivalidazione del certificato nucleare in corso
Belleli	Apparecchiature/bombole a pressione	Moderato/alto	Audit attuale del codice/fornitore
SIET	Prove termoidrauliche	Molto alto	Qualifica del programma di test
RINA	Certificazione/ingegneria	Alto	ambito di competenza del regolatore/fornitore
Leonardo	Sicurezza informatica/elettronica	Trasferibile	Qualifica in materia di sicurezza nucleare/cibernetica
Fincantieri	Integrazione marittima	Fase di sviluppo	Quadro normativo completo per le licenze nucleari marittime.
MAIRE	Integrazione industriale/BOP	Fase di sviluppo	Controllo qualità nucleare per i pacchetti di lavoro pertinenti

Saipem	EPC/BOP/opere civili	Trasferibile	Controllo qualità/qualificazione del progetto in ambito nucleare
Costruiamo	Strutture civili	Trasferibile	Controllo qualità/qualificazione del progetto in ambito nucleare
Valvitalia	Valvole/attuatori	Trasferibile	Certificazione del prodotto nucleare/approvazione del fornitore
ORIONE	Valvole	Trasferibile	Qualifica specifica nucleare

4.41 È probabile che i colli di bottiglia nella catena di approvvigionamento emergano per primi

È improbabile che il problema dell'Italia sia una totale assenza di capacità di lavorazione dell'acciaio.

I colli di bottiglia critici sono più specifici.

Personale addetto al controllo della qualità nucleare

Personale esperto in grado di gestire:

- Controllo qualità nucleare;
- controllo della configurazione;
- deviazioni;
- concessioni;
- record di carriera;

saranno scarsi.

Saldatura nucleare

Una flotta più grande richiede:

- saldatori qualificati;
- ingegneri saldatori;
- procedure;
- saldatura automatizzata;
- procedure di riparazione;
- ispezione.

NDE

La produzione di classe di sicurezza richiede un aumento sostanziale di personale qualificato:

- test a ultrasuoni;
- radiografia;
- test con liquidi penetranti;
- correnti parassite;
- metodi avanzati di array a fasi.

Disposizione nucleare

Nell'ambito degli appalti industriali ordinari, la sostituzione dei fornitori è più tollerata rispetto alla produzione nucleare.

L'approvvigionamento nucleare richiede:

- fornitori approvati;
- tracciabilità;
- misure anticontraffazione;
- certificati relativi a materiali controllati;
- Dischi di qualità per tutta la vita.

Interfaccia regolatoria

Le aziende italiane, abituate alle esigenze dei fornitori esteri, necessitano comunque di un'interfaccia nazionale con:

- ISIN/futuro ente regolatore;
- MASE;
- autorizzazione ambientale;
- titolare della licenza di progetto.

4.42 Il problema della qualificazione è più rilevante per le PMI che per i grandi gruppi industriali.

Una grande organizzazione industriale può assorbire:

- costo della certificazione;
- personale specializzato nel controllo qualità nucleare;
- lunga fase di qualificazione del cliente;
- ritorno ritardato sull'investimento.

Una PMI specializzata può possedere eccellenti capacità produttive, ma non può giustificare la certificazione nucleare senza un piano di sviluppo credibile.

Ciò crea un classico problema di coordinamento del programma.

Nessun ordine → nessun investimento nella qualificazione.

Assenza di fornitori qualificati → basso contenuto di componenti italiani.

Lo Stato e i principali integratori devono quindi creare una visibilità tempestiva della domanda senza garantire contratti antieconomici.

Tra gli strumenti possibili figurano:

- sovvenzioni per la qualificazione dei fornitori;
- formazione;
- Sostegno al credito all'esportazione;
- giornate dedicate ai fornitori;
- accordi quadro;
- Partecipazione dell'alleanza europea.

L'iniziativa Ansaldo-RINA del luglio 2026 è un primo esempio di questo approccio.

4.43 Cernavodă riveste un'importanza strategica come ponte di qualificazione

Il programma rumeno potrebbe diventare una delle vie più importanti per rafforzare le capacità nucleari italiane prima di una FOAK italiana.

L'iniziativa Cernavodă di Ansaldo, che coinvolge i fornitori, ha riunito oltre 70 aziende italiane per:

- Prolungamento della durata di vita dell'unità 1;
- Completamento delle unità 3 e 4.

Il memorandum allegato descriveva un potenziale finanziamento fino a **2 miliardi di euro** che coinvolgeva SACE, Ansaldo e Nuclearelectrica.

Ciò crea un'opportunità in termini di politica industriale.

Le aziende italiane possono accumulare:

- riferimenti nucleari attuali;
- esperienza di programmazione;
- Registri di controllo qualità;
- familiarità con il fornitore;

prima dell'inizio dei lavori di costruzione residenziale.

Da una prospettiva nazionale-industriale, ciò potrebbe rivelarsi più vantaggioso che attendere il primo ordine italiano.

4.44 L'Italia dovrebbe perseguire, ove possibile, la filosofia "esportare prima di FOAK".

La catena di approvvigionamento non deve attendere l'approvazione del reattore da parte dell'Italia.

La sequenza industriale più razionale è:

2026–2029

Valutare le aziende in base ai progetti europei e nordamericani esistenti.

2028–2032

Incrementare la partecipazione a:

- Cernavodă;
- Nucleare del Regno Unito;
- Nucleare polacco;
- Programma francese;
- Catene di approvvigionamento SMR canadesi/statunitensi;
- ITER/DTT;
- smantellamento.

Foca italiana

Utilizzate fornitori che dispongano già di referenze di esportazione recenti.

Ciò riduce il rischio che la prima unità italiana diventi contemporaneamente:

- un reattore FOAK;
- un regolatore FOAK;
- un sito FOAK;
- e un fornitore FOAK.

Il programma dovrebbe ridurre al minimo il numero di variabili uniche che si verificano simultaneamente.

4.45 La geografia industriale è già concentrata

Le aziende italiane attive nel settore nucleare formano cluster industriali ben definiti.

Liguria / Genova–La Spezia

- Ansaldo Nucleare;
- Ansaldo Energia;
- Leonardo;
- Superconduttori ASG;
- ecosistema Fincantieri.

Punti di forza:

- ingegneria nucleare;
- sistemi energetici;
- navale;
- superconduttività;
- difesa/sicurezza informatica.

Lombardia

- ATB;
- FOMAS;
- industria meccanica pesante;
- Valvole specializzate e metallurgia.

Punti di forza:

- forgiati;
- componenti ad alta pressione;
- produzione di precisione.

Corridoio Emilia-Piacenza

- SIET;
- Tectubi;
- Produzione correlata all'IBF;

- capacità di collaudo/componenti nucleari.

Friuli-Venezia Giulia

- Westinghouse Electric Italia/Monfalcone.

Forza:

- reattore dedicato NSSS per la produzione pesante.

Abruzzo

- Walter Tosto.

Forza:

- grandi strutture nucleari e fabbricazione ad alta integrità.

Umbria

- Arvedi AST/Terni.

Forza:

- Forgiature metallurgiche pesanti.

Lazio

- ENEA Frascati;
- Casaccia;
- DTT;
- istituti di ricerca/gestione dei rifiuti.

Emilia-Romagna / Brasilia

- Infrastruttura tecnologica principale per i reattori nucleari dell'ENEA.

Questa geografia è importante perché l'industrializzazione nucleare non è semplicemente una statistica nazionale.

Competenze, trasporti e formazione sono concentrati a livello locale.

4.46 Le richieste di indennità di lavoro devono distinguere tra i lavori attuali e i lavori derivanti da scenari indotti.

Il lavoro di TEHA/Edison fornisce un utile esempio.

Lo studio ha identificato approssimativamente:

- **2.800 posti di lavoro attualmente sostenuti** e associati alla filiera nucleare specializzata, secondo i dati di riferimento del 2022;
- **117.000 potenziali posti di lavoro diretti, indiretti e indotti** in uno scenario di sviluppo a lungo termine.

Quei numeri non misurano la stessa cosa.

La cifra di 117.000 non può essere descritta come:

- ingegneri nucleari esistenti;
- saldatori disponibili;
- Operatori di impianto pronti per l'assunzione.

Gran parte di esso è modellato:

- occupazione nel settore edile;
- attività indotta;
- domanda indiretta della catena di approvvigionamento.

Questa distinzione è importante ai fini della pianificazione della forza lavoro.

L'Italia potrebbe generare un numero considerevole di posti di lavoro pur continuando a registrare una grave carenza di:

- fisici dei reattori;
- analisti della sicurezza nucleare;
- operatori autorizzati;
- Responsabili del controllo qualità nel settore nucleare;
- esperti di radioprotezione;
- Specialisti in saldatura ASME/RCC-M.

4.47 Il vincolo della forza lavoro è quindi qualitativo prima di essere quantitativo

Una strategia industriale nazionale dovrebbe mantenere indicatori separati per la forza lavoro.

Categoria 1 — sicurezza/regolamentazione nucleare

È il più difficile da sostituire.

Categoria 2 — ingegneria dei reattori

- fisica;
- termoidraulica;
- carburante;
- analisi della sicurezza;
- incidenti gravi.

Categoria 3 — produzione nucleare

- Controllo qualità;
- saldatura;
- NDE;
- controllo dei materiali.

Categoria 4 — edilizia generale

Popolazione molto più ampia e più facile da gestire su larga scala.

Categoria 5 — operazioni

Deve essere addestrato per diversi anni prima di poter entrare in servizio.

Categoria 6 — smantellamento/rifiuti

Le competenze italiane esistenti sono relativamente più solide.

Se queste categorie vengono aggregate in un unico dato relativo ai "posti di lavoro", il programma perde di visibilità sui suoi veri colli di bottiglia.

4.48 La capacità nucleare navale deve rimanere separata dalla prontezza operativa dei reattori terrestri.

L'iniziativa Fincantieri–newcleo–RINA offre all'Italia un percorso credibile verso la ricerca e sviluppo nel settore nucleare marittimo.

Ma l'impiego di armi nucleari in ambito navale comporta requisiti specifici:

- classificazione marina;
- collisione;
- affondamento;
- ingresso nel porto;
- sicurezza;
- responsabilità;
- Protezione dalle radiazioni per l'equipaggio;
- diritto marittimo internazionale;
- salvaguardie;
- pianificazione delle emergenze.

Di conseguenza, il programma navale di Fincantieri dovrebbe essere considerato un **percorso di sviluppo tecnologico industriale** , non come prova che la filiera italiana dei reattori terrestri sia completa.

La stessa distinzione dovrebbe valere anche al contrario: un fornitore di sistemi nucleari terrestri non è automaticamente qualificato per la propulsione navale.

4.49 La posizione strategica più forte dell'Italia potrebbe essere quella di potenza componente dell'Europa

Le evidenze industriali suggeriscono una strategia che non richiede all'Italia di diventare un produttore nazionale completo di reattori nucleari.

L'Italia possiede già punti di forza comparativi difendibili in:

- componenti di pressione;
- forgiati;
- tubazioni/raccordi;
- saldatura;
- test;
- Integrazione EPC;
- botti;
- smantellamento;
- fusione;
- Ricerca e sviluppo sui reattori principali.

Tali capacità possono partecipare a:

- Programmi francesi;
- Nuove costruzioni nel Regno Unito;
- Romania;
- Polonia;
- Canada;
- Stati Uniti;
- futuri SMR europei.

Ciò riduce la dipendenza binaria dal fatto che un FOAK italiano si verifichi nel 2035 o nel 2040.

Una strategia di qualificazione orientata all'esportazione può generare ritorni industriali prima ancora che la produzione di energia interna sia sufficiente.

4.50 La politica industriale non dovrebbe tentare l'autarchia artificiale

Una filiera produttiva sovrana non significa che ogni componente debba essere italiano.

Un requisito obbligatorio di contenuto nazionale può rivelarsi controproducente laddove sostituisca un prodotto locale non collaudato a:

- un componente fornito da un fornitore autorizzato;
- un progetto di riferimento approvato dall'ente regolatore;
- un fornitore seriale affermato.

Per il FOAK, l'obiettivo migliore è:

massimo contenuto italiano qualificato compatibile con l'integrità del progetto di riferimento.

Le unità NOAK possono aumentare progressivamente la localizzazione dopo:

- ottenimento della licenza andato a buon fine;
- Qualificazione dei fornitori;
- apprendimento della produzione.

Ciò riduce il rischio del programma.

4.51 Segmentazione raccomandata della catena di fornitura per gli acquisti

Il programma nazionale dovrebbe suddividere la base industriale in cinque gruppi di approvvigionamento.

Gruppo A: fornitori strategici già qualificati per il settore nucleare.

Esempi:

- Ansaldo Nucleare;
- Westinghouse Electric Italia;
- Walter Tosto;
- ATB;
- SIMICO;
- FOMAS;
- Tectubi;
- SIET.

Priorità:

conservare, espandere ed esportare.

Gruppo B — specialisti in attività nucleari che richiedono una qualifica specifica per il progetto

Esempi:

- IBF;
- Belleli;
- Arvedi AST;
- RINA;
- Fornitori AIN specializzati.

Priorità:

convalidare le certificazioni e mappare la compatibilità dei fornitori.

Gruppo C — infrastrutture nucleari statali/di ricerca

- ENEA;
- Sogin;
- Nucleo;
- CIRTEN.

Priorità:

Integrazione tra normative, ricerca e sviluppo, gestione dei rifiuti, forza lavoro e test.

Gruppo D — sviluppo nucleare avanzato/innovativo

- newcleo;
- Nuclitalia;
- Partnership tra Edison e EDF;
- Aquile.

Priorità:

maturazione tecnologica e selezione verso il basso senza inflazione della prontezza.

Gruppo E — conversione industriale adiacente

- Leonardo;
- Fincantieri;
- MAIRE/NEXTCHEM;
- Valvitalia;
- ORIONE;
- Saipem;
- Costruiamo;
- PMI meccaniche/elettriche in senso più ampio.

Priorità:

qualificazione solo laddove esista un pacchetto di lavoro definito per il reattore.

4.52 Censimento minimo dei fornitori che lo Stato dovrebbe costruire

Prima della selezione del reattore, MASE/MIMIT dovrebbe mantenere un database nazionale controllato contenente, per ogni fornitore:

- identità aziendale;
- proprietà;
- dipendenti;
- fatturato attribuibile specificamente al settore nucleare;
- contratti nucleari attivi;
- ultimo contratto nucleare concluso;
- Riferimenti al reattore/fornitore;
- Certificati ASME;
- Qualifiche RCC-M;
- ISO 19443;
- Esperienza con NQA-1;
- procedure di saldatura;
- Qualifiche NDE;
- Dimensioni/peso massimi del componente;
- area di produzione pulita;
- accesso ai trasporti pesanti;
- riferimenti per l'esportazione;
- Profilo anagrafico della forza lavoro;
- investimenti necessari per la produzione di SMR;
- tempi di consegna;
- dipendenze con punto singolo di guasto.

Ciò sostituirebbe i dati di punta non supportati da prove industriali verificabili.

4.53 Lacune industriali strategiche

Le prove rivelano almeno otto lacune importanti.

1. Nessun produttore OEM di LWR-SMR commerciale maturo indigeno

In Italia sono presenti integratori e produttori di componenti, ma al momento non esiste un fornitore italiano di reattori LWR-SMR commercialmente attivo.

2. Dipendenza dal ciclo del combustibile

Non esiste una catena completa nazionale di arricchimento e fabbricazione di reattori di potenza a scopo commerciale.

3. Dipendenza da I&C per la sicurezza digitale

Probabilmente, per FOAK sarà necessaria una piattaforma collegata al fornitore.

4. Capacità dell'operatore

L'Italia deve ricostruire un'organizzazione nazionale per la gestione di centrali nucleari commerciali.

5. Costruzioni civili qualificate per il settore nucleare su scala industriale.

Esistono importanti costruttori, ma è necessario dimostrare la qualificazione della flotta specifica per il nucleare.

6. Ingegneria dal punto di vista normativo

Il settore industriale potrebbe espandersi più rapidamente rispetto al personale tecnico degli enti regolatori.

7. Produzione in serie di SMR

L'Italia possiede impianti nucleari su misura.

Non ha ancora dimostrato la produzione in serie di decine di moduli di reattore identici.

8. Progetto di riferimento nazionale

La capacità di esportazione esiste anche senza uno stabilimento operativo in Italia, ma alcuni fornitori non possono giustificare nuovi importanti investimenti in capacità produttiva senza un solido portafoglio di ordini nazionali ed europei.

4.54 Cosa potrebbe realisticamente produrre in Italia un LWR-SMR da 300 MWe

Previa approvazione del fornitore, la seguente localizzazione appare industrialmente fattibile.

Alta plausibilità

- opere civili;
- isola convenzionale;
- tubature;
- raccordi;
- acciaio strutturale;
- apparecchiature a pressione;
- forgiati;
- scambiatori di calore selezionati;
- valvole dopo la qualificazione;
- sistemi di cavi/supporti;
- sistemi antincendio;
- installazione;
- test;
- logistica.

Plausibilità media / dipendente dal progetto

- Reattore-recipiente a pressione;
- moduli generatore di vapore;
- moduli di contenimento;
- componenti primarie selezionate;
- sottosistemi digitali;
- pompe specializzate.

Bassa sovranità iniziale

- proprietà intellettuale del reattore;
- progettazione di base;
- gruppi di combustibile autorizzati;
- arricchimento;
- software di sicurezza proprietario;
- Componenti interni di reattori di fornitori specializzati.

Non è possibile stimare con precisione le percentuali prima della selezione della tecnologia.

Qualsiasi affermazione attuale secondo cui "l'X% dell'impianto sarà di produzione italiana" dovrebbe pertanto essere considerata un'aspirazione commerciale piuttosto che un dato di fatto ingegneristico, a meno che non sia accompagnata da una distinta base dettagliata dei componenti.

4.55 Cosa cambia un percorso LFR italiano

Una strategia LFR legata all'Italia produce una mappa industriale diversa.

Ciò aumenterebbe la rilevanza strategica di:

- ENEA;
- Ansaldo Nucleare;
- newcleo;
- Aquile;
- Infrastrutture di Brasilia;
- materiali avanzati;
- componenti in metallo liquido.

Ciò introdurrebbe contemporaneamente requisiti più stringenti e ancora irrisolti, riguardanti:

- carburante;
- chimica del piombo;
- pompe;
- materiali strutturali;
- controllo della corrosione;
- qualificazione;
- licenze;
- storia dimostrativa.

Pertanto, il percorso LFR potrebbe offrire una maggiore sovranità tecnologica italiana, pur comportando un maggiore rischio tecnologico FOAK.

Il percorso LWR-SMR offre il compromesso opposto:

minore sovranità indigena sulla proprietà intellettuale dei reattori, maggiore maturità delle licenze a breve termine.

Tale commercio verrà esaminato nel capitolo 5.

4.56 Conclusioni industriali

L'Italia non ha bisogno di ricostruire l'industria nucleare da zero.

Possiede un vero e proprio nucleo industriale nucleare.

Questo nucleo comprende aziende in grado di dimostrare:

- Produzione nucleare ASME;
- Referenze internazionali di nuove costruzioni;
- componenti di classe di sicurezza;
- forgiature nucleari;
- tubazioni del reattore;
- contenitori per combustibile esaurito;
- test nucleari;
- modifiche all'impianto operativo;
- smantellamento;
- produzione di componenti per la fusione.

Le prove più solide provengono da aziende come:

Ansaldo Nucleare, Westinghouse Electric Italy, Walter Tosto, ATB Riva Calzoni, SIMIC, FOMAS, Tectubi Raccordi e SIET.

Attorno a questo nucleo si trovano autentiche organizzazioni che si occupano del ciclo di vita e della ricerca nucleare:

Sogin, Nucleco, ENEA, CIRTEN, RINA, ASG Superconductors, newcleo e le piattaforme industriali Nuclitalia/Edison.

Oltre a queste, si estende una cerchia molto più ampia di aziende in possesso di competenze preziose, ma non automaticamente qualificate per il settore nucleare:

Leonardo, Fincantieri, MAIRE/NEXTCHEM, i principali produttori di valvole, Saipem, Webuild e l'industria meccanica italiana in generale.

L'errore strategico sarebbe quello di unire tutti e tre gli anelli nell'affermazione principale secondo cui l'Italia ha "500 aziende nucleari".

No.

L'affermazione opposta, ovvero che quattro decenni senza produzione interna abbiano distrutto la capacità industriale nucleare italiana, è altrettanto errata.

Si tratta di proposte diverse.

Le prove raccolte supportano la seguente conclusione:

L'Italia possiede un nucleo industriale nucleare di dimensioni ridotte ma eccezionalmente capace, un ecosistema nucleare specializzato più ampio, composto da circa settanta organizzazioni, e una popolazione industriale ben più numerosa che potrebbe essere convertita solo attraverso investimenti, certificazioni, normative, qualificazione dei fornitori e una visibilità costante degli ordini.

Ai fini della pianificazione governativa, questo dato è più incisivo di una cifra generica perché identifica ciò che può essere effettivamente acquistato.

Il compito industriale tra il 2026 e la prima FOAK italiana non è quindi semplicemente quello di “creare una filiera”.

Si tratta di eseguire quattro diverse operazioni:

preservare il nucleo qualificato esistente;

utilizzare i programmi nucleari stranieri per approfondire i riferimenti attuali;

qualificare produttori limitrofi accuratamente selezionati;

ed evitare di imporre la localizzazione laddove ciò aumenti il rischio di violazione delle licenze FOAK.

Il vantaggio comparativo industriale dell'Italia è potenzialmente considerevole, anche senza che essa diventi un produttore di reattori a pieno titolo e senza alcun controllo statale.

Se le politiche saranno rigorose, l'Italia potrebbe emergere come uno dei principali fornitori europei di componenti nucleari, ingegneria, collaudo, servizi per l'intero ciclo di vita e tecnologie per reattori avanzati, indipendentemente dal fatto che il suo primo reattore nazionale ottenga la licenza nel 2035, nel 2038 o successivamente.

CAPITOLO 4 — REGISTRO DELLA SORGENTE DI CARICO

Censimento industriale e baseline della catena di approvvigionamento

S1 — Edison / Ansaldo Nucleare / Gruppo TEHA, 7 settembre 2024. Identifica 70 aziende nucleari italiane specializzate, un valore di 457 milioni di euro legato al nucleare e circa 2.800 posti di lavoro supportati nel 2022; modella separatamente un impatto economico di 50,3 miliardi di euro e 117.000 posti di lavoro diretti/indiretti/indotti in uno scenario di implementazione nucleare a lungo termine.
Edison — Il nuovo nucleare in Italia: studio industriale ed economico

S2 — Politecnico di Milano, Gruppo Reattori Nucleari, *Filiera Nucleare Italiana per Reattori Modulari di Piccola Taglia* . Studio di mappatura industriale e produzione di componenti per SMR.
Politecnico di Milano — Filiera Nucleare Italiana per SMR

I1 — Associazione Italiana Nucleare — membri collettivi attuali.
AIN — membri collettivi

Aziende di servizi, sviluppatori e integratori

I2 — Enel, 14 maggio 2025 — creazione di Nuclitalia. Enel 51%, Ansaldo Energia 39%, Leonardo 10%; focus iniziale sulle tecnologie SMR mature raffreddate ad acqua e sulle partnership industriali.
Enel — Costituzione di Nuclitalia

I3 — Ansaldo Nucleare — capacità nucleari aziendali. EPC, integrazione di sistemi, nuove costruzioni, smantellamento, gestione dei rifiuti, reattori avanzati e fusione.
Ansaldo Nucleare — Offerta nucleare

I4 — Ansaldo Nucleare — nuovi progetti di riferimento. Componenti AP1000 Sanmen ASME III, unità 1-2 di Cernavodă e programma rumeno in corso.
Ansaldo Nucleare — Nuove costruzioni nucleari

I5 — Ansaldo Energia — Comunicati stampa sul nucleare per il 2026. Aggiornamenti di Krško, ITER e programma italiano per la catena di fornitura.
Comunicati stampa di Ansaldo Energia per il 2026

I6 — Ansaldo Nucleare, 16 aprile 2024 — Cernavodă Supplier Day. Oltre 70 aziende italiane; quadro di finanziamento SACE/Ansaldo/Nuclearelectrica fino a 2 miliardi di euro.
Ansaldo Nucleare — Opportunità per la filiera italiana in Romania

I7 — Leonardo — Partecipazione a Nuclitalia.
Leonardo — Report aziendale 2025/2026 su Nuclitalia

produzione nucleare pesante

I8 — Westinghouse Electric Company, 3 marzo 2026. Mangiarotti rinominata Westinghouse Electric Italy; circa 300 dipendenti; centro di produzione nucleare dedicato per le apparecchiature pesanti AP1000, AP300 e NSSS. Westinghouse — Westinghouse Electric Italy

I9 — Walter Tosto — storia industriale aziendale. Contratto per il recipiente a vuoto ITER, certificazione ASME N, officina nucleare dedicata. Walter Tosto — Storia dell'azienda

I10 — Organizzazione ITER — Produzione europea di recipienti a vuoto. Consorzio Ansaldo Nucleare, Mangiarotti e Walter Tosto AMW. ITER — Produzione di recipienti a vuoto in Italia

I11 — ATB Riva Calzoni — apparecchiature nucleari. Recipienti del reattore, pressurizzatori, apparecchiature a pressione per isole nucleari e contenitori per materiali radioattivi.
ATB — Apparecchiature nucleari pesanti

I12 — ATB/SIMIC, 28 luglio 2026. Contratto per componenti di recipienti di contenimento ASME Sezione III.
ATB — Contratto per componenti nucleari 2026

I13 — SIMIC — portafoglio di produzione per la fusione e il nucleare. Bobine del campo toroidale ITER, piastre radiali e strutture del divertore. SIMIC — Fusione e Fissione Nucleare

I14 — Gruppo FOMAS, documentazione sulla produzione di energia nucleare del 2026. Cinque decenni di fucinature nucleari e storia dell'organizzazione dei materiali ASME.
FOMAS — Produzione di energia / Capacità nucleare

I15 — Arvedi AST — applicazioni nucleari. Componenti forgiati per reattori, generatori di vapore, pressurizzatori e scorie nucleari. Arvedi AST — Applicazioni di forgiatura

I16 — Rapporto Arvedi AST 2024. La certificazione ASME NCA-3800 Material Organisation è stata registrata come valida fino al 2025; il rinnovo in corso richiede pertanto conferma.
Arvedi AST — Rapporto aziendale 2024

Tubazioni, raccordi, apparecchiature a pressione

I17 — Tectubi Raccordi — Sistema di qualità e certificazione 2026. Norme di qualità ISO 19443 e ASME Sezione III NCA, qualificazione EDF.
Tectubi Raccordi — Certificazioni di qualità e nucleari.

I18 — Allied Group / Tectubi — capacità produttiva. Raccordi di qualità nucleare e curve pesanti.
Allied Group — Tectubi Raccordi

I19 — IBF / Tubacex — capacità di prodotto nucleare. Tubazioni nucleari e applicazioni per il controllo della pressione.
IBF — Nucleare

I20 — IBF — Componenti speciali per circuiti di raffreddamento. Tubazioni calde, tubazioni fredde, linee di sovrapressione e raccordi speciali.
IBF — Gamma di prodotti

I21 — Belleli Energy — apparecchiature nucleari ed energetiche. Capacità di generazione di vapore, recipienti a pressione e contenitori metallici.
Belleli Energy — Nucleare ed Energia

Test, qualificazione e certificazione

I22 — SIET — storia istituzionale e capacità di test nucleari. Fondato da ENEA/CISE per i test di sicurezza nucleare; sistema NQA-1 e referenze di fornitori/regolatori internazionali.
SIET — Storia dei test nucleari

I23 — RINA / Ansaldo Energia, 27 luglio 2026. Programma specificamente destinato a qualificare le imprese italiane non ancora attive nel settore nucleare.
RINA — Programma italiano per la filiera nucleare Ansaldo Energia/RINA

Smantellamento e rifiuti

G1 — Sogin — attuale missione istituzionale. Operatore statale per lo smantellamento e lo smaltimento dei rifiuti radioattivi; responsabilità del Deposito Nazionale.
Sogin — Informazioni sul Gruppo

G2 — Sogin — attività attuali del ciclo nucleare. Quattro centrali nucleari, impianti del ciclo del combustibile, reattore di ricerca e programma di gestione dei rifiuti radioattivi.
Sogin — chiusura del ciclo nucleare italiano.

I24 — Nucleco — smantellamento nucleare. Oltre 30 anni di esperienza nello smantellamento di reattori PWR/BWR/GCR e del ciclo del combustibile.
Nucleco — Smantellamento nucleare

Ricerca, reattori avanzati e fusione nucleare

G3 — ENEA, febbraio 2026 — Programma LEANDREA di EAGLES/newcleo.
ENEA — EAGLES e newcleo su LEANDREA

G4 — ENEA, aprile 2026 — Qualifica PASCAL e LFR.
ENEA — Qualifica per reattori di quarta generazione.

G5 — ENEA/newcleo — Programma PRECURSOR a Brasimone.
ENEA — Simulatore del reattore principale PRECURSOR.

A1 — CIRTEN — Consorzio universitario italiano per la ricerca nucleare.
CIRTEN — Consorzio per la ricerca sulle tecnologie nucleari.

A2 — CIRTEN — programmi di formazione nucleare.
CIRTEN — Formazione nucleare

G6 — ENEA, maggio 2025 — Programma di magneti DTT di ASG Superconductors. Diciotto magneti superconduttori a campo toroidale.
ENEA — Primo magnete DTT completato da ASG

I25 — Organizzazione ITER — Partecipazione di ASG/SIMIC alle bobine TF di ITER.
ITER — Produzione europea di bobine ITER

I26 — Eni — collaborazioni nel campo della fusione. Programmi CFS, DTT, UKAEA e correlati al MIT.
Eni — Programmi di fusione a confinamento magnetico.

Applicazioni nucleari navali e industriali

I27 — Fincantieri/newcleo/RINA — studio di fattibilità per la propulsione nucleare navale.
Fincantieri — Programma di fattibilità per la propulsione nucleare navale.

I28 — Fincantieri/newcleo, 2025 — concetto di sviluppo di reattori LFR marittimi.
Collaborazione Fincantieri — newcleo per un reattore marittimo.

I29 — Cooperazione MAIRE / NEXTCHEM — newcleo. Concetto di produzione di prodotti chimici/idrogeno a impatto zero in termini di emissioni di carbonio, alimentato da energia nucleare.
Programma MAIRE — NEXTCHEM/newcleo.

Industria delle valvole adiacente

I30 — Valvitalia — valvole industriali, attuatori, raccordi e capacità di collaudo.
Valvitalia — Capacità aziendali

I31 — Valvole ORION — portfolio di certificazioni pubblicate.
Valvole ORION — Qualifiche e certificati

CAPITOLO 5 — LA REALTÀ GLOBALE DI SMR/AMR E LE PROGETTI CHE L'ITALIA PUÒ CONCRETAMENTE SCEGLIERE

5.1 Risultati esecutivi

Nel settembre 2026, il mercato globale dei reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) non sarà più un mercato puramente concettuale, ma non sarà nemmeno ancora un mercato commerciale maturo in cui l'Italia potrà scegliere tra diverse flotte di reattori pienamente collaudate e prodotte in serie.

Solo un numero molto ristretto di progetti di reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) ha accumulato una reale esperienza operativa commerciale. L'AIEA identifica il reattore russo **Akademik Lomonosov** , basato su due reattori KLT-40S, come operativo commercialmente dal maggio 2020, e il reattore cinese **HTR-PM** come operativo commercialmente dal dicembre 2023. Il rapporto dell'AIEA del 2025 li ha comunque definiti come i principali riferimenti operativi commerciali al mondo per i reattori SMR. **[I]**

Un secondo gruppo ha ora compiuto progressi significativi, andando ben oltre PowerPoint.

cinese **ACP100/Linglong One** da 125 MWe risulta ancora in fase di pre-commissioning a settembre 2026, anziché essere già entrato in funzione a livello commerciale. **[I/S]**

canadese **BWRX-300 di Darlington** è attualmente in fase di costruzione. La Commissione canadese per la sicurezza nucleare ha rilasciato la licenza di costruzione nell'aprile 2025; il primo importante blocco regolamentare della costruzione è stato rimosso nel marzo 2026; OPG ha installato la base dell'edificio del reattore nell'aprile 2026; e la domanda di licenza di esercizio è stata presentata nel marzo 2026. OPG continua a puntare all'entrata in servizio entro la fine del 2030. **[I]**

Gli Stati Uniti hanno superato una soglia analoga nella tecnologia avanzata non ad acqua leggera quando la NRC ha rilasciato al progetto **Natrium di TerraPower** il permesso di costruzione nel marzo 2026. La costruzione nucleare è iniziata nell'aprile 2026. Natrium non è quindi semplicemente un reattore al sodio concettuale; è un progetto di costruzione autorizzato, sebbene richieda ancora una licenza di esercizio e dipenda da una nascente catena del combustibile HALEU. **[I]**

il progetto **Xe-100** ha compiuto progressi significativi. Il progetto Long Mott, composto da quattro moduli e proposto da X-energy, è attualmente in fase di revisione da parte della NRC per l'ottenimento del permesso di costruzione; entro settembre 2026 la valutazione ambientale aveva raggiunto il FONSI (Final Outcomes Net Study), l'ACRS (Administrative

Commission of Reactors) aveva avviato la revisione della sicurezza del reattore e l'udienza obbligatoria si è tenuta il 22 settembre. Alla scadenza, non era ancora stata emessa una decisione definitiva sul permesso di costruzione. **[I]**

Diversi concorrenti occidentali nel settore dei motori raffreddati ad acqua rientrano in una terza categoria: programmi normativi seri senza una prima unità commerciale operativa o in fase di costruzione.

Questi includono:

- **Holtec SMR-300** ;
- **Westinghouse AP300** ;
- **Rolls-Royce SMR** ;
- **NuScale US460** ;
- **sistema EDF NUWARD** riprogettato .

I loro livelli di maturità differiscono in modo significativo.

Holtec ha completato la Fase 2 del GDA (General Development Act) nel Regno Unito nel marzo 2026 e ha presentato la prima parte della domanda di permesso di costruzione negli Stati Uniti per due unità Palisades SMR-300. **[I/G]**

Il progetto AP300 di Westinghouse rimane in fase di pre-approvazione presso la NRC, anziché essere sottoposto a una formale procedura di certificazione del progetto. **[I]**

Il reattore modulare di piccole dimensioni (SMR) di Rolls-Royce si trova nella Fase 3 della GDA (General Development Agency) del Regno Unito e, aspetto fondamentale, ha superato la fase di gara di progettazione nel 2026, quando Great British Energy–Nuclear ha stipulato un contratto per tre unità a Wylfa. Non è ancora un reattore operativo né in fase di costruzione, ma dispone di un programma di implementazione sostenuto dallo Stato. **[G/I]**

sistema US460 a sei moduli di NuScale ha ottenuto l'approvazione del progetto standard della US NRC nel maggio 2025, ma nessun progetto commerciale US460 era in costruzione alla data limite. **[I]**

il progetto NUWARD riprogettato da EDF si è allontanato dal progetto originale per adottare un'architettura PWR più convenzionale, utilizzando componenti tecnologici collaudati. Entro il 2026, EDF ha descritto una piattaforma con una potenza fino a circa 400 MWe, con la progettazione concettuale prevista per il completamento nel 2026 e la commercializzazione negli anni 2030. È quindi strategicamente rilevante per l'Italia, soprattutto in virtù dell'accordo tra Edison, EDF e l'industria italiana, ma non è ancora un progetto concesso in licenza. **[I]**

Le opzioni italiane per i reattori avanzati, legate a progetti nazionali, sono più indietro nella fase di implementazione, ma potenzialmente più importanti per la sovranità tecnologica.

LFR-AS-200 di newcleo è un reattore veloce raffreddato a piombo da 200 MWe progettato per utilizzare combustibile MOX. La NRC statunitense ha avviato

un'interazione preliminare con newcleo nel marzo 2026, che ha incluso una discussione separata sulla fabbricazione del combustibile MOX. **[I]**

EAGLES-300 , guidato da Ansaldo Nucleare, ENEA, RATEN e SCK CEN, è un programma europeo per un reattore veloce raffreddato a piombo da 300 MWe. È entrato in un'iniziativa internazionale di pre-licenza coordinata dall'AIEA, ma la roadmap dichiarata prevede i dimostratori LEANDREA e ALFRED prima della messa in funzione commerciale di EAGLES-300, attualmente prevista per il **2039. [I/G]**

Queste distinzioni determinano la scelta italiana.

Se l'obiettivo nazionale è quello di avere un FOAK credibile il prima possibile entro il 2030, la famiglia di progetti più rilevante al momento è quella dei reattori modulari di piccole dimensioni **(SMR) ad acqua leggera occidentali** , perché utilizzano combustibile LEU convenzionale, una consolidata regolamentazione dei reattori ad acqua, catene di approvvigionamento mature e, nel caso del BWRX-300, prove concrete della sua costruzione.

Se l'obiettivo nazionale è una maggiore proprietà tecnologica italiana e una maggiore capacità nel ciclo del combustibile avanzato, **i reattori veloci raffreddati a piombo** offrono una partecipazione intellettuale e industriale nazionale molto più consistente, ma l'Italia deve accettare una tempistica più lunga e un rischio materialmente maggiore in termini di combustibile, materiali, licenze e FOAK (First Ordnance Akation, primo incendio).

Non si tratta di opzioni tecnologiche equivalenti.

Il mandato di messa in servizio richiede esplicitamente che questo capitolo distingua le apparecchiature effettivamente in grado di produrre energia elettrica dalle licenze, dalla costruzione e dai progetti teorici, e che analizzi sia la **fascia 50-200 MWe** sia la **classe di circa 300 MWe** , sempre più oggetto di discussione nelle politiche italiane.

5.2 Classificazione della prontezza utilizzata in questo capitolo

Per evitare un'inflazione dei livelli di maturità, il rapporto utilizza sette classi distinte di stato tecnologico.

Classe	Senso
R6 — Attività commerciale	Il reattore produce elettricità a livello commerciale.
R5 — Messa in servizio / funzionamento pre-commerciale	La costruzione è praticamente completata; sono in corso le fasi di collaudo.
R4 — Costruzione nucleare	Autorizzata la costruzione della centrale nucleare, che è già in corso.
R3 — Licenza di costruzione / progetto di implementazione consolidato	Esiste l'autorizzazione alla costruzione oppure il progetto ha superato la soglia di attuazione vincolante equivalente
R2 — Approvazione del progetto / revisione normativa avanzata	Progetto approvato o in fase di valutazione sostanziale per l'ottenimento della licenza; nessuna costruzione di reattori commerciali
R1 — Pre-licenza / sviluppo del progetto	Coinvolgimento formale dell'ente regolatore, ma nessuna licenza di costruzione/progettazione.
R0 — Concetto / sviluppo iniziale	Programma di ingegneria/ricerca e sviluppo privo di una solida base normativa.

La differenza tra R2 e R4 è più importante delle descrizioni di marketing del fornitore, come ad esempio "pronto per la distribuzione".

Un reattore che ha ricevuto un'approvazione generica del progetto ha dimostrato qualcosa di importante riguardo al **progetto stesso** .

Non è stato dimostrato:

- costo di costruzione;
- durata della costruzione;
- prestazioni di messa in servizio;
- affidabilità operativa;
- produzione modulare su scala di flotta.

5.3 La realtà globale al momento del taglio

Operativo a livello commerciale

Akademik Lomonosov — Russia
Due moduli reattore KLT-40S raffreddati ad acqua su una piattaforma galleggiante; operatività commerciale da maggio 2020. **R6.**

HTR-PM —
Sistema di reattore a letto di sfere raffreddato a gas ad alta temperatura, prodotto in Cina; operativo commercialmente dal dicembre 2023. **R6.**

Pre-commissioning / costruzione in fase avanzata

ACP100 / Linglong One — Cina,
reattore PWR integrale da 125 MWe; la costruzione è iniziata nel 2021; la pre-messa in servizio è ancora in corso al termine della fase operativa. **R5.**

Costruzione nucleare vera e propria

BWRX-300 —
Costruzione dell'unità 1 di Darlington, Canada, su licenza canadese; lavori di costruzione civile dell'edificio del reattore in corso. **R4.**

Natrium —
Reattore veloce al sodio da 345 MWe degli Stati Uniti; permesso di costruzione rilasciato dalla NRC nel marzo 2026; inizio della costruzione nucleare nell'aprile 2026. **R4.**

Revisione del permesso di costruzione / implementazione anticipata

Xe-100 —
Progetto Long Mott a quattro moduli degli Stati Uniti, attualmente in fase di revisione del permesso di costruzione da parte della NRC. **Confine R2/R3; non ancora autorizzato alla costruzione.**

Holtec SMR-300 — Stati Uniti.
Richiesta di autorizzazione per le unità 1-2 di Palisades Pioneer accettata in forma graduale; i lavori preliminari limitati stanno procedendo, ma il permesso completo per la costruzione nucleare non è ancora stato rilasciato. **R2/R3.**

Maturità progettuale/normativa in assenza di costruzioni commerciali in corso

NuScale US460 — Approvazione di progettazione standard statunitense rilasciata a maggio 2025. **R2.**

Rolls-Royce SMR — Regno Unito
UK GDA Fase 3; contratto di sviluppo per tre unità Wylfa. **R2/R3.**

AP300 — Coinvolgimento preliminare della NRC degli Stati Uniti. **R1.**

NUWARD — **La Francia** ha riprogettato il programma concettuale/di sviluppo del progetto per un reattore PWR; nessuna licenza di costruzione. **R1.**

Sviluppo di reattori avanzati

newcleo **LFR-AS-200** — Pre-domanda di approvazione NRC per il programma europeo/statunitense; discussioni sull'impianto di combustibile MOX; nessuna licenza di costruzione del reattore. **R1.**

EAGLES-300 — **Programma europeo:** tabella di marcia internazionale per la pre-autorizzazione e la dimostrazione; obiettivo di implementazione commerciale 2039. **R1.**

Ecco il punto cruciale per una verifica della realtà:

Il mercato occidentale dei reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) è passato dalla fase di progettazione concettuale a quella di concessione di licenze e costruzione effettiva, ma al momento della scadenza del periodo di transizione, solo un progetto commerciale di SMR occidentale, il BWRX-300, era fisicamente in fase di costruzione nucleare autorizzata.

Anche Natrium è in costruzione, ma appartiene alla classe dei reattori avanzati, che richiedono competenze tecniche e cicli del combustibile più complessi.

5.4 Matrice di progettazione consolidata

Progetto	Paese/fornitore	Produzione	Liquido refrigerante / spettro	Carburante/arricchimento	Stato al 26 settembre 2026	prove della prima unità	Link italiano	Protagonista principale dello spettacolo italiano
BWRX-300	USA/Giappone — GE Vernova Hitachi	~300–327 MWe	Acqua bollente leggera / termica	GNF2 LEU, ≤5%	Costruzione R4	Darlington, obiettivo di servizio entro la fine del 2030	Catena di fornitura italiana potenzialmente localizzabile; non è stato individuato alcun accordo specifico con fornitori italiani.	L'Italia sarebbe comunque il primo paese a rilasciare licenze nazionali; tecnologia BWR/dipendenza dal combustibile locale
Holtec SMR-300	USA — Holtec	~300–320 MWe	PWR / termico	UO_2, ≤5%	R2/R3	Progetto Palisades Pioneer, obiettivo: inizio anni 2030	l'industria pesante italiana potenzialmente compatibile	Il progetto è ancora in fase di sviluppo; non è ancora stata rilasciata la prima licenza per la costruzione di una centrale nucleare.
AP300	Stati Uniti — Westinghouse	~300–330 MWe	PWR / termico	Carburante LEU derivato dall'AP1000	R1	Nessuna prima pianta	Westinghouse Electric Italy, importante stabilimento produttivo.	Nessun progetto approvato/nessun progetto di costruzione ancora

NUWARD	Francia — EDF/NUWARD	fino a ~400 MWe	PWR / termico	Architettura LEU convenzionale della flotta EDF; compatibilità MOX discussa	R1	Unità capofila prevista in Europa/ Francia negli anni 2030.	Molto forti: Edison, Ansaldo, MAIRE, fornitori italiani	Riprogettazione importante prevista per il 2024; nessun riferimento a licenze completate.
Rolls-Royce SMR	Regno Unito	470 MWe	PWR/ termico a 3 circuiti	UO_2, ≤4,95%	R2/R3	Tre unità contrattuali a Wylfa	è stato individuato alcun principale partner tecnologico italiano.	Sopra il riferimento politico italiano da 300 MWe; progetto non ancora approvato/operativo
NuScale US460	NOI	77 MWe/ modulo; impianto da 462 MWe	PWR/ termico integrato	LEU convenzionale	R2	Approvazione del progetto standard NRC; nessuna costruzione	Coinvolgimento tecnico storico di Ansaldo nell'analisi NuScale SG	Prima missione statunitense persa; nessun FOAK attualmente in costruzione.
Xe-100	USA — Energia X	80 MWe/ modulo; 320 MWe per confezione da quattro	Elio / HTGR termico	TRISO HALEU ~15,5%	R2/R3	Recensione di Long Mott CP	Non è stato individuato alcun legame industriale significativo con l'Italia.	Catena di approvvigionamento HALEU/TRISO; nuove licenze/operazioni HTGR
Natrio	USA — TerraPower/GEH	345 MWe, aumento dello stoccaggio a ~500	Sodio / rapido	combustibile metallico HALEU	Costruzione R4	Kemmerer Construction	Nessun forte collegamento con i reattori italiani	HALEU e la tecnologia dei reattori veloci al sodio: un balzo in avanti per l'Italia nel processo di autorizzazione.

newcleo LFR-AS-200	Guidato dall'Italia / Europeo	200 MWe	Mostra / veloce	MOX	R1	Nessuna costruzione di reattore di potenza	Elevatissimo livello di ricerca e sviluppo e di legami industriali in Italia.	Impianto MOX, qualificazione della tecnologia principale, nessuna referenza commerciale
EAGLES-300	UE — Italia/Belgio/Romania	300 MWe	Mostra / veloce	Combustibile per reattori veloci in fase di qualificazione/percorso a ciclo chiuso	R1	LEANDREA poi ALFRED; obiettivo commerciale 2039	Massima partecipazione istituzionale italiana	Richiede due fasi dimostrative e la qualificazione del carburante/materiale
ACP 100	Cina — CNNC	125 MWe	PWR/ termico integrato	LEU convenzionale	R5	Pre-commissioning di Linglong One	Nessun materiale	Fornitore cinese/geopolitica, trasferimento della certificazione, dipendenza dall'approvvigionamento
HTR-PM	Cina	Potenza di progetto di circa 200 MWe	Elio/termico	Carburante TRISO	R6	Commerciale da dicembre 2023	Nessuno	Tecnologia/proprietà intellettuale/carburanti/geopolitica cinese; basso livello di maturità operativa
SMART100	Corea – KAERI	110 MWe	PWR/ termico integrato	Combustibile convenzionale per reattori ad acqua leggera (LWR).	Linea di discendenza approvata da R2/design	Nessun impianto commerciale	Non è stato individuato alcun collegamento industriale significativo con l'Italia.	Nessun riferimento operativo; il programma nazionale coreano è ancora in fase di sviluppo.
KLT-40S	Russia — Rosatom/ OKBM	35 MWe/ modulo	PWR / termico	LEU di derivazione navale russa	R6	Akademik Lomonosov	Nessuno	Dipendenza strategica/da fornitore; architettura

								galleggiante/derivata dal settore navale.
Famiglia RITM-200	Russia	Classe ~50–60 MWe	PWR / termico	ciclo del carburante russo	implementazione/in fase di costruzione	Yakutia/programmi galleggianti	Nessuno	Dipendenza geostrategica e da fornitori di carburante

La tabella include volutamente tecnologie che esulano dalla definizione sintetica della politica italiana sui 300 MWe, in quanto forniscono prove di riferimento essenziali.

5.5 BWRX-300 — attualmente il riferimento di costruzione più forte del West

Il BWRX-300 è un reattore ad acqua bollente a circolazione naturale sviluppato da GE Vernova Hitachi.

GE Vernova descrive il progetto come approssimativamente:

- **300 MWe netti** ;
- **870 MWth** ;
- circolazione naturale;
- Isolamento passivo - sicurezza del condensatore;
- Durata di progetto di 60 anni;
- Intervallo di rifornimento di 12-24 mesi. **[I]**

Il documento di licenza canadese descrive l'unità proposta da Darlington a circa **327 MWe** a fini regolamentari. **[I]**

La differenza non è una contraddizione: la denominazione "classe 300 MWe" del fornitore e i valori lordi/netti/regolamentari specifici del progetto non sono sempre identici.

Carburante

Il BWRX-300 utilizza **il combustibile per reattori ad acqua bollente GNF2, già ampiamente utilizzato a livello commerciale** .

GE Vernova afferma che il carburante è già ampiamente utilizzato nelle flotte e non **richiede HALEU** . I documenti della NRC relativi al progetto identificano il LEU convenzionale con un arricchimento fino a circa il 5%. **[I]**

Questo è strategicamente importante.

L'Italia non avrebbe bisogno di creare un nuovo programma di qualificazione delle tecnologie dei combustibili per il FOAK.

Rimarrebbe comunque dipendente dall'estero:

- approvvigionamento di uranio;
- conversione;
- arricchimento;
- Fabbricazione/licenza di combustibile GNF.

Stato dei lavori

Darlington rappresenta la più importante testimonianza di riferimento occidentale a disposizione dell'Italia.

La CNSC ha rilasciato la licenza di costruzione nell'aprile del 2025.

Entro l'estate del 2026:

- Lo scavo per la costruzione del reattore era sufficientemente completo per consentire la posa della base;
- I lavori di costruzione civile procedevano;
- era già stata presentata una domanda di licenza di esercizio. **[I]**

OPG punta ad avere la prima unità in servizio entro **la fine del 2030** .

Perché è importante per l'Italia

Fornisce:

- un regolatore di riferimento occidentale;
- Apprendimento effettivo dei costi/tempi di FOAK;
- carburante LEU convenzionale;
- sponsorizzazione di servizi pubblici su scala industriale;
- un piano di flotta composto da quattro unità;
- Collaborazione nella progettazione tra Canada, Stati Uniti e Polonia.

gancio industriale italiano

Il legame diretto con l'Italia è più debole rispetto a quello con NUWARD o EAGLES.

Tuttavia, l'architettura BWR convenzionale del progetto è compatibile con alcune parti della filiera produttiva italiana:

- FOMAS;
- Tectubi;
- ATB;
- Walter Tosto;
- SIMICO;
- Westinghouse Electric Italy solo laddove gli accordi con i fornitori lo consentano;

- Ansaldo Nucleare come potenziale partner locale per l'ingegneria e l'integrazione.

Nessuna delle prove primarie esaminate per questo capitolo stabilisce un accordo formale di localizzazione del BWRX-300 in Italia.

Tale distinzione non dovrebbe essere inventata.

Spettacolari

- Il sistema di licenze italiano è ancora relativamente nuovo;
- La localizzazione della catena di approvvigionamento di GEH richiederebbe l'approvazione negoziata del fornitore;
- In Italia oggi non esiste un'organizzazione operativa che gestisca reattori ad acqua pesante (BWR);
- Gli aspetti economici, unici nel loro genere, rimarranno non dimostrati fino al completamento di Darlington;
- I risparmi derivanti da acquisti seriali rimangono una proposta del fornitore, piuttosto che una prova su larga scala fornita dall'OCSE.

Affidabilità della pianificazione

La prima centrale nucleare di Darlington entro il 2030: MEDIO-ALTA rispetto ad altri piccoli reattori modulari di piccole dimensioni, non garantita.

Per l'Italia, un programma BWRX-300 che inizi solo dopo i decreti del 2026 sarebbe necessariamente in ritardo rispetto al riferimento canadese.

5.6 Holtec SMR-300: un serio contendente per i reattori PWR, ma ancora prima della piena realizzazione del nucleo.

L'SMR-300 di Holtec è un reattore ad acqua pressurizzata che si è evoluto dal precedente modello SMR-160.

La documentazione normativa del Regno Unito descrive:

- circa 300–320 MWe di potenza elettrica;
- circa 1.050 MW termici;
- circolazione primaria del reattore PWR pompata durante il normale funzionamento;
- sicurezza passiva mediante un grande serbatoio d'acqua anulare. **[G]**

Carburante

Il registro GDA del Regno Unito indica che il combustibile a biossido di uranio è arricchito **fino al 5% di U-235** .

Ciò mantiene il progetto all'interno del consolidato ciclo del combustibile LEU convenzionale. **[G]**

Maturità normativa

Holtec ha completato **la seconda fase del processo di certificazione GDA nel Regno Unito** nel marzo 2026.

Le autorità di regolamentazione del Regno Unito hanno concluso che a quel livello di valutazione non erano state individuate carenze fondamentali in materia di sicurezza/protezione/ambiente, ma il progetto è ancora in evoluzione e una valutazione dettagliata di Fase 3 non è stata completata. **[G]**

Negli Stati Uniti, Holtec ha presentato una richiesta di permesso di costruzione a fasi per **le unità 1 e 2 del progetto Pioneer** a Palisades.

La NRC ha accettato la Parte 1 nel febbraio 2026. **[I]**

Holtec punta a mettere in funzione l'impianto nei primi anni del 2030. **[I]**

Punti di forza dell'Italia

- tecnologia PWR convenzionale;
- LEO convenzionale;
- un progetto di dispiegamento negli Stati Uniti;

- Revisione da parte dell'autorità di regolamentazione del Regno Unito;
- Capacità di raffreddamento a secco dichiarata dal fornitore;
- potenzialmente ideale per l'industria manifatturiera pesante italiana.

Punti deboli

- nessun riferimento operativo;
- nessuna prima unità nucleare completata;
- Il progetto e la configurazione sono cambiati sostanzialmente dal modello SMR-160 al modello SMR-300;
- La valutazione nel Regno Unito si è interrotta dopo la Fase 2;
- L'autorizzazione completa per la costruzione di Palisades non è ancora stata ottenuta.

collegamento italiano

Nessuna delle fonti primarie esaminate individua un consorzio industriale italo-holteco equivalente all'iniziativa NUWARD di EDF/Edison/Ansaldo.

Ciò riduce la certezza dell'integrazione locale immediata.

Affidabilità della pianificazione

Prima unità Holtec, inizio anni 2030: MEDIO-BASSA.

Il progetto è concreto, ma permangono i rischi legati al permesso di costruzione e alla sua natura di "prima opera di questo tipo".

5.7 Westinghouse AP300: un pedigree di tutto rispetto, ma finora scarse evidenze di impiego sul campo.

Il modello AP300 di Westinghouse si basa in gran parte sulla tecnologia dell'AP1000.

La NRC lo descrive come un **reattore PWR a singolo circuito di classe 300 MWe, di generazione III+,** basato su componenti, tecnologia e metodologia di licenza dell'AP1000. **[I]**

Il materiale informativo attuale di Westinghouse descrive una potenza approssimativa di **330 MWe / 990 MWth** , a testimonianza della continua evoluzione del prodotto. **[I]**

Carburante

Il fornitore dichiara che l'AP300 utilizza la sua consolidata architettura per il carburante e la catena di approvvigionamento, derivata dall'AP1000.

Non è stato identificato alcun requisito HALEU. **[I]**

Stato della licenza

Alla data di scadenza, AP300 rimane in **fase di pre-approvazione presso la NRC** per una futura richiesta di certificazione del progetto.

Ciò è sostanzialmente precedente al BWRX-300 e precedente al progetto approvato da NuScale. **[I]**

collegamento industriale italiano

Westinghouse ora possiede **Westinghouse Electric Italy** , l'ex stabilimento Mangiarotti di Monfalcone.

Ciò conferisce al progetto un potenziale e importante percorso industriale italiano attraverso:

- Produzione di componenti pesanti NSSS;
- saldatura;
- apparecchiature del reattore;
- Istituì il sistema di controllo qualità di Westinghouse.

Ansaldo Nucleare vanta inoltre una storica esperienza nell'ingegneria dei reattori, maturata grazie al legame con Westinghouse.

vantaggio strategico

A differenza di un reattore avanzato completamente nuovo, l'AP300 tenta di riutilizzare:

- Metodologia di sicurezza AP1000;
- Componenti AP1000;
- combustibile esistente;
- catena di fornitura del fornitore.

Ciò può ridurre la novità tecnica.

Spettacolo mozzafiato

Il punto debole principale è semplice:

Non esiste ancora alcun riferimento costruttivo per l'AP300.

Un progetto derivato da un grande reattore in funzione non è la stessa cosa di un SMR (Small Modular Reactor) in funzione.

Una scelta dell'Italia di adottare l'AP300 in anticipo significherebbe quindi basarsi in larga misura **sull'eredità progettuale** , piuttosto che sull'esperienza maturata nella costruzione di reattori modulari di piccole dimensioni (SMR).

Affidabilità della pianificazione

Prima implementazione di AP300 all'inizio/metà degli anni 2030: BASSO-MEDIO.

5.8 NUWARD — il percorso industriale bilaterale italiano più solido, ma non ancora un progetto con licenza matura

Il programma NUWARD ha subito modifiche significative nel 2024.

EDF ha abbandonato l'architettura precedente e si è orientata verso un reattore PWR riprogettato utilizzando componenti tecnologici più convenzionali e consolidati.

Il rapporto di EDF per il 2025/2026 descrive:

- potenza in uscita **fino a 400 MWe** ;
- una configurazione di cogenerazione opzionale;
- tecnologia PWR convenzionale;
- Sviluppo del progetto concettuale entro la metà del 2026;
- commercializzazione negli anni 2030. **[I]**

Carburante

EDF dichiara che NUWARD è progettato per sfruttare le architetture di combustibile già utilizzate nella flotta EDF e ha discusso esplicitamente di una possibile futura **compatibilità con MOX** .

La baseline evita quindi la dipendenza da HALEU. **[I]**

Link italiano

Questo è l'argomento più forte di NUWARD nel contesto italiano.

Il **25 giugno 2026** , Edison, EDF e NUWARD hanno firmato una dichiarazione d'intenti con un importante gruppo industriale italiano che comprende:

- Ansaldo Energia;
- Ansaldo Nucleare;
- MAIRO;
- Framatoma;
- Tractebel;
- Arabelle Solutions;
- AIN;
- AIPE;
- ATB Riva Calzoni;
- Saipem;
- SIMICO;
- Tectubi Raccordi;
- Walter Tosto;
- Noi costruiamo.

L'obiettivo industriale dichiarato è lo sviluppo di un programma europeo di SMR di terza generazione con le prime unità previste intorno al 2035. **[I]**

Questo è il quadro industriale specifico per l'Italia più completo e documentato tra i candidati stranieri per i reattori LWR-SMR qui esaminati.

Punti di forza

- Organizzazione operativa del FED;
- Framatome catena di approvvigionamento nucleare;
- PWR convenzionale;
- ciclo del combustibile europeo consolidato;
- un solido gruppo di partner italiani;
- logica industriale bilaterale Francia-Italia.

Punti deboli

Il progetto è stato sostanzialmente rivisto nel 2024.

Dati aggiornati al 2026:

- Non esiste alcun reattore NUWARD;
- Non esiste alcuna licenza di costruzione NUWARD;
- non esiste alcun riferimento operativo;
- La nuova architettura era solo in fase di completamento della progettazione concettuale.

L'obiettivo del 2035 è quindi un **obiettivo industriale** , non una prova di progetto di riferimento.

Affidabilità della pianificazione

2035 prima unità: BASSO-MEDIO.

conclusione italiana

NUWARD può essere una delle piattaforme industrialmente più attraenti d'Italia, pur non essendo attualmente il reattore tecnicamente più maturo.

Si tratta di fatti distinti.

5.9 Rolls-Royce SMR: non più solo un'offerta, ma qualcosa di più grande della semplice abbreviazione politica italiana.

Il Rolls-Royce SMR è un **reattore PWR a tre circuiti da 470 MWe** .

Le autorità di regolamentazione del Regno Unito lo descrivono come ancora in fase di sviluppo progettuale, ma in fase di avanzamento attraverso **la Fase 3 del GDA** . **[G]**

Carburante

Il materiale ufficiale del Regno Unito identifica:

- UO_2 standard;
- **arricchimento** massimo del 4,95% ;
- 17×17 combustibile PWR;
- Cicli di carburante di 18-24 mesi. **[G]**

Questo rappresenta un importante vantaggio strategico perché evita l'HALEU.

Prove di dispiegamento

Il programma del Regno Unito ha compiuto progressi significativi nel 2026.

Ad aprile, Rolls-Royce SMR e Great British Energy–Nuclear hanno firmato il contratto che consentirà l'avvio dei lavori su **tre unità a Wylfa** .

Successivamente, l'azienda ha stipulato accordi di pre-produzione per i principali componenti delle isole nucleari, tra cui lavori sui recipienti a pressione dei reattori. **[I/G]**

Non è ancora in corso la costruzione del reattore nucleare.

Ma si è passati dalla competizione a un programma di implementazione ben definito e sostenuto dallo Stato.

domanda specifica sull'Italia

Con una potenza di 470 MWe, il reattore si colloca al di fuori della soglia di circa 300 MWe, valore spesso utilizzato a fini politici in Italia.

Ciò non lo esclude legalmente dopo la constatazione di neutralità tecnologica del Capitolo 1.

Cambia:

- dimensioni del sito;
- conseguenza della griglia;
- SPESE IN CONTO CAPITALE FOAK;
- fabbisogno di raffreddamento;

- logica modulare della flotta.

gancio industriale italiano

Nessuna delle fonti primarie esaminate identifica la stessa coalizione industriale italiana formale attorno a Rolls-Royce che esiste attorno a NUWARD.

I produttori italiani di componenti potrebbero comunque competere nella catena di fornitura europea.

Affidabilità della pianificazione

Prima unità Wylfa negli anni 2030: MEDIA.

Il progetto deve ancora ottenere l'approvazione normativa nel Regno Unito e procedere alla fase di costruzione vera e propria.

5.10 NuScale US460 — la più forte approvazione di design generico negli Stati Uniti, le prove FOAK attuali più deboli

NuScale offre un utile esempio della differenza tra **maturità normativa** e **implementazione commerciale** .

L'impianto US460 è costituito da:

- sei moduli;
- **77 MWe per modulo** ;
- **462 MWe totali** .

La NRC ha rilasciato l'approvazione del progetto standard nel **maggio 2025** dopo aver completato la sua revisione della sicurezza. **[I]**

Si tratta di un risultato normativo di notevole rilievo.

Perché è adatto all'analisi richiesta di 50-200 MWe

Ciascun modulo da 77 MWe si trova esattamente all'interno della fascia di potenza inferiore richiesta dalla commissione.

L'impianto stesso, tuttavia, supera i 400 MWe quando sono in funzione sei moduli.

Ciò illustra una distinzione importante:

La potenza del modulo non è uguale alla potenza del sito.

Debolezza commerciale

Il precedente progetto Carbon Free Power di NuScale è stato interrotto nel 2023.

Nessun progetto equivalente alla US460 aveva iniziato la costruzione entro settembre 2026. **[I]**

La NRC ha comunque ripreso le interazioni preliminari relative alle future richieste di licenza combinata US460.

Link italiano

Ansaldo Nucleare documenta pubblicamente la partecipazione tecnica storica allo sviluppo di NuScale attraverso l'analisi del suo concetto di generatore di vapore a serpentina elicoidale. **[I]**

Ciò è tecnicamente rilevante, ma non equivalente a un accordo di dispacciamento italiano attualmente in vigore.

Spettacolo mozzafiato

La sfida è di natura commerciale piuttosto che principalmente normativa:

- nessuna costruzione di riferimento attiva;
- Configurazione del sito a sei moduli;
- La fattibilità economica non è ancora stata dimostrata attraverso un progetto completato.

Affidabilità della pianificazione

Prima unità della flotta commerciale US460: BASSO-MEDIO fino a quando un progetto non supera la soglia di costruzione.

5.11 Xe-100: modulo da 80 MWe altamente rilevante, ma il combustibile rappresenta il vincolo strategico.

Il reattore Xe-100 di X-energy è uno dei più importanti candidati per la realizzazione di reattori avanzati da **50-200 MWe** .

Ciascun modulo produce circa **80 MWe** , e una centrale a quattro moduli produce circa **320 MWe** .

Si tratta di un reattore ad alta temperatura raffreddato a gas che utilizza elio e combustibile particellare TRISO.

Carburante

Il carburante di X-energy utilizza HALEU arricchito a circa **il 15,5% di U-235** . **[I]**

Questo distingue immediatamente lo Xe-100 dai reattori modulari di piccole dimensioni ad acqua leggera (LWR-SMR).

Non può semplicemente ordinare combustibile convenzionale europeo <5% LEU per PWR/BWR.

Il suo impiego richiede:

- Arricchimento HALEU;
- Produzione di particelle TRISO;
- Fabbricazione di combustibile a ciottoli.

X-energy ha firmato un accordo con Centrus per il 2026 per i servizi di arricchimento HALEU e sta sviluppando la propria filiera di fabbricazione del combustibile TRISO-X.

Licenze

Nel marzo 2025, Long Mott Energy ha presentato una richiesta di permesso di costruzione per quattro moduli Xe-100.

Entro settembre 2026:

- La valutazione ambientale è stata completata con FONSI;
- La revisione tecnica è stata avanzata;
- Si erano già svolte le riunioni dell'ACRS;
- L'udienza obbligatoria si è svolta il 22 settembre;
- Al momento della stesura del rapporto non era ancora stato rilasciato alcun permesso di costruzione definitivo. **[I]**

Perché l'Italia potrebbe essere interessata

La classe di temperatura di uscita del reattore, pari a circa 750 °C, può supportare:

- elettricità;
- vapore industriale;
- calore di processo;
- idrogeno.

Ciò si allinea bene con l'italiano:

- sostanze chimiche;
- raffinazione;
- acciaio;
- distretti industriali.

Perché l'Italia non dovrebbe trattarlo come un PWR-SMR

Introduce simultaneamente:

- nuova tecnologia dei reattori;
- nuova forma di carburante;
- maggiore arricchimento;
- nuovo modello operativo;
- nuovo caso di licenza.

gancio industriale italiano

La panoramica tecnologica dell'ENEA **non rileva alcun coinvolgimento industriale italiano attuale** nel progetto Xe-100. **[G]**

Spettacolo mozzafiato

Dipendenza da HALEU/TRISO.

Affidabilità della pianificazione

Implementazione di Long Mott: MEDIA una volta rilasciato il permesso di costruzione; replica italiana sostanzialmente successiva.

5.12 Natrium: il programma occidentale più avanzato per la costruzione di reattori veloci.

Natrium è un **reattore veloce raffreddato a sodio da 345 MWe,** accoppiato a un sistema di accumulo termico a sali fusi che può temporaneamente aumentare la produzione di energia elettrica fino a circa **500 MWe** . **[I/G]**

Carburante

- La NRC identifica il reattore come un reattore che utilizza **combustibile metallico HALEU** . **[I]**
- Questa non è una catena di alimentazione del combustibile convenzionale per reattori ad acqua leggera (LWR).

Stato della licenza

- La NRC ha rilasciato il permesso di costruzione il **9 marzo 2026** .
- TerraPower ha avviato la costruzione della centrale nucleare ad aprile.
- La società prevede di presentare la domanda di licenza operativa nel 2028. **[I]**
- Anche le autorità di regolamentazione del Regno Unito hanno avviato la Fase 1 della GDA per Natrium nel giugno 2026. **[G]**
- Questo rende Natrium uno dei programmi di reattori avanzati più importanti del mondo occidentale.

Punti di forza

- costruzione individuale;
- ampia copertura assicurativa DOE;
- accumulo termico che consente una produzione di energia elettrica flessibile;
- Architettura sostitutiva per i siti di estrazione del carbone;
- autentico programma di dispiegamento di reattori veloci.

debolezza specifica dell'Italia

L'Italia dovrebbe sviluppare contemporaneamente competenze in materia di rilascio di licenze nei seguenti ambiti:

- reattori veloci al sodio;
- Rischi di incendio/sostanze chimiche derivanti dal sodio;
- combustibile metallico HALEU;
- interfaccia di accumulo di energia termica.

Non esiste in Italia un solido legame di co-sviluppo tra fornitori e industria paragonabile a quello tra EAGLES e newcleo.

Spettacolo mozzafiato

Il principale ostacolo per l'Italia non è che Natrium sia "non comprovato sulla carta".

Si tratta di **una dipendenza dal sistema di combustibili e tecnologie, in particolare dall'ecosistema statunitense dei reattori avanzati** .

Affidabilità della pianificazione

Programma Kemmerer: MEDIO.

Per l'Italia, la realizzazione di un impianto FOAK al sodio prima della fine degli anni 2030 sarebbe estremamente ambiziosa.

5.13 newcleo LFR-AS-200: il più forte candidato italiano per un reattore commerciale avanzato.

Il modello LFR-AS-200 di newcleo è un:

- **480 MWth** ;
- **200 MWe** ;
- tipo piscina;
- raffreddato a piombo liquido;
- reattore a spettro veloce.

La NRC statunitense descrive il progetto come operante a pressione atmosferica del sistema primario e utilizzando **combustibile MOX** . **[I]**

Si trova quindi direttamente all'interno della banda 50-200 MWe richiesta dall'utente, al suo limite superiore.

Architettura del carburante

MOX non è un dettaglio di poco conto.

Il modello di business/tecnologico di Newcleo è strettamente legato al riciclo del plutonio e dell'uranio provenienti dal combustibile esaurito esistente per la produzione di nuovo combustibile per reattori.

La NRC statunitense ha avviato un'interazione preliminare separata nel marzo 2026 riguardante un **nuovo impianto di fabbricazione di combustibile MOX** . **[I]**

Ciò significa che la messa in opera dei reattori e lo sviluppo della fabbricazione del combustibile sono interdipendenti.

Maturità normativa

La NRC statunitense ha avviato le interazioni preliminari relative alla norma LFR-AS-200 nel marzo 2026.

In Francia, l'autorità di regolamentazione ha ricevuto il materiale relativo alle opzioni di sicurezza per il programma LFR-AS-30 di Newcleo, di dimensioni più ridotte, nel dicembre 2025. **[G]**

Non è in costruzione alcun reattore commerciale a base di newcleo.

collegamento tecnologico italiano

Il collegamento è molto più profondo rispetto a qualsiasi progetto di reattore ad acqua leggera di provenienza straniera.

newcleo gestisce/sviluppa infrastrutture di ricerca e sviluppo con ENEA presso:

- Brasilia;
- Casaccia.

L'azienda ha costruito infrastrutture di prova per reattori principali e partecipa con EAGLES al programma LEANDREA. **[G]**

Vantaggi per l'Italia

- Un'importante identità ingegneristica italiana;
- Ricerca e sviluppo italiana;
- potenziale del ciclo del combustibile a spettro rapido;
- applicazioni industriali ad alta temperatura;
- 200 MWe di potenza in uscita;
- sistema primario a bassa pressione.

Rischi

- nessun reattore commerciale;
- Dipendenza dalla fabbricazione del MOX;
- nessun riferimento operativo europeo per reattori commerciali al piombo;
- Corrosione del piombo/qualificazione dei materiali;
- licenze per reattori veloci;
- dispositivi di sicurezza del ciclo del combustibile;
- maggiore complessità del programma.

Affidabilità della pianificazione

L'obiettivo di un fornitore di avviare la commercializzazione all'inizio degli anni 2030 dovrebbe essere considerato **con BASSA affidabilità** fino a quando un dimostratore nucleare non supererà le soglie di autorizzazione/costruzione.

5.14 EAGLES-300 — Sovranità tecnologica italiana con un esplicito orologio più lungo

EAGLES-300 è una proposta diversa da newcleo, sebbene entrambi siano reattori veloci raffreddati al piombo.

Il consorzio è composto da:

- **Ansaldo Nucleare** ;
- **ENEA** ;
- **VALUTATO** ;
- **SCK CEN** .

Il reattore commerciale ha una potenza **di 300 MWe** . **[I/G]**

Struttura di sviluppo

Il programma è esplicitamente strutturato in scene:

1. **LEANDREA** — Dimostratore tecnologico/di materiali/di carburante belga;
2. **ALFRED** — Dimostratore di arti performative rumeno;
3. **EAGLES-300** — reattore commerciale.

Il consorzio punta attualmente al completamento di LEANDREA intorno al **2034** e all'avvio della fase di commercializzazione di EAGLES-300 intorno al 2039. **[I/G]**

Significato normativo

Nel settembre 2025, EAGLES è diventato il primo progetto pilota nell'ambito dell'iniziativa internazionale di armonizzazione e standardizzazione nucleare dell'AIEA, che prevede attività di pre-autorizzazione a livello internazionale e coinvolge enti regolatori tra cui l'ISIN italiana. **[I/G]**

Ciò consente all'Italia un coinvolgimento normativo precoce.

Non costituisce una licenza per un reattore.

Tecnologia

EAGLES-300 è:

- raffreddato a piombo liquido;
- spettro veloce;
- bassa pressione;
- orientato alla rimozione passiva del calore;
- progettato per la cogenerazione ad alta temperatura;
- compatibile con gli obiettivi di un ciclo del combustibile chiuso.

Il vantaggio italiano

Questo è il progetto con il più forte interesse istituzionale italiano in ambito tecnologico:

- Ansaldo Nucleare;
- ENEA;
- Coinvolgimento nella fase di pre-licenza ISIN;
- Filiera italiana dei reattori avanzati.

Spettacolo mozzafiato

Il suo programma è intrinsecamente incoerente con l'idea che rappresenti la via più semplice per rendere l'Italia la prima potenza mondiale entro il 2033-35.

La tabella di marcia del progetto prevede l'implementazione commerciale nel **2039, dopo due progetti dimostrativi** .

Affidabilità della pianificazione

Obiettivo commerciale per il 2039: MEDIO-BASSO , poiché dipende dal successo dei dimostratori sequenziali.

interpretazione strategica italiana

EAGLES è potenzialmente un programma nazionale di sovranità tecnologica.

Non può sostituire un reattore LWR-SMR occidentale autorizzato per i primi anni 2030 se l'obiettivo principale è la produzione di energia in tempi brevi.

5.15 ACP100 / Linglong One — Il reattore SMR raffreddato ad acqua di riferimento più importante della Cina

L'ACP100 è un **reattore PWR integrale di classe 125 MWe** sviluppato da CNNC.

I lavori di costruzione sono iniziati nel luglio 2021.

Secondo le previsioni dell'AIEA, la produzione di energia elettrica sarebbe iniziata nel 2026, ma i rapporti di settembre 2026 descrivevano ancora l'unità come in fase **di test di pre-messa in servizio** . **[I/S]**

Questa distinzione è importante.

L'impianto non dovrebbe ancora essere considerato un SMR (Small Modular Reactor) a regime maturo.

Perché l'Italia dovrebbe comunque studiarlo

ACP100 fornisce preziose evidenze ingegneristiche su:

- Costruzione integrale di un reattore PWR;
- installazione del modulo;
- messa in servizio;
- Esecuzione della catena di approvvigionamento SMR in Cina.

Perché non è un candidato italiano semplice

Un dispiegamento italiano solleverebbe importanti interrogativi riguardo a:

- Accettabilità da parte delle autorità di regolamentazione europee;
- dipendenza dalla catena di approvvigionamento;
- Fiducia digitale/I&C;
- salvaguardie;
- dipendenza strategica;
- termini relativi al trasferimento tecnologico.

La questione non dovrebbe essere ridotta alla semplicistica affermazione che la tecnologia nucleare cinese sia legalmente vietata in Italia.

Il problema riguarda **la compatibilità strategica e la dipendenza sovrana a lungo termine** .

Considerata la disponibilità di alternative occidentali ai reattori ad acqua leggera, un sistema nucleare di sicurezza cinese (NSSS) si troverebbe probabilmente ad affrontare oneri politici, normativi e di sicurezza sostanzialmente maggiori.

5.16 HTR-PM — dati operativi, ma non un modello di approvvigionamento occidentale diretto

Il velivolo cinese HTR-PM è entrato in servizio commerciale nel **dicembre 2023** .

Il sistema utilizza:

- due moduli reattore raffreddati a gas ad alta temperatura;
- elio come refrigerante;
- Carburante Pebble/TRISO;
- una turbina;
- potenza di progetto circa 200 MWe. **[I/S]**

Ciò lo rende enormemente importante come prova tecnologica.

Ciò dimostra che i reattori a gas modulari ad alta temperatura possono andare oltre la scala sperimentale.

Ma l'Italia non può semplicemente considerare l'esperienza operativa del sistema HTR-PM come una specifica di gara commerciale trasferibile.

Il disegno è incorporato in un cinese:

- struttura dei fornitori;
- fornitura di carburante;
- sistema di licenze;
- ecosistema industriale.

Il suo valore per l'Italia risiede quindi principalmente **nella sua classificazione di riferimento e nella sua validità tecnica** , non nella sua attrattiva in termini di appalti a breve termine.

5.17 Reattori modulari di piccole dimensioni russi: dati operativi che l'Italia dovrebbe studiare, ma da non confondere con un acquisto realistico.

L'Akademik Lomonosov russo è il primo impianto commerciale di classe SMR al mondo riconosciuto dall'AIEA.

Utilizza due reattori **KLT-40S** ed è entrato in funzione commerciale nel 2020. **[I]**

Anche la Russia sta sviluppando impianti terrestri/galleggianti basati sulla **famiglia più moderna RITM-200** , incluso il programma Yakutia. I documenti dell'AIEA hanno fatto riferimento a un orizzonte di messa in servizio del progetto terrestre entro il 2028. **[I]**

Questi progetti sono importanti perché forniscono:

- prove di funzionamento del PWR modulare;
- Esperienza nell'Artico/in navigazione;
- Dati operativi del reattore compatto.

Per l'Italia, nell'attuale contesto geopolitico europeo, non rappresentano candidati realistici per gli appalti di base.

Questa conclusione deve tuttavia essere formulata in modo accurato:

- Il commercio nucleare tra l'UE e la Russia non equivale, in modo completo, a un divieto legale universale assoluto;
- Ma la dipendenza dai fornitori di reattori creerebbe notevoli rischi in termini di sanzioni, finanziamenti, sicurezza, carburante, politica e autonomia strategica.

Pertanto, la Russia dovrebbe rimanere nel **gruppo delle tecnologie di riferimento** , e non nella lista ristretta dei potenziali fornitori italiani.

5.18 Corea — SMART100 come comparatore tecnicamente credibile da 110 MWe

La linea SMART coreana merita attenzione perché si colloca proprio all'interno della classe di consumo energetico inferiore richiesta.

KAERI afferma che il modello SMART originale ha ottenuto l'approvazione secondo gli standard di progettazione coreani nel **2012** .

Lo **SMART100 aggiornato** ha dimensioni approssimative:

- 365 MW termici;
- **110 MWe** ;
- PWR integrale;
- sicurezza passiva;
- ciclo di rifornimento triennale. **[I]**

Rappresenta un esempio di autentica maturità nella progettazione normativa.

Il punto debole è la distribuzione.

Nessun reattore SMART100 commerciale aveva creato il tipo di riferimento operativo/costruttivo disponibile per BWRX-300 o ACP100.

rilevanza italiana

L'industria coreana offre:

- capacità consolidata nella costruzione di centrali nucleari;
- Esperienza con i grandi reattori ad acqua calda;
- produzione solida.

Tuttavia, all'Italia attualmente manca il quadro industriale e bilaterale per la cooperazione tecnico-commerciale (SMR) visibile nel percorso franco-italiano NUWARD.

SMART rientra pertanto nel **portafoglio secondario del monitoraggio tecnologico** , e non rappresenta, in questa fase, il principale percorso industriale italiano.

5.19 CAREM25 — importante termine di paragone storico, ma al di sotto della fascia di potenza richiesta

Il programma CAREM25 dell'Argentina ha una potenza di circa **27-32 MWe** , a seconda delle descrizioni della configurazione del progetto, e pertanto si colloca al di sotto della fascia richiesta di 50-200 MWe.

È tuttavia storicamente importante perché è stato uno dei primi programmi al mondo di costruzione di reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) con sistema PWR integrato.

L'autorità nucleare argentina continua a descrivere CAREM25 come **un reattore in costruzione** , mentre i documenti ufficiali del progetto confermano il suo stato di prototipo e l'architettura PWR integrata. **[G]**

La costruzione è iniziata nel 2014.

Questa lunga tempistica è di per sé un monito.

CAREM dimostra che:

Le dimensioni ridotte del reattore non si traducono automaticamente in tempi di realizzazione brevi.

Per l'Italia, CAREM rappresenta soprattutto un esempio emblematico della durata del FOAK e dello sviluppo tecnologico nazionale.

5.20 La banda 50–200 MWe è tecnologicamente diversificata

La gamma di potenza richiesta dalla commissione, compresa tra 50 e 200 MWe, non dovrebbe essere considerata come un unico segmento di mercato.

Contiene design fondamentalmente diversi.

Progetto	Uscita del modulo	Tecnologia	Problema di carburante
Modulo NuScale	77 MWe	PWR integrale	LEU convenzionale
Xe-100	80 MWe	HTGR	HALEU TRISO
SMART100	110 MWe	PWR integrale	Combustibile convenzionale per LWR
ACP100	125 MWe	PWR integrale	LEU convenzionale
newcleo LFR-AS-200	200 MWe	reattore veloce al piombo	MOX
Sistema HTR-PM	~200 MWe	HTGR	TRISO
Famiglia RITM	~50–60 MWe	PWR compatto	catena di approvvigionamento russa

Un SMR da 100 MWe può quindi avere **un ciclo del combustibile più complesso** di un PWR da 300 MWe.

La potenza erogata è un indicatore inadeguato del rischio tecnologico.

5.21 La classe 300–400 MWe è quella in cui il dibattito italiano sugli appalti a breve termine diventa più concreto.

La **classe di reattori da circa 300-400 MWe** occupa una posizione particolare nel dibattito italiano sul nuovo nucleare, poiché si colloca tra due modelli tecnologici e di investimento molto diversi.

A un estremo si trovano i microrreattori e i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) da circa 5-200 MWe, i cui principali vantaggi risiedono nei piccoli incrementi di capacità, nelle applicazioni industriali specializzate e nella potenziale semplificazione del finanziamento del progetto, ma che richiederebbero un numero relativamente elevato di moduli individuali per dare un contributo sostanziale al bilancio elettrico nazionale italiano.

All'altro estremo si trovano i reattori convenzionali di classe gigawatt, che possono fornire grandi quantità di elettricità affidabile a basse emissioni di carbonio, ma richiedono impegni di capitale per singolo progetto proporzionalmente maggiori, nodi di rete più robusti e una maggiore concentrazione di rischi di progetto e di costruzione.

La classe 300-400 MWe è pertanto strategicamente rilevante perché è sufficientemente grande da consentire a un singolo reattore di costituire un importante asset industriale e di sistema elettrico, pur rimanendo abbastanza piccola da permettere **la costruzione graduale di un parco di reattori anziché un unico impegno multigigawatt** .

Le principali tecnologie appartenenti o affini a questa classe che meritano il monitoraggio da parte del governo italiano sono:

- **GE Vernova Hitachi BWRX-300** ;
- **Holtec SMR-300** ;
- **Westinghouse AP300** ;
- **EAGLES-300** ;
- **TerraPower Natrium — Isola nucleare da 345 MWe** ;
- **EDF/NUWARD — fino a circa 400 MWe** .

Non si tratta, tuttavia, di sei opzioni di appalto tecnicamente equivalenti.

Essi occupano posizioni radicalmente diverse in:

- maturità delle licenze;
- stato di maturità della costruzione;
- Requisiti del ciclo del carburante;
- tipo di tecnologia;
- prontezza della catena di approvvigionamento;
- partecipazione industriale italiana;

- prove di implementazione commerciale.

Tale differenza è più importante della somiglianza delle loro potenze elettriche nominali.

5.21.1 Perché questo intervallo di capacità è importante per l'Italia

Un reattore nella gamma 300-400 MWe presenta diverse caratteristiche che ne spiegano l'importanza nel dibattito industriale italiano.

Innanzitutto, rappresenta un **incremento generazionale significativo, ma non dominante per il sistema** .

Tre o quattro reattori da 300 MWe corrispondono approssimativamente a una capacità di 0,9-1,2 GW. Ciò crea un potenziale percorso per la progressiva sostituzione o il riutilizzo delle ex aree di generazione termica, senza che lo Stato debba impegnarsi immediatamente nella costruzione di un'unica unità nucleare da 1,5-1,7 GW.

In secondo luogo, questa scala crea **una granularità negli investimenti** .

Un reattore da 300 MWe non dovrebbe essere definito economico solo perché è piccolo. Le attuali evidenze del programma canadese di Darlington dimostrano che un primo BWRX-300 rimane un progetto infrastrutturale multimiliardario. Il budget approvato da OPG per la prima unità è di circa **6,1 miliardi di dollari canadesi** , insieme a circa **1,6 miliardi di dollari canadesi di infrastrutture e sistemi comuni al sito previsto con quattro unità** . Il programma dei quattro reattori è attualmente stimato in circa **20,9 miliardi di dollari canadesi** , inclusi interessi, adeguamento dei prezzi e imprevisti. **[I]**

Il vantaggio rilevante consiste quindi **in una minore esposizione indivisibile del progetto** , non necessariamente in un costo inferiore per kilowatt installato.

In terzo luogo, i moduli da 300-400 MWe consentono **un'architettura di flotta a fasi** .

Uno Stato o un operatore può potenzialmente:

1. sviluppare un FOAK;
2. osservare le procedure di rilascio delle licenze e lo stato di avanzamento dei lavori di costruzione;
3. procedere con i moduli aggiuntivi;
4. condividere parte dell'infrastruttura tra le unità.

Darlington illustra proprio questa logica. Il sito canadese prevede la costruzione di un massimo di quattro unità BWRX-300, mentre solo il primo reattore ha ricevuto la licenza di costruzione. **[I]**

In quarto luogo, questa classe è potenzialmente compatibile con diversi **nodi industriali ad alta tensione e di precedente generazione identificati nel Capitolo 3** .

Tuttavia, l'esistenza di un nodo a 380 kV non dimostra che un particolare reattore possa essere collegato senza rinforzi. Una macchina da 300-400 MWe richiede comunque una connessione Terna formale, una valutazione di stabilità, di cortocircuito e N-1.

La conclusione corretta è quindi:

La classe di potenza 300-400 MWe offre interessanti opportunità in termini di rete elettrica e granularità di progetto per l'Italia, ma nessun impianto esistente o connessione a 380 kV dovrebbe essere considerato prequalificato per uno di questi reattori.

5.21.2 I sei progetti rilevanti si trovano in fasi molto diverse

Progetto	Potenza elettrica nominale	Tecnologia dei reattori	Base di carburante	Stato verificato il 26 settembre 2026	Prove concrete di FOAK
BWRX-300	300 MWe netti; progetto regolamentare di Darlington ~327 MWe	BWR a circolazione naturale	Combustibile commerciale GNF2 per reattori BWR; nessun requisito HALEU	In Canada è in corso la costruzione di centrali nucleari autorizzate.	L'unità 1 di Darlington è attualmente in fase di costruzione; è stata presentata la domanda di licenza di esercizio.
Holtec SMR-300	~320 MWe/unità	POTENZA	UO_2 fino al 5% U-235	Completata la seconda fase del GDA nel Regno Unito; in fase di sviluppo il programma di implementazione negli Stati Uniti.	Nessuna unità operativa; nessun FOAK completato; il progetto è ancora in fase di sviluppo
AP300	~330 MWe	PWR a un circuito derivato da AP1000	Architettura convenzionale del combustibile dei reattori ad acqua leggera (LWR).	Coinvolgimento preliminare della NRC	Nessun progetto di costruzione AP300 ancora in corso
EAGLES-300	Descrizione attuale del consorzio: 300 MWe	reattore veloce raffreddato al piombo	Strategia avanzata per il combustibile compatibile con reattori veloci e cicli chiusi.	Pre-licenza/sviluppo internazionale	Richiede i dimostratori LEANDREA e ALFRED prima del lancio commerciale previsto per il 2039.
Nazio	Isola nucleare da 345 MWe; il sistema di accumulo consente una gamma più ampia di	Reattore veloce raffreddato a sodio + accumulo di energia a sali fusi	combustibile metallico HALEU	È stato rilasciato il permesso di costruzione negli Stati Uniti; la costruzione della centrale nucleare è iniziata nell'aprile 2026.	Unità Kemmerer 1 in costruzione

	produzione di energia elettrica.				
NUWARD	Fino a ~400 MWe; la configurazione della cogenerazione può variare	POTENZA	Architettura del combustibile derivata dalla flotta EDF; base del ciclo del combustibile convenzionale	Sviluppo concettuale/progettuale; collaborazioni industriali	Nessun reattore NUWARD autorizzato o in costruzione

La tabella illustra la questione centrale relativa agli appalti.

La sola classe di output dice ben poco sulla maturità dell'implementazione.

Due reattori con una potenza prossima ai 300 MWe possono avere implicazioni completamente diverse per i programmi nazionali.

La scelta del BWRX-300 sfrutterebbe un progetto già in fase di costruzione su licenza nella regione occidentale degli Stati Uniti, utilizzando combustibile BWR commerciale.

La selezione per il programma EAGLES-300 impegnerebbe l'Italia a intraprendere un percorso verso i reattori veloci raffreddati a piombo di quarta generazione, la cui tabella di marcia industriale prevede la realizzazione di impianti dimostrativi prima della commercializzazione.

Entrambi potrebbero in definitiva produrre circa 300 MWe.

Non sono soggetti agli stessi orari, allo stesso tipo di carburante, allo stesso sistema di regolamentazione o agli stessi rischi industriali.

5.21.3 BWRX-300 — il principale riferimento costruttivo occidentale attualmente in uso in questa classe

Il BWRX-300 è un **reattore ad acqua bollente a ciclo diretto** sviluppato da GE Vernova Hitachi.

Le specifiche attuali del fornitore sono le seguenti:

- **Potenza elettrica netta di 300 MWe** ;
- **870 MWth** ;
- circolazione naturale;
- 240 fasci di combustibile GNF2;
- Durata di progetto di 60 anni;

- intervalli nominali di rifornimento di circa 12-24 mesi. **[I]**

Il progetto Darlington è regolamentato a circa **327 MWe** nella documentazione di licenza canadese. La differenza non deve essere considerata una contraddizione: la terminologia relativa alla produzione netta del fornitore e le definizioni di capacità regolamentare specifiche del progetto non sempre utilizzano esattamente la stessa base. **[I]**

La scelta del carburante è strategicamente importante.

GE Vernova Hitachi afferma che il BWRX-300 utilizza **il combustibile GNF2** già impiegato nei reattori BWR in funzione e **non richiede HALEU** . **[I]**

Il suo attuale stato di implementazione è più avanzato rispetto a quello degli altri reattori raffreddati ad acqua inclusi in questo confronto tra sei progetti.

A Darlington:

- Nel dicembre 2021 OPG ha scelto il modello BWRX-300;
- ha richiesto la licenza di costruzione nell'ottobre 2022;
- ha ottenuto la licenza di costruzione nell'aprile 2025;
- La CNSC ha rimosso il primo blocco dei lavori il 30 marzo 2026;
- OPG ha presentato la domanda di licenza operativa nel marzo 2026;
- il reattore è fisicamente in costruzione. **[I]**

La prima unità dovrebbe entrare in servizio intorno al **2030** .

Per l'Italia, ciò crea una classe di riferimento insolitamente importante perché le autorità di regolamentazione canadesi, OPG e la filiera produttiva genereranno dati concreti su:

- programma dei lavori;
- base e esecuzione civile;
- installazione del recipiente del reattore;
- produzione modulare;
- messa in servizio;
- costo finale FOAK.

Il principale limite dell'Italia è di natura industriale, non tecnologica.

Nessuna delle fonti primarie esaminate conferma l'esistenza di un consorzio industriale italiano per il progetto BWRX-300 paragonabile all'accordo EDF/NUWARD.

Le aziende italiane potrebbero tecnicamente partecipare a molti pacchetti di lavoro, ma la localizzazione approvata dal fornitore dovrebbe essere negoziata anziché data per scontata.

5.21.4 Holtec SMR-300 — basato su un reattore PWR convenzionale, ma ancora in fase di sviluppo nell'ambito del programma FOAK.

L'attuale SMR-300 di Holtec ha approssimativamente le seguenti caratteristiche:

- **320 MWe** ;
- **1.050 MWth** ;
- reattore ad acqua pressurizzata;
- Combustibile a base di UO_2 arricchito fino **al 5% di U-235** ;
- ciclo di alimentazione nominale di 18 mesi;
- Nella documentazione di valutazione del Regno Unito si affermava una durata di progetto di 80 anni. **[G]**

La sua evoluzione è rilevante per qualsiasi valutazione degli appalti pubblici in Italia.

Il progetto è entrato nel processo di valutazione generica del progetto del Regno Unito come **SMR-160** . Durante lo sviluppo, Holtec ha aumentato sostanzialmente la potenza e introdotto pompe per il refrigerante del reattore per il normale funzionamento. È stato rinominato **SMR-300** nel gennaio 2024. **[G]**

Ciò dimostra un autentico sviluppo del design, piuttosto che un semplice cambio di marchio.

Le autorità di regolamentazione del Regno Unito hanno completato **la Fase 2 del GDA nel marzo 2026** e hanno dichiarato di non aver individuato alcuna carenza fondamentale in materia di sicurezza, protezione, salvaguardie o tutela ambientale che potesse impedire l'eventuale implementazione a quel livello di valutazione. **[G]**

Ma la qualificazione è importante.

La valutazione del Regno Unito si è deliberatamente interrotta dopo la Fase 2, anziché completare l'intera e dettagliata Fase 3. L'Agenzia per l'ambiente dichiara esplicitamente che ulteriori problematiche potrebbero emergere durante future valutazioni dettagliate o specifiche del sito. **[G]**

Pertanto Holtec dovrebbe essere descritto come:

un progetto PWR-SMR serio, sottoposto a un'approfondita revisione normativa, ma non un reattore con prove operative FOAK complete.

5.21.5 AP300 — una solida eredità tecnologica e un legame insolitamente diretto con la produzione italiana.

Il Westinghouse AP300 è un **reattore PWR di classe 330 MWe** derivato dalla tecnologia dell'AP1000.

La NRC lo descrive come un **reattore PWR a singolo circuito di generazione III+** basato sull'AP1000:

- componenti;
- tecnologia;
- base di licenza. **[I]**

Il punto fondamentale è che l'AP300 non è concepito come un reattore completamente nuovo.

La sua proposta commerciale si basa in gran parte sull'eredità dell'AP1000, un modello già operativo a livello internazionale.

Ciò riduce alcune categorie di novità tecnologica.

Non **costituisce** prova AP300 FOAK.

Alla data limite di settembre 2026, il progetto rimane in **fase di pre-applicazione presso la NRC, associata a una futura domanda di certificazione del progetto** . **[I]**

Non è in fase di costruzione alcuna unità AP300.

L'Italia possiede tuttavia un polo industriale Westinghouse di importanza strategica.

Nel marzo 2026, Mangiarotti è diventata **Westinghouse Electric Italy SpA.** Westinghouse descrive esplicitamente lo stabilimento di Monfalcone come un centro di produzione nucleare dedicato a supporto dei programmi globali AP1000 e **AP300** . Impiega circa **300 professionisti qualificati** ed è specializzato in apparecchiature pesanti per sistemi di alimentazione del vapore nucleare. **[I]**

Ciò significa che l'AP300 ha un collegamento industriale italiano diverso dal BWRX-300.

Il collegamento non è un accordo di implementazione nazionale.

Si tratta di una **base di produzione nucleare italiana già esistente, di proprietà di un fornitore, direttamente collegata a quella famiglia di reattori** .

5.21.6 EAGLES-300 — stessa classe di potenza, programma fondamentalmente diverso

EAGLES-300 dimostra perché l'etichetta 300 MWe non deve diventare di per sé la categoria di approvvigionamento.

La documentazione Ansaldo del 2026 descrive EAGLES-300 come segue:

- **300 MWe** ;
- raffreddato al piombo;
- spettro veloce;
- bassa pressione;
- in grado di dissipare il calore passivamente;
- compatibile con una strategia a ciclo del combustibile chiuso;
- Uscita ad alta temperatura adatta per applicazioni elettriche e industriali. **[I]**

Un comunicato dell'ENEA del 2025 utilizzava una cifra di **350 MWe** per una precedente/attuale descrizione del programma in evoluzione. Il materiale del consorzio del 2026 identifica costantemente il modello commerciale come **300 MWe** . Questo rapporto utilizza pertanto 300 MWe come valore di riferimento, pur registrando la precedente discrepanza come prova che il progetto è ancora in fase di sviluppo. **[G/I]**

La sequenza del programma è esplicita:

LEANDREA → ALFRED → EAGLES-300.

LEANDREA, il cui progetto è previsto in Belgio, è concepito come dimostratore tecnologico, di materiali e di combustibili.

ALFRED in Romania è concepito come una fase dimostrativa delle prestazioni.

Il dispiegamento commerciale di EAGLES-300 è previsto per **il 2039 circa** , a condizione che si verifichino progressi positivi in tutte le fasi. **[I]**

Per l'Italia, tuttavia, il legame industriale è eccezionalmente profondo.

Il consorzio comprende:

- Ansaldo Nucleare;
- ENEA;
- VALUTATO;
- SCK CEN.

È stato inoltre selezionato dall'Alleanza Industriale Europea sui reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) ed è il primo progetto pilota dell'iniziativa internazionale di pre-autorizzazione NHSI dell'IAEA per i reattori modulari di piccole dimensioni raffreddati a piombo. **[I/G]**

Le implicazioni in materia di appalti sono quindi chiare, ma dovrebbero rimanere neutrali:

Il programma EAGLES-300 offre una partecipazione tecnologica italiana significativamente maggiore rispetto alla maggior parte dei reattori modulari di piccolo calibro ad acqua (LWR-SMR) importati, ma appartiene a una fase di sviluppo tecnologico e di concessione di licenze decisamente successiva.

Non può essere considerato un sostituto equivalente, in termini di specifiche, per un BWRX-300 solo perché entrambi riportano il numero "300" nel nome del prodotto.

5.21.7 Natrium: il reattore avanzato più maturo del confronto, ma non un normale SMR da 345 MWe

L'impianto Natrium di TerraPower combina:

- un reattore veloce raffreddato a sodio **da 840 MWth ;**
- circa **345 MWe** di produzione elettrica dell'isola nucleare;
- un sistema separato di accumulo di energia termica a sali fusi.

TerraPower afferma che la configurazione di accumulo/conversione di potenza può fornire circa **100-500+ MWe per 5,5 ore o più** , con una significativa capacità di variazione. **[I]**

Pertanto, valutare Natrium esclusivamente come "un reattore da 345 MWe" risulta fuorviante.

Dal punto di vista del sistema elettrico si tratta di:

Reattore veloce da 345 MWe + accumulo di energia termica + turbina flessibile di maggiori dimensioni/sistema di conversione di potenza.

Tale architettura potrebbe rivestire particolare rilevanza in un futuro sistema elettrico italiano caratterizzato da ampi impianti solari, poiché permette di immagazzinare calore spostando la produzione di energia elettrica verso le ore di maggiore consumo.

La tecnologia ha inoltre superato un'importante soglia di diffusione.

La NRC statunitense ha approvato il permesso di costruzione nel marzo 2026 e TerraPower ha annunciato l'inizio della costruzione della centrale nucleare di Kemmerer il **23 aprile 2026.** [**I]**

Questo conferisce a Natrium una base di implementazione fisica più solida rispetto ad AP300, NUWARD o EAGLES.

Ma la sua installazione in Italia richiederebbe al Paese di accettare un salto tecnologico ben più grande rispetto a quello previsto per un reattore PWR/BWR convenzionale.

Il sodio ha usi:

- refrigerante al sodio;
- spettro dei neutroni veloci;
- Carburante metallico HALEU.

La NRC conferma la base di combustibile metallico HALEU. **[I]**

Per l'Italia ciò richiederebbe competenze regolamentari in:

- tecnologia al sodio;
- Incendio di sodio/fenomeni chimici;
- fisica dei reattori veloci;
- combustibile metallico HALEU;
- scorie di reattori avanzati.

Inoltre, non esiste in Italia alcun consorzio industriale specifico per Natrium paragonabile a NUWARD o EAGLES.

La sua importanza per gli appalti italiani è quindi duplice:

prove costruttive solide

Ma

elevata discontinuità tecnologica e del sistema di alimentazione rispetto all'esperienza storica italiana con i reattori ad acqua leggera (LWR).

5.21.8 NUWARD — l'architettura industriale franco-italiana più forte in assoluto, ma attualmente un programma di progettazione e sviluppo

Il reattore NUWARD rivisto di EDF è una piattaforma PWR con una potenza nominale **fino a circa 400 MWe** .

La pubblicazione di EDF dell'aprile 2026, contenente dati e cifre, descrive quanto segue:

- tecnologia dell'acqua pressurizzata;
- capacità fino a 400 MWe;
- applicazioni elettriche e termiche;
- una configurazione di cogenerazione di circa **290 MWe più 320 MWth** alla condizione di cogenerazione dichiarata del 50%;
- utilizzo di tecnologie collaudate e di un ciclo del combustibile nucleare consolidato;
- Il completamento della progettazione concettuale è previsto per la metà del 2026 circa;
- ambizione di commercializzazione negli anni 2030. **[I]**

La direzione di EDF ha inoltre affermato che NUWARD è progettato per utilizzare le stesse ampie architetture di combustibile della flotta EDF esistente e potrebbe potenzialmente ospitare MOX. **[I]**

Per l'Italia lo sviluppo più significativo si è verificato il **25 giugno 2026** .

Edison, EDF e NUWARD hanno firmato una dichiarazione d'intenti con un gruppo industriale italiano insolitamente ampio che comprende:

- Ansaldo Energia;
- Ansaldo Nucleare;
- MAIRO;
- AIN;
- AIPE;
- ATB Riva Calzoni;
- Saipem;
- SIMICO;
- Tectubi Raccordi;

- Walter Tosto;
- Noi costruiamo,

al fianco dei principali attori francesi/europei nel settore nucleare.

La dichiarazione mira a sviluppare un programma europeo di SMR di terza generazione con un obiettivo industriale di avere i primi impianti operativi intorno al 2035. **[I]**

Tra i sei sistemi qui considerati, questa rappresenta la coalizione industriale esplicitamente italiana più chiara.

Ma il requisito della maturità rimane decisivo.

Nel 2024, il progetto NUWARD è stato oggetto di un'importante riprogettazione, orientata verso componenti costitutivi più convenzionali per i reattori PWR.

Alla scadenza del 2026:

- non esiste un sistema operativo NUWARD;
- Non c'è nessun NUWARD in costruzione;
- non è stata rilasciata alcuna licenza edilizia;
- EDF è ancora impegnata nella fase di progettazione, sviluppo e preparazione per l'ottenimento delle licenze.

Le attività di reclutamento di EDF per NUWARD, previste per settembre 2026, includono ruoli specifici per:

- Preparazione delle licenze e del rapporto preliminare di analisi della sicurezza;
- Integrazione tra isola nucleare e sistema nucleare;
- codici e standard;
- stima dei costi.

Questa è una prova diretta di un programma industriale attivo, ma anche del fatto che il lavoro di progettazione e concessione di licenze è ancora in corso. **[I]**

5.21.9 Confronto di maturità: la distinzione fondamentale

I sei reattori possono quindi essere suddivisi in modo descrittivo in base a ciò che è effettivamente accaduto, piuttosto che in base a ciò che i fornitori prevedono che accada.

Tecnologia	Attività di progettazione	Revisione regolatoria dei farmaci generici/di riferimento	Autorizzazione alla costruzione	Costruzione nucleare	operazione commerciale
BWRX-300	SÌ	SÌ	**SÌ**	**SÌ**	NO
Nazio	SÌ	SÌ	**SÌ**	**SÌ**	NO
Holtec SMR-300	SÌ	**Sostanziale — Livello 2 del Regno Unito**	Non ancora per la prima unità commerciale completa	NO	NO
AP300	SÌ	Pre-applicazione	NO	NO	NO
NUWARD	SÌ	Preparazione/coinvolgimento per l'ottenimento della licenza	NO	NO	NO
EAGLES-300	SÌ	Pre-licenza internazionale	NO	NO	NO

Pertanto:

Nessuno dei sei progetti ha completato un ciclo operativo Western FOAK al 26 settembre 2026.

Le prove, tuttavia, non sono più omogenee.

BWRX-300 e Natrium sono passati alla fase di costruzione vera e propria di centrali nucleari.

Ciò è qualitativamente diverso da:

- approvazione del progetto;
- valutazione generica;

- revisione preliminare della domanda;
- pre-licenza internazionale.

5.21.10 Confronto tra catene di alimentazione

La questione del carburante crea una divisione altrettanto netta.

Progetto	Categoria del sistema di alimentazione	Maturità dell'offerta commerciale esistente	implicazioni strategiche specifiche per l'Italia
BWRX-300	Combustibile BWR GNF2 esistente	**Alto** — carburante commerciale già in funzione	Non è necessaria alcuna infrastruttura HALEU; la dipendenza dal fornitore/produttore rimane invariata.
Holtec SMR-300	Combustibile PWR convenzionale UO_2 ≤5% LEU	**Elevata** categoria di carburante	Adatto alle infrastrutture di arricchimento/fabbricazione occidentali consolidate
AP300	Architettura LWR convenzionale derivata dall'AP1000	**Alto** come famiglia di carburante	Catena del combustibile convenzionale per reattori ad acqua leggera occidentali; l'Italia importa ancora conversione/arricchimento/fabbricazione
NUWARD	Architettura PWR convenzionale derivata dalla flotta EDF; possibile compatibilità con MOX.	Livello di maturità industriale di base **elevato**	Forte integrazione del ciclo del combustibile a livello francese ed europeo.
Nazio	combustibile metallico HALEU	**In fase di sviluppo**	Nuova dipendenza dal ciclo del combustibile; rischio di implementazione notevolmente maggiore
EAGLES-300	Combustibile avanzato compatibile con reattori	**Percorso di sviluppo**	La qualificazione del combustibile e l'eventuale architettura del ciclo del combustibile entrano a far parte del programma del reattore.

	veloci e cicli chiusi		

BWRX fornisce l'esempio più chiaro del perché questo sia importante.

GE Vernova Hitachi ha scelto GNF2 specificamente per evitare di creare un nuovo programma di qualificazione del combustibile per SMR; l'azienda dichiara esplicitamente che BWRX-300 **non richiede HALEU** . **[I]**

Il sodio si colloca all'estremità opposta dello spettro dei combustibili a breve termine.

Un permesso di costruzione non elimina il fatto che la sua catena di approvvigionamento HALEU è sostanzialmente meno matura rispetto all'arricchimento e alla fabbricazione convenzionali dei reattori ad acqua leggera (LWR).

5.21.11 Collegamento industriale italiano

Progetto	Collegamento italiano identificabile al punto di taglio	Caratteristica del collegamento
BWRX-300	I produttori italiani di armi nucleari pesanti potrebbero potenzialmente partecipare; non è stato individuato alcun consorzio specifico per l'Italia.	**Possibile localizzazione, è ancora necessario un accordo con il fornitore**
Holtec SMR-300	Le capacità italiane nel settore delle apparecchiature a pressione, della componente civile e nucleare sono tecnicamente rilevanti; non è stato individuato alcun consorzio nazionale equivalente.	**Possibile localizzazione**
AP300	**Westinghouse Electric Italy, Monfalcone** , in posizione strategica per supportare i progetti globali AP300	**Collegamento diretto con la produzione italiana di proprietà del fornitore**
EAGLES-300	**Ansaldo Nucleare + ENEA** sono membri del core design consorzio	**Partecipazione diretta italiana allo sviluppo di reattori/alla proprietà intellettuale**
Nazio	Non è stato individuato alcun consorzio italiano per lo sviluppo di reattori comparabile.	**Possibile partecipazione dei componenti,**

		collegamento strategico diretto limitato
NUWARD	Edison + Ansaldo + MAIRE + ATB + SIMIC + Tectubi + Walter Tosto + Webuild e altri nella dichiarazione di giugno 2026	**Ampio e esplicito programma industriale franco-italiano**

La questione industriale non può quindi essere ridotta alla domanda "quale reattore possono produrre le aziende italiane?".

Le aziende italiane possiedono una competenza ingegneristica sufficiente per partecipare a diverse filiere di fornitura di reattori.

La distinzione più importante è:

L'Italia partecipa solo come fornitore qualificato, come base produttiva integrata o come co-sviluppatore della tecnologia del reattore stesso?

Questi corrispondono a diversi gradi di sovranità industriale.

5.21.12 Granularità del capitale: cosa significa realmente "progetto di dimensioni ridotte"

La scala da 300-400 MWe può limitare la quantità di generazione che ogni singola unità è in grado di impiegare.

Non dimostra una minore intensità **di** capitale FOAK.

Darlington rappresenta il primo test utile sul mercato occidentale.

La sua prima unità, da circa 300 MWe, è dotata di:

- Costo diretto del programma per la prima unità pari a 6,1 miliardi di dollari canadesi;
- Sistemi/infrastrutture condivise per un valore di 1,6 miliardi di dollari canadesi, suddivisi in quattro unità;
- Approvato il budget di 7,7 miliardi di dollari canadesi per la prima unità/infrastrutture condivise;
- Stima attuale del programma, suddiviso in quattro unità, pari a 20,9 miliardi di dollari canadesi.

Queste cifre includono categorie come interessi, adeguamento e imprevisti che spesso mancano nelle richieste di rimborso CAPEX generiche dei fornitori. **[I]**

Il quadro normativo italiano in materia di appalti pubblici dovrebbe pertanto distinguere:

Concetto di costo	È richiesta la certificazione italiana
Prezzo del reattore del fornitore	solo il costo dell'attrezzatura/pacchetto
Costo notturno EPC	Costruzione esclusa la necessità di finanziamenti/aumento di prezzo
Costo per il proprietario	sistemi di sviluppo del progetto e di gestione dei proprietari
Costo della rete	Trasmissione/interconnessione
Infrastruttura del sito	Acqua, strade, porto/logistica, lavori di sterro
Interesse durante la costruzione	Costo di finanziamento prima del ricavo
Escalation	Gonfiore durante il parto
Contingenza	Incertezze di costruzione
Infrastruttura comune multi-unità	Condiviso anche nei moduli successivi
Primo combustibile/nucleo	Approvvigionamento iniziale di carburante
Fondo per il ciclo di vita	Obblighi di smantellamento/smaltimento dei rifiuti

Nessun reattore dovrebbe essere confrontato utilizzando il costo di un singolo intervento del fornitore rispetto al costo totale di un progetto per un altro reattore.

5.21.13 Conseguenza della rete: 300–400 MWe offre granularità ma non rende banale l'integrazione nella rete

Dal punto di vista del sistema nazionale, la disattivazione di un'unità da 300-400 MWe è sostanzialmente inferiore alla perdita di un reattore di classe 1,6 GW.

Ciò può ridurre l'entità del fondo di emergenza costituito da un singolo generatore.

Tuttavia, occorre fare tre precisazioni.

Innanzitutto, più moduli sullo stesso sito possono condividere:

- sottostazione elettrica;
- raffreddamento;
- rischio di alluvioni;
- sistemi di sicurezza.

Pertanto, la perdita di modo comune a livello di sito può superare la potenza di uscita del singolo modulo.

In secondo luogo, diversi ex siti termici/nucleari dispongono di infrastrutture ad alta tensione esistenti, ma il loro collegamento storico era stato progettato per una diversa configurazione di generazione.

In terzo luogo, la rete elettrica italiana del futuro sarà sostanzialmente cambiata entro il 2030.

Di conseguenza, ogni progetto richiede uno **studio di sistema Terna specifico per il progetto stesso** .

Un collegamento a 380 kV è indice di un'infrastruttura favorevole.

Non si tratta di un permesso per un collegamento nucleare.

5.21.14 Logica di sostituzione dei siti contaminati

La classe di potenza da 300-400 MWe è concettualmente particolarmente compatibile con la riqualificazione graduale di aree dismesse.

Un grande ex sito termale può potenzialmente ospitare:

- primo modulo;
- sistemi comuni;
- moduli successivi.

Ciò può preservare le opzioni.

Ad esempio, un impianto da 300 MWe composto da quattro moduli fornisce in definitiva circa **1,2 GW** , ma il capitale può essere investito in fasi anziché essere impiegato per l'intera capacità in una sola volta.

Il programma di Darlington utilizza questo principio: prima un BWRX-300 autorizzato, con infrastrutture comuni destinate a supportare un possibile sito con quattro reattori. **[I]**

Per l'Italia, tuttavia, il riutilizzo degli ex siti termali rimane subordinato alle seguenti disposizioni del Capitolo 3:

- sismico;
- acqua;
- costiero/inondazioni;
- ambientale;
- popolazione;
- territoriale

schermi.

5.21.15 La cogenerazione e i carichi industriali distinguono alcuni progetti

La classe di potenza compresa tra 300 e 400 MWe è rilevante anche perché è sufficientemente grande da poter fungere da punto di riferimento per un polo industriale, senza necessariamente dover ricorrere a un singolo impianto su scala nazionale.

I modelli differiscono notevolmente.

NUWARD è esplicitamente in fase di sviluppo come piattaforma multi-energetica per:

- elettricità;
- Calore;
- applicazioni industriali;
- idrogeno;
- desalinizzazione;
- cattura del carbonio

L'esempio pubblicato da EDF include una configurazione che produce circa **290 MWe più 320 MWth** di calore. **[I]**

Il BWRX-300 è commercializzato anche per:

- acqua calda;
- vapore;
- idrogeno;
- teleriscaldamento;
- applicazioni di cattura diretta dell'aria. **[I]**

EAGLES-300 è progettato per sfruttare un sistema di raffreddamento al piombo ad alta temperatura per:

- calore industriale;
- idrogeno;
- sintesi molecolare. **[I]**

Il sodio offre una diversa flessibilità: il suo stoccaggio in sali fusi può separare la produzione di calore nucleare dalla produzione istantanea di elettricità e aumentare la produzione di energia elettrica durante determinati periodi. **[I]**

Pertanto, "300 MWe" non implica una funzionalità di sistema equivalente.

5.21.16 Trasferibilità normativa in Italia

Per l'Italia, la maturità in materia di licenze si compone di due elementi:

1. **quanto sia progredito il progetto altrove;**
2. **quanto sia riutilizzabile tale lavoro normativo straniero nell'ambito di un processo di licenza italiano.**

Un progetto convenzionale di raffreddamento ad acqua, esaminato da un ente regolatore affiliato e consolidato, crea la base più semplice per l'affidamento normativo perché:

- Le istituzioni italiane possiedono una conoscenza storica della guerra dei lunghi tempi;
- Gli enti regolatori europei/occidentali vantano una vasta esperienza nel settore dei reattori ad acqua pesante (LWR);
- I sistemi di gestione dei combustibili e dei rifiuti sono ben noti.

I reattori veloci comportano requisiti diversi per lo sviluppo degli enti regolatori.

Il progetto EAGLES affronta in parte questo problema attraverso l'iniziativa multinazionale di pre-autorizzazione dell'AIEA, in cui sono direttamente coinvolte le istituzioni italiane. **[I/G]**

Natrium gode di un importante vantaggio normativo grazie a un'effettiva autorizzazione di costruzione rilasciata dalla US NRC, ma il suo sistema sodio/HALEU richiederebbe comunque all'Italia di sviluppare una notevole competenza specialistica.

5.21.17 Categorie di predisposizione agli appalti

Ai fini della pianificazione governativa, i sei progetti non dovrebbero essere inseriti in un'unica "lista ristretta di SMR" indistinta.

Dovrebbero essere raggruppati in base **allo stato del programma verificato** , senza convertire tali gruppi in una classifica politica generale.

categoria di riferimento per la costruzione

BWRX-300
Natrium

Entrambe sono passate alla fase di costruzione nucleare autorizzata.

Il loro rischio tecnologico è tuttavia molto diverso.

Categoria di revisione normativa sostanziale

Holtec SMR-300

È stato sottoposto a una significativa valutazione normativa di tipo generico occidentale, ma non ha ancora generato le stesse prove di realizzazione fisica.

Categoria di pre-applicazione/sviluppo del progetto

AP300
NUWARD

Entrambi si basano in larga misura sulla consolidata tecnologia PWR, ma i loro specifici progetti SMR rimangono in una fase iniziale della catena di concessione di licenze/implementazione.

Categoria di pre-commercializzazione dei reattori avanzati

EAGLES-300

Il programma si avvale di una solida partecipazione tecnologica italiana ed europea e di accordi di pre-licenza internazionali, ma prevede esplicitamente fasi dimostrative prima dell'implementazione commerciale.

5.21.18 Matrice di fasi decisionali specifica per l'Italia

Condizioni italiane richieste	BWRX-300	Holtec SMR-300	AP300	NUWARD	Nazio	EAGLES-300
Prove di costruzioni estere ora disponibili	SÌ	NO	NO	NO	SÌ	NO
Catena del combustibile LWR convenzionale	SÌ	SÌ	SÌ	SÌ	NO	NO
Dipendenza da HALEU	NO	NO	NO	Nessuna linea di base	SÌ	Nessuna ipotesi di base su HLEU; è ancora necessario un programma avanzato sui combustibili.
Partecipazione diretta in Italia allo sviluppo di reattori nucleari.	Limitato	Limitato	Stabilimento produttivo italiano di proprietà del fornitore	Ampia cooperazione industriale	Limitato	Partecipazione italiana di primo piano
L'autorità di regolamentazione italiana esaminerebbe la classe LWR già nota	Sì, BWR	Sì, PWR	Sì, PWR	Sì, PWR	NO	NO
Documentazione completa sull'operatività commerciale di FOAK	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Tipo di carburante commerciale esistente già dimostrato	SÌ	Famiglia di combustibili sì	Famiglia di combustibili sì	Famiglia di combustibili sì	Non esiste una catena metallica HALEU matura equivalente	È richiesta una qualifica avanzata per il carburante.
Il programma attuale è intrinsecamente compatibile con lo scenario limite italiano della metà	Fisicamente possibile solo con un programma italiano serrato	Dipende dai progressi di FOAK/licenze negli Stati Uniti	Dipende dalla certificazione e rapida della progettazione e dal riferimento di implementazione	Dipende dal completamento con successo dello sviluppo del design/della licenza	Il livello di maturità costruttiva è elevato, ma il salto normativo e in materia di carburanti	Il programma stesso punta alla commercializzazione intorno al 2039.

degli anni 2030.					in Italia è considerevole.	

L'ultima riga non prevede le date di completamento in Italia.

Il documento individua se l' **attuale programma di sviluppo tecnologico esterno** sia strutturalmente compatibile con un calendario di riferimento italiano per il periodo 2034-2036.

5.21.19 L'errore più importante in materia di appalti sarebbe quello di trattare la scadenza come un singolo numero

La maturità tecnologica si compone di diversi elementi:

- maturità del progetto;
- maturità dell'ente regolatore;
- maturità del combustibile;
- stato di maturità della costruzione;
- maturità della catena di approvvigionamento;
- maturità operativa.

Un reattore può ottenere punteggi molto diversi a seconda del test effettuato.

Per esempio:

AP300

Elevata eredità tecnologica derivante dall'AP1000.

Prove di costruzione AP300 specifiche di basso livello.

Nazio

Elevato stato di avanzamento dei lavori di costruzione specifici del progetto.

Livello di maturità inferiore della catena del combustibile.

NUWARD

Elevata consolidata tradizione istituzionale/del ciclo del combustibile nel settore PWR.

Minore livello di maturità in materia di licenze e costruzione specifiche del progetto.

Aquile

Elevata partecipazione italiana alla ricerca.

Scarse evidenze di operatività commerciale.

Pertanto un'unica etichetta come:

“avanzato”

O

“Generazione III+”

è inadeguato per gli appalti.

5.21.20 Un appalto governativo dovrebbe richiedere prove a livello di sottosistema

Prima di passare dalla sorveglianza tecnologica agli appalti, lo Stato dovrebbe richiedere prove comparabili almeno per quanto riguarda i seguenti aspetti:

Categoria	Documentazione richiesta
Progetto	Maturità del progetto congelato/di riferimento
Licenze	Decisioni di riferimento dell'autorità regolatrice e questioni aperte
Costruzione	Progressi fisici e traguardi raggiunti da FOAK
Costo	Costo effettivo impegnato e costo previsto, non solo l'obiettivo del fornitore.
Carburante	Contratto di arricchimento/fabbricazione e alternative
Sciupare	Scorte di combustibile esaurito e rifiuti per unità di produzione
Posizione	Raffreddamento, sismico, ingombro e involucro di emergenza
Griglia	Contingenza dell'unità e configurazione multi-modulo
Catena di fornitura	Pacchetti di lavoro italiani identificati
Digitale	Accordi di supporto I&C/IP/software
Operatore	Accordi di formazione e di utilizzo di impianti di riferimento.
Programma	Data di costruzione di riferimento anziché di commercializzazione

Ciò consentirebbe all'Italia di confrontare sei diversi sistemi nucleari su una base probatoria comune.

5.21.21 La fascia 300–400 MWe non elimina la sfida su scala di flotta

Questa soluzione è interessante proprio perché le unità possono essere implementate gradualmente.

Ma gli scenari del PNIEC 2050 chiariscono che l'Italia avrebbe bisogno, prima o poi, di una flotta di grandi dimensioni se si intende che il nucleare rappresenti una quota significativa dell'energia nazionale.

Con una potenza di circa **300 MWe per modulo** :

- 8 GW corrispondono a circa **27 moduli** ;
- 16 GW corrispondono a circa **53-54 moduli** .

Lo scenario nucleare da 8 GW del PNIEC copre circa **l'11% della domanda di elettricità del 2050** , mentre il potenziale tecnico totale stimato raggiunge circa **16 GW / 22%** . Si tratta di stime di scenario, non di impegni di approvvigionamento. **[G]**

Pertanto, l'attrattiva strategica di questa classe di potere dipende in ultima analisi dalla **replicazione** .

Un singolo FOAK di successo non è sufficiente.

La tecnologia deve diventare:

- producibile in serie;
- con possibilità di licenza ripetuta;
- finanziabile;
- operabile su scala di flotta.

5.21.22 La questione relativa agli appalti per l'Italia non è quindi "quale reattore da 300 MWe?"

La decisione governativa di fondo è più precisa.

impianto da 300-400 MWe è disposta ad acquisire.

Sistema LWR convenzionale importato/di riferimento

Esempi:

- BWRX-300;
- Holtec;
- AP300;
- NUWARD.
- Caratteristiche principali:
- combustibile LWR consolidato;
- fisica regolatrice familiare;

- minore novità tecnologica;
- diversi gradi di dipendenza dalla proprietà intellettuale estera.

Sistema avanzato di reattori veloci

Esempi:

- Sodio;
- Aquile.

Caratteristiche principali:

- potenzialmente maggiore utilizzo del carburante e capacità del sistema di funzionare a temperature più elevate;
- carburante più specializzato;
- competenza regolatrice sostanzialmente diversa;
- maggiore novità tecnologica.

Tale distinzione è più significativa della comune classificazione elettrica.

5.21.23 Valutazione finale

La classe di potenza 300-400 MWe rappresenta la scala più concreta per l'analisi iniziale degli appalti in Italia, in quanto concilia diverse esigenze nazionali contrastanti:

- una generazione abbastanza numerosa da fare la differenza;
- la dimensione di ciascun progetto è inferiore a quella di un reattore convenzionale di classe gigawatt;
- ampliamento graduale della capacità produttiva;
- potenziale utilizzo di aree industriali/reti dismesse esistenti;
- compatibilità con una parte sostanziale della base produttiva italiana nel settore nucleare pesante.

Ma questi benefici non vanno sopravvalutati.

Un SMR da 300 MWe rimane un **importante progetto infrastrutturale nel settore nucleare** .

Il riferimento canadese dimostra già un'esposizione al capitale FOAK di diversi miliardi di dollari.

La classe di potenza non garantisce:

- basso costo €/kW;
- costruzione breve;
- finanziabilità;
- facile accesso;

- basso consumo idrico;
- elevata percentuale di contenuto italiano.

La cosa più importante è che i sei sistemi candidati in questa fascia non dovrebbero essere rappresentati come se fossero reperibili su un comune scaffale commerciale.

Dati aggiornati al 26 settembre 2026:

BWRX-300 e Natrium sono impianti nucleari in fase di costruzione e per i quali è stata ottenuta la licenza.

Holtec SMR-300 è stato sottoposto a un'approfondita revisione normativa per i farmaci generici, ma non ha ancora completato la fase di sperimentazione clinica iniziale (FOAK).

Il progetto AP300 è ancora in fase di progettazione e certificazione preliminare all'applicazione.

NUWARD è un programma europeo attivo di progettazione, sviluppo e industria, con una partecipazione italiana insolitamente elevata, ma senza riferimenti al settore delle costruzioni.

EAGLES-300 è un programma europeo a guida italiana per lo sviluppo di reattori avanzati, la cui tabella di marcia prevede il passaggio attraverso i progetti LEANDREA e ALFRED prima della messa in funzione commerciale, prevista intorno al 2039.

Nessuno ha ancora completato un ciclo operativo del Western FOAK.

Il corretto principio italiano in materia di appalti pubblici è quindi il seguente:

Non scegliete un reattore solo perché 300-400 MWe sembrano essere la dimensione giusta. Scegliete solo dopo aver individuato quale combinazione di maturità progettuale, sicurezza del combustibile, riferimento normativo, partecipazione industriale italiana, compatibilità del sito, finanziamento e dipendenza dal ciclo di vita l'Italia è disposta ad accettare.

La potenza elettrica erogata definisce la **dimensione dell'impianto** .

Non definisce il **rischio del programma** .

5.21 — REGISTRO DELLA SORGENTE DI CARICO

I1 — Commissione canadese per la sicurezza nucleare — Nuovo progetto nucleare di Darlington. BWRX-300 selezionato nel 2021; domanda di costruzione 2022; licenza di costruzione aprile 2025; costruzione fisica in corso; domanda di licenza di esercizio marzo 2026.
CNSC — Nuovo progetto nucleare di Darlington

I2 — GE Vernova Hitachi — Dati tecnici del BWRX-300. 300 MWe netti, 870 MWth, circolazione naturale, combustibile GNF2, durata di progetto 60 anni.
Tecnologia GE Vernova Hitachi — BWRX-300.

I3 — GE Vernova Hitachi — Strategia per il combustibile BWRX-300. Combustibile commerciale GNF2 e nessun requisito HALEU.
GE Vernova Hitachi — Combustibile BWRX-300 e tecnologia di riferimento.

I4 — Ontario Power Generation — Economia del progetto Darlington. Primo SMR da 6,1 miliardi di CAD, sistemi/servizi comuni da 1,6 miliardi di CAD, programma di quattro unità da 20,9 miliardi di CAD, inclusi interessi, adeguamento e imprevisti.
OPG — Costi e programma di implementazione dell'SMR di Darlington

G1 — Autorità di regolamentazione nucleare/ambientale del Regno Unito — Valutazione GDA di Fase 2 per Holtec SMR-300. ~320 MWe, PWR da 1.050 MWth, combustibile UO_2 con arricchimento ≤5%, sviluppo del progetto in corso.
Governo del Regno Unito — Valutazione di Fase 2 per Holtec SMR-300.

G2 — Autorità di regolamentazione del Regno Unito, 31 marzo 2026. Completamento della Fase 2 della GDA di Holtec; nessuna carenza fondamentale identificata a questo livello di valutazione.
Governo del Regno Unito — Completamento della GDA di Holtec SMR-300.

I5 — Commissione di regolamentazione nucleare statunitense (US NRC) — AP300. Reattore PWR a singolo circuito di generazione III+ da 300 MWe basato su componenti, tecnologia e licenze dell'AP1000; attualmente in fase di pre-richiesta.
US NRC — Stato normativo del Westinghouse AP300

I6 — Westinghouse — Produzione e lignaggio tecnologico dell'AP300.
Westinghouse — AP300 SMR

I7 — Westinghouse, 3 marzo 2026 — Westinghouse Electric Italy. Centro di produzione nucleare di Monfalcone a supporto dei progetti AP1000 e AP300; circa 300 dipendenti specializzati.
Westinghouse — Centro di produzione di Westinghouse Electric Italy

I8 — Ansaldo Energia — EAGLES-300. Specifiche attuali 2026: reattore veloce commerciale raffreddato a piombo da 300 MWe; obiettivo di implementazione

commerciale 2039 dopo i dimostratori.
Programma Ansaldo — EAGLES-300

I9 — Ansaldo Energia, febbraio 2026 — LEANDREA. LEANDREA è prevista entro il 2034, seguita da ALFRED e dal percorso commerciale EAGLES-300.
Ansaldo — EAGLES/newcleo, roadmap LEANDREA

I10 — US NRC — Natrium. Reattore veloce al sodio a piscina da 345 MWe con combustibile metallico HALEU.
US NRC — Tecnologia dei reattori al sodio

I11 — US NRC, 4 marzo 2026 — Autorizzazione alla costruzione di un impianto di estrazione di sodio.
US NRC — Permesso di costruzione dell'impianto di estrazione di sodio di Kemmerer.

I12 — TerraPower, 23 aprile 2026 — inizio della costruzione nucleare.
TerraPower — Inizio della costruzione di Kemmerer

I13 — TerraPower — Dati tecnici sul Natrium. Isola nucleare da 840 MWth, flessibilità di produzione elettrica con accumulo termico e 345 MWe.
Dati tecnologici di TerraPower — Natrium.

I14 — EDF, Dati e cifre 2026 — NUWARD. Reattore PWR, fino a 400 MWe; configurazione di cogenerazione; progettazione concettuale e programma di commercializzazione per gli anni 2030.
Dati tecnici e di programma di EDF — NUWARD

I15 — Edison, 25 giugno 2026 — Dichiarazione industriale franco-italiana NUWARD. Edison, EDF, NUWARD e i principali fornitori italiani; obiettivo industriale dei primi impianti intorno al 2035.
Accordo industriale Edison — EDF/NUWARD/Italia

G3 — MASE — PNIEC 2024. Scenario nucleare 2050 di circa 8 GW / 11% della domanda di elettricità e potenziale totale stimato intorno a 16 GW / 22%.

5.22 La "costruzione in fabbrica" rimane un'ipotesi che deve essere dimostrata su scala di flotta.

Il principio industriale alla base di molti modelli di business SMR è semplice.

I grandi progetti nucleari convenzionali sono caratterizzati da complesse fasi di costruzione in loco. Ogni progetto mobilita ingenti forze lavoro temporanee, vaste strutture provvisorie, elevati volumi di saldatura e calcestruzzo in cantiere e una catena di approvvigionamento che deve coordinare ripetutamente migliaia di attività nel rispetto dei requisiti di qualità nucleare.

La proposta SMR è di spostare una quota significativamente maggiore di tale lavoro in **ambienti di produzione industriale controllati** , dove i componenti o i moduli completi possono essere prodotti ripetutamente, testati prima della spedizione e assemblati presso il sito del reattore utilizzando un processo standardizzato.

In linea di principio, ciò può offrire importanti vantaggi:

- maggiore produttività del lavoro;
- migliore controllo della qualità;
- maggiore automazione;
- saldatura e ispezione ripetibili;
- ridotta esposizione agli agenti atmosferici;
- Lavoro parallelo in fabbrica e in cantiere;
- minore necessità di rilavorazioni;
- tempi di costruzione in loco più brevi;
- accumulo più rapido di esperienza nella produzione;
- ammortamento dei costi di ingegneria e di licenza non ricorrenti su più unità.

Questi meccanismi sono tecnicamente credibili.

Sono inoltre fondamentali per la convenienza economica dei reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) perché i reattori di piccole dimensioni sacrificano parte delle tradizionali **economie di scala del nucleare** . Un impianto da 300 MWe non può semplicemente dividere per quattro tutti i costi di un reattore da 1.200 MWe. Alcuni costi rimangono fissi o solo parzialmente scalabili.

Di conseguenza, l'Agenzia per l'energia nucleare dell'OCSE descrive **la costruzione in serie come un imperativo** per il modello economico degli SMR: la standardizzazione, la semplificazione, la modularizzazione e la fabbricazione in fabbrica devono generare

sufficiente apprendimento e ripetibilità per compensare le diseconomie associate alle dimensioni ridotte delle unità. Fondamentalmente, l'NEA afferma anche che, sebbene questi benefici siano stati dimostrati in settori come la cantieristica navale e la produzione aeronautica, **devono ancora essere dimostrati per gli stessi SMR . [S]**

Tale distinzione dovrebbe essere fondamentale per la politica italiana in materia di appalti pubblici.

L'ingegneria modulare è già una realtà. La produzione in fabbrica di componenti nucleari è già una realtà. La redditività della produzione in serie di SMR (Small Modular Reactor) non è ancora stata dimostrata nel settore energetico commerciale occidentale.

Lo Stato dovrebbe pertanto distinguere cinque concetti che vengono spesso confusi nella comunicazione politica o commerciale:

1. **progettazione modulare;**
2. **fabbricazione in fabbrica;**
3. **costruzione modulare;**
4. **produzione in serie;**
5. **ha dimostrato una diminuzione dei costi unitari grazie alla produzione in serie.**

Solo la quinta formula la proposta economica rilevante per una flotta nazionale.

5.22.1 “Modulare” non significa “l’intero reattore esce dalla fabbrica completo”

Il termine *modulo* può descrivere cose molto diverse.

Per un determinato progetto, un modulo può essere:

- un assemblaggio in acciaio strutturale;
- un porta-tubi;
- un basamento per servizi meccanici;
- una sezione di contenimento;
- una sala elettrica.

Per un altro, potrebbe significare:

- un recipiente del reattore integrale contenente il sistema primario.

Nel caso di una centrale elettrica multi-modulo come NuScale, il termine viene utilizzato anche per indicare il singolo modulo di potenza del reattore.

L'AIEA avverte quindi che un “modulo” varia da progetto a progetto. I moduli costruiti in fabbrica possono contenere sistemi meccanici, elettrici e di strumentazione e possono essere assemblati in condizioni industriali controllate, ma l’entità della fabbricazione fuori sede può differire sostanzialmente. **[I]**

Questa distinzione impedisce una formulazione fuorviante:

SMR ≠ centrale elettrica completa, fabbricata come un'autovettura e consegnata pronta per l'uso.

Anche i reattori altamente modulari continuano a richiedere importanti lavori in loco, che possono includere:

- scavo;
- fondazioni;
- strutture sismiche;
- infrastrutture di raffreddamento;
- isola della turbina;
- sottostazione elettrica;
- sicurezza;
- sistemi di gestione dei rifiuti;
- infrastrutture di emergenza;
- connessione alla rete;
- messa in servizio.

La produzione in fabbrica modifica l'equilibrio tra lavoro in fabbrica e lavoro in cantiere.

Non elimina il sito.

5.22.2 La costruzione modulare in sé non è una novità per l'energia nucleare

Un'altra correzione importante è che la costruzione modulare non è nata con i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR).

L'OCSE-NEA individua recenti esempi di grandi reattori, quali:

- AP1000;
- APR-1400;
- ABWR

come progetti che già utilizzano approcci di costruzione modulare. **[S]**

La tesi SMR è più ambiziosa.

Poiché i singoli componenti e le strutture sono più piccoli, gli sviluppatori prevedono che **una parte maggiore dell'impianto** possa essere successivamente trasferita dal cantiere ad ambienti di fabbrica o di produzione controllati.

L'NEA ha stimato che la modularizzazione/fabbricazione in fabbrica è già applicabile a circa il 30% delle costruzioni nucleari e che strategie significativamente più ambiziose potrebbero teoricamente aumentare questa percentuale fino al **60-80% circa** , a seconda del modello di progettazione e di realizzazione. Si tratta di un intervallo industriale prospettico, non di una prova che una flotta occidentale di SMR (Super Reactor Modular) operativa lo abbia già raggiunto. **[S]**

Rolls-Royce SMR attualmente avanza un'affermazione ancora più ambiziosa: circa il **90% del suo impianto** è destinato ad essere fabbricato in fabbrica, testato e trasportato in loco come moduli. Ma alla data limite di settembre 2026, l'azienda sta ancora industrializzando questo sistema; il suo stabilimento di sviluppo moduli di Sheffield sta producendo e testando **moduli prototipo** , mentre si sta creando la prima catena di fornitura per la distribuzione nel Regno Unito/Repubblica Ceca. **[I]**

Questa è precisamente la differenza tra:

progettazione orientata alla fabbrica

E

dimostrazione della produzione in serie in fabbrica.

5.22.3 La logica economica inizia con la perdita delle economie di scala

I grandi reattori sfruttano storicamente un importante effetto economico: molti costi fissi non aumentano in proporzione alla produzione di energia elettrica.

Un'unità di grandi dimensioni potrebbe richiedere:

- una sala di controllo;
- un'organizzazione di sicurezza;
- un unico processo di licenza;
- un sistema di contenimento;
- Un'organizzazione operativa,

producendo al contempo una quantità di elettricità diverse volte superiore a quella di una piccola unità.

I SMR partono quindi da una sfida strutturale.

Il reattore più piccolo deve compensare in parte questa **diseconomia di scala** attraverso altri meccanismi.

La logica economica della NEA può essere riassunta come segue:

penalità di scala per unità più piccole

compensato da

Semplificazione della progettazione + standardizzazione + modularizzazione + produzione in serie + apprendimento + potenziale riduzione del rischio di finanziamento.

Se il secondo gruppo di effetti non si concretizza, l'SMR potrebbe mantenere lo svantaggio in termini di costi derivante dalla scala ridotta senza ottenere benefici produttivi sufficienti a compensarlo. **[S]**

Ecco perché la produzione in serie non è un vantaggio marginale.

È un elemento centrale della proposta economica del SMR.

5.22.4 L'“effetto serie”

L'OCSE-NEA suddivide l' **effetto della serie SMR** in due meccanismi principali.

Primo:

La produzione in serie delle apparecchiature riduce il costo unitario all'aumentare del volume cumulativo di produzione.

Secondo:

L'apprendimento pratico migliora l'efficienza, poiché l'esperienza acquisita viene riutilizzata nelle unità successive.

[S]

Ciò può verificarsi simultaneamente a diversi livelli.

Livello	**Meccanismo di apprendimento**
Ingegneria progettuale	Meno modifiche di progettazione e ore di ingegneria nelle unità successive
Regolamentazione	Riutilizzo di un progetto standard già esaminato
Fabbrica	Saldatura, lavorazione, assemblaggio e ispezione ripetuti
Catena di fornitura	Gli ordini stabili a lungo termine consentono l'ottimizzazione del processo
Costruzione del sito	Le squadre ripetono la stessa sequenza di installazione
Messa in servizio	Le procedure vengono riutilizzate e migliorate
Operatore	Formazione e manutenzione standardizzate
Finanziamento	Una minore incertezza può ridurre il premio di rischio.

Ecco perché una vera flotta di SMR può risultare economicamente diversa da una sequenza di reattori singoli e non correlati tra loro.

5.22.5 I tassi di apprendimento derivanti dalla costruzione di aeromobili e navi non possono essere semplicemente inseriti in un modello finanziario SMR

La NEA rileva prove provenienti da altri settori della produzione in serie, come quello aeronautico e navale, che mostrano tassi di apprendimento nell'ampio **intervallo del 10-20%** nella letteratura citata. **[S]**

Ma questo dato richiede un'attenta interpretazione.

Un tasso di apprendimento del 10% significherebbe, in termini semplificati di curva di apprendimento, che ogni raddoppio della produzione cumulativa riduce il relativo costo unitario di circa il 10%.

Non **significa** :

- Ogni reattore successivo costa il 10% in meno;
- I progetti nucleari raggiungeranno automaticamente i tassi di apprendimento del settore aerospaziale;
- Il CAPEX totale dell'impianto diminuisce allo stesso ritmo di un componente prodotto in fabbrica.

I reattori nucleari contengono categorie di costi con un potenziale di apprendimento molto diverso.

Elevato potenziale di ripetibilità

- produzione industriale;
- moduli standard;
- saldatura;
- assemblaggio dei componenti;
- approvvigionamento ripetuto.

Potenziale inferiore

- scavo;
- geologia;
- acqua di raffreddamento;
- connessione alla rete;
- sicurezza del sito;
- infrastrutture locali;
- mitigazione territoriale.

Potenzialmente non ripetitivo

- Licenza FOAK;

- costi di ingresso nel paese;
- nuova valutazione di impatto ambientale del sito;
- importanti modifiche sismiche specifiche del sito.

Pertanto, la curva di apprendimento dell'industria aeronautica non può essere semplicemente applicata al CAPEX totale del nucleare.

5.22.6 Le prime unità potrebbero effettivamente essere più costose perché il modello di fabbrica stesso deve essere creato

La produzione in fabbrica richiede un proprio investimento iniziale.

Prima che possa iniziare la produzione in serie, il programma potrebbe richiedere:

- acquisizione o costruzione di stabilimenti;
- attrezzature specializzate;
- maschere e dispositivi di fissaggio;
- saldatura automatizzata;
- attrezzature di sollevamento;
- sistemi di qualità certificati per il settore nucleare;
- formazione della forza lavoro;
- qualificazione del prototipo;
- accordi di ispezione dell'autorità di regolamentazione.

Si tratta di **costi non ricorrenti** .

Se il programma alla fine si sviluppa solo:

- un reattore;
- due reattori;
- tre reattori,

L'investimento industriale fisso potrebbe essere distribuito su un numero insufficiente di unità per produrre i risparmi unitari dichiarati.

L'AIEA lo afferma esplicitamente: è improbabile che esista un ambiente completo per la produzione di moduli finché non si raggiungerà un portafoglio ordini sufficiente, poiché tali fabbriche richiedono ingenti investimenti di capitale che dovranno essere recuperati nell'arco dell'intera flotta. Le pratiche di produzione devono inoltre essere collaudate sul campo, la configurazione dei moduli stabilizzata e l'esperienza operativa accumulata. **[I]**

Di conseguenza, l'AIEA prevede che i primi SMR mantengano una costruzione sostanziale in loco, con la produzione di prototipi o moduli a basso volume utilizzati inizialmente per accumulare esperienza industriale. **[I]**

Si tratta di una precisazione fondamentale per le narrazioni relative alle fabbriche dei fornitori.

5.22.7 Il problema dell'economia circolare

I SMR si trovano quindi ad affrontare un problema di coordinamento industriale:

Una fabbrica ha bisogno di un ordine di flotta per diventare economicamente vantaggiosa.

Ma:

Le aziende di servizi pubblici potrebbero voler dimostrare la redditività degli impianti di produzione prima di impegnarsi in una flotta.

Ciò genera il seguente ciclo:

ampio portafoglio ordini → investimento in fabbrica → produzione ripetuta → apprendimento → costi unitari inferiori

mentre gli investitori potrebbero inizialmente richiedere:

costo unitario dimostrato inferiore → prima di un portafoglio ordini consistente.

Interrompere questo ciclo può richiedere:

- Impegno del governo a sostegno della flotta;
- dispiegamento multinazionale;
- decreti quadro;
- stabilimenti condivisi al servizio di diversi paesi;
- contratti di fornitura a lungo termine.

La strategia della Commissione europea per il 2026 è esplicitamente concepita per affrontare questo problema. Essa prevede **una diffusione basata su flotte** , la concentrazione su un numero limitato di progetti promettenti, catene di approvvigionamento europee più solide e standard industriali a supporto della produzione modulare. **[G]**

5.22.8 La strategia della Commissione europea dimostra che il sistema di produzione di flotte non è ancora maturo.

La strategia della Commissione sui reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) del marzo 2026 non deve essere interpretata semplicemente come un sostegno politico a tali reattori.

Si tratta inoltre di un'importante diagnosi di ciò che ancora manca al settore europeo.

La Commissione chiede:

- **implementazione industriale basata su flotte;**
- un numero limitato di progetti di reattori;
- catene di approvvigionamento europee più solide;
- collaborazione tra i fornitori;
- standard industriali a supporto dell'impiego della flotta;
- sviluppo della produzione modulare;
- Valli SMR e distretti manifatturieri;
- maggiore coordinamento normativo.

[G]

Se in Europa esistessero già sistemi di produzione in serie consolidati ed economie di flotta, molte di queste misure politiche sarebbero superflue.

La strategia riconosce quindi implicitamente che l'industrializzazione dei reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) è ancora nella **fase di creazione del mercato** .

5.22.9 L'OCSE-NEA sta ancora studiando come dovrebbe funzionare l'economia delle fabbriche su larga scala.

L'OCSE-NEA ha creato un **gruppo di lavoro dedicato all'economia dei piccoli reattori modulari (Small Modular Reactor Economics - SMR-ECON)** .

Il suo mandato fino alla fine del 2026 comprende:

- consolidando le prove provenienti da **altri settori** che hanno ottenuto economie di scala attraverso la costruzione in serie;
- individuare quali insegnamenti possono essere applicati ai SMR;
- esaminare la riduzione dei costi, passando dalle prime unità commerciali alla successiva implementazione su larga scala in ambito industriale;
- Informare i responsabili politici sui costi economici dei sistemi modulari di piccole dimensioni (SMR).

[S]

Si tratta di un fatto probatorio importante.

La principale istituzione intergovernativa mondiale per l'economia nucleare continua a basarsi esplicitamente su settori di confronto perché non esiste ancora un set di dati sufficientemente maturo sui costi di produzione degli impianti SMR (Small Modular Reactors).

5.22.10 Nessuna serie commerciale occidentale di reattori SMR ha ancora prodotto la curva dei costi richiesta

Al **26 settembre 2026** , le prove ufficiali e primarie esaminate per la presente relazione non individuano alcun programma di un Paese OCSE che soddisfi contemporaneamente tutti i seguenti requisiti:

- almeno dieci unità SMR commerciali identiche;
- costruzione sequenziale;
- configurazione di progettazione stabile;
- produzione industriale ripetuta;
- condizioni regolamentari comparabili;
- Dati trasparenti sui costi unitari;
- ha dimostrato un calo dei costi unitari reali.

Questa formulazione è volutamente più restrittiva e più difendibile rispetto all'affermazione che non sia mai esistito alcun reattore modulare.

A livello internazionale sono in funzione reattori modulari/di piccole dimensioni.

Attualmente sono in costruzione alcuni SMR occidentali.

Ci sono fornitori che stanno costruendo sistemi di produzione.

Ciò che ancora non esiste è il **set di dati sulla flotta commerciale occidentale necessario per convalidare empiricamente la proposta completa sull'economia di fabbrica.**

5.22.11 Dati attuali per programma

Programma	Ciò che è stato effettivamente dimostrato	Ciò che resta da dimostrare
BWRX-300 / Darlington	Costruzione di reattori SMR occidentali su licenza; strategia di costruzione modulare/a cielo aperto; flotta prevista di quattro unità.	Completamento FOAK, messa in servizio, unità ripetute, apprendimento in fabbrica, costo unitario decrescente
Rolls-Royce SMR	Strategia di modularizzazione dettagliata; selezione dei fornitori; impianto per la prototipazione di moduli; molteplici accordi di implementazione a livello nazionale.	Costruzione del primo reattore, produttività industriale, curva dei costi di fabbrica
Holtec SMR-300	Significativa capacità di sviluppo progettuale/regolamentare e di produzione su larga scala.	Primo reattore commerciale e redditività delle unità ripetibili
AP300	Eredità tecnologica dell'AP1000 e consolidata base produttiva di Westinghouse	Costruzione AP300 FOAK e produzione in serie AP300
NuScale	Progettazione standard approvata dalla NRC	Dati di riferimento attuali relativi all'edilizia commerciale e alla produzione di flotte
NUWARD	Consorzio industriale europeo e riprogettazione dell'architettura PWR	FOAK con licenza, sistema di fabbrica e unità replicate
EAGLES/newcleo	Infrastrutture di prova e sviluppo di reattori avanzati	Produzione in serie e sequenza di dimostrativi commerciali
Nazio	Costruzione effettiva di un reattore avanzato	Impianti replicati e documentazione sui costi di serie

Il settore è quindi passato dalla **fase concettuale** a quella **di realizzazione industriale** , ma non ancora a quella di consolidamento economico della flotta.

5.22.12 Darlington è il test empirico più importante a breve termine

Il progetto BWRX-300 a Darlington è particolarmente importante perché OPG intende installare **quattro unità identiche** in un unico sito nucleare già esistente.

Ciò crea le condizioni favorevoli all'osservazione dell'effetto serie:

- stesso proprietario;
- stesso sito;
- stessa tecnologia del reattore;
- stesso regolatore;
- stessa catena di approvvigionamento nazionale;
- infrastrutture comuni.

OPG dichiara di voler massimizzare la partecipazione della catena di fornitura canadese, mentre GE Vernova Hitachi descrive la costruzione modulare/a cielo aperto come un metodo di consegna fondamentale. **[I]**

Ma alla data di pubblicazione del rapporto, solo il primo reattore era in fase di costruzione.

Pertanto Darlington è attualmente:

il principale esperimento occidentale in materia di economia delle flotte SMR

piuttosto che:

prova che gli obiettivi economici sono già stati raggiunti.

L'Italia dovrebbe monitorare con attenzione i dati relativi a ciascuna singola unità.

5.22.13 I dati che l'Italia dovrebbe richiedere a Darlington e ad altre flotte di riferimento

Per ogni reattore successivo, l'Italia dovrebbe cercare prove su:

metrico	Perché è importante
Ore/unità di ingegneria	Test sui benefici del riutilizzo della progettazione
Ore di lavoro in cantiere/MWe	Test di efficienza dell'installazione modulare
Ore di lavoro in fabbrica/modulo	Test di produzione e apprendimento
Ore di saldatura principali	Ripetibilità dei test
Tasso di rilavorazione	Vantaggi della qualità dei test
Durata della costruzione	Programma dei test di apprendimento
Tempi di approvvigionamento	Verifica la maturità della catena di approvvigionamento
Costo per pernottamento/MWe	Test di riduzione dei costi fisici
Interesse durante la costruzione	Calendario dei test/benefici finanziari
Contingenza consumata	test prevedibilità
Durata della messa in servizio	Test di apprendimento operativo
Disponibilità dell'unità dopo l'avvio	Test per verificare se la produzione rapida compromette la qualità

Senza questi dati, le affermazioni sull'apprendimento della flotta rimangono di natura qualitativa.

5.22.14 Rolls-Royce fornisce la strategia di fabbrica europea più chiara, ma rimane in fase di pre-serie

Rolls-Royce SMR dichiara esplicitamente che circa **il 90%** dell'impianto è destinato ad essere prodotto o fabbricato fuori sede e consegnato come moduli. **[I]**

Nell'aprile 2026 ha selezionato **Aker Solutions** come partner principale per i moduli, descrivendo la modularizzazione come elemento centrale della strategia di fornitura. **[I]**

Nel maggio 2026 ha selezionato **Škoda JS e Doosan Enerbility** per i lavori di pre-produzione sui componenti chiave dell'isola nucleare, compresa la preparazione del recipiente a pressione del reattore. **[I]**

Nel settembre 2026 è stato annunciato che lo stabilimento di Newcastle di Siemens Energy avrebbe prodotto componenti chiave per le turbine a vapore destinate alle prime tre unità nel Regno Unito. **[I]**

A Sheffield, tuttavia, la struttura dedicata allo sviluppo di moduli è ancora descritta come un impianto che produce **prototipi funzionanti** di moduli per ridurre i rischi del programma. **[I]**

Questa non è una debolezza.

È la prova dell'effettiva sequenza di industrializzazione:

prototipo → qualificazione → prontezza del fornitore → produzione FOAK → produzione ripetuta → apprendimento della flotta.

L'Italia dovrebbe aspettarsi la stessa sequenza se intende avviare la produzione nazionale di moduli.

5.22.15 La standardizzazione è il prerequisito nascosto

I vantaggi economici derivanti dalla produzione in serie scompaiono se ogni reattore viene sostanzialmente riprogettato.

La standardizzazione richiede stabilità in:

- isola del reattore;
- sistema di alimentazione del vapore nucleare;
- sistemi di sicurezza;
- componenti;
- codici;
- processi di produzione;
- specifiche dell'interfaccia.

La NEA osserva specificamente che la standardizzazione non richiede che ogni impianto sia fisicamente identico in ogni aspetto, ma l'architettura globale dei reattori e i sistemi nucleari chiave necessitano di sufficienti elementi comuni per una replicazione significativa. **[S]**

Ciò crea una tensione con la localizzazione nazionale.

Ogni paese può richiedere modifiche per:

- codici locali;
- condizioni sismiche;
- regole della griglia;
- sicurezza;
- pratiche lavorative.

Un'eccessiva localizzazione può distruggere la standardizzazione su cui si basa l'economia di fabbrica.

5.22.16 L'ingegneria specifica per il sito rimane un limite inferiore per la standardizzazione

Nemmeno un reattore standard può essere standardizzato completamente:

- geologia;
- condizioni di base;
- Livello di piena;
- fonte di acqua di raffreddamento;
- opere marittime;
- percorso di trasporto pesante;
- connessione alla rete;
- popolazione circostante.

Pertanto una flotta italiana distribuita su:

- Trino;
- Montalto;
- Brindisi;
- Civitavecchia

potrebbe utilizzare un progetto di reattore comune pur avendo costi di gestione del sito sostanzialmente diversi.

Questo è uno dei motivi per cui i risparmi di fabbrica dovrebbero essere applicati solo alle categorie di costo che effettivamente influenzano.

5.22.17 La standardizzazione normativa è importante quanto la standardizzazione meccanica.

Un reattore fabbricato in modo identico ma con una licenza diversa in ogni paese non raggiunge l'effetto serie completo.

Le ripetute modifiche normative possono richiedere:

- modifiche di progettazione;
- modifiche alla documentazione;
- diversa qualificazione delle apparecchiature;
- diverso appalto.

L'OCSE-NEA identifica esplicitamente l'armonizzazione normativa come una condizione critica per il mercato globale necessaria a sostenere la fabbricazione in fabbrica. **[S]**

La strategia della Commissione per il 2026 promuove analogamente:

- lavoro normativo comune;
- dispiegamento della flotta;
- standard industriali.

[G]

Per l'Italia, ciò rafforza il valore strategico della scelta di un reattore già in funzione in diverse giurisdizioni alleate.

5.22.18 La supervisione normativa sulle fabbriche crea nuovi problemi anziché eliminare la regolamentazione

Il trasferimento della costruzione di centrali nucleari in uno stabilimento industriale modifica il lavoro dell'ente regolatore.

Ciò non la riduce a una semplice ispezione industriale.

L'ente regolatore potrebbe dover supervisionare la produzione di dispositivi di classe di sicurezza:

- al di fuori del sito del reattore;
- possibilmente al di fuori dell'Italia;
- forse in diversi paesi.

Ciò solleva interrogativi riguardanti:

- accesso dell'ente regolatore;
- registri di qualità;
- non conformità;
- sorveglianza della produzione;
- catena di custodia;
- dipendenza dalle normative estere.

Il Forum dei regolatori dei SMR dell'AIEA ha pertanto avviato un lavoro specifico su:

- producibilità;
- catene di approvvigionamento;
- costruzione;
- messa in servizio;
- implementazione su tutta la flotta;
- produzione standardizzata.

[IO]

Il modello di produzione crea un diverso problema normativo.

Non elimina la supervisione normativa.

5.22.19 La produzione su misura crea una questione legale particolarmente importante

L'approvvigionamento nucleare tradizionale di solito inizia dopo:

- proprietario;
- sito;
- quadro delle licenze

sono identificabili.

Un vero modello di produzione di massa potrebbe eventualmente prevedere la produzione di moduli **prima che venga assegnato un sito finale specifico o un licenziatario** .

Il Forum dei regolatori dei reattori modulari di piccole dimensioni dell'AIEA ha esaminato esplicitamente questo concetto di produzione "standard" perché solleva interrogativi su:

- responsabilità per la qualità della produzione;
- giurisdizione regolamentare;
- configurazione del progetto;
- successiva accettazione da parte dell'ente regolatore del sito. **[I]**

L'Italia non dovrebbe quindi presumere che i moduli nucleari possano essere eventualmente stoccati come le turbine convenzionali senza conseguenze normative.

5.22.20 L'economia di fabbrica richiede una dimensione di mercato sufficiente per un modello

Una fabbrica non trae alcun vantaggio dall'esistenza di cinquanta diversi concetti SMR.

Trae vantaggio dalla possibilità di ottenere numerosi ordini grazie a **un design sufficientemente standardizzato** .

L'OCSE-NEA afferma che è necessario un mercato sufficientemente ampio per un singolo progetto al fine di supportare la produzione in serie in fabbrica e suggerisce che solo un sottoinsieme dei numerosi progetti in fase di sviluppo è in grado di raggiungere tale scala. **[S]**

Si tratta di un'importante correzione a una statistica di mercato apparentemente positiva.

Un mercato contenente:

- 60 modelli;
- due ordini ciascuno

può essere meno utile a livello industriale rispetto a:

- tre modelli;
- quaranta ordini ciascuno.

La frammentazione è quindi nemica del modello di fabbrica SMR.

5.22.21 La decisione della Commissione di concentrare il sostegno su un numero minore di progetti è economicamente razionale

La norma COM(2026)117 esorta esplicitamente l'Alleanza industriale europea e gli Stati membri a concentrare le risorse su un **numero limitato di progetti più promettenti** .

Inoltre, incoraggia gli sviluppatori che lavorano su tecnologie simili a:

- collaborare;
- strutture della piscina;
- Condividere, ove possibile, le soluzioni di produzione.

[G]

Non si tratta semplicemente di politica industriale.

Affronta il problema del volume minimo di mercato.

L'Europa non può creare in modo efficiente:

- dozzine di tipi di carburante;
- decine di stabilimenti specializzati;
- decine di strategie di gestione dei rifiuti incompatibili

per un numero ridotto di ciascun reattore.

5.22.22 L'involucro italiano da 8 a 16 GW è teoricamente abbastanza grande da essere rilevante, ma solo se standardizzato

Lo scenario PNIEC discusso altrove in questo rapporto utilizza:

- circa 8 GW nel suo percorso nucleare vincolato;
- Il potenziale tecnico stimato è di circa 16 GW.

Con un valore nominale **di 300 MWe per unità** , questi corrispondono approssimativamente a:

- **27 moduli per 8 GW** ;
- **53–54 moduli per 16 GW** .

In teoria, si tratta di un volume sufficiente a creare una forte domanda interna di prodotti manifatturieri.

Ma solo se l'Italia **non** suddividerà tale programma tra numerose famiglie di reattori incompatibili.

A scopo illustrativo:

Configurazione del programma da 8 GW	unità/design approssimativi	implicazioni di fabbrica
Un progetto da 300 MWe	~27	Forte potenziale per la serie
Due modelli ugualmente	~13–14 ciascuno	Serie ancora potenzialmente promettenti
Quattro modelli uguali	~6–7 ciascuno	Economia di fabbrica molto più debole
Sei modelli uguali	~4–5 ciascuno	Effetto limitato delle serie nazionali

Questa tabella non rappresenta una composizione proposta per la flotta.

Ciò illustra perché la frammentazione tecnologica riduce direttamente il potenziale di apprendimento.

5.22.23 Una flotta europea potrebbe essere più importante di una flotta italiana

L'Italia non ha necessariamente bisogno di ordinare 30 reattori identici affinché si sviluppi un'economia di fabbrica.

Un modello più credibile potrebbe essere:

Francia + Italia + Polonia + Repubblica Ceca + Svezia + Paesi Bassi + altri clienti europei

acquistando la stessa famiglia di reattori.

Una fabbrica può quindi servire un **portafoglio ordini continentale** .

Questa è la logica economica alla base dell'enfasi posta dalla Commissione europea sulla diffusione della flotta e sugli standard comuni. **[G]**

Per l'Italia, la questione degli appalti dovrebbe quindi includere:

Quante unità di questo modello, o sostanzialmente identico, si prevede realisticamente vengano prodotte in tutta Europa prima che vengano ordinate le unità 2-5 all'Italia?

Questo dato è più rilevante dal punto di vista economico rispetto al numero di protocolli d'intesa globali del fornitore.

5.22.24 I protocolli d'intesa non devono essere considerati ordini di fabbrica

Investire in un impianto industriale richiede fiducia in:

- contratti vincolanti;
- finanziamento;
- siti;
- licenze.

Un venditore può annunciare:

- Protocolli d'intesa;
- accordi quadro;
- studi sul sito;
- partnership strategiche.

Ciò dimostra l'interesse del mercato.

Non offrono la stessa certezza di entrate di:

- ordini di reattori fissi;
- contratti di costruzione;
- progetti finanziati.

La valutazione industriale italiana dovrebbe pertanto mantenere una **gerarchia ordine-qualità** .

Stato commerciale	Peso per la valutazione dell'economia di fabbrica
Manifestazione generale di interesse	Molto basso
Protocollo d'intesa / accordo di fattibilità	Basso
Selezione tecnologica	Mezzo
Contratto di sviluppo finanziato dal governo	Medio-alto
FID / contratto EPC vincolante o contratto per il reattore	Alto
Licenza edilizia + costruzione finanziata	Molto alto
Unità ripetute effettivamente ordinate	prove critiche

Ciò impedisce che "portafogli ordini" gonfiati vengano utilizzati per giustificare prematuramente le ipotesi sui costi di produzione.

5.22.25 L'utilizzo della fabbrica è la variabile commerciale critica

Una fabbrica di moduli nucleari con un basso tasso di utilizzo può risultare economicamente meno conveniente di una costruzione convenzionale.

La fabbrica produce ancora:

- lavoro fisso;
- manutenzione;
- deprezzamento del capitale;
- organizzazione di garanzia della qualità;
- Attrezzatura specialistica.

Se gli ordini arrivano in modo irregolare, i costi fissi vengono ripartiti su un numero troppo esiguo di unità.

Pertanto la variabile rilevante non è semplicemente:

La fabbrica esiste.

È:

Produzione e utilizzo della fabbrica.

Un modello di appalto pubblico dovrebbe richiedere ai fornitori di identificare:

- capacità modulare annua prevista;
- ordini confermati;
- capacità già riservata;
- flusso economico minimo;
- capacità di espansione.

5.22.26 Le lacune nella produzione possono compromettere la curva di apprendimento

I vantaggi della produzione in serie dipendono dalla continuità.

Se l'Unità 1 della Fabbrica viene costruita nel 2031 e l'Unità 2 solo nel 2037:

- Il personale qualificato può andarsene;
- Gli utensili possono essere messi in naftalina;
- I fornitori potrebbero interrompere le linee di produzione;
- Le lezioni potrebbero andare perdute.

Lo stesso fenomeno è stato osservato storicamente nei programmi nucleari convenzionali quando lunghi intervalli separano i progetti.

L'economia dei sistemi modulari di piccole dimensioni dipende quindi non solo dal **numero di unità** , ma anche dalla **frequenza di funzionamento** .

L'Italia dovrebbe chiedersi:

Quante unità identiche all'anno deve produrre il sistema industriale per preservare la curva di apprendimento dichiarata?

5.22.27 Una modifica del progetto può azzerare la curva di apprendimento

La serie economica presuppone la stabilità della configurazione.

Se dopo l'Unità 2 il fornitore cambia:

- recipiente del reattore;
- sistemi di sicurezza;
- CIRCUITO INTEGRATO;
- carburante;
- contenimento;

Le unità prodotte successivamente potrebbero non beneficiare appieno delle conoscenze acquisite nelle fasi di produzione precedenti.

Alcuni miglioramenti al design sono normali.

Ma importanti cambiamenti normativi o tecnologici possono effettivamente creare una nuova FOAK.

L'AIEA identifica la stabilità della configurazione come prerequisito prima che la produzione in massa completa dei moduli diventi razionale. **[I]**

5.22.28 Il “divario FOAK-NOAK” deve essere misurato, non ipotizzato.

I fornitori distinguono comunemente:

FOAK — Il primo del suo genere

da

NOAK — N-esimo di un genere.

L'analisi economica spesso presuppone che NOAK sarà molto più economico.

L'Italia non dovrebbe accettare un costo NOAK solo perché un fornitore lo etichetta come tale.

La gara d'appalto dovrebbe richiedere una riconciliazione che mostri:

Fonte di riduzione dei costi	È richiesta la prova
Riutilizzo ingegneristico	Ore rimosse
Apprendimento in fabbrica	Produttività osservata
Apprendimento dei fornitori	Dati sui prezzi contrattuali
Contingenza ridotta	Prove derivanti dal progetto di riferimento
Programma più breve	Programmazione reale dell'unità precedente
Costi finanziari inferiori	Impegni di finanziamento
Infrastruttura condivisa	beni fisici identificati
Licenza di riutilizzo	Ambito di riutilizzo approvato dall'autorità di regolamentazione

Se la riduzione non può essere ricondotta a un meccanismo fisico o finanziario, dovrebbe rimanere un **obiettivo di costo auspicabile** .

5.22.29 Le prime unità di fabbrica possono avere un sovrapprezzo

La produzione in fabbrica non è automaticamente più economica a bassi volumi di produzione.

Le unità iniziali possono contenere:

- Prototipo degli utensili;
- basso utilizzo;
- elevata ispezione;
- supporto tecnico;
- comunicazione regolamentare;
- rielaborazione.

Solo in un secondo momento la produzione ripetuta può potenzialmente compensare questi costi.

Pertanto, il primo reattore italiano non dovrebbe essere giustificato finanziariamente utilizzando le ipotesi di costo di un impianto a regime, a meno che un altro paese non abbia già prodotto la serie corrispondente.

È proprio in questo contesto che l'ingresso tardivo dell'Italia potrebbe rivelarsi vantaggioso.

5.22.30 L'Italia può importare la curva di apprendimento

L'Italia non deve necessariamente essere il primo cliente di un determinato progetto di reattore.

Se il Canada costruisce:

- Unità BWRX 1;
- Unità 2;
- Unità 3;
- Unità 4

prima che l'Italia ordini unità successive, alcune:

- ingegneria;
- catena di fornitura;
- produzione;
- regolamentare

L'apprendimento viene integrato nel progetto italiano.

Analogamente, una flotta europea potrebbe consentire all'Italia di diventare la quinta o la decima unità di un progetto standard, anche se si trattasse della prima unità fisicamente costruita sul suolo italiano.

Questo è uno degli argomenti più validi a favore dell'allineamento degli appalti italiani a una flotta realmente multinazionale, piuttosto che a un progetto nazionale isolato.

5.22.31 Ma i costi FOAK specifici per paese rimangono

Anche se l'Italia dovesse diventare la decima unità mondiale, il primo stabilimento italiano potrebbe comunque essere un **impianto FOAK nazionale** .

Comporterà costi introdotti per la prima volta in Italia, tra cui:

- interfaccia del regolatore;
- licenze del sito;
- qualificazione dell'operatore;
- pianificazione delle emergenze;
- regole della griglia;
- Diritto delle costruzioni italiano;
- qualificazione della catena di fornitura locale.

Perciò:

NOAK globale ≠ automaticamente NOAK italiano.

Il modello di approvvigionamento dovrebbe distinguere:

- progettare FOAK;
- fabbrica FOAK;
- paese FOAK;
- sito FOAK.

5.22.32 Pertanto, è necessario monitorare quattro curve di apprendimento distinte.

Curva di apprendimento	Cosa viene ripetuto?	L'Italia può importarlo?
Apprendimento della progettazione	Ingegneria dei reattori	**Sì, sostanzialmente**
Apprendimento in fabbrica	Produzione di moduli/componenti	**Sì, se si utilizzano le stesse fabbriche/fornitori**
Apprendimento normativo	Revisione della progettazione standard	**In parte, attraverso la fiducia/cooperazione**
Apprendimento in cantiere	Lavori civili/di installazione	**Solo in parte; la posizione rimane specifica**

Questo quadro di riferimento è più utile di una singola ipotesi generica sul tasso di apprendimento.

5.22.33 La trasportabilità crea un limite fisico alla modularizzazione della fabbrica

I moduli di dimensioni maggiori richiedono il trasporto dalla fabbrica al cantiere.

La NEA identifica specificamente la trasportabilità come un vincolo alla modularizzazione. **[S]**

I limiti rilevanti includono:

- carico assiale su strada;
- capacità del ponte;
- scartamento ferroviario;
- Pescaggio del porto;
- capacità della gru;
- dimensioni del modulo.

Questo si collega direttamente al Capitolo 3.

Siti costieri/portuali come:

- Civitavecchia;
- Brindisi;
- Cavaliere Santo

potrebbe rappresentare un vantaggio per i moduli di grandi dimensioni costruiti in fabbrica.

Siti nell'entroterra come:

- Trino;
- Caorso

sarebbero necessari studi dettagliati sul trasporto di carichi eccezionali.

Un progetto la cui economicità dipende da moduli preassemblati di grandi dimensioni potrebbe quindi cambiare la classifica dei siti italiani.

5.22.34 La produzione in fabbrica sposta, anziché eliminare, il rischio di qualità

La produzione controllata può migliorare la qualità.

Ma la concentrazione industriale può anche creare **un rischio sistemico di difetti** .

Se una fabbrica standard produce ripetutamente un prodotto errato:

- saldare;
- materiale;
- componente digitale;
- valvola;
- modulo strutturale,

Il difetto può propagarsi all'intera flotta.

La standardizzazione ha quindi un duplice effetto:

Un buon design ripetuto → apprendimento rapido

ma anche potenzialmente:

Difetto comune ripetuto → intervento di riparazione su tutta la flotta.

Di conseguenza, la gestione della configurazione e il rilevamento delle non conformità diventano più importanti con l'aumentare delle dimensioni della produzione.

5.22.35 La produzione su scala di flotta crea un rischio di concentrazione della catena di approvvigionamento

La produzione in serie di SMR può richiedere volumi elevati da un numero relativamente ristretto di fornitori qualificati per il settore nucleare.

I potenziali colli di bottiglia includono:

- grandi pezzi forgiati;

- acciai speciali;
- recipienti del reattore;
- generatori di vapore;
- valvole qualificate;
- Istruzione e controllo nucleare.

Una fabbrica altamente efficiente e monoprodotto può quindi diventare una vulnerabilità strategica se:

- la produzione si interrompe;
- si verifica un problema di qualità;
- Il proprietario diventa insolvente;
- sorgono restrizioni geopolitiche.

L'Italia dovrebbe quindi valutare entrambi gli aspetti:

economie di concentrazione

E

resilienza attraverso l'approvvigionamento da fonti secondarie.

5.22.36 La politica industriale italiana non dovrebbe costruire una fabbrica di moduli per reattori prima che esista la domanda

Il capitolo 4 ha dimostrato che l'Italia possiede già:

- lavorazione pesante;
- forgiati;
- accessori nucleari;
- test;
- Capacità EPC.

Ciò non giustifica automaticamente la creazione di una fabbrica dedicata e completa di moduli SMR.

Prima di approvarne uno, il governo dovrebbe richiedere prove di:

1. progetto del reattore selezionato;
2. Accordo di licenza di produzione/proprietà intellettuale con il fornitore;

3. Domanda vincolante multi-unità;
4. opportunità di esportazione;
5. volume di transazioni annuali previsto;
6. Accettazione del modello di produzione da parte dell'ente regolatore;
7. Competitività dimostrabile rispetto agli stabilimenti dei fornitori esistenti.

Altrimenti l'Italia potrebbe creare capacità industriale improduttiva.

5.22.37 Le fabbriche di componenti potrebbero essere razionalizzate prima delle fabbriche di reattori completi

L'Italia potrebbe ottenere notevoli vantaggi economici in termini di produzione senza dover fabbricare l'intero modulo del reattore a livello nazionale.

Le fabbriche specializzate esistenti potrebbero produrre in serie:

- tubature;
- raccordi;
- forgiati;
- strutture di contenimento;
- componenti di pressione;
- botti;
- scambiatori di calore.

Ciò è particolarmente compatibile con i punti di forza industriali attuali dell'Italia, individuati nel Capitolo 4.

La distinzione strategica è tra:

fabbrica SMR

E

Stabilimenti della catena di fornitura SMR.

Quest'ultimo potrebbe avere soglie di domanda molto più basse e potrebbe servire diversi programmi di reattori a livello internazionale.

5.22.38 Le fabbriche multi-design possono ridurre il problema degli asset non recuperabili

Ove tecnicamente possibile, gli stabilimenti dovrebbero essere in grado di produrre componenti per:

- molteplici progetti nucleari;
- reattori convenzionali;
- attrezzature industriali.

Ciò crea una diversificazione delle entrate.

Tuttavia, un'eccessiva diversità di progettazione può ridurre la ripetibilità.

La politica industriale deve quindi trovare un equilibrio:

flessibilità di fabbrica

contro

standardizzazione di serie.

5.22.39 Anche la produzione in fabbrica modifica le tempistiche di finanziamento

La produzione modulare può ridurre i tempi di costruzione in loco, consentendo di eseguire i lavori in fabbrica **in parallelo** con:

- scavo;
- strutture civili;
- preparazione del sito.

Ciò può ridurre la durata del finanziamento.

Ma può anche anticipare la spesa in contanti **,** poiché i moduli costosi potrebbero dover essere fabbricati prima che la costruzione del sito raggiunga la fase di installazione.

L'OCSE-NEA osserva esplicitamente che gli approcci modulari possono richiedere l'approvvigionamento dei componenti in anticipo, aumentando alcune spese iniziali pur riducendo potenzialmente la durata complessiva del progetto. **[S]**

Pertanto l'effetto sul flusso di cassa non è automatico:

fabbrica = meno capitale iniziale necessario.

Potrebbe invece essere:

Maggiori spese iniziali in parallelo + periodo di finanziamento complessivo più breve.

5.22.40 L'economia di fabbrica e il finanziamento dei progetti sono quindi collegati

Se la modularizzazione riduce i tempi di costruzione da sei a quattro anni, l'interesse durante la fase di costruzione potrebbe diminuire in modo sostanziale. Ma questo vantaggio si verifica solo se:

- I moduli arrivano puntuali;
- I lavori in loco sono pronti;
- L'assenza di blocchi normativi ritarda l'installazione.

Un modulo completato che rimane in magazzino a causa del ritardo nella realizzazione delle fondamenta non genera il beneficio finanziario previsto.

I programmi di produzione in fabbrica e in cantiere devono pertanto essere strettamente integrati.

5.22.41 L'Italia dovrebbe richiedere un livello di prontezza industriale separato dal TRL

Il solo livello di maturità tecnologica non è sufficiente.

Un reattore può avere un progetto tecnicamente maturo pur essendo privo di:

- fabbrica;
- catena di approvvigionamento qualificata;
- lavoratori qualificati;
- ordini seriali.

La stessa AIEA ora considera **la preparazione industriale** come un obiettivo distinto, che comprende:

- codici e standard;
- costruzione modulare;
- produzione avanzata;
- produzione in serie di componenti;
- fornitura del ciclo del combustibile. **[I]**

L'Italia dovrebbe quindi valutare almeno:

Dimensione	Domanda
Prontezza tecnologica	Il reattore funziona tecnicamente?
Prontezza per l'ottenimento della licenza	Le autorità di regolamentazione possono approvarlo?

Pronti per la produzione	L'industria è in grado di produrlo ripetutamente?
Prontezza della catena di approvvigionamento	Sono disponibili fornitori qualificati?
Prontezza della flotta	Esiste una domanda sufficiente per l'economia seriale?

Un progetto può essere di alto livello nella prima dimensione e di basso livello nella quinta.

5.22.42 Proposta italiana di "Test di verifica dell'economia di fabbrica"

Prima che l'Italia attribuisca un risparmio sostanziale di NOAK a un'offerta per un SMR, il fornitore dovrebbe dimostrare quanto segue.

Test F1 — Stabilità del progetto

Almeno una configurazione di riferimento sufficientemente stabile per la produzione ripetuta.

Test F2 — Percorso di produzione qualificato

Sono stati identificati stabilimenti, attrezzature e processi qualificati.

Test F3 — Ordina il libro

Ordini vincolanti o programmi di implementazione altamente impegnativi, sufficienti a sostenere la capacità industriale.

Test F4 — Accettazione normativa

Procedura di produzione e ispezione accettata dalle autorità di regolamentazione competenti.

Test F5 — Build di riferimento

Almeno un modulo/reattore fabbricato e installato.

Test F6 — Ripetizione

Le unità successive utilizzano sostanzialmente lo stesso design e lo stesso metodo di consegna.

Test F7 — Apprendimento osservato

Miglioramento misurato in:

- ore di lavoro;
- difetto/rilavorazione;

- programma;
- costo.

Test F8 — Trasparenza dei costi

Il fornitore può dimostrare che il prezzo unitario inferiore deriva da un apprendimento effettivo piuttosto che da:

- contingenza ridotta;
- Sussidio statale;
- modifiche all'ambito contabile.

Fino a quando non saranno disponibili le fasi F6-F8, il programma dovrebbe classificare le riduzioni significative dei costi del NOAK come **previsioni, anziché come prove dimostrate** .

5.22.43 Trattamento del prezzo di offerta in Italia

Una valutazione degli appalti pubblici dovrebbe pertanto distinguere tre livelli di prezzo.

Tipo di prezzo	Trattamento
FOAK prezzo fisso	Può supportare il finanziamento del progetto se l'ambito e la ripartizione del rischio sono chiari.
Prezzo opzione flotta	Credibile solo laddove siano specificate le condizioni contrattuali relative all'indicizzazione e al volume.
Fornitore target NOAK	Dati relativi allo scenario, non prove di costi bancabili fino a quando non sarà dimostrato l'apprendimento.

Ciò impedisce al governo di finanziare l'Unità 1 utilizzando i modelli economici teorici dell'Unità 10.

5.22.44 L'analisi di sensibilità dovrebbe rimuovere esplicitamente l'apprendimento di fabbrica

Ciascuna offerta tecnologica dovrebbe essere modellata in almeno due scenari.

Caso A — caso di apprendimento in fabbrica

Utilizza soluzioni supportate dal fornitore:

- produzione in serie;
- riduzione dei tempi;
- apprendimento.

Caso B — caso senza apprendimento

Si presume che i reattori di nuova generazione abbiano un costo reale pressoché identico a quello delle prime unità, fatta eccezione per i risparmi derivanti dalla condivisione del sito, chiaramente dimostrati.

La decisione relativa alla flotta dovrebbe rimanere comprensibile in entrambi i casi.

Se un progetto diventa economicamente inaccettabile a meno che non si verifichino tassi di apprendimento estremamente elevati, il governo dovrebbe riconoscere che la sua giustificazione economica si basa su un presupposto non dimostrato.

5.22.45 Un terzo caso dovrebbe testare la produzione interrotta

Un caso di stress particolarmente utile per l'Italia è il seguente:

Unità 1 → divario di produzione → Unità 2.

Questo test verifica se:

- I fornitori si rimobilitano;
- aumentano i costi generali di fabbrica;
- Le competenze si perdono.

Un programma nazionale soggetto a ritardi di natura politica o legati alla localizzazione degli impianti non dovrebbe presumere una produzione ininterrotta, paragonabile a quella del settore aerospaziale.

5.22.46 L'economia di fabbrica è più forte quando la flotta è allineata a quella multinazionale.

Le condizioni industriali più favorevoli si troveranno probabilmente in diversi paesi:

- scegli lo stesso modello;
- utilizzare codici compatibili;
- coordinare la revisione normativa;
- ordini di sequenza.

Ciò produce:

- maggiore volume di ordini;
- un utilizzo più efficiente dello stabilimento;
- maggiori investimenti da parte dei fornitori;
- maggiore fiducia nei finanziamenti.

di dispiegamento della flotta della Commissione . **[G]**

Per l'Italia, la partecipazione a una vera flotta europea potrebbe quindi essere economicamente più importante del possesso di uno stabilimento interamente nazionale per la produzione di moduli.

5.22.47 Cosa costituirebbe una prova convincente entro i primi anni 2030?

Lo Stato dovrebbe cercare prove come:

- L'unità 2 è stata prodotta più velocemente dell'unità 1;
- L'unità 3 ha prodotto più velocemente dell'unità 2;
- ridurre le ore di lavoro in fabbrica;
- minore necessità di rilavorazioni;
- configurazione di sicurezza stabile;
- prezzo EPC reale inferiore;
- utilizzo di emergenza in calo;
- tempi di assemblaggio in loco più brevi;
- Approvazione ripetuta da parte dell'ente regolatore senza modifiche sostanziali al progetto.

La parola chiave è **reale** .

Il costo nominale in euro o dollari può aumentare a causa dell'inflazione, anche se la produttività reale migliora.

Pertanto, l'apprendimento dei costi dovrebbe essere misurato in:

- valuta costante;
- ambito comune;
- trattamento di finanziamento comune.

5.22.48 Cosa *non* proverebbe l'economia di fabbrica

Quanto segue sarebbe insufficiente:

- un modulo prototipo;
- un'apertura di fabbrica;
- un reattore FOAK;
- Il fornitore afferma di prevedere un risparmio futuro del 30%;
- molteplici protocolli d'intesa non vincolanti;
- Riduzione dei costi notturni ottenuta escludendo i costi relativi al proprietario, alla rete e al finanziamento;
- unità successiva con un design diverso.

Questi potrebbero essere segnali positivi.

Non costituiscono una prova economica definitiva.

5.22.49 Scala delle prove governative

Livello	Prova	Interpretazione governativa
E0	Concetto di fabbrica del fornitore	Ipotesi
E1	Modulo prototipo realizzato con successo	Concetto di produzione dimostrato
E2	moduli di produzione FOAK fabbricati	Percorso industriale dimostrato
E3	Reattore FOAK assemblato/messo in funzione	Sistema di consegna dimostrato una volta
E4	2–4 unità sostanzialmente identiche	prove delle prime serie
E5	5-10 unità con dati comparabili in termini di costi e tempi.	Prove di apprendimento materiale
E6	Flotta matura multisito con stabilimenti stabili e costi reali in calo	L'economia di fabbrica ha dimostrato

A settembre 2026, nessun programma commerciale occidentale di reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) aveva raggiunto la **fase E5–E6** .

I progetti principali stanno procedendo attraverso le fasi E1–E3.

5.22.50 Conseguenze per il primo reattore in Italia

L'Italia dovrebbe presumere che il suo primo reattore manterrà un significativo **premio di ingresso nel mercato (FOAK/country-entry premium)** , anche se la tecnologia è stata sviluppata altrove.

La valutazione dell'investimento non dovrebbe dipendere da:

- utilizzo maturo dello stabilimento;
- tasso massimo di apprendimento del fornitore;
- Catena di fornitura NOAK completamente ottimizzata.

Questi vantaggi dovrebbero invece essere considerati come **un potenziale beneficio per la flotta** .

Ciò crea una distinzione più prudente e verificabile:

FOAK deve essere finanziabile sulla base delle prove FOAK.

La flotta deve essere giustificata da quanto appreso osservando.

5.22.51 Conseguenza per l'inviluppo PNIEC 8–16 GW

Se l'Italia intende effettivamente perseguire l'obiettivo di un sistema nucleare su scala PNIEC, la produzione in serie diventerà molto più di una semplice ottimizzazione dei costi.

Diventa un **requisito di consegna fisica** .

È irrealistico pensare che circa 27 moduli da 300 MWe per un totale di 8 GW non possano essere realizzati come ventisette megaprogetti isolati e su misura, rispettando al contempo tempistiche competitive.

Una flotta di tali dimensioni richiederebbe:

- ingegneria ripetitiva;
- licenza ripetuta;
- produttività industriale;
- produzione industriale;
- forza lavoro continua.

Con una potenza di 16 GW, il requisito diventa ancora più stringente.

Perciò:

L'Italia non ha bisogno di comprovati risultati economici di fabbrica per valutare un singolo FOAK, ma ha bisogno di un percorso credibile verso la redditività economica di fabbrica prima di considerare 8-16 GW come un programma di flotta realizzabile.

5.22.52 Implicazioni per gli appalti

La rivendicazione di fabbrica dovrebbe diventare oggetto contrattuale.

L'Italia dovrebbe cercare impegni riguardanti:

- capacità produttiva;
- Ubicazione dello stabilimento;
- fasce orarie di consegna;
- continuità dei fornitori;
- Blocco del progetto;
- metodologia di determinazione del prezzo per unità successive;
- Condivisione della produttività;
- prove a libro aperto laddove vengono utilizzate garanzie pubbliche.

Se ai contribuenti o ai consumatori viene chiesto di finanziare il rischio FOAK in cambio di futuri risparmi sulla flotta, lo Stato dovrebbe avere il diritto contrattuale di partecipare a tali risparmi.

Altrimenti:

Il settore pubblico comporta il rischio FOAK

Mentre

Il fornitore coglie le opportunità offerte da NOAK.

Questo non è un modello ottimale di allocazione del rischio.

5.22.53 Implicazioni industriali per l'Italia

L'obiettivo italiano non dovrebbe essere automaticamente:

“Costruire una fabbrica italiana di SMR.”

Una gerarchia più difendibile è:

1. qualificare l'attuale catena di approvvigionamento nucleare;
2. garantire pacchetti di lavoro italiani ripetuti;
3. individuare i componenti in cui gli stabilimenti italiani sono competitivi a livello globale;
4. istituire linee di produzione dedicate quando il volume degli ordini lo giustifica;
5. Si consideri la produzione di moduli completi solo laddove un parco reattori stabile garantisca una capacità produttiva sufficiente.

Ciò sfrutta i vantaggi già esistenti dell'Italia in:

- forgiati;
- componenti pesanti;
- tubature;
- test;
- EPC;
- produzione di precisione.

Riduce il rischio di creare una fabbrica dal valore simbolico politico ma sottoutilizzata dal punto di vista commerciale.

5.22.54 Valutazione finale

La proposta di un SMR (Super-Molecular Reactor) costruito in fabbrica è tecnicamente credibile e potenzialmente rivoluzionaria.

Non dovrebbe essere scartata solo perché non sono ancora disponibili prove economiche complete.

I meccanismi sottostanti sono reali:

- Gli ambienti di produzione controllati possono migliorare la qualità;
- La produzione standardizzata può generare apprendimento;
- Il lavoro parallelo in fabbrica/cantiere può ridurre i tempi di realizzazione;
- La progettazione ripetitiva può ammortizzare i costi di ingegneria non ricorrenti;
- I moduli più piccoli possono migliorare il trasporto e l'assemblaggio.

Le istituzioni internazionali responsabili della tecnologia e dell'economia nucleare riconoscono queste opportunità.

Ma identificano anche con precisione la condizione irrisolta.

L'OCSE-NEA afferma che i benefici in termini di fabbrica e apprendimento dimostrati in altri settori **devono ancora essere provati per i SMR** . **[S]**

L'AIEA afferma che gli ambienti completi di produzione di moduli richiedono volumi di ordini sufficienti, configurazioni stabili, accettazione da parte degli enti regolatori ed esperienza operativa prima che la produzione di massa diventi realistica. **[I]**

L'OCSE-NEA continua a gestire un gruppo di lavoro dedicato all'economia dei reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) per il periodo 2023-2026, in parte per determinare come l'esperienza acquisita dalle industrie di produzione in serie possa essere trasposta nello sviluppo del nucleare. **[S]**

E la stessa politica della Commissione europea per il 2026 prevede:

- dispiegamento della flotta;
- concentrazione su un numero minore di progetti;
- Sviluppo della catena di approvvigionamento europea;
- standard di produzione modulare.

[G]

Questi non sono segnali che il modello di fabbrica abbia fallito.

Sono la prova che il modello è **ancora in fase di industrializzazione** .

La posizione corretta del governo italiano dovrebbe quindi essere:

La produzione in fabbrica è una strategia ingegneristica credibile. L'economia della produzione in serie rimane una previsione finché la produzione ripetuta non ne dimostrerà la validità.

L'Italia dovrebbe quindi distinguere quattro livelli di asserzione:

Dimostrazione odierna: fabbricazione in fabbrica di impianti nucleari, modularizzazione dei componenti e tecniche di costruzione modulare.

Attualmente in fase di dimostrazione: la costruzione del Western SMR FOAK e i sistemi di produzione dei prototipi dei moduli.

Non ancora dimostrato su scala di flotta commerciale occidentale: produzione stabile e ad alto rendimento di SMR identici e ripetuti con dati di apprendimento trasparenti.

Potenziale valore futuro: costi unitari reali in calo, tempi di consegna più brevi e minor rischio di finanziamento derivante dalla produzione in serie.

Le implicazioni in termini di appalti sono semplici:

L'Italia non dovrebbe pagare i prezzi FOAK ipotizzando un'economia NOAK.

Le decisioni FOAK dovrebbero basarsi su dati attuali di natura conservativa.

Le decisioni relative alla flotta dovrebbero essere rese pubbliche progressivamente, man mano che emergono prove concrete della produzione in serie.

Questa è la differenza tra **progettazione modulare** e **comprovata economicità della progettazione modulare** .

5.22 — REGISTRO DELLA SORGENTE DI CARICO

G1 — Commissione europea, COM(2026)117, 10 marzo 2026 — Strategia europea per i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR). Richiede una diffusione industriale basata su flotte, la concentrazione su un numero limitato di progetti promettenti, catene di approvvigionamento europee competitive e standard industriali a supporto della produzione modulare.
Commissione europea — Strategia SMR COM(2026)117

G2 — Commissione europea, 10 marzo 2026 — annuncio della strategia. Definisce i SMR come progetti destinati alla fabbricazione in fabbrica e all'assemblaggio in loco, delineando al contempo le azioni ancora necessarie in materia di flotta, produzione, catena di approvvigionamento e regolamentazione.
Commissione europea — Strategia per la messa in funzione dei SMR europei

S1 — Agenzia per l'energia nucleare dell'OCSE, *Reattori modulari di piccole dimensioni: sfide e opportunità* , NEA n. 7560. Stabilisce l'importanza economica della costruzione in serie, della standardizzazione, della modularizzazione e della fabbricazione in fabbrica; afferma esplicitamente che i benefici dimostrati in altri settori devono ancora essere dimostrati per i reattori modulari di piccole dimensioni.
OCSE-NEA — Reattori modulari di piccole dimensioni: sfide e opportunità

S2 — OECD-NEA — Gruppo di lavoro sull'economia dei piccoli reattori modulari (SMR-ECON). Programma di lavoro dedicato 2023-2026 per studiare come le economie derivanti dalla costruzione multipla e seriale di settori comparabili possano tradursi nella diffusione degli SMR e nella futura costruzione di fabbriche su larga scala.
OECD-NEA — Gruppo di lavoro sull'economia degli SMR.

S3 — OECD-NEA — Mandato SMR-ECON. Conferma il lavoro specifico sulla transizione dalle prime unità commerciali alla costruzione su larga scala basata su fabbriche e la necessità di trarre spunti da altri settori della produzione in serie.
OECD-NEA — Mandato SMR-ECON

I1 — Serie sull'energia nucleare dell'IAEA — Industrializzazione e implementazione dei reattori modulari di piccole dimensioni (SMR). Spiega perché le fabbriche di moduli completi richiedono un portafoglio ordini sufficiente, stabilità della configurazione, convalida della produzione ed esperienza operativa e perché è improbabile che le prime unità raggiungano i vantaggi economici di un NOAK maturo.
IAEA — Implementazione industriale e produzione in fabbrica di SMR.

I2 — Piattaforma SMR dell'AIEA — Preparazione industriale. Produzione in serie, fabbricazione modulare, codici e standard e capacità della catena di approvvigionamento trattati esplicitamente come requisiti di preparazione industriale

per i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR).
AIEA — Preparazione industriale per i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR)

I3 — Forum dei regolatori SMR dell'AIEA. Attività regolamentari dedicate alla produzione, costruzione, messa in servizio, produzione standard e implementazione su vasta scala dei reattori modulari di piccole dimensioni (SMR).
Pubblicazioni del Forum dei regolatori SMR dell'AIEA.

I4 — Ontario Power Generation — Programma SMR di Darlington. Il primo BWRX-300 è in costruzione, con una flotta prevista di quattro unità e una strategia di catena di approvvigionamento canadese.
OPG — Reattore modulare di piccole dimensioni di Darlington

I5 — GE Vernova Hitachi — Darlington BWRX-300. Strategia di costruzione modulare/a cielo aperto e modello di costruzione previsto; la prima unità rimane il FOAK di riferimento.
GE Vernova Hitachi — BWRX-300 a Darlington

I6 — GE Vernova Hitachi — Modello di costruzione BWRX-300. Descrive la costruzione modulare/a cielo aperto e l'obiettivo di costruzione del fornitore di 24-36 mesi.
GE Vernova Hitachi — BWRX-300 Canada

I7 — Rolls-Royce SMR, 29 aprile 2026 — Strategia di fornitura per la modularizzazione. Aker Solutions selezionata come partner principale per i moduli; implementazione della flotta esplicitamente collegata a metodi industriali modulari.
Rolls-Royce SMR — Strategia di fornitura per la modularizzazione

I8 — Rolls-Royce SMR — modello di produzione. Piano del fornitore per circa il 90% di fabbricazione/collaudo in fabbrica e assemblaggio in loco.
Rolls-Royce SMR — modello di consegna con componenti costruiti in fabbrica.

I9 — Rolls-Royce SMR — Impianto di sviluppo moduli. Stabilimento di Sheffield che produce e testa moduli prototipo prima della produzione in serie.
Rolls-Royce SMR — Impianto per moduli prototipo

I10 — Rolls-Royce SMR, 27 maggio 2026 — Fornitori chiave per le isole nucleari. Škoda JS e Doosan Enerbility selezionate per i lavori di pre-produzione e la preparazione alla produzione.
Rolls-Royce SMR — Programma fornitori per le isole nucleari.

I11 — Rolls-Royce SMR, 3 settembre 2026 — produzione di turbine. Siemens Energy Newcastle produrrà i componenti chiave delle turbine per le prime tre unità nel Regno Unito, a dimostrazione della transizione dalla fase di progettazione alla pianificazione della produzione europea.
Rolls-Royce SMR — Produzione di turbine nel Regno Unito

5.23 La biforcazione tecnologica chiave è in realtà il carburante

Il mercato dei reattori può essere suddiviso più utilmente in base al combustibile utilizzato piuttosto che in base alla categoria di commercializzazione.

Carburante LEU convenzionale

Esempi:

- BWRX-300;
- Holtec SMR-300;
- AP300;
- Rolls-Royce SMR;
- NUWARD;
- NuScale.

Vantaggi:

- arricchimento maturo;
- fabbricazione matura;
- molteplici fornitori occidentali;
- garanzie stabilite;
- esperienza pregressa in materia di combustibile esaurito.

HALEU

Esempi:

- Xe-100;
- Sodio;
- diversi altri AMR.

Requisiti:

- arricchimento superiore ai livelli convenzionali di LWR;
- nuova capacità commerciale;
- gestione aggiuntiva delle misure di sicurezza/protezioni;
- fabbricazione specializzata.

Gli Stati Uniti stanno ampliando la capacità di produzione di HALEU, ma la fornitura su scala commerciale è ancora in fase di sviluppo.

MOX / combustibile a ciclo chiuso

newcleo è l'esempio più lampante di legame con l'Italia.

Requisiti:

- Fabbricazione di combustibile contenente plutonio;
- strategia di riprocessamento/riciclo;
- salvaguardie specializzate;
- gestione e licenze più complesse.

Questa distinzione in termini di carburante dovrebbe essere uno dei principali filtri nella selezione delle tecnologie italiane.

5.24 HALEU è una dipendenza strategica, non una nota a piè di pagina

L'accordo HALEU 2026 di X-energy con Centrus è significativo perché dimostra che gli stessi sviluppatori di reattori avanzati considerano la disponibilità del combustibile come un rischio di progetto di primaria importanza. **[I]**

Un reattore può possedere:

- progetto finito;
- licenza edilizia;
- sito;
- finanziamento;

e non riescono comunque a rispettare i tempi previsti se il carburante qualificato non è disponibile.

Attualmente l'Italia non dispone di un impianto nazionale di arricchimento HALEU né di una filiera commerciale per la fabbricazione di combustibili avanzati.

Pertanto, qualsiasi reattore HALEU dovrebbe prevedere un esplicito **premio per la sicurezza del combustibile** nei sistemi di valutazione nazionali.

5.25 MOX crea una proposta di sovranità diversa

I reattori veloci basati su MOX sono interessanti in parte perché promettono un migliore utilizzo delle risorse fissili esistenti e potenzialmente supportano cicli del combustibile chiusi.

Ma questo comporta una maggiore complessità istituzionale.

L'Italia dovrebbe stabilire:

- dove il plutonio viene separato;
- dove viene fabbricato il MOX;
- a chi appartiene il materiale;
- salvaguardie;
- trasporto;
- sicurezza;
- stato finale dei rifiuti.

Il separato impegno normativo di newcleo nei confronti dell'impianto MOX statunitense dimostra che la produzione di combustibile è di fatto un secondo megaprogetto nucleare collegato al programma dei reattori. **[I]**

Questo è uno dei motivi per cui un reattore LFR da 200 MWe può essere più difficile da implementare rispetto a un reattore LWR da 300 MWe.

5.26 In Italia i reattori SMR raffreddati ad acqua godono di un vantaggio in termini di licenze.

Nuclitalia ha iniziato esplicitamente concentrandosi su **SMR maturi raffreddati ad acqua** . **[I]**

Tecnicamente, tale scelta è razionale.

L'Italia possiede già una conoscenza storica in materia di regolamentazione e industria:

- POTENZA;
- BWR;
- combustibile convenzionale per reattori ad acqua leggera;
- chimica dell'acqua;
- cicli a vapore;
- Rifiuti LWR.

Anche le autorità di regolamentazione europee vantano una profonda esperienza nel settore dei carichi termici elevati.

Ciò non rende automaticamente economici i reattori LWR-SMR.

Riduce **la novità tecnologica** .

Per un FOAK precoce, tale differenza è significativa.

5.27 I reattori raffreddati a piombo massimizzano la proprietà intellettuale italiana

La strategia opposta è rappresentata da:

- newcleo;
- Aquile;
- ENEA;
- Ansaldo Nucleare.

L'Italia possiede una reale competenza in:

- idroelettrica al piombo;
- materiali;
- strutture sperimentali;
- progettazione del reattore;
- Ricerca e sviluppo sulla sicurezza.

Scegliere questa strada potrebbe generare una maggiore proprietà intellettuale nazionale rispetto all'importazione di un PWR-SMR estero.

Ma la sovranità tecnologica non deve essere confusa con la certezza delle tempistiche.

Il programma principale richiede:

- manifestanti;
- qualificazione dei materiali;
- qualificazione del carburante;
- controllo della corrosione;
- precedente in materia di licenze.

Pertanto, è più corretto intenderlo come un **percorso tecnologico strategico per la fine degli anni 2030** .

5.28 I reattori ad alta temperatura creano opportunità per il calore industriale

Xe-100 e HTR-PM presentano una proposta di valore differente.

Le loro elevate temperature di uscita consentono:

- vapore industriale;
- idrogeno;
- processi chimici;
- uso in raffineria.

Per l'Italia, questo potrebbe avere un impatto significativo nei distretti industriali dove l'elettricità non è l'unico fabbisogno energetico.

Tuttavia, i reattori a gas ad alta temperatura introducono:

- Carburante TRISO;
- grafite;
- tecnologia dei circuiti a gas;
- diversi flussi di rifiuti;
- diverse ipotesi di licenza.

La convenienza economica dovrebbe quindi essere valutata rispetto **al calore industriale** , e non solo rispetto al costo dell'elettricità in €/MWh.

5.29 Il sistema di accumulo di Natrium crea una proposta di rete unica

Natrium combina un reattore da 345 MWe con un sistema di accumulo termico a sali fusi in grado di aumentare la potenza della turbina fino a circa 500 MWe per diverse ore. **[I]**

Ciò distingue il reattore dalle centrali nucleari convenzionali a carico di base.

In un sistema italiano ad alta insolazione, l'accumulo termico potrebbe consentire:

- Il calore nucleare rimarrà relativamente stabile;
- La produzione di energia elettrica si sposterà verso le ore di maggior valore.

Questo è strategicamente interessante.

Ma il programma nazionale deve confrontare tale beneficio con:

- Sistema di accumulo a batteria autonomo;
- pompaggio idroelettrico;
- Carico LWR convenzionale inseguito.

Un sistema tecnologicamente elegante non è automaticamente la soluzione con i costi di sistema più bassi.

5.30 Passaporto di abilitazione: concetto utile, slogan pericoloso

L'Italia ha discusso la possibilità di utilizzare la pratica regolatoria estera per accelerare le procedure di autorizzazione.

È una cosa sensata.

La strategia UE per la riforma sanitaria di piccole e medie dimensioni (SMR) del 2026 promuove esplicitamente:

- maggiore cooperazione tra gli enti regolatori;
- revisioni preliminari congiunte;
- Riutilizzo della valutazione internazionale. **[G]**

Ma nessun ente regolatore può semplicemente importare una licenza di costruzione straniera.

L'Italia richiede ancora:

- Valutazione del sito italiano;
- analisi sismica;
- idrologia;
- valutazione ambientale;
- pianificazione delle emergenze;
- salvaguardie;
- sicurezza;
- Autorizzazione legale italiana.

Il concetto corretto è:

affidamento normativo

non

passaporto automatico .

5.31 L'Italia dovrebbe utilizzare FOAK stranieri come parte del suo programma di test

Il vantaggio strategico dell'Italia nell'iniziare più tardi è quello di poter osservare l'effettiva attuazione all'estero.

Nei prossimi anni dovrebbero emergere dati preziosi da:

Darlington

- Durata della costruzione del BWRX-300;
- modularizzazione civile;
- costo;
- messa in servizio;
- personale operativo.

Kemmerer

- costruzione di reattori al sodio;
- Fornitura HALEU;
- integrazione di sistemi di archiviazione.

Long Mott

- Licenza Xe-100;
- Produzione TRISO;
- Costruzione modulare HTGR.

Palisades

- Licenza e costruzione del SMR-300.

Wylf

- Industrializzazione della fabbrica/dei moduli della Rolls-Royce.

L'Italia non dovrebbe scegliere una tecnologia solo perché appare promettente nel 2026, se i dati relativi alle costruzioni all'estero raccolti nei prossimi tre anni possono migliorare significativamente la decisione.

5.32 La selezione della tecnologia dovrebbe utilizzare un processo a due fasi

Fase 1: eliminare i progetti che non soddisfano i requisiti nazionali

Test minimi richiesti:

- compatibilità strategica tra alleati/fornitori;
- riferimento accessibile all'ente regolatore;
- sicurezza del carburante;
- compatibilità del sito;
- credibilità dell'implementazione commerciale;
- percorso dei rifiuti

Gate 2: confronto tra i progetti sopravvissuti

Criteri:

- Costo FOAK;
- Prove costruttive;
- Contenuto della filiera produttiva italiana;
- flessibilità della rete;
- consumo di acqua;
- calore industriale;
- dipendenza dal ciclo del combustibile;
- sciupare;
- programma.

Questo evita di impiegare anni a confrontare progetti che sono irrealizzabili per ragioni politiche o industriali.

5.33 Schermata di prontezza proposta per un primo FOAK italiano

Categoria A — candidati per la selezione tecnologica a breve termine

Non è "raccomandato"; è semplicemente un prodotto sufficientemente maturo da giustificare un'attenta valutazione.

- **BWRX-300**
- **Holtec SMR-300**
- **Rolls-Royce SMR** , se 470 MWe sono accettabili
- **NuScale US460** , se emerge un progetto FOAK credibile

Categoria B: strategicamente importante, ma richiede ulteriore maturità prima di un impegno irreversibile.

- **AP300**
- **NUWARD**
- **Xe-100**

Categoria C — percorso strategico per reattori avanzati

- **newcleo LFR-AS-200**
- **EAGLES-300**
- **Nazio**

Il Natrium è in realtà più avanzato dal punto di vista costruttivo rispetto a molti progetti di Categoria A; viene inserito nella categoria avanzata perché il suo impiego in Italia comporterebbe un salto tecnologico in termini di combustibili e licenze di livello qualitativamente maggiore.

Solo a titolo di riferimento per gli appalti italiani alle condizioni attuali

- ACP100;
- HTR-PM;
- KLT-40S/RITM.

Rimangono importanti tecnologie di benchmarking.

5.34 Perché la maturità del BWRX-300 non lo rende automaticamente la scelta dell'Italia

Il BWRX presenta le prove costruttive più solide provenienti dall'ovest.

Ciò non significa automaticamente che domini su:

- contenuti locali;
- prezzo dell'elettricità;
- finanziamento;
- cogenerazione di calore;
- sciupare;
- termini del fornitore;
- Controllo industriale italiano.

NUWARD, ad esempio, potrebbe offrire un livello di maturità tecnologica inferiore ma una maggiore integrazione con l'industria italiana.

Il programma EAGLES potrebbe prevedere un'implementazione in un secondo momento, ma al contempo una maggiore titolarità tecnologica a livello nazionale.

La scelta della tecnologia è quindi una decisione multi-obiettivo, non una corsa alla maturità.

5.35 Perché il legame di NUWARD con l'Italia non garantisce il 2035

La dichiarazione Edison/EDF riveste un'importanza strategica.

Ma la tecnologia in questione era ancora in fase di profonda riprogettazione.

La lingua di reporting corretta è:

programma industriale con l'obiettivo di realizzare le prime unità intorno al 2035

non

Reattore pronto per entrare in funzione in Italia nel 2035 .

Quest'ultima opzione confonderebbe un'ambizione industriale con un programma di costruzione autorizzato.

5.36 Perché newcleo non può essere definito "disponibile ora"

newcleo ha:

- Strutture di ricerca e sviluppo;
- coinvolgimento degli enti regolatori;
- legami industriali italiani;
- Strategia MOX.

Non ha:

- un LFR-AS-200 funzionante;
- una licenza edilizia;
- un impianto operativo di fabbricazione del combustibile che rifornisce quel reattore.

Pertanto non può essere paragonato direttamente a un BWRX-300 in fase di costruzione e descritto come ugualmente "disponibile".

5.37 Perché la fusione non rientra nella rosa dei candidati per gli appalti dei reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) degli anni 2030

La fusione rimane strategicamente importante per l'Italia attraverso:

- DTT;
- ENEA;
- Eni;
- ASG;
- ITER.

Ma non può realisticamente sostituire un SMR a fissione in un programma di produzione di energia elettrica per la metà degli anni 2030.

Il documento programmatico richiede espressamente che la fusione nucleare sia considerata un percorso tecnologico parallelo, piuttosto che un'alternativa per il periodo precedente al 2040.

5.38 La politica industriale dell'UE cambia il contesto

La Commissione europea ha adottato la sua strategia SMR/AMR il **10 marzo 2026** .

L'obiettivo è quello di rendere possibili i primi progetti SMR in Europa all'inizio degli anni 2030 e si concentra su:

- dispiegamento della flotta;
- cooperazione normativa;
- Localizzazione della catena di approvvigionamento europea;
- resilienza del ciclo del combustibile;
- standardizzazione;
- “Valli SMR”;
- autonomia strategica. **[G]**

La Commissione stima che la capacità possibile di reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) dell'UE **entro il 2050 sarà compresa tra 17 e 53 GW** .

L'Italia, quindi, non ha bisogno di industrializzarsi da sola.

L'opzione più vantaggiosa potrebbe essere la partecipazione a un **programma europeo per la flotta** , poiché l'economia seriale richiede la presenza di più unità in diverse giurisdizioni.

5.39 La politica industriale dell'UE mette in guardia anche contro la dipendenza strategica da un unico fornitore.

La strategia della Commissione per il 2026 riconosce esplicitamente che alcuni dei reattori LWR-SMR più avanzati sono di **origine extra-UE** e chiede una cooperazione equilibrata, pur mantenendo il valore europeo e l'autonomia strategica. **[G]**

Ciò è direttamente rilevante per:

- BWRX-300;
- Holtec;
- AP300;
- NuScale;
- Xe-100;
- Sodio.

L'Italia dovrebbe quindi negoziare non solo:

prezzo del reattore

Ma:

- localizzazione;
- Accesso IP;
- diritti di manutenzione;
- pezzi di ricambio;
- contratti sui carburanti;
- supporto software a lungo termine;
- accesso informatico;
- Produzione europea.

TABELLE COMPARATIVE — PRONTEZZA IN MATERIA DI CARBURANTE, LICENZE E APPROVVIGIONAMENTI

Tabella 5.23-A — Le tre architetture di combustibile rilevanti per l'Italia

Variabile strategica	Combustibile convenzionale LEU/LWR	Carburante avanzato HALEU	MOX / combustibile a ciclo chiuso
Disegni tipici di rilevanza italiana	BWRX-300, Holtec SMR-300, AP300, Rolls-Royce SMR, NUWARD, NuScale	Xe-100, Natrio	newcleo LFR-AS-200; potenzialmente altri percorsi di reattore veloce
Arricchimento tipico	Generalmente ≤5% di U-235 per i progetti LWR attuali	>5% e <20% U-235; Xe-100 ~15,5%	La complessità del combustibile è definita dalla presenza di ossidi misti di uranio/plutonio piuttosto che dal solo arricchimento.
Catena di arricchimento commerciale	Stabilito	In fase di sviluppo	Richiede infrastrutture per il ciclo del combustibile contenenti plutonio
Fabbricazione commerciale	Progettato per il combustibile LWR convenzionale	Fabbricazione specializzata limitata/in via di sviluppo	È necessaria la fabbricazione di MOX specializzato
Esperienza operativa pregressa in Occidente	Molto esteso	Esperienza limitata nell'implementazione di reattori avanzati.	L'esperienza internazionale con i reattori MOX è già consolidata, ma l'implementazione del reattore veloce, legata al progetto italiano, rimane in fase di sviluppo.
capacità di arricchimento interno dell'Italia	Nessuno	Nessuno	Pur non essendo applicabile allo stesso modo, anche l'Italia è priva di una filiera commerciale nazionale di MOX/ritrattamento.
Produzione commerciale di combustibili per uso domestico in Italia	Nessuna catena completa del combustibile del reattore di potenza	NO	Attualmente non esiste una catena di produzione commerciale di MOX a reattore veloce.
complessità della sicurezza/delle misure di salvaguardia	Stabilire la linea di base LWR	Più alto grazie al livello di arricchimento e alla nuova logistica	Più elevato a causa del materiale contenente plutonio
Familiarità con la normativa	Più alto	Inferiore	Inferiore / specifico per reattore e impianto
maturità delle infrastrutture di trasporto	Alto	Sviluppo di pacchetti/itinerari specializzati	Trasporto specializzato di materiale nucleare
Esperienza nella gestione del combustibile esaurito	Vasta esperienza internazionale nel settore dei reattori ad acqua leggera (LWR).	Tecnologia specifica	Il ritrattamento/riciclo e la strategia per i rifiuti residui sono parte integrante del programma.

Il carburante come potenziale ostacolo alla pianificazione	Relativamente inferiore	Alto	Alto
Principale questione di sovranità	Conversione, arricchimento, fabbricazione e progettazione di combustibili per fornitori esteri	Arricchimento estero/nuovo e fabbricazione specializzata	Riprocessamento, proprietà del plutonio, fabbricazione, salvaguardie e destinazione finale dei rifiuti
Compatibilità a breve termine con l'implementazione in Italia	Massima compatibilità con il ciclo di alimentazione.	A condizione che la catena di approvvigionamento maturi	A condizione che venga istituita una strategia integrata per il ciclo del combustibile.

Il rapporto in questione identifica correttamente l'arricchimento convenzionale a basso arricchimento (LEU) come un processo consolidato di arricchimento e fabbricazione, l'arricchimento ad alto arricchimento (HALEU) come un processo che richiede nuove capacità commerciali e una fabbricazione specializzata, e l'ossidazione multipla (MOX) come un processo complesso che comporta riprocessamento, salvaguardie e gestione del plutonio.

Nel 2026, il Dipartimento dell'Energia degli Stati Uniti ha continuato a dichiarare esplicitamente che l'HALEU non era ancora disponibile dai fornitori commerciali nazionali nella quantità necessaria e che le carenze nell'approvvigionamento potevano ritardare la messa in opera dei reattori avanzati.

Tabella 5.23-B — Architettura del combustibile in base alla progettazione del reattore

Reattore	Tecnologia	Bilancia elettrica	Famiglia di combustibili	maturità commerciale dei combustibili	Problematica italiana specifica relativa ai carburanti
BWRX-300	BWR	~300–327 MWe	BWR convenzionale LEU	Alto	Catena di approvvigionamento GNF2 importata/controllata dal fornitore, ma senza dipendenza da HALEU.
Holtec SMR-300	POTENZA	~320 MWe	UO_2 LEU ≤5%	Elevata categoria di carburante	Dipendenza convenzionale dall'arricchimento/fabbricazione occidentale
AP300	POTENZA	~330 MWe	Combustibile LWR convenzionale derivato dall'AP1000	Elevata categoria di carburante	Dipendenza da carburanti/fornitori esteri piuttosto che da nuove tecnologie di carburante.
Rolls-Royce SMR	POTENZA	470 MWe	UO_2, max ~4,95% U-235	Alto	Catena del combustibile convenzionale; scala del reattore superiore alla comune abbreviazione politica italiana di ~300 MWe
NUWARD	POTENZA	Fino a ~400 MWe	Architettura convenzionale del combustibile EDF/PWR	Livello di maturità di base elevato	Elevata compatibilità con i cicli di alimentazione europei; la progettazione definitiva dettagliata è ancora in fase di sviluppo.
NuScale US460	PWR integrale	77 MWe/modulo; ~462 MWe stazione	Famiglia di combustibili LWR convenzionali	Elevata categoria di carburante	Il problema principale irrisolto non è tanto il carburante, quanto la realizzazione di progetti commerciali.
Xe-100	HTGR	80 MWe/modulo	TRISO con circa il 15,5% di HALEU	In fase di sviluppo	L'arricchimento di HALEU e la fabbricazione di TRISO diventano infrastrutture di fondamentale importanza.
Nazio	Reattore veloce al sodio	345 MWe + accumulo	combustibile metallico HALEU	In fase di sviluppo	La disponibilità avanzata del carburante è una dipendenza di primo ordine dalla pianificazione
newcleo LFR-AS-200	reattore veloce al piombo	200 MWe	MOX	Sviluppo per questa catena di distribuzione	Richiede la fabbricazione MOX, misure di sicurezza, trasporto e una strategia di riciclaggio/ritrattamento.

EAGLE S-300	reattore veloce al piombo	~300 MWe	Percorso avanzato del combustibile per reattori veloci	Sviluppo	La qualificazione del combustibile è legata alla sequenza di sviluppo del dimostratore e del reattore.
ACP100	PWR integrale	~125 MWe	LEU convenzionale	Famiglia di carburanti consolidata	Dipendenza dai fornitori/carburanti cinesi e compatibilità strategica europea
HTR-PM	HTGR	Sistema da ~200 MWe	TRISO	Riferimento cinese operativo	L'ecosistema cinese di fornitori e carburanti non è facilmente trasferibile in Italia.
Famiglia KLT-40S / RITM	PWR compatto	Classe di potenza ~35–60 MWe/modulo	combustibile per reattori russi	Esiste esperienza operativa/di implementazione	La dipendenza dai fornitori e dal carburante russi rende gli approvvigionamenti italiani strategicamente problematici.

GE Vernova Hitachi afferma che il BWRX-300 utilizza il combustibile **GNF2, già disponibile in commercio** , e non richiede HALEU.

La documentazione britannica conferma l'utilizzo da parte di Holtec di combustibile a base di biossido di uranio arricchito fino al 5% e l'utilizzo da parte di Rolls-Royce di combustibile standard a base di UO_2 arricchito fino a un massimo del 4,95%.

X-energy afferma che il combustibile Xe-100 utilizza HALEU arricchito a circa **il 15,5% di U-235** , con Centrus che fornisce i servizi di arricchimento e TRISO-X che si occupa della fabbricazione del combustibile.

La NRC conferma che il reattore LFR-AS-200 di newcleo è progettato per utilizzare **combustibile MOX** e che un impianto separato per la fabbricazione di combustibile MOX è attualmente in fase di consultazione normativa preliminare.

SICUREZZA E SOVRANITÀ DEL CARBURANTE

Tabella 5.24-A — Catena di rischio per la sicurezza del carburante

Palcoscenico	LEU convenzionale LWR	reattore HALEU	Reattore MOX/a ciclo chiuso
Estrazione di uranio	Possibile diversificazione del mercato globale	Stesso requisito iniziale di uranio	Potrebbe dipendere in parte dal materiale fissile recuperato, a seconda della strategia.
Conversione	mercato industriale maturo ma concentrato	Necessario prima dell'arricchimento	Dipende dall'architettura di upstream/riciclo scelta
Arricchimento	Mercato maturo ≤5%	È richiesto un arricchimento specializzato superiore al 5%.	Non è l'unico passo determinante in termini di carburante
Deconversione	Maturo	Sono necessarie ulteriori capacità specifiche per HALEU.	Catena di processo diversa
Fabbricazione di combustibili	Fabbricazione matura di PWR/BWR	TRISO specializzato o fabbricazione metallica	Fabbricazione specializzata di MOX
onere di sicurezza	Stabilito	Più alto	Più alto
onere delle salvaguardie	Stabilito	Aumento dei requisiti di contabilità e sicurezza dei materiali.	salvaguardie centrali del plutonio
Trasporto	Maturo	Pacchetti/licenze aggiuntive	Trasporto specializzato di materiale contenente plutonio
disponibilità sul mercato interno italiano	Nessuna catena domestica completa	Nessuno	Nessuno
Esposizione principale del programma	Affresco internazionale	La creazione stessa della catena di approvvigionamento	Sviluppo degli impianti del ciclo del combustibile

Interpretazione governativa

La dipendenza da LEU rappresenta un problema di sicurezza degli approvvigionamenti.

La dipendenza da HALEU può trasformarsi in un problema di implementazione tecnologica.

La dipendenza da MOX può diventare un programma infrastrutturale nazionale a sé stante.

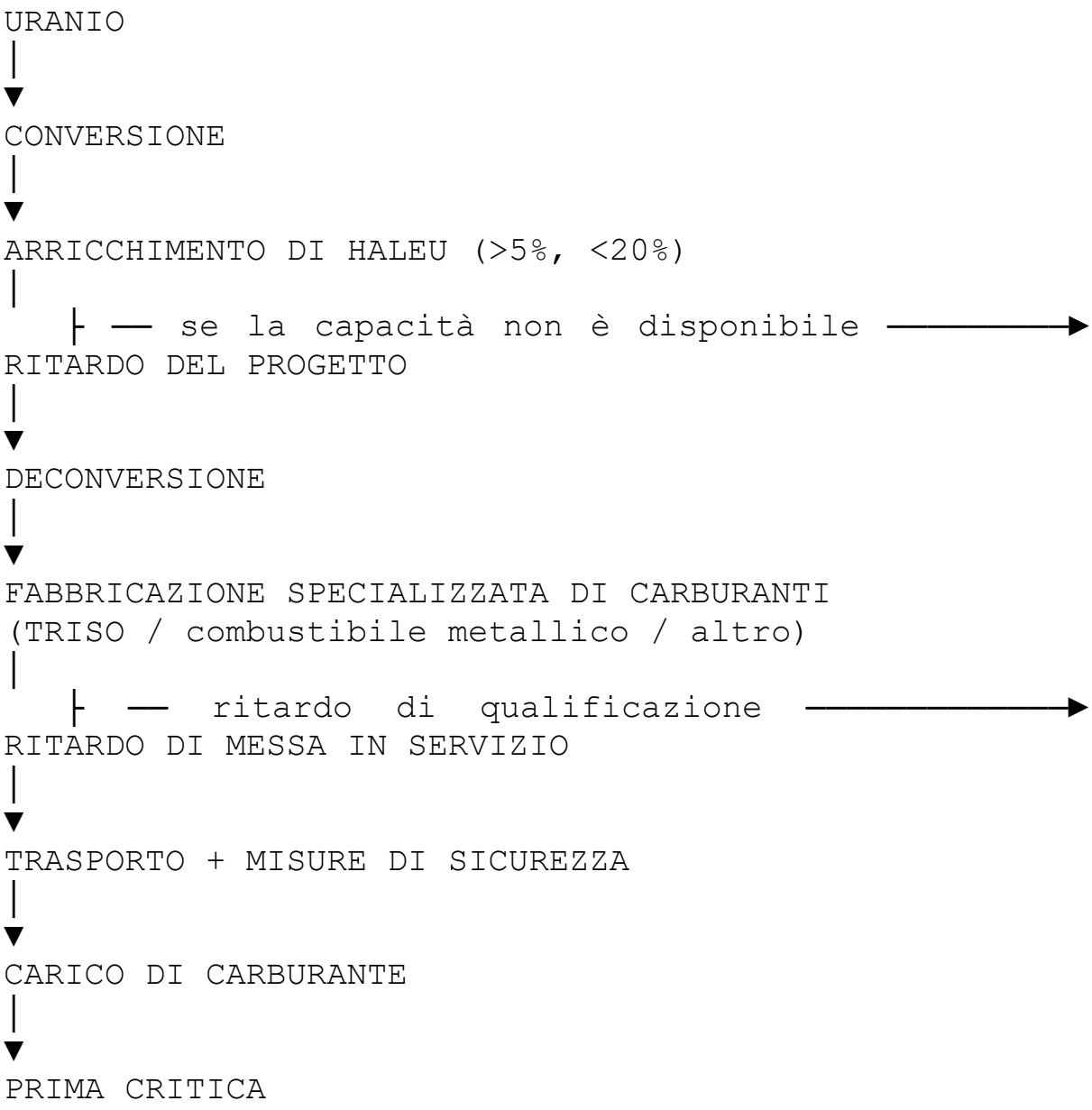
Ecco perché il rapporto caricato afferma correttamente che un reattore può possedere un progetto completo, una licenza, un sito e un finanziamento, ma non essere comunque in grado di funzionare se non è disponibile combustibile qualificato.

Tabella 5.24-B — Perché HALEU merita un premio di rischio italiano separato

Problema HALEU	prove attuali	implicazioni italiane
Disponibilità commerciale	Il Dipartimento dell'Energia degli Stati Uniti continua a segnalare un'offerta commerciale insufficiente.	Non trattare il carburante come una normale merce di approvvigionamento
Intervento pubblico	Il programma di disponibilità HALEU degli Stati Uniti assegna attivamente i materiali	Lo sviluppo dei reattori di ultima generazione rimane in parte dipendente dall'intervento statale.
Arricchimento	Nuove capacità in fase di finanziamento/espansione	Tempi di consegna lunghi
Deconversione	Necessaria un'infrastruttura specializzata separata	ulteriore punto di controllo della catena di approvvigionamento
Trasporto	Soluzioni di trasporto dedicate in fase di sviluppo	Rischio relativo a licenze/logistica
Fabbricazione	Specifico per il reattore; ad esempio TRISO-X per Xe-100	Concentrazione dei fornitori
strategia di inventario	I progetti iniziali possono basarsi su materiale assegnato	La replica della flotta è più difficile della prima dimostrazione.
situazione europea	Le capacità dell'UE necessitano ancora di sviluppo.	Il progetto italiano non può presumere l'autosufficienza a livello nazionale/UE.

Il Dipartimento dell'Energia degli Stati Uniti afferma esplicitamente che l'HALEU non è attualmente disponibile in quantità sufficienti dai fornitori commerciali nazionali e che ciò può ritardare lo sviluppo dei reattori avanzati.

Schema testuale — dipendenza HALEU



PUNTO CHIAVE:

Un reattore completato non diventa operativo finché non è completata l'intera catena del combustibile.

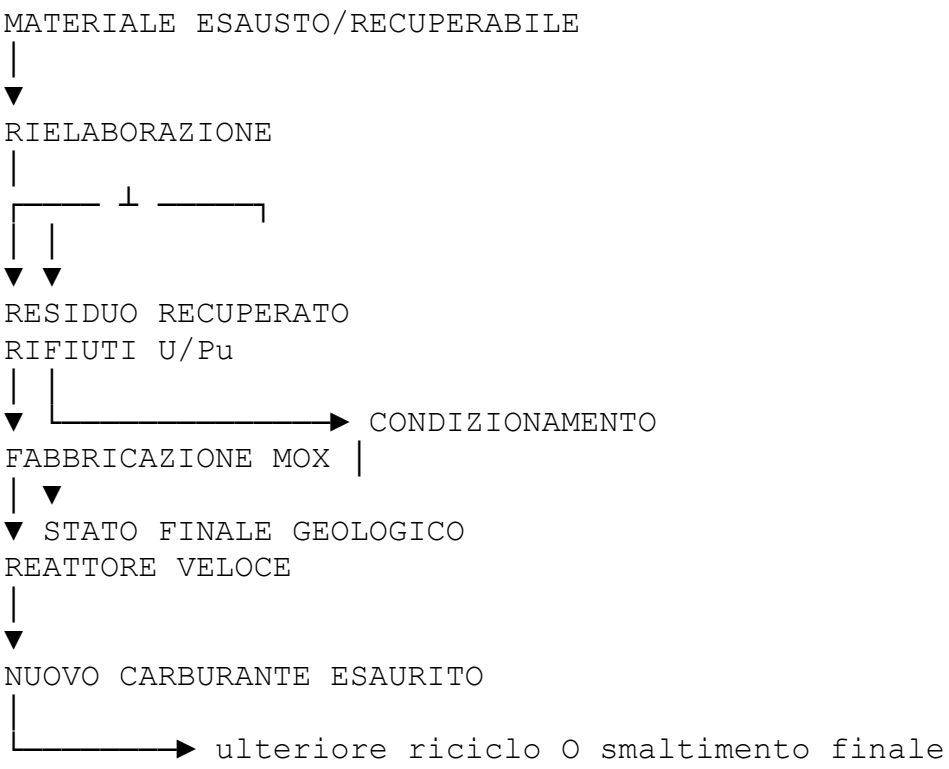
MOX E IMPLICAZIONI DEL CICLO CHIUSO

Tabella 5.25-A — Opportunità di sovranità MOX rispetto alla complessità del programma

Dimensione	Potenziale vantaggio strategico	Requisiti aggiuntivi / esposizione
Utilizzo delle risorse fissili	Riutilizzo del plutonio/materiale recuperato	Infrastrutture di riprocessamento o servizio estero
sovranità energetica	Potenziale maggiore controllo a lungo termine	Attualmente in Italia manca una catena commerciale di negozi MOX per uso domestico.
Strategia di gestione dei rifiuti	Può alterare l'inventario e la composizione del combustibile esaurito	Non **elimina** lo smaltimento geologico
Fabbricazione di combustibili	Capacità industriale ad alto valore aggiunto	Impianto nucleare e licenza separati
Misure di salvaguardia	Gestibile nell'ambito dell'Euratom/AIEA	Richiede molto più carburante rispetto al carburante LEU standard.
Sicurezza	Materiale controllato contenente plutonio	Requisiti di protezione fisica più elevati
Trasporto	Tecnicamente consolidato a livello internazionale	Itinerari specializzati, pacchetti e autorizzazioni
Costo	Potenziali vantaggi in termini di ciclo di vita/risorse	Significative infrastrutture di capitale aggiuntive
Programma	Sostiene la strategia dei reattori avanzati	Può diventare un percorso critico per la messa in opera del reattore
Proprietà intellettuale italiana	Elevato potenziale con lo sviluppo LFR	Richiede attività di ricerca e sviluppo di lunga durata e la concessione di licenze.

La sezione originale del rapporto identifica correttamente MOX come una **proposta di sovranità diversa** , non semplicemente come un'altra opzione di carburante.

Schema testuale: MOX chiude alcuni cicli ma aggiunge infrastrutture



IMPORTANTE:

Ciclo chiuso ≠ zero rifiuti.

Ciclo chiuso = più infrastrutture per il ciclo del combustibile + rifiuti finali diversi.

ONERE DI LICENZA

Tabella 5.26-A — Familiarità con la fisica dei reattori rispetto agli oneri di autorizzazione italiani

Famiglia tecnologica	esperienza storica italiana	Esperienza normativa europea	È necessaria una nuova competenza specialistica italiana.	Novità relativa della licenza
PWR SMR	Solida familiarità con la storia e la ricerca	Molto esteso	Sistemi passivi e caratteristiche di progettazione specifici per SMR	Inferiore
BWR SMR	Esperienza storica italiana BWR	Esteso	Architettura di sicurezza specifica per BWRX	Basso-moderato
HTGR	Esperienza limitata in Italia nel settore dei reattori di potenza.	Più limitato	TRISO, grafite, elio, fenomenologia degli incidenti HTGR	Più alto
reattore veloce al sodio	Conoscenza in ambito R&S, nessuna attività commerciale a livello nazionale	Specialista	Chimica del sodio, spettro veloce, HALEU metallico	Alto
reattore veloce al piombo	**Forte posizionamento italiano in materia di ricerca e sviluppo.**	Emergenti	Chimica del piombo, spettro veloce, materiali, combustibili avanzati	Elevato ma con una significativa base di conoscenze interne
Fusione	Forte coinvolgimento italiano in ricerca e sviluppo e nell'industria.	Quadro di riferimento per la ricerca e lo sviluppo	Un quadro di licenze/commerciale completamente diverso	Non pertinente al rilascio di licenze di fissione a

				breve termine

Nuclitalia ha esplicitamente avviato la sua valutazione concentrandosi sui **reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) raffreddati ad acqua** , a supporto della conclusione che la familiarità con la tecnologia è rilevante per il percorso a breve termine dell'Italia.

Il rapporto fornito distingue inoltre la familiarità dell'Italia con i reattori ad acqua leggera (LWR) dai requisiti di sviluppo dei sistemi raffreddati a piombo.

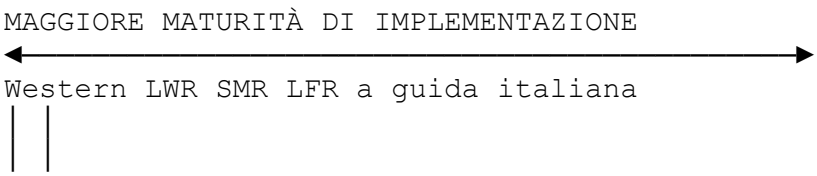
SOVRANITÀ TECNOLOGICA CONTRO VELOCITÀ DI IMPLEMENTAZIONE

Tabella 5.27-A — Compromesso strategico

Percorso	Maturità tecnologica	maturità del combustibile	Posizione italiana in materia di proprietà intellettuale	partecipazione industriale italiana	Probabile onere di apprendimento per l'ente regolatore	Programma carattere
LWR-SMR occidentale straniero	Più alto	Più alto	Inferiore	Potenzialmente alto	Inferiore	Prima
Percorso franco-italiano NUWARD	Sviluppo/in fase di sviluppo	Elevata maturità della famiglia di combustibili	Mezzo	**Alto**	Moderare	Obiettivo ambizioso per la metà degli anni 2030, non garantito.
LFR legato all'Italia	Minore maturità	In fase di sviluppo	**Alto**	**Molto alto**	Alto	Dopo

	commerciale					
HALEU HTGR	Slancio regolamentare moderato	In fase di sviluppo	Attualmente basso	Attualmente basso	Alto	Dipende dalla maturazione della catena del carburante
Reattore veloce di tipo Natrium	Elevato livello di maturità del progetto per un AMR	Sviluppo di HALEU	Bassa proprietà italiana	Collegamento diretto limitato	Alto	Progetto di riferimento in anticipo rispetto all'Italia, ma complesso adattamento italiano

Interpretazione strategica



Questo è il punto cruciale descritto nella fonte: la capacità italiana di realizzare reattori di punta aumenta il potenziale di proprietà intellettuale, ma non deve essere confusa con la certezza della tempistica a breve termine.

REATTORI AD ALTA TEMPERATURA

Tabella 5.28-A — Proposta di valore di HTGR per l'Italia

Attributo	Implicazioni Xe-100 / HTGR
Produzione elettrica	Generazione modulare di energia elettrica
Temperatura del processo	Condizioni del vapore LWR superiori a quelle standard
Vapore industriale	Potenziale di crescita
Idrogeno	Potenzialmente attraente
Raffinazione / calore chimico	Applicazione diretta più efficace rispetto ai sistemi LWR convenzionali.
Carburante	TRISO con sede ad HALEU
Maturità della catena del combustibile	In fase di sviluppo
Liquido di raffreddamento	Elio
Materiale di moderazione/principale	Grafite
Sciupare	Include flussi di rifiuti specifici per grafite/TRISO
integrazione industriale italiana	Attualmente limitato rispetto a NUWARD/LFR
Miglior caso d'uso italiano	Polo industriale in cui il calore ad alta temperatura ha un valore contrattuale reale
Principale rischio del programma	Carburante più novità normativa

L'attuale accordo di fornitura di combustibile di X-energy identifica circa **il 15,5% di HALEU** come materia prima per TRISO-X e collega esplicitamente le alte temperature dello Xe-100 alle applicazioni di calore di processo.

Il rapporto originale afferma correttamente che le HTGR dovrebbero essere valutate in base al loro valore di calore industriale piuttosto che solo in base al costo dell'elettricità in €/MWh.

NATRICO — FLESSIBILITÀ DELLA RETE

Tabella 5.29-A — Proposta del sistema Natrium

Elemento	Interpretazione nucleare convenzionale	Caratteristica specifica del sodio
Potenza termica del reattore	calore nucleare continuo	Calore continuo del reattore veloce al sodio
Uscita elettrica normale	Strettamente legato alla potenza termica del reattore.	Sistema nucleare da ~345 MWe
accumulo di energia	Normalmente è necessaria una batteria/unità di archiviazione esterna	Accumulo termico integrato a sali fusi
Potenza elettrica di picco	Limitato dall'impianto di reattori/turbine	Può aumentare la potenza erogata fino a circa 500 MWe per diverse ore
Interazione del sistema solare	Caricare seguendo / memoria esterna	Il calore nucleare può rimanere più stabile mentre la produzione di elettricità varia
Carburante	Possibile utilizzo di uranio a basso arricchimento convenzionale nei reattori ad acqua leggera.	combustibile metallico HALEU
Vantaggio principale	Generazione aziendale	Generazione di energia stabile + spostamento di potenza intraday
Nuovo rischio principale	—	Integrazione del sistema al sodio + HALEU + accumulo termico

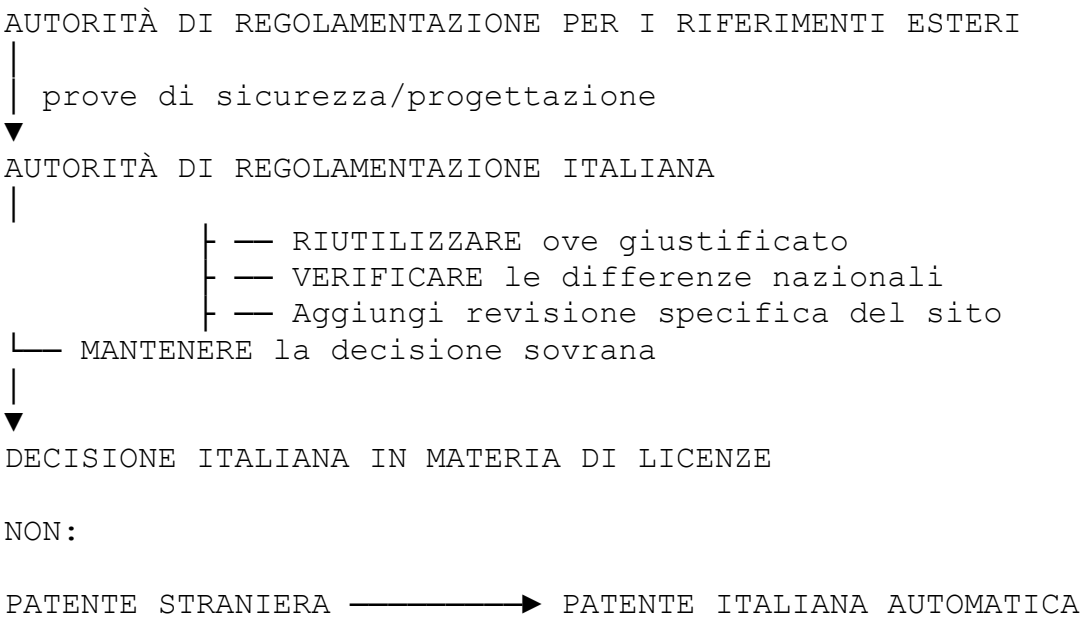
Il testo fornito identifica correttamente il sistema di accumulo integrato di Natrium come una proposta di rete realmente diversa, ma osserva anche che deve essere confrontato con batterie, impianti idroelettrici a pompaggio e sistemi di inseguimento del carico LWR, anziché essere considerato la soluzione di flessibilità più economica.

AFFIDAMENTO REGOLAMENTARE

Tabella 5.30-A — Cosa può e cosa non può fare una licenza estera per l'Italia

Le prove normative straniere possono potenzialmente aiutare l'Italia con	Le prove normative straniere non possono sostituire
Revisione generica della progettazione del reattore	autorizzazione legale italiana
revisione dell'analisi di sicurezza	Caso di sicurezza in un sito italiano
Qualificazione dei componenti	Valutazione sismica specifica del sito
Metodologia degli incidenti	Analisi idrologica/delle inondazioni
Evidenza digitale di strumentazione e controllo	Approvazione italiana in materia di sicurezza informatica
Produzione di prove	Autorità di controllo italiana
Prove di qualificazione del carburante	Obblighi di salvaguardia italiani/Euratom
Metodi del termine sorgente	Processo italiano di pianificazione delle emergenze
Codici e standard	Valutazione di impatto ambientale e ambientale (VIA) italiana
prove di riferimento operative	licenza operativa italiana

Schema del testo: corretta interpretazione di “patente passaporto”.



NON:

La sezione in questione distingue esplicitamente **l'affidamento normativo** dal rilascio automatico di una licenza.

La strategia della Commissione europea per il 2026 sostiene le revisioni anticipate congiunte e la cooperazione in materia di regolamentazione, ma non prevede la concessione automatica di licenze reciproche.

OSSERVATORIO STRANIERO DI FOAK

Tabella 5.31-A — Cosa dovrebbe imparare l'Italia prima di impegnarsi

Programma estero	Tecnologia	Prove che l'Italia dovrebbe estrarre	Decisione italiana influenzata
Darlington	BWRX-300	Durata effettiva della costruzione; costo effettivo; esecuzione civile modulare; revisione della licenza di esercizio; messa in servizio; disponibilità	Maturità dei reattori SMR raffreddati ad acqua
Kemmerer	Nazio	Costruzione del reattore al sodio; disponibilità di HALEU; integrazione dell'accumulo termico; messa in servizio	Fattibilità del reattore veloce/HALEU
Long Mott	Xe-100	Certificazione NRC; impianto di produzione di combustibile TRISO; realizzazione modulare di reattori HTGR; integrazione del calore industriale	vitalità dell'HTGR
Palisades/Pioneer	Holtec SMR-300	Permesso di costruzione; costi; modularizzazione dei reattori PWR; prestazioni della prima costruzione	Maturità Holtec
Wylf	Rolls-Royce SMR	Licenze nel Regno Unito; fabbriche di moduli; serializzazione della catena di fornitura; costruzione	Prove di produzione industriale europea
Programma principale NUWARD	PWR SMR	Stabilità del progetto; traguardi di licenza; partecipazione industriale europea	Percorso franco-italiano

LEANDREA / ALFRED	reattore veloce al piombo	Qualifica dei materiali/combustibili; apprendimento del regolatore; funzionamento del sistema di alimentazione	Percorso strategico EAGLES/newcleo

Il testo di partenza identifica già Darlington, Kemmerer, Long Mott, Palisades e Wylfa come l'effettivo programma di test all'estero dell'Italia.

SELEZIONE TECNOLOGICA IN DUE FASI

Tabella 5.32-A — Porta 1: schermo di eliminazione

Questo cancello risponde:

Questa tecnologia è idonea per partecipare a gare d'appalto italiane di rilievo?

Test Gate 1	Documentazione richiesta	Conseguenza del fallimento
Compatibilità strategica	Fornitore/giurisdizione compatibile con la politica di sicurezza italiana/UE	Escludere dagli acquisti a breve termine
Esperto di riferimento	Documentazione accessibile all'ente regolatore e disponibile per la revisione.	Tieni premuto / rimuovi
Sicurezza del carburante	Percorso di approvvigionamento del carburante commerciale o tramite contratto affidabile	Rimuovere fino al problema
Compatibilità del sito	Busta di design compatibile con la famiglia di siti web italiani realistici	Rimuovi per quel sito
Compatibilità di raffreddamento	Configurazione di raffreddamento ad acqua/a secco/ibrida fattibile	Rimuovere dal sito interessato
Percorso dei rifiuti	Rifiuti/combustibile esaurito tecnicamente gestibili secondo l'architettura italiana.	Tieni premuto / rimuovi
Credibilità commerciale	Progetto concreto, coinvolgimento degli enti regolatori e percorso di finanziamento	Conservare come Ricerca e Sviluppo solo se assente

Informativa del fornitore	Dati sufficienti sulla progettazione e sul ciclo di vita	Nessuna licenza italiana
Sicurezza/cyber	Modello di fornitore sostenibile a lungo termine	Trattenere / rifiutare
Compatibilità UE/Euratom	Nessuna incompatibilità fondamentale tra diritto e geopolitica	Rimuovere

Il materiale originale identifica la compatibilità strategica, il riferimento normativo, la sicurezza del carburante, la compatibilità del sito, la credibilità commerciale e il percorso di smaltimento dei rifiuti come test di prima fase.

Tabella 5.32-B — Porta 2: confronto delle tecnologie sopravvissute

Questo cancello risponde:

Quale dei sistemi ancora in funzione si adatta meglio allo specifico programma italiano in esame?

dimensione di confronto	Unità richiesta
Requisito di capitale totale FOAK	miliardi di euro / ambito definito
Costo del pernottamento	€/kW
Requisiti di finanziamento	Costo del capitale / meccanismo di sostegno
Prove costruttive	Traguardi effettivamente raggiunti
prove commerciali di prima potenza	Unità operative / stato di messa in servizio
Contenuto industriale qualificato italiano	% del valore di approvvigionamento definito
Contenuti strategici italiani	Proprietà del reattore/combustibile/IP/sistema
Flessibilità della griglia	Capacità di rampa/carico in movimento/stoccaggio
prelievo idrico	m^3/MWh
consumo di acqua	m^3/MWh
Processo di riscaldamento	MWth + temperatura
Dipendenza dal carburante	Numero di fornitori / giurisdizioni
Sciupare	kg o m^3/TWh per classe
Carburante esaurito	massa/TWh + caratteristiche termiche
onere della formazione degli operatori	Anni / discipline specialistiche
onere della revisione normativa	Documentazione di riferimento disponibile
La prima operazione italiana credibile	Fascia di scenario, non promessa del fornitore

Il rapporto originale identifica correttamente i criteri della Fase 2: costi, evidenze costruttive, contenuto italiano, flessibilità della rete, acqua, calore industriale, dipendenza dal ciclo del combustibile, rifiuti e tempistiche.

SCHERMATA DI PRONTEZZA

Tabella 5.33-A — Portafoglio italiano di monitoraggio tecnologico

Portfolio	Programmi	Cosa significa la categoria
Candidati per la due diligence completa a breve termine	BWRX-300; Holtec SMR-300; Rolls-Royce SMR se l'output è accettabile; NuScale se FOAK credibile riemerge	Sufficiente maturità per giustificare una dettagliata analisi tecnico-economica italiana
Strategicamente importante: necessita di ulteriore maturazione.	AP300; NUWARD; Xe-100	Tecnologie avanzate, ma sono necessarie ulteriori prove di licenza/implementazione prima di un impegno irreversibile.
Percorso strategico per reattori avanzati	newcleo LFR-AS-200; EAGLES-300; Natrium	Tecnologie strategiche importanti; l'implementazione in Italia comporta una novità tecnologica/di carburante/di licenza sostanzialmente maggiore
Riferimento/parametro internazionale	ACP100; HTR-PM; KLT-40S/RITM	Pregevoli riscontri operativi/costruttivi, ma scarsa compatibilità con le attuali condizioni strategiche di appalto italiane.

Questa classificazione segue la logica di prontezza del rapporto fornito.

Importante: l'inserimento di Natrium nella categoria avanzata non implica una bassa maturità costruttiva; riflette piuttosto la più ampia **transizione tecnologica e dei sistemi di alimentazione** richiesta a livello italiano. Il testo fornito chiarisce esplicitamente questa distinzione.

CONFRONTO MULTIOBIETTIVO

Tabella 5.34-A — Perché la sola maturità non può determinare la scelta tecnologica dell'Italia

Design / famiglia	Prove costruttive	integrazione industriale italiana	Mantenere la semplicità	Proprietà tecnologica italiana	Problema principale irrisolto
BWRX-300	Le prove più solide a sostegno della costruzione di un SMR occidentale	Medio / richiede un accordo di localizzazione del fornitore	Alto	Basso-medio	Costi commerciali/FOAK e termini di localizzazione
Holtec SMR-300	In fase di sviluppo	Mezzo	Alto	Basso	Prima costruzione commerciale
AP300	Nessun AP300 FOAK ancora disponibile	Medio-alto a causa di Westinghouse Electric Italy	Alto	Basso	Documentazione specifica relativa alla licenza/costruzione AP300
NUWARD	Nessun FOAK ancora	Molto alto	Alto	Mediazione attraverso la partnership europea	Maturità della progettazione/licenza
Xe-100	Programma normativo avanzato	Attualmente basso	Basso a causa di HALEU/TRISO	Basso	Fornitura di carburante + prima costruzione
Nazio	Costruzione effettiva	Collegamento specifico per l'Italiano	Basso a causa di HALEU	Basso	HALEU + sodio/autorizzazione avanzata
newcleo LFR	Pre-commercial	Molto alto	Complesso MOX	Alto	Sequenza del ciclo del combustibile e del dimostratore
EAGLES-300	Pre-commercial	Massima partecipazione istituzionale italiana	Percorso del carburante avanzato	Alto	Dimostratori + precedenti in materia di licenze

Interpretazione strategica

```
        CONTROLLO INDUSTRIALE/TECNOLOGICO ITALIANO
ALTO
▲
│
EAGLES / newcleo│
│
NUWARD │
│
BASSO   IMPLEMENTAZIONE  ──────────────────── ┼ ──────────────── ALTO
IMPLEMENTAZIONE
MATURITÀ │ MATURITÀ
│ BWRX-300
│
│ Natrium*
│
▼
BASSO
CONTROLLO TECNOLOGICO ITALIANO

* Natrium ha una solida maturità costruttiva,
ma con una debole proprietà italiana e un elevato livello di novità in termini
di carburante e licenze.
```

Questo schema testuale è volutamente qualitativo e **non dovrebbe** essere convertito in coordinate numeriche senza una metodologia di punteggio separata.

Il materiale di origine stesso afferma che il livello di maturità del modello BWRX non implica automaticamente il predominio del contenuto locale, del finanziamento, della cogenerazione, della gestione dei rifiuti o del controllo industriale, e lo contrappone ai modelli NUWARD e EAGLES.

TABELLA "NON ESAGERARE" SPECIFICA PER LA PROGETTAZIONE

Tabella 5.34-B — Affermazioni che i documenti governativi dovrebbero evitare

Progetto	Formulazione errata/esagerata	Formulazione difendibile
BWRX-300	“L’Italia dovrebbe scegliere BWRX perché è il più maturo.”	Attualmente BWRX vanta le prove più solide in termini di costruzione di SMR (Supermineral Reactor) nella regione occidentale degli Stati Uniti, ma la scelta della tecnologia dipende anche da criteri industriali, economici, di ubicazione e di combustibile.
NUWARD	“NUWARD sarà operativa in Italia nel 2035.”	Il programma industriale franco-italiano prevede l'obiettivo di realizzare i primi impianti intorno al 2035; non esiste un calendario di costruzione autorizzato dall'Italia.
newcleo	“newcleo è un reattore italiano disponibile.”	newcleo vanta una solida attività di ricerca e sviluppo e un'integrazione industriale in Italia, ma non dispone di un impianto LFR-AS-200 operativo, di una licenza di costruzione o di una catena commerciale MOX a supporto operativo.
Aquile	“EAGLES è pronta perché Ansaldo/ENEA è un'azienda italiana.”	La partecipazione italiana è forte, mentre la tecnologia commerciale rimane dipendente dal raggiungimento di traguardi relativi a prototipi dimostrativi e licenze.
Nazio	“Natrium ha raggiunto la maturità commerciale perché la costruzione è già iniziata.”	Natrium è entrato nella fase di costruzione, ma la prima operazione, la fornitura di HALEU e le prestazioni in serie devono ancora essere dimostrate.
Xe-100	"Il combustibile Xe-100 è ormai una pratica commerciale di routine."	Xe-100 richiede circa il 15,5% di HALEU e una fabbricazione specializzata di TRISO, entrambe ancora in fase di industrializzazione.

Fusione	"La fusione può sostituire la decisione relativa al SMR."	La fusione rappresenta un importante filone parallelo di ricerca e sviluppo/industriale italiano, ma al momento non può sostituire una strategia di implementazione della fissione entro la metà degli anni 2030.

La fonte fornita mette esplicitamente in guardia dal considerare l'obiettivo di NUWARD per il 2035 come un programma italiano autorizzato e dal descrivere newcleo come disponibile oggi.

CONTESTO INDUSTRIALE DELL'UE

Tabella 5.38-A — Strategia UE per i reattori modulari di piccole dimensioni al 2026 e implicazioni per l'Italia

azione dell'UE	Perché l'UE lo sta facendo	implicazioni italiane
dispiegamento della flotta	Le singole misure nazionali una tantum indeboliscono l'economia	L'Italia dovrebbe privilegiare i progetti con un portafoglio ordini credibile in diversi paesi.
cooperazione normativa	Le ripetute revisioni nazionali aumentano il ritardo	ISIN dovrebbe riutilizzare le valutazioni estere laddove giustificato
Localizzazione della catena di approvvigionamento europea	Evitare un'eccessiva dipendenza dall'estero.	Sfruttare la base produttiva nucleare pesante dell'Italia
resilienza del ciclo del combustibile	Il carburante può diventare una dipendenza critica	La sicurezza dell'approvvigionamento di carburante deve essere valutata in fase di approvvigionamento.
Standardizzazione	Necessario per l'economia modulare/di fabbrica	Evitate modifiche eccessive al design italiano.
Valli SMR	Concentrare industria e competenze	Potenziale opportunità per i distretti manifatturieri italiani
Autonomia strategica	Evitare di sostituire la dipendenza dal gas russo con una nuova dipendenza tecnologica.	Accesso contrattuale a IP, software, carburante e manutenzione
Protezione della proprietà intellettuale in Europa	Preservare il valore generato all'interno dell'Europa	Particolarmente rilevante per EAGLES/NUWARD e i fornitori italiani

Sandbox regolamentari / revisioni congiunte	Accelerare l'apprendimento precoce	L'Italia può ridurre l'onere normativo del regime FOAK nazionale.

La strategia della Commissione per il marzo 2026 prevede esplicitamente l'impiego di flotte di veicoli, la cooperazione normativa, le catene di approvvigionamento europee, i servizi per il ciclo del carburante, i distretti produttivi, la protezione della proprietà intellettuale e l'evitamento di nuove dipendenze strategiche.

Il rapporto di base identifica già questi elementi specifici e prevede una possibile diffusione di reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) nell'UE pari a **17-53 GW entro il 2050** .

DIPENDENZA DA TECNOLOGIE IMPORTATE

Tabella 5.39-A — Cosa deve negoziare l'Italia oltre al prezzo del reattore

Area contrattuale	Rischio in caso di omissione	Protezione italiana obbligatoria
IP del reattore	Incapacità permanente di apportare modifiche in autonomia	Licenza definita e accesso tecnico
Localizzazione della produzione	L'industria nazionale è limitata a lavori a basso valore aggiunto.	Piano di localizzazione componente per componente
Carburante	Dipendenza da un'unica fonte	strategia di approvvigionamento diversificata a lungo termine
Pezzi di ricambio	Monopolio del fornitore	Ricambi strategici e qualificazione alternativa
Software	Blocco digitale di lunga durata	Supporto per l'intero ciclo di vita, applicazione di patch e disposizioni di accesso
Assistenza informatica	Dipendenza dall'estero nei sistemi critici	Accesso remoto controllato e supervisione sovrana
Manutenzione	Dipendenza dal fornitore	Trasferimento e certificazione della forza lavoro italiana

Modifiche ingegneristiche	esposizione ai costi/tempi	Diritti di controllo delle modifiche definiti
Dati di smantellamento	Dipendenza dal ciclo di vita futuro	Documentazione tecnica completa e dati di configurazione
Formazione	Affidamento permanente dell'operatore straniero	Trasferimento strutturato delle conoscenze
diritti di esportazione	Limita la crescita della filiera produttiva italiana	Diritti di produzione europei/globali definiti

Principio fondamentale degli appalti

```
NON NEGOZIARE SOLO:

PREZZO DEL REATTORE
|
▼
€ / PROGETTO

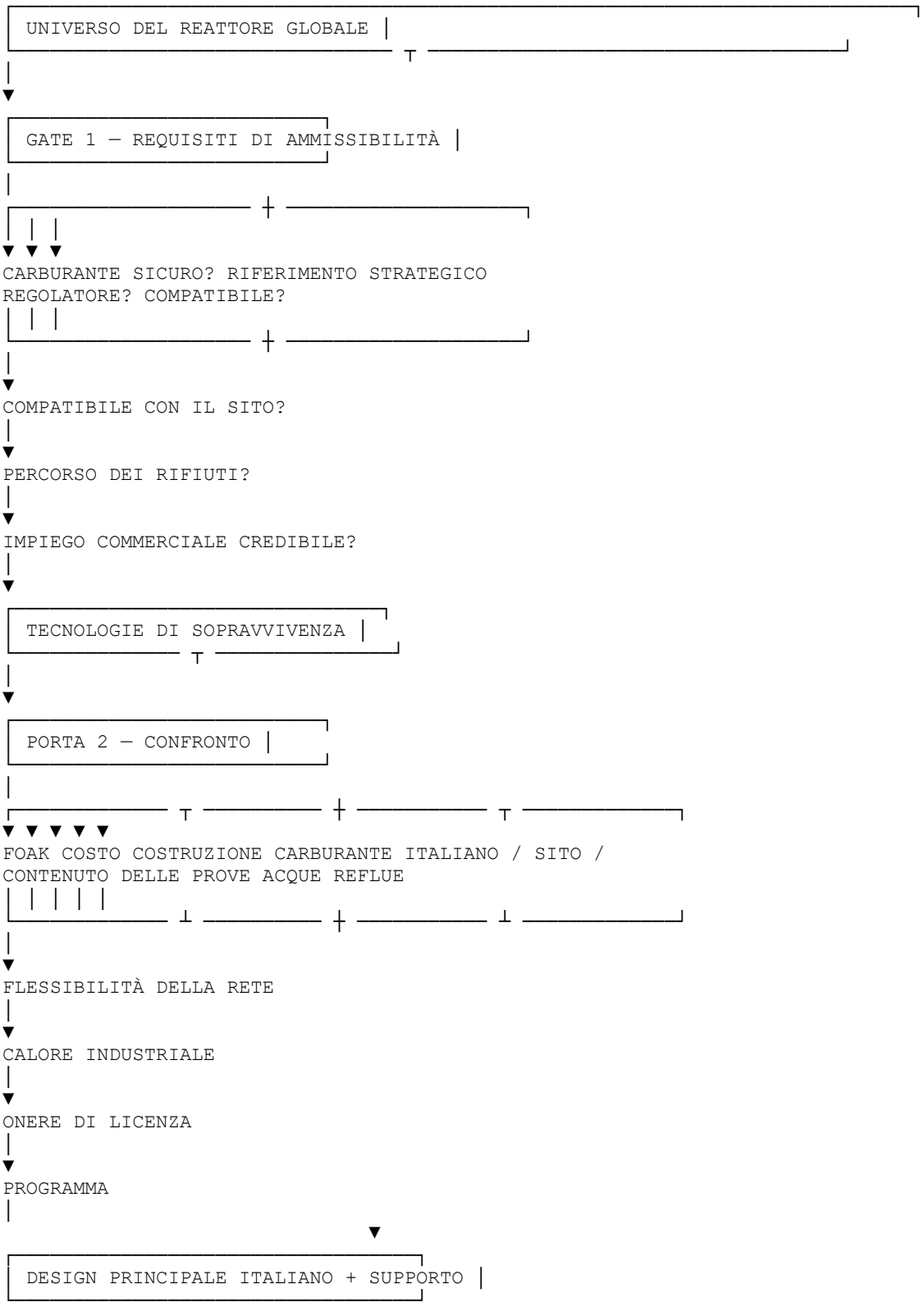
NEGOZIARE L'INTERO CICLO DI VITA:

PROGETTAZIONE/PROPRIETÀ INTELLETTUALE
|
DATI DI LICENZA
|
LOCALIZZAZIONE
|
CARBURANTE
|
SOFTWARE / CYBER
|
RICAMBI
|
MANUTENZIONE
|
FORMAZIONE
|
DATI RELATIVI AI RIFIUTI / ALLO SMALTIMENTO
|
▼
PROFILO DI DIPENDENZA SOVRANA DI 60-80 ANNI
```

Il documento caricato identifica esplicitamente la localizzazione, l'accesso alla proprietà intellettuale, i diritti di manutenzione, i pezzi di ricambio, il combustibile, il software, la sicurezza informatica e la produzione europea come le questioni strategiche che devono accompagnare i negoziati sul prezzo dei reattori.

SCHEMA DECISIONALE PRINCIPALE — SELEZIONE IN BASSO DELLA TECNOLOGIA ITALIANA

Questo è lo schema testuale che consiglierei di convertire in seguito in un'infografica governativa.



SCHEMA DI DECISIONE DEL CARBURANTE PRINCIPALE

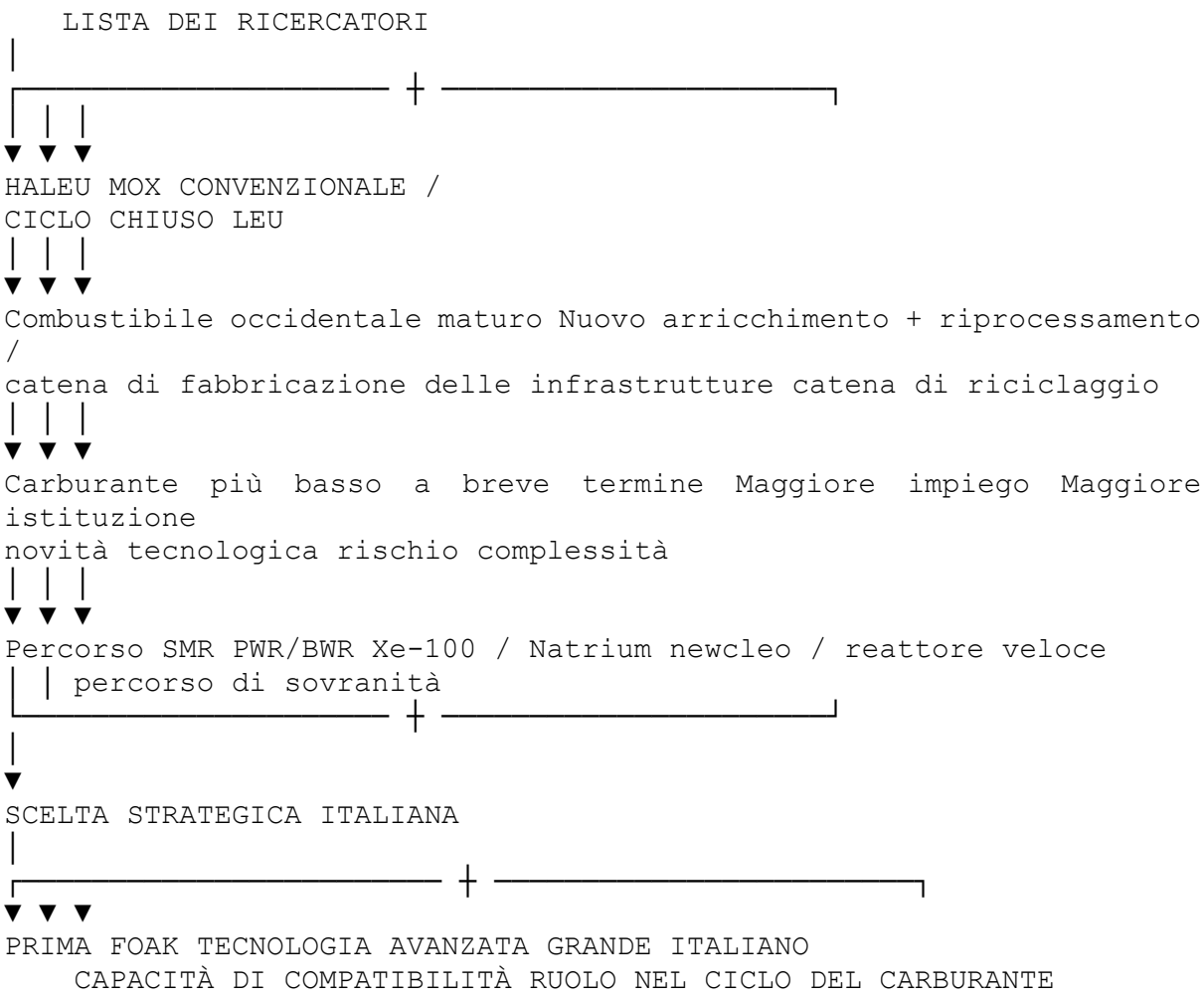


TABELLA PRINCIPALE DEGLI APPALTI PUBBLICI

Tabella 5.39-B — Prove richieste prima dell'impegno irreversibile in Italia

Elemento decisionale	Prove minime accettabili	Se assente
Progettazione del reattore	Linea di riferimento stabile	Rimanere nella fase di monitoraggio tecnologico
Regolamentazione estera	Prove sostanziali di revisione della sicurezza	Non iniziare il processo di rilascio della licenza italiana completa
Progetto di riferimento	Programma di costruzione o programma di costruzione in fase avanzata (quasi completato)	Applicare una contingenza FOAK più elevata
Carburante	Catena del carburante completa e retrattile	Nessun impegno irreversibile per il progetto
HALEU	Percorso di arricchimento + deconversione + fabbricazione	Mantenere il dispiegamento del reattore avanzato
MOX	Percorso di riprocessamento/approvvigionamento dei materiali + fabbricazione + salvaguardie	Trattare il ciclo del combustibile come un megaprogetto separato.
Sito italiano	Sopravvive a sismi, acqua, griglia, schermo ambientale	Nessun progetto
Sciupare	Percorso di smaltimento del ciclo di vita quantificato	Nessuna decisione definitiva di investimento.
Contenuto industriale	Pacchetti di lavoro denominati e qualificati	Non pubblicare percentuali di localizzazione non supportate da prove.
Regolatore	Accesso al personale e alla revisione delle referenze	Non accettare il programma di licenza completo
Finanza	Allocazione del rischio bancabile	Nessun FID

IP del fornitore	Accesso al ciclo di vita contrattualizzato	Rivalutare la dipendenza strategica
Informatica/software	Supporto a lungo termine e accesso controllato	Nessuna approvazione definitiva dell'architettura digitale
Operatore	Programma di formazione/riferimento	Nessun percorso di messa in servizio/carico del combustibile
Prove FOAK straniere	Set di dati attualmente monitorato	Ricalibrare i parametri di riferimento in base all'evoluzione delle evidenze.

Sintesi analitica finale

Il problema tecnologico può essere ricondotto a un'unica catena decisionale governativa:

```
CARBURANTE
↓
determina parte del
↓
DIPENDENZA DALLA CATENA DI FORNITURA
↓
che influisce
↓
COMPLESSITÀ DI LICENZE + SICUREZZA + GESTIONE DEI RIFIUTI
↓
che influisce
↓
DATA DI IMPLEMENTAZIONE + RISCHIO DI FINANZIAMENTO
↓
che deve essere bilanciato contro
↓
SOVRANITÀ INDUSTRIALE/TECNOLOGICA ITALIANA
```

Per l'Italia, quindi, le principali famiglie strategiche rimangono:

Famiglia strategica	Beneficio principale	Costo principale
Reattore LWR-SMR occidentale convenzionale	Compatibilità con implementazioni precedenti e infrastrutture di carburante mature	Maggiore dipendenza da reattori/combustibili/polimeri esteri
reattore avanzato HALEU	Prestazioni avanzate / calore industriale / potenziale di flessibilità	La catena del carburante rimane un esplicito collo di bottiglia strategico
reattore veloce di piombo collegato all'Italia	Maggiore proprietà tecnologica italiana	Programmazione successiva, dimostratori e sviluppo di cicli di carburante complessi
reattori di riferimento esteri non occidentali	Prove operative utili	Compatibilità limitata degli attuali approvvigionamenti a causa della dipendenza strategica/dai fornitori.
Fusione	Elevato valore scientifico/industriale italiano a lungo termine	Non sostituisce l'approvvigionamento di energia da fissione previsto per gli anni 2030.

La conclusione del governo centrale dovrebbe pertanto essere espressa come segue:

Il combustibile non è una voce di approvvigionamento ausiliaria. È uno dei principali fattori determinanti per la dispiegabilità del reattore, l'autonomia strategica, gli oneri normativi, l'architettura dei rifiuti e la tempistica commerciale.

Ecco perché la selezione finale italiana dovrebbe iniziare chiedendo:

“Su quale sistema completo di reattori e combustibile nucleare è disposta a fare affidamento l'Italia per i prossimi 60-80 anni?”

piuttosto che:

"Quale reattore ha la potenza nominale più interessante?"

5.40 La data di consegna della prima unità deve essere espressa come intervalli di confidenza, non come promesse del fornitore.

Progetto	Obiettivo/riferimento per la prima unità pubblica	Affidabilità del rapporto
ACP100	Obiettivo 2026; pre-commissioning al termine	**HIGH ritiene che il progetto sia in fase avanzata; la data di commercializzazione non è ancora stata confermata**
BWRX-300	Darlington fine 2030	**MEDIO-ALTO**
Holtec SMR-300	primi anni 2030	**MEDIO-BASSO**
Xe-100	Programma dimostrativo statunitense per la fine degli anni 2020 e l'inizio degli anni 2030.	**MEDIO-BASSO**
Nazio	costruzione in corso; funzionamento soggetto a futura licenza/carburante	**MEDIO**
Rolls-Royce	Wylfa degli anni 2030	**MEDIO**
NUWARD	Anni 2030 / Obiettivo industriale 2035	**BASSO-MEDIO**
AP300	ambizioni dei fornitori per l'inizio/metà degli anni 2030	**BASSO-MEDIO**
newcleo LFR-AS-200	ambizioni dei fornitori per i primi anni 2030	**BASSO**
EAGLES-300	Obiettivo commerciale 2039	**MEDIO-BASSO**
NuScale US460	nessuna data di costruzione di riferimento attuale	**BASSO per programma**

Questi termini di confidenza sono di natura analitica, non predittiva.

5.41 Matrice italiana del contenuto industriale

Progetto	Collegamento industriale italiano immediato	Potenziale profondità dei contenuti locali
NUWARD	Molto alto — esplicitamente 2026 consorzio italiano	**Alto**
EAGLES-300	Molto alto — Ansaldo + partner principali dell'ENEA	**Molto alto se il programma ha successo**
newcleo LFR-AS-200	Elevatissimo livello di ricerca e sviluppo/ingegneria italiana	**Elevato ma dipendente dalla tecnologia**
AP300	Attività di Westinghouse Electric Italy	**Medio-alto**
BWRX-300	Non è stato individuato alcun accordo specifico con l'Italia.	**Medio-alto tecnicamente**
Holtec SMR-300	Non è stato individuato alcun importante programma formale italiano	**Mezzo**
Rolls-Royce SMR	Opportunità per la catena di approvvigionamento europea	**Mezzo**
NuScale	Lavori tecnici storici di Ansaldo	**Mezzo**
Xe-100	Collegamento italiano minimo attualmente disponibile	**Basso-medio**
Nazio	Collegamento minimo attuale al programma di reattori italiano	**Basso-medio**

I potenziali contenuti locali non corrispondono necessariamente ai contenuti contrattuali attuali.

5.42 Matrice di sicurezza del carburante

Progetto	Categoria di carburante	rischio di approvvigionamento italiano/UE
BWRX-300	Combustibile convenzionale LEU per BWR	**Basso-medio**
Holtec SMR-300	Reattori convenzionali a basso arricchimento di uranio	**Basso-medio**
AP300	Reattori convenzionali a basso arricchimento di uranio	**Basso-medio**
Rolls-Royce	Reattori convenzionali a basso arricchimento di uranio	**Basso-medio**
NUWARD	Combustibile PWR convenzionale compatibile con EDF	**Basso-medio**
NuScale	LEU convenzionale	**Basso-medio**
Xe-100	HALEU TRISO	**Alto**
Nazio	HALEU metal	**Alto**
newcleo	combustibile per reattori veloci MOX	**Elevato / dipendente dalle infrastrutture**
Aquile	combustibile avanzato per reattori veloci	**Elevato fino alla definizione della catena di qualificazione**

“Basso-medio” non significa sovranità energetica.

L'Italia non dispone di una filiera commerciale completa per la distribuzione di carburanti a livello nazionale.

Ciò significa che la catena di approvvigionamento internazionale occidentale esiste già su scala commerciale.

5.43 Le conseguenze in termini di rifiuti non possono essere ridotte a "I SMR producono meno rifiuti"

I reattori più piccoli generalmente producono meno rifiuti totali **per unità** perché producono meno elettricità.

Ciò non dimostra una minore produzione di rifiuti **per MWh** .

I reattori avanzati possono creare diversi tipi di:

- Composizione del combustibile esaurito;
- modalità di attivazione;
- scarti di grafite;
- rifiuti contaminati da metalli/sodio;
- Problemi relativi alla gestione dei lead.

Pertanto, il confronto dei rifiuti deve essere specifico per tecnologia.

Il capitolo 6 esegue tale analisi.

5.44 Le implicazioni relative al raffreddamento e al sito differiscono sostanzialmente

Reattori modulari di piccole dimensioni (LWR-SMR)

Richiedono una notevole dissipazione del calore a basse temperature. Riguarda:

- Trino;
- Caorso;
- aree dismesse costiere.

HTGR

Il funzionamento a temperature più elevate può migliorare l'utilizzo del calore industriale, ma richiede comunque un'efficace dissipazione del calore.

reattore veloce al sodio

Il sodio separa il reattore dal ciclo di potenza attraverso sistemi intermedi e di stoccaggio.

reattore veloce al piombo

L'elevata temperatura di ebollizione e la bassa pressione primaria semplificano alcuni fenomeni incidentali, ma introducono problematiche chimiche e materiali metallici liquidi complessi.

La scelta della tecnologia modifica quindi la classificazione dei siti del Capitolo 3.

Il sito e il reattore devono essere selezionati in modo iterativo.

5.45 Implicazioni per la formazione degli operatori

Il BWRX-300 richiede all'Italia di ricostruire le competenze nel settore dei reattori BWR.

La scelta di un sistema Holtec/AP300/NUWARD/Rolls-Royce/NuScale richiede competenze specifiche nel settore dei reattori ad acqua pulsata (PWR).

Un LFR richiede una cultura operativa sostanzialmente nuova, incentrata su:

- metallo liquido;
- chimica;
- sistemi di trasferimento del calore;
- Fisica dei neutroni veloci.

Un HTGR richiede:

- TRISO;
- sistemi a elio;
- Competenza nei nuclei di grafite.

Questo aspetto dovrebbe essere incluso nel punteggio tecnologico perché la formazione degli operatori inizia anni prima della messa in funzione.

5.46 Il vendor lock-in deve essere valutato esplicitamente

Un programma nucleare crea decenni di dipendenza da:

- carburante;
- ingegneria proprietaria;
- software;
- componenti di ricambio;
- conoscenza del titolare della licenza;
- manutenzione.

Il fornitore FOAK più economico può quindi rivelarsi il partner più costoso del ciclo di vita.

La gara d'appalto nazionale dovrebbe richiedere la divulgazione di:

- Accesso IP;
- diritti sul codice sorgente digitale;
- diritti di localizzazione;

- diritti sui pezzi di ricambio;
- alternative per i fornitori di carburante;
- termini di supporto tecnico a lungo termine.

5.47 Una selezione interna italiana credibile non dovrebbe contenere venti tecnologie

Uno schermo tecnologico sovrano può essere ampio.

Un processo di approvvigionamento non può.

Quando il primo FOAK italiano entrerà nella fase formale di pre-autorizzazione, l'Italia dovrebbe aver ridotto il numero di potenziali produttori a circa:

- **2-3 progetti a breve termine con raffreddamento ad acqua** ;
- **1 percorso strategico per reattori avanzati** .

Qualsiasi cosa di dimensioni maggiori si disperderebbe:

- risorse di regolamentazione;
- ingegneria;
- studi sul sito;
- negoziazione con i fornitori;
- qualifica industriale.

5.48 Struttura della lista ristretta LWR a breve termine: non una classifica

Le famiglie plausibili raffreddate ad acqua per una completa due diligence italiana sono:

percorso BWR

BWRX-300

Vantaggio principale: documentazione probatoria della costruzione.

Percorso US PWR

Holtec SMR-300 / AP300 / NuScale

Diversi equilibri tra maturità normativa e maturità del progetto.

Percorso europeo dei reattori ad acqua polarizzata

NUWARD / Rolls-Royce SMR

Diversi equilibri tra integrazione industriale italiana e maturità del design.

Lo Stato non dovrebbe scegliere un vincitore prima di aver ricevuto dati comparabili:

- progetto;
- SPESE IN CAPITALE;
- carburante;
- localizzazione;
- sciupare;
- programma la prova.

5.49 Tracciato del reattore avanzato

L'Italia possiede tre famiglie di tecnologie avanzate che meritano di essere mantenute in un'analisi attiva:

Mostrare velocemente

- newcleo;
- Aquile.

Sodio veloce

- Il sodio come punto di riferimento internazionale.

HTGR

- Xe-100 come riferimento per il calore industriale.

Questo permette di cogliere la maggior parte degli insegnamenti strategici senza tentare di acquisire la licenza di ogni concetto globale.

5.50 Interruttori di sicurezza per gli acquisti

Un progetto non deve procedere all'impegno FOAK italiano se una qualsiasi delle seguenti questioni rimane irrisolta:

1. nessun ente regolatore di riferimento credibile;
2. nessuna via di approvvigionamento del carburante;
3. nessun percorso per combustibile esaurito/rifiuti;
4. nessun modello di finanziamento;
5. Il fornitore rifiuta una localizzazione europea/italiana significativa;
6. nessun sito è in grado di soddisfare i requisiti di raffreddamento/resistenza ai rischi;
7. Le modifiche alla progettazione in termini di sicurezza rimangono eccessive;
8. Il riferimento FOAK presenta delle lacune sostanziali senza alcuna spiegazione;
9. L'ente regolatore non può fornire il personale necessario per la revisione del progetto;
10. La formazione degli operatori non può rispettare i tempi previsti per la messa in servizio.

Questi criteri sono più utili delle etichette di marketing come "Gen III+" o "Gen IV".

5.51 Implicazioni per lo scenario italiano più precoce 2034-2036

Affinché l'Italia possa produrre le prime energie rinnovabili tramite fissione elettrica entro il 2034-36, è necessario che si verifichino contemporaneamente diverse condizioni.

Il progetto dovrebbe essere:

- sostanzialmente maturo entro il 2027-2028;
- Con licenza di riferimento all'estero;
- supportato da un FOAK attivo;
- sufficientemente convenzionale per un'accelerata dipendenza dalla normativa italiana;
- sicurezza energetica;
- selezionato presto.

È difficile conciliare questa situazione con un reattore che non ha ancora ottenuto le autorizzazioni sostanziali.

Pertanto, la programmazione più anticipata favorisce strutturalmente:

un progetto di riferimento maturo per un reattore LWR-SMR occidentale.

Dal punto di vista strutturale non favorisce un evento unico nel suo genere nella quarta generazione.

Si tratta di una conclusione relativa alla pianificazione, non di una raccomandazione tecnologica.

5.52 Implicazioni per lo scenario centrale 2037-2040

Il programma centrale 2037-40 prevede maggiore spazio per:

- Apprendimento delle tecniche di costruzione BWRX;
- Sviluppo Holtec;
- Certificazione AP300;
- Livello di maturità del progetto NUWARD;
- Progressi di Wylfa;
- Esperienza di costruzione con Xe-100.

Potrebbe inoltre consentire dimostrazioni limitate di reattori avanzati per fornire informazioni utili a una decisione sulla seconda ondata.

Ecco perché la fascia di programma centrale del Capitolo 9 è sostanzialmente più credibile rispetto all'ipotesi del 2033-34.

5.53 Implicazioni oltre il 2040

Dopo il 2040, il panorama tecnologico potrebbe essere sostanzialmente diverso.

A quel punto l'Italia potrebbe avere prove da:

- più unità BWRX;
- Wylf;
- Holtec;
- Sodio;
- Xe-100;
- LEANDREA;
- ALFREDO;
- forse EAGLES/newcleo.

A quel punto, le motivazioni strategiche a favore dei reattori avanzati potrebbero essere molto più solide di quanto non lo siano oggi.

L'errore sarebbe quello di forzare una tesi tecnologica del 2040 in una decisione di acquisto del 2027.

5.54 Valutazione complessiva della tecnologia

Il settore globale dei SMR (recipienti modulari di piccole dimensioni) è entrato in una nuova fase.

Non è più corretto affermare che tutti i reattori SMR siano reattori di carta.

È altrettanto inesatto affermare che la tecnologia SMR abbia già dimostrato la fattibilità di flotte a basso costo e prodotte in serie.

Dati aggiornati al 26 settembre 2026:

- La Russia ha un sistema commerciale di serbatoi modulari di piccole dimensioni galleggianti;
- La Cina ha avviato le operazioni commerciali del sistema HTR-PM e ha avviato le operazioni di avvicinamento dell'ACP100;
- Il Canada sta fisicamente costruendo il BWRX-300;
- Gli Stati Uniti stanno costruendo il Natrium e stanno valutando i progetti di implementazione dello Xe-100/Holtec;

- Il Regno Unito si è impegnato ad acquistare i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) della Rolls-Royce per il cantiere di Wylfa;
- La Francia ha riprogettato NUWARD basandosi su componenti PWR più consolidati;
- L'Italia è profondamente coinvolta in due programmi per la costruzione di reattori nucleari ad alte prestazioni, ma nessuno dei due è attualmente commercialmente utilizzabile.

La scelta pratica italiana non è quindi tra "vecchio nucleare" e "nuovo nucleare".

Si colloca tra **diversi livelli di novità tecnologica** .

Novità più bassa

Reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) convenzionali raffreddati ad acqua a uranio leggero (LEU):

- BWRX-300;
- Holtec SMR-300;
- AP300;
- NUWARD;
- Rolls-Royce;
- NuScale.

Novità intermedia

Gas ad alta temperatura:

- Xe-100.

Alta novità

Reattori veloci:

- Sodio;
- newcleo;
- Aquile.

Una maggiore novità può fornire:

- temperature più elevate;
- migliore utilizzo del carburante;
- diverse strategie di gestione dei rifiuti;
- maggiore sovranità tecnologica.

Produce inoltre:

- Licenze più rigide;
- più difficile approvvigionamento di carburante;
- prove operative inferiori;
- maggiore rischio di FOAK.

La conclusione più importante è dunque di natura metodologica:

L'Italia non dovrebbe scegliere un reattore basandosi solo sulla capacità nominale o sulla produzione di energia. Dovrebbe invece scegliere un sistema nucleare completo, composto da reattore + combustibile + regolatore di riferimento + catena di approvvigionamento + percorso di smaltimento dei rifiuti + sito + gestore + finanziamento.

Un reattore da 300 MWe senza combustibile sicuro non è una tecnologia praticabile.

Un reattore avanzato da 200 MWe a guida italiana, privo di un dimostratore operativo, non è equivalente a un reattore FOAK canadese da 300 MWe già in costruzione.

Un reattore da 470 MWe non diventa inadatto solo perché nei discorsi politici si usa il numero "300 MW".

E l'approvazione del progetto non equivale al completamento di una centrale elettrica.

Per il primo programma italiano, la maturità tecnologica dovrebbe essere misurata in base al **punto più debole della catena di implementazione** , non in base alle affermazioni più convincenti del fornitore.

CAPITOLO 5 — REGISTRO DELLA SORGENTE DI CARICO

Stato operativo e di implementazione a livello globale

I1 — IAEA, rapporto del 2025 alla Conferenza Generale. Akademik Lomonosov in funzione dal 2020; HTR-PM in funzione da dicembre 2023; stato di sviluppo globale dei SMR.
IAEA — Stato di implementazione della tecnologia nucleare e dei SMR

I2 — Piattaforma SMR dell'IAEA. Progetti operativi e operazioni SMR. Opuscolo della piattaforma SMR dell'IAEA.

I3 — Sistema informativo avanzato sui reattori dell'IAEA. Database globale per la progettazione e l'implementazione di SMR.
IAEA — ARIS

BWRX-300

I4 — Ontario Power Generation — Progetto SMR di Darlington. Stato di avanzamento dei lavori, licenza di costruzione e domanda di licenza operativa per il 2026.
OPG — Reattore modulare di piccole dimensioni di Darlington

I5 — CNSC — Protocollo di licenza per l'esercizio del nuovo progetto nucleare di Darlington. Valore regolamentare del progetto: 327 MWe; licenza di costruzione rilasciata nell'aprile 2025.
CNSC — Licenza per Darlington BWRX-300.

I6 — GE Vernova Hitachi — Descrizione della tecnologia BWRX-300. 300 MWe, 870 MWth, circolazione naturale, combustibile GNF2.
GE Vernova Hitachi — Tecnologia BWRX-300

I7 — GE Vernova Hitachi — Strategia di carburante e tecnologia collaudata BWRX-300.
GE Vernova — Tecnologia collaudata BWRX-300

I8 — US NRC — Documentazione preliminare di richiesta BWRX-300.
US NRC — BWRX-300

Holtec SMR-300

G1 — Autorità di regolamentazione del Regno Unito, marzo 2026 — Holtec SMR-300 GDA Fase 2.
Governo del Regno Unito — Holtec SMR-300 GDA Fase 2

G2 — Autorità di regolamentazione del Regno Unito — Valutazione dettagliata del reattore Holtec SMR-300. Include l'architettura PWR e l'arricchimento dell'uranio fino al

5%.
Governo del Regno Unito — Valutazione fondamentale del reattore Holtec SMR-300

I9 — US NRC — Applicazione per le unità pioniere 1 e 2.
US NRC — Unità pioniere Palisades SMR-300

I10 — Holtec, marzo 2026 — Programma di implementazione SMR di Palisades.
Holtec — Sviluppo di Pioneer 1 e 2

Westinghouse AP300

I11 — US NRC — Programma di pre-applicazione AP300.
US NRC — Westinghouse AP300

I12 — Westinghouse — Documentazione del prodotto AP300.
Westinghouse — AP300 SMR

NUWARD

I13 — Dati e cifre EDF 2025, pubblicato nell'aprile 2026. Reattore PWR NUWARD riprogettato, fino a 400 MWe, progettazione concettuale e programma di commercializzazione.
EDF — Dati e cifre 2025 / NUWARD

I14 — Documento di registrazione universale EDF 2025. Riprogettazione NUWARD basata su componenti tecnologici collaudati.
EDF — Documento di registrazione universale 2025

I15 — Edison, 25 giugno 2026. Dichiarazione d'intenti EDF/NUWARD/Edison/industria nucleare italiana.
Accordo Edison — europeo per lo sviluppo di reattori modulari di piccole dimensioni (SMR).

Rolls-Royce SMR

G3 — Governo del Regno Unito — Stato GDA del reattore SMR di Rolls-Royce. PWR da 470 MWe; Fase 3 della GDA.
Governo del Regno Unito — Valutazioni di nuovi progetti di reattori.

G4 — Richiesta di giustificazione nucleare del Regno Unito — Combustibile per SMR di Rolls-Royce. UO_2, arricchimento massimo 4,95%.
Governo del Regno Unito — Richiesta per SMR di Rolls-Royce.

I16 — Rolls-Royce SMR, 13 aprile 2026 — Contratto Wylfa.
Rolls-Royce SMR - Programma Wylfa a tre unità

I17 — Rolls-Royce SMR, 27 maggio 2026 — catena di fornitura per isole nucleari.
Rolls-Royce SMR — Accordi con i fornitori per isole nucleari

NuScale

I18 — US NRC — Approvazione del progetto standard US460. Sei moduli da 77 MWe, per un totale di 462 MWe.
US NRC — NuScale US460

I19 — US NRC, 29 maggio 2025 — Annuncio di approvazione dell'US460.
US NRC — Approvazione del progetto NuScale US460

I20 — US NRC — Progetto di energia a zero emissioni di carbonio terminato.
US NRC — Terminazione del CFPP

Xe-100

I21 — US NRC — Revisione del permesso di costruzione per Long Mott Xe-100.
US NRC — Long Mott Xe-100

I22 — US NRC — Udienza obbligatoria di settembre 2026.
US NRC — Udienza obbligatoria di Long Mott

I23 — X-energy/Centrus, 6 agosto 2026 — Accordo di fornitura HALEU. Arricchimento del combustibile Xe-100 pari a circa il 15,5%.
X-energy — Accordo sul combustibile HALEU.

Nazio

I24 — US NRC, marzo 2026 — Permesso di costruzione per un impianto di produzione di sodio.
US NRC — Approvazione per la costruzione di un impianto di produzione di sodio

I25 — US NRC — Progettazione e combustibile al sodio. Reattore veloce al sodio da 345 MWe con combustibile metallico HALEU.
US NRC — Reattore al sodio

I26 — TerraPower, aprile 2026 — inizio della costruzione nucleare.
TerraPower — Inizia la costruzione di Kemmerer.

G5 — Autorità regolatorie del Regno Unito, giugno 2026 — Natrium entra nella GDA.
Governo del Regno Unito — Valutazione del design generico di Natrium

newcleo e le aquile

I27 — US NRC — newcleo LFR-AS-200. 480 MWth, 200 MWe, reattore veloce raffreddato a piombo, combustibile MOX.
US NRC — newcleo LFR-AS-200

I28 — US NRC — Richiesta preliminare di autorizzazione per la fabbricazione del combustibile MOX di newcleo.
US NRC — Coinvolgimento normativo dell'impianto MOX di newcleo.

G6 — ENEA, 19 febbraio 2026 — Programma EAGLES/newcleo LEANDREA.
ENEA — Cooperazione tra EAGLES e newcleo

I29 — Ansaldo Nucleare — Roadmap commerciale EAGLES-300. Reattore veloce raffreddato a piombo da 300 MWe, obiettivo commerciale 2039.
Ansaldo Energia — Roadmap EAGLES-300

I30 — Ansaldo Nucleare/IAEA NHSI — Pre-licenza internazionale EAGLES.
Ansaldo Energia — Progetto di pre-licenza internazionale EAGLES

Cina, Corea, Russia e Argentina

I31 — Materiale IAEA / CNNC — ACP100/Linglong One. Programma di costruzione e messa in servizio.
Materiale del progetto ACP100 dell'IAEA.

S1 — World Nuclear News, settembre 2026 — Stato di pre-commissioning dell'ACP100.
World Nuclear News — Aggiornamento su Changjiang e Linglong One

I32 — IAEA — Evidenze di funzionamento commerciale dell'HTR-PM.
IAEA — Sviluppo dell'HTR-PM

I33 — KAERI — SMART100. Reattore PWR integrale coreano potenziato da 110 MWe.
KAERI — SMART100

I34 — IAEA — Programma russo KLT-40S/RITM SMR.
IAEA — SMR basati in ambiente marino

G7 — Autorità di regolamentazione nucleare argentina / Rapporto nazionale sulla sicurezza 2025. Prototipo CAREM25 in costruzione.
Argentina — Rapporto nazionale sulla sicurezza nucleare

Politica europea

G8 — Commissione europea, 10 marzo 2026 — Strategia UE per i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR). Primi progetti europei previsti per i primi anni 2030: dispiegamento della flotta, localizzazione della catena di approvvigionamento, cooperazione normativa e autonomia strategica.
Commissione europea — Strategia UE per i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR).

G9 — Commissione europea — Portale politico sui piccoli reattori modulari. Commissione europea — Piccoli reattori modulari

G10 — Commissione europea, COM(2026)117. Strategia dettagliata per SMR/AMR, comprese le tecnologie extra-UE, la catena di approvvigionamento europea e la cooperazione normativa. Commissione europea — Sviluppo futuro e implementazione degli SMR in Europa

FINE DEL CAPITOLO 5

CAPITOLO 6 — CICLO DEL CARBURANTE, RIFIUTI RADIOATTIVI E IL DEPOSITO NAZIONALE SCOMPARSO

6.1 Risultati dell'analisi esecutiva

Le scorie radioattive non sono una questione secondaria da affrontare dopo che l'Italia avrà scelto un reattore. Sono una delle principali **condizioni programmatiche** per un ritorno credibile alla produzione di energia nucleare.

L'Italia entra nel programma di nuove costruzioni con tre diverse passività:

1. i rifiuti radioattivi, il combustibile esaurito e i materiali nucleari ereditati dal precedente programma nucleare italiano;
2. residui condizionati che devono rientrare dal ritrattamento all'estero in Francia e nel Regno Unito;
3. il futuro carburante esaurito, i rifiuti operativi e i rifiuti di smantellamento che verrebbero generati da una nuova flotta.

Il paese **non dispone ancora di un deposito nazionale operativo** . Il deposito proposto è una struttura di superficie destinata principalmente allo smaltimento definitivo di rifiuti a bassissima e bassa attività e allo stoccaggio **temporaneo** , non definitivo, di materiali ad alta attività. L'attuale volume previsto per il progetto di Sogin è di circa **98.000 m^3** : circa **84.000 m^3 di rifiuti a bassissima e bassa attività per lo smaltimento definitivo** e circa **14.000 m^3 di rifiuti a media e alta attività per lo stoccaggio temporaneo** . Circa il 60% del materiale previsto proviene dalle attività e dallo smantellamento di centrali nucleari e il 40% da medicina, industria e ricerca.

Quel repository **non** risolve l'intero problema del back-end italiano.

I rifiuti ad alta attività, i rifiuti a media attività a lunga vita e il combustibile esaurito che richiedono uno smaltimento diretto necessitano di un eventuale **smaltimento geologico profondo** . La revisione ARTEMIS dell'AIEA rileva che il Programma Nazionale Italiano del 2019 non conteneva un piano di smaltimento geologico ben definito. Una bozza di aggiornamento del 2023 introduce una duplice strategia – mantenendo sia una possibile soluzione di deposito nazionale sia una possibile soluzione regionale/internazionale – ma non era stata formalmente approvata al momento della revisione. Il team ARTEMIS ha esplicitamente raccomandato che entrambe le soluzioni proseguano in parallelo fino a quando l'Italia non prenderà una decisione.

Di conseguenza, la carenza centrale del back-end non è semplicemente:

“L’Italia non ha ancora costruito il Repository Nazionale.”

È più ampio:

L'Italia non ha ancora implementato il deposito di superficie, non ha ancora restituito tutti i residui di ritrattamento provenienti dall'estero, non ha completato lo smantellamento degli impianti preesistenti e non ha ancora definito una soluzione di smaltimento geologico definitivo per i suoi materiali ad alta attività e a lunga vita.

Tale distinzione è direttamente rilevante per le nuove costruzioni.

Storicamente, l'Italia ha prodotto circa **1.864 tonnellate di combustibile irradiato** proveniente dai reattori di Caorso, Garigliano, Latina e Trino, misurate in base alla massa di metalli pesanti prima dell'irradiazione. Circa il **99%** è stato trasferito all'estero per il riprocessamento. Circa 913 tonnellate sono state gestite nell'ambito di contratti stipulati durante l'era ENEL; circa 951 tonnellate rientrano in accordi successivi che coinvolgono la francese ORANO e la britannica NDA. Di quest'ultimo quantitativo, circa 938 tonnellate sono già state trasferite attraverso 125 spedizioni, mentre circa 13 tonnellate relative al programma Trino/Garigliano devono ancora essere rimosse dall'Italia.

L'invio di carburante all'estero non ha comportato l'esternalizzazione della responsabilità ultima dell'Italia.

I contratti di ritrattamento prevedono la restituzione dei residui condizionati.

La Francia attualmente detiene circa:

- **15,4 m^3 di residui vetrificati ad alto livello** ;
- **47,6 m^3 di residui metallici compattati** .

Nel Regno Unito, un accordo di sostituzione concluso nel 2017 ha rimpiazzato volumi maggiori di rifiuti di riprocessamento a bassa e media attività con una quantità minore, radiologicamente equivalente, di rifiuti vetrificati ad alta attività; l'inventario stimato nel Regno Unito è ora di circa **20 m^3** .

Questi obblighi non sono teorici. Il **24 settembre 2026** , due giorni prima della scadenza per la stesura di questo rapporto, Sogin ha assegnato alla tedesca GNS un contratto del valore di circa **32 milioni di euro per cinque contenitori CASTOR HAW28M,** destinati specificamente al programma di ritrattamento dei residui provenienti da La Hague e Sellafield. Ogni contenitore è alto circa cinque metri, ha un diametro di 2,5 metri e pesa circa 115 tonnellate.

Anche l'esposizione fiscale è considerevole. Una risposta ufficiale alla Camera dei Deputati del **12 febbraio 2025** riportava che Sogin aveva speso **1,3942 miliardi di euro dal 1999** per il ritrattamento, il trasporto, la gestione e lo stoccaggio di carburante in Francia e nel Regno Unito. Gli attuali contratti di gestione e stoccaggio all'estero ammontavano a circa **5 milioni di euro all'anno** . La stessa risposta parlamentare

chiariva che una cifra separata di 235,5 milioni di euro, presente in una tabella della Corte dei Conti, rappresentava impegni contrattuali futuri e non una spesa annuale.

Per le nuove costruzioni, il principio finanziario è diverso dal regime preesistente. Dal 2023, i costi del programma nucleare storico italiano sono finanziati tramite il **bilancio statale** anziché direttamente attraverso le tariffe applicate agli utenti di energia elettrica, mentre l'ARERA continua a determinare i costi nucleari ammissibili utilizzando criteri di efficienza economica.

La delega nucleare del 2026 richiede invece che il futuro quadro normativo imponga **adeguate garanzie finanziarie a carico del gestore autorizzato** , includendo potenzialmente uno o più fondi dedicati a copertura del ciclo di vita, dello smantellamento, dei rifiuti radioattivi e della gestione del combustibile esaurito. L'ammontare definitivo del prelievo, la struttura del fondo e la ripartizione tra gestore del reattore, deposito, smaltimento geologico e Stato non sono ancora stati definiti per legge.

Lo Stato dovrebbe pertanto respingere una delle affermazioni più ricorrenti nel dibattito politico: che i reattori modulari di piccole dimensioni "risolvano il problema dei rifiuti".

Non lo fanno.

(SMR) raffreddati ad acqua possono utilizzare combustibili per reattori ad acqua leggera (LWR) già consolidati e produrre flussi di rifiuti familiari, il che può semplificare la fase di smantellamento. Altri progetti introducono **combustibili HALEU/TRISO, grafite, combustibili metallici per reattori veloci, sistemi al sodio, sistemi al piombo o requisiti specifici per il ciclo del combustibile MOX** . La stessa IAEA afferma che gli SMR possono generare flussi di rifiuti diversi da quelli dei reattori convenzionali e che l'esperienza operativa internazionale attuale con i relativi rifiuti, il combustibile esaurito e lo smantellamento rimane limitata.

Il principio corretto è quindi:

SMR non significa assenza di rifiuti, assenza di depositi o assenza di smaltimento geologico. Le conseguenze dei rifiuti devono essere valutate reattore per reattore e ciclo del combustibile per ciclo del combustibile.

Questo capitolo implementa l'analisi completa del ciclo dei rifiuti richiesta dal mandato del programma.

6.2 “I rifiuti radioattivi” non sono un materiale

Il termine *scorie nucleari* è politicamente comune ma tecnicamente inadeguato.

La legge italiana distingue diverse categorie di rifiuti in quanto i livelli di radioattività, l'emivita dei radionuclidi, la produzione di calore e i requisiti di smaltimento differiscono sostanzialmente.

L'attuale classificazione deriva dal **Decreto Interministeriale del 7 agosto 2015** .

Categorie di rifiuti radioattivi in Italia

Categoria	Caratteristiche principali	Percorso di gestione tipico
VSLW — Rifiuti a vita molto breve	Radionuclidi prevalentemente con emivita inferiore a 100 giorni; possono decadere fino a raggiungere livelli di eliminazione entro circa cinque anni.	Stoccaggio per la decomposizione seguito da gestione convenzionale una volta ottenuta l'autorizzazione normativa.
VLLW — Rifiuti a bassissima attività	Attività generalmente ≤100 Bq/g, con contributo alfa ≤10 Bq/g secondo la classificazione attuale	Smaltimento ingegnerizzato in superficie o in prossimità della superficie laddove non si raggiunge lo spazio libero
LLW — Rifiuti a bassa attività	Radionuclidi a vita breve ≤5 MBq/g; Ni-59/Ni-63 ≤40 kBq/g; radionuclidi a vita lunga ≤400 Bq/g	Smaltimento di superfici/vicine alla superficie tramite tecniche ingegneristiche
ILW — Rifiuti di livello intermedio	Al di sopra delle soglie di concentrazione di LLW ma senza un significativo fabbisogno di produzione di calore	Alcuni rifiuti a vita limitata possono soddisfare i criteri di radioprotezione per lo smaltimento in superficie; i rifiuti a vita lunga/incompatibili richiedono lo smaltimento geologico.
HLW — Rifiuti ad alta attività	Attività molto elevata, significativa generazione di calore e/o alte concentrazioni di radionuclidi a lunga emivita.	smaltimento geologico profondo
combustibile nucleare esaurito	Combustibile da reattore irradiato; può essere trattato come materiale da riprocessare/riutilizzare o destinato allo smaltimento diretto.	Stoccaggio temporaneo a umido/a secco → ritrattamento o smaltimento geologico profondo

Questa classificazione ha conseguenze dirette sulle infrastrutture.

Un deposito progettato per rifiuti a bassa attività non è automaticamente adatto per rifiuti ad alta attività.

Un deposito temporaneo non è un impianto di smaltimento.

Un contenitore per il trasporto non è un deposito geologico.

Un imballaggio di residui vetrificati non viene "smaltito" semplicemente perché è stato condizionato in una forma di rifiuto stabile.

6.3 Il combustibile esaurito e i rifiuti altamente attivi sono categorie giuridiche correlate ma non identiche

Questa distinzione è particolarmente importante quando si confronta il programma storico italiano con una flotta futura.

Il combustibile esaurito è il combustibile rimosso da un reattore dopo l'irradiazione.

Può seguire due percorsi principali.

ciclo a combustibile aperto

Reattore → piscina del combustibile esaurito → deposito a secco → smaltimento geologico.

In questo modello, il combustibile esaurito diventa infine la forma di rifiuto che richiede l'isolamento geologico.

Riprocessamento / ciclo del combustibile chiuso o parzialmente chiuso

Reattore → raffreddamento → riprocessamento → recupero di uranio/plutonio → fabbricazione/riutilizzo ove applicabile → residui di riprocessamento ad alta attività condizionati → smaltimento geologico.

Il ritrattamento modifica quindi la composizione e la forma fisica del rifiuto finale.

Ciò **non** elimina l'obbligo di smaltimento.

La stessa Sogin spiega che il ritrattamento separa l'uranio e il plutonio dai prodotti di fissione e da altri residui e che i residui condizionati devono infine essere restituiti all'Italia.

Per la contabilità pubblica, l'equazione corretta del ciclo di vita è quindi:

gestione del combustibile esaurito ≠ scomparsa del combustibile esaurito

E

Riprocessamento ≠ smaltimento finale.

6.4 Scorte di combustibile irradiato ereditate dall'Italia

Le quattro centrali elettriche commerciali italiane hanno generato circa **1.864 tonnellate** di combustibile irradiato, misurato come massa di metalli pesanti prima dell'irradiazione.

Ex centrale nucleare	Inventario approssimativo del combustibile irradiato
Lato	1.425,5 t
Caorso	190,4 t
Trino	137 t
Garigliano	111 t
Totale	**~1.864 t**

Latina domina la classifica storica grazie alle caratteristiche del combustibile del reattore Magnox e alla sua lunga storia operativa.

La quantità espressa in tonnellate non deve essere confrontata direttamente con il volume, di gran lunga inferiore, in metri cubi dei residui ad alta attività condizionati.

Il volume fisico cambia radicalmente durante:

- smantellamento degli elementi combustibili;
- dissoluzione;
- separazione;
- compattazione;
- vetrificazione.

Il significato radiologico non scompare solo perché i rifiuti condizionati occupano meno spazio.

6.5 Circa il 99% ha lasciato l'Italia per essere riprocessato, ma ciò non chiude la responsabilità

Sogin riferisce che circa **il 99% del combustibile irradiato proveniente dalle quattro ex centrali elettriche** è stato spedito all'estero.

Le destinazioni principali erano:

- Eurochemic in Belgio;
- Sellafield nel Regno Unito;
- L'Aia, in Francia.

Le quantità storiche si suddividono in linea generale in due generazioni contrattuali.

Contratti precedenti

Circa **913 tonnellate** sono state riprocessate nell'ambito di contratti conclusi prima che Sogin ereditasse il programma.

I materiali nucleari recuperati nell'ambito di tali contratti sono stati smaltiti o trasferiti secondo le disposizioni pertinenti.

Programma contrattuale era Sogin/attuale

Circa **951 tonnellate** sono associate ai successivi accordi ORANO/NDA.

Circa **938 tonnellate** erano state trasferite all'estero tramite circa 125 trasporti.

I trasferimenti includevano all'incirca:

- 716 tonnellate principalmente associate a Sellafield;
- 190 tonnellate da Caorso a La Hague;
- Materiale aggiuntivo di Trino/Avogadro per La Hague.

Per completare il programma, rimanevano circa **13 tonnellate di carburante associate agli impianti Trino e Garigliano.**

La quantità rimanente è esigua rispetto all'inventario originale, ma strategicamente importante perché il completamento della rimozione del combustibile è un prerequisito per la chiusura di diverse sequenze di smantellamento di siti preesistenti.

6.6 Il combustibile di Elk River dell'ITREC rappresenta un problema ereditario diverso

L'eredità residua del ciclo del combustibile non si limita alle quattro ex stazioni di servizio commerciali.

La struttura ITREC di Rotondella contiene **64 elementi combustibili del fiume Elk** , insieme al materiale associato proveniente dallo storico programma di ricerca.

Anziché spedire questo materiale attraverso il tradizionale percorso di riprocessamento all'estero, l'attuale programma di Sogin prevede lo **stoccaggio a secco in contenitori specializzati** , in attesa del successivo trasferimento al deposito temporaneo del National Repository.

Il **25 giugno 2026** , Sogin ha avviato le operazioni necessarie per reincapsulare i 64 elementi e trasferirli in due contenitori per lo stoccaggio a secco già presenti presso l'ITREC.

Il significato è importante:

L'Italia conserverà **materiale combustibile esaurito che richiede una gestione a lungo termine** anche dopo la conclusione del programma commerciale di esportazione di combustibile dai reattori nucleari.

Pertanto, l'affermazione "tutto il combustibile esaurito italiano è stato riprocessato all'estero" sarebbe fattualmente errata.

6.7 Rilavorazione all'estero: cosa ha effettivamente acquistato l'Italia

Il ritrattamento all'estero ha apportato all'Italia diversi vantaggi.

Esso:

- ha rimosso il combustibile irradiato dai vecchi depositi di stoccaggio domestici;
- Uranio e plutonio separati e riutilizzabili;
- ha convertito residui liquidi altamente attivi in forme condizionate più stabili;
- ha ridotto il volume del materiale da restituire;
- ha permesso di procedere con lo smantellamento in siti che altrimenti avrebbero trattenuto il combustibile.

Ma l'Italia ha acquistato **il trattamento e la gestione estera ad interim** , non la dismissione definitiva.

La responsabilità finale per attività ad alto rischio è rimasta italiana.

Questa distinzione è sancita sia dagli obblighi contrattuali di restituzione sia dalla legislazione UE in materia di rifiuti radioattivi.

6.8 Inventario dei residui francesi

In base agli accordi vigenti con ORANO, Sogin riferisce che la Francia detiene:

Materiale	Volume approssimativo
Residui vetrificati ad alto livello	**15,4 m^3**
Residui metallici compattati	**47,6 m^3**

Il materiale vetrificato viene stoccato in strutture dotate di ventilazione forzata per dissipare il calore di decadimento.

I residui metallici compattati vengono conservati in appositi depositi temporanei.

Si tratta di volumi altamente condizionati.

Non si dovrebbero confrontare direttamente con le centinaia di tonnellate di combustibile originali per dedurre che la radioattività sia stata ridotta nella stessa percentuale del volume.

La vetrificazione **concentra e immobilizza** il materiale radioattivo in una matrice resistente.

Il suo scopo è la manipolazione, lo stoccaggio, il trasporto e l'eventuale smaltimento in sicurezza.

6.9 Inventario dei residui nel Regno Unito e accordo di sostituzione

Il programma del Regno Unito ha seguito un percorso significativamente diverso.

Le attività di riprocessamento originarie hanno generato diverse categorie di residui.

Su incarico del governo italiano, Sogin ha negoziato un **accordo di sostituzione/minimizzazione** con l'Autorità britannica per lo smantellamento nucleare.

L'accordo è stato concluso il **17 luglio 2017** .

Anziché restituire un volume maggiore di residui di basso e medio livello, il Regno Unito restituisce un volume minore di **rifiuti ad alto livello vetrificati e radiologicamente equivalenti** .

Si stima che l'inventario risultante nel Regno Unito ammonti a circa **20 m^3 di scorie radioattive vetrificate** .

Questa soluzione presenta evidenti vantaggi logistici:

- minore volume di resi fisici;
- meno pacchi;

- meno trasporti;
- Operazioni di cancellazione più semplici.

Ma la sostituzione non deve essere erroneamente interpretata come eliminazione degli sprechi.

Il rischio radiologico è stato **concentrato in un numero minore di pacchetti ad alta attività** .

6.10 L'obbligo di restituzione dei residui è attivo

Una delle prove più consistenti dell'intero capitolo è stata raccolta appena due giorni prima della scadenza per la presentazione del rapporto.

Il **24 settembre 2026** , Sogin ha annunciato l'assegnazione di un contratto alla tedesca **GNS** per cinque contenitori per rifiuti ad alta attività **CASTOR HAW28M .**

Valore del contratto:

circa 32 milioni di euro.

Ogni botte ha una capacità approssimativa di:

- 5 metri di altezza;
- 2,5 m di diametro;
- Massa di 115 tonnellate.

Sogin dichiara esplicitamente che l'approvvigionamento rientra nel programma di restituzione dei residui prodotti dal ritrattamento del combustibile italiano a **La Hague e Sellafield** .

Questo appalto riveste un'importanza strategica.

L'obbligo di restituzione non è un concetto astratto relegato in trattati storici.

L'Italia sta acquistando le attrezzature fisiche necessarie per realizzarlo.

6.11 L'orizzonte temporale del ritorno al 2025 mancato

accordo intergovernativo di Lucca tra Italia e Francia del 24 novembre 2006 stabiliva originariamente una sequenza di azioni che culminava nel **31 dicembre 2025** per il completamento del rientro in Italia dei rifiuti prodotti dagli impianti di ritrattamento francesi. I verbali parlamentari documentano ripetutamente tale scadenza.

Tale scadenza non ha potuto essere rispettata come inizialmente previsto perché l'Italia non disponeva dell'infrastruttura di archiviazione di alto livello/archivio nazionale previsto.

Un verbale della commissione del Senato del luglio 2026 afferma che il governo aveva rinnovato l'accordo con la Francia e che il periodo di stoccaggio francese avrebbe potuto estendersi fino al **2040.** La stessa affermazione è stata ripetuta nella documentazione allegata agli atti della seduta del Senato del 23 settembre 2026.

La presente relazione considera l'orizzonte temporale del 2040 con un'importante precisazione probatoria:

È documentato negli atti parlamentari, ma il relativo strumento bilaterale rivisto non è stato reperito autonomamente nella documentazione primaria del trattato governativo utilizzata per questo capitolo.

Perciò:

- L'esistenza di un accordo rivisto/ritardato sul ritorno della Francia è ben supportata dagli atti parlamentari;
- **Il 2040 non dovrebbe essere considerato una scadenza contrattuale incondizionata a meno che l'accordo sottostante non venga prodotto e analizzato.**

Questo è lo standard probatorio appropriato richiesto dalle autorità governative.

6.12 Lo stoccaggio all'estero comporta già costi fiscali misurabili

La risposta ufficiale del Parlamento del **12 febbraio 2025** è particolarmente utile perché distingue diverse cifre che vengono spesso confuse nel dibattito pubblico.

Sogin ha riferito:

circa 5 milioni di euro all'anno per i contratti di gestione e stoccaggio all'estero allora in vigore.

Ha inoltre riportato le spese cumulative dal 1999 pari a:

1.394,2 milioni di euro

per:

- rielaborazione;
- trasporto;
- gestione;
- magazzinaggio

di carburante in Francia e nel Regno Unito.

La stessa risposta ufficiale spiega che la cifra di **235,5 milioni di euro** presente in una tabella della Corte dei Conti non rappresentava una spesa annuale corrente, bensì impegni contrattuali futuri già assunti.

Questa distinzione è importante perché coesistono diversi costi differenti:

1. costi storici di rielaborazione;
2. trasporto di carburante;
3. condizionamento dei residui;
4. deposito all'estero;
5. trasporto di ritorno futuro;
6. botti di ritorno;
7. Deposito temporaneo in Italia;
8. eventuale smaltimento geologico.

Nessun singolo dato è in grado di quantificare appieno la responsabilità a livello di back-end.

6.13 Il ritardo ha un meccanismo di costi ricorrenti

Ogni anno in cui l'infrastruttura di stoccaggio italiana prevista non è disponibile può generare ulteriori:

- costi di magazzinaggio all'estero;
- costi di gestione dei contratti;
- Riprogrammazione delle botti e del trasporto;
- costi di sicurezza e normativi;
- spese di gestione del progetto.

Ciò non significa che ogni anno di ritardo del National Repository costi esattamente 5 milioni di euro.

La cifra di 5 milioni di euro si riferisce a specifici contratti di gestione/stoccaggio all'estero, stipulati in un determinato momento.

Ma la direzione dell'effetto fiscale è chiara:

Il ritardo nella restituzione dei beni non congela la passività; tende piuttosto a trasferire parte della passività nelle spese di gestione provvisoria in corso.

Per questo motivo, le infrastrutture per la gestione dei rifiuti dovrebbero essere considerate un programma di investimenti nazionali, piuttosto che un semplice obbligo ambientale.

6.14 Il National Repository: cos'è realmente

Il previsto **Deposito Nazionale e Parco Tecnologico — DNPT** è un **impianto di superficie** .

Le sue funzioni principali sono:

smaltimento definitivo

Circa **84.000 m^3** di:

- VLLW;
- LLW.

Deposito temporaneo

Circa **14.000 m^3** di:

- ILW;
- Rifiuti altamente pericolosi;
- altro materiale in attesa di una futura destinazione finale.

Area di pianificazione totale attuale:

circa 98.000 m^3.

L'infrastruttura è inoltre progettata per accogliere i rifiuti prodotti per circa **40 anni dopo la sua entrata in funzione** , compresi i rifiuti medici, industriali e di ricerca in continua evoluzione.

Questo orizzonte di pianificazione è importante.

Il progetto attuale è stato sviluppato tenendo conto del programma di sviluppo pregresso dell'Italia **e dei continui utilizzi non energetici** .

Non si può automaticamente presumere che abbia una capacità sufficiente per una flotta di nuovi reattori da 8-16 GW che si estenda fino alla seconda metà del secolo.

Tale inventario deve essere ricalcolato.

6.15 Il National Repository non è un deposito geologico profondo

Questo punto dovrebbe essere esplicitamente menzionato in ogni briefing governativo.

Il National Repository ha lo scopo di fornire:

Smaltimento finale per rifiuti idonei a bassa attività

più

Stoccaggio temporaneo per materiali ad alta attività e di lunga durata.

Non è il deposito definitivo per tutte le scorie nucleari italiane.

Sogin stesso afferma che il materiale di livello intermedio e alto temporaneamente conservato presso il Deposito Nazionale deve essere successivamente trasferito in **un deposito geologico profondo** .

La revisione ARTEMIS dell'AIEA giunge alla stessa conclusione a livello di politica nazionale.

Pertanto la frase:

“Una volta costruito il Deposito Nazionale, il problema delle scorie nucleari in Italia sarà risolto”.

è tecnicamente falso.

Una formulazione più accurata è:

Il Deposito Nazionale risolverebbe il problema dello smaltimento centralizzato in superficie dei rifiuti a bassa attività e fornirebbe una soluzione nazionale di stoccaggio temporaneo per i materiali ad alta attività, in attesa che l'Italia sviluppi un percorso di smaltimento geologico.

6.16 Il volume attuale del deposito: 98.000 m^3 non è lo stesso dell'inventario odierno.

Il valore di **98.000 m^3** rappresenta un intervallo di previsione.

Combina:

- rifiuti già esistenti;
- Si prevede la produzione di ulteriori rifiuti a seguito del proseguimento delle attività di smantellamento;
- rifiuti generati dalla medicina, dall'industria e dalla ricerca;
- Si prevede la produzione di nuovi rifiuti nell'arco temporale di pianificazione del deposito.

Non si dovrebbe descrivere la situazione come quella di 98.000 m^3 di rifiuti già presenti oggi in depositi temporanei.

L'inventario Sogin più recente, categoria per categoria, completamente verificato nelle prove utilizzate per questo capitolo, è quello del **31 dicembre 2024** .

Sogin ha segnalato circa **15.892 m^3** di rifiuti radioattivi nel suo inventario gestito, comprendente sia imballaggi finali condizionati che materiale che necessita ancora di trattamento/condizionamento. La composizione segnalata era approssimativamente la seguente:

Categoria	Inventario Sogin al 31 dicembre 2024
VSLW	~10 m^3
VLLW	~10.079 m^3
LLW	~3.526 m^3
ILW	~2.250 m^3
Rifiuti radioattivi ad alta attività (HLW) rilevati nei siti di Sogin	0 m^3
Totale	~15.892 m^3

Del totale, approssimativamente:

- **4.473 m^3** di prodotti condizionati/finali;
- **11.419 m^3** necessitavano ancora di trattamento o condizionamento.

[G]

Il fatto che in questo specifico inventario fisico sia stato segnalato un quantitativo pari a zero di rifiuti altamente radioattivi **non** significa che l'Italia non abbia alcuna responsabilità in materia di rifiuti altamente radioattivi.

I principali residui di riprocessamento di alto livello condizionati rimangono fisicamente all'estero.

Ecco perché il programma di rimpatrio dall'estero è importante.

6.17 Il volume aumenterà con il progredire dello smantellamento

Il volume dei rifiuti radioattivi non è statico.

Lo smantellamento di un reattore o di un impianto del ciclo del combustibile crea nuovi flussi di materiali.

Alcuni diventano:

- rifiuti radioattivi;
- rifiuti convenzionali dopo lo smaltimento;
- metallo riciclabile dopo rilascio radioattivo.

Il sistema di gestione di Sogin si distingue pertanto per:

rifiuti già condizionati

da

rifiuti che necessitano di trattamento/condizionamento

e da

Materiale futuro previsto durante lo smantellamento .

Sogin utilizza il suo sistema informativo AIGOR specificamente per mantenere aggiornate le stime del ciclo di vita dei volumi finali futuri e della relativa radioattività.

Ecco perché il volume di archiviazione attuale non è una misura adeguata dei requisiti di repository.

6.18 Siti nucleari Sogin esistenti

L'attuale perimetro di gestione fisica di Sogin comprende l'ex programma nucleare commerciale e le principali strutture di ricerca e del ciclo del combustibile.

Ex centrali elettriche commerciali

- **Trino**
- **Caorso**
- **Lato**
- **Garigliano**

Impianti per il ciclo del combustibile / di ricerca

- **EUREX — Saluggia**
- **FN — Bosco Marengo**
- **IPU e OPEC — Casa Cila**
- **ITREC — Rotondella**

Responsabilità aggiuntive

- Reattore di ricerca **Ispra-1 ;**
- rifiuti derivanti dallo smantellamento del reattore di ricerca navale **RTS-1 Galileo Galilei** presso il CISAM;
- Rimpatrio di materiale nucleare fissile speciale dal convertitore **EURACOS presso l'Università di Pavia.**

Si tratta di un'architettura di archiviazione temporanea distribuita geograficamente.

Fino all'esistenza del Deposito Nazionale, i rifiuti rimarranno distribuiti in molteplici siti che non sono mai stati concepiti per fungere da sistema di smaltimento nazionale permanente in Italia.

6.19 I punti di stoccaggio temporanei sono necessari ma non rappresentano lo stato finale nazionale auspicato

Sogin stocca in modo sicuro i rifiuti, sia trattati che non trattati, in impianti di stoccaggio temporaneo autorizzati presso i suoi siti.

Alcuni esempi includono:

- circa **2.484 m^3 a Latina** al 31 dicembre 2024;
- circa **1.665 m^3 a Trino** ;
- circa **2.710 m^3 presso EUREX Saluggia** .

Questo modello di archiviazione distribuita consente di proseguire con le attività di smantellamento.

Ma presenta degli svantaggi strutturali:

- molteplici perimetri di sicurezza;
- molteplici strutture per anziani;
- monitoraggio duplicato;
- persistono vincoli radiologici sui siti;
- impossibilità di ottenere il rilascio completo del sito;
- costi di manutenzione continua.

Sogin definisce la condizione finale **di "greenfield"** come il punto in cui i rifiuti radioattivi sono stati rimossi e i depositi temporanei possono essere smantellati.

Il National Repository non è quindi semplicemente un altro deposito.

Si tratta dell'infrastruttura che permette a diversi siti di smantellamento di cessare definitivamente di essere siti nucleari.

6.20 La disattivazione è completa al 47,7%, ma il repository rimane una dipendenza di sistema

Secondo i bilanci 2025 approvati da Sogin, al 31 dicembre 2025 il programma nazionale di smantellamento aveva raggiunto **il 47,7% del completamento** .

Tale misura comprende:

- smantellamento;
- gestione del combustibile irradiato;
- attività di manutenzione sicura.

Il management di Sogin ha confermato l'intervallo 47,7-48% anche nei mesi di aprile e giugno 2026.

Questo dato è significativamente più informativo rispetto alle percentuali inferiori talvolta citate per il solo smantellamento fisico.

Ma ciò dimostra anche la dipendenza dal sistema centrale:

Lo smantellamento può procedere senza il National Repository,

Il rilascio completo del sito generalmente non è possibile.

I pacchi di rifiuti possono essere trattati e condizionati, ma necessitano comunque di una destinazione finale autorizzata.

6.21 CNAI: 51 aree candidate, non 51 siti selezionati

In data **13 dicembre 2023 il MASE ha pubblicato,** previo parere tecnico dell'ISIN, la proposta di **Carta Nazionale delle Aree Idonee — CNAI .**

L'elenco contiene **51 aree** . La loro distribuzione è la seguente:

Territorio	Numero di aree CNAI
Basilicata	10
Aree transfrontaliere Basilicata/Puglia	4
Lazio, tutto in provincia di Viterbo	21
Piemonte-provincia di Alessandria	5
Puglia	1
Sardegna	8
Sicilia	2
Totale	51

La concentrazione di popolazione nella provincia di Viterbo è politicamente significativa:

21 delle 51 aree, ovvero oltre il 40% dell'intero elenco nazionale proposto, si trovano in quella singola provincia.

Ma l'inclusione nel CNAI significa:

tecnicamente identificato come potenzialmente/idoneo ad essere esaminato secondo i criteri applicati.

Non **significa** :

Sito del repository approvato.

6.22 Nessun comune si è offerto volontario

Il processo legale successivo al 2023 ha consentito **autocandidature non vincolanti** da parte delle autorità territoriali e, ove pertinente, dei siti militari.

Il termine ultimo è scaduto il **12 marzo 2024** .

Sogin afferma esplicitamente:

Non sono state registrate autocandidature.

Questo è uno dei fatti politici più importanti nell'attuale programma di gestione dei rifiuti.

Il meccanismo volontario non ha generato un ospite disposto.

Il procedimento è quindi passato al ramo legislativo successivo:

Valutazione ambientale strategica della proposta CNAI.

Ciò non rende legalmente impossibile la creazione del deposito.

Ciò accresce in modo sostanziale l'importanza della negoziazione, del risarcimento e della legittimità territoriale.

6.23 Il processo della CNAI rimane attivo a settembre 2026

Il processo di valutazione ambientale strategica non è una formalità.

Dopo SEA:

1. Sogin aggiorna la proposta del CNAI;
2. La classifica di idoneità relativa viene aggiornata;
3. ISIN esprime il suo parere;
4. MASE, in accordo con il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, approva la CNAI;
5. Segue una fase di negoziazione con le Regioni e le autorità locali;
6. Vengono raccolte le manifestazioni di interesse;

7. La sede ospitante definitiva deve essere individuata attraverso la procedura prevista dalla legge.

Pertanto, in Italia esiste ancora un **processo di individuazione dei siti per i depositi** , non un sito specifico per i depositi.

6.24 L'opposizione di Viterbo/Toscia resta tecnicamente organizzata

L'opposizione territoriale non si limita più alle dichiarazioni politiche.

Il **22 settembre 2026** , la Provincia di Viterbo ha convocato sia il Consiglio provinciale che l'Assemblea dei sindaci specificamente per esaminare **le osservazioni integrative alla proposta della CNAI nell'ambito del processo di Valutazione ambientale strategica (VAS)** , sulla base del lavoro di un gruppo di esperti incaricato dalla Provincia.

Ciò è significativo per due motivi.

Innanzitutto, il territorio comprendente 21 aree candidate ha organizzato una sfida tecnico-amministrativa anziché affidarsi esclusivamente al rifiuto politico.

In secondo luogo, poiché l'intervento avviene nell'ambito del processo di Valutazione Ambientale Strategica (VAS), entra a far parte della documentazione amministrativa formale.

Lo Stato non può quindi ragionevolmente pianificare l'ubicazione dei depositi partendo dal presupposto che l'ampio bacino di candidati a Viterbo implichi automaticamente una maggiore probabilità di accettazione a livello locale.

6.25 Obiettivo del repository: il 2039 è un obiettivo dell'operatore, non una data di completamento autorizzata.

Durante la sua testimonianza davanti alla Commissione Ambiente del Senato il **30 giugno 2026** , l'amministratore delegato di Sogin, Gian Luca Artizzu, ha confermato **il 2039** come anno obiettivo per la realizzazione del Deposito Nazionale.

Sogin ha dichiarato di star cercando di parallelizzare le attività del progetto in modo che i ritardi nel processo di Valutazione Ambientale Strategica (VAS) possano essere parzialmente assorbiti.

La data deve essere classificata come:

obiettivo del programma dell'operatore

non:

termine di completamento previsto dalla legge

e non:

programma di costruzione autorizzato.

Al momento del limite:

- CNAI definitivo non approvato;
- Sito non selezionato;
- La caratterizzazione dettagliata del sito non è stata completata;
- autorizzazione non concessa;
- I lavori di costruzione non sono ancora iniziati.

Il raggiungimento dell'obiettivo entro il 2039 dipende pertanto dal completamento con successo di tutte queste fasi.

6.26 L'intervento di ARERA del 2026 dimostra che il finanziamento dei progetti di gestione dei rifiuti è sottoposto a verifiche approfondite.

Nel 2026 ARERA ha temporaneamente sospeso gli anticipi relativi alle attività del Deposito Nazionale in attesa del completamento della documentazione di pianificazione necessaria.

Il **7 agosto 2026** , Sogin ha annunciato che la Risoluzione ARERA 317/2026 aveva ripristinato gli anticipi precedentemente sospesi, una volta completata la documentazione.

Questo episodio è importante perché dimostra che il finanziamento dei repository non è un trasferimento illimitato a Sogin.

ARERA continua a esaminare:

- pianificazione;
- efficienza;
- costi ammissibili;
- documentazione.

La stessa disciplina dovrebbe essere applicata a qualsiasi fondo per la dismissione e lo smaltimento dei rifiuti di nuove costruzioni.

6.27 Il deposito geologico mancante rappresenta la lacuna più ampia a lungo termine

Il dibattito italiano sui depositi di superficie per lo sterminio dei rifiuti riceve la maggiore attenzione pubblica perché rappresenta la controversia più immediata in merito alla scelta del sito.

Il problema tecnico a lungo termine è più profondo.

La revisione ARTEMIS dell'AIEA descrive la politica italiana come segue:

- Smaltimento in superficie di rifiuti a bassissima e bassa attività;
- deposito temporaneo centralizzato per rifiuti a basso e alto contenuto di scorie radioattive/combustibile esaurito;
- Lo smaltimento geologico come soluzione definitiva per i materiali a lunga durata.

Ma il percorso geologico definitivo non è stato ancora scelto.

Il Programma Nazionale del 2019 non conteneva un piano di smaltimento geologico sufficientemente sviluppato.

La bozza del programma 2023 prende in considerazione:

smaltimento dei rifiuti nazionali

E

smaltimento geologico regionale/internazionale.

La revisione dell'AIEA ha raccomandato di mantenere i progressi su entrambe le opzioni fino a quando non verrà presa una decisione.

Ciò significa che l'Italia attualmente ha:

una destinazione provvisoria pianificata

ma non ancora

una destinazione finale implementata

per i materiali più esigenti.

6.28 Lo stoccaggio temporaneo per 50-100 anni non equivale allo smaltimento

La revisione ARTEMIS descrive la politica italiana per lo stoccaggio temporaneo consolidato di scorie radioattive di basso e alto potenziale e combustibile esaurito, con una durata prevista fino a **50 anni** , potenzialmente estendibile fino a **100 anni** .

Potrebbe essere del tutto sicuro se progettato e regolamentato correttamente.

Ma resta comunque **un sistema di archiviazione** .

L'archiviazione presuppone:

- mantenimento del controllo istituzionale;
- manutenzione;
- sorveglianza;
- sicurezza;
- recuperabilità;
- eventuale rimozione.

Lo smaltimento geologico è progettato per garantire una transizione verso una sicurezza passiva a lungo termine dopo la chiusura.

La differenza, quindi, non è semantica.

Si tratta di una differenza nel **requisito di controllo intergenerazionale** .

6.29 Non si può presumere che un deposito geologico internazionale appaia

La possibilità di istituire un deposito geologico regionale o internazionale riveste un'importanza strategica per un paese con un inventario relativamente ridotto di rifiuti radioattivi ad alta attività pregressi.

Potrebbe:

- costo del capitale sociale;
- condividere le infrastrutture scientifiche;
- ridurre le duplicazioni;
- fornire economie di scala.

Ma l'Italia non dovrebbe impostare il suo programma interno partendo dal presupposto che un altro Stato finirà per accettare i suoi rifiuti a lunga durata.

Un archivio regionale richiederebbe:

- consenso politico dello stato ospitante;
- legislazione nazionale compatibile;
- trattato bilaterale/multilaterale;
- Conformità alle normative Euratom;
- disposizioni per il trasporto;
- ripartizione delle responsabilità;
- salvaguardie;
- accettazione da parte della comunità ospitante.

Fino a quando non verrà raggiunto un accordo di questo tipo, **la capacità nazionale deve rimanere l'opzione di pianificazione di ripiego** .

Ciò è in linea con la raccomandazione di ARTEMIS di perseguire entrambi i percorsi contemporaneamente.

6.30 La normativa UE impedisce all'Italia di considerare il trattamento dei dati all'estero come una via di fuga dalle proprie responsabilità.

La direttiva **2011/70/Euratom del Consiglio** richiede che i programmi nazionali coprano il combustibile esaurito e i rifiuti radioattivi dalla produzione allo smaltimento e che siano disponibili risorse finanziarie adeguate quando necessario.

L'articolo 9 richiede espressamente agli Stati membri di garantire la disponibilità di risorse finanziarie, tenendo debitamente conto della responsabilità dei produttori.

La direttiva sancisce inoltre il principio secondo cui lo Stato membro di origine conserva la responsabilità del proprio combustibile esaurito e dei rifiuti radioattivi anche quando il materiale viene esportato per il trattamento o il ritrattamento, fatte salve le norme della direttiva in materia di accordi sullo smaltimento.

L'esperienza storica italiana ne dimostra il significato pratico.

Il carburante è stato spedito all'estero.

La responsabilità è stata ripristinata.

6.31 Il nuovo quadro 2026 adotta esplicitamente la responsabilità del ciclo di vita

La legge attuativa è più incisiva su questo tema rispetto a quanto lo sarebbe una legge restrittiva in materia di edilizia.

L'articolo 2 richiede esplicitamente una futura regolamentazione che riguardi:

- deposito temporaneo di rifiuti radioattivi;
- deposito temporaneo del combustibile esaurito;
- Smaltimento finale dei rifiuti radioattivi;
- Smaltimento finale del combustibile esaurito laddove non sia riprocessabile, riciclabile o riutilizzabile;
- fabbricazione di combustibili;
- rielaborazione;
- smantellamento.

L'articolo 3 richiede **adeguate garanzie finanziarie a carico del gestore** , eventualmente tramite uno o più fondi, che coprano l'intero ciclo di vita e i costi ad esso associati:

- disattivazione dell'impianto;
- gestione dei rifiuti radioattivi;
- gestione del combustibile esaurito;
- smantellamento finale.

Questo è il principio legislativo corretto.

Ciò che manca è l'ingegneria finanziaria.

6.32 Le passività pregresse e le passività relative alle nuove costruzioni devono essere tenute finanziariamente separate

L'Italia attualmente si trova ad affrontare un problema ereditato dal vecchio programma nazionale.

Dal **2023** , questi costi storici relativi al nucleare vengono pagati direttamente tramite il **bilancio statale** , anziché attraverso il precedente onere a carico del sistema elettrico, mentre l'ARERA mantiene la responsabilità di determinare i costi riconosciuti del nucleare in base a criteri di efficienza economica.

Un nuovo programma di reattori non dovrebbe aggiungere silenziosamente i suoi futuri oneri relativi ai rifiuti e allo smantellamento a questo patrimonio storico finanziato dai contribuenti.

La distinzione dovrebbe essere esplicita.

Programma di eredità

Origine:

storico programma nucleare statale ENEL/ENEA.

Pagatore attuale:

Bilancio statale / contribuenti , nell'ambito dell'accordo di finanziamento post-2023.

Programma di nuove costruzioni

Origine:

futuri operatori di reattori commerciali.

Soggetto pagatore previsto dalla delega del 2026:

operatori autorizzati tramite garanzie/fondi finanziari per l'intero ciclo di vita.

Mescolare i due elementi distruggerebbe la trasparenza dei prezzi.

6.33 I prezzi dell'elettricità per le nuove costruzioni devono includere il back-end

Qualsiasi futuro calcolo del LCOE, CfD o prezzo di esercizio per il nucleare italiano dovrebbe includere almeno:

- deposito temporaneo per il combustibile esaurito;
- trasporto;
- caratterizzazione dei rifiuti;
- trattamento dei rifiuti;
- condizionata;
- contributo al deposito;
- disposizioni relative allo smaltimento geologico;
- Contributo per lo smantellamento;
- costi di regolazione addebitati all'operatore;
- amministrazione di fondi a lungo termine.

Se questi costi vengono omessi e successivamente trasferiti allo Stato, il prezzo dell'elettricità risulterà artificialmente basso.

Per questo motivo, la garanzia finanziaria futura deve essere riscossa **durante la fase di generazione** , e non solo dopo la chiusura.

6.34 Architettura di finanziamento raccomandata per le nuove costruzioni

Il decreto definitivo non ha ancora stabilito un meccanismo specifico.

Un modello difendibile dovrebbe comunque contenere almeno quattro componenti separate.

Fondo A — smantellamento

Copertine:

- scarico del carburante;
- smantellamento;
- decontaminazione;
- demolizione;
- rilascio del sito.

Fondo B — rifiuti radioattivi operativi

Copertine:

- Condizionamento LLW/VLLW;
- trasporto;
- Costi di smaltimento del deposito nazionale.

Fondo C — combustibile esaurito / rifiuti altamente radioattivi

Copertine:

- deposito umido;
- botti secche;
- trasporto;
- rielaborazione se selezionata;
- deposito temporaneo;
- smaltimento geologico.

Fondo D - Fondo straordinario per le emergenze del ciclo di vita

Copertine:

- chiusura prematura;
- Aumento significativo dei costi di smantellamento;
- modifiche normative che richiedono un trattamento aggiuntivo dei rifiuti.
- I fondi necessari dovrebbero essere:
- legalmente segregati;

- inaccessibile ai normali creditori aziendali;
- sottoposto a revisione contabile indipendente;
- aggiornato periodicamente utilizzando stime dei costi riviste;
- protetto dal rischio di insolvenza del gestore.

[U]

6.35 Un prelievo per MWh da solo potrebbe non essere sufficiente

Un semplice prelievo sui rifiuti, riscosso per unità di elettricità, può funzionare per una gestione prevedibile della flotta.

Ma le sue prestazioni sono scarse se:

- il reattore si chiude prematuramente;
- La costruzione viene abbandonata dopo che il materiale nucleare è entrato nel sito;
- L'operatore diventa insolvente;
- I costi di smaltimento futuri aumenteranno drasticamente.

Pertanto, un sistema robusto potrebbe richiedere una combinazione di:

- garanzia finanziaria anticipata;
- accumulo del fondo del ciclo di vita;
- Requisiti attuariali/integrativi periodici;
- Requisiti di bilancio/garanzia dell'operatore.

La corretta impostazione finanziaria prevede una **verifica della sufficienza dei fondi** , non semplicemente un prelievo nominale.

6.36 La capacità del repository di nuova costruzione deve essere ridefinita

La cifra attualmente prevista dal National Repository, pari a circa **98.000 m^3,** non è stata elaborata come volume finale di rifiuti per una nuova flotta nucleare da 8-16 GW operativa nella seconda metà del secolo.

Pertanto, nel momento in cui un percorso credibile per l'integrazione della flotta entrerà nel Programma Nazionale, Sogin/MASE/ISIN dovrà produrre una previsione separata per:

- ulteriore VLLW;
- ulteriore LLW;
- ulteriore ILW;
- carburante esaurito aggiuntivo;
- ulteriori rifiuti altamente pericolosi se si ricorre al ritrattamento;

- rifiuti da smantellamento.

La questione progettuale non è semplicemente:

Il deposito attuale è in grado di accettare i rifiuti del primo SMR?

È:

Il sistema italiano di deposito e di smaltimento geologico ha la capacità di gestire l'intero inventario di munizioni prodotto nell'arco dell'intera flotta potenzialmente operativa?

6.37 Il primo reattore non dovrebbe consumare la capacità del repository legacy senza allocazione trasparente

Il National Repository è stato giustificato politicamente e finanziariamente principalmente come soluzione a:

- scorie nucleari preesistenti;
- rifiuti sanitari;
- rifiuti industriali;
- rifiuti della ricerca.

Una nuova flotta introduce una nuova classe di generatori.

Se nuovi reattori utilizzano lo stesso impianto, deve essere previsto un meccanismo esplicito di allocazione della capacità e di tariffazione.

Altrimenti il programma rischia:

- eliminare gli sprechi non energetici;
- capacità di consumo finanziata dai contribuenti precedenti;
- che ha richiesto un ampliamento anticipato non previsto nella consulenza iniziale sulla localizzazione.

Si tratta di una questione sia finanziaria che territoriale.

Il consenso della comunità ospitante per un deposito di circa 98.000 m^3 non può essere automaticamente interpretato come consenso per un numero illimitato di rifiuti aggiuntivi provenienti da una futura flotta multi-GW.

6.38 Mito sui rifiuti degli SMR: un reattore più piccolo non significa un carico di rifiuti proporzionalmente inferiore

Un SMR (Small Modular Reactor) produce in genere una quantità totale di rifiuti inferiore **per unità di reattore** rispetto a un reattore di dimensioni molto maggiori, a parità di tutte le altre condizioni.

Tale affermazione è quasi banale perché il reattore produce meno elettricità.

Il parametro nazionale di riferimento è invece:

- spreco per MWh;
- carico termico per MWh;
- inventario a lunga durata per MWh;
- numero di confezioni da smaltire;
- volume del combustibile esaurito;
- rifiuti derivanti dallo smantellamento;
- Ingombro del repository richiesto.

L'AIEA osserva che i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) possono generare una **vasta gamma di flussi di rifiuti** e afferma esplicitamente che le informazioni internazionali e l'esperienza operativa sui rifiuti, il combustibile esaurito e lo smantellamento degli SMR rimangono limitate.

Pertanto, il governo dovrebbe respingere entrambe le affermazioni semplicistiche:

“I reattori SMR non creano problemi di rifiuti.”

E

"Tutti i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) producono intrinsecamente più scorie rispetto ai reattori di grandi dimensioni."

Nessuna delle due è un'affermazione universale difendibile.

6.39 SMR raffreddati ad acqua: back end familiare, non back end zero

Per progetti come:

- BWRX-300;
- Holtec SMR-300;
- AP300;
- NUWARD;
- Rolls-Royce SMR;
- NuScale,

Il sistema di gestione dei rifiuti è sostanzialmente analogo all'attuale flotta di reattori ad acqua leggera (LWR).

L'AIEA afferma che per i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) a raffreddamento ad acqua installati a terra, si prevedono generalmente approcci di gestione del combustibile esaurito e dei rifiuti radioattivi simili a quelli dei reattori avanzati a raffreddamento ad acqua.

I flussi di rifiuti più probabili includono:

- aggregati di combustibile UO_2 esaurito;
- resine a scambio ionico;
- filtri;
- metalli contaminati;
- materiale strutturale attivato;
- Abbigliamento/attrezzature operative;
- smantellamento di strutture in cemento/acciaio.

Questa familiarità rappresenta un importante vantaggio in termini di licenze.

Non si tratta di un'esenzione dallo smaltimento.

Una nuova flotta LWR-SMR richiede ancora:

Stoccaggio del combustibile esaurito + smaltimento geologico o riprocessamento + smaltimento di rifiuti a bassa e media attività.

6.40 Un maggiore grado di combustione modifica le caratteristiche dei rifiuti

Molti reattori moderni cercano:

- maggiore consumo di carburante;
- cicli più lunghi;
- maggiore utilizzo del carburante.

Ciò può ridurre il numero di elementi di combustibile gestiti per una data produzione di energia elettrica.

Ma anche le caratteristiche del combustibile esaurito possono cambiare:

- calore di decadimento;
- composizione isotopica;
- sorgente di neutroni;
- inventario dei radionuclidi a lunga emivita;
- durata di conservazione prima del trasporto/smaltimento.

Pertanto, “meno assemblaggi” non può essere tradotto direttamente in “smaltimento geologico più semplice”.

La progettazione dei depositi è vincolata da fattori termici e radiologici, oltre che dal volume fisico.

6.41 Xe-100 e altri HTGR: TRISO risolve un problema e crea un'altra forma di rifiuto

Il carburante TRISO offre importanti vantaggi in termini di sicurezza.

La sua struttura multistrato di particelle ceramiche trattiene efficacemente i prodotti di fissione anche a temperature molto elevate.

Ma i reattori a gas ad alta temperatura introducono anche una notevole quantità **di materiale grafitico** .

La pianificazione futura del back-end deve quindi tenere conto di:

- grafite irradiata;
- Compattati/granuli di combustibile TRISO;
- strutture del nucleo attivate;
- potenzialmente diverse esigenze di condizionamento.

Si tratta di un sistema di gestione dei rifiuti sostanzialmente diverso da quello di un reattore PWR convenzionale.

Attualmente l'Italia non ha esperienza a livello nazionale nello smaltimento su scala commerciale di una flotta di reattori TRISO/grafite.

Ciò non rende Xe-100 ingestibile.

Ciò significa che lo sviluppo del sistema di gestione dei rifiuti deve essere parte integrante della selezione tecnologica, anziché essere rimandato alla fase operativa.

6.42 Natrium: smantellamento del sistema a sodio e combustibile avanzato

Natrium introdurrebbe:

- Combustibile metallico HALEU;
- refrigerante al sodio;
- ambiente di attivazione a spettro rapido;
- accumulo termico a sali fusi.

La sfida della gestione dei rifiuti comprende non solo il combustibile esaurito, ma anche i rifiuti futuri:

- trattamento con sodio;
- componenti del sistema contaminati;
- materiali strutturali creati.

Il sodio non diventa necessariamente un rifiuto radioattivo definitivo; può potenzialmente essere trattato, stabilizzato o gestito attraverso processi specializzati.

Tuttavia, l'Italia attualmente non gestisce un'infrastruttura commerciale per lo smaltimento dei rifiuti tramite reattori veloci al sodio.

Il carico di apprendimento è quindi sostanzialmente maggiore rispetto a quello di un SMR raffreddato ad acqua.

6.43 Reattori raffreddati a piombo: il piombo non è “il problema dei rifiuti”, ma crea un sistema di ciclo di vita distinto

newcleo ed EAGLES utilizzano piombo liquido.

Le loro considerazioni relative al back-end includono:

- modalità di attivazione;
- prodotti di corrosione;
- contaminazione da piombo;
- purificazione;
- Riutilizzo/riciclo del liquido di raffreddamento ove possibile;
- trattamento dei componenti contaminati del sistema al piombo.

Anche in questo caso, sarebbe tecnicamente inesatto presumere che centinaia o migliaia di tonnellate di piombo si trasformino automaticamente in rifiuti radioattivi da smaltire.

Un sistema ben progettato dovrebbe mirare a:

- decontaminazione;
- riciclaggio;
- riutilizzo.

Tuttavia, l'infrastruttura del ciclo di vita e l'accettazione normativa di tali strategie devono ancora essere dimostrate.

6.44 MOX sposta la questione dal volume dei rifiuti alla complessità del ciclo del combustibile

Il reattore LFR-AS-200 di newcleo è collegato a una strategia MOX/a ciclo del combustibile chiuso.

Il riprocessamento e il MOX consentono di recuperare materiale fissile che altrimenti rimarrebbe nel combustibile esaurito.

Ciò può migliorare l'utilizzo delle risorse.

Può anche alterare le scorte a lungo termine.

Ma il sistema richiede ulteriori impianti nucleari:

- rielaborazione;
- Gestione di materiali contenenti plutonio;
- Fabbricazione MOX;
- salvaguardie;
- trasporto ad alta sicurezza.

Il coinvolgimento separato della NRC statunitense con newcleo per un impianto di fabbricazione di combustibile MOX lo dimostra direttamente.

Il confronto corretto non è quindi:

MOX = meno sprechi.

È:

MOX = un ciclo del combustibile differente, con impianti aggiuntivi, materiali recuperati e rifiuti residui.

Rimane un requisito di smaltimento geologico.

6.45 Il ritrattamento non elimina lo smaltimento geologico

Questo principio può essere enunciato in modo categorico.

Il ritrattamento può:

- recuperare uranio/plutonio;
- ridurre il volume fisico del combustibile esaurito;
- collocare i prodotti di fissione in matrici vetrificate durevoli;
- alterare la composizione finale dei rifiuti.

Non riduce a zero i rifiuti finali.

La storia stessa dell'Italia lo dimostra.

Dopo decenni di ritrattamento all'estero, l'Italia si aspetta ancora il ritorno di residui vetrificati ad alta attività e necessita ancora di una via di smaltimento geologico definitiva.

Pertanto, qualsiasi futura affermazione secondo cui un ciclo del combustibile chiuso consentirebbe all'Italia di evitare lo smaltimento geologico dovrebbe essere respinta, a meno che non sia supportata da una tecnologia di gestione dei rifiuti pienamente dimostrata e in grado di eliminare tutti i flussi di smaltimento a lunga durata.

Attualmente, per il programma italiano non esiste un sistema commerciale di questo tipo.

6.46 Selezione del reattore basata sui rifiuti

Ogni offerente tecnologico dovrà essere tenuto a presentare un **dossier standardizzato italiano sui rifiuti e lo smantellamento** .

Dovrebbe contenere:

Dati richiesti	Scopo
VLLW/LLW operativo per TWh	Capacità del deposito nazionale
ILW per TWh	Requisiti provvisori/geologici
Assemblaggi di combustibile esaurito o massa per TWh	Pianificazione dello stoccaggio e dello smaltimento
Calore di decadimento	Spaziatura e archiviazione del repository
Inventario di isotopi a lunga vita	Caso di smaltimento geologico
Arricchimento del carburante	Valutazione del ciclo del combustibile/sicurezza
Forma di carburante	Requisiti di movimentazione/stoccaggio
Disponibilità di design per contenitori a secco	maturità dello stoccaggio intermedio
Compatibilità con il riprocessamento	Opzione a ciclo chiuso
Stima dei rifiuti derivanti dallo smantellamento	Finanziamento del ciclo di vita
Rifiuti unici di refrigerante/materiale	Trattamento specifico della tecnologia
Percorso di smaltimento esistente approvato dall'autorità di regolamentazione	Maturità tecnologica

Senza questi dati, un reattore non dovrebbe ricevere un punteggio di sostenibilità elevato solo perché la sua produzione di energia elettrica è ridotta.

6.47 La standardizzazione dei rifiuti dovrebbe essere un requisito per gli appalti

La gestione dei rifiuti dovrebbe essere inserita nel processo italiano di selezione dei reattori **prima della scelta della tecnologia** , e non dopo la firma dei contratti di costruzione.

La sequenza di approvvigionamento convenzionale – selezione del reattore, definizione del modello operativo e solo in un secondo momento determinazione delle modalità di condizionamento, imballaggio, stoccaggio, trasporto e smaltimento finale dei rifiuti – esporrebbe l'Italia a costi evitabili a lungo termine e alla frammentazione delle infrastrutture.

Per una nuova flotta italiana, l'architettura dei rifiuti dovrebbe pertanto diventare un **criterio formale di appalto di Fase 1 e Fase 2** .

L'obiettivo non dovrebbe essere quello di costringere ogni flusso di rifiuti prodotto da ogni reattore in un contenitore fisico identico. Sarebbe tecnicamente irrealistico. Diverse classi di rifiuti, inventari di radionuclidi, potenze termiche, forme fisiche e caratteristiche fissili richiedono necessariamente soluzioni di trattamento e confezionamento differenti.

L'obiettivo strategico dovrebbe invece essere:

Massima standardizzazione possibile di forme di rifiuti, tipologie di imballaggi, interfacce di trasporto, attrezzature di movimentazione, sistemi di stoccaggio, documentazione, procedure di ispezione e buste di accettazione per i depositi in tutta la flotta nazionale di reattori.

Tale distinzione è importante.

Un'architettura nazionale standardizzata per la gestione dei rifiuti **non** significa:

```
UN CONTENITORE
PER
OGNI TIPO DI RIFIUTO
Significa:
NUMERO MINIMO DI
FAMIGLIE DI PACCHETTI QUALIFICATE
+
NUMERO MINIMO DI
SISTEMI DI TRASPORTO
+
INTERFACCE DI GESTIONE COMUNI
+
REGOLE COMUNI DI CARATTERIZZAZIONE
+
COMMON DIGITAL RECORDS
+
```

BUSTE PER ARCHIVIAZIONE COMUNE
+
CRITERI DI ACCETTAZIONE PER LO SMALTIMENTO DEFINITI

Il sistema di approvvigionamento dovrebbe pertanto favorire i progetti di reattori per i quali una grande percentuale di rifiuti operativi e di smantellamento può essere gestita utilizzando **tecniche di gestione dei rifiuti già consolidate o facilmente standardizzabili** .

Ove tecnicamente possibile, si dovrebbe dare la preferenza ai sistemi compatibili con:

- contenitori per rifiuti già predisposti;
- concetti di schermatura consolidati;
- processi di condizionamento riconosciuti;
- Famiglie di imballaggi per il trasporto esistenti o facilmente ottenibili in licenza;
- Interfacce standard per il sollevamento e la movimentazione;
- sistemi standard di caratterizzazione dei rifiuti;
- geometrie comuni di scaffalature o edifici adibiti a magazzino;
- tecniche consolidate di esame non distruttivo;
- dimensioni del pacchetto compatibili con il repository;
- sistemi comuni di identificazione e tracciamento dei rifiuti;
- procedure comuni di ispezione e sorveglianza;
- tecniche di recupero consolidate;
- disposizioni comuni in materia di protezione antincendio e monitoraggio radiologico;
- Percorsi standardizzati per lo smaltimento dei rifiuti derivanti dallo smantellamento.

Questo principio è coerente con il più ampio requisito internazionale che la gestione dei rifiuti sia considerata come una catena integrata piuttosto che come un insieme di operazioni scollegate. Il quadro normativo Euratom sui rifiuti radioattivi richiede agli Stati membri di tenere conto delle **interdipendenze tra tutte le fasi di generazione e gestione del combustibile esaurito e dei rifiuti radioattivi** , mentre le linee guida dell'AIEA richiedono che i prodotti finali dei rifiuti siano sviluppati tenendo conto dei successivi requisiti di trattamento, stoccaggio, trasporto e smaltimento.

La standardizzazione inizia con i criteri di accettazione dei rifiuti.

Il primo livello di standardizzazione non riguarda il contenitore in acciaio in sé.

Si tratta della **busta per l'accettazione dei rifiuti** .

Per ciascun flusso di rifiuti importante, il programma italiano dovrebbe definire intervalli ammissibili per variabili quali:

variabile di accettazione	Perché è importante
Inventario dei radionuclidi	Determina la classificazione radiologica, la schermatura e la compatibilità di smaltimento.
Attività totale	Influisce sulla categoria del pacchetto, sulla gestione e sull'accettazione del repository
Tasso di dose superficiale	Determina i requisiti di manipolazione, protezione e trasporto.
Calore di decadimento	Determina la configurazione di archiviazione e i limiti termici
Contenuto fissile	Determina i requisiti di criticità, controlli e misure di sicurezza
Modulo di rifiuto	Influisce sulla stabilità meccanica e chimica
Liquidi liberi	Potrebbe essere soggetto a restrizioni in base ai criteri di conservazione/smaltimento.
Generazione di gas	Può influire sulla pressione del contenitore e sull'integrità a lungo termine
Composizione chimica	Può influire sulla corrosione e sulla compatibilità del deposito
Contenuto organico	Può influenzare la degradazione e la generazione di gas
Agenti complessanti	Può influenzare la mobilità dei radionuclidi
Massa del pacco	Determina i requisiti relativi a gru, sistemi di trasporto e stoccaggio.
Dimensioni della confezione	Determina la compatibilità tra trasporto, archiviazione e interfaccia del repository.
resistenza strutturale	Rilevante per l'impilamento, la movimentazione e lo stoccaggio a lungo termine

comportamento del fuoco	Rilevante per il caso di sicurezza dell'impianto
contaminazione	Rilevante per la movimentazione e il trasporto
Identificazione	Necessario per il controllo dell'inventario a vita
Tracciabilità	Necessario dalla generazione fino allo smaltimento finale.

L'AIEA considera specificamente le specifiche degli imballaggi dei rifiuti come un meccanismo per dimostrare la compatibilità con i requisiti di trattamento, stoccaggio e smaltimento, e richiede la valutazione delle proprietà radiologiche, fisiche, chimiche e meccaniche dell'intero imballaggio dei rifiuti.

Ciò ha implicazioni dirette in materia di appalti.

Pertanto, non dovrebbe essere consentito a un venditore di limitarsi ad affermare:

"Il reattore produce scorie radioattive gestibili."

Dovrebbe essere richiesto di fornire una **matrice di compatibilità per ciascun tipo di rifiuto** .

Tabella 6.47-A — Informazioni sulla standardizzazione dei rifiuti richieste a ogni fornitore di reattori

divulgazione richiesta	Prove minime
Flussi operativi di rifiuti solidi	Quantità annua per tipologia di rifiuto
Componenti attivati	Materiale, attività e dimensioni previste
Resine / filtri	Volume, attività e metodo di condizionamento
Concentrati / liquidi	Percorso di trattamento e solidificazione
Attrezzatura contaminata	Volume previsto e percorso di smaltimento
Componenti di controllo esauriti	Concetto di attività e pacchetto
Componenti di ricambio interni del reattore	Concetto di gestione, segmentazione e stoccaggio
Rifiuti derivanti dallo smantellamento	Inventario indicativo del ciclo di vita
Carburante esaurito	Geometria di assemblaggio, massa, grado di combustione, calore e inventario dei radionuclidi

Rifiuti speciali	Grafite, sodio, piombo, TRISO, sali contaminati o altri materiali specifici della tecnologia
Pacchetto di rifiuti	Famiglia di contenitori proposta
Condizionata	Cementazione, compattazione, vetrificazione, incapsulamento o alternativa
Magazzinaggio	Condizioni ambientali richieste
Ispezione	Metodo di sorveglianza dei pacchi richiesto
Trasporto	Sistema di imballaggio o trasporto proposto
Disposizione	Percorso di accettazione previsto
Riconfezionamento	Se sia necessario un nuovo confezionamento prima dello smaltimento.
registrazioni a lungo termine	Dati necessari da allegare a ciascun pacchetto

Ogni pacchetto unico crea una coda infrastrutturale

Un fornitore di reattori può far apparire una soluzione di smaltimento dei rifiuti economica se si considera il pacchetto solo nel punto di generazione.

Questo approccio è fuorviante.

Un pacchetto unico può creare requisiti aggiuntivi per l'intero back-end:

```
FORMA UNICA DI RIFIUTI
↓
PROCESSO DI CONDIZIONAMENTO UNICO
↓
CONTENITORE UNICO
↓
QUALIFICAZIONE DEL PACCHETTO
↓
ATTREZZATURE DI MOVIMENTAZIONE
↓
QUALIFICAZIONE PER LO STOCCAGGIO
↓
PROGRAMMA DI SORVEGLIANZA
↓
PACCO DI TRASPORTO / CERTIFICAZIONE
↓
ANALISI DI ACCETTAZIONE DEL REPOSITORY
↓
POSSIBILE RINNOVAMENTO DEL PRODOTTO IN FUTURO
```

Di conseguenza, ogni tipologia di pacchetto aggiuntiva può generare costi relativi a:

- ingegneria;
- dimostrazione delle norme di sicurezza;
- revisione da parte dell'ente regolatore;
- qualificazione dei materiali;
- produzione;
- ispezione;
- garanzia di qualità;
- licenze di trasporto;
- sistemi di sollevamento;
- edifici adibiti a magazzino;

- strumenti di manutenzione;
- formazione degli operatori;
- procedure di emergenza;
- analisi dell'interfaccia del repository;
- tenuta dei registri;
- eventuale riconfezionamento.

Il settore dei trasporti ne fornisce un esempio particolarmente chiaro.

Secondo i requisiti di trasporto dell'AIEA, l'approvazione dell'imballaggio è vincolata alla sua progettazione, al contenuto radioattivo autorizzato, alle normative applicabili, alle modalità di trasporto e ad altre caratteristiche definite. Pertanto, non si può presumere che una nuova configurazione di rifiuti o combustibile esaurito si adatti automaticamente a un certificato di trasporto esistente.

La questione dell'appalto non è quindi:

“Teoricamente, questi rifiuti possono essere trasportati?”

Quasi tutti i programmi credibili relativi ai reattori nucleari possono, alla fine, sviluppare una soluzione di trasporto.

La domanda più importante è:

“È possibile utilizzare per questi rifiuti un'architettura di trasporto che l'Italia e l'Europa sanno già autorizzare, realizzare, gestire e manutenere?”

Si tratta di standard molto diversi.

La diversità dei reattori può moltiplicare la complessità del back-end

La questione assume particolare rilevanza se si considera l'ipotesi che l'Italia possa dotarsi di una prima flotta tecnologicamente eterogenea.

Consideriamo un portafoglio ipotetico che combini:

- un BWR;
- un PWR;
- un HTGR;
- un reattore veloce al sodio;
- un reattore veloce al piombo.

Dal punto di vista del sistema elettrico, ciò potrebbe apparire diversificato.

Dal punto di vista della gestione dei rifiuti, ciò potrebbe creare cinque ecosistemi tecnologici parzialmente indipendenti.

Il programma potrebbe dover gestire:

```
LWR COMBUSTIBILE ESAURITO
+
MATERIALE TRISO / GRAFITE
+
CARBURANTE METALLICO A REATTORE RAPIDO
+
COMPONENTI CONTAMINATI DA SODIO
+
COMPONENTI CONTAMINATI DA PIOMBO
+
MATERIALE CONTENENTE MOX / PLUTONIO
```

Il problema non è che questi flussi di rifiuti siano tecnicamente impossibili da gestire.

Il problema è **la moltiplicazione istituzionale** .

Le diverse tecnologie possono richiedere diverse:

- impianti di trattamento dei rifiuti;
- metodologie di caratterizzazione;
- processi di condizionamento;
- condizioni di conservazione;
- dispositivi di schermatura;
- sistemi di trasporto;
- procedure di salvaguardia;
- tipi di pacchetto;
- competenza degli enti regolatori;
- formazione degli operatori;
- eventuali dimostrazioni di smaltimento.

Ciò crea una potenziale e grave diseconomia in termini di diversità tecnologica.

La prima flotta nucleare italiana dovrebbe quindi distinguere tra:

trasmissione di generazione

E

frammentazione delle infrastrutture .

Non sono equivalenti.

Un paese può acquisire una resilienza limitata gestendo diverse tecnologie di reattori, perdendo al contempo economie di scala in:

- approvvigionamento di carburante;
- pezzi di ricambio;
- formazione degli operatori;
- manutenzione;
- licenze;
- trattamento dei rifiuti;
- imballaggi dei rifiuti;
- stoccaggio del combustibile esaurito;
- trasporto;
- Interfacce del repository.

Tabella 6.47-B — Implicazioni a valle di un'eccessiva diversità dei reattori

Architettura della flotta	Possibile beneficio	Conseguenza a livello di back-end
Famiglia di reattori singoli	Massima standardizzazione	Dipendenza concentrata da fornitori/tecnologie
Due famiglie LWR strettamente imparentate	Alcuni fornitori diversificati	Diversità dei rifiuti relativamente gestibile
Reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) multipli PWR/BWR.	Diversità tecnologica moderata	Architettura dei rifiuti LWR ancora ampiamente comune
LWR + HTGR	Aggiunge capacità di riscaldamento industriale	Aggiunge domande specifiche sui rifiuti di grafite/TRISO
LWR + reattore veloce al sodio	Aggiunge flessibilità/tecnologia avanzata	Aggiunge combustibile metallico e rifiuti del sistema al sodio
LWR + reattore veloce al piombo	Aggiunge la sovranità italiana sui reattori avanzati	Aggiunge requisiti relativi al sistema di alimentazione e al ciclo del combustibile avanzato.
LWR + HTGR + SFR + LFR	Massima diversificazione tecnologica	Potenziale elevatissima frammentazione istituzionale e del sistema di gestione dei rifiuti

La standardizzazione dovrebbe pertanto essere inclusa nelle specifiche di gara.

L'Italia dovrebbe richiedere che ogni offerta per un reattore includa una **Dichiarazione di Standardizzazione dell'Architettura dei Rifiuti** .

Come minimo dovrebbe identificare:

1. quali pacchetti di gestione dei rifiuti vantano già una comprovata esperienza operativa;
2. quali pacchetti richiederebbero una qualificazione specifica per l'Italia;
3. quali geometrie dei pacchetti sono compatibili con l'infrastruttura nazionale di deposito e stoccaggio di superficie prevista;

4. quali flussi di rifiuti richiederebbero nuove strutture dedicate;
5. quali flussi di rifiuti richiedono sistemi di trasporto specializzati;
6. se esistano già sistemi di stoccaggio a secco per il combustibile esaurito proposto;
7. se tali sistemi di stoccaggio possano in seguito supportare il trasporto;
8. se l'accettazione del repository richiederebbe un nuovo confezionamento;
9. se i rifiuti tecnologici specifici creino un programma nazionale di ricerca e sviluppo separato;
10. il numero previsto di famiglie distinte di imballaggi di rifiuti nell'intero ciclo di vita dell'impianto;
11. il costo previsto di qualificazione, stoccaggio, trasporto ed eventuale smaltimento;
12. responsabilità per qualsiasi futura riprogettazione necessaria qualora un imballaggio di rifiuti non soddisfi i criteri nazionali di accettazione per lo smaltimento.

regola italiana di approvvigionamento

L'obiettivo corretto per gli appalti dovrebbe quindi essere:

Ridurre al minimo il numero di interfacce uniche tra rifiuti radioattivi e rifiuti create dalla flotta nazionale, senza compromettere la sicurezza o forzare rifiuti tecnicamente inappropriati in imballaggi non idonei.

Ciò renderebbe la standardizzazione dei rifiuti una fonte di efficienza economica nazionale, anziché un mero requisito ambientale a valle.

Ciò creerebbe inoltre un importante vincolo strategico sulla composizione della flotta.

Una prima flotta italiana composta da numerose tecnologie di reattori non correlate tra loro potrebbe apparire come un modo per diversificare il rischio legato al fornitore.

Ma se ogni tecnologia crea la propria:

```
CARBURANTE
+
SCIUPARE
+
BOTTE
+
MAGAZZINAGGIO
+
TRASPORTO
+
MISURE DI SICUREZZA
+
DISPOSIZIONE
```

ecosistema, la diversificazione a livello di reattore potrebbe produrre **una concentrazione di complessità a livello di stato** .

Tale compromesso dovrebbe essere quantificato prima dell'acquisto.

Per questo motivo, la compatibilità degli imballaggi di smaltimento dovrebbe diventare un criterio di valutazione formale nella fase di selezione delle tecnologie italiane.

Non perché i rifiuti debbano essere l'unico fattore determinante nella scelta del reattore.

Ma perché **la scelta del reattore determina il sistema nazionale di gestione dei rifiuti per generazioni** .

6.48 Il deposito nazionale non dovrebbe sostituire la pianificazione dei rifiuti del sito del reattore.

L'esistenza di un futuro Deposito Nazionale non deve essere utilizzata per giustificare capacità minime di gestione dei rifiuti presso i nuovi siti dei reattori.

Ciò ripeterebbe uno degli errori più persistenti nella pianificazione della fase finale del ciclo nucleare: progettare gli impianti operativi partendo dal presupposto che l'impianto successivo nella catena di smaltimento dei rifiuti sarà disponibile esattamente quando necessario.

Il principio corretto è l'opposto.

Ogni impianto nucleare dovrebbe essere in grado di gestire in sicurezza i rifiuti che produce, anche qualora l'impianto a valle più vicino non fosse disponibile per un periodo di tempo considerevolmente più lungo del previsto.

Ciò è coerente con il principio fondamentale europeo secondo cui la responsabilità per i rifiuti radioattivi non scompare quando viene individuata una futura via di smaltimento. Ai sensi della Direttiva 2011/70/Euratom, il titolare della licenza conserva la responsabilità primaria per la sicurezza della gestione del combustibile esaurito e dei rifiuti radioattivi sotto la supervisione degli enti regolatori, e i programmi nazionali devono coprire l'intera catena, dalla generazione allo smaltimento.

Anche l'attuale Deposito Nazionale Italiano necessita di una descrizione precisa.

Il suo ruolo, così come è attualmente definito, non è quello di deposito geologico per il combustibile nucleare esaurito.

Ha lo scopo di fornire:

- smaltimento finale per rifiuti radioattivi a bassissima e bassa attività; e
- Deposito temporaneo per materiali a reattività intermedia e alta in attesa della loro successiva destinazione a lungo termine.

La metodologia di inventario pubblicata da Sogin distingue esplicitamente il materiale destinato allo smaltimento presso il Deposito Nazionale dal materiale a attività intermedia/elevata destinato al deposito temporaneo presso lo stesso deposito.

Tale distinzione diventa fondamentale se l'Italia costruisce una nuova flotta.

Un nuovo sito per un reattore richiederebbe comunque un proprio **sistema completo di gestione delle predisposizioni** .

6.48.1 La capacità del sito del reattore inizia nel punto di generazione

I rifiuti non si presentano al confine del sito già imballati per un deposito nazionale.

Viene generato durante l'intero funzionamento dell'impianto.

La licenza per un reattore deve pertanto coprire l'intera sequenza interna:

```
RIFIUTI GENERATI
↓
SEGREGAZIONE
↓
CARATTERIZZAZIONE RADIOLOGICA
↓
CARATTERIZZAZIONE FISICA/CHIMICA
↓
PRE-TRATTAMENTO
↓
TRATTAMENTO
↓
CONDIZIONATA
↓
CERTIFICAZIONE DELL'IMBALLAGGIO
↓
DEPOSITO TEMPORANEO
↓
ISPEZIONE / MONITORAGGIO
↓
PREPARAZIONE AL TRASPORTO
↓
TRASFERIMENTO FUORI SEDE
```

Ogni passaggio richiede:

- edifici;
- sistemi;
- attrezzature qualificate;
- procedure;
- personale qualificato;
- controlli radiologici;
- protezione antincendio;
- controlli di criticità ove pertinenti;
- attrezzature di sollevamento;
- sistemi di tracciamento dei pacchi;
- garanzia di qualità;
- misure di sicurezza;
- autorizzazione regolamentare.

Il National Repository non elimina nessuno di questi requisiti.

Si tratta semplicemente di una potenziale destinazione per materiale che è già stato caratterizzato, condizionato, imballato e certificato in modo sicuro.

6.48.2 L'operatore del reattore deve rimanere responsabile della qualità dell'imballaggio

Non si dovrebbe permettere al produttore di rifiuti di trasferire a valle un problema di rifiuti irrisolto.

Prima che qualsiasi imballaggio lasci il sito del reattore, l'operatore deve essere in grado di dimostrare che l'imballaggio soddisfa i criteri di accettazione applicabili per:

- gestione;
- magazzinaggio;
- trasporto;
- e l'impianto previsto a valle.

Le linee guida dell'AIEA richiedono specificamente il controllo di qualità degli imballaggi dei rifiuti condizionati, comprese le specifiche dell'imballaggio, i test, la tenuta dei registri e la verifica che gli imballaggi rimangano compatibili con l'opzione di smaltimento prevista.

L'Italia dovrebbe pertanto vietare un modello di appalto in cui:

```
FORNITORE DI REATTORI
↓
GENERA RIFIUTI NON STANDARD
↓
LEAVES FUTURE PACKAGING SOLUTION
ALLO STATO
Invece:
APPROVVIGIONAMENTO DEL REATTORE
↓
DEFINISCE IL FLUSSO DI RIFIUTI COMPLETO
↓
DEFINISCE IL CONDIZIONAMENTO
↓
DEFINISCE IL PACCHETTO
↓
DIMOSTRA LA MEMORIZZAZIONE
↓
DIMOSTRA IL TRASPORTO
↓
DIMOSTRA IL PERCORSO DI DISPOSIZIONE
```

6.48.3 L'archiviazione del sito deve essere una funzione di resilienza

Le dimensioni dello stoccaggio in loco dei rifiuti radioattivi non dovrebbero essere calcolate solo in base al tasso annuo previsto di produzione dei rifiuti moltiplicato per il programma nazionale previsto per il trasporto.

Ciò creerebbe di fatto una catena di sprechi just-in-time.

Un sistema di gestione dei rifiuti nucleari dovrebbe invece tollerare le interruzioni.

Le possibili interruzioni includono:

- Ritardo nella messa in funzione del National Repository;
- Chiusura temporanea del repository;
- manutenzione del repository;
- sospensione regolamentare;
- incidente di trasporto in un'altra parte del sistema;
- Indisponibilità del pacco per il trasporto;
- interruzione dei collegamenti ferroviari o stradali;
- scioperi;
- condizioni meteorologiche avverse;
- calamità naturale;
- evento di sicurezza;
- mancato rispetto dei criteri di accettazione da parte di un imballaggio di rifiuti;
- interruzione politica o legale;
- saturazione dei sistemi di stoccaggio a valle;
- modifica dei requisiti di accettazione dei rifiuti;
- scoperta del degrado dell'imballaggio;
- perdita di una via di trasporto;
- Ritardo nella costruzione del deposito geologico.

La valutazione della sicurezza del sito dovrebbe pertanto includere **scenari definiti di interruzione dell'esportazione dei rifiuti** .

Tabella 6.48-A — Resilienza minima dei rifiuti del sito del reattore da dimostrare in sede di rilascio della licenza FOAK

Funzione	requisito FOAK
Separazione dei rifiuti	Separare fisicamente i flussi di rifiuti incompatibili
Caratterizzazione	Identificare le proprietà radionuclidiche, chimiche e fisiche
Trattamento	Ridurre o stabilizzare i rifiuti ove necessario
Condizionata	Produrre una forma di rifiuto stabile
Confezione	Soddisfare i criteri di stoccaggio/trasporto/lavorazione a valle
Ispezione della confezione	Consentire la sorveglianza durante tutto il periodo di conservazione
Stoccaggio temporaneo di rifiuti a bassa letalità	Gestire le interruzioni nei trasferimenti del repository
Stoccaggio di rifiuti liquidi inerti	Consentire, ove necessario, lo stoccaggio sicuro per periodi prolungati.
Piscina del combustibile esaurito	Contenere il combustibile scaricato con il margine di sicurezza richiesto
interfaccia di stoccaggio a secco	Fornire un percorso di transizione credibile laddove necessario
Carburante danneggiato	Fornire capacità di gestione dedicate
Confezione non conforme	Fornire capacità di quarantena/bonifica
Preparazione del trasporto	Consentire il carico e la spedizione in sicurezza
Registri	Mantenere l'identità del pacchetto per l'intero ciclo di vita
Disposizioni di emergenza	Affrontare eventi credibili relativi a rifiuti/stoccaggio
Capacità di espansione	Consentire ulteriore stoccaggio laddove il programma nazionale non rispetta le tempistiche.

I requisiti di progettazione per le centrali nucleari dell'AIEA stabiliscono esplicitamente che la gestione e lo stoccaggio in loco dei rifiuti radioattivi devono essere garantiti per un periodo **compatibile con la disponibilità della relativa opzione di smaltimento** .

Richiedono inoltre che la progettazione dell'impianto faciliti la movimentazione, l'imballaggio e il trasporto dei rifiuti.

Per l'Italia, l'espressione "in base alla disponibilità" non deve essere interpretata utilizzando la pianificazione più ottimistica relativa al deposito.

Dovrebbe utilizzare uno scenario prudente.

6.48.4 Il FOAK dovrebbe dimostrare l'indipendenza dalla puntualità del deposito

Il primo reattore di nuova costruzione in Italia comporterebbe un rischio istituzionale particolarmente elevato, poiché il nuovo programma per i reattori e il programma nazionale di manutenzione delle centrali si svilupperebbero simultaneamente.

Il FOAK dovrebbe quindi essere tenuto a dimostrare che il funzionamento sicuro non dipende da:

- esportazioni annuali di rifiuti a partire da una data prestabilita;
- Disponibilità immediata del National Repository;
- lo smaltimento geologico diventerà disponibile secondo un unico calendario centrale;
- accesso ininterrotto ai contenitori di trasporto;
- accettazione continua di ogni collo di rifiuti da parte dell'impianto a valle.

La valutazione della sicurezza dovrebbe includere un **caso credibile di indisponibilità del repository** .

Per esempio:

```
CASO NORMALE
Reattore → trattamento → stoccaggio → Deposito nazionale

CASO DI STRESS
Reattore → trattamento → stoccaggio
↓
RITARDO DI REPOSITION
↓
DEPOSITO IN LOCO PER UN PERIODO PROLUNGATO
↓
ISPEZIONE + GESTIONE DELL'INVECCHIAMENTO
↓
EVENTUALE TRASFERIMENTO FUORI SEDE
```

La durata esatta dovrebbe essere determinata da un'analisi della sicurezza, dalle politiche nazionali e dall'ottimizzazione economica, piuttosto che da un numero arbitrario.

Ma il principio dovrebbe essere vincolante:

Il ritardo nel deposito non deve trasformarsi in un'emergenza del reattore.

6.48.5 Lo stesso principio si applica al combustibile esaurito

Il carburante esaurito crea una versione ancora più grave del problema.

Il sito del reattore richiede la capacità di:

- scarico in sicurezza;
- raffreddamento della piscina;
- accumulo subcritico;
- schermatura;
- ispezione;
- gestione del carburante danneggiato;
- identificazione e misure di sicurezza;
- eventuale trasferimento in deposito asciutto, ove necessario;
- preparazione per il trasporto;
- recupero.

Le linee guida dell'AIEA indicano che il combustibile esaurito potrebbe necessitare di stoccaggio per periodi che vanno da mesi a **diversi decenni** e che l'incertezza sulla durata dello stoccaggio deve essere considerata nella progettazione dello stesso. Le funzioni fondamentali di sicurezza dello stoccaggio includono il contenimento, la sicurezza in caso di criticità, la rimozione del calore, la schermatura dalle radiazioni e la recuperabilità.

Di conseguenza, una licenza per un reattore non può logicamente basarsi sulla seguente proposizione:

"A quell'ora il combustibile esaurito avrà già lasciato il sito."

Si tratta di un'ipotesi di pianificazione.

Non si tratta di una funzione di sicurezza.

6.48.6 L'esperienza già maturata dall'Italia dimostra l'importanza dello stoccaggio temporaneo

Il programma nucleare italiano, risalente al passato, fornisce di per sé una prova concreta di questo problema.

Sogin continua a costruire, ricostruire e ammodernare impianti di stoccaggio temporaneo dei rifiuti presso i siti nucleari dismessi, in attesa del futuro trasferimento al Deposito Nazionale.

A Trino, ad esempio, Sogin ha completato la ricostruzione civile di un edificio temporaneo per lo stoccaggio di rifiuti radioattivi nel gennaio 2026, specificamente per ospitare i rifiuti derivanti dallo smantellamento, sia quelli esistenti che quelli futuri, in attesa del loro eventuale trasferimento al Deposito Nazionale, una volta che questo sarà disponibile.

Questa è una lezione fondamentale in materia di politica.

Le infrastrutture temporanee possono rendersi necessarie per un periodo di tempo molto più lungo di quanto inizialmente previsto.

I nuovi reattori dovrebbero quindi essere progettati fin dall'inizio in modo da evitare interventi di ammodernamento d'emergenza decenni dopo.

Requisiti governativi

Le specifiche di appalto FOAK dovrebbero indicare:

La disponibilità del Deposito Nazionale o di qualsiasi futuro impianto di smaltimento geologico non deve essere considerata una funzione di sicurezza immediata necessaria per la gestione sicura e continuativa dei rifiuti o del combustibile esaurito presso il sito del reattore.

L'operatore dovrebbe invece dimostrare di possedere le seguenti qualità:

capacità + attrezzature + monitoraggio + recuperabilità + opzioni di espansione

per gestire ritardi credibili a valle.

Il National Repository dovrebbe ridurre la frammentazione dell'archiviazione a livello nazionale.

Non dovrebbe essere utilizzato per nascondere una progettazione inadeguata dello stoccaggio presso il sito del reattore.

6.49 La capacità delle piscine di stoccaggio del combustibile esaurito non dovrebbe essere progettata in base a date di deposito ottimistiche.

La capacità delle piscine di stoccaggio del combustibile esaurito è uno degli ambiti in cui un piano nazionale ottimistico per lo smaltimento dei rifiuti può insinuarsi silenziosamente nella progettazione dei reattori.

L'Italia dovrebbe impedire che ciò accada.

Le piscine di stoccaggio del combustibile esaurito sono progettate principalmente per fornire:

- raffreddamento;
- schermatura;
- subcriticità;
- gestione del carburante;
- deposito temporaneo dopo lo scarico.

Non dovrebbero diventare sostituti a tempo indeterminato di una strategia nazionale per lo smaltimento del combustibile esaurito.

Ma non dovrebbero essere dimensionate nemmeno partendo dal presupposto che il carburante lascerà il sito secondo una tempistica precisa che il governo non può garantire con decenni di anticipo.

Il principio di progettazione corretto è:

L'impianto deve mantenere un margine sufficiente per la gestione del combustibile esaurito anche in caso di ritardo del programma nazionale a valle.

I requisiti di progettazione dell'AIEA prevedono già che i sistemi di stoccaggio del combustibile irradiato debbano essere in grado di contenere, con un margine adeguato, il combustibile rimosso in base alla strategia di gestione del nocciolo prevista e alla quantità di combustibile contenuta in un nocciolo di reattore pieno. La progettazione deve inoltre facilitare l'eventuale rimozione e la preparazione per il trasporto fuori sede.

6.49.1 Perché le date di archiviazione sono strutturalmente incerte

Una strategia per il combustibile esaurito coinvolge istituzioni i cui programmi non sono controllati dal gestore del reattore.

La catena può includere:

```
FUNZIONAMENTO DEL REATTORE
↓
SCARICO DEL COMBUSTIBILE ESAURITO
↓
RAFFREDDAMENTO PISCINA
↓
DEPOSITO ASCIUTTO
↓
TRASPORTO
↓
DEPOSITO CENTRALE TEMPORANEO
↓
RIELABORAZIONE
O
SMALTIMENTO GEOLOGICO
```

Ogni freccia può dipendere da:

- un'altra licenza;
- un'altra struttura;
- un altro operatore;
- un'altra decisione regolamentare;
- un'altra tecnologia;
- un'altra consultazione pubblica;
- un'altra via di trasporto;
- un'altra decisione di finanziamento governativo.

La probabilità che ogni fase rispetti la prima pianificazione pubblicata per sessant'anni non costituisce quindi una base ingegneristica adeguata.

6.49.2 La progettazione della piscina dovrebbe preservare la flessibilità operativa

Una piscina che raggiunge la saturazione può influire sul funzionamento del reattore.

Se non sono disponibili posizioni di stoccaggio sufficienti, l'operatore potrebbe perdere flessibilità per:

- scaricare un core completo;
- effettuare interventi di manutenzione straordinaria;
- rimuovere il carburante difettoso;
- gestire condizioni anomale del carburante;
- Effettuare il rifornimento di carburante secondo il programma previsto.

La capacità della piscina ha quindi un valore che va oltre lo stoccaggio dei normali scarichi annuali.

Una revisione del progetto in Italia dovrebbe esaminare esplicitamente:

1. normale inventario di rifornimento;
2. capacità di riserva;
3. Capacità di offload completa del core;
4. Posizioni del carburante danneggiato;
5. postazioni di ispezione;
6. margine per l'esportazione ritardata di carburante;
7. tempistiche di messa in funzione dei magazzini a secco;
8. possibilità di ampliare la capacità di stoccaggio a secco;
9. Capacità di movimentazione e trasferimento tra sistemi di piscina e di stoccaggio a secco;
10. implicazioni a lungo termine di un maggiore consumo di carburante o di una gestione modificata del combustibile.

Tabella 6.49-A — Scenari di pianificazione del combustibile esaurito richiesti per l'ottenimento della licenza italiana

Scenario	Domanda da dimostrare
Caso base	È possibile effettuare il rifornimento di carburante normalmente durante l'intero ciclo operativo?
Offload completo del core	È possibile scaricare in sicurezza l'intero nocciolo del reattore, se necessario?
Esportazione ritardata di 5 anni	È disponibile una capacità di stoccaggio a secco/piscina sufficiente?
Esportazione ritardata di 10 anni	È possibile continuare l'attività senza ricorrere a costruzioni d'emergenza?
Deposito centrale non disponibile	Il carburante può rimanere in sicurezza sul posto?
Ritardo nella messa in funzione del deposito a secco	È stato mantenuto un margine di sicurezza sufficiente?
Contenitore per il trasporto non disponibile	È possibile conservare in sicurezza il carburante accumulato?
Il programma di archiviazione è stato ritardato di decenni	Esiste una strategia di stoccaggio a lungo termine tecnicamente valida?
Ritrovato carburante danneggiato	È disponibile una capacità di stoccaggio/movimentazione dedicata?
Prolungamento della durata di vita delle piante	Il sistema di stoccaggio del combustibile esaurito è in grado di gestire l'inventario aggiuntivo?
Chiusura anticipata dell'impianto	È possibile gestire l'intero inventario finale e residuo?

Il punto non è che ogni evento si verificherà.

Il punto è che la capacità di stoccaggio è economica da pianificare in fase di progettazione dell'impianto, ma potenzialmente difficile e costosa da recuperare una volta che il sito è diventato inutilizzabile.

6.49.3 Il deposito per la piscina e il deposito a secco dovrebbero costituire un unico sistema integrato

Il confronto degli acquisti non dovrebbe valutare la piscina separatamente dallo stoccaggio a secco.

Per le tecnologie in cui lo stoccaggio a secco è tecnicamente appropriato, è necessario dimostrare l'intera catena:

```
NUCLEO
↓
PISCINA DI COMBUSTIBILE ESAURITO
↓
PERIODO DI RAFFREDDAMENTO
↓
TRASFERIRE
↓
SISTEMA DI STOCCAGGIO A SECCO
↓
MONITORAGGIO A LUNGO TERMINE
↓
RECUPERO
↓
TRASPORTO
↓
RIGENERAZIONE O SMALTIMENTO
```

Il sistema di stoccaggio a secco deve essere valutato in base ai seguenti criteri:

- compatibilità del carburante;
- limiti di consumo;
- limiti del calore di decadimento;
- controllo della criticità;
- schermatura;
- confinamento;
- prestazioni sismiche;
- allagamento;
- temperatura estrema;
- invecchiamento;
- corrosione;
- ispezionabilità;
- recuperabilità;
- sostituzione/reimballaggio;
- compatibilità di trasporto.

L'AIEA identifica espressamente **la recuperabilità** come una funzione fondamentale per la sicurezza dello stoccaggio del combustibile esaurito.

Ciò diventa particolarmente importante se il periodo di stoccaggio si prolunga oltre quanto inizialmente previsto.

Un contenitore per combustibile esaurito che può rimanere fermo in sicurezza per decenni, ma che non può essere successivamente ispezionato, recuperato, reimballato o trasportato, creerebbe un grave problema a valle.

6.49.4 I sistemi a duplice scopo meritano un esame particolarmente attento

Laddove tecnicamente e legalmente appropriato, l'Italia dovrebbe esaminare sistemi in cui lo stesso contenitore o la stessa architettura di imballaggio compatibile possa supportare più di una fase della catena di gestione del carburante.

Per esempio:

```
CARICO DEL REATTORE
↓
BARATTOLO SIGILLATO
↓
DEPOSITO ASCIUTTO
↓
BORDO DA TRASPORTO
↓
DEPOSITO CENTRALE / FUTURO IMPIANTO
```

Ciò può potenzialmente ridurre:

- gestione del carburante;
- esposizione occupazionale;
- transizioni di pacchetto;
- operazioni di riconfezionamento;
- trasmissione dell'interfaccia.

Tuttavia, in fase di appalto non si dovrebbe presumere che un sistema di stoccaggio/trasporto "a duplice scopo" sia automaticamente accettabile per lo smaltimento geologico definitivo.

Le fasi di stoccaggio, trasporto e smaltimento presentano diversi livelli di sicurezza e differenti requisiti normativi.

Il governo dovrebbe pertanto distinguere attentamente tra:

compatibile con la memoria

compatibile con il trasporto

E

compatibile con lo smaltimento .

Si tratta di tre dichiarazioni separate.

6.49.5 L'espansione del pool non dovrebbe diventare la risposta predefinita

Se i programmi di deposito o stoccaggio a secco subiscono ritardi, la soluzione più semplice a breve termine può sembrare essere l'aumento della densità dei depositi.

Questa non dovrebbe diventare una strategia automatica.

L'archiviazione in pool ad alta densità può aumentare la dipendenza da:

- assorbitori di neutroni;
- controllo geometrico;
- raffreddamento;
- inventario idrico;
- prestazioni strutturali;
- procedure operative.

Il carico ottimale della piscina di stoccaggio del combustibile esaurito rientra quindi nell'ambito della valutazione di sicurezza, e non in una questione politica volta a posticipare il prossimo investimento in questo settore.

L'Italia dovrebbe attuare la transizione pianificata allo stoccaggio a secco – o un'altra soluzione definita a lungo termine – prima che il bacino raggiunga la saturazione operativa.

6.49.6 Ogni fornitore deve fornire un inventario completo del combustibile esaurito per un periodo compreso tra 60 e 80 anni.

L'approvvigionamento FOAK dovrebbe richiedere un modello di inventario del carburante anno per anno che mostri:

- nucleo iniziale;
- Requisiti di ricarica annuali;
- scarichi annuali di combustibile esaurito;
- inventario del parco;

- calore di decadimento;
- trasferimenti da magazzino a secco;
- inventario di magazzino a secco;
- campagne di trasporto previste;
- Scorte residue alla chiusura dello stabilimento.

Schema testuale: il modello di inventario del carburante richiesto

```
ANNO 0
NUCLEO INIZIALE
│
▼
ANNI 1–60+
RICARICA
│
▼
DIMISSIONI ANNUALI
│
▼
INVENTARIO DELLA PISCINA
│
      ├─── TRASFERIMENTO PREVISTO ──► DEPOSITO ASCIUTTO
│
└──── CASO DI RITARDO ──────────► OCCUPAZIONE AGGIUNTIVA DELLA
PISCINA
│
▼
MARGINE DI CAPACITÀ?
SÌ / NO
```

Il modello dovrebbe essere sottoposto a stress test rispetto a molteplici pianificazioni nazionali di back-end.

Non dovrebbe contenere una data di apertura del deposito, seguita dal presupposto che tutto il combustibile successivo scompaia come previsto.

6.49.7 L'esperienza storica dell'Italia si oppone direttamente alle ipotesi del just-in-time

L'attuale programma italiano di gestione dei rifiuti dimostra che i tempi di realizzazione delle scorie nucleari possono estendersi per molti anni oltre il momento in cui i rifiuti sono stati originariamente generati.

Questa storia non dimostra che la realizzazione di un futuro deposito debba necessariamente essere rimandata.

Dimostra qualcosa di più utile per l'ingegneria:

La possibilità di un lungo ritardo è plausibile.

Pertanto, il nuovo programma dovrebbe essere concepito in modo tale che un eventuale ritardo influisca sul finanziamento e sulla logistica, non sulla sicurezza nucleare.

La gerarchia dovrebbe essere:

```
PISCINA DI COMBUSTIBILE ESAURITO
↓
DEPOSITO A SECCO PROGRAMMATO
↓
DEPOSITO CENTRALE OPZIONALE
↓
RICICLO O SMALTIMENTO GEOLOGICO
non:
PISCINA DI COMBUSTIBILE ESAURITO
↓
DATA DI REPOSIZIONE PRESUNTA
↓
SCHEDE DATA
↓
PROGETTO DI DEPOSITO DI EMERGENZA
```

Implicazioni per gli appalti

Nessun reattore dovrebbe superare la fase finale di due diligence per l'approvvigionamento di un impianto in Italia senza una risposta completa alla seguente domanda:

"Dove si prevede che si trovi ogni singolo elemento di combustibile e in quale sistema di stoccaggio autorizzato, sia nello scenario di base che in caso di ritardi significativi a livello nazionale durante l'intero ciclo di vita dell'impianto?"

Se a questa domanda non è possibile rispondere, la proposta per il reattore non contiene ancora un piano completo del ciclo del combustibile.

6.50 La ricerca sullo smaltimento geologico dovrebbe iniziare prima che il FOAK produca combustibile esaurito

Il programma di smaltimento geologico rappresenta la componente infrastrutturale di più lunga durata della rinnovata strategia nucleare italiana.

Dovrebbe quindi iniziare tra i **primi** , e non tra gli ultimi, filoni di lavoro del programma.

L'apparente paradosso è importante.

Un primo reattore italiano, che entrerebbe in funzione alla fine degli anni 2030, non richiederebbe lo smaltimento geologico immediato del combustibile appena esaurito.

Il combustibile esaurito di norma rimane nelle piscine di raffreddamento per un certo periodo prima di poter essere gestito in modo appropriato, e tale gestione può includere lo stoccaggio a secco, il ritrattamento o lo smaltimento futuro, a seconda delle normative nazionali.

Ciò crea un apparente margine di tempo.

Non va confuso con l'assenza di urgenza.

Lo smaltimento geologico non è un impianto che può essere messo in funzione rapidamente una volta che i depositi di combustibile esaurito iniziano ad avvicinarsi alla capacità massima.

Le linee guida dell'AIEA affermano esplicitamente che lo sviluppo di un impianto di smaltimento geologico **può richiedere decenni** e dovrebbe procedere attraverso un processo graduale in cui la valutazione della sicurezza, le informazioni sul sito, la progettazione e le decisioni normative maturano in modo iterativo.

I progressi a livello internazionale hanno seguito esattamente questo schema. La tabella di marcia dell'AIEA per lo smaltimento geologico dei rifiuti entro il 2024 è stata sviluppata dopo decenni di programmi di ricerca nazionali e descrive un percorso che inizia con le politiche e la ricerca preliminare, per poi passare all'individuazione dei siti, alle autorizzazioni, alla costruzione, all'esercizio e alla chiusura.

L'Italia dovrebbe quindi separare due questioni:

Quando sarà necessario lo smaltimento geologico del primo combustibile esaurito?

E:

Quando deve iniziare il programma nazionale di smaltimento geologico?

La risposta alla seconda domanda dovrebbe arrivare molto prima.

6.50.1 Lo smaltimento geologico è un programma, non un progetto di costruzione.

Il repository fisico è solo una componente.

Prima dello scavo di un impianto definitivo, l'Italia dovrebbe sviluppare o confermare:

- politica nazionale in materia di combustibile esaurito;
- riciclaggio dei rifiuti;
- inventario di riferimento;
- ipotesi di smaltimento diretto contro ipotesi di riprocessamento;
- Requisiti relativi alla forma dei rifiuti;
- metodologia di vagliatura geologica;
- criteri regolamentari;
- responsabilità istituzionali;
- architettura di finanziamento;
- programmi di ricerca tecnica;
- set di dati geologici;
- modelli idrogeologici;
- concetti di barriera ingegnerizzata;
- materiali per contenitori;
- modelli di corrosione;
- modelli di trasporto dei radionuclidi;
- modelli termici;
- analisi di criticità;
- concetti di salvaguardia;
- misure di sicurezza;
- dati ambientali di base;
- capacità di ricerca sotterranea;
- modalità di partecipazione pubblica;
- processo di interazione tra comunità ospitante e comunità;
- Indagine sul sito;
- valutazione della sicurezza;
- custodia di sicurezza;
- licenze;
- pianificazione edilizia;
- criteri di accettazione dei rifiuti;
- piani operativi;
- concetto di chiusura;

- Conoscenze e documentazione successive alla chiusura.

Questa sequenza non può realisticamente iniziare quando il primo deposito a secco è prossimo alla saturazione.

Tabella 6.50-A — Catena indicativa di sviluppo dello smaltimento geologico

Fase del programma	Attività principale
Politica nazionale	Definire una strategia a lungo termine per il combustibile esaurito/i rifiuti
Architettura istituzionale	Definire le responsabilità di chi implementa, regola e governa.
Definizione di inventario	Determinare le quantità e le caratteristiche di riferimento dei rifiuti/combustibili esauriti
Studi concettuali	Valutare le opzioni geologiche e quelle relative alle barriere ingegnerizzate
screening nazionale	Individuare ambienti geologici potenzialmente idonei
Programma di ricerca e sviluppo	Materiali, idrogeologia, geochimica, trasporto termico e di radionuclidi
Indagine preliminare sul sito	Acquisire dati geologici specifici del sito
Selezione del sito candidato	Posizioni potenziali ristrette
Ricerca sotterranea	Verificare le ipotesi geologiche e ingegneristiche.
Caratterizzazione dettagliata	Definire parametri specifici per il sito
Valutazione preliminare di sicurezza	Fattibilità del test e principali incertezze
Conferma del sito	Stabilire l'idoneità del deposito
Domanda di licenza	Presentare la documentazione relativa alla sicurezza sul lavoro in cantiere.
Costruzione	Sviluppare una struttura sotterranea
Messa in servizio	Dimostrare sistemi e procedure
Deposito dei rifiuti	Avviare l'operazione
Monitoraggio	Verificare le ipotesi durante il funzionamento
Chiusura	Posizionare sigilli/barriere e interrompere le operazioni
Post-chiusura	sicurezza passiva a lungo termine

Le linee guida dell'AIEA in materia di smaltimento geologico descrivono lo sviluppo di un sito come un processo che si articola in pianificazione concettuale, screening regionale, indagine dettagliata del sito e conferma del sito stesso, supportato da prove geologiche, idrogeologiche e ambientali progressivamente più approfondite.

6.50.2 L'Italia non deve confondere il Deposito Nazionale con il deposito geologico

Questa distinzione deve rimanere esplicita in tutta la strategia nucleare.

L'attuale progetto del Deposito Nazionale si occupa principalmente dell'inventario italiano dei rifiuti radioattivi esistenti e dei futuri rifiuti a bassa attività.

Non costituisce di per sé la soluzione geologica definitiva per **lo** smaltimento di un futuro ingente quantitativo di combustibile nucleare esaurito o di scorie altamente radioattive.

L'attuale architettura progettuale di Sogin prevede lo smaltimento finale presso il Deposito Nazionale per i rifiuti a bassissima e bassa attività, mentre i materiali a media/alta attività saranno temporaneamente stoccati lì in attesa della loro destinazione finale.

Un rinnovato programma nucleare richiederebbe quindi all'Italia di rispondere a una questione di secondo ordine che non si risolve semplicemente completando l'attuale Deposito Nazionale:

Qual è la strategia definitiva per lo smaltimento del combustibile esaurito e dei rifiuti altamente attivi generati dal nuovo programma?

Possibili percorsi strategici potrebbero includere:

```
CICLO UNICO
Carburante esaurito
↓
Magazzinaggio
↓
smaltimento geologico
O:
RIPROCESSO / RICICLO
Carburante esaurito
↓
Rielaborazione
↓
Materiale recuperato ⟶ nuovo combustibile
↓
Rifiuti residui altamente attivi
↓
smaltimento geologico
```

Entrambe le situazioni richiedono, in definitiva, una soluzione a lungo termine per i materiali che non possono essere riciclati o immagazzinati all'infinito.

Il ritrattamento modifica quindi l'inventario dei materiali da smaltire.

Ciò non elimina le politiche di smaltimento geologico.

6.50.3 L'approvvigionamento dei reattori e la ricerca e sviluppo del deposito devono comunicare fin dall'inizio

La progettazione del deposito dipende dal tipo di rifiuto.

I rifiuti dipendono dal reattore e dal ciclo del combustibile.

I due programmi non possono quindi procedere in modo indipendente.

Ad esempio, i requisiti del repository possono variare in base a:

- geometria dell'assemblaggio del combustibile;
- arricchimento dell'uranio;
- consumo eccessivo;
- contenuto di plutonio;
- contenuto di attinidi minori;
- materiale di rivestimento;
- matrice del carburante;
- calore di decadimento;
- tempo di raffreddamento;
- caricamento del contenitore;
- strategia di riprocessamento;
- chimica dei rifiuti;
- materiale di imballaggio;
- requisiti di salvaguardia.

Questo crea un flusso di informazioni diretto:

```
SCELTA DEL REATTORE
↓
SCELTA DEL CARBURANTE
↓
CONSUMO / INVENTARIO
↓
CARATTERISTICHE DEL COMBUSTIBILE ESAURITO
↓
CALORE DI DECADIMENTO + RADIONUCLIDI
↓
CARICAMENTO DEL CONTENITORE
↓
SPAZIATURA DEL REPOSITORY
↓
DIMENSIONE DEL REPOSITORY
↓
COSTO + REQUISITI DEL SITO
```

Di conseguenza, l'elenco preliminare dei reattori dovrebbe già fornire al programma di smaltimento geologico dati di inventario circoscritti.

6.50.4 I reattori avanzati possono modificare, non eliminare, le questioni geologiche

I nuovi fornitori di reattori discutono spesso di:

- maggiore consumo di carburante;
- riciclaggio;
- ridurre i volumi di rifiuti;
- riduzione degli isotopi a lunga vita;
- cicli di combustibile chiusi.

Queste caratteristiche possono essere strategicamente importanti.

Ma dovrebbero essere valutati con parametri fisici precisi.

L'Italia dovrebbe richiedere confronti tra:

- massa di combustibile esaurito/TWh;
- volume di rifiuti trattati/TWh;
- attività totale/TWh;
- attività di lunga durata;
- calore di decadimento in momenti definiti;
- inventario fissile;
- profilo di radiotossicità;
- numero di confezioni;
- dimensioni del repository;
- periodo di isolamento richiesto;
- ritrattamento dei rifiuti;
- rifiuti secondari.

La riduzione degli sprechi non è un parametro adeguato per il governo.

Una tecnologia può produrre una minore **massa di rifiuti** generando al contempo materiale con caratteristiche diverse:

- Calore;
- attività;
- chimica;
- salvaguardie;
- confezione;
- Requisiti del repository.

Il programma geologico necessita quindi di dati di inventario specifici per la tecnologia con sufficiente anticipo per evitare di progettare un deposito basandosi su presupposti errati in merito ai rifiuti.

6.50.5 Le ricerche sotterranee dovrebbero iniziare mentre le opzioni di progettazione sono ancora aperte

Un programma nazionale non deve necessariamente prevedere la costruzione immediata di un laboratorio sotterraneo su vasta scala.

Ma l'Italia dovrebbe sviluppare l'accesso alle capacità di ricerca sotterranea ben prima di concedere le licenze per i depositi.

Ciò potrebbe comportare:

- partecipazione a strutture di ricerca sotterranee europee;
- programmi di ricerca bilaterali;
- impianti di prova geologici nazionali;
- programmi di perforazione;
- esperimenti di laboratorio;
- programmi di modellazione;
- studi sulla corrosione dei materiali;
- Test con barriere ingegnerizzate.

L'AIEA gestisce una rete internazionale di strutture di ricerca sotterranee proprio perché tali strutture forniscono prove pratiche e conoscenze necessarie per lo sviluppo di programmi di smaltimento geologico.

L'Italia può quindi sfruttare la fase iniziale per acquisire conoscenze prima di prendere decisioni irreversibili in merito all'ubicazione degli impianti.

6.50.6 La ricerca geologica precoce preserva le opzioni strategiche

Iniziare presto non significa scegliere subito il sito definitivo.

La distinzione è fondamentale.

Le prime fasi di ricerca possono esaminare molteplici ambienti geologici e molteplici strategie di gestione dei rifiuti.

Il programma può rimanere reversibile man mano che si accumulano nuove conoscenze.

```
Una possibile sequenza è:
Anni 2020 / Primi anni 2030
POLITICA NAZIONALE
+
MODELLAZIONE DELL'INVENTARIO
+
QUADRO NORMATIVO
+
RICERCA E SVILUPPO GENERICO
+
COLLABORAZIONE EUROPEA
↓
INIZIO/METÀ ANNI 2030
SCREENING GEOLOGICO REGIONALE
+
POZZI DI TRIVELLAZIONE
+
QUADRO DI RIFERIMENTO DELLA COMUNITÀ OSPITANTE
↓
FINE ANNI 2030 / ANNI 2040
INDAGINE SUL SITO DEL CANDIDATO
+
RICERCA SOTTERRANEA
+
CASO DI SICUREZZA SPECIFICO PER IL SITO
↓
FASE SUCCESSIVA
CONFERMA DEL SITO
+
LICENZE
+
COSTRUZIONE
```

Si tratta di una **logica di sequenziamento esemplificativa** , non di un programma italiano ufficiale.

Il principio fondamentale è che il lavoro deve iniziare prima che gli sprechi creino pressioni sulla pianificazione.

6.50.7 Il programma geologico dovrebbe essere protetto dalla volatilità politica legata al ciclo del reattore.

Uno dei modelli istituzionali più pericolosi sarebbe:

```
NUOVO GOVERNO NUCLEARE
↓
AVVIO DEL PROGRAMMA DEL REATTORE
↓
INIZIA LA RICERCA GEOLOGICA

PROSSIMO GOVERNO
↓
CAMBIAMENTI NEL DIBATTITO SUI REATTORI
↓
FERMATE DEL PROGRAMMA GEOLOGICO

GOVERNO SUCCESSIVO
↓
IL PROBLEMA DEL BACK-END PERSISTE
↓
IL PROGRAMMA RIAVVIA DA UNA BASE DEBOLE
```

Gli obblighi in materia di rifiuti restano validi anche in caso di modifiche alle politiche in materia di energia elettrica.

Il programma di smaltimento geologico dovrebbe pertanto essere concepito come **un'istituzione scientifica e di sicurezza nazionale di lunga durata** , e non semplicemente come un accessorio di un singolo ciclo di approvvigionamento di reattori.

La direttiva 2011/70/Euratom richiede che i programmi nazionali includano le attività di ricerca, sviluppo e dimostrazione necessarie per attuare soluzioni per il combustibile esaurito e i rifiuti radioattivi, unitamente a traguardi, tempistiche, costi, responsabilità e finanziamenti.

Ciò fornisce una solida base istituzionale per separare la ricerca a lungo termine sui rifiuti dai cicli politici a breve termine.

6.50.8 Il finanziamento dovrebbe iniziare con la prima generazione di entrate nucleari

Un nuovo programma nucleare dovrebbe stabilire il meccanismo di finanziamento per lo smaltimento definitivo prima dell'avvio dell'esercizio commerciale.

Il principio dovrebbe essere:

```
ENERGIA ELETTRICA GENERATA OGGI
↓
RESPONSABILITÀ PER RIFIUTI CREATA OGGI
↓
CONTRIBUTO FINANZIARIO OGGI
↓
RISORSE DISPONIBILI QUANDO NECESSARIO
non:
ENERGIA ELETTRICA GENERATA OGGI
↓
RESPONSABILITÀ PER I RIFIUTI
↓
IL FUTURO GOVERNO PAGA
```

Il quadro normativo di Euratom richiede risorse finanziarie adeguate per la gestione del combustibile esaurito e dei rifiuti radioattivi e applica il principio secondo cui i costi devono essere sostenuti da coloro che hanno generato il materiale.

L'architettura finanziaria italiana dovrebbe pertanto individuare, prima dell'entrata in vigore del FOAK:

- metodologia di contribuzione;
- Struttura del fondo a compartimenti stagni;
- istituzione responsabile;
- politica di investimento;
- ipotesi sull'inflazione;
- metodologia di responsabilità;
- rivalutazione periodica dei costi;
- Gestione degli sforamenti di budget;
- piani di emergenza relativi alla chiusura dello stabilimento;
- responsabilità in caso di insolvenza del gestore.

6.50.9 Il programma dovrebbe mantenere la possibilità di scelta tra smaltimento diretto e riciclaggio senza eludere la questione dello stato finale.

L'Italia non ha necessariamente bisogno di congelare ogni futura decisione sul ciclo del combustibile prima che venga ordinato il primo reattore.

I progressi futuri potrebbero modificare l'attrattività economica di:

- rielaborazione;
- riciclaggio del plutonio;
- reattori veloci;
- partizionamento;
- trasmutazione.

Ma la possibilità di scelta non può diventare una scusa per un rinvio indefinito.

Il programma geologico può essere progettato tenendo conto **dei limiti imposti dai rifiuti** .

Per esempio:

```
SCENARIO A
SMALTIMENTO DIRETTO DEL COMBUSTIBILE ESAUSTO

SCENARIO B
RIELABORAZIONE PARZIALE

SCENARIO C
STRATEGIA A CICLO CHIUSO / A REATTORE RAPIDO

↓

DOMANDA FREQUENTE:

QUALE MATERIALE È ANCORA NECESSARIO
ISOLAMENTO DEFINITIVO?
```

Ciò consente flessibilità tecnologica pur mantenendo un risultato finale credibile.

6.50.10 La decisione FOAK dovrebbe dare il via al programma geologico, non precederlo di decenni.

La versione più forte del principio politico è quindi la seguente:

L'Italia non dovrebbe autorizzare una nuova flotta di reattori lasciando lo smaltimento geologico come problema indefinito da rimandare a una futura generazione di governo.

Ciò non significa che un deposito geologico debba essere operativo prima del FOAK.

Sarebbe superfluo.

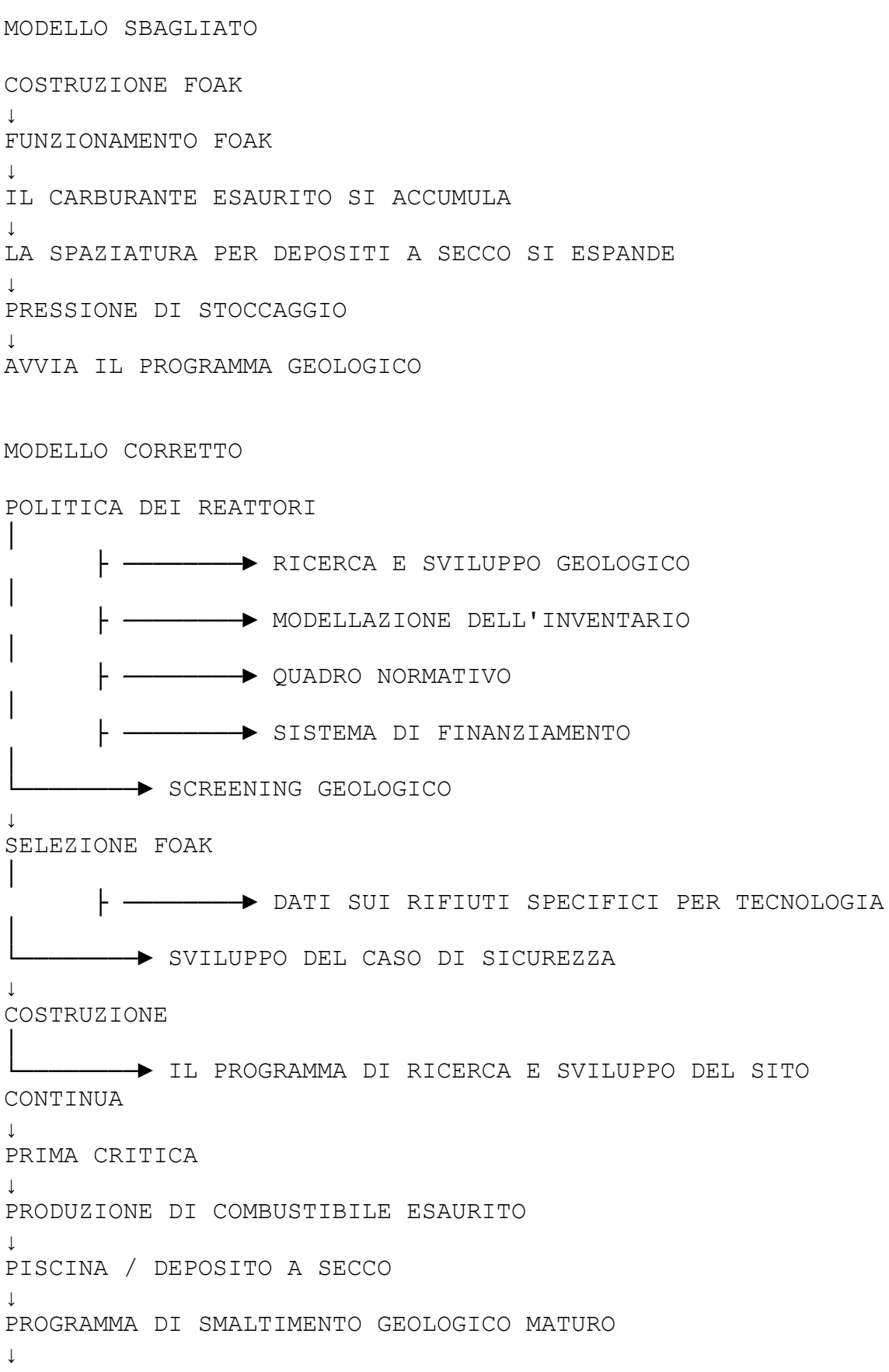
Ciò significa che prima che si creino nuove e significative passività relative al combustibile esaurito, l'Italia dovrebbe già possedere:

- una politica definita a lungo termine;
- un proprietario istituzionale;
- un regolatore;
- un modello di inventario;
- un meccanismo di finanziamento;
- un programma di ricerca e sviluppo;
- un programma di screening geologico;
- collaborazioni internazionali di ricerca;
- un processo indicativo di localizzazione;
- un quadro di riferimento per il coinvolgimento del pubblico;
- una tabella di marcia per lo sviluppo del dossier di sicurezza.

Tabella 6.50-B — Livello minimo di maturità del programma di smaltimento geologico in corrispondenza delle principali tappe fondamentali dei reattori

Traguardo fondamentale del programma nucleare	Livello di maturità del back-end richiesto
Finalista tecnologico	Stabiliti limiti per le scorte di carburante/rifiuti
Selezione del reattore	Confronto tra le opzioni di ciclo del combustibile a lungo termine
Selezione del sito	Interfacce di trasporto e stoccaggio dei rifiuti prese in considerazione
Inizia il processo di concessione delle licenze FOAK	Programma istituzionale di smaltimento geologico attivo
FID	Meccanismo di finanziamento istituito
Prima costruzione	Attività di ricerca e sviluppo e screening geologico in corso
Primo carico di carburante	Inventario a lungo termine integrato nel programma nazionale
Primo scarico del combustibile esaurito	Il percorso di stoccaggio è pienamente operativo.
Passaggio alla conservazione a secco	Percorso di smaltimento/riciclo in fase di sostanziale sviluppo
Espansione della flotta	Modello di capacità del repository aggiornato per l'intera flotta

Schema principale: la corretta relazione temporale



DISPOSIZIONE FINALE

Conclusione finale del governo — §§6.47–6.50

Questi quattro problemi costituiscono un unico problema interconnesso relativo alle infrastrutture nazionali.

La standardizzazione dei rifiuti determina quanti diversi:

- attrezzature;
- strutture;
- licenze;
- sistemi di trasporto;
- sistemi di movimentazione;
- sistemi di sorveglianza;

L'Italia deve mantenere.

La pianificazione in loco dei rifiuti determina se ciascun reattore è in grado di continuare a gestire le proprie responsabilità in caso di ritardi nelle infrastrutture nazionali.

Lo stoccaggio del combustibile esaurito determina se il funzionamento del reattore rimane resiliente in caso di modifiche al programma del ciclo del combustibile a valle.

La preparazione per lo smaltimento geologico determina se lo stoccaggio temporaneo rimane effettivamente temporaneo o se si trasforma in una soluzione permanente.

La catena completa è quindi:

```
TECNOLOGIA DEL REATTORE
↓
CARATTERISTICHE DEI RIFIUTI
↓
STANDARDIZZAZIONE
↓
GESTIONE IN LOCO
↓
DEPOSITO PER PISCINA
↓
DEPOSITO ASCIUTTO / TEMPORANEO
↓
TRASPORTO
↓
DEPOSITO/TRATTAMENTO NAZIONALE
↓
SMALTIMENTO GEOLOGICO
```

Un guasto in qualsiasi fase a valle finisce per propagarsi a monte.

Ciò crea il principio centrale degli appalti:

L'Italia dovrebbe selezionare i reattori non solo in base all'efficienza con cui producono energia elettrica, ma anche in base alla coerenza con cui i loro rifiuti possono essere integrati in un sistema nazionale che deve rimanere sicuro, autorizzabile, trasportabile, recuperabile, finanziabile e, in ultima analisi, smaltibile per periodi che si estendono ben oltre la vita operativa del reattore stesso.

Le implicazioni per la prima flotta nazionale sono significative.

Un gran numero di tecnologie di reattori non correlate tra loro potrebbe ridurre la dipendenza da un singolo fornitore.

Ma può moltiplicarsi simultaneamente:

sistemi di alimentazione + flussi di rifiuti + famiglie di imballaggi + sistemi di stoccaggio + certificazioni di trasporto + specializzazioni degli enti regolatori + interfacce geologico-smaltimento.

Per la prima flotta, la diversità tecnologica dovrebbe quindi essere vincolata da un secondo requisito:

comunanza del back-end.

L'Italia dovrebbe privilegiare le tecnologie che massimizzano il valore del sistema elettrico e industriale **senza creare infrastrutture parallele superflue per la gestione dei rifiuti** .

L'obiettivo strategico a lungo termine dovrebbe essere semplice:

Non si dovrebbe procedere all'acquisto di un reattore di cui non sia possibile descrivere l'intero percorso di smaltimento dei rifiuti prima dell'inizio della costruzione.

6.51 La condizione tassonomica del 2050 rende la pianificazione geologica economicamente rilevante già ora

Come illustrato nel Capitolo 1, la tassonomia UE per la finanza sostenibile prevede l'applicazione di condizioni relative alla gestione dei rifiuti agli investimenti nucleari ammissibili, tra cui un piano dettagliato per un impianto di smaltimento di rifiuti altamente radioattivi, destinato a entrare in funzione entro **il 2050** nell'ambito del quadro di valutazione tecnica applicabile.

Pertanto, il programma italiano di smaltimento geologico non è un problema che si porrà solo nella seconda metà del secolo.

Può influenzare:

- idoneità tassonomica;
- due diligence degli investitori;
- costo del finanziamento;
- Progettazione degli aiuti di Stato;
- credibilità della definizione di “nucleare sostenibile”.

Un nuovo programma di costruzione avviato prima che l'Italia disponga di una tabella di marcia geologica credibile rischia di anteporre le ambizioni di finanziamento alla struttura di gestione dei rifiuti necessaria a supportarle.

6.52 Il deposito è necessario anche per la medicina e l'industria

che circa **il 40%** del volume totale previsto per il repository derivi da:

- medicina nucleare;
- industria;
- ricerca scientifica.

Questo ha rilevanza politica.

Il Deposito Nazionale non può essere presentato in modo accurato come un'infrastruttura necessaria solo a causa di un possibile ritorno all'energia nucleare.

L'Italia ha bisogno di una soluzione nazionale per i rifiuti radioattivi **anche se non verrà mai costruito un nuovo reattore** .

Al contrario, una nuova flotta di reattori amplia un fabbisogno infrastrutturale nazionale già esistente.

Questa distinzione dovrebbe essere centrale nell'informazione pubblica.

6.53 I rifiuti preesistenti esistono indipendentemente dalla decisione politica del 2026

Le passività esistenti sono state create decenni fa.

Se l'Italia:

- costruisce 20 SMR;
- costruisce un FOAK;
- o non costruisce alcun nuovo reattore,

deve comunque riuscire a:

- Trino;
- Caorso;
- Latina;
- Garigliano;
- EUREX;
- ITREC;
- Casaccia;
- Bosco Marengo;
- Ispra-1;
- residui di riprocessamento restituiti;
- rifiuti medici/industriali/di ricerca in corso.

Il dibattito sui repository non dovrebbe quindi diventare analiticamente dipendente dal dibattito sulle nuove costruzioni.

L'Italia ha già bisogno delle infrastrutture.

6.54 Il legame politico non può tuttavia essere ignorato

La separazione legale non implica la separazione politica.

L'opposizione pubblica ai nuovi reattori si rafforzerà se lo Stato non avrà risolto la questione del programma di gestione dei rifiuti ereditato dal precedente.

Un cittadino può ragionevolmente chiedere:

Perché un territorio dovrebbe accettare una nuova produzione di materiale radioattivo quando lo Stato non ha ancora costruito il deposito promesso per il programma precedente?

Si tratta di un problema di consenso sociale anche laddove non vi sia alcun obbligo di legge che imponga al Deposito Nazionale di essere operativo prima che possa essere presa in considerazione una licenza per la costruzione di un reattore.

Pertanto, il repository non è necessariamente un **prerequisito legale formale** per ogni nuova fase di sviluppo.

Si tratta di un **elemento fondamentale per la credibilità del programma** .

6.55 Finanziamento pregresso attuale: il contribuente si fa carico del programma storico

La decisione normativa dell'ARERA del 2025 conferma che, a partire dal **2023** , i costi derivanti dal passato del nucleare hanno cessato di essere finanziati direttamente attraverso le tariffe a carico degli utenti di energia elettrica e sono diventati oneri a carico diretto del **bilancio statale** .

ARERA ha mantenuto le proprie responsabilità in materia di rilevazione dei costi e controllo dell'efficienza.

Questa tassazione ha cambiato chi ne percepisce il costo.

Ciò non ha fatto scomparire il costo.

Le spese pregresse ora competono, nell'ambito delle finanze pubbliche, con:

- assistenza sanitaria;
- infrastrutture;
- difesa;
- istruzione;
- altri programmi energetici.

Lo Stato dovrebbe pertanto pubblicare le passività nucleari relative all'intero ciclo di vita in una forma che impedisca che i costi di stoccaggio e smantellamento diventino occulti all'interno della spesa generale.

6.56 La nuova costruzione non deve riprodurre lo stesso trasferimento intergenerazionale

Lo scopo delle disposizioni di garanzia dell'operatore per il 2026 dovrebbe essere quello di impedire che le generazioni future ereditino un altro programma di smantellamento senza finanziamenti.

Il nuovo proprietario di un reattore dovrebbe accumulare risorse sufficienti mentre l'impianto genera entrate.

La regola fondamentale dovrebbe essere:

La generazione che riceve l'elettricità dovrebbe finanziare i costi relativi ai rifiuti e allo smantellamento degli impianti generati dalla sua produzione.

Ciò è economicamente coerente con l'articolo 9 della direttiva 2011/70/Euratom, che richiede risorse finanziarie adeguate tenendo conto della responsabilità dei produttori.

6.57 L'insolvenza dell'operatore deve essere pianificata per

Un reattore può funzionare per 60-80 anni.

Il suo proprietario aziendale potrebbe non farlo.

Pertanto, un fondo di smantellamento non può essere semplicemente una voce contabile nel bilancio dell'operatore.

Dovrebbe rimanere disponibile se l'azienda:

- ristrutturazioni;
- viene acquisito;
- entra in procedura di insolvenza;
- cessa le attività commerciali.

Le possibili forme di protezione includono:

- fondi statutari separati;
- amministratori fiduciari esterni;
- norme sugli investimenti supervisionate dal governo;
- prove periodiche di adeguatezza;

- ricariche obbligatorie.

[U]

La questione deve essere risolta con i decreti definitivi prima del rilascio delle licenze.

6.58 La chiusura anticipata è il principale stress test di finanziamento

Un fondo calibrato su 60 anni di produzione può risultare sottofinanziato se un impianto chiude dopo:

- 10 anni;
- 20 anni;
- costruzione ma prima della piena operatività commerciale.

La struttura di finanziamento necessita pertanto di una garanzia nelle fasi iniziali.

Altrimenti lo Stato diventa di fatto assicuratore di ultima istanza.

Un test di stress adeguato dovrebbe simulare:

1. normale funzionamento per 60 anni;
2. Chiusura per 40 anni;
3. Chiusura per 20 anni;
4. chiusura immediatamente dopo la messa in funzione di importanti impianti nucleari;
5. insolvenza dell'operatore.

6.59 I costi di smaltimento geologico devono essere contabilizzati prima che esista un deposito geologico

Un errore contabile comune sarebbe quello di rimandare gli accantonamenti per lo smaltimento geologico fino a quando non viene selezionato un sito.

Ciò sottostimerebbe il costo economico dell'elettricità prodotta prima della selezione.

L'approccio corretto consiste nel raccogliere denaro a fronte di una **passività futura stimata** , con revisioni periodiche man mano che il programma si sviluppa.

Questa è la logica finanziaria standard tra generazioni.

L'incertezza sui costi del repository è un argomento a favore di un ricalcolo periodico.

Non è un argomento a favore di una previsione zero.

6.60 Chi dovrebbe pagare cosa

Un'allocazione difendibile separerebbe le passività come segue.

Responsabilità	Pagatore principale
Dismissione di reattori storici	Quadro di riferimento preesistente relativo all'eredità statale
Residui storici di combustibili/riprocessamento	Quadro di riferimento preesistente dello Stato/Sogin
Rifiuti medici/industriali/di ricerca attuali	Generatori soggetti agli accordi tariffari applicabili + meccanismi infrastrutturali nazionali
Rifiuti operativi del nuovo reattore	Nuovo gestore del reattore
Nuovo deposito temporaneo per il combustibile esaurito	Nuovo gestore del reattore
Dismissione di un nuovo reattore	Nuovo gestore del reattore
Capacità incrementale del National Repository richiesta dalla nuova costruzione	Nuovi operatori di reattori
Capacità incrementale di smaltimento geologico derivante da nuove costruzioni	Nuovi operatori di reattori
Controlli normativi attribuibili alla nuova costruzione	Operatori laddove la legislazione lo preveda
Sviluppo delle politiche / funzioni istituzionali sovrane	Stato

[U]

Lo Stato può scegliere di sovvenzionare parte di questi costi per ragioni di politica energetica.

In tal caso, tale supporto dovrebbe essere registrato esplicitamente anziché essere nascosto nella contabilità dei rifiuti.

6.61 La tariffazione dei depositi dovrebbe riflettere il carico radiologico, non solo i metri cubi

Un sistema di tariffazione dei rifiuti basato esclusivamente sul rapporto €/m^3 sarebbe semplice, ma potenzialmente distorsivo.

Un metro cubo di rifiuti a bassissima velocità non è economicamente equivalente a un metro cubo di rifiuti ad alta attività vetrificati.

Un sistema tariffario equo dovrebbe considerare una combinazione di fattori:

- volume;
- attività;
- produzione di calore;
- tipo di confezione;
- inventario degli isotopi a lunga vita;
- durata di conservazione richiesta;
- gestire la complessità;
- percorso di smaltimento finale.

[U]

Ciò è particolarmente importante se il deposito alla fine accetterà rifiuti provenienti da diverse tecnologie di reattori.

6.62 Il programma italiano richiede un unico conto consolidato dei materiali radioattivi

Lo Stato dovrebbe essere in grado di rispondere, annualmente:

- quanta spazzatura esiste;
- dov'è;
- di quale categoria si tratta;
- se è condizionato;
- di chi è il proprietario;
- chi lo paga;
- qual è la sua destinazione finale;
- quale capacità rimane in ogni negozio.

Il sistema AIGOR di Sogin è una componente importante di tale architettura, ma il futuro sistema nazionale dovrà integrare anche:

- generatori non-Sogin;
- nuovi operatori;
- combustibile esaurito;
- residui importati/riportati;
- eventuali pacchetti per lo smaltimento geologico.

Un programma nucleare nazionale privo di un unico rendiconto del ciclo di vita dei materiali sarebbe incompleto sia dal punto di vista fiscale che operativo.

6.63 Fasi decisionali prima dell'autorizzazione di un FOAK italiano

Prima che lo Stato autorizzi l'avvio irreversibile di un nuovo reattore, il programma di gestione dei rifiuti deve soddisfare almeno le seguenti condizioni minime.

Porta W1 — Archivio nazionale

Esiste un percorso legalmente credibile che prevede:

- Procedura finale della CNAI;
- percorso ospite selezionato;
- programma;
- finanziamento.

Il repository non deve necessariamente essere già operativo, ma un processo di localizzazione indefinito e non definito è insufficiente.

Cancello W2 — Residui restituiti

L'Italia ha un piano autorizzato per:

- Residui francesi;
- Residui nel Regno Unito;
- botti da trasporto;
- deposito temporaneo.

Cancello W3 — Smaltimento geologico

Esiste un programma formalmente approvato che identifica:

- percorso nazionale;
- percorso internazionale;
- termini per le decisioni;
- Ricerca e sviluppo;
- finanziamento.

Gate W4 — Nuovo dossier sui rifiuti del reattore

Il fornitore del reattore selezionato fornisce l'inventario del ciclo di vita.

Gate W5 — Strategia per il combustibile esaurito

Il governo decide se la politica di base è:

- smaltimento diretto;
- rielaborazione;
- o un'opzione duale formalmente mantenuta.

Gate W6 — Finanziamento dell'operatore

La struttura di finanziamento/garanzia separata è legalmente operativa.

Gate W7 — Capacità del repository

La capacità incrementale di smaltimento dei rifiuti derivante da nuove costruzioni viene contabilizzata separatamente dalla capacità preesistente.

Il fallimento di questi passaggi non implica necessariamente l'esclusione di tutte le attività di ingegneria preparatoria.

Dovrebbe vietare una **decisione irreversibile di finanziamento FOAK sostenuta dallo Stato** .

6.64 I rifiuti dovrebbero essere inseriti nella gara d'appalto tecnologica come criterio di valutazione

Una futura gara d'appalto per un reattore non dovrebbe limitarsi a valutare:

- SPESE IN CAPITALE;
- programma;
- efficienza elettrica;
- Contenuti in italiano.

Dovrebbe inoltre ottenere il seguente punteggio:

- quantità di combustibile esaurito;
- carico termico;
- maturità per la conservazione a secco;
- botti già autorizzate;
- standardizzazione degli imballaggi per i rifiuti;
- compatibilità con lo smaltimento finale;
- materiali insoliti;
- prove di smantellamento;
- disponibilità del fornitore a garantire i dati relativi ai rifiuti.

Un reattore leggermente più costoso, ma con una infrastruttura di stoccaggio e smaltimento europea consolidata, potrebbe risultare più economico su un periodo di 100 anni rispetto a un reattore con minori spese in conto capitale (CAPEX) che richiede un nuovo combustibile e una nuova infrastruttura di smaltimento.

6.65 La “minimizzazione dei rifiuti” non deve diventare un sostituto dello “smaltimento dei rifiuti”.

I principi di classificazione italiani del 2015 richiedono che la produzione di rifiuti sia ridotta al livello più basso ragionevolmente possibile.

È appropriato.

Gli operatori dovrebbero perseguire:

- decontaminazione;
- sgombero dei materiali;
- riciclaggio;
- riduzione del volume;
- segregazione.

Ma la riduzione del volume è solo uno degli obiettivi.

Un pacchetto di rifiuti altamente concentrato e a lunga durata può occupare poco spazio, ma richiede isolamento geologico per migliaia di anni.

Pertanto, l'indicatore chiave di prestazione (KPI) del ciclo di vita dovrebbe includere:

- volume;
- attività;
- Calore;
- tutta la vita;
- disposizione finale.

6.66 La strategia di riprocessamento per una nuova flotta non dovrebbe essere ereditata automaticamente dalla vecchia flotta

Il programma storico italiano ha adottato il ritrattamento all'estero, in parte per rimuovere il combustibile dai siti dismessi e per supportare lo smantellamento.

Ciò non dimostra che il riprocessamento sia automaticamente la strategia ottimale per i futuri SMR.

Un nuovo programma dovrebbe confrontare:

Ciclo a passaggio singolo

Vantaggi:

- meno impianti del ciclo del combustibile;
- misure di sicurezza più semplici;
- maturità commerciale per i reattori ad acqua leggera (LWR).

Svantaggi:

- L'inventario completo del combustibile esaurito richiede lo smaltimento geologico.

Riprocessamento estero

Vantaggi:

- recupero di materiali riutilizzabili;
- Rifiuti condizionati restituiti;
- potenzialmente un volume fisico inferiore.

Svantaggi:

- costo;
- dipendenza dall'estero;
- trasporto;
- I residui ritornano comunque;
- È ancora necessario lo smaltimento geologico.

Ciclo chiuso domestico

Vantaggi:

- maggiore sovranità del ciclo del combustibile;
- potenziale utilizzo delle risorse.

Svantaggi:

- richiede impianti di riprocessamento/fabbricazione;
- salvaguardie/sicurezza del plutonio;
- complessità molto elevata in termini di capitale e regolamentazione.

Nessuna opzione è completamente priva di sprechi.

6.67 Il ritrattamento nazionale costituirebbe un secondo programma nucleare nazionale

La delegazione del 2026 apre legalmente la possibilità di realizzare impianti di fabbricazione e riprocessamento di combustibili in Italia.

Non dovrebbe essere considerata un'industria ausiliaria di secondaria importanza.

Un programma nazionale di riprocessamento/MOX richiederebbe:

- siti separati;
- valutazione ambientale separata;
- sistemi di sicurezza nucleare;
- salvaguardie;
- sistemi di gestione dei rifiuti liquidi e solidi;
- infrastruttura contabile del plutonio;
- forza lavoro specializzata;
- fondi aggiuntivi per lo smantellamento.

Si tratterebbe, di fatto, di un **secondo importante programma di infrastrutture nucleari,** da affiancare alla messa in opera dei reattori.

Per la prima flotta di reattori LWR-SMR, l'Italia non dovrebbe pertanto presumere il ritrattamento a livello nazionale, a meno che non sia supportato da una separata valutazione nazionale di costi-benefici e sicurezza.

6.68 Le politiche relative ai depositi e ai combustibili dovrebbero essere tecnologicamente neutrali, ma non cieche rispetto alla tecnologia.

Il principio di neutralità tecnologica sancito dalla legge non significa che ogni reattore imponga gli stessi requisiti in materia di rifiuti.

Una politica nazionale in materia di rifiuti dovrebbe, ove possibile, tenere conto di diverse famiglie tecnologiche.

Ma gli addetti agli appalti dovrebbero riconoscere che:

- Combustibile LEU per reattori ad acqua leggera;
- HALEU TRISO;
- HALEU metallico;
- combustibile per reattori veloci MOX

non sono intercambiabili dal punto di vista del back-end.

La neutralità tecnologica dovrebbe quindi significare:

stessi principi decisionali

non

ipotesi di spreco identiche.

6.69 Una strategia di flotta riduce la complessità del back-end

Se l'Italia schiera:

- BWRX;
- NUWARD;
- Xe-100;
- newcleo;
- Nazio

Allo stesso tempo, crea cinque diversi sistemi back-end.

Se l'Italia si standardizza attorno a una o due tecnologie, può standardizzare:

- carburante;
- botti;
- gestione;
- imballaggi dei rifiuti;
- formazione degli operatori;
- Interfacce del repository.

Questo è un altro motivo per cui la prima flotta dovrebbe avere una diversità tecnologica limitata.

6.70 Lo smantellamento deve essere previsto nella progettazione dell'impianto

Il lavoro dell'AIEA sui reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) pone sempre maggiore enfasi **sulla progettazione finalizzata allo smantellamento** .

Un reattore progettato per la sostituzione modulare e il facile accesso ai componenti può ridurre:

- dose per lavoratore;
- tempo di smontaggio;
- rifiuti secondari.

L'Italia dovrebbe richiedere ai venditori di dimostrare:

- schermatura rimovibile;
- strategia di segmentazione;
- inventario dei materiali;
- gestione a distanza;
- controllo della contaminazione;
- Strategia di rilascio del sito definitivo.

La gestione dei rifiuti inizia già in fase di progettazione del reattore.

Non dovrebbe iniziare 60 anni dopo.

6.71 Le passività relative ai rifiuti devono essere iscritte nel registro dei rischi del bilancio statale anche quando finanziate privatamente.

Anche laddove la responsabilità legale ricada su un operatore privato, lo Stato rimane esposto se:

- L'operatore fallisce;
- L'impianto di smaltimento è in ritardo;
- I fondi sono insufficienti;
- La sicurezza pubblica richiede un intervento.

Pertanto, MEF dovrebbe tenere un **registro separato delle passività nucleari contingenti** che identifichi:

- fondi dell'operatore;
- carenze di garanzia;
- impegni relativi al repository;
- Stime relative allo smaltimento geologico;
- Esposizione al fondo di garanzia statale.

Ciò non significa che lo Stato debba accantonare l'intera passività privata come debito pubblico.

Significa che il rischio deve essere visibile.

6.72 Il programma attuale dimostra già il costo di una discrepanza nella pianificazione.

La cronologia storica dell'Italia presenta una semplice incongruenza strutturale:

Il ritrattamento del combustibile è progredito più rapidamente rispetto alle infrastrutture nazionali per lo smaltimento.

Il risultato è:

- rifiuti trattati all'estero;
- obbligo di restituzione differito;
- costi di stoccaggio all'estero in corso;
- nuovo approvvigionamento di botti;
- negoziati intergovernativi in corso.

Una nuova flotta non dovrebbe ripetere quell'errore di sequenziamento.

Il luogo di destinazione finale dei rifiuti non deve necessariamente esistere fisicamente prima del primo caricamento del combustibile.

Ma il percorso, i finanziamenti e le tappe fondamentali dovrebbero esserlo.

6.73 Valutazione complessiva

Il problema dei rifiuti radioattivi in Italia è gestibile.

Il problema non è stato risolto.

Il paese possiede:

- un'azienda statale esperta nello smantellamento di impianti;

- capacità di trattamento dei rifiuti;
- pratiche regolamentari conformi agli standard internazionali;
- un concetto maturo per un archivio nazionale di superficie;
- un insieme identificato di 51 aree di localizzazione;
- un processo SEA attivo;
- inventari definiti di prodotti esteri riprocessati;
- Sono in corso le procedure di approvvigionamento fisico per il recupero dei residui ad alta concentrazione.

Si tratta di beni considerevoli.

Le questioni irrisolte sono altrettanto rilevanti.

L'Italia non possiede ancora:

- un archivio nazionale operativo;
- un sito di repository selezionato;
- un programma di costruzione autorizzato per quel deposito;
- un sito di smaltimento geologico definitivo;
- una strategia nazionale di smaltimento geologico aggiornata e pienamente approvata;
- Restituzione completata dei residui ad alto livello provenienti da Francia e Regno Unito;
- Rimozione e gestione completate di tutto il combustibile esaurito preesistente;
- una formula definita per l'imposta sui rifiuti di nuova costruzione o per il fondo di smantellamento.

Lo storico programma ha generato circa **1.864 tonnellate di combustibile esaurito** .

L'invio all'estero di circa il 99% per il ritrattamento ha ridotto le scorte interne di combustibile temporaneo e ha supportato lo smantellamento, ma non ha trasferito la responsabilità finale.

I residui condizionati stanno tornando.

Il contratto per l'acquisto di botti da 32 milioni di euro, aggiudicato il 24 settembre 2026, è la prova tangibile di questa realtà.

Il National Repository è quindi indispensabile, ma rappresenta solo una parte della soluzione.

La sua capacità di smaltimento a bassa attività, pari a circa **84.000 m^3, unitamente alla capacità di stoccaggio temporaneo ad alta attività, pari a 14.000 m^3,** rappresenta il passo mancante verso la centralizzazione a livello nazionale.

Non fornisce l'isolamento geologico definitivo necessario per i materiali più longevi d'Italia.

Questo è il divario intergenerazionale più importante.

Per la nuova flotta di reattori, lo Stato deve applicare una normativa più rigorosa di quella ereditata dal ventesimo secolo:

Nessuna tecnologia di reattore può essere considerata pienamente implementabile se non vengono identificati, prima che l'investimento diventi irreversibile, il combustibile, il combustibile esaurito, i rifiuti operativi, i rifiuti derivanti dallo smantellamento, lo stoccaggio temporaneo, lo smaltimento finale e il percorso di finanziamento.

Tale standard non impone all'Italia di risolvere ogni dettaglio di ingegneria geologica prima di selezionare un SMR.

Ciò richiede che il sistema di smaltimento dei rifiuti venga trattato come parte integrante del sistema del reattore.

Il programma dovrebbe quindi basarsi su cinque principi:

Innanzitutto, è necessario completare il ciclo di gestione dei dati preesistenti.
Il National Repository è un progetto necessario indipendentemente dalle nuove costruzioni e dovrebbe rimanere una priorità per le infrastrutture statali.

In secondo luogo, restituire e mettere in sicurezza i residui esteri.
Il programma Francia/Regno Unito deve essere rendicontato in modo trasparente come passività italiana continuativa.

In terzo luogo, è necessario sviluppare fin da ora un sistema di smaltimento geologico.
Lo stoccaggio temporaneo dovrebbe servire a guadagnare tempo, non a diventare la strategia definitiva per impostazione predefinita.

In quarto luogo, separare le passività relative alle nuove costruzioni dai contribuenti preesistenti.
I futuri gestori dovranno finanziare i propri obblighi di smantellamento, smaltimento dei rifiuti e del combustibile esaurito attraverso fondi protetti per l'intero ciclo di vita.

Quinto, selezionare la tecnologia con la sua parte terminale integrata.
Un SMR non può essere valutato unicamente come un reattore isolato. Il ciclo del combustibile e l'architettura di gestione dei rifiuti sono parte integrante del processo di appalto.

La conclusione più rilevante è dunque di natura istituzionale piuttosto che radiologica:

L'Italia non può inaugurare in modo credibile una seconda era nucleare continuando a considerare le infrastrutture per lo smaltimento come un problema che appartiene alla fine della prima.

I due programmi ora si sovrappongono.

Il modo in cui l'Italia risolverà questa sovrapposizione determinerà non solo la politica relativa ai depositi, ma anche la credibilità legale, fiscale e politica dell'intero programma di costruzione di nuovi depositi.

CAPITOLO 6 — REGISTRO DELLA SORGENTE DI CARICO

Classificazione italiana dei rifiuti radioattivi

G1 — Decreto interministeriale del 7 agosto 2015 — Classificazione dei rifiuti radioattivi. Stabilisce i principi italiani di classificazione e smaltimento dei rifiuti radioattivi di bassissima, bassissima e alta radioattività (VSLW/VLLW/LLW/ILW/HLW). Gazzetta Ufficiale — Decreto del 7 agosto 2015

G2 — MASE — testo ufficiale della classificazione dei rifiuti radioattivi del 7 agosto 2015.
MASE — Decreto sulla classificazione dei rifiuti radioattivi

Combustibile irradiato pregresso e riprocessamento estero

G3 — Sogin — Gestione del combustibile nucleare. Principale fonte ufficiale per l'inventario storico di combustibile per reattori di circa 1.864 tonnellate, riprocessamento estero al 99%, trasferimenti di circa 938 tonnellate nell'ambito di contratti in essere, le restanti circa 13 tonnellate e la restituzione dei residui condizionati. Sogin — Gestione del combustibile nucleare

G4 — Sogin — Residui di riprocessamento francesi e britannici. Francia: 15,4 m^3 di rifiuti altamente radioattivi vetrificati e 47,6 m^3 di residui metallici compattati; Regno Unito: circa 20 m^3 di rifiuti altamente radioattivi vetrificati a seguito di un accordo di sostituzione.

G5 — Sogin, 25 giugno 2026 — Stoccaggio a secco ITREC. Reincapsulamento di 64 elementi combustibili Elk River in due contenitori per lo stoccaggio a secco, in attesa della disponibilità presso il Deposito Nazionale.

G6 — Sogin, 24 settembre 2026 — Approvvigionamento di CASTOR HAW28M. Cinque botti da GNS; circa 32 milioni di euro; parte del programma franco-britannico di riprocessamento e restituzione dei residui.

L1 — Camera dei Deputati, 12 febbraio 2025 — risposta all'interrogazione 5-03541. Distinzione ufficiale tra costi di stoccaggio/gestione all'estero e spese storiche di ritrattamento/trasporto; circa 5 milioni di euro/anno per i contratti di stoccaggio/gestione in essere e 1,3942 miliardi di euro di spesa cumulativa di Sogin dal 1999.

L2 — Verbale del Senato — Tappe fondamentali dell'Accordo di Lucca. Registra la data di scadenza originaria del 31 dicembre 2025 per la restituzione.

L3 — Senato, luglio 2026 — verbale parlamentare sull'accordo francese rivisto in materia di stoccaggio. Il verbale riporta l'affermazione secondo cui l'accordo rivisto potrebbe estendere lo stoccaggio in Francia fino al 2040; in questo rapporto è trattato come prova parlamentare in attesa della revisione del relativo strumento bilaterale.

Sogin e il patrimonio nucleare pregresso

G7 — Sogin Group, Rapporto di sostenibilità 2024. Inventario dettagliato dei rifiuti radioattivi e stato di conservazione al 31 dicembre 2024.

G8 — Sogin Group, Bilancio 2025, approvato nell'agosto 2026. Programma nazionale di smantellamento completato al 47,7% al 31 dicembre 2025.

G9 — Sogin — missione aziendale e siti nucleari attuali. Quattro ex centrali commerciali, impianti del ciclo del combustibile, Ispra-1, CISAM/RTS-1 e responsabilità EURACOS.

G10 — Sogin — Gestione dei rifiuti. Caratterizzazione, trattamento, condizionamento, stoccaggio, trasferimento al Deposito Nazionale e sequenza greenfield.

Archivio nazionale e CNAI

G11 — Sogin — Parco Tecnologico e di Deposito Nazionale. Architettura del deposito di superficie; ~84.000 m^3 di smaltimento finale per rifiuti a bassissima e bassa attività (VLLW/LLW), ~14.000 m^3 di stoccaggio temporaneo per rifiuti a media e alta attività (ILW/HLW); ~98.000 m^3 di volume totale; suddivisione 60/40 tra nucleare, medico/industriale e di ricerca.

G12 — Sogin — Procedura di assegnazione del sito al repository. Conferma l'assenza di autocandidature, la prosecuzione del processo attraverso SEA, l'aggiornamento CNAI, il parere ISIN e il successivo processo di negoziazione.

G13 — MASE — elenco ufficiale proposto dalla CNAI. Elenco completo di 51 aree, incluse 21 aree di Viterbo.

G14 — Provincia di Viterbo, settembre 2026. Esame formale delle osservazioni integrative supportate da esperti presentate alla CNAI nell'ambito della procedura di Valutazione Ambientale Strategica (VAS).

G15 — Sogin, 30 giugno/1 luglio 2026 — Audizione al Senato. Conferma il raggiungimento del 47,7% di progressi nello smantellamento e **l'obiettivo del Deposito Nazionale entro il 2039** .

G16 — Sogin / ARERA, 7 agosto 2026. Il restauro del Deposito Nazionale procede dopo il completamento della documentazione di pianificazione richiesta.

Smaltimento geologico e revisione internazionale

I1 — Revisione ARTEMIS dell'IAEA sull'Italia. Smaltimento in superficie per VLLW/LLW; stoccaggio intermedio consolidato per ILW/HLW/combustibile esaurito; mancante percorso geologico definitivo; bozza di approccio duale nazionale/internazionale del 2023.

I2 — Rapporto annuale 2025 della piattaforma SMR dell'AIEA. Informazioni/esperienze attuali limitate sui rifiuti, il combustibile esaurito e lo smantellamento degli SMR; si prevedono flussi di rifiuti diversificati.

I3 — Piattaforma SMR dell'IAEA — Gestione dei rifiuti. Progettazione basata sulla gestione dei rifiuti e approccio del ciclo di vita per i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR).

I4 — IAEA — Progressi nello sviluppo di SMR. Gli SMR raffreddati ad acqua utilizzano generalmente approcci di back-end simili a quelli dei reattori ad acqua avanzati; i rifiuti altamente radioattivi/combustibile esaurito dichiarati come rifiuti richiedono lo smaltimento geologico profondo.

responsabilità finanziaria dell'UE e dell'Italia

L4 — Direttiva del Consiglio 2011/70/Euratom. Programmi nazionali, responsabilità dei produttori, risorse finanziarie adeguate, trasparenza e catena completa di gestione del combustibile esaurito/dei rifiuti.

L5 — DDL 1924 del Senato, Articolo 3(o). Garanzie finanziarie adeguate per l'intero ciclo di vita, con costi a carico degli operatori autorizzati, compresi eventuali fondi dedicati per lo smantellamento, i rifiuti radioattivi e il combustibile esaurito.

L6 — DDL 1924 del Senato, articoli 2–3. Regolamentazione futura della fabbricazione, riprocessamento, stoccaggio, smaltimento e smantellamento del combustibile.

G17 — Risoluzione ARERA 261/2025/R/eel. Dal 2023 i costi pregressi relativi al nucleare sono a carico diretto del bilancio statale; ARERA mantiene la supervisione del riconoscimento dei costi e dell'efficienza.

FINE DEL CAPITOLO 6

CAPITOLO 7 — IMPATTI SUL SISTEMA, SULL'AMBIENTE, SUI SISMICI E SULLA SICUREZZA

7.1 Risultati esecutivi

Una nuova flotta nucleare italiana non opererebbe come fonte isolata di energia elettrica di base. Entrerebbe in un sistema elettrico soggetto a simultanei cambiamenti strutturali: rapida penetrazione delle energie rinnovabili, pressione per la dismissione degli impianti termici obsoleti, diffusione dei sistemi di accumulo, espansione della domanda di elettricità tramite pompe di calore ed elettrificazione industriale, crescente richiesta di connessioni da parte dei data center, potenziamento dei corridoi di trasmissione nord-sud, nuovi collegamenti HVDC e crescente esposizione alla variabilità climatica.

Il valore di sistema dell'energia nucleare deve pertanto essere valutato considerando più dei soli terawattora annui o del costo livellato.

Un reattore può contribuire a:

- generazione programmabile a basse emissioni di carbonio;
- capacità affidabile;
- inerzia sincrona laddove collegata tramite un generatore-turbina sincrono convenzionale;
- Supporto di tensione e potenza reattiva;
- ridotta dipendenza dalla produzione di energia correlata alle condizioni meteorologiche;
- calore potenzialmente industriale;
- elettricità per la produzione di idrogeno;
- Alimentazione ad alto fattore di carico per data center e altri carichi continui.

Ma una flotta nucleare **non** elimina la necessità di:

- magazzinaggio;
- rinforzo della trasmissione;
- interconnettori;
- risposta alla domanda;
- equilibrio delle energie rinnovabili;
- riserva operativa;

- risorse di riavvio a freddo;
- capacità di formazione di griglie;
- resistenza alle condizioni meteorologiche estreme.

Tali requisiti cambiano in quantità e natura, anziché scomparire.

La Valutazione Nazionale dell'Adeguatezza delle Risorse Energetiche di Terna per il 2025 è particolarmente rilevante. I suoi scenari 2030-2035 non includono ancora una nuova flotta nucleare italiana, ma dimostrano il futuro problema di sistema in cui il nucleare si inserirebbe. Terna applica uno standard di adeguatezza di **tre ore di perdita di carico (Loss-of-Load-Expectation, LOLE) all'anno** e utilizza una modellazione probabilistica sensibile al clima. In uno scenario in cui tutta la capacità termica economicamente non redditizia viene dismessa, Terna stima oltre **150 ore LOLE nel 2030** e oltre **200 ore nel 2035** , anche dopo aver tenuto conto dello stoccaggio garantito tramite MACSE. Collega inoltre il deterioramento dell'adeguatezza tra il 2030 e il 2035 in parte alla maggiore domanda di picco derivante dall'elettrificazione, dalle pompe di calore e dai data center e rileva una continua e forte dipendenza dalle condizioni climatiche in un sistema ad alta quota di energie rinnovabili. **[G]**

Queste evidenze **non** dimostrano che il nucleare sia l'unica soluzione al problema dell'adeguatezza energetica italiana. Stabiliscono piuttosto che il sistema futuro richiederà quantità considerevoli di capacità affidabile, flessibilità e capacità di rete. Il nucleare è una delle possibili fonti che possono contribuire a soddisfare tale requisito.

Il clima rappresenta contemporaneamente un problema per la rete elettrica e per i siti dei reattori. L'ISPRA ha registrato un significativo deterioramento della disponibilità idrica in Italia nel corso del 2025 e una grave crisi idrica in alcune zone del sistema Po nell'estate del 2026, mentre il monitoraggio climatico europeo ha rilevato caldo e siccità eccezionali in alcune parti dell'Europa occidentale e meridionale. L'Agenzia per l'energia nucleare dell'OCSE ha documentato separatamente che ondate di calore, siccità, bassi livelli dei fiumi e alte temperature dell'acqua di raffreddamento possono limitare la produzione nucleare, a meno che gli impianti non siano progettati e gestiti per tali condizioni. **[G][S]**

Di conseguenza, la capacità del reattore non dovrebbe essere modellata come invariante rispetto al clima.

Un reattore da 300 MWe nominali non contribuisce automaticamente a fornire 300 MW di capacità di sistema affidabile durante ogni evento di stress. Il valore rilevante dipende da:

- probabilità di interruzione forzata;
- rifornimento programmato;

- disponibilità di acqua di raffreddamento;
- temperatura ambiente;
- connessione alla rete;
- rischi comuni del sito;
- se più moduli possono guastarsi simultaneamente.

Per quanto riguarda la sicurezza, la soglia legale è altrettanto rigorosa. L'attuazione da parte dell'Italia del regime di sicurezza nucleare Euratom richiede che i nuovi impianti nucleari siano progettati, localizzati, costruiti, gestiti e smantellati in modo da prevenire incidenti e mitigarne le conseguenze, in particolare evitando rilasci radioattivi precoci per i quali non sarebbe stato possibile attuare in tempo misure di protezione esterne e rilasci di grandi dimensioni che richiederebbero misure di protezione illimitate nello spazio o nel tempo. La legge italiana richiede inoltre **una difesa multilivello** e un'esplicita considerazione dei rischi estremi di origine naturale e di quelli involontari di origine antropica. **[L]**

Questo requisito si applica indipendentemente dalle dimensioni del reattore.

Un SMR può avere:

- un inventario radioattivo più piccolo per modulo;
- minore calore di decadimento;
- sicurezza passiva;
- strutture sotterranee;
- termini di origine di incidenti di minore entità per scenari specifici.

Nessuna di queste caratteristiche crea un presupposto legale secondo cui la pianificazione delle emergenze scompaia.

Le zone di pianificazione di emergenza devono essere giustificate in base alla progettazione effettiva, alla sorgente, al sito, all'analisi degli incidenti e alle conseguenze della dose al di fuori del sito. Il lavoro normativo internazionale riconosce che i SMR (Superconcentrati di radioattività) **possono** giustificare disposizioni di pianificazione di emergenza più ridotte in alcuni casi; non supporta una regola universale di zone di pianificazione di emergenza a zero.

L'Italia possiede già un sistema nazionale di emergenza radiologica/nucleare, ma il suo attuale piano nazionale è stato elaborato principalmente in relazione ad incidenti presso **centrali nucleari estere** e ad altri eventi radiologici che interessano l'Italia. Un reattore nucleare nazionale richiederebbe un piano di emergenza esterno specifico per il sito, ai

sensi del Decreto Legislativo 101/2020. La legge italiana prevede tale piano per gli impianti nucleari, attribuisce al Prefetto un ruolo centrale di pianificazione con la Regione, i comuni, i servizi sanitari, l'ARPA/APPA, i vigili del fuoco, le forze dell'ordine e il gestore, e vieta ai nuovi impianti che richiedono tale pianificazione di iniziare l'attività prima che i piani di emergenza siano stati approvati. Il piano deve essere rivisto almeno ogni tre anni ed esercitato periodicamente. **[L]**

La sicurezza aggiunge un ulteriore livello di licenza indipendente.

Il futuro impianto dovrà integrare:

- protezione fisica;
- prevenzione del sabotaggio;
- Protezione dalle minacce interne;
- controllo dei materiali;
- sicurezza informatica;
- sicurezza della catena di approvvigionamento;
- risposta alle emergenze.

L'Italia aderisce alla Convenzione sulla protezione fisica del materiale nucleare (CFPB) emendata e mantiene norme nazionali che regolano la protezione fisica degli impianti e del materiale nucleare. La digitalizzazione integra inoltre l'impianto nella più ampia architettura di cybersicurezza NIS2, pur mantenendo pienamente applicabili i requisiti di sicurezza informatica specifici per il settore nucleare.

Infine, l'attuale regime italiano di responsabilità civile nucleare **non è illimitato** . A seguito dell'attuazione delle convenzioni di Parigi e Bruxelles sulla responsabilità nucleare, la responsabilità generale degli operatori italiani è di **700 milioni di euro per incidente nucleare** , con i risarcimenti supplementari pubblici e internazionali previsti dal regime di Bruxelles che portano l'insieme dei risarcimenti garantiti ad almeno circa **1,5 miliardi di euro** . Importi legali inferiori possono essere applicati a specifici impianti e trasporti a basso rischio. **[L/G]**

Il ritorno alla produzione attiva di energia nucleare a fini commerciali solleva quindi un interrogativo politico che l'Italia non si era dovuta confrontare con la gestione di soli impianti di smantellamento e di ricerca: ovvero se l'attuale struttura di responsabilità legale e assicurativa rimanga adeguata per una nuova flotta di reattori o se debba essere modificata prima del rilascio della prima licenza.

La conclusione principale è che le motivazioni ambientali e di sicurezza a favore di un SMR italiano non possono essere ridotte alla semplice affermazione che "i nuovi reattori sono più piccoli e più sicuri".

La questione statale rilevante è:

Il reattore selezionato è in grado di mantenere un valore di sistema affidabile, un raffreddamento adeguato, una difesa multilivello, un funzionamento sicuro, la preparazione alle emergenze e una responsabilità assicurabile per l'intero ciclo di vita, nelle attuali condizioni della rete elettrica italiana, climatiche, sismiche, idrogeologiche e di sicurezza, per sessanta anni o più?

Questo è lo standard applicato di seguito.

7.2 Il problema del sistema elettrico italiano è l'adeguatezza, la flessibilità e la geografia della rete, non solo l'energia annua

In Italia, la transizione energetica sta progressivamente separando **la sufficienza energetica** dall'adeguatezza **della capacità** .

Un sistema energetico può generare una quantità sufficiente di elettricità rinnovabile all'anno, pur dovendo comunque affrontare ore critiche in cui:

- La produzione di energia solare non è disponibile;
- La produzione di energia eolica è bassa;
- Lo spazio di archiviazione è esaurito;
- Le importazioni sono soggette a restrizioni;
- Le unità convenzionali non sono disponibili;
- picchi di domanda.

Terna misura questo aspetto attraverso indicatori di adeguatezza probabilistici anziché tramite bilanci annuali di produzione.

La sua valutazione del 2025 mostra che i maggiori rischi di mancata fornitura di energia negli scenari futuri si concentrano in particolare in:

- ore serali;
- periodi invernali;
- alcuni periodi di picco della domanda estiva.

Identifica inoltre la necessità di accumulo per coprire l'elevato carico residuo serale quando la capacità termica diminuisce. **[G]**

È in questo contesto che la capacità nucleare può acquisire valore.

La produzione di energia nucleare non è correlata alle condizioni meteorologiche nello stesso modo della produzione fotovoltaica o eolica.

Può quindi ridurre il volume della domanda residua che deve essere soddisfatta da:

- magazzinaggio;
- gas;
- importazioni;
- risposta alla domanda.

Ma il confronto corretto va effettuato a livello di sistema.

Un reattore dovrebbe essere valutato rispetto a portafogli alternativi che potrebbero fornire un'affidabilità equivalente attraverso combinazioni di:

- energie rinnovabili;
- magazzinaggio;
- interconnessione;
- risposta alla domanda;
- generazione programmabile;
- CCS;
- importazioni ferme a basse emissioni di carbonio.

Tale analisi rientra in parte nel Capitolo 10, ma il requisito relativo al sistema fisico è già chiaramente illustrato qui.

7.3 Il credito di capacità non corrisponde alla potenza nominale del reattore.

Un errore analitico ricorrente è quello di considerare ogni megawatt di capacità nominale nucleare come un megawatt di capacità di adeguatezza garantita.

Il concetto corretto è **valore di capacità effettiva** .

Un'unità nucleare può non essere disponibile durante un periodo di stress del sistema a causa di:

- interruzione programmata;
- interruzione non pianificata;
- problema del ciclo del carburante;
- limitazione del raffreddamento;
- interruzione della trasmissione;
- pericolo naturale esterno.

Pertanto, il futuro modello italiano di adeguatezza dovrà calcolare il contributo nucleare in modo probabilistico.

A settembre 2026, Terna non disponeva di dati storici empirici sulle prestazioni dei nuovi reattori italiani da cui ricavare tale credito di capacità.

Un modello di flotta nazionale dovrebbe quindi utilizzare:

- dati internazionali di riferimento sulle interruzioni forzate;
- Presupposti specifici per il rifornimento di combustibile del reattore;
- Declassamento in base alle condizioni climatiche;
- Modellazione del sito a causa comune;
- Ipotesi conservative sulla disponibilità di FOAK.

[U]

Lo Stato non dovrebbe permettere che un modello di approvvigionamento presupponga un fattore di capacità annuale del 90-95% e poi traduca la stessa percentuale direttamente in capacità adeguata senza una modellazione probabilistica oraria.

Le due metriche rispondono a domande diverse.

7.4 Gli SMR possono ridurre la contingenza di singola unità, ma i siti multi-modulo creano un rischio correlato

Un argomento a favore dei SMR è di natura fisicamente valida.

Se una singola unità da 1.200 MWe si guasta, la rete perde immediatamente circa 1.200 MWe.

Se la stessa produzione del sito è composta da moduli da 300 MWe operanti in modo indipendente, l'arresto di un modulo potrebbe ridurre la perdita istantanea a circa 300 MWe.

A parità di altre condizioni, ciò può ridurre:

- Fabbisogno di riserva associato alla maggiore perdita in ingresso;
- escursione di frequenza dopo un viaggio di una singola unità.

Ma questo vantaggio non va sopravvalutato.

Diversi moduli situati sullo stesso sito possono condividere:

- sottostazione elettrica;
- sistema di raffreddamento ad acqua;
- griglia esterna;
- strade di accesso;
- rischio di alluvioni;
- rischio sismico;
- perimetro di sicurezza;
- determinati sistemi ausiliari.

Un'alluvione che interessa l'intero sito, un guasto alla rete elettrica, un incendio, un attacco informatico o un'altra condizione causata da eventi comuni potrebbero quindi interessare più di un'unità.

I requisiti di localizzazione dell'AIEA richiedono specificamente che vengano presi in considerazione pericoli esterni multi-unità e a causa comune, anziché trattare ciascun modulo come statisticamente indipendente. **[S]**

Il beneficio del sistema dovrebbe pertanto essere calcolato a partire **dall'architettura di modo comune reale** del progetto selezionato.

7.5 Il nucleare e le energie rinnovabili sono complementari a livello di sistema, ma economicamente possono competere ora per ora

Sia l'AIE che l'OCSE-NEA riconoscono che la generazione nucleare programmabile può integrare la generazione rinnovabile variabile, fornendo energia stabile a basse emissioni di carbonio e servizi di sistema.

Ma la complementarità non deve essere confusa con la costante compatibilità di mercato.

Un futuro sistema italiano potrebbe attraversare periodi caratterizzati da:

- elevata produzione di energia solare;
- elevata produzione eolica;
- Prezzi all'ingrosso bassi durante il giorno;
- capacità di esportazione limitata.

Una centrale nucleare che continua a funzionare a pieno regime durante tali ore potrebbe subire le seguenti conseguenze:

- bassi ricavi di mercato;
- esposizione a prezzi negativi;
- riduzione delle energie rinnovabili in altri ambiti;
- pressione per ridurre la produzione.

Pertanto, il modello commerciale deve affrontare la questione se il reattore:

1. operano quasi ininterrottamente e si basano su un contratto di entrate a lungo termine;
2. load-follow;
3. deviare l'elettricità verso l'idrogeno o altri carichi flessibili;
4. fornire energia termica;
5. collocare in prossimità di siti con elevato fattore di carico;
6. combina diverse di queste opzioni.

La risposta ha ripercussioni sia sull'economia che sulla progettazione dei reattori.

7.6 Il caricamento in base al carico è possibile per i reattori moderni, ma non è una flessibilità libera

Le moderne flotte di reattori PWR e BWR possono variare la potenza erogata.

Diversi potenziali SMR pubblicizzano esplicitamente la capacità di seguire il carico.

Ma la flessibilità ha delle conseguenze.

Le ripetute manovre di potenza possono influire su:

- gestione del carburante;
- sistemi di controllo;
- ciclo termico;
- manutenzione;
- fatica dei componenti;
- fattore di capacità;
- reddito.

Il confronto tra i sistemi non dovrebbe quindi presupporre che il nucleare possa assorbire ogni fluttuazione delle energie rinnovabili senza costi.

Il bilanciamento a breve termine può essere fornito meglio da:

- batterie;
- idroelettrico;
- risposta alla domanda;
- interconnettori.

Il ruolo più importante del nucleare a livello di sistema potrebbe invece essere quello di ridurre il volume del carico residuo che tali risorse devono gestire.

[U]

7.7 Inerzia sincrona: utile, reale, ma non esclusiva del nucleare

Un'unità convenzionale a ciclo di vapore nucleare si collega generalmente alla rete elettrica tramite un grande **generatore-turbina sincrono** .

La massa rotante può fornire inerzia fisica, che rallenta la velocità iniziale di variazione della frequenza dopo un forte squilibrio.

Con l'aumento degli impianti solari, eolici e delle batterie collegati tramite inverter, l'inerzia sincrona convenzionale può diminuire.

La produzione nucleare può quindi contribuire:

- inerzia rotazionale;
- corrente di guasto;
- supporto di potenza reattiva;
- controllo della tensione.

Ma ciò non deve essere interpretato come l'affermazione che l'energia nucleare sia necessaria per mantenere la stabilità del sistema.

Terna sta già implementando tecnologie alternative.

Il suo progetto italiano **“G for Grid Forming”** ha dimostrato la capacità delle batterie di formare la rete, specificamente concepite per rafforzare la stabilità del sistema con l'aumento della generazione di energia rinnovabile tramite inverter. **[G]**

Altre soluzioni includono:

- Inverter per la formazione della rete;
- condensatori sincroni;
- batterie;
- generatori idroelettrici;
- comandi avanzati del convertitore eolico.

L'energia nucleare rappresenta quindi **una fonte** di forza per il sistema, piuttosto che l'unica.

7.8 Una flotta nucleare non elimina lo stoccaggio

In alcuni scenari, un programma nucleare può ridurre la quantità di stoccaggio necessaria fornendo energia durante:

- notti;
- inverno;
- periodi di vento debole.

Ma non può eliminare il fabbisogno di accumulo creato dall'elevata penetrazione dell'energia solare.

Il lavoro di Terna sull'adeguatezza dimostra il notevole valore dello stoccaggio nei futuri periodi di carico residuo serale. **[G]**

Inoltre, lo stoccaggio fornisce servizi che una centrale nucleare potrebbe non essere in grado di offrire con la stessa efficienza:

- risposta in frequenza in millisecondi;
- spostamento solare intraday;
- sollievo dalla congestione;
- servizi di tensione locali.

La domanda politica corretta è quindi:

In che modo l'energia nucleare modifica il portafoglio ottimale di sistemi di accumulo?

non:

L'energia nucleare rende superfluo lo stoccaggio?

7.9 Gli interconnettori rimangono strategicamente importanti

L'Italia è profondamente interconnessa con:

- Francia;
- Svizzera;
- Austria;
- Slovenia;
- altri mercati attraverso percorsi aggiuntivi e infrastrutture pianificate.

Una flotta nucleare nazionale potrebbe ridurre in parte la dipendenza dalle importazioni.

Ciò non renderebbe l'interconnessione obsoleta dal punto di vista economico o operativo.

Gli interconnettori forniscono:

- assistenza di emergenza;
- condivisione delle riserve;
- arbitraggio di prezzo;
- equilibrio delle energie rinnovabili;
- Opportunità di esportazione in un periodo di bassa domanda interna;
- accesso a una generazione geograficamente diversificata.

La costruzione di un grande impianto nucleare italiano, che al contempo riducesse la flessibilità dell'interconnessione, indebolirebbe anziché rafforzare la resilienza.

7.10 Il rafforzamento della rete rimane necessario anche con il nucleare

L'introduzione della generazione nucleare non eliminerebbe la necessità di potenziare il sistema di trasmissione italiano.

Ciò modificherebbe in parte il motivo di tale rinforzo.

La rete elettrica italiana sta già attraversando una profonda trasformazione strutturale, guidata dal rapido aumento della produzione da fonti rinnovabili, dello stoccaggio, dell'elettrificazione, dei nuovi interconnettori, dei grandi consumatori industriali e dei nuovi carichi concentrati geograficamente, come i data center. Il Piano di Sviluppo 2025 di Terna prevede **investimenti per oltre 23 miliardi di euro nelle infrastrutture di trasmissione nel periodo 2025-2034** . Si ipotizza un incremento di oltre **65 GW di capacità rinnovabile entro il 2030 rispetto al 2023** , di cui circa **43 GW dovranno essere integrati nella rete ad alta tensione nell'arco del decennio di pianificazione** . Lo stesso programma prevede lo sviluppo di grandi corridoi in corrente alternata e in corrente continua, destinati ad aumentare la capacità di trasmissione tra le zone di mercato italiane e a rafforzare la resilienza interna della rete.

Un futuro programma nucleare entrerebbe a far parte di questa rete in evoluzione.

Non entrerebbe nel sistema elettrico italiano come se la rete di trasmissione fosse congelata nella sua configurazione attuale.

Questa distinzione è fondamentale.

La nuova generazione nucleare fornirebbe una produzione programmabile e ad alto fattore di carico, ma creerebbe anche **nuovi punti di iniezione concentrata** , potenzialmente variabili da poche centinaia di megawatt per un singolo SMR a iniezioni aggregate considerevolmente maggiori per siti multi-unità.

La questione della trasmissione non è quindi:

“Esiste già una linea a 380 kV nelle vicinanze del sito?”

La domanda corretta è:

"Il futuro sistema di trasmissione sarà in grado di assorbire in sicurezza la potenza erogata dal reattore in quel nodo specifico, in condizioni normali e plausibili, tenendo conto di tutti gli altri progetti di generazione, stoccaggio, consumo e rete che si prevede saranno esistenti quando il reattore entrerà in funzione?"

Si tratta di un test decisamente più impegnativo.

7.10.1 L'infrastruttura di trasmissione esistente è un vantaggio, non una prova della capacità di connessione

La presenza di infrastrutture ad alta o altissima tensione in prossimità di un sito candidato può ridurre significativamente le difficoltà di connessione.

Può fornire:

- corridoi di trasmissione esistenti;
- sottostazioni;
- diritti di passaggio;
- interfacce di griglia stabilite;
- servitù esistenti;
- accesso stradale;
- terreni industriali;
- Ubicazione delle sottostazioni elettriche;
- conoscenza pregressa delle condizioni elettriche locali;
- infrastrutture potenzialmente riutilizzabili provenienti da centrali elettriche dismesse.

Ma nessuna di queste caratteristiche dimostra che la rete possieda **un margine di sicurezza sufficiente per la produzione di energia nucleare in futuro** .

Un nodo esistente da 380 kV potrebbe già essere soggetto ai seguenti vincoli:

- generazione collegata altrove lungo il corridoio;
- futuri progetti nel settore delle energie rinnovabili;
- progetti di stoccaggio;
- connessioni a richiesta;
- convertitori HVDC pianificati;
- fabbisogno di potenza reattiva;
- limiti di cortocircuito;
- Interruzioni di linea programmate;
- condizioni di manutenzione;
- vincoli di stabilità;

- congestione tra le zone di mercato.

Il codice di rete di Terna tratta esplicitamente la sicurezza della rete attraverso l'analisi delle contingenze, inclusa **la sicurezza N-1** , e identifica la perdita di linee, trasformatori e unità di generazione tra le singole contingenze da considerare. Impone inoltre requisiti relativi alla regolazione della tensione, alla potenza reattiva e alla stabilità del sistema.

Di conseguenza:

```
INFRASTRUTTURA ESISTENTE A 380 kV
│
▼
RIDUCE L'INCERTEZZA DI CONNESSIONE
│
▼
MA NON È UGUALE
│
▼
CAPACITÀ DI CONNESSIONE DISPONIBILE
│
▼
E NON È UGUALE
│
▼
AUTORIZZAZIONE ALLA CONNESSIONE
```

7.10.2 I siti del Capitolo 3 possiedono un importante contesto di trasmissione, ma ciascuno richiede ancora un nuovo studio Terna

I siti precedentemente identificati nel Capitolo 3, tra cui **Montalto, Trino, Latina, Caorso, Civitavecchia e Brindisi** , presentano importanti caratteristiche di trasmissione ad alta tensione già esistenti.

Le prove dirette raccolte da Terna confermano la presenza di consistenti infrastrutture ad altissima tensione in diverse di queste aree.

Montalto è un nodo a 380 kV consolidato. Il progetto Hypergrid Milano-Montalto di Terna prevede una **connessione VSC-HVDC da 2.000 MW** che termina in prossimità del nodo a 380 kV di Montalto, a dimostrazione sia della forza strategica della posizione sia del fatto che la sua futura architettura elettrica è in continua evoluzione.

Trino è collegata all'architettura di trasmissione a 380 kV tramite il corridoio **Trino-Lacchiarella .**

Caorso è collegata alla rete a 380 kV tramite il sistema La Casella-Caorso e la successiva razionalizzazione della rete.

Brindisi è inserita in un'importante rete a 380 kV che comprende Brindisi–Bari Ovest, Brindisi–Taranto Nord, Brindisi–Brindisi Nord e collegamenti associati a Brindisi Sud.

Latina è già integrata nelle principali infrastrutture ad altissima tensione e nel sistema HVDC italiano; è inoltre inclusa nei progetti di sviluppo a lungo termine dell'Hypergrid.

Anche l'area di Civitavecchia/Torrevaldaliga rientra nell'importante corridoio di trasmissione tirrenico identificato nella documentazione della rete Terna.

Ma questi risultati dimostrano solo che queste aree meritano un'indagine elettrica dettagliata.

Non dimostrano che un impianto nucleare **da** 300, 470, 600 o oltre 1.000 MW potrebbe essere collegato senza interventi aggiuntivi significativi.

Tabella 7.10-A — Interpretazione corretta delle infrastrutture ad alta tensione preesistenti

Area candidati	Vantaggio di trasmissione verificato	Ciò che resta da dimostrare
Montatto	Nodo a 380 kV già realizzato; futura architettura VSC-HVDC Milano-Montalto da 2 GW	Capacità di iniezione nucleare disponibile dopo lo sviluppo dell'iperrete
Trino	Infrastruttura esistente Trino–Lacchiarella a 380 kV	Capacità futura del nodo, stabilità locale e lavori di connessione
Lato	Storia delle principali reti HV/HVDC e rilevanza futura delle iperreti.	Capacità disponibile per il nucleare dopo una futura riconfigurazione della rete
Caorso	Architettura di rete esistente a 380 kV	Capacità effettiva per la nuova generazione e lavori di sottostazione necessari
Civitavecchia/Torrevaldaliga	Importante nodo di generazione/trasmissione tirrenico di rilevanza storica	Configurazione futura della rete post-generazione termica e capacità di connessione nucleare
Bordeaux	Struttura di trasmissione densa a 380 kV	Congestione futura, coda di generazione, cortocircuito e limiti di stabilità

La norma relativa agli appalti deve pertanto essere la seguente:

Le infrastrutture elettriche preesistenti possono aumentare l'attrattiva di un sito, ma solo uno studio di sistema Terna può stabilire la fattibilità del collegamento.

7.10.3 La capacità di trasmissione termica è solo il primo test

La domanda più semplice relativa alla rete elettrica è se le linee collegate a un nodo siano in grado di trasportare la corrente aggiuntiva.

Ciò è necessario.

Non è sufficiente.

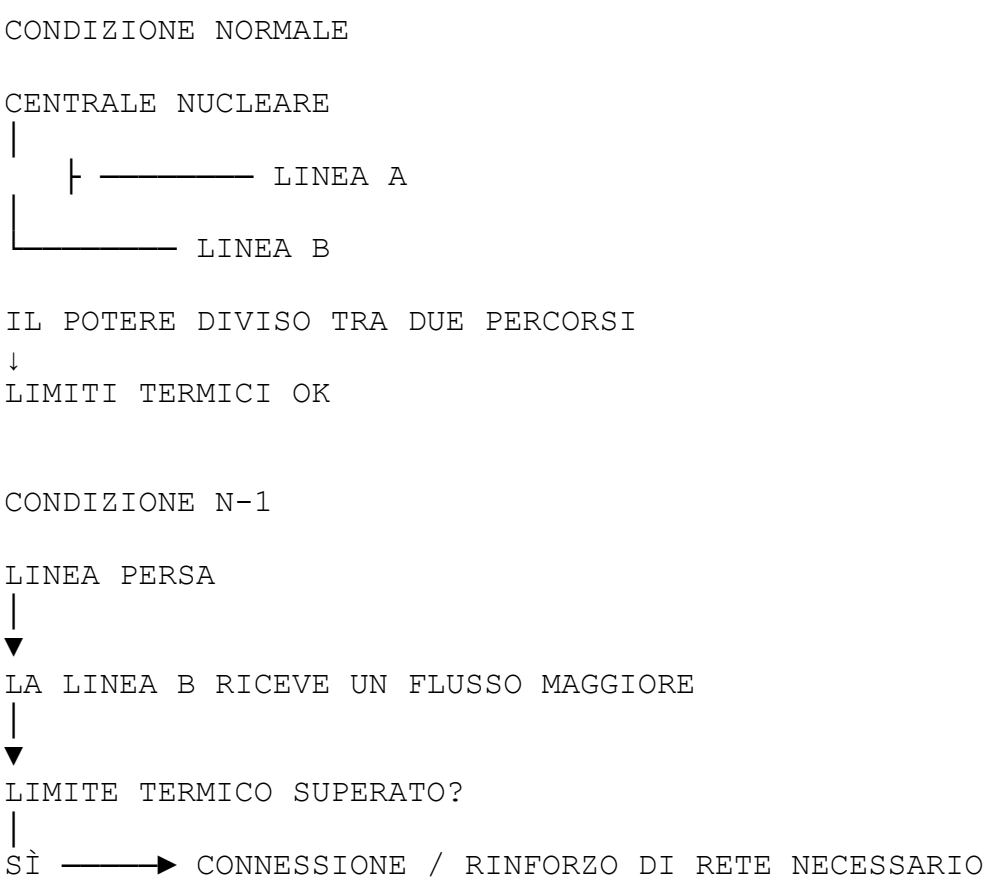
La capacità termica di:

- direttori d'orchestra;
- trasformatori;
- Sbarre collettrici;
- apparecchiature di commutazione;
- cavi;
- interruttori;

deve rimanere entro i limiti consentiti in condizioni normali e di emergenza.

Un reattore può quindi essere compatibile con la rete in **condizioni di N intatto** , ma incompatibile in seguito alla perdita di un circuito di trasmissione critico.

Per esempio:



Uno studio di connessione credibile deve quindi esaminare non solo la potenza nominale del reattore, ma anche i flussi di energia nell'intera rete regionale interessata.

7.10.4 L'analisi N-1 diventa particolarmente importante per i grandi siti multi-unità

Il quadro di sicurezza N-1 di Terna include la perdita di un'unità di generazione e dei principali componenti di rete tra le singole eventualità rilevanti.

Nel settore nucleare, l'analisi deve andare oltre la semplice domanda se un modulo del reattore possa arrestarsi.

Un sito multi-modulo può contenere infrastrutture comuni come:

- Trasformatori per generatori;
- sottostazioni elettriche;
- Sbarre collettrici;
- corridoi di trasmissione comuni;
- sistemi di raffreddamento ad acqua;
- sistemi di turbine condivise in alcune architetture;
- sistemi di protezione comuni;
- Connessioni di alimentazione ausiliarie.

La contingenza di rete rilevante potrebbe quindi essere superiore alla capacità di un singolo modulo nominale.

Per esempio:

```
4 × 300 MWe SITO
│
        ├── Unità 1 = 300 MWe
        ├── Unità 2 = 300 MWe
        ├── Unità 3 = 300 MWe
└── Unità 4 = 300 MWe
```

LO STUDIO DELLA GRIGLIA NON DEVE PRESUPPORRE AUTOMATICAMENTE:

Perdita massima credibile = 300 MW

DEVE CHIEDERE:

Un guasto comune può causare la disconnessione:

600 MW?

900 MW?

1.200 MW?

Questa è la **più grande questione credibile relativa alla perdita di dati in ingresso** .

Influisce direttamente su:

- risposta in frequenza;
- requisiti di riserva;
- protezione della rete;
- Requisiti di inerzia del sistema;
- controllo automatico;
- spedizione;
- accordi di mercato.

7.10.5 La stabilità della tensione deve essere valutata separatamente dal trasporto di potenza attiva.

Una linea di trasmissione può rimanere al di sotto del suo limite di corrente termica e il sistema circostante può comunque riscontrare problemi di tensione.

Le grandi unità di generazione scambiano potenza reattiva con la rete.

Il sistema reattore-generatore deve quindi essere analizzato per:

- capacità reattiva;
- intervallo di controllo della tensione;
- limiti di eccitazione del generatore;
- Intervalli di prese del trasformatore;
- Risposta di tensione a seguito di eventi imprevisti;
- condizioni di commutazione;
- condizioni di alta tensione a bassa richiesta di sistema;
- condizioni di bassa tensione a seguito di gravi perturbazioni.

Il codice di rete di Terna contiene esplicitamente i requisiti di stabilità di tensione e di potenza reattiva per i generatori e gli utenti collegati.

La questione progettuale rilevante è quindi la seguente:

L'unità nucleare è in grado di mantenere un funzionamento attivo e reattivo accettabile nell'intera gamma di condizioni di rete previste durante la sua vita utile?

Ciò assume particolare importanza in quanto il sistema italiano degli anni 2030 e 2040 conterrà un numero considerevolmente maggiore di impianti di generazione da fonti rinnovabili, sistemi di accumulo e apparecchiature HVDC connesse tramite convertitori rispetto al sistema a cui erano originariamente collegati molti siti nucleari esistenti.

7.10.6 La capacità di cortocircuito può diventare una condizione limitante

Il collegamento di un grande generatore sincrono modifica i livelli di guasto.

Può aumentare la corrente di cortocircuito potenziale rilevata da:

- Sbarre collettrici;
- interruttori automatici;
- trasformatori;
- sottostazioni.

Ciò può richiedere:

- sostituzione dell'interruttore;
- modifica della sbarra collettiva;
- riconfigurazione della sottostazione;
- soluzioni di limitazione della corrente;
- topologia di connessione alternativa.

I requisiti di connessione Terna considerano espressamente le correnti di cortocircuito come parametro di progettazione per le apparecchiature collegate.

Ciò crea un importante paradosso.

Un sito dotato di una rete elettrica robusta è vantaggioso per:

- supporto di tensione;
- solidità del sistema;
- evacuazione affidabile della generazione.

Ma la stessa rete robusta, unita a un grande generatore sincrono, può aumentare i livelli di cortocircuito.

Perciò:

```
RETE ROBUSTA
│
    ├ ── VANTAGGIO: tensione / stabilità / evacuazione
│
└── POSSIBILE PROBLEMA: livello di errore più elevato
```

La risposta corretta può provenire solo da uno studio specifico del sito.

7.10.7 La stabilità transitoria deve essere dimostrata

Un generatore nucleare non può essere considerato semplicemente come una fonte costante di megawatt.

A seguito di un grave guasto alla rete, il rotore del generatore accelera rispetto alla rete elettrica.

La protezione elimina il guasto.

La questione è se la macchina ritorni poi a un funzionamento sincrono stabile.

Il codice di rete di Terna riconosce esplicitamente i limiti di stabilità transitoria e stabilisce i requisiti di eliminazione delle sovratensioni, in parte per preservare la stabilità del sistema di trasmissione.

Gli studi pertinenti dovrebbero pertanto includere:

- guasti trifase;
- guasti monolinea;
- sgombero ritardato;
- viaggi in linea;
- perdite di trasformazione;
- Interruzioni del generatore;
- Contingenze delle sbarre collettrici;
- gravi disturbi di tensione;
- interazione con gli stabilizzatori del sistema elettrico;
- interazione con i sistemi di controllo HVDC.

Questo diventa un problema di progettazione del reattore oltre che un problema di trasmissione perché:

- Caratteristiche della turbina-generatore;
- inerzia del generatore;
- controllo dell'eccitazione;
- risposta del governatore;
- logica di protezione delle piante;

tutto influisce sul risultato.

7.10.8 La perdita di alimentazione deve essere valutata come un evento di sistema

L'arresto di un reattore da 300 MW e l'arresto di più unità da 1.200 MW non producono la stessa perturbazione di frequenza.

Lo studio dovrebbe quindi quantificare:

- la più grande perdita istantanea credibile;
- tasso di variazione della frequenza risultante;
- frequenza minima;
- requisito di risposta primaria;
- requisito di riserva secondaria;
- risposta di archiviazione disponibile;
- risposta dell'interconnettore;
- risposta alla domanda;
- traiettoria di ripristino.

La modularità degli SMR potrebbe rappresentare un vantaggio se i singoli moduli fossero elettricamente indipendenti, poiché il guasto di un modulo produrrebbe un disturbo minore rispetto al guasto di una grande unità convenzionale.

Ma questo vantaggio sussiste solo se i guasti di modo comune non provocano l'arresto simultaneo di più moduli.

Pertanto il governo dovrebbe valutare:

dimensione del modulo

E

dimensione dell'interruzione del sito di modalità comune

come variabili separate.

7.10.9 L'interazione con i sistemi HVDC deve diventare una specifica categoria di studio italiana

L'Italia sta sviluppando un'architettura di trasmissione in cui la trasmissione in corrente continua ad alta tensione (HVDC) riveste un ruolo molto più importante.

Alcuni esempi includono:

- Collegamento tirrenico;
- Collegamento adriatico;
- Milano-Montalto;
- Elmed;
- SA.CO.I.3;
- futuri corridoi Hypergrid.

Il piano di sviluppo di Terna prevede esplicitamente la creazione di una rete in cui le infrastrutture in corrente alternata (AC) e in corrente continua ad alta tensione (HVDC) interagiscono per aumentare la capacità di trasferimento tra le zone di mercato.

Ciò è particolarmente rilevante per siti candidati come Montalto e Latina.

Uno studio sulla connessione nucleare dovrebbe quindi esaminare:

- Interazione di controllo del convertitore;
- comportamento della potenza reattiva;
- controllo della tensione;
- Ridistribuzione del flusso di potenza a seguito di un'interruzione della rete HVDC;
- capacità di supporto della frequenza;
- comportamento in caso di guasto;
- interazione oscillante;
- eventi di blocco del convertitore;
- Previsione simultanea di sistemi nucleari/HVDC laddove plausibile.

L'esistenza della trasmissione in corrente continua ad alta tensione non rende di per sé problematica l'integrazione nucleare.

Ciò significa che la topologia della rete futura differisce significativamente dalla rete storica su cui operavano i vecchi impianti nucleari.

7.10.10 La coda di connessione deve essere modellata alla futura data di messa in servizio

L'errore più grave sarebbe quello di effettuare lo studio della rete utilizzando solo le infrastrutture attualmente connesse.

Terna sta elaborando simultaneamente code molto lunghe per:

- produzione da fonti rinnovabili;
- magazzinaggio;
- centri dati;
- utenti di consumo convenzionali

Alla fine di gennaio 2026, Terna ha segnalato **oltre 300 GW di richieste di connessione per impianti di generazione rinnovabile** , oltre a quasi **80 GW di richieste di connessione per data center** . Queste cifre rappresentano le richieste, non una previsione della capacità effettiva, ma dimostrano l'entità delle rivendicazioni concorrenti sulle future infrastrutture di rete.

Uno studio sulla connessione nucleare dovrebbe pertanto utilizzare diversi scenari futuri di rete.

Tabella 7.10-B — Scenari minimi per la valutazione della connessione alla rete nucleare

Scenario	Test richiesto
Rete attuale	Stabilire la linea di base elettrica esistente
Rete impegnata per il 2030	Includere il rinforzo Terna autorizzato/in costruzione
Rete prevista per la messa in servizio del reattore	Includere i progetti che probabilmente esisteranno all'avvio del reattore
Caso ad alta rinnovabilità	Test di un'elevata produzione simultanea di RES
Caso a bassa domanda/alta RES	Test di sovragenerazione e condizioni di alta tensione
Caso ad alta richiesta	Test del carico del centro dati/elettrificazione
Caso di interruzione del servizio HVDC	Prova la ridistribuzione dei flussi di potenza
Caso di viaggio nucleare	Valutare la perdita di alimentazione
Caso della linea N-1	Valutare i limiti termici/di tensione/di sicurezza
Trasformatore N-1 custodia	Valutare la capacità di evacuazione locale
Viaggio multi-unità in modalità comune	Valutare l'impatto sulla sicurezza delle frequenze
Caso di manutenzione programmata	Verificare che la connessione rimanga operativa anche in assenza dell'apparecchiatura.

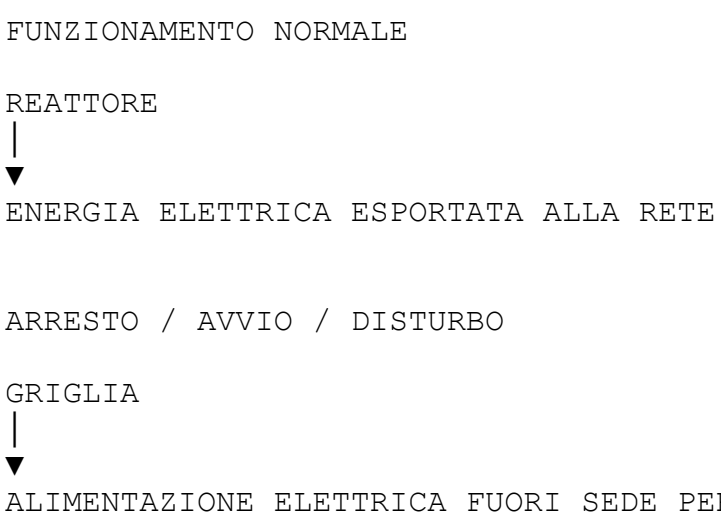
7.10.11 Anche i requisiti di alimentazione fuori sede rendono la rete di trasmissione parte della sicurezza nucleare

La rete elettrica non è rilevante solo perché il reattore vi immette energia elettrica.

Anche il reattore dipende dalla rete elettrica.

Le linee guida dell'AIEA identificano il sistema di trasmissione come parte integrante dell'alimentazione elettrica preferenziale per una centrale nucleare e affermano che l'alimentazione elettrica esterna al sito è un elemento importante della difesa in profondità. L'AIEA raccomanda un'adeguata capacità di alimentazione esterna e, di norma, alimentazioni esterne fisicamente indipendenti, con accordi dettagliati a seconda della progettazione del reattore e dell'analisi di sicurezza.

Un futuro studio sulla rete nucleare italiana dovrà pertanto valutare due direzioni del flusso di energia:



Anche i reattori dotati di sistemi di sicurezza passiva avanzati richiedono un'architettura elettrica definita in modo rigoroso.

I sistemi di emergenza sono in grado di gestire l'interruzione dell'alimentazione elettrica esterna.

Ciò non rende irrilevante una rete esterna affidabile.

7.10.12 Il nucleare dovrebbe quindi diventare un elemento da considerare nella pianificazione di Terna prima del completamento dell'approvvigionamento dei reattori.

La pianificazione della rete e la selezione dei reattori non dovrebbero avvenire in sequenza.

La sequenza inefficiente sarebbe:

```
SELEZIONA IL REATTORE
↓
SELEZIONA IL SITO
↓
RICHIEDI LA CONNESSIONE
↓
SCOPRI UN AMPIO RINFORZO DI RETE
↓
COSTO + RITARDO
La sequenza corretta è:
INVOLUCRO TECNOLOGICO
+
FAMIGLIA DEL SITO DEL CANDIDATO
+
DIMENSIONE UNITARIA PREVISTA
↓
STUDIO SULLA TERNA IN FASE PRECOCE
↓
VINCOLI DI RETE
↓
RAFFINAMENTO DEL SITO/REATTORE
↓
STUDIO DETTAGLIATO DELLA CONNESSIONE
↓
PROCEDURA DI ACQUISTO FINALE
```

Tabella 7.10-C — Dati di griglia specifici per il settore nucleare richiesti prima della selezione del sito

Variabile	Documentazione richiesta
Produzione unitaria netta	MWe
Massima produzione del sito	MWe
Uscita minima stabile	MWe
Capacità di rampa	MW/min
Generatore MVA	Valore del design
capacità reattiva	Diagramma delle capacità PQ
Inerzia del generatore	Valore specifico della macchina
Contributo della corrente di faglia	Studio del generatore/sistema
Configurazione del trasformatore	Principale + ausiliaria + di riserva
Carico di avvio	MW/Mvar
Spegnimento del carico	MW/Mvar
Viaggio individuale più lungo	MW
Il più grande viaggio in modalità comune	MW
Configurazione prevista per il rifornimento.	Requisito di importazione della griglia
Architettura di alimentazione fuori sede	Numero e indipendenza delle forniture
Presupposti per affrontare il blackout	Valore del caso di sicurezza
Capacità di supporto della griglia	Frequenza, tensione, potenza reattiva
Operazione sull'isola	Se affermato, formalmente dimostrato
interazione HVDC	Ove pertinente
Interazione armoniche/controllo	Ove pertinente

rafforzamento della connessione	Sono necessarie linee/sottostazioni/trasformatori
Data di connessione prevista	Integrato con il programma del reattore

La conclusione strategica è quindi diretta:

La produzione di energia nucleare può ridurre la dipendenza dalla produzione di elettricità legata alle condizioni meteorologiche, ma non può relegare il sistema di trasmissione a un ruolo secondario. Un programma nucleare richiede una rete elettrica robusta per ben due motivi: una volta per il trasporto dell'energia e una seconda volta per garantire un approvvigionamento elettrico affidabile all'impianto, anche al di fuori del sito.

L'infrastruttura a 380 kV che circonda diversi siti candidati in Italia rappresenta pertanto un importante asset strategico.

si tratta **di una licenza di connessione** .

7.11 I data center rappresentano un carico emergente importante, ma la coda di connessione non deve essere interpretata in modo errato.

La domanda di energia elettrica dei data center è diventata un fattore determinante nella pianificazione delle reti di trasmissione italiane.

L'entità del cambiamento è ora direttamente visibile nei dati di connessione di Terna.

Alla fine del 2024 , Terna ha segnalato circa 30 GW di richieste di connessione ai data center . Entro il 28 febbraio 2025, la cifra era salita a **39,62 GW** . Entro il 30 giugno 2025, le richieste hanno superato **i 50 GW** . Alla fine del 2025, si contavano **411 richieste, pari a 69,05 GW** . Alla fine di gennaio 2026, Terna ha registrato **449 richieste di connessione, pari a 78,79 GW** .

Tale accelerazione è strategicamente importante.

Ma il **dato di 78,79 GW non deve essere interpretato come una previsione di carico** .

7.11.1 Cosa significa 78,79 GW

Significa che gli sviluppatori del progetto hanno presentato richieste di connessione per una capacità totale di 78,79 GW.

Ciò **non** significa che l'Italia avesse:

- 78,79 GW di data center operativi;
- 78,79 GW di data center in costruzione;
- 78,79 GW di progetti finanziati;

- 78,79 GW di progetti autorizzati;
- 78,79 GW di domanda IT contrattualizzata;
- 78,79 GW di consumo di energia elettrica;
- Una previsione di Terna che indica un carico effettivo futuro di 78,79 GW.

La distinzione probatoria deve rimanere esplicita:

```
RICHIESTA DI CONNESSIONE
≠
PROGETTO AUTORIZZATO
≠
PROGETTO FINANZIATO
≠
PROGETTO COSTRUITO
≠
PROGETTO ENERGICO
≠
DOMANDA EFFETTIVA DI ENERGIA ELETTRICA
```

7.11.2 Le code di connessione contengono opzioni strategiche

Gli sviluppatori possono presentare le richieste di connessione prima che tutte le altre decisioni di investimento siano state completate.

Questo è razionale.

L'accesso all'energia elettrica può rappresentare una delle risorse più scarse per lo sviluppo di un grande data center.

Uno sviluppatore può quindi cercare di riservare o valutare l'accesso alla rete elettrica mentre:

- valutazione di diversi siti;
- negoziare terreni;
- negoziare con i clienti;
- confronto tra giurisdizioni;
- ottenere permessi ambientali;
- alla ricerca di finanziamenti;
- in attesa dell'approvvigionamento di semiconduttori/server;
- valutazione delle infrastrutture idriche e di raffreddamento.

Di conseguenza, diverse potenziali ubicazioni possono rappresentare alternative per lo **stesso investimento di base** .

Ciò crea la possibilità di richieste sovrapposte.

Pertanto, una coda può essere molto lunga, mentre il carico effettivo finale è molto inferiore.

7.11.3 Ma la coda non è priva di significato

L'errore opposto sarebbe quello di scartare la lista dei progetti perché non tutti si concretizzeranno.

Anche questo sarebbe sbagliato.

Il valore probatorio dei dati è elevato.

Ciò dimostra che:

Un numero senza precedenti di sviluppatori sta testando la disponibilità di carichi elettrici continui e molto elevati sulla rete di trasmissione italiana.

Terna stessa conclude che per connettere i data center saranno necessarie nuove infrastrutture o il potenziamento degli elementi di rete esistenti.

La conclusione politica rilevante non è quindi:

"L'Italia avrà bisogno di 78,79 GW per i data center."

È:

“I data center sono diventati una variabile di primaria importanza nella pianificazione delle reti italiane, ma la domanda effettiva deve essere filtrata dalla ben più ampia coda di connessioni.”

7.11.4 Anche la distribuzione geografica è importante

Terna ha ripetutamente identificato **il Nord Italia, in particolare la Lombardia** , come la principale area di concentrazione della domanda di connessioni ai data center.

Il Piano di sviluppo 2025 ha evidenziato che le richieste si concentravano principalmente nell'Italia settentrionale, e in particolare in Lombardia. Precedenti analisi di Terna avevano già mostrato Milano come il nodo dominante nel mercato dei data center lombardi.

Ciò crea un problema geografico per l'analisi nucleare/dei centri dati.

Un sito nucleare dotato di un'abbondante infrastruttura di rete, ma situato lontano dal principale polo di data center, può comunque contribuire alla fornitura di energia elettrica al sistema nazionale.

Ma ciò non crea automaticamente un ecosistema locale di data center nucleari.

L'analisi deve distinguere:

fornitura nazionale di energia elettrica

da

co-locazione locale .

7.11.5 La domanda dei data center dovrebbe essere suddivisa in classi di maturità

Ai fini della pianificazione del sistema, l'Italia non dovrebbe considerare ogni richiesta di connessione come ugualmente probabile.

Un sistema di maturità strutturato sarebbe più utile.

Tabella 7.11-A — Classificazione di maturità proposta per la domanda di rete dei data center

Classe	Prova	Trattamento in fase di pianificazione
DC-0 — richiesta	Solo interesse preliminare	Non trattare come richiesta impegnata
DC-1 — richiesta formale di connessione	Richiesta di attivazione presentata	Prova della coda
DC-2 — soluzione di rete definita	Soluzione di connessione accettata/avanzata	prova media
DC-3 — controllato in loco	Terreno/diritto garantito	Credibilità accresciuta
DC-4 — consentendo l'avanzato	Procedure in corso per le autorizzazioni ambientali/locali	Maggiore credibilità
DC-5 — finanziamento/impegno del cliente	Capitale e clienti di riferimento sostanzialmente consolidati	Forte segnale di domanda
DC-6 — costruzione	Progetto fisico in fase di costruzione	Segnale di domanda molto forte
DC-7 — messa in funzione programmata	Lavori di rete e messa in servizio degli impianti allineati	Carico quasi certo
DC-8 — operativo	Consumo misurato	Domanda effettiva

La classificazione esatta dovrebbe essere definita in collaborazione con Terna e le autorità competenti.

Ciò che conta è il principio:

I megawatt in coda dovrebbero essere corretti in base alla probabilità prima di diventare presupposti per le politiche energetiche.

7.11.6 Il numero rilevante è in definitiva l'energia e la potenza

Una richiesta di connessione viene misurata in MW.

La pianificazione del sistema deve tenere conto anche del rapporto MWh/TWh.

Due clienti da 500 MW possono avere consumi annuali di elettricità radicalmente diversi se i loro profili di utilizzo differiscono.

Una previsione seria sui data center richiede pertanto le seguenti ipotesi:

- Carico informatico;
- carico termico;
- carico ausiliario;
- efficacia nell'utilizzo dell'energia;
- utilizzo;
- architettura di ridondanza;
- manutenzione;
- crescita del carico;
- risposta alla domanda;
- generazione/stoccaggio in loco.

I grandi centri dati sono particolarmente rilevanti perché possono generare una domanda di energia elettrica costante per gran parte dell'anno.

Terna ha descritto i data center come utenti ad alto consumo energetico e ha osservato che il loro rapido sviluppo è legato al cloud computing e, sempre più spesso, alle applicazioni di intelligenza artificiale.

7.11.7 La pianificazione a griglia si trova di fronte a una difficile asimmetria

Se Terna ipotizza una domanda di data center troppo bassa:

```
GRIGLIA SOTTOCOSTRUZIONE
↓
RITARDI DI CONNESSIONE
↓
VINCOLO DI INVESTIMENTO
```

```
Se Terna presuppone che l'intera coda si materializzi:
```

```
GRIGLIA SOVRAPPOSTA
↓
INFRASTRUTTURE SOTTOUTILIZZATE
↓
COSTO DEL SISTEMA
```

La risposta politica corretta è quindi:

- filtraggio in base alla maturità;
- Requisiti per il raggiungimento delle tappe fondamentali;
- Gestione trasparente delle code;
- depositi/impegni di allacciamento, ove previsti;
- pianificazione geografica coordinata;
- investimenti preventivi laddove giustificati.

7.11.8 I centri dati dovrebbero essere inclusi negli scenari relativi ai siti nucleari, ma non conteggiati come clienti garantiti.

Nella valutazione di un potenziale sito per un reattore nucleare, è necessario esaminare tre scenari di carico:

REALIZZAZIONE A BASSO LIVELLO DI DATA CENTRO

REALIZZAZIONE DI DATA CENTER DI MEDIE DIMENSIONI

REALIZZAZIONE DI UN DATA CENTER DI ALTA QUALITÀ

Il business case non dovrebbe presupporre che una particolare richiesta di connessione diventerà un cliente del reattore a meno che:

- il progetto del data center esiste;
- La posizione è nota;
- Il programma è credibile;
- Il fabbisogno energetico è contrattualizzato;
- Il rapporto commerciale è vincolante.

Altrimenti, il carico del data center rimane uno **scenario di sistema** , non un ricavo del progetto.

7.12 Le centrali nucleari e i centri dati possono essere tecnicamente compatibili

La produzione di energia nucleare e la domanda di data center presentano diverse caratteristiche che possono renderle compatibili sia dal punto di vista tecnico che commerciale.

La strategia SMR (Small Modular Reactor) della Commissione europea del marzo 2026 identifica esplicitamente **i data center** come una classe di utenti emergenti ad alta domanda, ai quali gli SMR potrebbero fornire energia elettrica stabile. La stessa strategia individua anche il teleriscaldamento, il riscaldamento industriale, le applicazioni chimiche e l'idrogeno tra le possibili applicazioni non elettriche o combinate.

La compatibilità è reale.

Non bisogna semplificare eccessivamente la questione.

7.12.1 Perché il profilo di carico può essere interessante

I grandi data center generalmente apprezzano:

- disponibilità molto elevata;
- fornitura di energia elettrica prevedibile;
- elevata disponibilità energetica annuale;
- certezza dei prezzi a lungo termine;
- elettricità a basse emissioni di carbonio;
- qualità elettrica;
- affidabilità contrattuale.

Le centrali nucleari sono progettate per garantire un'elevata disponibilità annua e una produzione continua e consistente.

Ciò crea un abbinamento apparentemente naturale:

```
NUCLEARE
GENERAZIONE AD ALTO FATTORE DI CAPACITÀ
|
▼
CARICO CONTINUO ELEVATO
|
▼
CENTRO DATI
```

Questa combinazione può risultare particolarmente interessante quando un gestore di data center cerca un contratto di fornitura di energia elettrica a basse emissioni di carbonio a lungo termine.

7.12.2 La compatibilità commerciale è diversa dalla co-locazione elettrica

Esistono almeno quattro modelli distinti di centri dati nucleari.

Tabella 7.12-A — Architetture di alimentazione per centrali nucleari/centri dati

Modello	Disposizione fisica	rapporto commerciale
PPA di rete	Reattore e centro dati situati ovunque all'interno del sistema di mercato di riferimento	Acquisto di energia finanziario/contrattuale
Alimentazione dalla rete locale	Reattore e centro dati collegati alla stessa rete regionale	La griglia rimane tra le strutture
Collegamento diretto / rete privata	Collegamento elettrico dedicato in aggiunta o a fianco della rete	Relazione fisica più forte
Campus energetico integrato	Reattore, centro dati e possibilmente carichi industriali co-ubicati	Massima integrazione infrastrutturale

Questi modelli non dovrebbero mai essere considerati equivalenti.

Un PPA (Power Purchase Agreement) può collegare un centro dati in Lombardia alla produzione di energia nucleare in un'altra località, senza che il centro dati sia fisicamente collegato al reattore.

Un progetto di collegamento diretto solleva questioni completamente diverse riguardanti:

- protezione elettrica;
- stato normativo;
- costi di rete;
- fornitura di riserva;
- operazione sull'isola;
- obblighi relativi al codice di griglia;
- proprietà delle infrastrutture elettriche.

7.12.3 “Dietro il contatore” non significa “senza griglia”

Questa distinzione è particolarmente importante.

Un centro dati situato accanto a un reattore nucleare potrebbe ricevere gran parte del suo normale fabbisogno energetico da tale centrale.

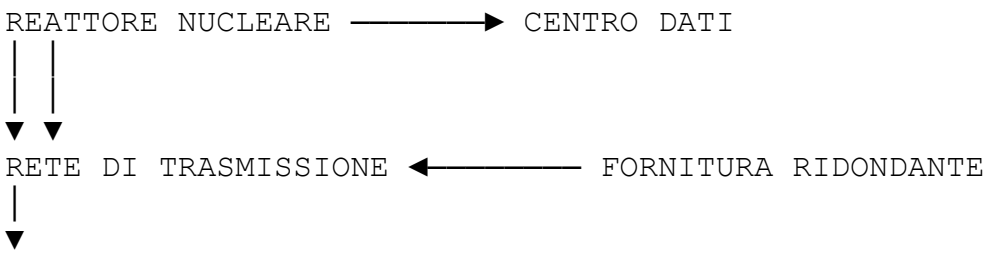
Ma il data center potrebbe comunque richiedere:

- Feed di rete alternativi;
- gruppi di continuità;
- batterie;
- generatori di emergenza o forniture di emergenza alternative;
- quadri elettrici ridondanti;
- percorsi elettrici indipendenti.

Analogamente, la centrale nucleare stessa richiede un'architettura di alimentazione elettrica esterna ben definita.

Le linee guida dell'AIEA sulla sicurezza nucleare affermano che la rete di trasmissione contribuisce alla difesa in profondità e raccomandano un'adeguata alimentazione elettrica esterna in grado di soddisfare le esigenze dell'impianto; a seconda del caso di sicurezza del reattore, potrebbero essere necessarie più fonti di alimentazione esterne fisicamente indipendenti.

Perciò:



La conclusione corretta è:

La co-locazione può ridurre l'esposizione alla rete di trasmissione per la normale fornitura di energia, ma non elimina automaticamente la necessità di un collegamento esterno alla rete per nessuno dei due impianti.

7.12.4 Il funzionamento in isola richiederebbe un caso tecnico separato

Una delle semplificazioni più fuorvianti sarebbe:

"Se il centro dati si trova accanto al reattore, i due possono semplicemente scollegarsi dalla rete elettrica e continuare a funzionare."

Ciò non è automaticamente vero.

Il funzionamento stabile dell'isola elettrica richiede il controllo di:

- frequenza;
- voltaggio;
- potenza reattiva;
- bilancio di potenza attiva;
- rifiuto del carico;
- risposta termica;
- Protezione del generatore;
- Interazione tra UPS e data center;
- risincronizzazione;
- condizioni di emergenza.

Supponiamo:

POTENZA DEL REATTORE = 300 MW

CARICO DEL DATA CENTRO = 250 MW

ESPORTAZIONE IN RETE = 50 MW

Se la connessione alla rete elettrica si interrompe improvvisamente, l'isola del reattore-data center deve assorbire immediatamente lo squilibrio e stabilizzarsi.

Ora considerate:

POTENZA DEL REATTORE = 300 MW

CARICO DEL DATA CENTRO = 200 MW

ESPORTAZIONE ALLA RETE = 100 MW

Un'improvvisa disconnessione dalla rete elettrica crea un surplus di produzione istantanea di 100 MW all'interno dell'isola.

Viceversa:

VIAGGI DEL REATTORE

IL DATA CENTRO RICHIEDE ANCORA 200 MW

Il data center necessita immediatamente di un'alimentazione elettrica alternativa.

Si tratta di problemi di protezione e controllo.

Non si risolvono in base alla prossimità geografica.

7.12.5 Le interruzioni di servizio delle centrali nucleari devono essere integrate nell'architettura del data center.

Le centrali nucleari non funzionano ininterrottamente a tempo indeterminato.

Sono necessari:

- interruzioni per rifornimento di carburante;
- manutenzione programmata;
- ispezione;
- sostituzione delle apparecchiature;
- interruzioni impreviste.

Un centro dati che necessita di alimentazione continua non può quindi basare la propria architettura di affidabilità sul presupposto che il reattore non si fermi mai.

Le possibili soluzioni includono:

```
NORMALE:
NUCLEARE → CENTRO DATI

FERMO DEL REATTORE:
GRIGLIA → CENTRO DATI

DISTURBO DELLA RETE:
UPS / BATTERIA → CARICO IT CRITICO
+
ALIMENTAZIONE DI RISERVA

ENERGIA NUCLEARE + DISTURBO DELLA RETE ELETTRICA:
ARCHITETTURA DI EMERGENZA DEL SITO
```

Un progetto per un centro dati nucleare dovrebbe quindi specificare separatamente:

- **fonte di energia** ;
- **backup di capacità** ;
- **capacità di attraversamento** ;
- **fornitura di emergenza** .

7.12.6 Un data center non è automaticamente un carico perfettamente piatto

Sebbene i grandi data center abbiano spesso un elevato tasso di utilizzo, la loro domanda effettiva può variare in base a:

- carico di lavoro IT;
- utilizzo del server;
- condizioni di raffreddamento;
- installazione hardware;
- manutenzione;
- domanda dei clienti;
- pianificazione computazionale.

Le future infrastrutture di intelligenza artificiale potrebbero inoltre sviluppare una domanda più controllabile.

Ciò crea una potenziale e utile opportunità di flessibilità.

In teoria, alcuni carichi di calcolo potrebbero essere programmati per periodi di:

- elevata disponibilità di energia nucleare;
- eccedenza di energie rinnovabili;
- bassa domanda di rete.

Tuttavia, questo dovrebbe essere considerato come una **potenziale caratteristica operativa** , non come un dato di fatto finché un gestore di data center non abbia dimostrato, a livello contrattuale e tecnico, la possibilità di controllare il carico.

7.12.7 La co-localizzazione può ridurre alcuni flussi di rete, ma può aumentare il rischio di concentrazione locale

Un campus nucleare/data center di grandi dimensioni potrebbe combinare:

- centinaia di MW di generazione;
- centinaia di MW di carico;
- principali sottostazioni elettriche;
- infrastrutture in fibra ottica;
- infrastrutture di raffreddamento;
- eventualmente idrogeno o sistemi di stoccaggio.

Ciò può generare economie di scala a livello infrastrutturale.

Può anche creare un'esposizione di modo comune.

Tra gli eventi comuni potenzialmente possibili si annoverano:

- allagamento;
- terremoto;
- condizioni meteorologiche estreme;
- incendio industriale;
- Guasto grave a una sottostazione della rete elettrica;
- incidente informatico;
- interruzione dell'accesso;
- interruzione dell'acqua di raffreddamento.

La co-locazione dovrebbe pertanto essere valutata attraverso:

integrazione economica

E

rischio di causa comune

simultaneamente.

7.12.8 I confini di sicurezza nucleare devono rimanere indipendenti

Un centro dati non dovrebbe diventare un sistema da cui dipende la sicurezza nucleare, a meno che non sia stato formalmente classificato, progettato e autorizzato per tale ruolo.

Analogamente, il reattore nucleare non dovrebbe diventare l'unico meccanismo di affidabilità per un centro dati.

Le interfacce devono essere progettate in modo tale che:

```
GUASTO DEL DATA CENTRO
≠
GUASTO ALLA SICUREZZA NUCLEARE
E:
VIAGGIO NUCLEARE
≠
GUASTO INCONTROLLATO DEL DATA CENTER
```

7.12.9 La struttura commerciale è importante quanto la compatibilità tecnica

Una centrale nucleare può funzionare per molti decenni.

Il ciclo tecnologico di un data center è molto più breve.

I server potrebbero essere sostituiti entro pochi anni.

Un'azienda di data center può:

- espandere;
- contrarre;
- spostare il carico di lavoro;
- cambiare la tecnologia;
- modificare il mix di clienti.

Un contratto di fornitura di energia elettrica deve quindi affrontare la discrepanza tra:

Impianto nucleare con oltre 60 anni di vita

E

ciclo commerciale digitale più breve .

Il progetto del reattore non dovrebbe dipendere finanziariamente da un singolo cliente di un data center, a meno che i rischi di credito, di carico di sostituzione e di cessazione del servizio non siano stati attentamente allocati.

Tabella 7.12-B — Matrice di due diligence per impianti nucleari e centri dati

Dimensione	Domanda obbligatoria
Carico	La domanda è reale, finanziata e contrattualizzata?
Posizione	Il reattore e il carico sono effettivamente situati nello stesso luogo?
Griglia	Quale connessione indipendente è ancora necessaria?
Affidabilità	Cosa accade durante un'interruzione del reattore?
Arresto del reattore	Come avviene il trasferimento del carico del data center?
Perdita di rete	Le strutture possono transitare autonomamente?
Isolamento	È tecnicamente dimostrato?
Backup	Quale durata e tecnologia?
PPA	Fisico o finanziario?
Contabilità del carbonio	Quale quadro contrattuale si applica?
Cyber	Le reti di controllo sono separate fisicamente/logicamente?
Sicurezza	Le infrastrutture condivise creano vulnerabilità?
Raffreddamento	Le diverse strutture competono per l'acqua?
Calore	È possibile riutilizzare in modo produttivo il calore di scarto dei data center?
Programma	Quale risorsa deve essere resa operativa per prima?
Credito	Chi si assume il rischio di domanda per l'intera durata di vita del reattore?

Conclusione fondamentale

La proposta:

"I SMR potrebbero alimentare i data center"

è tecnicamente credibile ed è esplicitamente riconosciuto nella strategia 2026 della Commissione europea.

La proposta:

"Pertanto, un campus SMR/data center non necessita della rete di trasmissione."

non lo è.

7.13 Il tempismo è fondamentale: il nucleare non può risolvere l'immediata coda dei data center in Italia

Il principale ostacolo all'utilizzo dell'energia nucleare per risolvere l'attuale problema di connessione dei data center in Italia non è la compatibilità teorica.

È **giunto il momento** .

Oggi gli sviluppatori di data center sono alla ricerca di connessioni.

Attualmente, la nuova generazione di energia nucleare in Italia non è disponibile.

Nella pianificazione del sistema, tale distinzione deve rimanere assoluta.

7.13.1 Il percorso ufficiale dell'Italia verso il nucleare è successivo al 2030

Il PNIEC italiano considera la possibile messa in funzione di nuovi piccoli reattori a fissione modulari come **un'opzione a medio termine, successiva al 2030** , subordinata al raggiungimento della maturità tecnologica e alla sicurezza.

A partire dal 2026, Nuclitalia sta conducendo uno **studio di fattibilità e un processo di selezione tecnologica** , inizialmente incentrato sui reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) raffreddati ad acqua, ormai consolidati; non sta costruendo una centrale nucleare in Italia.

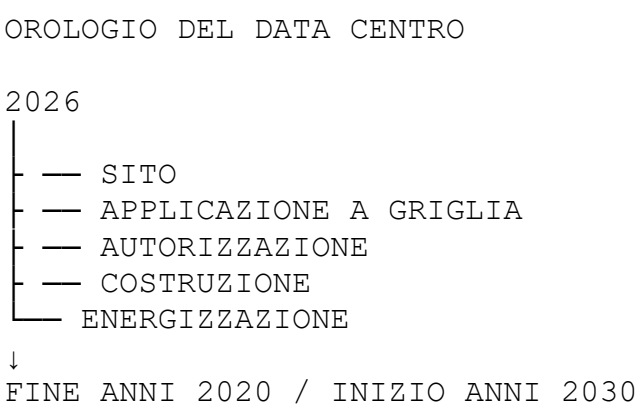
Attualmente ISIN partecipa alla Joint Early Review di NUWARD in qualità di osservatore e dichiara esplicitamente che l'Italia non possiede ancora un quadro normativo che consenta un processo di autorizzazione per i reattori di potenza.

ISIN ha fatto riferimento separatamente ai reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) e ai reattori avanzati, entrambi considerati per il mix energetico italiano nel periodo **2035-2045** .

La conclusione è pertanto solida anche senza assegnare una data ipotetica al FOAK:

Nessun programma nucleare italiano attualmente in uso è in grado di produrre energia elettrica in tempo utile per risolvere i problemi di connessione dei data center previsti per il periodo 2026-2030.

7.13.2 I due problemi operano su orologi diversi





Cercare di far sì che il secondo risolva il problema immediato del primo distorcerebbe entrambi i programmi.

7.13.3 La gestione delle connessioni a breve termine richiede soluzioni a breve termine

Per il periodo **2026-2030** , la strategia italiana per i data center si basa pertanto su strumenti che possano effettivamente operare entro tale arco temporale.

Questi includono:

- rafforzamento della rete;
- nuove sottostazioni;
- investimenti preventivi nella rete elettrica laddove giustificati;
- riforma della coda di connessione;
- Requisiti di maturità più stringenti;
- ridistribuzione geografica dei progetti;
- magazzinaggio;
- richiedere flessibilità;
- efficienza energetica;
- generazione in loco laddove legalmente e tecnicamente appropriato;
- Procedure di autorizzazione più rapide per le infrastrutture elettriche.

Il piano di sviluppo di Terna individua già la crescita dei data center come fattore trainante per la realizzazione di nuove infrastrutture di rete.

Il nucleare appartiene a un orizzonte di pianificazione diverso.

7.13.4 L'energia nucleare potrebbe diventare rilevante per il sistema di carico strutturale post-2035

Il fatto che il nucleare non possa risolvere l'attuale problema delle code non significa che i centri dati siano irrilevanti per la pianificazione nucleare.

Se la consistente domanda dei data center dovesse superare l'attuale fase di attesa per le connessioni e trasformarsi in consumo elettrico permanente, la curva di carico italiana alla fine degli anni 2030 potrebbe risultare sostanzialmente diversa da quella odierna.

Ciò solleva una legittima questione di pianificazione a lungo termine:

La futura generazione nucleare programmabile potrebbe contribuire a soddisfare parte del carico strutturale creato dalle infrastrutture digitali?

La risposta può essere solo condizionata.

Dipende da:

- domanda effettiva di data center;
- posizione;
- Ubicazione del reattore;
- Programma di funzionamento del reattore;
- topologia a griglia;
- investimenti nella rete di trasmissione;
- costo del nucleare;
- fonti di energia elettrica concorrenti;
- Struttura PPA;
- requisiti in materia di carbonio;
- longevità dei clienti dei data center.

7.13.5 La corretta sequenza di pianificazione è quindi cronologica

```
2026–2030
_________
GESTIONE DELLA CODA DI CONNESSIONE ATTUALE
+
COSTRUIRE LA GRIGLIA
+
FILTRARE LA DOMANDA REALE DA QUELLA SPECULATIVA


2030–2035
_________
OSSERVARE IL CARICO EFFETTIVO DEL DATA CENTRO
+
DEFINIZIONE DEL SITO/TECNOLOGIA NUCLEARE
+
PIANIFICAZIONE COORDINATA DELLA TRASMISSIONE


2035–2045
_________
POTENZIALE NUOVO NUCLEARE
+
CLUSTER DI DATA CENTER MATURI
+
MAGAZZINAGGIO
+
ENERGIE RINNOVABILI
+
HVDC
+
ELETTRIFICAZIONE INDUSTRIALE
```

Le date rappresentano **orizzonti di pianificazione** , non promesse di messa in funzione del reattore.

7.13.6 Non si dovrebbe ritardare la connessione al data center presumendo che l'energia nucleare arriverà più tardi

Un esito politico particolarmente dannoso sarebbe:

```
IL DATA CENTER NECESSITA DI ALIMENTAZIONE NEL 2028
↓
RINFORZO DELLA RETE NON COSTRUITO
↓
ASSUNZIONE:
"IL NUCLEARE RISOLVERÀ QUESTO PROBLEMA PIÙ TARDI"
↓
IMPOSSIBILE CONNETTERSI AL DATA CENTRO
↓
L'ENERGIA NUCLEARE NON È ANCORA DISPONIBILE
```

Il nucleare e il potenziamento della rete elettrica sono complementari.

Non devono essere presentati come sostituti.

7.13.7 Né un SMR dovrebbe essere giustificato utilizzando speculazioni sulla futura domanda di data center.

L'errore inverso è altrettanto importante.

Supponiamo che un business case per un reattore richieda:

REATTORE DA 400 MW

↓

350 MW DI ENERGIA ASSUNTA DAI DATA CENTER

Se il presunto cliente del data center esiste solo come richiesta di connessione, il caso relativo ai ricavi non è bancabile.

Prima che la domanda di data center venga accreditata a una decisione finale di investimento nucleare (FID), l'Italia dovrebbe richiedere:

- cliente identificato;
- controllo del sito;
- autorizzazione credibile;
- finanziamento;
- carico contratto;
- data di inizio;
- domanda minima;
- durata del contratto;
- qualità del credito;
- disposizioni di risoluzione.

7.13.8 Le infrastrutture nucleari e digitali dovrebbero comunque essere pianificate insieme fin da ora

L'apparente contraddizione si risolve distinguendo:

tempi di costruzione

da

pianificazione dei tempi .

L'energia nucleare non può fornire energia alla coda immediata.

Ma il governo dovrebbe già includere scenari di carico digitale in:

- localizzazione del reattore;
- Piani di sviluppo di Terna;
- pianificazione delle zone industriali;
- corridoi di trasmissione;
- pianificazione idrica;
- strategie di riutilizzo del calore;
- pianificazione dello stoccaggio.

Ciò evita una situazione futura in cui:

```
QUI È STATA COSTRUITA UNA centrale nucleare.
|
LÌ SVILUPPATI I DATA CENTRI
|
▼
È NECESSARIO UN CAMBIO COMPLESSIVO.
```

quando una pianificazione integrata precedente avrebbe potuto ridurre i requisiti infrastrutturali.

Tabella 7.13-A — Uso corretto delle prove provenienti dai centri dati in base alla fase decisionale in materia nucleare

Fase nucleare	Utilizzo di dati provenienti da centri dati
Fattibilità 2026	Variabile di scenario soltanto
Finalista tecnologico	Valutare la compatibilità con carichi continui elevati
Screening del candidato presso la sede	Mappare i cluster digitali maturi
Studi sulla griglia	Includi scenari di data center alto/medio/basso
FID	Solo credito contratto a richiesta
Costruzione	Coordinare gli effettivi rinforzi della rete
Operazione	Ottimizzare la gestione/la contrattualistica in base al carico effettivo.

Conclusione del governo

La distinzione deve pertanto rimanere esplicita in tutto il rapporto:

I data center rappresentano un problema immediato per la pianificazione della trasmissione e una potenziale clientela a lungo termine per il nucleare. Non sono però la prova che il nucleare possa risolvere l'attuale problema delle code di connessione in Italia.

7.14 Il calore industriale potrebbe aumentare il valore del sistema del reattore

Il valore economico e di decarbonizzazione di un reattore nucleare non deve limitarsi all'energia elettrica inviata attraverso il generatore.

Un reattore produce innanzitutto **calore** .

L'elettricità è uno dei possibili prodotti finali di quel calore.

In linea di principio, parte del calore prodotto può essere reindirizzato verso applicazioni non elettriche.

Questi possono includere:

- teleriscaldamento;
- vapore industriale;
- desalinizzazione;
- idrogeno;
- carburanti sintetici;
- processi chimici;
- cogenerazione di calore ed energia.

La strategia SMR 2026 della Commissione europea individua espressamente applicazioni che vanno dal **teleriscaldamento e dal calore industriale alle industrie chimiche e alla produzione di idrogeno** .

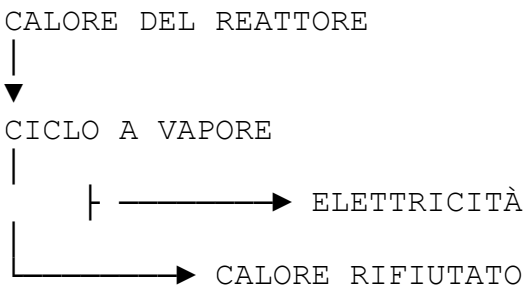
Anche l'AIEA identifica la cogenerazione nucleare come un'applicazione potenzialmente importante per i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) e osserva che le diverse tecnologie dei reattori forniscono livelli di temperatura sostanzialmente differenti.

7.14.1 L'efficienza basata esclusivamente sull'elettricità non tiene conto dell'energia utile totale

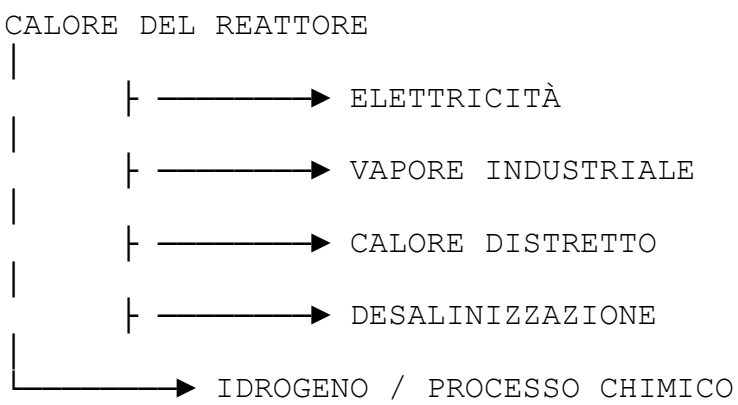
Una centrale nucleare convenzionale converte in elettricità solo una parte dell'energia termica del reattore.

La parte restante viene espulsa attraverso il condensatore.

In forma semplificata:



La cogenerazione modifica l'architettura:



Il parametro economico rilevante può quindi diventare:

valore della produzione totale di energia utile

piuttosto che semplicemente:

€/MWh di elettricità .

7.14.2 Ma il calore utile ha valore solo quando esiste un cliente

Un reattore in grado di produrre vapore industriale non genera automaticamente ricavi derivanti dal calore industriale.

Un'attività di riscaldamento richiede:

- un cliente;
- temperatura corretta;
- pressione corretta;
- quantità di calore corretta;
- un tasso di utilizzo annuo sufficientemente elevato;
- distanza accettabile;
- programma operativo compatibile;
- infrastrutture per la distribuzione del calore;
- Acquisto contrattuale.

La variabile decisiva non è la potenza termica teorica.

È:

domanda termica finanziabile a una distanza fisicamente utilizzabile dal reattore.

7.14.3 Il calore non può essere trasportato come l'elettricità

L'elettricità può essere trasmessa per centinaia di chilometri attraverso la rete.

Il vapore e l'acqua calda ne risentono:

- perdite termiche;
- perdite di pressione;
- requisiti di pompaggio;
- costo del capitale per la condotta;
- diritti di passaggio;
- requisiti di isolamento.

L'AIEA osserva che il calore è relativamente difficile e costoso da trasportare e, in una valutazione SMR, fornisce un raggio di copertura per il teleriscaldamento di circa **10-15 km** per le applicazioni di acqua calda/vapore.

Non esiste una distanza massima universale tra impianti industriali e vapore.

L'economia dipende da:

- pressione del vapore;
- temperatura;
- diametro del tubo;
- carico;
- terreno;
- utilizzo;
- condensa di ritorno;
- valore del combustibile spostato.

Ma la conclusione strategica è solida:

Il calore industriale è fondamentalmente localizzato.

Ciò rende l'integrazione termica un **problema di scelta del sito** , non semplicemente una caratteristica di progettazione del reattore.

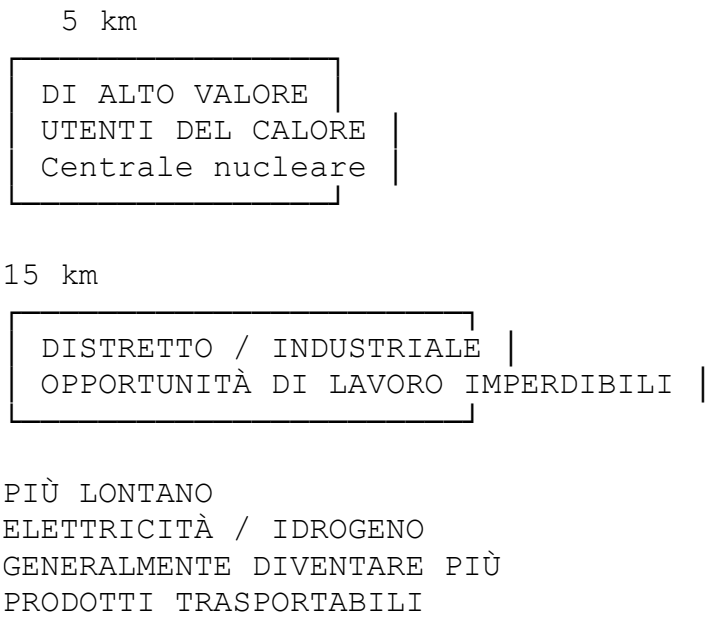
7.14.4 La scelta del sito dovrebbe quindi basarsi sulla domanda termica

Ogni sito candidato per l'installazione di un impianto nucleare dovrebbe essere circondato da un raggio definito per lo studio delle emissioni termiche industriali.

All'interno di tale raggio l'Italia dovrebbe individuare:

- impianti industriali;
- fabbisogno annuo di calore;
- picco di richiesta di calore;
- requisito di temperatura;
- pressione del vapore;
- Orari di apertura;
- caldaie esistenti;
- combustibili esistenti;
- emissioni;
- durata prevista della pianta;
- piani di elettrificazione futuri.

Un distretto industriale dovrebbe quindi essere rappresentato come una **mappa del carico termico** .



Le distanze indicate sono indicative e non rappresentano limiti universali di progetto.

7.14.5 L'Italia ha diverse classi rilevanti di domanda di calore industriale

Le possibili applicazioni in Italia includono:

- sostanze chimiche;
- raffinazione;
- prodotti petrolchimici;
- acciaio;
- ceramica;
- trasformazione alimentare;
- carta;
- teleriscaldamento;
- desalinizzazione;
- idrogeno.

Il punto importante è che questi settori richiedono **gradi di resistenza al calore differenti** .

Un impianto di trasformazione alimentare che richiede vapore a temperature relativamente moderate e un processo metallurgico ad alta temperatura non rappresentano lo stesso mercato dei reattori.

Tabella 7.14-A — Concetto di grado termico per l'ubicazione dei reattori

Classe di calore	Applicazione illustrativa	Rilevanza del reattore
Bassa temperatura	Teleriscaldamento, acqua calda	LWR altamente rilevante
Basso-medio	Desalinizzazione, alcuni alimenti/processi termici	LWR/SMR rilevante
Vapore medio	Prodotti chimici, servizi industriali	Progettazione specifica
Alta temperatura	Processi chimici/di raffinazione ad alta temperatura	I reattori avanzati sono sempre più vantaggiosi
Temperatura molto elevata	Alcuni possibili percorsi futuri per l'idrogeno/processo	Sistemi di tipo HTGR/VHTR più rilevanti

Questa tabella è volutamente qualitativa.

sulla temperatura, la pressione e la portata massica richieste dal cliente , non su etichette generiche di settore.

7.14.6 L'estrazione del vapore comporta un costo opportunità dell'elettricità

Se l'energia termica viene estratta da un ciclo a vapore prima che l'espansione attraverso la turbina sia completata, la produzione di energia elettrica può diminuire.

Perciò:

```
PIÙ CALORE VENDUTO
|
▼
POTENZIALMENTE MENO
ENERGIA ELETTRICA GENERATA
Il confronto economico corretto non è:
"Il calore è una risorsa aggiuntiva gratuita."
È:
VALORE DEL CALORE
+
VALORE DELL'ELETTRICITÀ RESIDUA
−
SPESE IN CAPITALE DI COGENERAZIONE
−
COSTO DELLA RETE DI RISCALDAMENTO
```

```
–
PERDITA DI ENTRATE ELETTRICHE
=
VALORE DI COGENERAZIONE
```

Ciò richiede una modellazione oraria o stagionale.

7.14.7 La domanda industriale e la domanda di reattori devono essere abbinate dinamicamente

Un impianto industriale può:

- fermare;
- ridurre la produzione;
- sottoporsi a manutenzione;
- cambiare prodotto;
- chiudere definitivamente.

Il reattore potrebbe dover continuare a funzionare contemporaneamente.

Pertanto, una centrale nucleare a integrazione termica dovrebbe mantenere percorsi energetici alternativi.

Per esempio:

```
DOMANDA INDUSTRIALE NORMALE
REATTORE → CLIENTE VAPORE


IL CLIENTE RIDUCE LA DOMANDA
REATTORE → TURBINA / CONDENSATORE


FERMO DEL REATTORE
CALDAIA DI EMERGENZA / RETE / STOCCAGGIO → CLIENTE
```

Ciò conduce a un principio commerciale fondamentale:

Normalmente, a un cliente industriale non può essere consentito di subordinare la sicurezza nucleare o l'operatività del reattore all'accettazione continua di calore.

7.14.8 Potrebbero essere necessari sistemi di riscaldamento intermedi

Il collegamento diretto del circuito primario nucleare a un processo chimico industriale sarebbe generalmente poco attraente dal punto di vista della sicurezza e dell'interfaccia.

A seconda della configurazione del reattore, il calore può essere trasferito anche attraverso:

- refrigerante secondario;
- scambiatore di calore intermedio;
- trasformatore di vapore;
- circuito terziario.

Il progetto di cogenerazione NUWARD, presentato tramite l'AIEA, sottolinea esplicitamente che l'integrazione industriale richiede un'analisi dei rischi specifica per la progettazione, l'integrazione del piano di lottizzazione e apparecchiature aggiuntive come i trasformatori di vapore.

Il concetto di separazione può essere rappresentato come:

SISTEMA NUCLEARE PRIMARIO

SISTEMA NUCLEARE SECONDARIO/INTERMEDIO

SCAMBIATORE DI CALORE DI ISOLAMENTO

RETE A VAPORE INDUSTRIALE

CLIENTE

L'obiettivo è impedire che le perturbazioni industriali si propaghino nei sistemi di sicurezza nucleare e ridurre al minimo i problemi di interfaccia radiologica.

7.14.9 La desalinizzazione è particolarmente dipendente dal sito

La desalinizzazione nucleare può utilizzare:

- elettricità per l'osmosi inversa;
- calore per la desalinizzazione termica;
- combinazione di elettricità e calore.

Ciò può essere particolarmente rilevante per le località costiere.

Ma richiede:

- prelievo di acqua di mare;
- gestione della salamoia;
- permessi idrici;
- oleodotti;
- fabbisogno idrico del prodotto.

Di conseguenza:

"Reattore in grado di desalinizzare" non equivale a "la desalinizzazione è economicamente giustificata in questo sito".

7.14.10 L'idrogeno introduce diversi percorsi nucleari

L'energia nucleare può supportare la produzione di idrogeno attraverso almeno due percorsi principali.

Elettrolisi elettrica:

```
NUCLEARE
↓
ELETTRICITÀ
↓
ELETTROLIZZATORE
↓
IDROGENO
```

Questo percorso può essere tecnicamente utilizzato con qualsiasi reattore in grado di produrre elettricità.

Elettrolisi ad alta temperatura / produzione termicamente assistita:

```
REATTORE AVANZATO
↓
ELETTRICITÀ + VAPORE AD ALTA TEMPERATURA
↓
ELETTROLISI AD ALTA TEMPERATURA
```

```
↓
IDROGENO
```

I reattori a temperatura più elevata potrebbero migliorare la seconda architettura poiché parte dell'energia in ingresso viene fornita sotto forma di calore anziché di elettricità.

L'AIEA identifica le famiglie di reattori ad alta temperatura come particolarmente rilevanti per il calore di processo industriale e le applicazioni dell'idrogeno.

7.14.11 L'idrogeno può risolvere in parte il problema della distanza termica, ma aggiunge costi di conversione

Il calore è difficile da trasportare su lunghe distanze.

L'idrogeno è più facile da trasportare.

Perciò:

```
SITO NUCLEARE
↓
CALORE + ELETTRICITÀ
↓
IDROGENO
↓
GASDOTTI / STOCCAGGIO / INDUSTRIA
```

può potenzialmente servire clienti più distanti dal reattore.

Ma questo introduce:

- costo di capitale dell'elettrolizzatore;
- perdite di conversione;
- compressione;
- magazzinaggio;
- conduttura;
- sistemi di sicurezza;
- rischio del mercato dell'idrogeno.

Pertanto, l'idrogeno non elimina le problematiche economiche legate alla localizzazione.

Li cambia.

7.14.12 Il calore industriale potrebbe modificare sostanzialmente l'attrattiva relativa dei siti

Consideriamo due ipotetici siti nucleari.

Sito A

Griglia eccellente

Nessun utilizzatore di calore industriale nelle vicinanze

Sito B

Griglia eccellente

+

grande polo chimico/di raffinazione a 5 km di distanza

+

domanda di vapore a lungo termine

Nel caso di un reattore che produce solo elettricità, il sito A e il sito B possono apparire simili.

Per un reattore in grado di cogenerare, il sito B potrebbe offrire:

- entrate derivanti dall'energia elettrica;
- entrate derivanti dal vapore;
- valore della decarbonizzazione industriale;
- riduzione del consumo di gas industriale;
- una potenziale maggiore integrazione economica locale.

Pertanto, l'algoritmo di selezione del sito dovrebbe includere:

domanda termica utile recuperabile entro un raggio economicamente realistico.

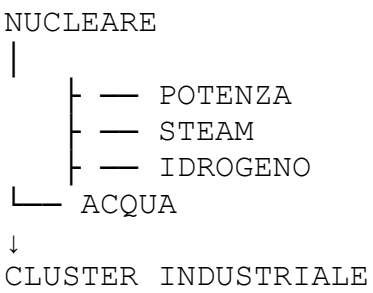
Tabella 7.14-B — Dati relativi al calore industriale richiesti per ciascun sito nucleare candidato

Variabile	Misurazione richiesta
Cliente	Struttura denominata
Distanza	km dall'interfaccia termica del reattore
Fabbisogno annuo di calore	GWhth/anno
Picco di domanda	MWth
Domanda minima	MWth
Temperatura	°C
pressione del vapore	sbarra
fattore di carico	%
Carburante attuale	Gas/petrolio/elettricità/ecc.
Emissioni attuali	tCO_2/anno
Capacità della caldaia esistente	MWth
Requisiti di backup	MWth
Contratto di vita	Anni
Durata di vita degli asset del cliente	Anni
Spese in conto capitale per la rete di teleriscaldamento	€
Perdite di calore	%
Penalità elettrica del reattore	MWe
Reddito	€/MWh
carburante evitato	Valore fisico + valore finanziario

In assenza di queste informazioni, il calore industriale dovrebbe rimanere **un'opzione** , non una fonte di reddito derivante da progetti di reattori.

7.14.13 L'integrazione termica può creare un cluster industriale più forte, ma anche una maggiore interdipendenza reciproca.

L'integrazione profonda può creare:



Ciò può migliorare la situazione economica.

Ma crea interdipendenza.

Il polo industriale dipende dalla disponibilità dei reattori.

Il modello di business dei reattori dipende dalla domanda industriale.

La soluzione non è evitare l'integrazione.

Si tratta di progettare:

- sistemi di backup;
- Dissipatori di calore alternativi;
- flessibilità contrattuale;
- più clienti, ove possibile;
- reti di teleriscaldamento modulari.

7.14.14 Il calore dovrebbe essere integrato nella valutazione del sito, non una giustificazione aggiunta in seguito.

La sequenza errata sarebbe:

```
SELEZIONA IL REATTORE
↓
SELEZIONA IL SITO
↓
POI CERCA CLIENTE CALORE
La sequenza più forte è:
MAPPA DELLA DOMANDA DI RISCALDAMENTO NAZIONALE
+
GRIGLIA DELLA MAPPA
+
MAPPA DELL'ACQUA
+
SITI DI MAPPE
↓
IDENTIFICARE I CLUSTER NUCLEARE-INDUSTRIALI
↓
TEMPERATURA DEL REATTORE DI CORSA
↓
APPROVVIGIONAMENTO
```

Conclusione del governo

Il calore industriale può aumentare il valore complessivo del sistema di energia nucleare.

Ma solo se la richiesta termica è:

reale + vicino + tecnicamente compatibile + durevole + contraibile.

Il calore industriale dovrebbe quindi diventare una variabile quantitativa nella scelta del sito, e non un beneficio generico elencato nelle brochure dei reattori.

7.15 Il calore del reattore LWR e il calore del reattore avanzato non sono intercambiabili

Il termine **"calore nucleare"** può celare differenze sostanziali tra le tecnologie dei reattori.

Un megawatt di potenza termica a 120 °C non ha la stessa utilità industriale di un megawatt di potenza termica a 550 °C o 750 °C.

La temperatura determina la **qualità** , o exergia, del calore.

Il calore ad alta temperatura può essere utilizzato per processi non accessibili ai sistemi a bassa temperatura.

Pertanto, i confronti tra reattori devono distinguere:

```
QUANTITÀ DI CALORE
DA
QUALITÀ / TEMPERATURA DEL CALORE
```

7.15.1 I reattori ad acqua leggera occupano l'estremità a bassa temperatura dello spettro della cogenerazione nucleare.

I reattori ad acqua leggera convenzionali (LWR) e i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) raffreddati ad acqua operano a temperature adatte a:

- teleriscaldamento;
- desalinizzazione;
- vapore a bassa e media temperatura;
- numerose applicazioni di cogenerazione convenzionale;
- produzione di energia elettrica tramite elettrolisi.

L'AIEA conclude che i reattori ad acqua leggera attualmente disponibili sono particolarmente adatti al **teleriscaldamento e alla desalinizzazione grazie al loro intervallo di temperatura di esercizio inferiore** .

Questa non è una debolezza.

Il calore industriale a bassa e media temperatura rappresenta un mercato energetico considerevole.

La tecnologia LWR offre inoltre importanti vantaggi in termini di:

- esperienza operativa;
- maturità del combustibile;
- familiarità con la normativa;
- materiali consolidati;

- ingegneria convenzionale del ciclo a vapore.

La questione strategica è semplicemente che il calore prodotto dai reattori LWR non dovrebbe essere utilizzato per processi i cui requisiti di temperatura superano quelli che il reattore può fornire in modo economicamente sostenibile.

7.15.2 Le famiglie di reattori ad alta temperatura espandono sostanzialmente l'intervallo di calore di processo

L'analisi dell'AIEA individua intervalli indicativi di temperatura di esercizio, tra cui approssimativamente:

- **LFR: ~550 °C** ;
- **MSR: ~800 °C** ;
- **GFR: ~850°C** ;
- **VHTR: circa 750–950 °C** .

Questi sistemi ad alta temperatura possono potenzialmente essere utilizzati per una gamma più ampia di applicazioni di riscaldamento di processo e di produzione di idrogeno.

Il significato è sostanziale.

A temperature più elevate, l'energia nucleare può potenzialmente sostituire la combustione di combustibili fossili in processi che non possono essere gestiti in modo efficiente dal solo vapore a bassa temperatura.

7.15.3 Xe-100 dimostra chiaramente la differenza

X-energy descrive l'Xe-100 come avente le seguenti caratteristiche:

- Potenza termica **di 200 MWth ;**
- Potenza elettrica in uscita: **80 MWe ;**
- **Temperatura di uscita del reattore: 750 °C** ;
- di circa **565 °C** .

Il progetto è specificamente pensato per applicazioni nel settore elettrico e per la produzione di vapore a livello industriale.

Questo lo colloca in una categoria di applicazioni termiche industriali fondamentalmente diversa rispetto ai reattori SMR convenzionali raffreddati ad acqua.

Confronto semplificato

```
SMR RAFFREDDATO AD ACQUA
│
▼
CALORE A BASSA/MEDIA TEMPERATURA
│
        ├── CALORE DISTRETTO
        ├── DESALINIZZAZIONE
        ├── VAPORE DI PROCESSO
└── ELETTRICITÀ → H ₂


HTGR / SISTEMA AD ALTA TEMPERATURA
│
▼
CALORE A TEMPERATURA PIÙ ELEVATA
│
        ├── TUTTE LE OPZIONI SOPRA RIPORTATE
        ├── VAPORE DI PROCESSO DI QUALITÀ SUPERIORE
        ├── PROCESSI CHIMICI
        ├── ALTA TEMPERATURA H ₂
└── PERCORSI DI COMBUSTIBILE SINTETICO
```

7.15.4 Ma la capacità termica e la prontezza di implementazione si muovono su assi diversi

Questa è la principale distinzione tra i governi.

Un reattore può offrire temperature di processo superiori, pur presentando al contempo una maggiore incertezza in fase di implementazione.

Tabella 7.15-A — Capacità termica rispetto alle variabili di impiego

Famiglia tecnologica	Grado termico industriale	maturità del combustibile	Familiarità con la normativa	prove di implementazione commerciale
Reattore modulare di piccole dimensioni (SMR) convenzionale ad acqua leggera (LWR).	Basso-medio	**Alto**	**Alto**	Il valore più alto tra le famiglie SMR attualmente esistenti
HTGR / tipo Xe-100	**Alto**	HALEU/TRISO è ancora in fase di industrializzazione	Inferiore	Prime implementazioni commerciali in corso
reattore veloce al sodio	Potenziale di temperatura più elevato	HALEU/combustibile avanzato	Inferiore	Avanzamento di un importante progetto di riferimento
reattore veloce al piombo	Potenziale di temperatura più elevato	Percorso avanzato/MOX	Inferiore	Il percorso dimostrativo/commerciale è ancora in fase di sviluppo.
MSR / altri concetti avanzati	Potenzialmente alto	Tecnologia specifica	Basso	Generalmente fase commerciale precedente

La tabella, volutamente, non riduce le tecnologie a un unico punteggio.

Gli assi sono indipendenti.

7.15.5 L'Italia dovrebbe quindi respingere una classificazione unidimensionale dei reattori

Se l'obiettivo della politica è:

prima implementazione di energia elettrica tecnicamente credibile

Un SMR raffreddato ad acqua maturo potrebbe offrire importanti vantaggi.

Se l'obiettivo è:

decarbonizzazione profonda di un distretto industriale ad alta temperatura

Un reattore avanzato ad alta temperatura potrebbe rappresentare una soluzione energetica finale più vantaggiosa.

La conclusione errata sarebbe:

```
TEMPERATURA DI CALORE PIÙ ELEVATA
=
REATTORE MIGLIORE
La conclusione altrettanto errata sarebbe:
LWR PIÙ MATURO
=
LA SOLUZIONE MIGLIORE PER OGNI PROCESSO INDUSTRIALE
```

Il confronto corretto è multi-obiettivo.

7.15.6 La temperatura del reattore non è necessariamente la temperatura erogata al cliente

L'intera catena di trasferimento del calore è fondamentale.

Per esempio:

```
USCITA DEL REATTORE
750 °C
↓
SCAMBIATORE DI CALORE INTERMEDIO
↓
CIRCUITO SECONDARIO
↓
GENERATORE DI VAPORE
↓
CONDOTTO
↓
CLIENTE
565 °C O INFERIORE
```

La temperatura si disperde attraverso gli scambiatori di calore e i mezzi di trasporto.

Pertanto, gli appalti dovrebbero richiedere ai fornitori di dichiarare:

- temperatura di uscita del refrigerante del reattore;
- temperatura del lato secondario;
- temperatura del vapore di processo;
- pressione del vapore di processo;
- calore disponibile al limite della batteria del cliente;
- ipotesi di distanza;
- perdita di calore;
- conseguente penalità in termini di potenza elettrica erogata.

Un opuscolo che riporti solo la temperatura di uscita del reattore non è sufficiente.

7.15.7 Il calore industriale deve essere valutato presso il cliente

A scopo di confronto, l'Italia dovrebbe introdurre un parametro di riferimento standard:

Calore utile garantito nel punto di consegna

espresso come:

```
MWth
+
TEMPERATURA
+
PRESSIONE
+
DISPONIBILITÀ ANNUALE
+
DISTANZA DI CONSEGNA

Per esempio:
200 MWth
A
450 °C
40 bar
Disponibilità contrattuale del 90%
5 km dal reattore
è analiticamente significativo.
In parole semplici:
“Il reattore produce calore ad alta temperatura”
non lo è.
```

7.15.8 Il calore di processo LWR può ancora risultare economicamente dominante laddove il cliente non necessiti di alte temperature.

Il calore di alta qualità ha un potenziale di utilità maggiore.

Ma fornire una capacità di 700 °C a un cliente che necessita di vapore a 150 °C non crea necessariamente valore economico.

Potrebbe invece introdurre:

- maggiore complessità del reattore;
- nuovo carburante;
- oneri di licenza più elevati;
- minore maturità della catena di approvvigionamento.

Pertanto il principio di corrispondenza corretto è:

```
ESIGENZA DEL CLIENTE = 150 °C

UNA SOLUZIONE A 150–250 °C POTREBBE ESSERE SUFFICIENTE

TEMPERATURA PIÙ ELEVATA
NON CREA AUTOMATICAMENTE
VALORE AGGIUNTO PER IL CLIENTE
```

Ecco perché la mappatura della domanda industriale deve precedere la classificazione del calore del reattore.

7.15.9 La capacità di operare ad alta temperatura dovrebbe essere valorizzata solo laddove esista un acquirente in grado di operare ad alta temperatura.

La matrice di approvvigionamento dovrebbe distinguere:

capacità potenziale

da

capacità monetizzabile .

Tabella 7.15-B — Logica di punteggio proposta per il potere calorifico

Condizione	Trattamento
Il reattore non ha capacità di produzione di calore utile.	Valore di cogenerazione pari a zero
Il reattore può fornire calore, ma non esiste alcun cliente.	solo il valore dell'opzione
Il cliente esiste ma la temperatura non corrisponde	Valore basso
Il cliente esiste e la temperatura corrisponde	Valore significativo
Numerosi clienti nelle vicinanze	Maggiore resilienza/valore
Il cliente ha un contratto a lungo termine	Valore bancabile
Il cliente richiede una nuova interfaccia termica	Applicare la contingenza tecnologica
La fornitura di calore riduce notevolmente l'elettricità	Dedurre il costo opportunità
È necessario un sistema di backup	Includi CAPEX/OPEX di riserva
La rete di riscaldamento richiede un corridoio principale	Includi i costi dell'infrastruttura

7.15.10 Il calore avanzato introduce anche ulteriori questioni relative all'interfaccia nucleare-industriale

L'integrazione ad alta temperatura può comportare:

- Cicli intermedi;
- scambiatori di calore specializzati;
- materiali avanzati;
- compatibilità chimica;
- valvole per alte temperature;
- ciclo termico;
- sicurezza dell'idrogeno;
- sistemi di pressione industriali

Una temperatura elevata all'uscita del reattore non è quindi esclusivamente un vantaggio.

Ciò comporta obblighi di ingegneria.

Nei sistemi di raffreddamento a sodio o a piombo, l'interfaccia termica industriale deve inoltre mantenere un'adeguata separazione tra il refrigerante nucleare e il processo industriale.

Il sistema completo diventa:

```
REATTORE
↓
LIQUIDO DI RAFFREDDAMENTO PRIMARIO
↓
TRASPORTO DI CALORE INTERMEDIO
↓
SCAMBIATORE DI CALORE DI PROCESSO
↓
SISTEMA INDUSTRIALE
```

Ogni interfaccia richiede:

- analisi della sicurezza;
- qualificazione dei materiali;
- ispezione;
- isolamento;
- individuazione delle perdite;
- controllo della pressione.

7.15.11 Non si dovrebbe permettere che la cogenerazione indebolisca il quadro di sicurezza del reattore.

L'impianto industriale potrebbe subire le seguenti conseguenze:

- improvvisa perdita di richiesta di vapore;
- Rottura del tubo;
- incidente chimico;
- fuoco;
- interruzione di corrente;
- fermare.

La centrale nucleare deve essere in grado di tollerare questi eventi senza compromettere la sicurezza.

Il progetto deve quindi affrontare i seguenti punti:

- valvole di intercettazione;
- transienti di pressione;
- alternative ai dissipatori di calore;
- distanze di separazione;
- pericoli esterni;
- incidenti sul lavoro;

- guasti comuni alle utenze.

Il sistema industriale dovrebbe essere considerato come un potenziale **pericolo di interfaccia esterna** , non semplicemente come un consumatore di energia.

7.15.12 Il programma nazionale necessita quindi di due diversi punteggi di prontezza

Ogni reattore considerato per la cogenerazione industriale dovrebbe essere sottoposto ad almeno due valutazioni indipendenti:

A. Prontezza al dispiegamento

Basato su:

- maturità del progetto;
- licenze;
- progetto di riferimento;
- costruzione;
- carburante;
- catena di fornitura;
- finanziamento.

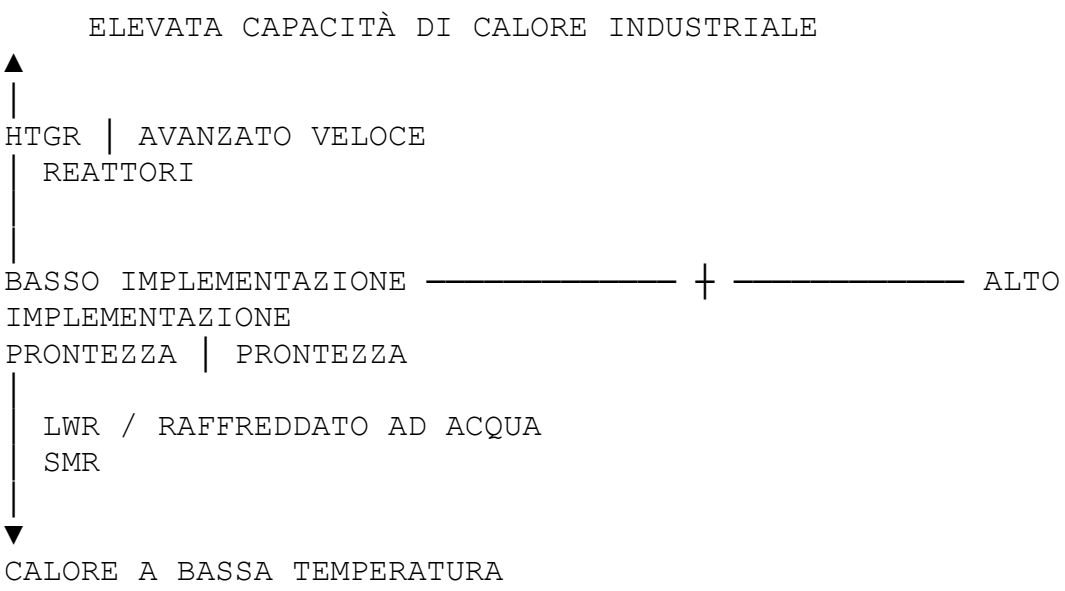
B. Capacità energetica industriale

Basato su:

- temperatura massima di utilizzo;
- condizioni del vapore;
- quantità di calore;
- capacità di utilizzo dell'idrogeno;
- capacità di desalinizzazione;
- flessibilità;
- integrazione del cliente.

Le due valutazioni non dovrebbero mai essere unite prima che i responsabili delle decisioni le abbiano esaminate separatamente.

Schema testuale: perché sono necessari due assi



Questo diagramma è qualitativo.

Non dovrebbe essere convertito in punteggi tecnologici numerici senza una metodologia definita.

7.15.13 Il reattore ottimale può quindi variare a seconda del sito italiano

Un sito dominato da:

- domanda di elettricità;
- trasmissione forte;
- nelle vicinanze non sono presenti grandi utenze termiche;

può favorire un profilo tecnologico.

Un sito adiacente a:

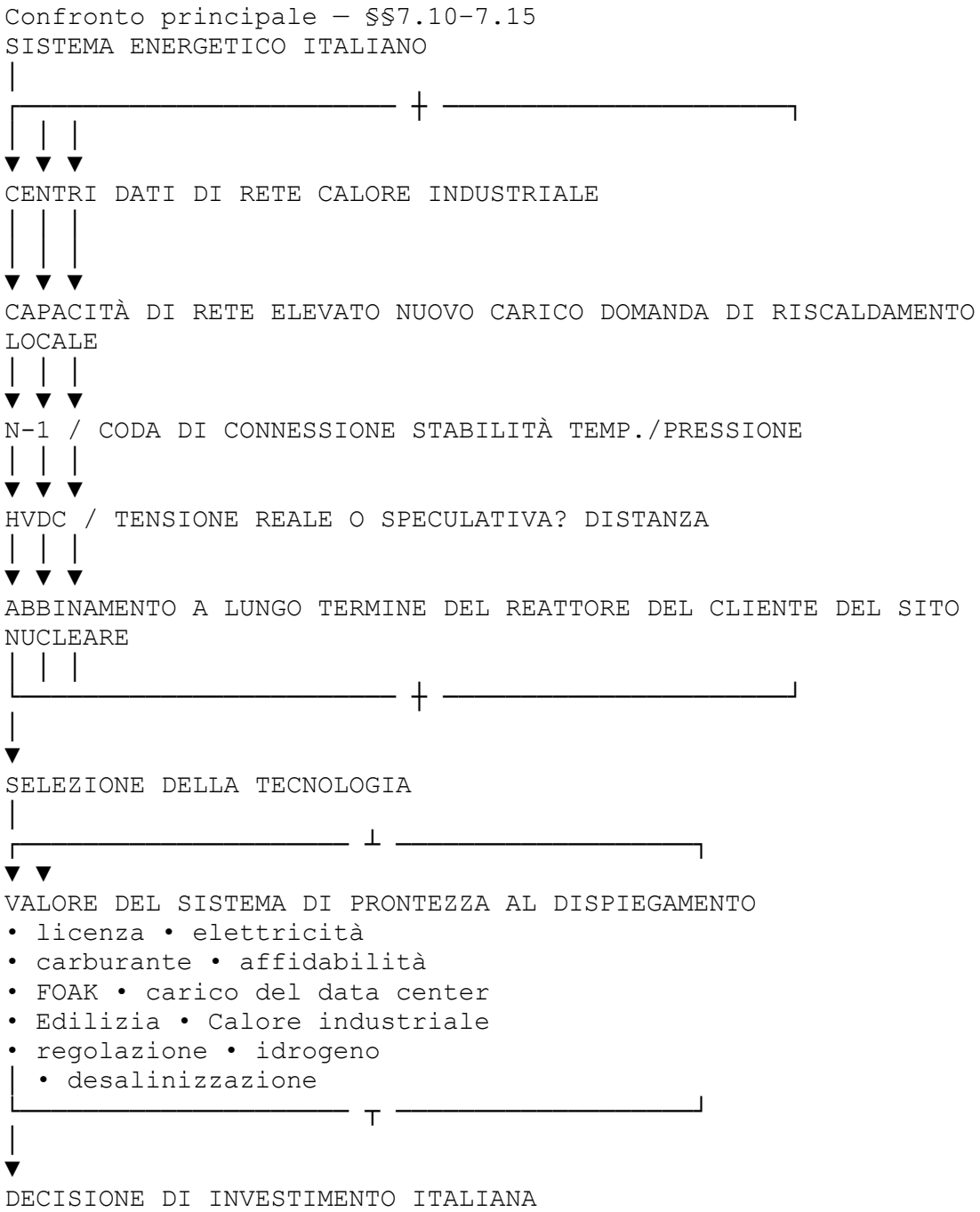
- impianti chimici;
- raffinerie;
- produzione di idrogeno;
- richiesta continua di alte temperature;

potrebbe giustificarne un altro.

Pertanto, l'Italia dovrebbe evitare di selezionare un reattore esclusivamente a livello nazionale e poi presumere che abbia lo stesso valore in ogni sito candidato.

La formulazione migliore è:

tecnologia × sito × cliente × rete × carburante × programma



Conclusioni definitive del governo — §§7.10–7.15

Le questioni relative alla rete elettrica, ai data center e al calore industriale non dovrebbero essere analizzate come appendici separate alla tecnologia dei reattori.

Fanno parte del processo decisionale relativo al reattore stesso.

Una futura centrale nucleare è contemporaneamente:

- una connessione generazionale molto ampia;
- un utente di energia elettrica proveniente da fonti esterne;
- una potenziale fonte di energia elettrica stabile per i nuovi carichi digitali;
- un potenziale produttore di calore industriale;
- un possibile punto di ancoraggio per l'idrogeno o la desalinizzazione;
- una nuova fonte di rischio contingente che Terna deve integrare nel sistema nazionale.

La prima implicazione è che **l'infrastruttura esistente a 380 kV è preziosa, ma le prove a supporto sono insufficienti** . Montalto, Trino, Latina, Caorso, Civitavecchia e Brindisi potrebbero possedere caratteristiche di trasmissione interessanti, ma ciascuna richiede un nuovo studio di sistema basato sulla topologia di rete prevista al momento della messa in servizio del reattore, e non solo su mappe storiche.

La seconda implicazione è che l'Italia non dovrebbe confondere **i 78,79 GW di richieste di connessione ai data center di gennaio 2026 con i 78,79 GW di consumo futuro** . La cifra è comunque strategicamente importante perché dimostra un interesse senza precedenti da parte degli sviluppatori per carichi elettrici molto elevati.

La terza implicazione è di natura cronologica. Il nucleare non può risolvere l'immediato problema della connessione dei data center nel periodo **2026-2030** . La pianificazione nucleare italiana è ancora nelle fasi di valutazione di fattibilità, regolamentazione e tecnologia, mentre il PNIEC prevede la possibile realizzazione di nuove centrali a fissione dopo il 2030.

La quarta implicazione è che i data center potrebbero comunque diventare un'importante classe strutturale di clienti nucleari nel sistema elettrico 2035-2045, qualora l'attuale programma di connessioni si traducesse in una domanda reale e duratura.

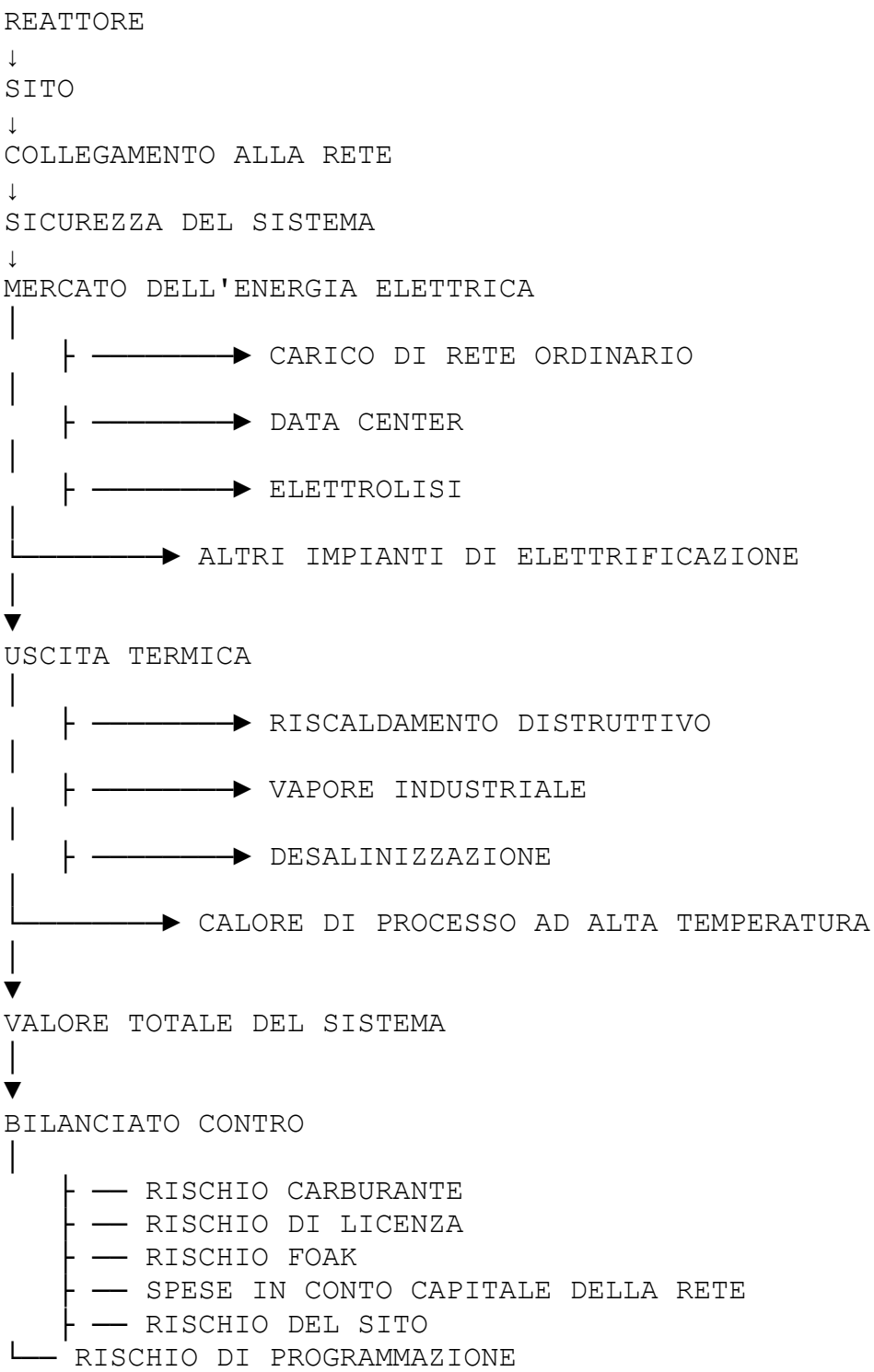
La quinta implicazione è che il calore industriale può modificare sostanzialmente l'economia dei reattori, ma solo laddove la domanda termica sia fisicamente presente nelle vicinanze del sito.

Il sesto punto è che **il calore dei reattori LWR e quello dei reattori avanzati non possono essere considerati lo stesso prodotto** . I reattori raffreddati ad acqua presentano una maggiore familiarità con le attuali implementazioni, ma una minore capacità di raggiungere temperature di processo elevate; i sistemi ad alta temperatura e a reattore veloce possono offrire un campo di applicazione più ampio per il calore industriale, introducendo al contempo maggiori novità in termini di combustibile, licenze e tecnologie.

Il principio appropriato da applicare in materia di appalti pubblici è pertanto il seguente:

L'Italia non dovrebbe limitarsi a chiedersi quanti megawatt può generare un reattore. Dovrebbe chiedersi dove questi megawatt e megawatt termici entrano nel sistema energetico italiano, di quale potenziamento della rete hanno bisogno, quali carichi credibili a lungo termine servono, quali combustibili industriali possono sostituire e se il valore aggiunto per il sistema è sufficiente a compensare i rischi legati al combustibile, alle licenze, alla costruzione e alla tecnologia del reattore.

La catena decisionale completa è la seguente:



È a questo livello che il programma nucleare italiano dovrebbe valutare **l'integrazione nella rete, la domanda digitale e la cogenerazione industriale** .

Questa versione è progettata per **sostituire direttamente le sezioni §§7.10–7.15 esistenti** ; la numerazione e la sequenza dei contenuti rimangono invariate.

7.16 L'idrogeno non fa automaticamente scomparire la scarsa redditività dei reattori.

Un reattore nucleare può produrre idrogeno a basse emissioni di carbonio attraverso:

- elettrolisi convenzionale mediante elettricità;
- elettrolisi ad alta temperatura potenzialmente più efficiente laddove sia disponibile vapore adeguato.

L'idrogeno può fornire una soluzione flessibile per l'assorbimento di energia elettrica durante i periodi di basso prezzo.

Ma la validità economica dipende da:

- Investimenti (CAPEX) per l'elettrolizzatore;
- Orari di apertura;
- mercato dell'idrogeno;
- infrastrutture di gasdotti/stoccaggio;
- costo opportunità dell'elettricità;
- domanda industriale

Un modello governativo non dovrebbe quindi presupporre che l'energia nucleare in eccesso possa sempre essere monetizzata sotto forma di idrogeno a prezzi vantaggiosi.

L'idrogeno è **un'opzione** , non una fonte di entrate garantita per il bilanciamento del bilancio energetico.

7.17 La co-localizzazione industriale crea ulteriori rischi esterni

Individuazione di un reattore nelle vicinanze:

- produzione chimica;
- stoccaggio dell'idrogeno;
- infrastrutture di raffineria;
- principali centri dati;
- impianti di gas industriale

può migliorare l'integrazione energetica.

Può inoltre introdurre:

- pericoli di esplosione;
- rilasci di sostanze tossiche;
- incendi;
- oleodotti;
- incidenti di trasporto.

I requisiti di valutazione dei siti dell'AIEA richiedono che tali pericoli esterni di origine antropica siano inclusi nel dossier di sicurezza nucleare.

La cogenerazione crea quindi sia **valore di sistema sia obblighi di interfaccia di sicurezza** .

7.18 L'acqua è un vincolo di progettazione per l'intero ciclo di vita.

La disponibilità idrica non può essere valutata basandosi sul clima degli anni '60, periodo in cui furono progettate le centrali nucleari storiche italiane.

Un nuovo reattore, entrato in funzione intorno al 2040, potrebbe rimanere operativo fino a circa:

- 2100;
- potenzialmente anche più tardi, qualora venisse concessa una proroga della vita.

Il suo sistema idrico deve quindi resistere a condizioni climatiche sostanzialmente diverse da quelle in cui operavano i vecchi impianti.

Secondo i dati ISPRA, le risorse idriche rinnovabili italiane **nel 2025 ammontavano a circa 128 miliardi di m^3** , oltre il 7% in meno rispetto alla media di lungo periodo e circa il 19% in meno rispetto al 2024. **[G]**

L'estate del 2026 ha ulteriormente dimostrato che i principali sistemi idrici settentrionali rimangono esposti a temperature persistenti, scarse precipitazioni e al calo dei livelli dei bacini idrici.

L'implicazione è diretta:

La disponibilità storica di acqua di raffreddamento fluviale non è garanzia di futura sicurezza idrica per il raffreddamento.

7.19 Anche il caldo mediterraneo rappresenta un problema di efficienza termica

Ogni centrale termoelettrica opera con una differenza di temperatura.

Man mano che la temperatura del dissipatore di calore aumenta:

- L'efficienza del condensatore diminuisce;
- La produzione della turbina può diminuire;
- I vincoli relativi alla temperatura dell'acqua di scarico possono diventare più stringenti.

Ciò vale per:

- nucleare;
- gas;
- carbone;
- concentrazione solare termica.

L'OCSE-NEA documenta casi in cui:

- alta temperatura del fiume;
- basso livello del fiume;
- ondate di calore;
- siccità

hanno ridotto la produzione nucleare o richiesto adattamenti. **[S]**

Per l'Italia, un futuro calcolo della "capacità affidabile" dovrà quindi includere la possibilità di una riduzione della capacità durante il periodo estivo, laddove il concetto di raffreddamento sia sensibile al clima.

7.20 Raffreddamento a passaggio singolo: prelievo massimo, forte dipendenza dal dissipatore di calore

Un sistema di raffreddamento convenzionale a passaggio singolo preleva grandi quantità di:

- acqua di fiume;
- acqua del lago;
- acqua di mare.

La maggior parte viene restituita, ma a temperature più elevate.

Vantaggi:

- elevata efficienza termica;
- Dissipazione del calore relativamente semplice.

Sfide:

- prelievo idrico molto elevato;
- scarica termica;
- Impatto dei pesci sulla biodiversità;
- ostruzione delle prese d'aria;
- elevata dipendenza dal livello e dalla temperatura dell'acqua.

Per l'entroterra italiano, una siccità prolungata potrebbe rendere particolarmente difficile giustificare un sistema di raffreddamento ad acqua dolce a ciclo aperto.

Nelle zone costiere, l'acqua di mare elimina la maggior parte della competizione con l'acqua dolce, ma non i vincoli termici/ecologici.

7.21 Torri a ricircolo umido: minore prelievo, maggiore consumo

Le torri di raffreddamento ricircolano l'acqua.

Rispetto ai sistemi a passaggio unico, in genere riducono notevolmente i prelievi.

Ma perdono acqua attraverso:

- evaporazione;
- abbattimento.

Ciò li rende potenzialmente interessanti laddove il prelievo idrico dai fiumi è limitato, ma si dipende comunque da un approvvigionamento idrico di rifornimento affidabile.

Durante:

- ondate di calore;
- siccità;
- restrizioni sull'uso dell'acqua,

La loro domanda evaporativa può assumere rilevanza politica e ambientale.

7.22 Raffreddamento a secco: una vera opzione per la resilienza alla siccità, non una soluzione gratuita

Il raffreddamento a secco disperde il calore principalmente nell'aria anziché far evaporare grandi quantità di acqua.

Può ridurre drasticamente la dipendenza dall'acqua.

Ciò conferisce particolare rilevanza a questo prodotto per:

- Ubicazione del bacino del Po;
- aree industriali dismesse nell'entroterra;
- zone mediterranee soggette a scarsità idrica.

Ma il raffreddamento a secco comporta dei compromessi.

Questi possono includere:

- strutture di scambiatori di calore più grandi;
- maggiore impronta territoriale;
- costi di capitale più elevati;
- maggiore consumo di energia ausiliaria;
- efficienza termica ridotta;
- maggiore penalizzazione delle prestazioni alle temperature ambientali più elevate.

Il lavoro tecnico dell'AIEA sui sistemi di raffreddamento nucleare riconosce questi compromessi. **[I/S]**

Il paradosso è importante:

Il raffreddamento a secco protegge dalla siccità, ma può risultare meno efficace proprio durante le ondate di calore più intense.

La tecnologia e il sito devono quindi essere valutati congiuntamente.

7.23 Il raffreddamento a secco non elimina il dissipatore di calore finale nucleare

Un malinteso frequente è che un reattore raffreddato a secco non presenti problemi di sicurezza legati all'acqua.

Il condensatore del ciclo di potenza e il **dissipatore di calore di sicurezza finale** svolgono funzioni ingegneristiche diverse.

A seconda della configurazione del reattore, il calore residuo dopo lo spegnimento può essere dissipato tramite:

- acqua;
- aria;
- evaporazione passiva;
- combinazioni di sistemi.

I requisiti del sito dell'AIEA richiedono esplicitamente che vengano valutate la disponibilità e le caratteristiche del dissipatore di calore finale, tra cui:

- temperatura dell'aria;
- umidità;
- temperatura dell'acqua;
- livello dell'acqua;
- flusso sostenibile.

La valutazione di sicurezza deve pertanto dimostrare la rimozione del calore in condizioni estreme, anche laddove il normale funzionamento dell'impianto utilizzi poca acqua di raffreddamento.

7.24 Gli scambi di raffreddamento costieri comportano un rischio di siccità per il rischio marino e costiero

Un sito costiero può evitare la competizione per le scarse risorse di acqua dolce dell'entroterra.

Questo rappresenta un vantaggio considerevole.

Ma il sito presenta altri pericoli:

- tsunami;
- mareggiata;
- azione ondosa;
- innalzamento del livello del mare;
- erosione costiera;
- ondate di calore marine;
- corrosione salina;
- incrostazioni biologiche;
- vincoli ambientali marini.

Il capitolo 3 ha individuato le seguenti problematiche:

- Montalto;
- Latina;
- Civitavecchia;
- Brindisi;
- Ponte Santo;
- Garigliano.

La conclusione corretta non è "la costa è più sicura".

È:

I siti costieri e quelli interni presentano rischi di accumulo di calore differenti.

7.25 Gli impatti ambientali durante il normale funzionamento rimangono significativi

Anche in assenza di incidenti, una centrale nucleare può avere un impatto sull'ambiente attraverso:

- prelievo di acqua di raffreddamento;
- scarica termica;
- trattamento chimico dei sistemi di raffreddamento;
- occupazione del territorio;
- corridoi di trasmissione;
- scavo edile;
- rumore;
- ecologia marina o d'acqua dolce;
- Scarichi radioattivi controllati di routine entro i limiti autorizzati.

Tali impatti sono soggetti a valutazione ambientale e permessi di esercizio.

Una fonte di energia elettrica a basse emissioni di carbonio non è priva di impatto ambientale.

Il confronto più appropriato va effettuato con l'impatto ambientale dei sistemi di produzione di energia elettrica concorrenti lungo l'intero ciclo di vita.

7.26 La sicurezza sismica non può essere ridotta alla mappa delle zone sismiche comunali italiane

La classificazione sismica civile nazionale è utile per una valutazione preliminare.

Non è la base della progettazione nucleare.

Un progetto di reattore richiede un'analisi specifica del sito relativa a:

- rischio di scosse telluriche;
- guasti capaci;
- liquefazione;
- rottura superficiale;
- insediamento;
- instabilità del pendio;
- inondazione provocata dal terremoto;
- interazione con le infrastrutture circostanti.

La norma SSR-1 dell'AIEA richiede che i rischi presenti nei siti nucleari siano identificati e valutati per tutta la durata di vita dell'impianto e che, ove pertinente, vengano prese in considerazione le combinazioni di rischi.

Pertanto un'affermazione come:

“Questo comune si trova solo nella zona sismica 3”

non è possibile stabilire l'idoneità nucleare.

7.27 La valutazione probabilistica del rischio sismico deve essere specifica per il reattore e per il sito.

I risultati rilevanti delle indagini geologiche in campo nucleare non costituiscono un'etichetta politica.

Si tratta di una curva di rischio quantitativa a supporto della progettazione di:

- strutture legate alla sicurezza;
- sistemi;
- componenti;
- isolamento sismico laddove utilizzato;
- qualificazione delle apparecchiature.

Il futuro organismo di regolamentazione italiano dovrà stabilire:

- metodologia accettabile;
- periodi di rendimento;
- trattamento dell'incertezza;
- Spettri di movimento del suolo;
- criteri di guasto capacitivo.

Gli studi sismici pregressi condotti a Trino, Latina, Caorso o Garigliano non possono essere semplicemente ereditati dai loro impianti storici.

La valutazione della sicurezza deve essere riesaminata utilizzando le attuali conoscenze scientifiche.

7.28 L'idrogeologia è parte integrante della sicurezza, non si limita all'ottenimento dei permessi ambientali.

Le condizioni delle acque sotterranee e superficiali influenzano:

- stabilità delle fondamenta;
- allagamento;
- liquefazione;
- trasporto di contaminanti;
- costruzione;
- strutture di reattori sotterranei;
- depositi di rifiuti.

Per un SMR (Single Modular Reactor) con costruzione profonda o parzialmente sotterranea, le acque sotterranee possono diventare ancora più importanti, anziché meno.

Il dossier di sicurezza deve pertanto includere:

- geologia;
- idrologia;
- progettazione civile;
- analisi delle conseguenze radiologiche.

7.29 I rischi climatici devono essere trattati come rischi variabili

La dottrina dell'AIEA in materia di localizzazione richiede che le caratteristiche che possono cambiare durante il ciclo vitale della pianta vengano rivalutate.

Per un reattore potenzialmente operativo fino al prossimo secolo, la linea di base relativa ai rischi esterni deve considerare la plausibile evoluzione di:

- caldo estremo;
- siccità;
- piogge intense;
- inondazione del fiume;
- livello del mare;
- mareggiata;
- incendi boschivi;
- fabbisogno idrico

Un "evento alluvionale con periodo di ritorno di 100 anni", derivato meccanicamente da un set di dati climatici storici statici, non costituisce automaticamente una base adeguata per la progettazione futura.

Le ipotesi statistiche stesse potrebbero necessitare di una valutazione adeguata al clima.

7.30 I pericoli complessi contano più dei pericoli isolati

L'analisi dei rischi esterni per un futuro programma nucleare italiano non dovrebbe essere concepita come un catalogo in cui terremoti, alluvioni, tsunami, caldo estremo, siccità, incendi boschivi e perdita di infrastrutture esterne vengono valutati in modo indipendente e si presume che rimangano tali anche nella realtà.

Per quanto riguarda la sicurezza nucleare, la questione più impegnativa è:

Cosa può accadere quando un pericolo ne causa un altro, quando diversi pericoli hanno una causa fisica comune o quando un evento estremo disattiva simultaneamente diversi livelli di difesa?

Questa distinzione è ormai sancita dalla dottrina internazionale in materia di sicurezza nucleare.

Lo standard di sicurezza SSR-1 dell'AIEA richiede che la valutazione del sito consideri non solo la frequenza e la gravità degli eventi esterni, sia naturali che antropici, ma anche **le potenziali combinazioni** di tali eventi. Esso afferma esplicitamente che gli eventi esterni possono verificarsi simultaneamente o in brevi intervalli di tempo e che le loro interrelazioni e il loro nesso di causalità devono essere valutati. Per i siti che ospitano più di un impianto nucleare, è necessario considerare anche le combinazioni plausibili in grado di influenzare più impianti, unitamente agli effetti combinati sulle persone e sull'ambiente.

Tale requisito è direttamente rilevante per l'Italia.

```
Un futuro dossier italiano sulla sicurezza nucleare non
dovrebbe quindi consistere in:
TERREMOTO → PASSAGGIO
ALLUVIONE → PASSAGGIO
ONDATA DI CALORE → PASSAGGIO
INCENDIO BOSCHIVO → PASSAGGIO
PERDITA DI RETE → PASSAGGIO
TSUNAMI → PASS
e concludiamo che il sito è pertanto sicuro.
Deve inoltre stabilire:
TERREMOTO
+
PERDITA DI RETE
+
ACCESSO DANNEGGIATO
+
SFIDA A UNITÀ MULTIPLE
→ ?

TERREMOTO
+
```

```
TSUNAMI / INONDAZIONI COSTIERE
→ ?

PIOGGIA ESTREMA
+
ALLUVIONE DEL FIUME
+
GUASTO DEL SISTEMA DI DRENAGGIO
+
DISABILITÀ DI ACCESSO
→ ?

ONDATA DI CALORE
+
SICCITÀ
+
BASSA PORTATA DEL FIUME
+
TEMPERATURA ELEVATA DELL'ACQUA DI RAFFREDDAMENTO
+
PICCO DI DOMANDA DELLA RETE
→ ?

INCENDIO BOSCHIVO
+
FUMO
+
INTERRUZIONE DELLA LINEA DI TRASMISSIONE
+
RESTRIZIONE STRADALE
→ ?
La differenza è fondamentale.
```

Una centrale nucleare non si guasta semplicemente perché un parametro fisico calcolato supera un altro.

Gravi incidenti possono verificarsi quando **diverse ipotesi, considerate indipendenti, cessano di esserlo contemporaneamente** .

7.30.1 I rischi composti devono essere suddivisi in diverse categorie causali

Il termine “rischi combinati” può di per sé celare diversi fenomeni differenti.

L'Italia dovrebbe distinguere almeno cinque categorie.

Tabella 7.30-A — Tassonomia dei composti pericolosi per la sicurezza nucleare

Categoria	Definizione	Esempio nucleare illustrativo
Rischi causalmente collegati	Un evento fisico produce un secondo pericolo	Terremoto in mare aperto → tsunami
Rischi consequenziali	Il pericolo iniziale danneggia le infrastrutture e crea un'ulteriore sfida	Terremoto → guasto alla rete elettrica → interruzione dell'alimentazione elettrica esterna
Rischi di causa comune	Un singolo evento influisce simultaneamente su diversi sistemi di sicurezza.	L'alluvione ha invaso diverse sale elettriche.
Rischi concomitanti	Diversi pericoli si verificano in un lasso di tempo sufficientemente ravvicinato da interagire	Ondata di calore + siccità + bassa portata dei fiumi
Rischi a cascata per le infrastrutture	Eventi esterni danneggiano i sistemi esterni al sito nucleare che richiedono una risposta	Incendio boschivo → interruzione della trasmissione + chiusura delle strade + interruzione delle telecomunicazioni
Rischi multi-unità	Lo stesso evento mette in discussione più di un reattore o di un inventario radioattivo	L'alluvione colpisce contemporaneamente sei moduli SMR.
Rischi derivanti da installazioni multiple	Il pericolo riguarda il reattore, i sistemi di combustibile esaurito, gli impianti di smaltimento dei rifiuti o gli impianti nucleari limitrofi.	Il terremoto ha colpito i moduli del reattore e il deposito di combustibile esaurito.

stress composto di lunga durata	Le condizioni ambientali persistenti riducono progressivamente il margine di sicurezza	Siccità + temperature dell'acqua elevate + stress prolungato della rete elettrica

Queste categorie non devono essere considerate intercambiabili.

Ad esempio, la probabilità che si verifichi uno tsunami in seguito a un forte terremoto sottomarino non si ottiene moltiplicando due probabilità indipendenti.

Gli eventi sono fisicamente collegati.

Analogamente:

PROBABILITÀ DI TERREMOTO

×

PROBABILITÀ DI PERDITA DELLA RETE

sarebbe inappropriato se il terremoto stesso potesse danneggiare le infrastrutture di trasmissione e causare l'interruzione della connessione alla rete.

La dipendenza deve essere modellata.

7.30.2 Fukushima ha dimostrato il pericolo di considerare i livelli di difesa come indipendenti, quando un singolo pericolo può neutralizzarne diversi contemporaneamente.

L'incidente di Fukushima Daiichi rappresenta il principale riferimento moderno per questo principio.

Le lezioni apprese dall'AIEA dopo il disastro di Fukushima affermano esplicitamente che le valutazioni dei rischi naturali devono considerare le combinazioni di eventi che si verificano **simultaneamente o in sequenza** , i loro effetti combinati e la loro capacità di colpire più unità di reattori. L'AIEA ha inoltre concluso che l'inondazione causata dallo tsunami ha messo a dura prova simultaneamente diversi livelli di difesa in profondità e ha prodotto guasti dovuti a cause comuni.

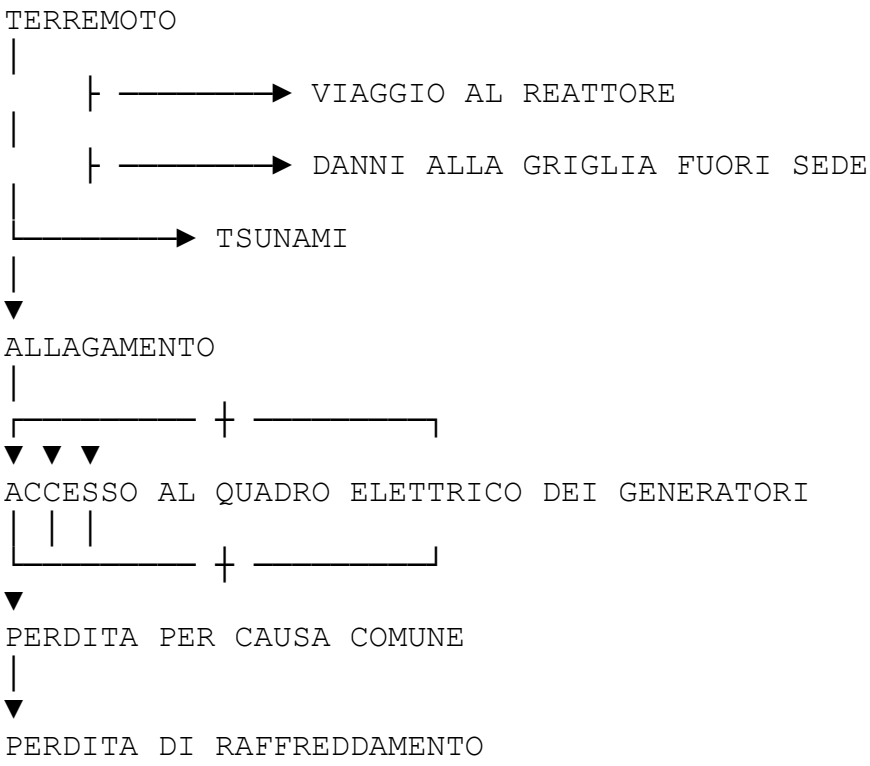
La lezione importante è più ampia di così:

“Uno tsunami può essere pericoloso.”

La lezione più profonda è:

Un singolo evento esterno può eliminare contemporaneamente diverse misure di sicurezza apparentemente indipendenti.

Una rappresentazione semplificata è:



Il significato di un nuovo programma italiano non risiede nel fatto che l'Italia debba copiare i presupposti di progettazione del reattore di Fukushima.

Le moderne tecnologie dei reattori possono differire sostanzialmente.

La rilevanza è di natura metodologica:

Una funzione di sicurezza non può essere considerata realmente indipendente se lo stesso evento esterno può disattivarla insieme alla funzione che dovrebbe proteggere.

7.30.3 Il diritto italiano incorpora già il principio di difesa in profondità successivo al disastro di Fukushima.

Non si tratta semplicemente di una buona prassi internazionale.

È già entrato a far parte del quadro normativo italiano in materia di sicurezza nucleare.

L'articolo 78 del Decreto Legislativo 101/2020 stabilisce l'obiettivo di sicurezza nucleare secondo cui gli impianti nucleari devono essere progettati, localizzati, costruiti, messi in servizio, gestiti e smantellati in modo da prevenire gli incidenti, mitigarne le conseguenze ed evitare entrambi:

- rilasci radioattivi precoci per i quali non ci sarebbe tempo sufficiente per attuare le necessarie misure di emergenza fuori sede; e
- Rilasci radioattivi di grandi dimensioni che richiedevano misure di protezione non limitabili nello spazio o nel tempo.

L'articolo 79 richiede quindi una difesa in profondità, ove applicabile, specificamente per ridurre al minimo l'impatto di **pericoli esterni estremi di origine naturale o antropica non intenzionale** , nonché per controllare gli incidenti di progettazione e le condizioni severe.

Questa formulazione attua direttamente le modifiche introdotte dopo il disastro di Fukushima nella Direttiva 2014/87/Euratom. La Direttiva, analogamente, richiede la minimizzazione dei rischi estremi esterni di origine naturale e dei rischi antropici non intenzionali, e prevede disposizioni di emergenza in loco per far fronte ad incidenti e incidenti gravi che possano **coinvolgere o interessare simultaneamente diverse unità** .

Il test legale per un futuro reattore italiano non è quindi semplicemente:

L'impianto è in grado di resistere al terremoto previsto dal progetto?

È più ampio:

L'architettura di difesa a più livelli può rimanere efficace quando pericoli esterni credibili e le relative conseguenze minacciano simultaneamente diversi sistemi, diverse unità o diversi livelli di difesa?

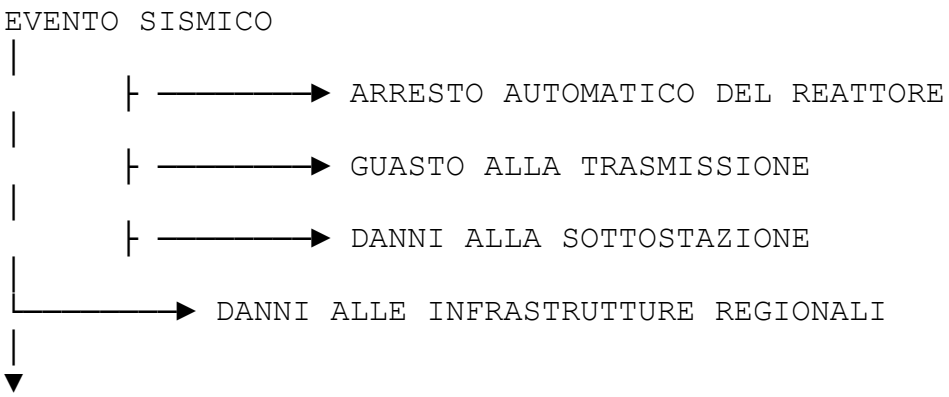
7.30.4 Terremoto + interruzione dell'alimentazione elettrica esterna è uno scenario combinato fondamentale

Non è necessario che un terremoto danneggi direttamente le strutture di sicurezza del reattore per creare una grave minaccia per l'impianto.

Può danneggiare:

- linee di trasmissione;
- sottostazioni;
- trasformatori;
- sistemi di distribuzione regionali;
- telecomunicazioni;
- strade;
- sistemi idrici;
- infrastrutture per la distribuzione del carburante.

Di conseguenza, un sito può subire le seguenti conseguenze:



Ciò crea una condizione di sicurezza diversa rispetto a un guasto isolato della rete.

Uno scenario convenzionale di interruzione della rete elettrica può presupporre che:

- Le strade rimangono accessibili;
- Le comunicazioni restano disponibili;
- Le sottostazioni vicine rimangono intatte;
- Il supporto esterno può raggiungere l'impianto;
- I servizi di emergenza regionali funzionano regolarmente.

Un'interruzione della rete elettrica causata da un terremoto potrebbe invalidare simultaneamente tutte queste ipotesi.

Per questo motivo, il caso di sicurezza dovrebbe essere modellato separatamente:

LOOP ordinario — perdita di alimentazione esterna

E

LOOP indotto da calamità: perdita di alimentazione esterna che si verifica come conseguenza di un evento regionale più ampio .

Quest'ultima è potenzialmente molto più grave.

7.30.5 Il rischio di terremoto e tsunami deve essere valutato per ogni sito costiero candidato in cui il pericolo è fisicamente credibile.

L'Italia non dovrebbe presumere che il rischio tsunami sia un fenomeno esclusivamente del Pacifico.

Il Dipartimento della Protezione Civile italiano afferma che tutte le coste del Mediterraneo sono potenzialmente esposte al rischio di tsunami e che negli ultimi mille anni sono stati documentati diverse decine di tsunami lungo le coste italiane. Le aree storicamente più colpite includono la Sicilia orientale, la Calabria, la Puglia e le Isole Eolie, sebbene eventi di minore entità siano stati registrati anche lungo le coste liguri, tirreniche e adriatiche. Le coste italiane possono essere colpite anche da tsunami generati in altre zone del Mediterraneo.

Il modello di rischio tsunami italiano 2025 (ITHM25) dell'INGV fornisce ora curve probabilistiche di rischio tsunami generate da terremoti per l'intera costa italiana in **1.085 punti** , distanziati in media di circa 5 km, e offre molteplici misure statistiche e rappresentazioni del periodo di ritorno.

Queste evidenze a livello nazionale dimostrano che il rischio di tsunami merita uno screening sistematico.

Ciò **non** stabilisce che ogni sito costiero italiano candidato a ospitare un impianto nucleare presenti lo stesso rischio di tsunami.

Ciò deve essere determinato caso per caso.

L'analisi nucleare dovrebbe esaminare:

- fonte del terremoto;
- meccanismo di generazione dello tsunami;
- orario di arrivo;
- altezza delle onde;
- rincorsa;
- profondità dell'inondazione;
- velocità del flusso;
- detriti;
- carico idrodinamico;
- erosione;
- strofinare;
- trasporto di sedimenti;
- inversione del drenaggio;
- onde ripetute;
- marea simultanea;
- condizioni di tempesta laddove fisicamente plausibili;
- accessibilità dopo l'inondazione.

La questione progettuale critica non è semplicemente:

"L'edificio del reattore si trova al di sopra dell'altezza di tsunami calcolata?"

È:

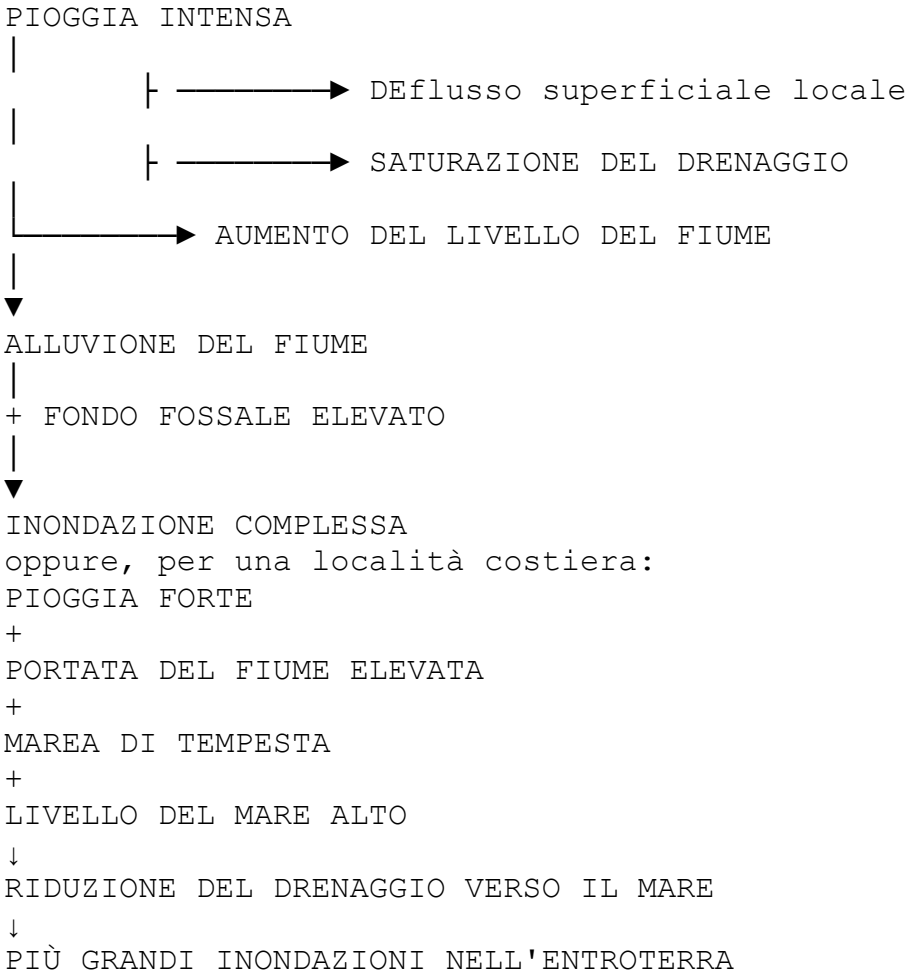
Quali funzioni di sicurezza, vie di accesso, allacciamenti elettrici, prese d'acqua, strutture di scarico, centri di emergenza e sistemi di supporto rimangono operativi per tutta la durata dell'evento?

7.30.6 Il rischio di alluvione stesso può essere composto

Le inondazioni fluviali, le inondazioni pluviali, le inondazioni costiere e l'innalzamento delle falde acquifere non possono essere automaticamente trattate come fenomeni indipendenti.

Le linee guida meteorologiche e idrologiche dell'AIEA affermano che un'inondazione di progetto nucleare può derivare da **eventi gravi simultanei** , nessuno dei quali, preso singolarmente, rappresenta l'evento limitante. Le linee guida richiedono pertanto un esame dell'interdipendenza tra i fenomeni che generano l'inondazione.

Un sito può presentare combinazioni come:



L'esposizione nazionale dell'Italia al rischio di alluvioni è considerevole. Gli attuali indicatori nazionali dell'ISPRA individuano **6,8 milioni di residenti** , pari a circa **l'11,5% della popolazione** , in aree associate allo scenario di rischio idraulico medio; oltre **1,5 milioni di edifici** rientrano in tale scenario. L'ISPRA segnala inoltre che il 94,5% dei comuni italiani è esposto a uno o più rischi di frana, alluvione, valanghe o erosione costiera.

Queste statistiche nazionali non determinano l'idoneità di un sito nucleare.

Dimostrano perché un sito nucleare non può fare affidamento su medie nazionali generiche.

7.30.7 Inondazione + danneggiamento della strada di accesso devono essere trattati come uno scenario di sicurezza nucleare, non solo come un inconveniente di ingegneria civile

L'accesso fisico diventa particolarmente importante durante eventi esterni di grave entità.

La risposta alle emergenze potrebbe richiedere:

- personale aggiuntivo;
- generatori mobili;
- pompe;
- tubi flessibili;
- carburante;
- apparecchiature di monitoraggio;
- capacità antincendio;
- squadre radiologiche;
- pezzi di ricambio;
- apparecchiature di comunicazione.

Un impianto può quindi essere fisicamente intatto, pur avendo una capacità di gestione degli incidenti compromessa a causa dell'inaccessibilità della regione circostante.

Il modello corretto è:



Le lezioni apprese dall'AIEA a Fukushima richiedono specificamente che la gestione degli incidenti tenga conto dell'interruzione delle infrastrutture regionali, comprese le comunicazioni, i trasporti e i servizi pubblici.

Di conseguenza, un piano italiano di emergenza nucleare dovrebbe dimostrare l'accesso alle seguenti condizioni:

- condizioni normali;
- perdita della strada principale;
- perdita di strade secondarie;
- cedimento del ponte;
- isolamento dalle inondazioni;
- ostruzione causata da detriti;
- traffico di evacuazione;
- condizioni di esclusione radiologica.

Ove necessario, si dovrebbero valutare vie di accesso alternative, che potrebbero includere percorsi stradali indipendenti o altre soluzioni logistiche praticabili.

7.30.8 Ondata di calore + siccità + picco di domanda di elettricità: uno scenario di particolare importanza per i sistemi italiani

Il calore estremo può colpire simultaneamente diverse parti del reattore e del sistema di alimentazione.

Le possibili conseguenze includono:

- acqua di raffreddamento più calda;
- efficienza di raffreddamento ridotta;
- riduzione delle prestazioni del condensatore;
- declassamento termico;
- maggiore richiesta di acqua di raffreddamento;
- aumento della pressione sul fiume o sul bacino idrico;
- aumento della domanda di elettricità dovuta all'aria condizionata;
- aumento del carico di trasmissione;
- maggiore enfasi sulla generazione convenzionale;

- maggiore probabilità di incendi boschivi in condizioni di siccità adeguate.

L'effetto combinato è molto più rilevante rispetto a una singola ondata di calore considerata isolatamente.

Le evidenze italiane dimostrano già la correlazione tra alte temperature e stress del sistema elettrico.

Terna ha riferito che nel **luglio 2026** , temperature eccezionalmente elevate hanno contribuito a un record assoluto di domanda di elettricità per il mese di luglio, pari a **32,5 TWh** . La domanda nazionale ha raggiunto circa **58 GW il 15 luglio 2026** , mentre la temperatura media del mese è stata di 1,2 °C superiore a quella di luglio 2025 e di quasi 2 °C superiore alla media decennale.

L'Italia ha contemporaneamente sperimentato un'importante asimmetria dello stress idrico. L'ISPRA riporta che il 2024 è stato l'anno più caldo nella serie storica italiana, con una temperatura media nazionale di **1,33 °C superiore al valore di riferimento del periodo 1991-2020** , mentre le precipitazioni annue sono state del 38% superiori alla media nel Nord, ma del 18% inferiori alla media nel Sud e nelle isole principali, dove le condizioni di gravità della siccità sono progressivamente peggiorate.

Anche in questo caso, tali osservazioni non dimostrano che un particolare reattore perderà il raffreddamento durante una futura ondata di calore.

Essi dimostrano perché la procedura di concessione della licenza deve valutare l' **insieme delle attività** :

```
TEMPERATURA DELL'ARIA ELEVATA
+
TEMPERATURA ELEVATA DELL'ACQUA DI RAFFREDDAMENTO
+
SCARSA DISPONIBILITÀ IDRICA
+
ELEVATA DOMANDA DI ENERGIA ELETTRICA
+
POSSIBILE STRESS DELLA RETE
```

piuttosto che trattare ogni condizione in modo indipendente.

7.30.9 Il sistema di raffreddamento deve pertanto essere testato rispetto a condizioni climatiche composte.

Per ciascun sito candidato, il richiedente deve stabilire:

- temperatura massima di progetto dell'aria;
- temperatura massima di bulbo umido;
- temperatura massima dell'acqua di raffreddamento;

- portata minima del fiume;
- livello minimo del serbatoio;
- Intervallo di temperatura dell'acqua di mare;
- durata della siccità;
- Carico di sedimenti/detriti;
- condizioni di contaminazione biologica;
- domanda simultanea del sistema elettrico.

L'analisi dovrebbe quindi rispondere a queste domande:

1. Il reattore può rimanere a pieno regime?
2. In caso contrario, quale declassamento si verifica?
3. Se è necessario spegnere il sistema, è comunque possibile dissipare il calore residuo?
4. Il dissipatore di calore definitivo è ancora disponibile?
5. Tutti i moduli sono in grado di dissipare simultaneamente il calore di decadimento?
6. Il sistema di raffreddamento dipende dall'alimentazione elettrica esterna?
7. Cosa succede se il caldo estremo coincide con un'interruzione di corrente esterna?
8. Le scorte di acqua di emergenza sono sufficienti per il tempo necessario a far fronte alla situazione?
9. I sistemi passivi rimangono tali anche in presenza di condizioni atmosferiche e idriche limitanti?
10. I vincoli ambientali relativi alla temperatura di scarico vengono rispettati?

Quest'ultimo punto non va trascurato.

Un impianto può rimanere tecnicamente in grado di funzionare, ma dover comunque affrontare restrizioni alla produzione perché i limiti di scarico ambientale diventano determinanti.

7.30.10 Incendi boschivi + perdita di linea di trasmissione meritano un trattamento esplicito

Gli incendi boschivi non dovrebbero essere valutati solo in base alla probabilità che le fiamme raggiungano il perimetro del reattore.

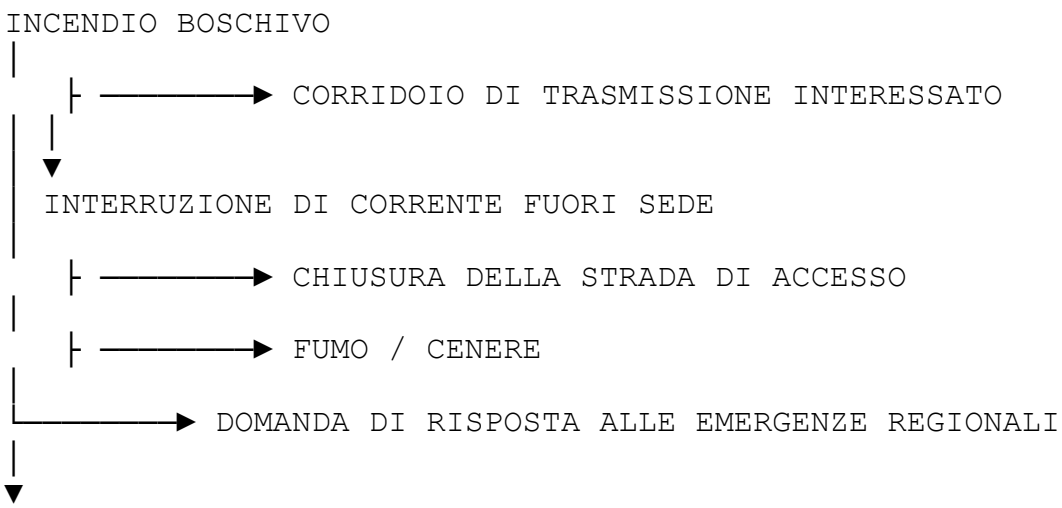
Il rischio più ampio a livello di sistema può includere:

- fumo;
- cenere trasportata dall'aria;
- trasporto incendiario;
- danni alle sottostazioni esterne;
- viaggi in linea;
- declassamento della trasmissione;
- strade bloccate;
- visibilità ridotta;

- deviazione dei servizi di emergenza;
- interruzione delle telecomunicazioni;
- richieste di evacuazione al di fuori del sito.

L'Italia è esposta a un elevato rischio di incendi boschivi. L'ISPRA ha segnalato circa **1.600 incendi di grandi dimensioni** tra il 1° gennaio e il 15 settembre 2025, che hanno interessato quasi **890 km²** sul territorio nazionale; a quella data, 16 regioni erano state colpite.

Per un sito nucleare, la sequenza rilevante può quindi essere:



La gestione della vegetazione intorno al sito non elimina di per sé questo scenario regionale più ampio.

7.30.11 I pericoli causati dall'uomo possono sommarsi agli eventi naturali

La legislazione italiana ed europea si riferiscono non solo ai rischi naturali, ma anche ai rischi esterni non intenzionali causati dall'uomo.

A seconda del contesto del sito, questi possono includere:

- esplosioni industriali;
- rilasci di gas tossici;
- incendi di grandi dimensioni;
- Rottura della conduttura;
- incidenti di trasporto;
- Cedimento della diga;
- rilasci di materiali pericolosi;
- pericoli legati agli aeromobili;

- guasto alle infrastrutture vicine.

Un sito nucleare situato all'interno o in prossimità di una zona industriale di primaria importanza richiede pertanto una mappatura integrata dei rischi esterni.

Per esempio:

```
TERREMOTO
↓
IMPIANTO CHIMICO NELLE VICINANZE DANNEGGIATO
↓
RILASCIO TOSSICO
↓
SFIDA DI ABITABILITÀ DELLA SALA DI CONTROLLO
O:
ALLUVIONE
↓
GUASTO DI UN SERBATOIO INDUSTRIALE
↓
CONTAMINAZIONE CHIMICA DELL'ACQUA DEL SITO
```

Il richiedente non dovrebbe escludere tali sequenze solo perché l'evento iniziale ha avuto origine al di fuori dell'impianto nucleare.

7.30.12 I reattori SMR multi-modulo rendono l'analisi delle cause comuni più importante, non meno.

La modularità degli SMR può fornire una vera ridondanza.

Se sei moduli sono fisicamente e funzionalmente indipendenti, la perdita di un modulo non implica necessariamente la perdita degli altri cinque.

Ma tale vantaggio deve essere dimostrato.

Un sito multi-modulo può condividere:

- sottostazioni elettriche;
- sistemi di raffreddamento ad acqua;
- dissipatori di calore di ultima generazione;
- sale di controllo;
- distribuzione elettrica;
- centri di emergenza;
- strade di accesso;
- sistemi antincendio e idrici;
- edifici di servizio;
- sistemi di gestione dei rifiuti radioattivi;
- impianti di movimentazione del carburante;

- infrastrutture di sicurezza;
- comunicazioni;
- operatori.

Un pericolo esterno può quindi aggirare la modularità nominale del reattore.

La questione chiave relativa alle licenze è:

Che cosa è effettivamente indipendente a livello di sito?

Tabella 7.30-B — Test di indipendenza per un sito SMR italiano multi-modulo

Funzione condivisa	Domanda che richiede dimostrazione
Collegamento alla rete	Il guasto di una sottostazione può disconnettere tutti i moduli?
Dissipatore di calore definitivo	La capacità è sufficiente per gestire incidenti simultanei?
Alimentazione di emergenza	I sistemi sono veramente indipendenti dai moduli?
Sistemi di batterie	Un singolo evento alluvionale o un incendio possono mettere fuori uso diversi altri impianti?
Sala di controllo	Esiste una vulnerabilità comune in termini di abitabilità?
Fondazione	Sensori, alimentazione e comunicazioni sono elementi comuni?
Accesso	Dopo l'evento calamitoso, i soccorritori riusciranno a raggiungere tutti i moduli?
Apparecchiature mobili	La quantità di attrezzature è sufficiente per far fronte a incidenti simultanei?
inventario idrico	È possibile che più moduli lo richiedano contemporaneamente?
Operatori	Il personale a disposizione è in grado di gestire più incidenti gravi contemporaneamente?
Pronto Soccorso	Un singolo pericolo può rendere inutilizzabile la struttura comune?

Impianti per il combustibile esaurito	Sono tutelati in modo indipendente?

Le linee guida dell'AIEA richiedono esplicitamente che le valutazioni dei siti con più installazioni prendano in considerazione combinazioni credibili di pericoli esterni che interessano più installazioni e che ne valutino le conseguenze complessive.

7.30.13 Il dissipatore di calore definitivo deve essere valutato su base globale.

Il problema della dissipazione del calore è particolarmente importante.

Dopo lo spegnimento, ciascun reattore continua a produrre calore residuo.

Anche il combustibile esaurito potrebbe necessitare di raffreddamento.

Se un sito multi-modulo utilizza un fiume, un bacino idrico, una presa d'acqua di mare o un altro dissipatore di calore finale comune, la valutazione della sicurezza deve dimostrare le prestazioni in presenza del rischio comune limitante.

La domanda rilevante non è quindi:

“Un singolo modulo è in grado di raffreddarsi autonomamente?”

È:

"L'intero sito è in grado di dissipare il calore di decadimento in condizioni di causa comune plausibili?"

La documentazione relativa al sito dovrebbe includere, ove tecnicamente applicabile:

```
TUTTI I REATTORI SI FERMANO
+
TUTTI I NUCLEI RECENTEMENTE FUNZIONANTI PRODUCONO CALORE DI
DECADIMENTO
+
RESIDUI DI CALORE DEL COMBUSTIBILE ESAURITO
+
INTERRUZIONE DI ALIMENTAZIONE FUORI SEDE
+
CONDIZIONE AMBIENTALE LIMITANTE
```

Questo è il confine corretto del sistema.

7.30.14 Le risorse di emergenza devono essere dimensionate anche per far fronte alla domanda simultanea

Un sito può possedere:

- due pompe mobili;
- due generatori portatili;
- un centro di risposta alle emergenze;
- una squadra dei vigili del fuoco;
- un'équipe radiologica specializzata.

Tali risorse potrebbero essere sufficienti per un incidente che interessi un singolo modulo.

Potrebbero non essere adeguati per sei sfide simultanee.

Fukushima ha dimostrato perché le procedure di emergenza devono tenere conto degli incidenti simultanei che coinvolgono più unità, anziché presumere semplicemente che le risorse possano essere trasferite da un'unità non interessata. L'AIEA ha specificamente concluso che le linee guida per la gestione degli incidenti, la formazione e le disposizioni di emergenza devono considerare gli incidenti che coinvolgono più unità contemporaneamente e gli impianti di stoccaggio del combustibile esaurito, potenzialmente anche in presenza di interruzioni delle infrastrutture regionali.

Perciò:

```
ADEGUATEZZA DELLE RISORSE
≠
LA RISORSA ESISTE
Invece:
ADEGUATEZZA DELLE RISORSE
=
NUMERO DISPONIBILE
×
CAPACITÀ DI DISPIEGAMENTO
×
SOPRAVVIVENZA
×
TEMPO DA MISSIONE
×
DOMANDA SIMULTANEA
```

7.30.15 I rischi composti richiedono un'analisi deterministica e probabilistica congiunta

Nessuna singola tecnica analitica è sufficiente.

Un futuro caso di licenza in Italia dovrebbe combinare:

Analisi deterministica

per determinare se le strutture, i sistemi e i componenti sono in grado di resistere alle combinazioni di rischio previste;

E

analisi probabilistica

valutare:

- frequenza;
- incertezza;
- eventi iniziali correlati;
- guasti dovuti a cause comuni;
- Sequenze multi-unità;
- rilevanza del rischio.

La norma SSR-1 prevede esplicitamente metodologie deterministiche e/o probabilistiche a seconda del rischio e dei dati disponibili e richiede un'analisi dell'incertezza.

Un programma efficace dovrebbe quindi includere:

```
IDENTIFICAZIONE DEI PERICOLI
↓
SCREENING CAUSALE
↓
ANALISI DELLE DIPENDENZE
↓
CURVE DI RISCHIO PROBABILISTICA
↓
INVOLUCRO DI PROGETTAZIONE DETERMINISTICA
↓
RISPOSTA DELLA PIANTA
↓
RISPOSTA MULTI-UNITÀ
↓
ANALISI DEL BORDO DELLA SCOGLIERA
↓
RISCHIO RESIDUO
```

7.30.16 Gli “effetti a strapiombo” sono particolarmente importanti

Si parla di "precipizio" quando un aumento relativamente piccolo della gravità del pericolo produce un cambiamento sproporzionatamente grande nelle conseguenze.

Per esempio:

ALLUVIONE 4,8 m

→ attrezzatura di sicurezza asciutta

ALLUVIONE 5,0 m

→ attrezzatura di sicurezza asciutta

ALLUVIONE 5,2 m

→ barriera superata

ALLUVIONE 5,3 m

→ allagamento di più impianti elettrici

La differenza tra 5,0 m e 5,3 m è fisicamente minima.

La differenza nelle conseguenze per la pianta può essere enorme.

Pertanto l'Italia dovrebbe richiedere l'identificazione esplicita di:

- soglie di superamento delle inondazioni;
- tempi di esaurimento della batteria;
- tempi di missione di raffreddamento passivo;
- scorte idriche minime;
- temperature ambientali massime;
- limiti di ostruzione dell'aspirazione;
- margini strutturali;
- Soglie di guasto delle sottostazioni elettriche.

Un progetto non dovrebbe essere apprezzato solo per il raggiungimento di un obiettivo progettuale, ma anche per la sua capacità **di evolversi con grazia e per il margine di miglioramento che offre** .

7.30.17 Bisogna considerare l'evoluzione del rischio nell'arco di 60-80 anni

Una centrale nucleare può rimanere in funzione per sessanta anni o più, e poi restare un sito nucleare durante le fasi di smantellamento e gestione del combustibile esaurito.

I rischi non sono necessariamente statici durante tale periodo.

Lo standard SSR-1 richiede specificamente la valutazione delle potenziali variazioni nel tempo dei rischi esterni e delle caratteristiche del sito.

Per l'Italia questo è particolarmente rilevante per:

- caldo estremo;
- intensità delle precipitazioni;
- siccità;
- livello del mare;
- processi costieri;
- condizioni di incendio boschivo;
- idrologia.

Il parametro corretto del sito non è quindi semplicemente:

tuta storica

Ma:

Il valore progettuale è supportato dalle attuali conoscenze scientifiche in materia di rischi, dall'analisi dell'incertezza e da un'evoluzione credibile durante l'intero ciclo di vita dell'impianto.

7.30.18 La pianificazione delle emergenze deve presupporre che il disastro naturale possa essere ancora in corso.

Un incidente al reattore non può essere pianificato come se si verificasse in una giornata altrimenti normale.

Un'emergenza con rischi complessi può comportare:

- strade danneggiate;
- sovraccarico ospedaliero;
- evacuazioni regionali non correlate al reattore;
- guasto alle comunicazioni;
- interruzione di corrente;
- sistemi di acqua potabile danneggiati;
- caldo o freddo estremi;
- personale di emergenza non disponibile.

Le lezioni apprese dall'AIEA a Fukushima affermano esplicitamente che la preparazione alle emergenze dovrebbe tenere conto di gravi danni al nocciolo del reattore o al combustibile esaurito che coinvolgono diverse unità **contemporaneamente, analogamente a un disastro naturale** , con conseguente interruzione delle infrastrutture locali.

Pertanto, l'Italia dovrebbe condurre esercitazioni che prevedano scenari quali:

```
ALLUVIONE DI GRANDE ENTITÀ
+
PERDITA DI RETE
+
DUE MODULI REATTORI IN CONDIZIONI DI INCIDENTE
+
ACCESSO STRADALE PERSO
+
COMUNICAZIONE CELLULARE DEGRADATA
piuttosto che testare soltanto:
ACCIDENTE DEL REATTORE
+
TUTTE LE INFRASTRUTTURE CIVILI DISPONIBILI
```

7.30.19 Matrice minima di rischio composto richiesta prima di ottenere una licenza FOAK italiana

Tabella 7.30-C — Categorie obbligatorie di rischio combinato

Evento principale	Analisi correlata/consequenziale richiesta
Terremoto	Interruzione della rete elettrica; incendio; cedimento della diga; tsunami (ove applicabile); perdita di accesso
Tsunami	Inondazioni costiere; detriti; perdita della rete elettrica; danni alle prese d'acqua; impatto su più unità
Inondazione del fiume	Piogge intense; cedimento del sistema di drenaggio; innalzamento della falda freatica; perdita di accesso
precipitazioni estreme	Inondazione improvvisa; frana; sovraccarico del sistema di drenaggio; perdita di strade
Ondata di calore	Temperatura elevata dell'acqua di raffreddamento; carico di picco; temperatura delle apparecchiature
Siccità	Portata del fiume ridotta; livello del bacino idrico abbassato; incendio boschivo
Incendio boschivo	Perdita di trasmissione; chiusura della strada; fumo; malfunzionamento del supporto esterno
Vento estremo	Perdita di rete; detriti trasportati dall'aria; interruzione dell'accesso
incidente industriale	Gas tossici; incendio/esplosione; abitabilità della sala di controllo.
Perdita della griglia	Valutare se l'innesco del pericolo comprometta anche il supporto di emergenza.
Guasto infrastrutturale esterno	Servizi multipli non disponibili contemporaneamente

La tabella dovrebbe rappresentare un **requisito minimo di selezione** , non una dichiarazione che ogni combinazione sia pertinente a ogni sito.

Le combinazioni possono essere escluse solo sulla base di una documentazione tecnica.

7.30.20 Implicazioni degli appalti pubblici

Ogni fornitore di reattori considerato per l'Italia dovrebbe fornire un **documento di valutazione dei rischi esterni complessi e della sicurezza multi-unità** che identifichi:

- tenendo conto di tutti i rischi esterni;
- criteri di screening;
- relazioni causali;
- combinazioni credibili;
- dipendenze del sito;
- sistemi condivisi;
- vulnerabilità dovute a cause comuni;
- Sequenze multi-unità;
- Coinvolgimento del combustibile esaurito;
- fabbisogno di risorse per la gestione degli incidenti;
- tempo di recupero;
- presupposti infrastrutturali;
- incertezza;
- margini a strapiombo sulla scogliera.

Una dichiarazione come questa:

"L'impianto è progettato per resistere a terremoti, alluvioni e condizioni meteorologiche estreme."

non è sufficiente.

L'Italia dovrebbe richiedere prove che dimostrino:

come si comporta la pianta quando questi eventi non sono indipendenti.

Conclusione principale — 7.30

La lezione fondamentale in materia di sicurezza è quindi la seguente:

L'evento esterno più rilevante potrebbe non essere il singolo pericolo più grave. Potrebbe trattarsi piuttosto della combinazione di fattori che, simultaneamente, invalida diverse ipotesi di sicurezza indipendenti.

Per l'Italia, l'analisi del rischio composto dovrebbe diventare un elemento obbligatorio di:

Selezione del sito → Selezione del reattore → Certificazione del progetto → Pianificazione delle emergenze → Revisione periodica della sicurezza.

La catena di sicurezza rilevante è:

```
PERICOLO ESTERNO
↓
PERICOLO SECONDARIO / CORRELATO
↓
SFIDA DI SISTEMA MULTIPLA
↓
GUASTO CAUSA COMUNE?
↓
EFFETTO MULTI-UNITÀ?
↓
GESTIONE DEGLI INCIDENTI
↓
TERMINE DI ORIGINE
↓
CONSEGUENZE FUORI SEDE
```

Questo ci porta direttamente alla domanda successiva.

7.31 Il termine sorgente dell'incidente è la misura corretta per la pianificazione delle conseguenze fuori sede

La potenza elettrica nominale, le dimensioni fisiche o la classificazione tecnologica di un reattore non determinano le sue conseguenze radiologiche in caso di incidente.

Il punto di partenza rilevante per l'analisi delle conseguenze radiologiche fuori sede è la **sorgente dell'incidente** .

La NRC definisce il termine sorgente come l' **entità e la miscela di radionuclidi rilasciati dal combustibile, le frazioni dell'inventario dei prodotti di fissione del combustibile coinvolte, la loro forma fisica e chimica e la tempistica del rilascio** . Per i progetti avanzati, la NRC si aspetta che i richiedenti stabiliscano termini sorgente specifici per il reattore, anziché presumere che si applichino automaticamente termini sorgente generici per i reattori ad acqua leggera (LWR).

Per la pianificazione delle emergenze, tuttavia, è essenziale un'ulteriore precisazione:

Il termine sorgente è il principale input radiologico nel calcolo delle conseguenze; non rappresenta, di per sé, la conseguenza completa al di fuori del sito.

La catena completa è:

```
INVENTARIO RADIOATTIVO
↓
SEQUENZA DELL'INCIDENTE
↓
RILASCIO CARBURANTE
↓
TRASPORTO ATTRAVERSO IL SISTEMA DEL REATTORE
↓
RITENZIONE / DEPOSITO
↓
CONTENIMENTO / CONFINER
↓
FILTRAZIONE / MITIGAZIONE
↓
TERMINE FONTE AMBIENTALE
↓
DISPERSIONE ATMOSFERICA/ACQUATICA
↓
DEPOSIZIONE
↓
PERCORSI DI ESPOSIZIONE UMANA
↓
DOSE
↓
AZIONI DI PROTEZIONE
```

La conseguenza della pianificazione delle emergenze dipende quindi da entrambi i fattori:

cosa esce dalla struttura

E

cosa gli accade successivamente nell'ambiente .

7.31.1 La parola “termine sorgente” deve sempre specificare il confine

Diversi documenti tecnici possono utilizzare il termine in corrispondenza di diversi confini fisici.

L'analisi di sicurezza dovrebbe pertanto distinguere:

1. **Inventario del nocciolo o del combustibile** : radionuclidi presenti nel combustibile;
2. **rilascio di carburante** : materiale che fuoriesce dal carburante danneggiato;
3. **termine sorgente del sistema primario** : materiale trasportato oltre il combustibile nel liquido di raffreddamento/sistema;
4. **termine sorgente di contenimento/confinamento** : materiale che entra nella barriera radiologica finale;
5. **termine relativo alla fonte ambientale** : materiale effettivamente rilasciato nell'ambiente al di fuori dei sistemi di confine dell'impianto.

Per la pianificazione delle emergenze al di fuori del sito, il termine sorgente rilasciato nell'ambiente è l'input decisivo.

Confondere queste grandezze può produrre enormi errori analitici.

Per esempio:

```
100 unità di inventario di radionuclidi
↓
10 rilasciato dal carburante
↓
4 raggiungere l'atmosfera di contenimento
↓
3 depositati/trattenuti
↓
0,5 passaggi percorso di rilascio finale
↓
TERMINE DI FONTE AMBIENTALE = 0,5
```

I numeri sopra riportati sono puramente schematici.

Il principio è il punto fondamentale:

L'inventario di base non è uguale al rilascio ambientale.

7.31.2 Un termine sorgente completo ha diverse dimensioni

Non può essere rappresentato adeguatamente da un singolo numero come "X chilogrammi di radioattività".

Tabella 7.31-A — Componenti minime di un termine sorgente di incidente

Variabile	Perché è importante
Identità del radionuclide	I diversi nuclidi creano percorsi di dose differenti
Attività rilasciata	Determina la potenza della sorgente
Frazione di rilascio	Collegare il rilascio dell'incidente all'inventario totale
Ora di inizio del rilascio	Determina il tempo disponibile per la risposta alle emergenze.
Durata del rilascio	Influisce sul comportamento del pennacchio e sulle azioni di protezione
Tasso di rilascio	Determina la concentrazione dipendente dal tempo
Forma fisica	Il comportamento di gas, vapore, aerosol e particolato è diverso
Forma chimica	Influisce sulla volatilità, sulla ritenzione e sul comportamento biologico
Distribuzione dimensionale degli aerosol	Influisce sulla deposizione e sul comportamento respiratorio
Luogo di rilascio	Determina la dispersione atmosferica
Rilascio quota	Influenza il trasporto del pennacchio
Caratteristiche termiche/energetiche	Può influenzare l'innalzamento iniziale del pennacchio
Fasi di rilascio multiple	Gli incidenti potrebbero non avere un rilascio continuo
Incertezza	I calcoli delle conseguenze devono riflettere l'incertezza della modellazione.

Ecco perché affermazioni come:

- “Il reattore ha una potenza di soli 300 MW”;
- “il nucleo è sotterraneo”;
- “il progetto è passivo”;
- “Il reattore è di quarta generazione”;
- “Il reattore utilizza TRISO”;

non può sostituire l'analisi del termine sorgente.

Tali caratteristiche possono influenzare il termine sorgente.

Non sono essi stessi il termine di origine.

7.31.3 L'inventario di base è il primo determinante fisico

La quantità massima potenziale di materiale radioattivo presente dipende dal reattore e dal sistema di combustibile.

Le variabili rilevanti includono:

- potenza termica del reattore;
- cronologia di funzionamento;
- massa del combustibile;
- composizione del combustibile;
- materiale fissile;
- arricchimento;
- consumo eccessivo;
- spettro dei neutroni;
- generazione di radionuclidi;
- strategia di rifornimento;
- tempo trascorso dallo spegnimento.

Un modulo di reattore più piccolo può contenere una quantità inferiore di prodotti di fissione rispetto a un reattore molto più grande, a parità di altre condizioni.

Si tratta di un potenziale vantaggio legittimo in termini di sicurezza.

Ma la sola disponibilità in magazzino non determina la data di rilascio.

La domanda diventa:

```
QUANTA RADIOATTIVITÀ ESISTE?
↓
QUALE FRAZIONE LASCIA IL CARBURANTE?
↓
QUALE FRAZIONE SUPERA CIASCUNA BARRIERA?
↓
QUALE FRAZIONE RAGGIUNGE L'AMBIENTE?
```

7.31.4 Il comportamento del combustibile può alterare in modo fondamentale il termine sorgente

La forma del combustibile è importante perché un incidente deve innanzitutto mobilitare i radionuclidi dal combustibile stesso.

Diversi concetti di reattore possono utilizzare combustibili sostanzialmente diversi, tra cui:

- combustibile convenzionale UO_2 per reattori ad acqua leggera;
- combustibile particellare TRISO;
- combustibile metallico per reattori veloci;
- MOX;
- altre forme di carburante avanzate.

Ciascuna richiede prove specifiche relative alla tecnologia per:

- risposta alla temperatura;
- comportamento del rivestimento/della verniciatura;
- ritenzione dei prodotti di fissione;
- ossidazione;
- guasto meccanico;
- interazioni chimiche;
- cinetica di rilascio.

L'autorità di regolamentazione dovrebbe pertanto respingere entrambe le seguenti scorciatoie:

```
CARBURANTE AVANZATO
=
ZERO RELEASE
E:
TUTTI I COMBUSTIBILI NUCLEARI
=
TERMINE DELLA STESSA FONTE
```

Nessuna delle due è tecnicamente difendibile.

7.31.5 I termini sorgente meccanicistici sono particolarmente importanti per i reattori avanzati

Per i reattori non LWR, la politica della NRC ha a lungo sostenuto **l'analisi meccanicistica della sorgente di emissioni** laddove le prestazioni del reattore e del combustibile siano sufficientemente comprese.

La NRC descrive un termine sorgente meccanicistico come un'analisi basata su:

- danni al rivestimento;
- danni da carburante;
- danni al nucleo;
- trasporto attraverso il sistema di raffreddamento;
- trasporto attraverso volumi intermedi e barriere;
- sistemi di mitigazione;
- movimento definitivo nell'ambiente.

È necessaria una sufficiente documentazione sperimentale e analitica per modellare le prestazioni del reattore/combustibile e il trasporto dei prodotti di fissione attraverso tutte le barriere rilevanti. Sono inoltre necessari scenari di incidente che limitino gli incidenti gravi e l'incertezza dipendente dalla progettazione.

Questa metodologia è esattamente ciò che l'Italia dovrebbe richiedere ai fornitori di reattori avanzati.

La domanda dovrebbe essere:

"Illustra la sequenza fisica attraverso la quale ciascun radionuclide importante può spostarsi dal combustibile all'ambiente."

7.31.6 Il concetto di contenimento o confinamento è importante quanto il nucleo

Un nucleo più piccolo non produce automaticamente un termine di sorgente ambientale inferiore se il sistema di confinamento finale funziona male.

Al contrario, un nucleo più grande può comportare un rilascio ambientale calcolato inferiore per un particolare incidente se la ritenzione dei radionuclidi è sostanzialmente più efficace.

Il confronto completo è quindi il seguente:

```
INVENTARIO PRINCIPALE
×
FRAZIONE DI RILASCIO DEL CARBURANTE
×
TRASPORTO DI SISTEMA
×
FUGA DAL CONTENIMENTO
=
TERMINE FONTE AMBIENTALE
```

Si tratta di una formula di moltiplicazione universale, non letterale.

L'analisi effettiva dipende dal tempo ed è specifica per ciascun nuclide.

Tra i meccanismi di fidelizzazione più importanti si possono includere:

- riserva di carburante;
- ritenzione del liquido di raffreddamento;
- piastratura;
- deposizione di aerosol;
- sedimentazione gravitazionale;
- pulizia della piscina;
- filtrazione;
- spray di contenimento;
- barriere a tenuta stagna;
- isolamento;
- ventilazione filtrata ove applicabile.

7.31.7 Il “contenimento funzionale” deve essere valutato in base alle prestazioni radiologiche, non alla terminologia.

Alcuni concetti avanzati non-LWR potrebbero non utilizzare un sistema di contenimento a pressione di grandi dimensioni, tipico dei reattori LWR convenzionali, nella stessa forma.

In alternativa, possono affidarsi a un **sistema di contenimento funzionale** costituito da diverse barriere e meccanismi di ritenzione, le cui prestazioni combinate limitano il rilascio di materiale radioattivo.

La NRC riconosce esplicitamente gli approcci di contenimento funzionale approvati per i reattori non LWR, pur richiedendo al richiedente di dimostrare la conseguente sorgente radiologica e le relative conseguenze per la salute pubblica.

L'Italia dovrebbe quindi evitare una norma sugli appalti pubblici di natura semantica come:

“Un reattore è sicuro solo se possiede un sistema di contenimento convenzionale.”

La regola migliore è:

L'intero sistema di barriera deve dimostrare quantitativamente un'attenuazione accettabile del termine sorgente nell'ambito dello spettro di incidenti rilevante.

7.31.8 La tempistica può essere importante quanto il rilascio totale

Consideriamo due rilasci ipotetici contenenti la stessa radioattività totale.

Scenario A

INIZIA LA PUBBLICAZIONE:

20 minuti dopo l'avvio dell'evento

Scenario B

INIZIA LA PUBBLICAZIONE:

24 ore dopo l'avvio dell'evento

L'attività integrata potrebbe essere identica.

Le implicazioni per la pianificazione delle emergenze non lo sono.

Il ritardo più lungo può fornire tempo aggiuntivo per:

- diagnosi;
- notifica;

- decisioni relative ad azioni di protezione;
- riparo;
- Profilassi con iodio, ove applicabile;
- evacuazione se giustificata;
- impiego di squadre di monitoraggio.

Ciò si ricollega direttamente all'obiettivo di sicurezza italiano ed Euratom di evitare **rilasci anticipati per i quali non vi sia tempo sufficiente per attuare misure di emergenza al di fuori del sito** .

Per questo motivo, l'Italia dovrebbe richiedere la segnalazione non solo di:

“rilascio massimo”

ma anche:

è ora di rilasciare .

7.31.9 Anche la durata e le fasi del rilascio sono importanti

Un incidente grave può provocare:

- un primo impulso;
- un rilascio prolungato a basso ritmo;
- diversi periodi di rilascio separati;
- una successiva fuoriuscita causata dal degrado del contenimento.

La pianificazione delle emergenze deve pertanto utilizzare termini di origine dipendenti dal tempo.

Per ciascuna sequenza il richiedente deve fornire, ove tecnicamente applicabile:

Inizio incidente T0
Inizio dei danni al carburante T1
T2 prima immissione di carburante
Il materiale T3 raggiunge il confinamento
Inizia il rilascio ambientale T4
Tasso di rilascio massimo T5
Termina la release principale T6
Il rilascio residuo di T7 continua
Il calcolo del termine sorgente dovrebbe inoltre identificare l'incertezza relativa a ciascuna fase.

7.31.10 La miscela di radionuclidi è importante perché i percorsi di esposizione sono diversi

I diversi radionuclidi si comportano in modo diverso a livello ambientale e biologico.

I calcoli per la pianificazione delle emergenze non possono quindi sostituire l'analisi specifica per ciascun radionuclide con un unico valore di attività totale.

Le categorie importanti possono includere:

- gas nobili;
- Isotopi di iodio;
- isotopi del cesio;
- tellurio;
- stronzio;
- attinidi;
- altri prodotti di fissione.

La loro importanza varia a seconda di:

- volatilità;
- comportamento degli aerosol;
- metà vita;
- deposizione;
- assorbimento;
- dose all'organo;
- comportamento nella catena alimentare.

Di conseguenza:

1 Bq DI RADIONUCLIDE A

≠

1 Bq DI RADIONUCLIDE B

ai fini delle conseguenze.

7.31.11 La forma fisica e chimica non sono dettagli secondari

Lo iodio, ad esempio, può esistere in diverse forme chimiche con differenti comportamenti di filtrazione e ambientali.

Le dimensioni delle particelle di aerosol influenzano:

- deposizione in ambiente di contenimento;
- filtrazione;
- deposizione atmosferica;
- deposizione respiratoria.

La NRC, pertanto, include esplicitamente la forma fisica e chimica nella definizione del termine di origine.

Una tabella di confronto tra reattori governativi non dovrebbe pertanto mai confrontare due progetti utilizzando esclusivamente:

attività totale rilasciata.

Dovrebbe richiedere il vettore del termine sorgente effettivo.

7.31.12 Il termine sorgente deve quindi essere convertito in conseguenza

Una volta individuata la fonte ambientale, l'analisi delle conseguenze al di fuori del sito richiede ulteriori modellizzazioni.

Tabella 7.31-B — Termine sorgente rispetto alla conseguenza fuori sede

Palcoscenico	Variabili principali
termine di origine vegetale	Nuclidi, attività, tempistica, forma, durata del rilascio
Trasporto atmosferico	velocità/direzione del vento, stabilità, altezza di rimescolamento
Dispersione	Diluizione del pennacchio
Deposizione	deposizione secca/umida
Terreno	Effetti di flusso e dispersione locali
Precipitazione	Può alterare in modo sostanziale la deposizione
Distribuzione della popolazione	Localizzazione dei recettori
Vie di esposizione	Nuvola, luce riflessa dal suolo, inalazione, ingestione
azioni di protezione	Rifugio, evacuazione, iodio, restrizioni alimentari
Tempo	Conseguenze a breve e a lungo termine

Questo spiega perché il termine sorgente rappresenta l'input radiologico corretto, ma non la misura completa delle conseguenze.

7.31.13 La legge italiana richiede già un'analisi di emergenza basata sulle conseguenze

L'attuale quadro giuridico italiano è di grande rilevanza.

Ai sensi dell'articolo 174 del Decreto Legislativo 101/2020, i richiedenti l'autorizzazione per le procedure interessate devono effettuare valutazioni preliminari della distribuzione spaziale e temporale del materiale radioattivo che potrebbe essere disperso o rilasciato e delle potenziali esposizioni in caso di emergenze radiologiche.

L'articolo 178 richiede al titolare della licenza nucleare di fornire all'ISIN una relazione tecnica sulla pianificazione esterna delle emergenze che descriva:

- Incidenti nucleari ragionevolmente ipotizzabili;
- conseguenti condizioni ambientali pericolose;
- posizione geografica prevista;
- evoluzione nel corso del tempo;
- conseguenti esposizioni al pubblico, ai lavoratori e al personale di emergenza.

Richiede inoltre che gli scenari vengano distinti a seconda che le conseguenze si prevedano rimangano entro i confini provinciali/interprovinciali o possano richiedere misure di protezione su un territorio più ampio.

Si tratta, in effetti, di un requisito di pianificazione basato sulle conseguenze.

Le implicazioni per le future nuove costruzioni sono chiare:

Il piano di emergenza italiano non può essere definito sulla base dei dati nominali del reattore. Richiede uno studio sulle conseguenze radiologiche specifiche dell'incidente.

7.31.14 L'Italia dovrebbe richiedere più di un termine di origine

Non esiste un singolo "termine sorgente del reattore" fisicamente significativo e valido per tutti gli incidenti.

Diverse sequenze di incidenti possono generare diversi tipi di rilascio.

Un futuro caso di concessione di licenze dovrebbe pertanto contenere una **serie di termini di origine** che coprano le categorie di eventi pertinenti.

Le possibili categorie includono:

- Incidenti di progettazione;
- condizioni di estensione della progettazione;

- incidenti gravi;
- perdita di liquido di raffreddamento, ove applicabile;
- perdita del dissipatore di calore;
- Interruzione di corrente nella stazione;
- eventi di reattività, ove applicabile;
- Eventi relativi alla movimentazione del carburante;
- Eventi legati al combustibile esaurito;
- aggiramento del contenimento laddove fisicamente possibile;
- incidenti causati da pericoli esterni;
- Sequenze multi-unità.

Per i progetti più avanzati, occorre tenere in considerazione anche gli eventi specifici legati alla tecnologia.

7.31.15 L'analisi del termine sorgente deve includere i percorsi di bypass

Un contenimento efficace non può attenuare una fuoriuscita che lo aggira.

L'analisi di sicurezza dovrebbe pertanto individuare ogni possibile percorso attraverso il quale il materiale radioattivo potrebbe raggiungere l'ambiente senza incontrare le barriere di ritenzione ipotizzate.

A seconda della progettazione, i possibili percorsi possono includere:

- penetrazioni;
- sistemi di interfaccia;
- ventilazione;
- vie di decompressione;
- guasto dell'isolamento di contenimento;
- sistemi ausiliari;
- sistemi di trasferimento del calore.

Il modello corretto del termine sorgente non è:

CARBURANTE

↓

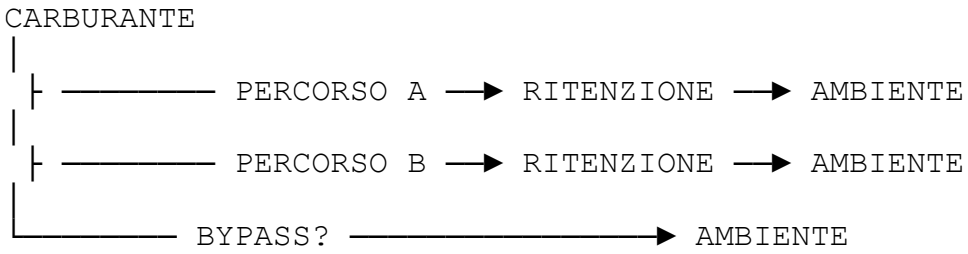
CONTENIMENTO

↓

AMBIENTE

a meno che il progetto non dimostri che questo è l'unico percorso valido.

Deve invece essere:



7.31.16 La mitigazione degli incidenti gravi deve ricevere un credito quantitativo solo quando dimostrato

Un reattore può contenere sistemi destinati a:

- trattenere il materiale fuso;
- rimuovere il calore passivamente;
- depressurizzare;
- rilasci del filtro;
- aerosol per la pulizia;
- isolamento confinamento;
- mantenere la subcriticità.

L'Italia non dovrebbe riconoscere queste caratteristiche solo perché il fornitore le elenca.

Per ogni riduzione dichiarata del termine sorgente, la valutazione della sicurezza deve dimostrare:

- condizioni iniziali;
- disponibilità del sistema;
- tempo della missione;
- qualificazione ambientale;
- fabbisogno energetico;
- fabbisogno idrico;
- requisito di azione dell'operatore;
- vulnerabilità dovuta a cause comuni;
- modalità di guasto.

Questa distinzione è fondamentale per i sistemi passivi.

7.31.17 Il termine "passivo" descrive un principio di funzionamento, non una conseguenza radiologica.

La sicurezza passiva può ridurre la dipendenza da:

- pompe;
- alimentazione esterna;
- interventi immediati dell'operatore.

Ciò può migliorare significativamente la gestione degli incidenti.

Ma la parola “passivo” non quantifica:

- inventario dei radionuclidi;
- perdita di contenimento;
- riserva di carburante;
- magnitudo del termine sorgente;
- tempistiche di rilascio.

Perciò:

```
PASSIVO
≠
ZERO RELEASE
Piuttosto:
FUNZIONE PASSIVA
↓
PUÒ RIDURRE LA PROGRESSIONE DELL'INCIDENTE
↓
PUÒ RIDURRE I DANNI CAUSATI DAL CARBURANTE
↓
POTREBBE RIDURRE IL TERMINE DI ORIGINE
↓
DEVE ESSERE DIMOSTRATO
```

7.31.18 La “Generazione IV” è ancora meno utile per la pianificazione delle emergenze

Le etichette di generazione classificano ampi obiettivi tecnologici o famiglie di reattori.

Non si tratta di calcoli di rilascio radiologico.

Due reattori definiti avanzati o di quarta generazione possono differire per:

- liquido di raffreddamento;
- carburante;
- energia;
- barriere;
- fenomenologia degli incidenti;
- ritenzione dei radionuclidi;
- numero di moduli.

L'autorità italiana per la pianificazione delle emergenze non dovrebbe quindi mai accettare:

"Sicurezza di quarta generazione"

in sostituzione di:

termine sorgente specifico del progetto + calcolo della dispersione + valutazione della dose.

7.31.19 Anche l'ubicazione sotterranea non è un numero di termine sorgente

Le strutture sotterranee dei reattori possono potenzialmente migliorare la protezione contro alcuni eventi esterni.

Ma le costruzioni sotterranee possono sollevare diverse questioni progettuali riguardanti:

- acque sotterranee;
- allagamento;
- drenaggio;
- accesso;
- ventilazione;
- Uscita di emergenza;

- penetrazioni;
- Impermeabilizzazione strutturale a lungo termine.

La capacità progettuale di produrre un termine di sorgente ambientale inferiore deve quindi essere dimostrata attraverso il modello di incidente.

Il ragionamento corretto è:

```
POSIZIONE SOTTERRANEA
↓
MODIFICA LE PRESTAZIONI DI PERICOLO/BARRATA
↓
MODIFICHE ALLA SEQUENZA DELL'INCIDENTE
↓
LA FONTE POTREBBE CAMBIARE I TERMINI

non:

METROPOLITANA
=
TERMINE A BASSA FONTE
```

7.31.20 La meteorologia deve essere trattata separatamente dalle prestazioni di sicurezza del reattore.

La stessa sorgente di emissioni rilasciata in due diverse condizioni meteorologiche può generare conseguenze al di fuori del sito di rilascio sostanzialmente differenti.

Le variabili rilevanti includono:

- direzione del vento;
- velocità del vento;
- stabilità atmosferica;
- precipitazione;
- altezza di miscelazione.

Questa distinzione è importante ai fini del confronto tra i reattori.

Un risultato relativo alla dose specifica di un sito non può essere copiato automaticamente da un paese all'altro, anche se la progettazione del reattore è identica.

L'Italia avrebbe bisogno di:

- Meteo del sito italiano;
- Topografia italiana;
- distribuzione della popolazione;
- percorsi agricoli;
- disposizioni di emergenza.

7.31.21 Il termine di origine dovrebbe informare la geografia della pianificazione delle emergenze piuttosto che la geografia venga fissata prima

La sequenza analiticamente corretta è:

```
SPETTRO DEGLI INCIDENTI
↓
TERMINI DI ORIGINE
↓
DISPERSIONE / DOSE
↓
NECESSITÀ DI AZIONE PROTETTIVA
↓
REQUISITI PER LA PIANIFICAZIONE DELLE EMERGENZE
non:
ASSUMERE PICCOLO EPZ
↓
SELEZIONA GLI INCIDENTI CHE CORRISPONDONO A QUESTA INDICAZIONE
```

Questo principio è sempre più riconosciuto a livello internazionale per i reattori avanzati.

Nel 2023, la NRC statunitense ha introdotto un quadro alternativo per la preparazione alle emergenze relative ai reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) e ad altre nuove tecnologie, esplicitamente **basato sulle prestazioni, inclusivo delle tecnologie, informato sui rischi e orientato alle conseguenze** , che comprende un approccio scalabile alla zona di pianificazione delle emergenze per l'esposizione al pennacchio di contaminazione.

Tale quadro normativo straniero non costituisce diritto italiano.

Il suo valore probatorio è importante:

Anche un ente regolatore disposto a ridurre le distanze di pianificazione di emergenza per i reattori avanzati richiede una dimostrazione basata sulle conseguenze, piuttosto che accettare semplicemente l'etichetta SMR.

7.31.22 L'approvvigionamento dovrebbe pertanto richiedere un dossier sulla fonte dell'incidente

Prima che l'Italia accetti un reattore nella fase finale di valutazione delle offerte, il fornitore deve divulgare un dossier sulla fonte di approvvigionamento, consultabile dall'autorità di regolamentazione, contenente almeno:

Tabella 7.31-C — Pacchetto minimo di prove relative al termine di origine italiano

Prova	Requisito
Inventario principale dei radionuclidi	Per importante radionuclide/gruppo
Qualifica del carburante	Base sperimentale/operativa
Spettro degli incidenti	Progettazione specifica
Soglia di danno da carburante	Definito e giustificato
Modelli di rilascio	Meccanicistico, ove appropriato
Conservazione del sistema primario	Quantificato
Confinamento/reclusione	Comportamento di perdita/ritenzione
Filtrazione	Prestazioni in caso di incidente
Percorsi di rilascio	Completare
Percorsi di bypass	Valutato esplicitamente
Ora di inizio del rilascio	Sequenza specifica
Durata del rilascio	Sequenza specifica
Forma chimica	Definizione
Caratteristiche dell'aerosol	Ove pertinente
termine sorgente ambientale	Dipendente dal tempo
Termine sorgente multi-unità	Richiesto per siti multi-modulo
Termine sorgente del combustibile esaurito	Necessario
Casi di pericolo esterno	Necessario
Incertezza	Quantificato/caratterizzato
Validazione del codice	Dimostrato

stati di revisione regolamentare	Chiaramente identificato

7.31.23 Il confronto governativo dovrebbe riportare le prestazioni radiologiche in unità fisicamente significative

Il confronto tecnologico dovrebbe includere, per ogni evento limite o rappresentativo:

- attività rilasciata dal radionuclide/gruppo;
- frazione di rilascio;
- orario di inizio del rilascio;
- durata;
- dose prevista a distanze definite dai recettori;
- Implicazioni relative alla soglia di azione protettiva;
- sensibilità alla meteorologia;
- effetti multi-modulo.

Una dichiarazione come questa:

"Questo reattore ha un decimo delle conseguenze di emergenza"

non dovrebbe apparire senza definizione:

- incidente;
- pubblicazione;
- metrica;
- distanza;
- meteorologia;
- percorso di somministrazione del dosaggio.

7.31.24 La distinzione più importante in termini di sicurezza è tra rilascio anticipato e rilascio in grandi quantità.

L'obiettivo giuridico dell'Euratom e dell'Italia distingue correttamente due esiti indesiderabili particolarmente importanti:

rilascio anticipato

laddove non vi sia tempo sufficiente per attuare misure di emergenza fuori sede;

E

grande rilascio

laddove le misure di protezione non possono essere limitate geograficamente o temporalmente.

Ciò genera due quesiti di valutazione distinti.

Domanda A — tempo

QUANTO TEMPO TRA

INIZIAZIONE DELL'INCIDENTE

E

RILASCIO SIGNIFICATIVO AL DI FUORI DELLA SEDE?

Domanda B — magnitudine

QUANTO GRANDE PUÒ

IL RILASCIO AMBIENTALE

DIVENTARE?

Un reattore potrebbe funzionare bene in una dimensione e meno bene in un'altra.

L'Italia dovrebbe valutare entrambe le opzioni.

Conclusione principale — 7.31

L'affermazione corretta è quindi:

Il termine sorgente rappresenta la misura di partenza fisicamente significativa per la pianificazione delle emergenze radiologiche, ma le conseguenze al di fuori del sito richiedono l'intera catena, dall'inventario del reattore al rilascio nell'ambiente, al trasporto atmosferico o acquatico, all'esposizione umana e alle azioni di protezione.

La potenza nominale del reattore non è sufficiente.

La sua categoria di marketing non è sufficiente.

L'utilizzo di sistemi passivi non è sufficiente.

La sua etichetta generazionale non è sufficiente.

La sequenza richiesta è:

```
PROGETTO
↓
INCIDENTE
↓
TERMINE DI ORIGINE
↓
DISPERSIONE
↓
DOSE
↓
AZIONE DI PROTEZIONE
```

Questo quadro di riferimento è particolarmente importante quando si confrontano i tassi di mortalità standardizzati (SMR).

7.32 Gli SMR possono ridurre il termine sorgente, ma conta solo l'evidenza specifica del progetto

Alcuni piccoli reattori modulari potrebbero verosimilmente produrre emissioni di incidenti di entità inferiore e conseguenze al di fuori del sito più contenute rispetto ai grandi reattori convenzionali.

Tale potenziale dovrebbe essere riconosciuto.

Non bisogna darlo per scontato.

La sicurezza deve essere dimostrata **progetto per progetto, incidente per incidente e sito per sito** .

La normativa del 2023 della NRC statunitense sui reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) e sulla preparazione alle emergenze per i reattori avanzati riconosce esplicitamente i potenziali benefici derivanti da reattori di dimensioni ridotte, sistemi passivi, una progressione più lenta degli incidenti e rilasci potenzialmente minori o più lenti di prodotti di fissione. Tuttavia, lo stesso quadro normativo è basato sulle prestazioni e orientato alle conseguenze proprio perché tali benefici devono essere dimostrati, anziché essere dedotti dall'acronimo "SMR".

L'Italia dovrebbe adottare la stessa disciplina probatoria a prescindere dal quadro normativo specifico che verrà infine scelto.

7.32.1 Una minore quantità di carburante in magazzino può rappresentare un vero vantaggio

Se due noccioli di reattore altrimenti comparabili differiscono sostanzialmente in termini di potenza termica e quantità di combustibile, il modulo più piccolo può contenere una quantità minore di prodotti di fissione accumulati.

Ciò riduce la quantità massima di inventario disponibile per il rilascio da quel singolo modulo.

Concettualmente:

NUCLEO GRANDE
[redacted]
INVENTARIO DEI RADIONUCLIDI

PICCOLO NUCLEO
[redacted]
INVENTARIO DEI RADIONUCLIDI

Se tutte le altre frazioni di rilascio fossero identiche, un inventario più piccolo tenderebbe a supportare un termine sorgente del modulo più piccolo.

Ma non si può semplicemente presumere che "a parità di altre condizioni"

Anche il tipo di carburante, il grado di combustione, le prestazioni delle barriere e la sequenza dell'incidente sono fattori rilevanti.

7.32.2 Un calore di decadimento inferiore può aumentare il tempo di copertura

Dopo lo spegnimento del reattore, il decadimento radioattivo continua a generare calore.

I nuclei più piccoli generalmente producono meno calore di decadimento **assoluto** rispetto a nuclei molto più grandi con una storia operativa recente comparabile.

A seconda del design, ciò può facilitare la dissipazione passiva del calore e aumentare il tempo necessario per raggiungere le temperature critiche.

Questo può creare un'importante catena di sicurezza:

```
CALORE DI DECADIMENTO ASSOLUTO INFERIORE
↓
AUMENTO PIÙ LENTO DELLA TEMPERATURA
↓
TEMPO DI ADATTAMENTO PIÙ LUNGO
↓
PIÙ TEMPO PER LA RIMOZIONE PASSIVA DEL CALORE
↓
PIÙ TEMPO PER L'OPERATORE / INTERVENTI DI EMERGENZA
↓
MINORE PROBABILITÀ DI DANNI DA CARBURANTE
↓
TERMINE DI ORIGINE POTENZIALMENTE PIÙ PICCOLO
```

Ogni freccia deve comunque essere dimostrata.

7.32.3 La rimozione passiva del calore può ridurre la dipendenza dai sistemi attivi

Diversi progetti SMR utilizzano una maggiore dipendenza da:

- circolazione naturale;
- gravità;
- conduzione;
- convezione;
- acqua immagazzinata;
- scambiatori di calore passivi.

Queste caratteristiche possono ridurre la dipendenza da:

- Alimentazione CA;
- pompe;
- valvole attive;
- interventi immediati dell'operatore.

Ciò può essere particolarmente importante in scenari complessi come:

```
TERREMOTO

+

INTERRUZIONE DELL'ALIMENTAZIONE ESTERNA

+

ACCESSO ESTERNO RITARDATO
```

Tuttavia, anche i sistemi passivi presentano delle condizioni al contorno.

Possono fare affidamento su:

- scorte di liquido refrigerante sufficienti;
- doppia funzione;
- superfici di trasferimento del calore;
- vie aeree;
- scorte idriche;
- integrità strutturale;
- temperatura ambientale;
- tempo della missione.

Pertanto l'Italia dovrebbe chiedere:

Per quanto tempo rimarrà passivo, in quali condizioni esterne e con quali ipotesi di guasto?

7.32.4 Le affermazioni del tipo "tempo di recupero infinito" o simili affermazioni assolute dovrebbero essere sottoposte a un esame particolarmente approfondito.

Un reattore può potenzialmente funzionare per periodi molto lunghi senza intervento da parte dell'operatore.

Tuttavia, i documenti di appalto dovrebbero evitare di accettare frasi qualitative senza una descrizione precisa dello stato dell'incidente.

Una dichiarazione difendibile richiede:

- sequenza degli incidenti;
- condizioni iniziali;
- radiatore;
- temperatura ambiente;
- stato del modulo;
- condizioni del carburante;
- inventario idrico;
- punto finale temporale.

Per esempio:

NESSUNA AZIONE DELL'OPERATORE PER X ORE

PER INCIDENTE Y

CON CONDIZIONE INIZIALE Z

è verificabile.

La dicitura "sicurezza garantita al momento del rilascio" non è un parametro quantitativo per il rilascio delle licenze.

7.32.5 I progetti di reattori integrali possono eliminare alcuni incidenti di grandi dimensioni relativi alle tubazioni.

Alcuni progetti di SMR prevedono il posizionamento dei principali componenti del sistema primario all'interno di un unico recipiente del reattore.

A seconda del design, questo può:

- accorciare le tubazioni primarie esterne di grande diametro;
- ridurre alcune possibilità di perdita di liquido refrigerante in caso di rotture di grandi dimensioni;
- semplificare il sistema primario.

Ciò può modificare lo spettro degli incidenti.

Ma ciò non elimina tutte le sequenze di incidenti.

La conclusione corretta è:

L'architettura integrale può eliminare o ridurre particolari eventi scatenanti; lo spettro degli eventi rimanenti deve comunque essere analizzato.

7.32.6 Le strutture sotterranee possono proteggere da alcuni pericoli esterni

Alcuni SMR (Small Modular Reactors) hanno il recipiente del reattore o le principali strutture di sicurezza parzialmente o sostanzialmente sotto il livello del suolo.

I potenziali benefici possono includere una maggiore protezione contro determinate patologie:

- impatti esterni;
- venti fortissimi;
- proiettili;
- alcuni eventi esterni dolosi o accidentali.

Tuttavia, la posizione sotterranea può aumentare l'importanza di:

- acque sotterranee;

- impermeabilizzazione;
- drenaggio;
- Infiltrazioni d'acqua;
- penetrazioni nel sottosuolo;
- accesso di emergenza.

Pertanto, la dicitura "sotterraneo" dovrebbe essere registrata come una caratteristica progettuale il cui **contributo netto alla sicurezza è specifico per l'incidente** , e non come una riduzione automatica del termine sorgente.

7.32.7 I sistemi semplificati possono ridurre le possibilità di guasto

Un design con meno:

- pompe attive;
- valvole;
- grandi sistemi di tubazioni;
- sistemi di supporto;

possono potenzialmente presentare un minor numero di modalità di guasto.

Ciò può aumentare l'affidabilità e ridurre alcune sequenze di incidenti.

Ma la semplificazione deve essere misurata a livello dell'intero impianto.

Un reattore con un sistema primario semplice ma con un'estesa infrastruttura di supporto condivisa può comunque presentare una notevole complessità a livello di sito.

7.32.8 Un modulo più piccolo non significa un sito più piccolo

Questa è la correzione più importante ai confronti semplicistici sulla sicurezza dei reattori modulari di piccole dimensioni (SMR).

Considerare:

UN REATTORE DA 1.200 MWe

Sinonimo:

SEI MODULI DA 200 MWe

Il singolo modulo è molto più piccolo.

Il sito non è necessariamente più piccolo in:

- potenza termica totale;
- inventario totale di carburante;
- inventario radioattivo totale;
- generazione di combustibile esaurito;
- numero di fonti di incidenti.

Perciò:

TERMINE SORGENTE DEL MODULO

≠

TERMINE FONTE DEL SITO

7.32.9 L'inventario radiologico rilevante è l'inventario dell'intero sito.

Un sito multi-modulo può contenere materiale radioattivo in:

1. noccioli di reattori in funzione;
2. spegnere i nuclei dei reattori;
3. carburante scaricato di recente;
4. piscine di stoccaggio del combustibile esaurito;
5. sistemi di stoccaggio a secco;
6. carburante fresco;
7. sistemi di gestione dei rifiuti radioattivi;
8. componenti attivati.

La pianificazione delle emergenze dovrebbe identificare ciascun materiale a rischio nell'inventario.

Tabella 7.32-A — Inventario radiologico del sito che l'Italia dovrebbe richiedere

Inventario	Valutazione richiesta
Modulo operativo 1	Termine sorgente dell'incidente
Modulo operativo 2	Termine sorgente dell'incidente
Tutti i moduli operativi rimanenti	Termine sorgente dell'incidente
Modulo di arresto/rifornimento	Stato di incidente di arresto
Piscina del combustibile esaurito	Calore, inventario, comunicati stampa credibili
Stoccaggio a secco del combustibile esaurito	Caso di incidente specifico del sito
Gestione del combustibile	Incidente di manipolazione
Sistemi di gestione dei rifiuti	Inventario radioattivo pertinente

sistemi radioattivi condivisi	Percorsi di causa comune

Il totale del sito non dovrebbe essere calcolato semplicemente sommando tutti gli inventari come se tutte le uscite avvenissero simultaneamente.

In generale, ciò sarebbe fisicamente irrealistico.

L'analisi di sicurezza dovrebbe invece individuare **combinazioni correlate credibili,** capaci di influenzare più di un inventario.

7.32.10 La variabile critica è il coinvolgimento simultaneo dei moduli

Supponiamo che un impianto a sei moduli abbia una frequenza di incidenti gravi per modulo molto bassa.

La questione del sito rimane:

È possibile che un singolo evento di avvio attivi contemporaneamente tutti e sei i moduli?

Alcuni esempi potrebbero essere:

- terremoto;
- alluvione;
- Guasto comune del dissipatore di calore;
- perdita di rete;
- guasti elettrici comuni;
- fuoco comune;
- guasto del sistema di controllo condiviso;
- causa comune umana/organizzativa

Lo standard di sito dell'AIEA richiede specificamente che vengano prese in considerazione combinazioni credibili che interessano più installazioni nello stesso sito, e il quadro normativo di Euratom richiede disposizioni di emergenza per gli incidenti che interessano simultaneamente diverse unità.

7.32.11 Un incidente multi-modulo non significa necessariamente sei rilasci del nucleo identici

Anche la semplificazione opposta va evitata.

Se un evento esterno mette a dura prova sei moduli, non ne consegue necessariamente che tutti e sei subiscano danni gravi e identici al nucleo.

L'indipendenza dei moduli e i sistemi passivi possono prevenire l'aggravarsi degli incidenti.

L'analisi corretta deve determinare:

```
EVENTO INIZIALE COMUNE
↓
RISPOSTA AL MODULO 1
RISPOSTA AL MODULO 2
RISPOSTA AL MODULO 3
RISPOSTA AL MODULO 4
RISPOSTA AL MODULO 5
RISPOSTA AL MODULO 6
↓
QUALI MODULI SUBISCONO DANNI DA CARBURANTE?
↓
QUALE USCITA?
↓
QUANDO?
↓
TERMINE COMBINATO DELLA FONTE AMBIENTALE
```

Questo dato va calcolato, non ipotizzato né in modo ottimistico né in modo pessimistico.

7.32.12 I sistemi condivisi meritano un'analisi esplicita della modalità comune

I potenziali sistemi condivisi variano in base alla progettazione, ma possono includere:

- sottostazione elettrica;
- dissipatore di calore definitivo;
- sistema idrico di servizio;
- impianti di controllo;
- centro di risposta alle emergenze;
- scorte idriche;
- attrezzature per la movimentazione del carburante;
- Assistenza HVAC;
- sistemi di gestione dei rifiuti radioattivi;
- drenaggio del sito;
- accesso fisico.

Ogni sistema condiviso crea due effetti contrastanti.

Può ridurre i costi e semplificare le operazioni.

Può inoltre creare un nesso di causalità comune.

Tabella 7.32-B — Infrastruttura condivisa contro indipendenza in materia di sicurezza

Funzionalità condivisa	vantaggio economico	Domanda sulla sicurezza
Una sottostazione elettrica	Minori costi infrastrutturali	Un singolo guasto può disconnettere l'intero sito?
Dissipatore di calore comune	Infrastruttura efficiente	Un singolo evento può disattivare il raffreddamento di tutti i moduli?
Sala di controllo comune	Efficienza del personale	Un singolo evento pericoloso può disabilitare completamente le capacità di controllo?
Pronto soccorso comune	Minore duplicazione	È possibile sopravvivere a un evento che coinvolga l'intero sito?
Inventario idrico condiviso	Investimenti inferiori	Le scorte sono sufficienti a soddisfare la domanda attuale?
Edificio per la gestione condivisa dei rifiuti	Efficienza	È possibile che un incidente si propaghi tra moduli/funzioni?
Strada di accesso condivisa	Simplersite	E se ci si perdesse lungo la strada?

7.32.13 La separazione fisica tra i moduli deve essere considerata un attributo di sicurezza misurabile

La separazione dei moduli può ridurre la propagazione da:

- incendio interno;
- allagamento;
- esplosioni;
- Rottura del tubo;
- eventi della turbina

Ma l'analisi dovrebbe specificare:

- distanza fisica;
- barriere antincendio;
- barriere contro le inondazioni;
- separazione elettrica;
- Instradamento dei cavi;
- separazione della ventilazione;
- separazione del drenaggio.

La dichiarazione:

“I moduli sono indipendenti”

richiede una definizione ingegneristica.

7.32.14 Le sale di controllo comuni richiedono un'analisi dei fattori umani per gli eventi simultanei

Una stazione multi-modulo può ridurre il personale necessario consentendo il controllo di diversi reattori da una sala di controllo comune.

Ciò potrebbe essere economicamente importante.

Tuttavia, l'analisi degli incidenti gravi deve considerare se gli operatori sono in grado di gestire con successo:

MODULO 1 — emergenza

MODULO 2 — emergenza

MODULO 3 — condizione anomala

MODULO 4 — stabile

MODULO 5 — spegnimento

MODULO 6 — perdita di strumentazione

simultaneamente.

Il problema non riguarda solo il numero degli operatori.

Comprende:

- carico di allarme;
- prioritizzazione delle informazioni;
- progettazione dell'interfaccia;
- assegnazione dei compiti;
- automazione;
- supporto alle decisioni;
- comunicazioni.

Fukushima ha dimostrato la complessità operativa delle emergenze simultanee che coinvolgono più unità.

7.32.15 Il combustibile esaurito non può essere escluso dal confronto

Anche se un SMR produce un termine sorgente di emissioni estremamente ridotto nel nocciolo del reattore, il suo sito accumulerà combustibile esaurito a meno che questo non venga continuamente rimosso altrove.

Le lezioni apprese dall'AIEA a Fukushima identificano specificamente i danni gravi che coinvolgono **il combustibile del nocciolo del reattore o il combustibile esaurito presente in loco** come rilevanti per la preparazione alle emergenze.

L'Italia dovrebbe quindi richiedere l'analisi delle conseguenze dell'emergenza per rispondere a:

- dove viene stoccato il combustibile esaurito;
- quanto è immagazzinato;
- calore di decadimento;
- fabbisogno di raffreddamento;
- inventario idrico, ove applicabile;
- capacità di reintegro passivo;
- qualificazione sismica;
- protezione dalle inondazioni;
- monitoraggio;
- relazione di causa comune con i moduli del reattore.

7.32.16 Un sito multi-modulo può accumulare il combustibile esaurito in modo diverso da un singolo grande reattore

Le flotte modulari possono prevedere programmi di rifornimento scaglionati.

Ciò può comportare vantaggi operativi.

Può anche significare che:

- un modulo è in funzione;
- un altro è in fase di rifornimento;
- un altro ha recentemente scaricato carburante;
- In un'area di stoccaggio comune sono presenti combustibili esauriti accumulati nel corso di diversi anni.

La condizione radiologica limite del sito può quindi verificarsi durante una particolare configurazione di rifornimento piuttosto che alla massima potenza elettrica.

Il dossier di sicurezza dovrebbe ricercare sistematicamente tale condizione.

7.32.17 Il termine "fonte dell'incidente" e la "zona di pianificazione delle emergenze" sono collegati, ma non identici.

Un termine sorgente dimostrato di dimensioni inferiori può supportare requisiti di pianificazione delle emergenze fuori sede più ridotti.

L'attuale quadro alternativo della NRC statunitense consente esplicitamente una **zona di pianificazione di emergenza scalabile per l'esposizione al pennacchio di contaminazione** per i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) e altre tecnologie idonee, sulla base di una dimostrazione di sicurezza orientata alle conseguenze.

Questa è una prova significativa del fatto che, per alcuni progetti avanzati, è tecnicamente possibile ridurre l'ingombro dei piani di emergenza.

Ma l'affermazione corretta è:

Alcuni reattori avanzati potrebbero giustificare zone di pianificazione delle emergenze più piccole.

Non:

Le piccole stazioni di rifornimento idrico (SMR) dispongono di zone di pianificazione per le emergenze di dimensioni ridotte.

Quest'ultima è un'affermazione categorica priva di fondamento in assenza di un progetto specifico e di un'analisi del sito.

7.32.18 L'Italia non dovrebbe copiare meccanicamente le distanze delle zone economiche esclusive straniere

La normativa statunitense in materia di pianificazione delle emergenze riflette:

- Legge statunitense;
- Criteri di dosaggio statunitensi;
- Filosofia normativa statunitense;
- Istituzioni di emergenza statunitensi.

L'Italia opera secondo:

- Legislazione italiana;
- Requisiti Euratom;

- Regolamentazione ISIN;
- Disposizioni in materia di protezione civile;
- Condizioni demografiche e geografiche italiane.

Le valutazioni relative alle fonti di approvvigionamento estere e alla pianificazione delle emergenze possono quindi fornire elementi utili.

Non possono sostituirsi automaticamente alla decisione italiana.

7.32.19 La domanda corretta in italiano è se restano necessarie le misure di protezione fuori sede.

Secondo l'attuale quadro normativo italiano, articolo 178, la pianificazione delle emergenze deve essere elaborata a partire da scenari di incidente nucleare ragionevolmente ipotizzabili, dalla loro evoluzione geografica e temporale e dai conseguenti livelli di esposizione.

Pertanto, un futuro reattore avanzato che miri a ridurre i requisiti di emergenza esterni dovrebbe dimostrare quantitativamente che lo spettro di incidenti rilevante produce conseguenze coerenti con tale affermazione.

L'onere della prova dovrebbe rimanere a carico del richiedente.

7.32.20 Le affermazioni sulla riduzione del termine sorgente dovrebbero essere scomposte in prove causali

Un venditore può dichiarare:

“Rilascio potenziale inferiore del 90%.”

L'Italia dovrebbe richiedere che la richiesta venga scomposta.

Tabella 7.32-C — Prove richieste a supporto di un'affermazione di riduzione del termine sorgente SMR

Vantaggio rivendicato	È richiesta la prova
Nucleo più piccolo	Inventario effettivo dei radionuclidi
Calore di decadimento inferiore	Calcolo del calore di decadimento dipendente dal tempo
Raffreddamento passivo	Analisi termoidraulica validata
Tempo di adattamento più lungo	Orari/giorni specifici dell'incidente
Migliore ritenzione del carburante	Qualificazione/test del carburante
Vaso integrale	effetto spettro incidente
Ubicazione sotterranea	Valutazione dei rischi esterni
Contenimento efficace	Analisi delle perdite/ritenzione
Contenimento funzionale	Prestazioni di barriera complete
Riduzione dell'intervento dell'operatore	Analisi dei fattori umani e dell'automazione
Rilascio più piccolo	Termine sorgente meccanicistico
Zona di protezione ambientale più piccola	analisi delle conseguenze specifiche del sito
Indipendenza multi-modulo	Valutazione delle cause comuni
Conseguenze di basso livello	Valutazione combinata del reattore e del combustibile esaurito

7.32.21 La qualificazione del combustibile è particolarmente importante per i reattori avanzati

Le analisi di sicurezza dei reattori avanzati possono basarsi in larga misura sulle prestazioni dichiarate del combustibile.

Se il combustibile viene considerato un'importante barriera di ritenzione dei radionuclidi, le sue prestazioni devono essere dimostrate in tutte le temperature, condizioni di irraggiamento e ambienti di incidente per i quali viene riconosciuto tale merito.

La politica della NRC relativa ai termini di origine meccanicistici richiede esplicitamente sufficienti prove di ricerca, sviluppo e sperimentazione per stabilire la fiducia nelle prestazioni del reattore e del combustibile prima che venga preso in considerazione il credito derivante da tali termini di origine meccanicistici.

Ciò è particolarmente importante per i sistemi unici nel loro genere.

Un modello computerizzato non può compensare la mancanza di dati fisici relativi alla barriera su cui si basa il modello stesso.

7.32.22 TRISO fornisce un buon esempio del perché la metodologia sia importante

I reattori ad alta temperatura basati sul sistema TRISO sono progettati attorno a particelle di combustibile che incorporano diversi strati di rivestimento destinati a trattenere i prodotti di fissione.

Tale architettura può potenzialmente spostare una parte sostanziale della funzionalità di contenimento verso il combustibile stesso.

Questo è importante.

Ma la questione relativa alla corretta concessione delle licenze rimane:

Come si comporta effettivamente un carburante qualificato nell'intero intervallo di temperature e irraggiamento previsti in caso di incidente?

Il modello del termine sorgente deve quindi propagarsi:

```
INVENTARIO DEI PRODOTTI DI FISSIONE
↓
PRESTAZIONI DELLE PARTICELLE TRISO
↓
FRAZIONE DI PARTICELLE NON RIUSCITE
↓
GRAFITE / TRASPORTO DEL CIRCUITO PRIMARIO
↓
DETENZIONE IN CONTENIMENTO
↓
```

RILASCIO AMBIENTALE

L'attuale interazione normativa della NRC in materia di energia X include specificamente sia un rapporto tematico **sull'approccio meccanicistico al termine sorgente** sia una **metodologia di dimensionamento della zona di pianificazione di emergenza per il percorso di esposizione al pennacchio** , a dimostrazione del fatto che le dichiarazioni sul combustibile, l'analisi del termine sorgente e la pianificazione di emergenza rimangono fasi di raccolta prove separate.

7.32.23 I reattori veloci richiedono una propria fenomenologia del termine sorgente

I sistemi di reattori veloci al sodio, al piombo e di altro tipo non possono semplicemente ereditare le ipotesi relative al termine sorgente dei reattori ad acqua leggera (LWR).

La fenomenologia degli incidenti può differire a causa di:

- liquido di raffreddamento;
- forma di combustibile;
- temperatura di esercizio;
- concetto di contenimento;
- comportamento chimico;
- Trasporto di radionuclidi.

La NRC si aspetta esplicitamente che i richiedenti non appartenenti al settore dei reattori ad acqua leggera (LWR) definiscano termini di origine meccanicistici specifici per la tecnologia e la progettazione, anziché applicare indiscriminatamente termini di origine generici per i reattori LWR.

Ciò è particolarmente importante per l'Italia perché il portafoglio di tecnologie strategiche discusso altrove in questo rapporto comprende sia i reattori raffreddati ad acqua sia i reattori veloci avanzati.

7.32.24 Un rilascio multi-modulo a bassa probabilità può ancora dominare la pianificazione delle emergenze

La pianificazione delle emergenze non si basa solo sull'evento più probabile.

L'analisi della sicurezza deve individuare le sequenze di incidenti gravi rilevanti e determinare quali siano appropriate per la pianificazione.

Un evento raro, di causa comune e che interessa l'intero sito, potrebbe potenzialmente produrre conseguenze più gravi rispetto a un evento più frequente che interessa un singolo modulo.

Perciò:

INCIDENTE PIÙ PROBABILE

≠

AUTOMATICAMENTE

PIANIFICAZIONE DI EMERGENZA INCIDENTE DI CONFINE

La relazione tra probabilità e conseguenza deve essere esplicitata.

7.32.25 Il layout del sito può modificare il termine sorgente combinato

Nelle installazioni multi-modulo, la disposizione fisica è fondamentale.

Le variabili potenziali includono:

- distanza tra i moduli;
- edificio comune contro edifici separati;
- contenimento condiviso versus contenimento separato;
- ventilazione condivisa;
- vento dominante;
- distanza dagli impianti di stoccaggio del combustibile esaurito;
- accesso di emergenza;
- Livello di piena comune.

Un sito che utilizza la stessa tecnologia di reattore può quindi presentare un'architettura di rischio a livello di sito diversa a seconda della configurazione.

7.32.26 Il sito deve essere valutato come un unico sistema radiologico

Questo produce la gerarchia corretta:

```
CASSA DI SICUREZZA DEL MODULO
↓
CUSTODIA DI SICUREZZA MULTIMODULO
↓
CASSA DI SICUREZZA PER COMBUSTIBILE ESAURITO
↓
ALTRI INVENTARI RADIOLOGICI
↓
PERICOLI ESTERNI COMUNI
↓
TERMINI DI FONTE DEL SITO COMPLETI
↓
CONSEGUENZE FUORI SEDE
```

L'Italia non dovrebbe permettere che i moduli vengano concessi in licenza analiticamente come se i moduli adiacenti non esistessero.

7.32.27 Una stazione a sei moduli dovrebbe quindi dimostrare almeno quattro classi di termini sorgente

Come minimo:

Caso 1 — Incidente a modulo singolo

1 MODULO INTERESSATO

5 MODULI DI SICUREZZA

Verifica il caso di sicurezza intrinseca del modulo.

Caso 2 — Evento iniziale unico, più moduli contestati

```
RISCHIO COMUNE
↓
DIVERSI MODULI ANOMALI
↓
UNA O PIÙ PUBBLICAZIONI
```

Mette alla prova la resilienza a cause comuni.

Caso 3 — Sfida del reattore e del combustibile esaurito

```
RISCHIO COMUNE
↓
ACCIDENTE DEL REATTORE
+
SFIDA PER GLI IMPIANTI DI COMBUSTIBILE ESAURITO
```

Vengono testate tutte le strutture radiologiche del sito.

Caso 4 — Pericolo esterno su vasta scala con interruzione delle infrastrutture

```
INCIDENTE MULTI-UNITÀ

+

PERDITA DI RETE

+

DISABILITÀ DI ACCESSO

+

DEGRADO DELLA COMUNICAZIONE
```

Mette alla prova il realismo nella gestione delle emergenze.

Per esigenze di progettazione, potrebbero essere necessari involucri aggiuntivi.

7.32.28 Il modello delle risorse per la gestione degli incidenti deve corrispondere al modello del termine sorgente multi-modulo

Se il calcolo del termine sorgente presuppone l'implementazione riuscita di:

- pompe portatili;
- generatori;
- allacciamenti idrici;
- azioni dell'operatore;

Il piano di emergenza deve dimostrare che tali risorse sono disponibili **simultaneamente per ogni modulo che ne ha bisogno** .

Per esempio:

```
6 MODULI
CIASCUNO RICHIEDE 1 POMPA MOBILE

IL SITO POSSIEDE 2 POMPE MOBILI
```

non può supportare un'analisi degli incidenti che presuppone implicitamente sei pompe.

L'analisi delle cause scatenanti e l'inventario delle risorse di emergenza devono pertanto essere confrontati.

7.32.29 La scaglionatura dei moduli può migliorare alcuni rischi del sito ma complicarne altri

La costruzione modulare può consentire l'immissione in servizio delle unità in sequenza.

Ciò può ridurre l'inventario radiologico iniziale durante le prime fasi operative.

Può anche creare un sito contenente contemporaneamente:

- reattori in funzione;
- reattori in costruzione;
- messa in servizio delle unità;
- Operazioni con combustibile esaurito.

Tale situazione mista dovrebbe essere analizzata.

Le attività di costruzione possono comportare:

- gru;
- scavo;
- carichi di incendio;
- sistemi elettrici temporanei;
- traffico;
- concentrazione della forza lavoro

Il documento di valutazione della sicurezza FOAK dovrebbe pertanto affrontare la transizione da:

1 MODULO FUNZIONANTE

A:

2 MODULI IN FUNZIONE

+

MESSA IN SERVIZIO DEL MODULO 3

+

MODULI 4-6 IN COSTRUZIONE

dove il programma prevede una realizzazione a fasi.

7.32.30 La “sicurezza della flotta” e la “sicurezza del sito” sono questioni diverse

Una flotta italiana potrebbe arrivare a comprendere dieci stazioni SMR.

Ciascuna stazione può contenere diversi moduli.

Esistono quindi tre diversi livelli di rischio:

LIVELLO DEL MODULO

↓

LIVELLO DEL SITO

↓

LIVELLO DELLA FLOTTA NAZIONALE

La riduzione dei termini sorgente a livello di modulo non risolve automaticamente:

- concentrazione di diversi moduli in un unico sito;
- accumulo di combustibile esaurito;
- capacità di intervento in caso di emergenza;
- Risposta nazionale a disastri naturali simultanei.

Questa distinzione è particolarmente rilevante se l'Italia riutilizza diversi siti costieri o ex siti di produzione termica.

7.32.31 La riduzione del termine sorgente può avere un valore economico sostanziale

Se dimostrata, una riduzione delle conseguenze al di fuori del sito può produrre benefici che vanno oltre la sicurezza.

Le possibili implicazioni possono includere:

- riduzione degli oneri relativi alla pianificazione delle emergenze;
- maggiore flessibilità nella scelta del sito;
- potenzialmente minori vincoli sull'uso del suolo;
- logistica di emergenza più semplice;
- Migliori possibilità di co-locazione industriale.

Tuttavia, questi benefici economici dovrebbero essere inclusi nella valutazione del progetto **solo dopo che l'ente regolatore avrà accettato le basi radiologiche** .

La sequenza deve rimanere:

```
PROVA DI SICUREZZA
↓
ACCETTAZIONE REGOLAMENTARE
↓
REQUISITO DI PIANIFICAZIONE DELLE EMERGENZE
↓
VALORE ECONOMICO
non:
DESIDERIO ECONOMICO PER PICCOLE ZONE EPZ
↓
ASSUMERE UN TERMINE DI FONTE BASSO
```

7.32.32 L'Italia dovrebbe stabilire un caso standardizzato di conseguenze radiologiche del sito per ogni candidato reattore.

Il requisito di appalto più utile sarebbe un pacchetto di prove standard che consenta un confronto significativo tra le diverse tecnologie.

Tabella 7.32-D — Caso di conseguenze radiologiche del sito proposto

Elemento richiesto	Contenuto minimo
Inventario dei singoli moduli	Inventario dei radionuclidi
Inventario totale del sito operativo	Tutti i moduli
Inventario del combustibile esaurito	Dipendente dal tempo
Sequenze di incidenti	Tecnologia specifica
Sequenze di pericoli esterni	Specifico del sito
Termine sorgente a modulo singolo	Dipendente dal tempo
Termine sorgente multi-modulo	Casi credibili di causa comune
Termine sorgente del combustibile esaurito	casi
Tempistiche di rilascio	Ore/minuti dopo l'inizio
Durata del rilascio	Definizione
Forma chimica/fisica	Definizione
Credito per contenimento/reclusione	Quantificato
Credito del sistema passivo	Convalidato
Guasti del sistema comune	Incluso
Dispersione fuori sede	Meteorologia del sito italiano
Dose pubblica	Recettori definiti
Requisiti per le azioni di protezione	Derivato
Incertezza	Esplicito
Stato regolatorio estero	Documentato
Base sperimentale	Documentato

Questioni ancora aperte	Identificato prima della decisione finale di investimento

7.32.33 I documenti governativi devono utilizzare un linguaggio disciplinato

Tabella 7.32-E — Dichiarazioni da evitare

Affermazione esagerata	Sostituzione difendibile
“I reattori SMR hanno una zona di emergenza più piccola.”	Alcuni progetti di reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) possono giustificare requisiti di pianificazione delle emergenze ridotti se l'analisi delle conseguenze, specifica per il progetto e il sito, dimostra rilasci sufficientemente bassi.
“I reattori di piccole dimensioni non possono subire incidenti di grandi dimensioni.”	I moduli più piccoli possono ridurre la quantità di materiale radioattivo per modulo, ma le conseguenze di un incidente rimangono specifiche per la progettazione, il sito e la sequenza dell'operazione.
“I reattori passivi non possono subire fusione del nocciolo.”	Le caratteristiche passive possono ridurre sostanzialmente la progressione dell'incidente, ma le prestazioni effettive devono essere dimostrate per l'inviluppo di incidente applicabile.
"I reattori modulari di piccole dimensioni sotterranei non possono rilasciare radiazioni."	L'ubicazione sotto il livello del suolo può proteggere da alcuni rischi, ma non elimina la necessità di un'analisi delle sorgenti di emissione.
"TRISO elimina il termine sorgente."	Il combustibile TRISO qualificato può garantire una ritenzione sostanziale dei radionuclidi; il rilascio nell'ambiente rimane un calcolo meccanicistico specifico per ogni progetto.
“I reattori di quarta generazione non necessitano di piani di evacuazione.”	I requisiti per la pianificazione delle emergenze devono essere conformi alle analisi delle conseguenze accettate.
"Un singolo modulo da 200 MWe ha poco combustibile, quindi un sito con sei moduli ha un inventario radiologico ridotto."	L'inventario dei moduli e l'inventario completo del sito devono essere valutati separatamente.

7.32.34 Il confronto strategico dovrebbe quindi utilizzare due parametri radiologici

L'Italia dovrebbe valutare entrambe le opzioni:

Metrica A — Conseguenza del singolo modulo

Questa misura rappresenta la sicurezza intrinseca del reattore.

E

Metrica B — Conseguenza dell'intero sito

Questo misura la reale rilevanza della pianificazione delle emergenze.

Un progetto può ottenere risultati eccezionali in base alla metrica A, ma meno soddisfacenti in base alla metrica B se:

- sono concentrati molti moduli;
- I sistemi comuni sono estesi;
- Le scorte di combustibile esaurito sono ingenti.

Al contrario, una forte indipendenza dei moduli può consentire a un sito multi-modulo di conservare gran parte dei vantaggi derivanti dai singoli moduli.

Questa è una questione di ingegneria.

Non è una domanda di marketing.

7.32.35 La più forte affermazione sulla sicurezza dei reattori SMR è quindi condizionale, non categorica.

La formulazione tecnicamente difendibile è:

Un SMR può produrre conseguenze radiologiche esterne significativamente inferiori se il suo inventario ridotto, le caratteristiche del combustibile, la rimozione passiva del calore di decadimento, il sistema di barriera, l'indipendenza dei moduli e la progressione dell'incidente si combinano per produrre un termine sorgente ambientale dimostrabilmente inferiore sia in condizioni di incidente a singolo modulo che in condizioni di incidente credibili a livello dell'intero sito.

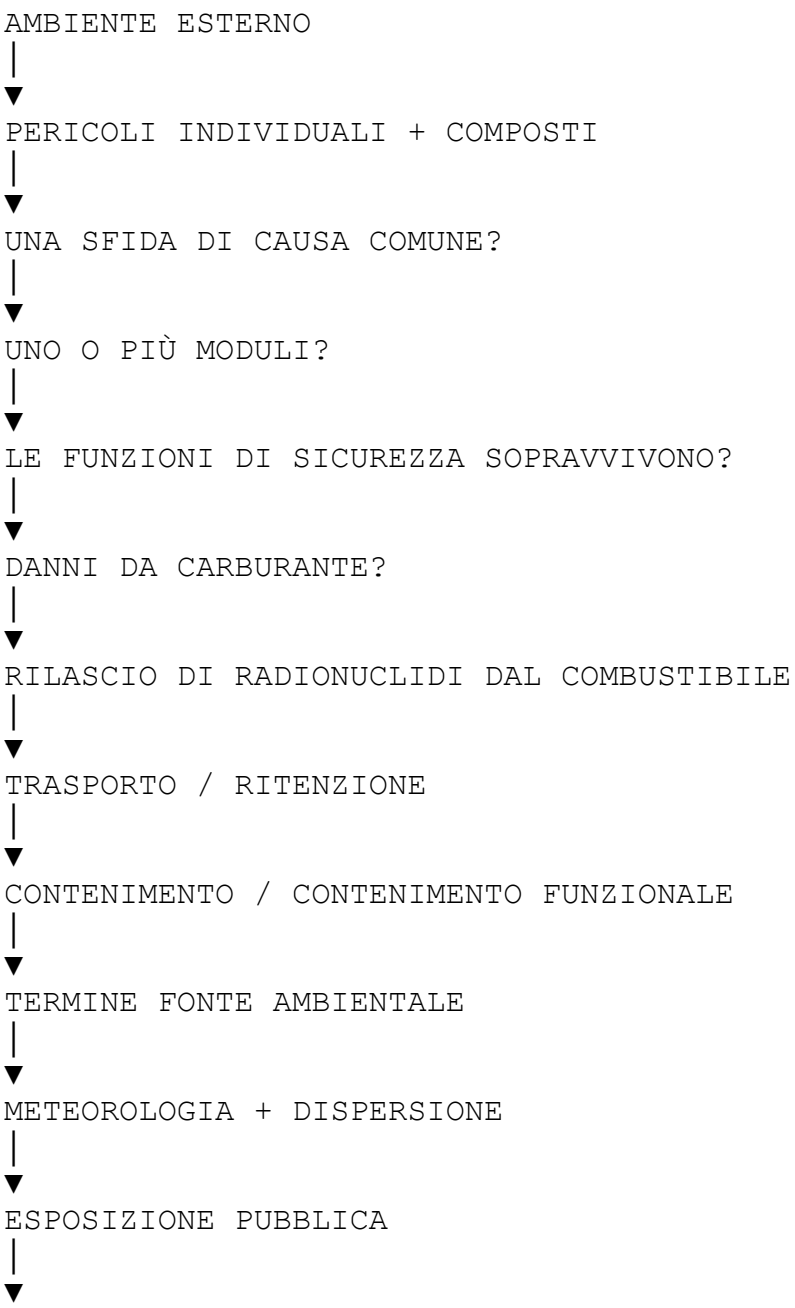
Ogni elemento di quella frase è importante.

Rimuovere:

"Se"

e l'affermazione diventa troppo forte.

Catena analitica principale — §§7.30–7.32



Conclusione finale del governo — §§7.30–7.32

Le tre questioni qui affrontate sono inseparabili.

La combinazione di diversi fattori di rischio determina la sequenza degli eventi che portano all'incidente.

La sequenza degli eventi che portano all'incidente determina se si verificano danni al carburante.

Il comportamento del combustibile e le barriere ingegnerizzate determinano il **termine sorgente** .

La fonte di contaminazione, unitamente alle condizioni di dispersione ed esposizione specifiche del sito, determina le possibili **conseguenze al di fuori del sito stesso** .

Tale conseguenza determina i requisiti per la pianificazione delle emergenze.

La catena corretta è quindi:

```
PERICOLO
↓
INCIDENTE
↓
TERMINE DI ORIGINE
↓
CONSEGUENZA
↓
PIANO DI EMERGENZA
non:
IL REATTORE È PICCOLO
↓
PRESUPPONE CHE LA CONSEGUENZA SIA DI MINIMA ENTITÀ
```

L'attuale quadro giuridico italiano è già coerente con il primo approccio. Il Decreto Legislativo 101/2020 richiede la prevenzione e la mitigazione degli incidenti, l'evitamento di rilasci radioattivi precoci e di grandi dimensioni, la difesa in profondità contro pericoli esterni estremi di origine naturale e pericoli antropici non intenzionali, e l'analisi tecnica basata sulle conseguenze per la pianificazione delle emergenze esterne.

Gli standard internazionali confermano la stessa conclusione. La norma SSR-1 dell'AIEA richiede che vengano valutati esplicitamente i rischi esterni combinati, i rapporti di causalità, l'incertezza, gli effetti di installazioni multiple e le condizioni del sito in evoluzione. Fukushima ha dimostrato il perché: un singolo evento estremo può mettere a dura prova contemporaneamente diversi livelli di difesa, diverse unità e le infrastrutture di emergenza regionali.

Per i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR), l'opportunità in termini di sicurezza è concreta.

Un inventario radioattivo individuale più ridotto, un calore di decadimento assoluto inferiore, tempi di accumulo più lunghi, sistemi semplificati, rimozione passiva del calore e una migliore ritenzione del combustibile possono potenzialmente produrre emissioni di radiazioni ambientali molto inferiori.

Ma l'Italia dovrebbe acquistare **prestazioni radiologiche comprovate** , non la parola "SMR".

Il requisito di approvvigionamento appropriato è pertanto il seguente:

Ogni reattore candidato deve dimostrare la sua completa conseguenza radiologica a livello di sito in base a scenari credibili di rischio esterno a modulo singolo, a moduli multipli, con combustibile esaurito e combinato, utilizzando termini sorgente specifici del progetto e le condizioni del sito italiano.

Solo dopo tale dimostrazione i documenti governativi dovrebbero formulare affermazioni riguardanti:

- zone di pianificazione di emergenza ridotte;
- riduzione delle esigenze di evacuazione;
- maggiore vicinanza industriale;
- ridotte conseguenze per la collettività;
- Sicurezza superiore al di fuori del sito.

La distinzione finale deve rimanere esplicita in tutto il rapporto:

Un modulo più piccolo può significare un termine sorgente più piccolo; un modulo più piccolo non significa automaticamente una conseguenza del sito più piccola.

Il presente testo **sostituisce direttamente i paragrafi 7.30, 7.31 e 7.32 esistenti** ; la loro numerazione e la sequenza analitica originale rimangono invariate.

7.33 La legge italiana fissa un obiettivo ambizioso per le rilasci anticipati e di grandi dimensioni

L'attuazione da parte dell'Italia del quadro di sicurezza Euratom post-Fukushima stabilisce un obiettivo esplicito per i nuovi impianti nucleari.

Devono essere progettati, localizzati, costruiti, gestiti e smantellati in modo da prevenire gli incidenti e, se si verificano, mitigarne le conseguenze al fine di evitare:

- **rilasci radioattivi precoci** per i quali non è stato possibile attuare in tempo utile le necessarie misure di emergenza fuori sede;
- **Rilasci radioattivi di grandi dimensioni** che richiedevano misure di protezione non limitabili nello spazio o nel tempo.

[L]

Questo è il riferimento legale corretto per la valutazione dei reclami dei fornitori.

La semplice affermazione di un fornitore secondo cui "la nostra zona di protezione ambientale può costituire il confine del sito" non è sufficiente.

L'autorità regolatrice italiana deve stabilire se l'analisi di sicurezza soddisfa l'obiettivo previsto dalla legge.

7.34 La difesa in profondità rimane obbligatoria

Lo stesso quadro normativo italiano richiede all'operatore di attuare **una difesa in profondità** .

Comprende:

- minimizzazione dei rischi esterni estremi;
- prevenzione di malfunzionamenti e guasti;
- individuazione e controllo di condizioni anomale;
- controllo degli incidenti di progetto;
- controllo delle condizioni critiche e prevenzione/mitigazione della progressione dell'incidente.

[L]

La sicurezza passiva modifica le modalità di implementazione di questi livelli.

Non li abolisce.

Un programma SMR credibile non può quindi basarsi su una singola affermazione come:

“Il reattore si spegne da solo.”

Lo spegnimento è solo una delle funzioni.

La sicurezza a lungo termine richiede anche:

- rimozione del calore di decadimento;
- confinamento;
- controllo della reattività;
- resistenza elettrica;
- monitoraggio;
- risposta alle emergenze.

7.35 Non si può presumere che le zone di pianificazione di emergenza scompaiano per i SMR

Il lavoro normativo internazionale valuta sempre più spesso se alcune SMR (Superior Reserve Municipalities) possano giustificare zone di pianificazione delle emergenze più piccole a causa di:

- scorte più piccole;
- sistemi passivi;
- maggiore ritenzione idrica;
- termini sorgente inferiori.

Il Forum degli enti regolatori dei reattori modulari di piccole dimensioni dell'AIEA ha esaminato in modo specifico le modalità di pianificazione delle emergenze, adattabili a diverse situazioni.

La conclusione normativa corretta è:

Le dimensioni della zona di protezione ambientale (EPZ) possono variare a seconda del progetto e del sito.

Non lo è:

SMR = nessuna EPZ.

Il futuro ente regolatore italiano dovrebbe definire la geometria della pianificazione di emergenza a partire da:

- termine di origine;
- frequenza degli incidenti;
- proiezioni delle dosi;
- meteorologia locale;
- popolazione;
- fattibilità dell'evacuazione/del ricovero.

7.36 L'attuale piano nazionale di emergenza italiano non è un piano per siti di reattori nazionali.

L'Italia dispone già di un **Piano nazionale per la gestione delle emergenze radiologiche e nucleari** , aggiornato nel 2022.

I suoi scenari centrali riguardano:

- incidenti presso impianti nucleari al di fuori dei confini italiani in grado di interessare il territorio nazionale;
- altri eventi radiologici/nucleari di rilevanza nazionale.

Questo piano offre preziose capacità nei seguenti ambiti:

- coordinamento nazionale;
- monitoraggio;
- supporto alle decisioni;
- comunicazioni;
- notifica internazionale.

Non si tratta di un piano di emergenza esterno preconfezionato per un futuro reattore a Montalto, Trino, Latina o in qualsiasi altro sito italiano.

Per un reattore domestico è necessario seguire la procedura specifica prevista dal Decreto Legislativo 101/2020.

7.37 Il prefetto è fondamentale per la pianificazione delle emergenze specifiche di ciascun sito.

Ai sensi del Decreto Legislativo 101/2020, il **Prefetto** predispone e aggiorna il piano di emergenza per gli impianti interessati, avvalendosi di un apposito comitato per la pianificazione delle emergenze radiologiche e nucleari.

Tra i partecipanti figurano:

- Questore;
- Vigili del fuoco;
- Carabinieri;
- autorità marittima, ove pertinente;
- Regione o provincia autonoma;
- amministrazioni locali;
- rappresentanti del Servizio Sanitario Nazionale;
- ARPA/APPA;
- titolare della licenza/operatore.

[L]

Questo è un aspetto importante per la scelta del sito.

Un sito per un reattore, pur tecnicamente interessante, non è pronto per la realizzazione se il sistema istituzionale circostante non è in grado di elaborare ed eseguire il piano esterno.

7.38 Ogni reattore commerciale richiede un piano di emergenza esterno

L'articolo 177 del Decreto Legislativo 101/2020 prevede per ogni impianto nucleare interessato un **piano di emergenza esterno** , che stabilisca misure di protezione coordinate per la popolazione e i beni in caso di incidente.

L'operatore deve fornire la base tecnica utilizzata da ISIN e dalle autorità per stabilire le ipotesi di pianificazione. **[L]**

Il sistema di pianificazione delle emergenze richiede pertanto l'interazione tra:

Analisi della sicurezza dell'operatore → Valutazione tecnica ISIN → Pianificazione prefettizia/territoriale.

L'operatore non può definire unilateralmente il piano di emergenza pubblico.

7.39 Un nuovo impianto non può iniziare l'attività prima che siano stati approvati i piani di emergenza richiesti.

La legge italiana prevede espressamente che i nuovi impianti per i quali sono necessari piani di emergenza non possano iniziare l'attività prima che le autorità competenti abbiano approvato tali piani. **[L]**

Ai fini della pianificazione del programma, ciò crea un punto di svolta invalicabile per la messa in servizio.

La pianificazione delle emergenze non può essere rimandata agli ultimi mesi prima del carico di carburante.

Il processo richiede:

- informazioni tecniche sulla fonte dei termini;
- mappatura della popolazione;
- livelli di intervento;
- comunicazioni;
- disposizioni per l'evacuazione/alloggio;
- preparazione alla risposta sanitaria;
- esercizi.

Dovrebbe iniziare anni prima.

7.40 I piani di emergenza devono evolversi insieme al sito

Il piano esterno deve essere rivisto:

- quando cambiano le ipotesi rilevanti;
- in ogni caso almeno ogni **tre anni** .

La revisione deve tenere conto di:

- cambiamenti dell'ambiente fisico;
- cambiamenti demografici;
- risorse di risposta disponibili;
- evoluzione tecnologica;
- risultati dell'esercizio.

[L]

Ciò crea un obbligo di pianificazione del ciclo di vita.

Un sito per un reattore nucleare, accettabile per la popolazione circostante odierna, potrebbe richiedere diverse soluzioni in seguito a decenni di sviluppo urbano.

7.41 Gli esercizi fanno parte del sistema di sicurezza

La legge italiana prevede verifiche periodiche:

- piani di emergenza;
- Strumenti di implementazione;
- flessibile.

Il Dipartimento della Protezione Civile e il Prefetto operano nell'ambito delle rispettive competenze.

Il programma di costruzione di un nuovo edificio dovrebbe quindi includere:

- esercitazioni al posto di comando;
- test di comunicazione;
- monitoraggio dell'implementazione;
- esercitazioni sul campo;
- test ospedalieri/del sistema sanitario;
- esercitazioni transfrontaliere, ove pertinenti.

La preparazione alle emergenze diventa una capacità operativa, non un semplice documento.

7.42 La protezione fisica è un sistema di sicurezza separato

La sicurezza nucleare chiede:

Come possiamo prevenire o mitigare guasti e incidenti?

La sicurezza nucleare chiede:

Come possiamo prevenire o mitigare gli atti dolosi?

L'Italia è vincolata dalla **Convenzione sulla protezione fisica del materiale nucleare** , compreso l'emendamento del 2005 ratificato dalla legge n. 58/2015.

Le normative nazionali richiedono inoltre piani di protezione fisica per il materiale e gli impianti nucleari.

L'architettura fondamentale di protezione fisica utilizza combinazioni di:

- rilevamento;
- ritardo;
- risposta;
- controllo degli accessi;
- controllo dei materiali;
- aree protette.

I dettagli relativi all'architettura di sicurezza dei singoli impianti devono rimanere riservati.

Questo rapporto, pertanto, non pubblica schemi tattici, dispiegamenti di guardie o vulnerabilità delle strutture.

7.43 La sicurezza deve essere progettata fin dall'inizio, non aggiunta dopo la costruzione delle opere civili.

Le dimensioni compatte di un SMR possono potenzialmente semplificare la sicurezza.

Ma i progetti modulari sollevano anche nuovi interrogativi:

- moduli reattore multipli;
- sale di controllo condivise;
- moduli fabbricati in fabbrica;
- trasporto di componenti nucleari;
- supporto digitale da remoto;
- potenzialmente più siti distribuiti.

L'AIEA pone sempre maggiore enfasi **sulla sicurezza fin dalla fase di progettazione** per i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR).

Per l'Italia, la sicurezza fisica dovrebbe quindi intervenire durante:

- selezione del sito;
- disposizione;
- progettazione edilizia;
- pianificazione degli accessi;
- logistica edile.

L'installazione di sistemi di sicurezza su un progetto industriale già completato comporterebbe costi e rischi inutili.

7.44 Un'area dismessa può creare vantaggi e svantaggi in termini di sicurezza

I siti industriali esistenti possono offrire:

- perimetro controllato;
- personale di sicurezza;
- accesso limitato;
- Esperienza nel settore portuale/logistico.

Ma gli impianti nelle vicinanze possono anche introdurre:

- materiali pericolosi;
- traffico stradale complesso;
- spedizione;
- oleodotti;
- accesso industriale condiviso;
- grandi gruppi di lavoratori temporanei.

Pertanto, un sito industriale dismesso a seguito di una miniera di carbone non è automaticamente più facile da mettere in sicurezza rispetto a un sito non edificato.

Gli studi sui rischi di origine antropica e sulle misure di protezione fisica devono essere integrati.

7.45 La sicurezza informatica diventa una questione di sicurezza nucleare

I reattori moderni utilizzano sistemi digitali per:

- strumentazione;
- controllare;
- monitoraggio;
- supporto alla sicurezza;
- sicurezza fisica;
- manutenzione;
- comunicazioni.

L'AIEA riconosce esplicitamente che la compromissione informatica dei sistemi di strumentazione e controllo digitali e dei sistemi associati può minacciare:

- sicurezza nucleare;
- sicurezza nucleare;
- protezione fisica.

La sicurezza informatica deve quindi riguardare più dei soli sistemi informatici d'ufficio.

Comprende i seguenti elementi rilevanti:

- reti di controllo degli impianti;
- sistemi di supporto alla sicurezza;
- sistemi di sicurezza fisica;
- sistemi di contabilità dei materiali;
- postazioni di lavoro per ingegneri;
- infrastruttura di manutenzione.

7.46 La sicurezza informatica nucleare richiede un'architettura a livelli e il controllo del ciclo di vita

Un programma credibile dovrebbe richiedere:

- difesa in profondità;
- zonizzazione di sicurezza;
- separazione rigorosa dei sistemi in base alla criticità;
- supporti rimovibili controllati;
- autenticazione/controllo degli accessi;
- registrazione/monitoraggio;
- gestione della configurazione;
- integrità del software;
- risposta agli incidenti.

L'architettura tecnica specifica dovrebbe rimanere confinata nella documentazione di sicurezza riservata, anziché essere divulgata pubblicamente.

Il principio fondamentale a livello governativo è che l'approvazione in materia di sicurezza informatica dovrebbe iniziare già in **fase di progettazione** , non dopo l'installazione.

7.47 Il rischio informatico del fornitore è particolarmente importante per un SMR importato

Il primo reattore italiano probabilmente utilizzerà una quantità considerevole di energia straniera:

- software;
- strumentazione;
- strumenti di ingegneria;
- supporto tecnico da remoto;
- sistemi di manutenzione proprietari.

La sovranità cibernetica dipende quindi in parte dai termini dei contratti di appalto.

Lo Stato dovrebbe richiedere chiarimenti su:

- proprietà del software;
- autorità di aggiornamento;
- divulgazione della vulnerabilità;
- gestione delle patch;
- accesso ai fornitori;
- sicurezza dei subappaltatori;
- supporto a lungo termine.

Un reattore i cui sistemi digitali, cruciali per la sicurezza, smettono di essere supportati vent'anni dopo la sua costruzione, crea una responsabilità di sicurezza a lungo termine.

7.48 NIS2 si applica insieme ai requisiti specifici per il settore nucleare

L'Italia ha recepito la direttiva europea NIS2 tramite **il decreto legislativo n. 138/2024** , entrato in vigore nell'ottobre 2024.

Il più ampio quadro europeo NIS2 impone obblighi di cybersicurezza ai settori essenziali, tra cui quello dell'elettricità, e comprende espressamente i produttori di energia elettrica interessati, inclusa la produzione nucleare.

Questo regime richiede controlli organizzativi che coprano aree quali:

- gestione del rischio;
- gestione degli incidenti;
- continuità operativa;
- sicurezza della catena di approvvigionamento.

Ma NIS2 non sostituisce la sicurezza informatica specifica per il settore nucleare.

La gerarchia corretta è:

Diritto informatico generale per le infrastrutture critiche + requisiti di sicurezza specifici per il settore nucleare.

7.49 Sicurezza e protezione possono entrare in conflitto se l'architettura è progettata male

La sicurezza informatica può favorire:

- isolamento;
- connettività limitata.

La sicurezza operativa potrebbe richiedere:

- disponibilità delle informazioni;
- accesso diagnostico;
- comunicazioni.

La sicurezza fisica può limitare:

- movimento;
- accesso.

La risposta alle emergenze potrebbe richiedere:

- ingresso rapido;
- evacuazione.

Questi obiettivi devono pertanto essere integrati.

Un reattore sicuro non dovrebbe diventare pericoloso perché le misure di sicurezza impediscono l'adozione delle misure di sicurezza necessarie.

Un reattore sicuro non dovrebbe diventare vulnerabile a causa di accessi di emergenza o di manutenzione che aggirano i controlli di sicurezza.

7.50 La minaccia interna deve essere inclusa

La sicurezza nucleare non può concentrarsi esclusivamente sugli aggressori esterni.

I dipendenti e i collaboratori esterni possono possedere:

- accesso autorizzato;
- conoscenze ingegneristiche;
- credenziali.

Pertanto, i programmi di sicurezza richiedono misure che comprendano:

- affidabilità del personale;
- minimizzazione degli accessi;
- separazione dei compiti;
- monitoraggio;
- controllo dei fornitori.

Questo problema assume particolare importanza durante la fase di costruzione, quando migliaia di lavoratori temporanei possono accedere al cantiere.

7.51 La sicurezza della costruzione inizia prima dell'arrivo del combustibile nucleare

Un reattore diventa un elemento sensibile per la sicurezza ancor prima dell'immissione del primo combustibile.

La fase di costruzione prevede:

- attrezzature legate alla sicurezza;
- sistemi digitali;
- design proprietari;
- componenti della catena di approvvigionamento.

Componenti contraffatti, modifiche dolose o software compromesso introdotti durante la produzione possono sopravvivere fino al funzionamento.

Pertanto, la garanzia della sicurezza dovrebbe estendersi attraverso:

fabbrica → trasporto → installazione in loco → collaudo → funzionamento.

7.52 L'attuale responsabilità nucleare dell'Italia è rigorosa e incanalata verso l'operatore

Il quadro normativo della Convenzione di Parigi stabilisce il principio distintivo in materia di responsabilità nucleare, secondo il quale la responsabilità per i danni nucleari coperti dalla garanzia ricade generalmente sul gestore dell'impianto nucleare.

Il regime si basa su:

- responsabilità oggettiva;
- principi di esclusiva/canalizzazione;
- garanzia finanziaria obbligatoria;
- norme giurisdizionali.

Ciò evita che le vittime debbano dimostrare la negligenza di più appaltatori.

Ciò significa anche che l'operatore autorizzato deve avere una struttura finanziaria tale da poter rispettare il regime di responsabilità previsto dalla legge.

7.53 L'Italia attualmente utilizza un importo di responsabilità generale dell'operatore pari a 700 milioni di euro

L'Italia ha attuato il regime di Parigi/Bruxelles modificato attraverso una legislazione nazionale.

Per gli impianti nucleari ordinari coperti da assicurazione, l'importo generale della responsabilità del gestore in Italia è di **700 milioni di euro per incidente nucleare** .

Il regime internazionale modificato, entrato in vigore il **1° gennaio 2022,** ha aumentato significativamente i risarcimenti.

Il Ministero degli Affari Esteri italiano descrive la struttura generale come segue:

- almeno **700 milioni di euro** di copertura assicurativa per operatori ai sensi della Convenzione di Parigi;
- finanziamenti supplementari pubblici/internazionali ai sensi della Convenzione di Bruxelles;
- Struttura complessiva di compensazione garantita che raggiunge almeno **1,5 miliardi di euro** .

[L/G]

7.54 Per le attività a basso rischio sono previsti importi di responsabilità inferiori.

Il quadro normativo rivisto consente importi inferiori per determinate categorie.

Il Ministero degli Affari Esteri italiano registra minimi di circa:

- **70 milioni di euro** per alcuni impianti a basso rischio;
- **80 milioni di euro** per il trasporto di materiale nucleare.

[G]

Questi valori più bassi sono rilevanti per l'attuale panorama italiano di:

- strutture di ricerca;
- smantellamento;
- deposito temporaneo;
- trasporto.

Non dovrebbero essere utilizzati come parametri di riferimento per la futura responsabilità di un reattore nucleare commerciale in esercizio.

7.55 La “responsabilità illimitata dell’operatore” non è l’attuale linea di base italiana

Alcuni Stati membri della Convenzione di Parigi impongono agli operatori una responsabilità che va oltre i minimi previsti dal trattato, arrivando a includere una responsabilità illimitata ai sensi della legislazione nazionale.

L'attuale architettura generale italiana utilizza invece il livello statutario di 700 milioni di euro.

Pertanto, i documenti governativi non dovrebbero affermare che gli operatori nucleari italiani sono già soggetti a responsabilità illimitata.

Se il governo decidesse che una futura flotta di nuove costruzioni giustifichi un importo maggiore o illimitato, ciò richiederebbe un cambiamento legislativo/politico deliberato.

Questa decisione dovrebbe essere presa **prima che** il primo progetto raggiunga la chiusura finanziaria, poiché la struttura delle responsabilità influisce su:

- assicurazione;
- finanziamento del progetto;
- capitalizzazione dell'operatore.

7.56 La responsabilità nucleare non è la stessa cosa dell'assicurazione ordinaria degli impianti.

La responsabilità nucleare di terzi copre una specifica classe di danni nucleari nell'ambito del regime internazionale/nazionale.

Un progetto di reattore richiede anche un'assicurazione commerciale o un'allocazione del rischio per altre esposizioni quali:

- danni alla struttura;
- guasto ai macchinari;
- proprietà;
- interruzione dell'attività;
- ritardo all'avvio;
- responsabilità del datore di lavoro

Tali rischi non scompaiono con l'esistenza della Convenzione di Parigi.

Il pacchetto assicurativo completo comprende quindi diversi livelli distinti.

7.57 La capacità del mercato assicurativo deve essere testata prima della chiusura finanziaria

L'assicurazione di responsabilità civile nucleare è specializzata.

Un programma volto a realizzare diversi nuovi reattori dovrebbe stabilire:

- capacità della piscina domestica;
- Riassicurazione internazionale;
- esclusioni;
- interazione cibernetica-nucleare;
- Trattamento antiterrorismo/sicurezza;
- copertura durante il periodo di costruzione.

Qualora la capacità commerciale sia insufficiente, allo Stato potrebbe essere richiesto di assumersi il rischio residuo.

Ciò creerebbe una potenziale responsabilità pubblica e dovrebbe essere visibile nella valutazione del progetto da parte del MEF, anziché emergere dopo l'aggiudicazione.

[U]

7.58 I fondi di responsabilità e i fondi per lo smantellamento sono obbligazioni finanziarie diverse

I fondi del ciclo di vita del Capitolo 6 coprono:

- combustibile esaurito;
- sciupare;
- smantellamento.

L'assicurazione di responsabilità civile nucleare copre i danni derivanti da un incidente nucleare.

L'uno non può sostituire l'altro.

L'operatore ha quindi bisogno di entrambi:

finanziamento del ciclo di vita

E

incidente di sicurezza finanziaria.

7.59 La notifica ambientale transfrontaliera è un requisito reale del progetto

Gli impatti nucleari non si fermano ai confini amministrativi.

La **Convenzione di Espoo** considera le centrali nucleari e i reattori come progetti che possono richiedere una valutazione di impatto ambientale transfrontaliera qualora si possano verificare effetti negativi significativi in un altro Stato parte.

Lo Stato di origine deve notificare agli Stati potenzialmente interessati un preavviso sufficiente per consentire una partecipazione significativa.

Analogamente, l'articolo 7 della direttiva UE sulla valutazione di impatto ambientale (VIA) impone a uno Stato membro di fornire informazioni sul progetto e sull'ambiente a un altro Stato membro qualora siano probabili effetti transfrontalieri significativi o qualora lo Stato interessato richieda la partecipazione. **[L]**

Per l'Italia, ciò può coinvolgere gli stati confinanti a seconda di:

- sito;
- via di rilascio;
- spartiacque;
- meteorologia;
- distanza.

7.60 La consultazione transfrontaliera si basa sull'impatto, non su un diritto di veto universale dei quattro paesi.

Il documento di incarico individua:

- Francia;
- Svizzera;
- Slovenia;
- Austria.

Si tratta di stati confinanti rilevanti.

Ma il requisito legale non dovrebbe essere semplificato a:

“Ogni reattore italiano necessita dell’approvazione di tutte e quattro.”

Ciò è errato.

La procedura transfrontaliera dipende dai potenziali effetti significativi e dallo strumento giuridico applicabile.

Una località situata nel nord o nel nord-est Italia potrebbe offrire maggiori motivazioni per la partecipazione diretta dei paesi limitrofi rispetto a una località nel sud Italia.

Lo Stato interessato ha diritto di consultazione e di partecipazione.

Non acquisisce automaticamente il diritto di veto sulle decisioni energetiche sovrane dell'Italia.

7.61 Francia, Slovenia e Austria si avvalgono direttamente del diritto ambientale dell'UE

Francia, Slovenia e Austria sono Stati membri dell'UE.

Ove pertinente, un progetto può coinvolgere:

- Direttiva VIA, articolo 7;
- Procedure Euratom;
- Cooperazione dell'UE in materia di emergenze radiologiche.

Un futuro progetto italiano sufficientemente vicino da poter generare effetti transfrontalieri credibili dovrebbe coinvolgere queste autorità fin dalle prime fasi, anziché attendere una notifica formale in fase avanzata.

Una consultazione tardiva comporta un prevedibile rischio di contenzioso e di natura diplomatica.

7.62 La Svizzera richiede un percorso legale diverso

La Svizzera non è uno Stato membro dell'UE.

Rimane rilevante grazie a:

- Espoo;
- cooperazione bilaterale/internazionale;
- Convenzioni di emergenza dell'AIEA;
- Disposizioni interne italiane in materia di emergenza transfrontaliera.

Pertanto, un reattore dell'Italia settentrionale non può semplicemente presumere che la procedura UE concepita per la Francia o l'Austria esaurisca i requisiti di consultazione svizzera.

7.63 L'articolo 37 di Euratom crea una revisione separata da parte della Commissione

Ai sensi **dell'articolo 37 del Trattato Euratom** , gli Stati membri forniscono alla Commissione europea dati generali sui piani per lo smaltimento dei rifiuti radioattivi qualora la loro attuazione possa causare la contaminazione radioattiva di un altro Stato membro:

- acqua;
- suolo;
- spazio aereo.

La Commissione, dopo aver consultato il proprio gruppo di esperti, emette quindi un parere.

Questo non è identico a una valutazione di impatto ambientale (VIA).

Si tratta di un meccanismo di revisione radiologica transfrontaliera.

L'Italia ha già utilizzato questa procedura per attività nucleari, tra cui lo smantellamento di siti preesistenti.

Un futuro programma di reattori deve quindi includere l'articolo 37 nel suo percorso critico normativo, anziché scoprirlo dopo l'autorizzazione nazionale. **[L]**

7.64 La pianificazione delle emergenze deve tenere conto degli effetti in altri stati.

La legge italiana è esplicita.

L'articolo 189 del decreto legislativo 101/2020 richiede che la pianificazione delle emergenze tenga conto delle conseguenze che potrebbero interessare altri Stati, compresi gli Stati extra-UE.

Richiede che il Dipartimento della Protezione Civile e l'ISIN, insieme al Ministero degli Esteri, cooperino con gli Stati membri dell'UE potenzialmente interessati e con i paesi terzi per agevolare le misure di radioprotezione e coordinare i piani di emergenza. **[L]**

Ciò crea un obbligo legale nazionale diretto che va oltre la fase di autorizzazione ambientale.

7.65 La notifica transfrontaliera dovrebbe essere trattata come pianificazione della resilienza, non come formalità diplomatica.

Un incidente grave potrebbe richiedere agli stati confinanti di prendere in considerazione:

- controlli alimentari;
- restrizioni agricole;
- monitoraggio;
- Politica sulla profilassi con iodio;
- informazioni di viaggio.

Un coordinamento tempestivo migliora la risposta anche laddove la probabilità di un evento del genere sia estremamente bassa.

Per un sito situato nel nord Italia, esercitazioni congiunte e scambio di dati di monitoraggio potrebbero quindi risultare utili a prescindere dai requisiti legali minimi.

7.66 La sicurezza dell'alimentazione elettrica esterna deve essere inclusa sia nell'analisi della sicurezza della rete elettrica che in quella della sicurezza nucleare.

Un reattore fornisce elettricità alla rete.

Dipende inoltre dalla rete elettrica per importanti funzioni operative e di sicurezza.

La perdita di alimentazione elettrica esterna rappresenta pertanto uno scenario di sicurezza.

Il sito deve possedere solide capacità alternative attraverso combinazioni di:

- connessioni di rete ridondanti;
- generatori di emergenza;
- batterie;
- sistemi passivi.

Un sito dotato di un robusto nodo a 380 kV è prezioso non solo per l'esportazione di energia prodotta, ma anche perché può supportare una solida architettura di alimentazione esterna.

La progettazione dettagliata rimane specifica per ciascun reattore.

7.67 Non si deve presumere che le centrali nucleari ordinarie possano avere un riavvio a freddo.

La maggior parte dei reattori convenzionali non viene generalmente considerata una risorsa nazionale primaria per l'avvio a freddo, poiché richiede sistemi ausiliari considerevoli durante la fase di avviamento.

Alcuni progetti futuri potrebbero offrire funzionalità diverse.

A meno che non sia specificamente dimostrato e autorizzato, l'Italia non dovrebbe considerare un SMR come una risorsa di avvio a freddo solo perché è di piccole dimensioni.

La pianificazione di un avvio a freddo dovrebbe rimanere appannaggio di risorse tecnicamente qualificate per tale servizio.

7.68 La resilienza informatica della connessione alla rete è importante quanto l'isola del reattore.

Un impianto può avere un sistema di strumentazione e controllo interno altamente protetto, ma dipendere comunque da:

- Terna Communication;
- sistemi di dispaccio;
- misurazione;
- protezione della rete;
- sistemi di mercato.

La resilienza informatica, pertanto, trascende i confini organizzativi tra:

- operatore;
- Terna;
- venditori;
- fornitori di servizi di telecomunicazione;
- regolatore.

L'interfaccia deve essere considerata un'infrastruttura critica.

7.69 L'adattamento climatico fisico dovrebbe essere integrato nella progettazione iniziale, non aggiunto in un secondo momento.

Per un impianto con una vita utile prevista di 60 anni, le misure di adattamento possono includere:

barriere antialluvione più alte;
attrezzature di sicurezza elevate;
raffreddamento diversificato;
margini di dissipazione del calore più ampi;
prese d'acqua protette;
gestione degli incendi boschivi;
qualificazione per temperature estreme.
In genere, integrare queste misure durante la fase di progettazione iniziale è meno problematico che installarle decenni dopo.

L'ente regolatore dovrebbe pertanto richiedere proiezioni dei rischi per l'intera durata di vita del prodotto, anziché istantanee dei rischi attuali.

7.70 Il valore del sistema e il valore ambientale devono essere modellati insieme

Lo stesso attributo del reattore può avere conseguenze opposte.

sito costiero

Vantaggi per il sistema/l'ambiente: dissipatore di calore affidabile, rete potenzialmente robusta e porta industriale.

Rischi: ecologia marina, tsunami, innalzamento del livello del mare.

Sito interno

Vantaggio: potenziale maggiore facilità di separazione tra sicurezza portuale e rischio tsunami e minore esposizione agli tsunami.

Rischi: scarsità di acqua dolce e limitazioni dovute al calore dei fiumi.

Sito multi-modulo

Vantaggio: capacità differenziata e viaggi più brevi per singola unità.

Rischio: pericoli correlati di causa comune e sistemi condivisi.

Cogenerazione industriale

Vantaggio: maggiore utilizzo dell'energia.

Rischio: pericoli esterni di natura industriale.

Una decisione importante relativa al sito/alla tecnologia non può quindi ottimizzare una singola variabile in modo indipendente.

7.71 Indicatori chiave di prestazione (KPI) del sistema di valutazione della Corte dei conti

Il programma futuro dovrebbe monitorare indicatori quantitativi tra cui:

KPI	Scopo
Fattore di disponibilità equivalente nucleare	Affidabilità operativa reale
Tasso di interruzione forzata	Contributo adeguato
Ore di declassamento dovute a condizioni climatiche	Resistenza al calore/all'acqua
Sovrapposizione dell'interruzione programmata con lo stress del sistema	Pianificazione della capacità
La maggiore perdita di alimentazione credibile	Requisiti di riserva
Capacità di potenza reattiva	Supporto griglia
Prelievo idrico per MWh	Impatto dell'acqua
Consumo di acqua per MWh	Impatto della siccità
Eventi di superamento della scarica termica	Conformità ambientale
Incidenti informatici significativi per la sicurezza	resilienza informatica
Eventi di sicurezza fisica da segnalare	Sicurezza
Risultati dell'esercitazione sul piano di emergenza chiusi	Preparazione
Assicurazione di responsabilità civile/copertura di sicurezza finanziaria	Protezione fiscale/legale
Azioni transfrontaliere completate nei tempi previsti	Esecuzione regolamentare

Questi indicatori dovrebbero essere verificabili e pubblicati a un livello appropriato, senza rivelare dettagli sensibili relativi alla sicurezza.

7.72 Requisiti minimi di progettazione integrata per un FOAK italiano

Prima di autorizzare la costruzione, lo Stato dovrebbe richiedere la dimostrazione di:

Griglia

- Accordo di connessione Terna;
- studi di stabilità;
- Conformità N-1;
- analisi della perdita di alimentazione;
- implicazioni sulle riserve.

Acqua

- bilancio idrico di raffreddamento durante l'intero ciclo di vita;
- caso di siccità;
- caso di temperature estreme;
- custodia alternativa per dissipatore di calore.

Clima

- calore futuro;
- alluvione;
- siccità;
- livello del mare, ove pertinente;
- rischi complessi.

sismico

- analisi di rischio psicosociale specifica per il sito;
- revisione della capacità di errore;
- liquefazione;
- rischi secondari.

Sicurezza nucleare

- analisi deterministica della sicurezza;
- valutazione probabilistica della sicurezza;
- analisi degli incidenti gravi;
- termine di origine;
- difesa in profondità.

Emergenza

- base per la pianificazione esterna delle emergenze;
- capacità di intervento territoriale;
- programma di esercizi.

Sicurezza

- protezione fisica;
- sicurezza informatica;
- sicurezza della catena di approvvigionamento.

Responsabilità

- sicurezza finanziaria dell'operatore;
- architettura assicurativa;
- Conformità alle normative di Parigi/Bruxelles.

Internazionale

- Consultazione con Espoo/EIA ove necessario;
- Articolo 37 dell'Euratom;
- coordinamento delle emergenze.

Il fallimento in un ambito non può essere compensato dall'eccellenza in un altro.

7.73 Differenze di impatto principali per famiglia di reattori

Tecnologia	Vantaggio del sistema	Problema ambientale/di sicurezza che richiede particolare attenzione
BWRX-300	~300 MWe di generazione modulare affidabile; impianto sincrono	Raffreddamento LWR, modello operativo BWR, termine sorgente specifico del sito
Holtec SMR-300	Architettura PWR, opzione di raffreddamento a secco promossa	Prestazioni del sistema di raffreddamento a secco alle temperature estreme italiane; dati FOAK
AP300	PWR sincrono derivato da AP1000	Prima dimostrazione di progettazione nel suo genere, configurazione acqua/raffreddamento
NUWARD	Reattori PWR europei, concetto di cogenerazione	Il progetto è ancora in fase di sviluppo; raffreddamento del sito e termine di fornitura finale
Rolls-Royce SMR	Unità fissa da 470 MWe	Requisiti di raffreddamento/contingenza singola superiori rispetto ai progetti da ~300 MWe
NuScale	Piccoli moduli indipendenti da 77 MWe	Rischio di modo comune multi-modulo; inventario totale del sito
Xe-100	80 moduli MWe; calore ad alta temperatura	Modello TRISO/grafite per emergenze/rifiuti; sicurezza HALEU
Nazio	Accumulo termico; aumento di potenza programmabile	Chimica della combustione del sodio, HALEU, caso di emergenza del reattore avanzato
newcleo LFR	Sistema di cavi a bassa pressione; calore industriale	Qualifica di piombo/materiale/combustibile e termine di fornitura iniziale
EAGLES-300	sistema avanzato collegato all'Italia	Livello di maturità della dimostrazione/licenza prima che le ipotesi di emergenza possano essere convalidate

Nessuna voce nella tabella rappresenta un giudizio definitivo sulla sicurezza.

7.74 La “sicurezza passiva” deve essere verificata secondo i rischi esterni previsti dalla normativa italiana.

I sistemi passivi possono fornire un'importante resilienza perché possono basarsi su:

- gravità;
- circolazione naturale;
- acqua immagazzinata;
- convezione;
- differenze di pressione.

Ciò può ridurre la dipendenza da:

- pompe azionate;
- azione dell'operatore;
- elettricità esterna.

Ma le prestazioni passive dipendono dalle condizioni fisiche.

Deve essere dimostrato in base a:

- temperatura ambiente estrema;
- allagamento;
- movimento sismico;
- ostruzione;
- eventi multi-unità.

La domanda regolamentare corretta non è quindi:

“Il reattore è passivo?”

È:

“Le funzioni passive rimangono disponibili per l'intero periodo di adattamento richiesto, tenendo conto dei rischi esterni che delimitano il sito italiano?”

7.75 Un primo reattore non dovrebbe ricevere una pianificazione di emergenza ridotta solo per favorire le politiche di localizzazione.

Una zona economica speciale più piccola può migliorare significativamente:

- opzioni di ubicazione;
- accettazione da parte del pubblico;
- logistica di emergenza.

Ciò crea un incentivo a presumere conseguenze favorevoli in caso di incidente.

L'autorità di regolamentazione deve opporsi a tale sequenza.

L'ordine corretto è:

analisi della sicurezza progettuale → termine sorgente → analisi della dose → determinazione della zona di emissione

non:

sito desiderato → zona di esproprio politicamente accettabile → analisi di sicurezza adeguata di conseguenza.

In questo contesto, l'indipendenza degli organismi di regolamentazione riveste un'importanza particolare.

7.76 La classificazione di sicurezza non deve diventare una scusa per l'insufficienza di prove pubbliche

Alcune informazioni sulle piante devono giustamente rimanere riservate.

Ciò include informazioni tattiche sulla protezione fisica e un'architettura informatica dettagliata.

Tuttavia, la classificazione di sicurezza non dovrebbe impedire la divulgazione pubblica di:

- Base di sicurezza di alto livello;
- pianificazione delle emergenze;
- impatto ambientale;
- Risultati delle normative;
- categorie di incidenti;
- stato di conformità.

Un processo democratico di individuazione dei siti richiede informazioni sufficienti per un esame pubblico significativo, senza tuttavia rivelare vulnerabilità sfruttabili.

7.77 La resilienza climatica dovrebbe essere inclusa nella due diligence finanziaria

Un impianto che subisce regolarmente danni a causa dell'acqua calda o della siccità genera minori ricavi.

Pertanto, l'adattamento climatico non è solo una questione di sicurezza/ambientale.

Colpisce:

- fattore di capacità;
- Volume CfD;
- servizio del debito;
- economia del progetto.

Gli istituti di credito dovrebbero ricevere:

- Scenari di produzione corretti per il clima;
- casi di stress da acqua di raffreddamento;
- adattamento CAPEX.

Altrimenti, i modelli finanziari potrebbero sovrastimare sistematicamente la disponibilità degli impianti.

7.78 La co-locazione dei data center non dovrebbe ricevere un trattamento privilegiato in assenza di prove di sistema

I data center potrebbero diventare clienti di riferimento di grande valore.

Ma un accordo bilaterale privato non dovrebbe essere consentito per generare costi sproporzionati per la rete elettrica nazionale.

Il governo/ARERA/Terna dovrebbe stabilire:

- chi paga il rinforzo della connessione;
- se la capacità nucleare è dedicata o condivisa;
- come vengono coperte le interruzioni di servizio;
- se il carico co-localizzato partecipa alla gestione della domanda;

- se gli utenti della rete elettrica sovvenzionano le infrastrutture private.

Una strategia per un data center nucleare dovrebbe pertanto essere valutata come una **transazione di sistema** , non solo come un contratto di acquisto di energia a fini commerciali.

7.79 La co-localizzazione dell'idrogeno richiede una valutazione degli impianti pericolosi

L'idrogeno introduce:

- infiammabilità;
- esplosione;
- magazzinaggio;
- Rischi legati agli oleodotti.

Pertanto, qualsiasi elettrolizzatore o impianto industriale di produzione di idrogeno adiacente a un reattore deve essere incluso nell'analisi di sicurezza nucleare in caso di eventi esterni.

Il vantaggio economico derivante dalla vicinanza fisica deve essere bilanciato con l'esigenza di mantenere una sufficiente separazione fisica e protezione.

7.80 La sicurezza dei clienti del calore è importante per le operazioni nucleari

Un reattore che fornisce vapore a un cliente industriale crea interdipendenza.

Se l'impianto industriale si arresta improvvisamente, il reattore deve dissipare o reindirizzare il calore in modo sicuro.

Pertanto, i progetti di cogenerazione richiedono:

- sistemi di bypass;
- dissipazione del calore alternativa;
- accordi contrattuali/di spedizione.

La sicurezza nucleare non può dipendere dalla disponibilità continua del fabbisogno di calore del cliente industriale.

7.81 Il nuovo nucleare dovrebbe essere valutato negli stessi anni climatici delle energie rinnovabili

Terna utilizza già più anni climatici nella modellazione dell'adeguatezza.

Un futuro studio sul sistema nucleare dovrebbe utilizzare gli **stessi scenari climatici** per:

- Produzione da fonti rinnovabili;
- idroelettrico;
- richiesta;
- declassamento della temperatura/acqua nucleare.

Altrimenti l'analisi risulterebbe internamente incoerente.

Ad esempio, un anno caratterizzato da un clima estremamente caldo e secco può contemporaneamente:

- ridurre l'idro;
- aumento della richiesta di raffreddamento;
- aumentare la domanda di elettricità;
- portata inferiore del fiume;
- limitare il raffreddamento termico.

Le correlazioni climatiche sono importanti.

7.82 Non si dovrebbe presumere che la disponibilità nucleare sia indipendente dal clima

I modelli tradizionali di adeguatezza delle risorse a volte trattano le interruzioni forzate in modo statisticamente indipendente dalle condizioni meteorologiche.

Per una flotta italiana, questa ipotesi dovrebbe essere verificata.

Le possibili correlazioni meteorologiche includono:

- riscaldamento → raffreddamento declassamento;
- siccità → restrizioni fluviali;
- alluvione → problema di sito plurifamiliare;
- Incendio boschivo → interruzione della rete elettrica.

Un futuro modello di adeguatezza dovrebbe includere queste correlazioni laddove le evidenze le supportino.

7.83 La diversificazione multisito ha valore

Una flotta futura da 8-16 GW concentrata in pochi siti potrebbe trovarsi ad affrontare problematiche correlate:

- sismico;
- alluvione;
- trasmissione;
- griglia regionale;

rischi.

La distribuzione dei moduli in siti geograficamente distinti può migliorare la resilienza.

Ma la diversificazione aumenta:

- carico di lavoro relativo alle licenze;
- perimetri di sicurezza;
- personale operativo;
- consultazione locale;
- mobilitazione per la costruzione.

Pertanto, l'architettura ottimale della flotta rappresenta un compromesso tra:

economie di replicazione del sito

E

Diversificazione geografica del rischio.

7.84 L'onere della sicurezza aumenta anche in proporzione al numero di siti

Venti moduli da 300 MWe situati presso:

- cinque siti da quattro moduli

creare un sistema di sicurezza diverso da:

- venti siti a modulo singolo.

Quest'ultimo può migliorare la diversificazione geografica ma aumenta drasticamente:

- perimetri protetti;
- personale di sicurezza;

- organizzazioni di emergenza;
- interfaccia con le autorità locali.

Questo è un altro motivo per cui "20 SMR" non rappresenta un piano nazionale completo.

La configurazione è importante.

7.85 I reattori di piccole dimensioni non implicano automaticamente costi di sicurezza ridotti.

Molti costi di sicurezza sono in parte fissi per ogni sito:

- accesso protetto;
- monitoraggio;
- risposta;
- operazioni informatiche;
- organizzazione di emergenza.

Pertanto, un singolo reattore di piccole dimensioni può sostenere un costo di sicurezza per MWh superiore rispetto a un sito con più unità.

Questo aspetto dovrebbe essere incluso nei confronti economici.

7.86 Anche le assicurazioni potrebbero favorire la standardizzazione delle flotte

Le compagnie assicurative e i consorzi nucleari ottengono maggiore fiducia laddove:

- I progetti sono standardizzati;
- L'esperienza operativa si accumula;
- Esistono dati comuni sui sinistri.

Una flotta italiana eterogenea, composta da diverse tecnologie FOAK, sarebbe più difficile da valutare rispetto a un progetto replicato con comprovata esperienza operativa a livello internazionale.

L'assicurazione è quindi un altro vantaggio della standardizzazione spesso sottovalutato.

7.87 Le relazioni transfrontaliere dovrebbero iniziare prima della notifica formale

Per i siti in grado di influenzare gli stati limitrofi, l'Italia dovrebbe creare tempestivamente canali tecnici con:

- Autorità/enti regolatori francesi;
- Autorità svizzere;
- Autorità slovene;
- Autorità austriache.

I possibili argomenti includono:

- monitoraggio;
- comunicazioni di emergenza;
- modellazione di incidenti gravi;
- esercizi.

Ciò non comporta il trasferimento della sovranità italiana in materia di licenze.

Riduce i conflitti nelle fasi avanzate.

7.88 La notifica internazionale può diventare un rischio di ritardo se avviata troppo tardi

Un progetto che completa la propria valutazione ambientale nazionale e solo successivamente avvia la consultazione transfrontaliera presenta i seguenti rischi:

- richieste di informazioni aggiuntive;
- alternative riaperte;
- udienze pubbliche all'estero;
- ritardo nella programmazione.

Pertanto, il programma del progetto dovrebbe includere un flusso di lavoro transfrontaliero dedicato fin dalla fase di definizione dell'ambito.

7.89 Registro dei rischi di sistema/ambiente/sicurezza

Rischio	Conseguenza	Gravità prima delle misure di mitigazione
Capacità nucleare accreditata al valore nominale	Rischio di adeguatezza sottovalutato	ALTO
Concentrazione eccessiva in un nodo della griglia	Interruzione di modalità comune di maggiore entità	ALTO
Ipotesi sull'acqua di raffreddamento basata sul clima storico	Sfida futura in termini di declassamento/sicurezza	CRITICO

Il raffreddamento a secco è considerato neutro in termini di prestazioni.	Perdita di costi/produzione sottovalutata	MEDIO/ALTO
Il sito è stato selezionato esclusivamente in base alla classificazione sismica civile.	Basi inadeguate per la sicurezza nucleare	CRITICO
Si presume che l'EPZ sia assente perché il reattore è un SMR.	Mancato rispetto delle normative/della sicurezza	CRITICO
L'attuale piano nazionale per incidenti all'estero è trattato come un piano per impianti nazionali.	Lacuna nella preparazione alle emergenze	CRITICO
Sicurezza fisica aggiunta in ritardo	Riprogettazione/costi/esposizione alla sicurezza	ALTO
La sicurezza informatica è trattata come una normale informatica.	Esposizione alla sicurezza/protezione nucleare	CRITICO
Dipendenza digitale del fornitore importato non gestita	Blocco del fornitore/cibernetica durante l'intero ciclo di vita	ALTO
Responsabilità illimitata assunta per 700 milioni di euro	Modellazione fiscale/legale errata	ALTO
Capacità assicurativa verificata dopo l'appalto	responsabilità contingente statale	ALTO
La consultazione transfrontaliera è stata rinviata.	Ritardo nell'autorizzazione/contenzioso	MEDIO/ALTO

7.90 Fasi decisionali prima dell'autorizzazione alla prima costruzione

Porta S1 — Adeguatezza della griglia

Terna deve certificare l'architettura di connessione e modellare il reattore nell'ambito di studi probabilistici di adeguatezza nazionale.

Cancello S2 — Raffreddamento

Il progetto deve dimostrare un'adeguata dissipazione del calore, sia in condizioni normali che di sicurezza, in base agli scenari climatici previsti per l'intero ciclo di vita.

Porta S3 — Rischi sismici/esterni

L'analisi del rischio nucleare specifica per il sito deve essere approvata dall'ente regolatore della sicurezza.

Porta S4 — Termine sorgente

Il progetto deve fornire un'analisi degli incidenti gravi/delle cause scatenanti conforme alle normative vigenti.

Porta S5 — Pianificazione delle emergenze

Le basi per la pianificazione esterna delle emergenze devono essere dimostrabilmente attuabili.

Cancello S6 — Sicurezza fisica

La sicurezza deve essere integrata fin dalla fase di progettazione, prima della definizione del layout finale.

Gate S7 — Cyber

Il piano di sicurezza informatica nucleare per l'intero ciclo di vita e gli obblighi dei fornitori devono essere approvati.

Cancello S8 — Responsabilità

La sicurezza finanziaria e assicurativa dell'operatore devono essere conformi ai requisiti italiani, parigini e di Bruxelles.

Porta S9 — Procedura transfrontaliera

Le procedure di Espoo/VIA/Euratom devono essere attivate ove applicabile.

Nessun progetto dovrebbe passare alla fase di costruzione irreversibile solo perché ha avuto successo dal punto di vista energetico-economico, pur non superando queste prove.

7,91 Valutazione complessiva

L'argomento più convincente a favore del nucleare in Italia non è la sua capacità di sostituire le energie rinnovabili.

Ciò significa che un sistema elettrico italiano ad alta quota di energie rinnovabili richiederà comunque quantità significative di **capacità affidabile e diversificata in base alle condizioni meteorologiche, nonché di servizi di sistema** .

La modellazione di adeguatezza di Terna dimostra la portata della sfida quando grandi quantità di generazione convenzionale programmabile vengono dismesse senza un'adeguata sostituzione. In base a ipotesi estreme di dismissione economica, le condizioni di perdita di carico previste aumentano drasticamente entro il 2030-2035. **[G]**

Una flotta nucleare potrebbe ridurre tale esposizione.

Ma il suo contributo deve essere confrontato con altre risorse fisse/flessibili e calcolato in modo probabilistico, anziché essere accreditato automaticamente in base alla produzione nominale.

Il vincolo ambientale più importante è rappresentato **dall'acqua e dal clima** .

La vecchia geografia nucleare italiana è stata selezionata in base a un diverso scenario climatico di riferimento.

Un reattore operativo dalla fine degli anni 2030 verso la fine del secolo deve invece essere progettato per:

- aria più calda;
- acqua più calda;
- siccità;
- variazione dei flussi di Po;
- precipitazioni estreme;
- alluvione;
- innalzamento del livello del mare nelle zone costiere.

Il raffreddamento a secco può ridurre significativamente la dipendenza dall'acqua dolce, ma comporta costi e prestazioni inferiori. Il raffreddamento costiero riduce la competizione per l'acqua dolce, aumentando al contempo l'importanza di fenomeni come tsunami, mareggiate, ecologia marina e variazioni del livello del mare.

Il principio di sicurezza più importante è altrettanto chiaro.

Il quadro giuridico italiano richiede già che un nuovo reattore minimizzi il rischio di pericoli esterni estremi, applichi una difesa in profondità ed eviti rilasci accidentali le cui conseguenze protettive diventino illimitate nel tempo o nello spazio. **[L]**

Le caratteristiche SMR possono migliorare il termine sorgente dell'incidente.

Non costituiscono un'esenzione legale.

La pianificazione delle emergenze rimane obbligatoria e deve derivare dalla progettazione e dal sito. L'attuale architettura nazionale per le emergenze radiologiche fornisce all'Italia una base istituzionale, ma un reattore nazionale richiede un nuovo piano di emergenza esterno specifico per il sito, che coinvolga il Prefetto, l'ISIN/futuro ente regolatore, la Regione, i comuni, i servizi sanitari, i servizi di emergenza e le autorità ambientali. **[L]**

Allo stesso modo, la sicurezza fisica e informatica non possono essere aggiunte dopo la selezione della tecnologia. Le piattaforme di reattori digitali importate, l'assistenza remota dei fornitori, la manutenzione a lungo termine del software e le complesse catene di approvvigionamento internazionali rendono la sovranità cibernetica una questione di sicurezza nucleare, oltre che una questione generale di sicurezza informatica.

Anche la responsabilità deve essere indicata con precisione.

L'Italia opera attualmente nell'ambito del sistema Parigi/Bruxelles modificato e applica un **livello generale di responsabilità degli operatori pari a 700 milioni di euro** , integrato da meccanismi di compensazione pubblici/internazionali che portano la struttura garantita dalla convenzione ad almeno circa **1,5 miliardi di euro** . L'Italia non applica attualmente una regola universale di responsabilità illimitata agli operatori nucleari. **[L/G]**

Prima di concedere nuovamente la licenza ai reattori commerciali attivi, lo Stato dovrebbe stabilire se tale assetto rimanga appropriato per:

- SMR;
- Siti multi-modulo;
- reattori avanzati;
- scala futura della flotta.

Infine, un nuovo programma nucleare italiano avrà conseguenze internazionali, sebbene la politica energetica rimanga sovrana.

A seconda del sito e della valutazione d'impatto, l'Italia potrebbe essere tenuta a effettuare consultazioni ambientali formali con gli stati confinanti. L'articolo 37 di Euratom richiede la revisione da parte della Commissione dei piani di scarico radioattivo

pertinenti, e la legge italiana in materia di emergenza richiede espressamente la cooperazione con gli stati UE ed extra-UE potenzialmente interessati. **[L]**

La conclusione strategica corretta non è quindi:

“I reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) sono intrinsecamente abbastanza piccoli da poter essere integrati senza problemi nel sistema italiano.”

È:

L'Italia possiede diversi contesti di rete e industriali in cui i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) potrebbero potenzialmente aggiungere una preziosa e affidabile capacità a basse emissioni di carbonio, ma ogni implementazione fattibile deve essere ottimizzata congiuntamente tenendo conto dell'adeguatezza della rete, delle risorse idriche, del clima, della sismicità, delle conseguenze degli incidenti, della gestione delle emergenze, della sicurezza, della responsabilità e degli obblighi transfrontalieri.

Un reattore che produce elettricità a basso costo ma non è in grado di garantire il proprio approvvigionamento di acqua di raffreddamento non è un reattore economicamente sostenibile.

Un reattore con un'eccellente sicurezza passiva ma un piano di emergenza impraticabile non è un progetto realizzabile.

Un impianto tecnicamente sicuro, ma con una dipendenza da fornitori e sicurezza informatica non gestita, non è strategicamente sicuro.

Un'unità commercialmente interessante la cui responsabilità non può essere assicurata non è finanziabile.

Un reattore a basse emissioni di carbonio che ignora le future condizioni climatiche non rappresenta una risorsa nazionale resiliente.

Il programma italiano deve soddisfare simultaneamente tutti questi requisiti.

CAPITOLO 7 — REGISTRO DELLA SORGENTE DI CARICO

Sistema elettrico, adeguatezza e integrazione

G1 — Terna, *Valutazione dell'adeguatezza delle risorse nazionali per l'Italia 2025*. Analisi probabilistica dell'adeguatezza, standard LOLE di tre ore, sensibilità climatica, rischio di pensionamento termico, fabbisogno di stoccaggio ed effetti della domanda di data center/elettrificazione.

G2 — Terna, Rapporto annuale 2025. Andamento delle richieste di connessione a data center e fonti rinnovabili, comprese quasi 80 GW di richieste di connessione a data center entro la fine di gennaio 2026.

G3 — Terna, luglio 2025 — "G come Grid Forming". Primo progetto italiano di batterie per la formazione della rete e obiettivi di stabilità del sistema.

S1 — Agenzia Internazionale dell'Energia, *Energia nucleare e transizioni energetiche sicure* . Ruolo del nucleare programmabile nei sistemi a basse emissioni di carbonio, stabilità del sistema, capacità e integrazione delle energie rinnovabili.

S2 — Agenzia per l'energia nucleare dell'OCSE, 2025 — *I costi della decarbonizzazione / i costi di produzione dell'elettricità* . È necessario integrare il LCOE dell'impianto con i costi di sistema specifici del paese, la flessibilità e l'analisi della sicurezza dell'approvvigionamento.

S3 — OCSE-NEA — Analisi dei costi di sistema. Costi di bilanciamento, rete, adeguatezza e flessibilità nei sistemi elettrici a basse emissioni di carbonio.

SMR, calore industriale e centri dati

G4 — Commissione europea, 10 marzo 2026 — Strategia UE per i SMR. I SMR come potenziali contributori a una fornitura flessibile/stabile di elettricità, calore industriale, idrogeno, alimentazione dei data center e decarbonizzazione europea.

G5 — Commissione europea, COM(2026)117 — strategia dettagliata SMR/AMR. Carico dei data center, applicazioni industriali, integrazione con le energie rinnovabili e politica europea di implementazione.

G6 — Commissione europea, 21 settembre 2026 — Quadro di riferimento per le prestazioni energetiche dei data center. Efficienza energetica, flessibilità, efficienza idrica e integrazione del calore di scarto.

G7 — Commissione europea, giugno 2026 — Tabella di marcia per l'integrazione dei data center nella rete elettrica. Connessioni flessibili, energia pulita, flessibilità del sistema e vincoli ambientali.

Acqua, clima e raffreddamento

G8 — ISPRA, 21 marzo 2026 — Valutazione delle risorse idriche italiane per il 2025. Disponibilità di acqua rinnovabile pari a circa 128 miliardi di m^3 e calo rispetto alle medie storiche e al 2024.

G9 — ISPRA — Osservatorio sulla gravità delle acque, agosto 2026. Elevata gravità delle acque nel distretto padano, temperature elevate, riserve in calo e stress idrico localizzato.

G10 — Servizio Copernicus sui cambiamenti climatici, luglio 2026. Eccezionali ondate di calore nel giugno 2026 nell'Europa occidentale e condizioni di siccità che hanno interessato l'Italia.

G11 — Copernicus, analisi climatica estate 2026. Temperature eccezionali tra giugno e luglio e condizioni persistenti di caldo/siccità che interessano l'Europa occidentale e meridionale.

S4 — Agenzia per l'energia nucleare dell'OCSE — *Cambiamenti climatici: valutazione della vulnerabilità delle centrali nucleari e approcci per il loro adattamento* . Vulnerabilità a ondate di calore, siccità, inondazioni e problemi di raffreddamento dell'acqua, nonché requisiti di adattamento.

S5 — IAEA — Cambiamenti climatici ed energia nucleare. Implicazioni per l'energia nucleare in relazione alla temperatura dell'acqua di raffreddamento, alle precipitazioni, al livello del mare e agli eventi meteorologici estremi.

S6 — IAEA — Linee guida sull'acqua di raffreddamento nucleare e sui sistemi di raffreddamento. Caratteristiche e compromessi del raffreddamento a umido, a passaggio singolo e a secco.

Rischi sismici, idrogeologici e ambientali

I1 — IAEA SSR-1, *Valutazione del sito per impianti nucleari* . Requisiti per la valutazione del sito nucleare che comprendono rischi sismici, alluvionali, pericoli naturali esterni e pericoli antropici, dissipatore di calore finale e pericoli variabili sulla vita degli impianti.

I2 — IAEA SSG-56 / linee guida correlate per la valutazione del sito. Valutazione del dissipatore di calore finale, rischi meteorologici/idrologici e valutazione degli eventi esterni durante l'intero ciclo di vita.

Prevenzione degli incidenti, difesa in profondità e termine sorgente

L1 — Decreto Legislativo n. 137 del 15 settembre 2017. Attuazione italiana del regime di sicurezza nucleare Euratom modificato; prevenzione di rilasci precoci/ingenti e difesa in profondità obbligatoria per i nuovi impianti.

I3 — Forum dei regolatori degli SMR dell'AIEA — Lavori sulla zona di pianificazione di emergenza. Pianificazione di emergenza basata sulla progettazione e sulle conseguenze per gli SMR; nessuna eliminazione automatica della zona di pianificazione di emergenza.

I4 — Piattaforma SMR dell'AIEA — considerazioni sulla sicurezza e sulla pianificazione delle emergenze. Possibilità di ridurre i termini di emissione e le zone di protezione dalle emergenze (EPZ) in alcuni progetti, pur mantenendo i principi fondamentali di preparazione alle emergenze.

pianificazione italiana delle emergenze

L2 — Decreto Legislativo n. 101 del 31 luglio 2020, articoli 174–189. Pianificazione di emergenza specifica per sito, struttura guidata dal Prefetto, base tecnica dell'operatore/ISIN, piani esterni, revisione periodica, esercitazioni e cooperazione internazionale.

G12 — Ministero della Protezione Civile — Piano nazionale per le emergenze radiologiche e nucleari, 14 marzo 2022. Architettura nazionale esistente, incentrata principalmente su scenari relativi a reattori esteri e a emergenze radiologiche nazionali.

I5 — IAEA GSR Parte 7 — *Preparazione e risposta a un'emergenza nucleare o radiologica* . Requisiti internazionali per la pianificazione e la risposta alle emergenze.

Protezione fisica

L3 — Legge n. 58 del 28 aprile 2015. Ratifica da parte dell'Italia dell'emendamento del 2005 alla Convenzione sulla protezione fisica del materiale nucleare.

G13 — Decreto interministeriale italiano dell'8 settembre 2017. Requisiti di protezione fisica per gli impianti nucleari e il materiale nucleare.

I6 — IAEA — Protezione fisica del materiale nucleare e degli impianti nucleari. Rilevamento, ritardo, risposta, approccio graduale e protezione contro il sabotaggio/la rimozione non autorizzata.

I7 — IAEA, 2025 — Sicurezza fin dalla progettazione per i SMR. Integrazione della protezione fisica durante la progettazione e la localizzazione dei SMR.

Sicurezza informatica

I8 — IAEA — Sicurezza informatica dei sistemi di strumentazione e controllo negli impianti nucleari. Minacce informatiche ai sistemi di strumentazione e controllo nucleari, sicurezza del ciclo di vita, fornitori e architettura difensiva.

I9 — Serie sulla sicurezza nucleare dell'AIEA n. 42-G. Strategia nazionale di sicurezza informatica nucleare, valutazione delle minacce, coordinamento e capacità.

I10 — IAEA — Linee guida sulla sicurezza informatica della catena di fornitura nucleare. Requisiti di sicurezza informatica e obblighi di informazione sugli incidenti per fornitori, appaltatori e subappaltatori.

L4 — Decreto Legislativo n. 138/2024. Attuazione italiana della Direttiva (UE) 2022/2555 — NIS2.

L5 — Direttiva (UE) 2022/2555 — NIS2. Obblighi in materia di gestione del rischio di cybersicurezza applicabili alle entità del settore energetico essenziale, compresi i produttori di energia elettrica interessati.

Responsabilità nucleare e assicurazione

L6 — Legge n. 1860/1962, articolo 19, come modificato dalla legge n. 97/2020. Importo della responsabilità generale dell'operatore italiano pari a 700 milioni di euro per incidente nucleare coperto.

G14 — Ministero degli Affari Esteri italiano — entrata in vigore dei protocolli di Parigi e Bruxelles modificati, 1° gennaio 2022. Strato generale di copertura per operatori da 700 milioni di euro, protezione pubblica/internazionale supplementare fino ad almeno 1,5 miliardi di euro e limiti inferiori per specifiche strutture/trasporti a basso rischio.

I11 — Agenzia per l'energia nucleare dell'OCSE — Convenzione di Parigi. Responsabilità oggettiva/canalizzata dell'operatore, garanzia finanziaria e quadro di compensazione minima.

I12 — Agenzia per l'energia nucleare dell'OCSE — Convenzione supplementare di Bruxelles. Sistema di compensazione a tre livelli e architettura aggregata internazionale di compensazione.

Consultazione e notifica transfrontaliera

L7 — Convenzione sulla valutazione dell'impatto ambientale in un contesto transfrontaliero — Convenzione di Espoo. Le centrali nucleari e i reattori sono inclusi tra le categorie di progetti contemplate; obblighi di notifica preventiva e consultazione laddove siano probabili effetti transfrontalieri significativi.

L8 — Direttiva 2011/92/UE, articolo 7. Requisiti UE in materia di notifica e partecipazione alle valutazioni di impatto ambientale transfrontaliere.

L9 — Trattato Euratom, articolo 37. Esame da parte della Commissione dei dati generali riguardanti gli smaltimenti programmati di rifiuti radioattivi che possono interessare un altro Stato membro.

G15 — Commissione europea — Raccomandazione e linee guida per l'attuazione dell'articolo 37. Requisiti informativi e quadro di valutazione radiologica della Commissione.

L10 — Decreto Legislativo 101/2020, Articolo 189. Obbligo legale italiano di valutare gli impatti su altri Stati e di coordinare la pianificazione delle emergenze con i Paesi UE ed extra-UE potenzialmente interessati.

FINE DEL CAPITOLO 7

CAPITOLO 8 — RISCHI CRITICI DEL PERCORSO: LE MODALITÀ DI GUASTO CHE METTONO A FUOCO IL PROGRAMMA

8.1 Risultato esecutivo

Il rischio principale per un programma nucleare italiano non è che un singolo problema tecnico renda impossibile l'energia nucleare. Il rischio è che una serie di problemi, singolarmente gestibili, si accumulino fino a rendere il programma **non autorizzabile, non finanziabile, inadatto alla localizzazione o politicamente irreversibile a un costo inaccettabile** .

La catena di guasti rilevante è quindi più ampia della sola tecnologia del reattore.

Un programma SMR tecnicamente fattibile può comunque fallire per i seguenti motivi:

- la legislazione attuativa arriva in ritardo o lascia irrisolte questioni sostanziali;
- L'ente regolatore della sicurezza non è in grado di reclutare un numero sufficiente di specialisti qualificati per esaminare molteplici progetti di reattori sconosciuti;
- Le regole del sito vengono pubblicate prima che l'architettura costituzionale Stato-Regione sia sufficientemente solida;
- Nessun comune o ente industriale è disposto a passare dalla fase di consultazione a un processo di individuazione del sito economicamente sostenibile;
- Il contenzioso sospende o invalida una o più autorizzazioni;
- Il FOAK selezionato si rivela sostanzialmente più costoso del previsto;
- Il finanziamento non può essere finalizzato senza garanzie pubbliche che trasferiscano l'eccessivo rischio di costruzione o di prezzo ai contribuenti o ai consumatori di energia elettrica;
- un reattore importato crea una dipendenza a lungo termine da proprietà intellettuale, software, pezzi di ricambio o combustibile stranieri;
- La diversificazione del ciclo dei combustibili fallisce;
- Un reattore dipendente da HALEU è autorizzato ma non riesce a ottenere il combustibile in tempo;
- I fornitori italiani possiedono capacità industriali ma non le qualifiche nucleari richieste dal fornitore selezionato;
- I programmi di formazione per enti regolatori, operatori e aziende si contendono lo stesso ristretto bacino di specialisti;
- Le condizioni idriche e climatiche rendono inutilizzabile un sito apparentemente attraente;
- Il problema del National Repository rimane irrisolto;

- un futuro governo o elettorato cambia politica dopo che sono già state effettuate ingenti spese irrecuperabili;
- Le passività pubbliche potenziali risultano significativamente maggiori rispetto a quelle previste nello scenario di investimento iniziale.

La legge istitutiva del settembre 2026 riconosce che il programma necessita ancora di una struttura legale, istituzionale, industriale e finanziaria completa. Il governo è delegato a legiferare entro dodici mesi dall'entrata in vigore del programma in materia di localizzazione, licenze, autorità di sicurezza, gestione dei rifiuti, combustibile esaurito, attività del ciclo del combustibile, garanzie finanziarie, sviluppo industriale e possibili meccanismi di supporto. Tale ampiezza dimostra quanta infrastruttura debba ancora essere creata prima che un FOAK commerciale diventi un progetto di costruzione convenzionale.

Questo capitolo, pertanto, non tratta il “rischio” come un’obiezione retorica all’energia nucleare.

Considera il rischio come una sequenza di **condizioni di programma osservabili** .

Un rischio diventa una minaccia per il programma quando si verifica una delle quattro seguenti situazioni:

1. **Un cancello legale non può essere oltrepassato;**
2. **il tempo si estende a sufficienza per invalidare il finanziamento;**
3. **un componente chiave non ha un fornitore alternativo credibile;**
4. **Lo Stato continua a spendere anche dopo che le ipotesi di base su cui si fondava la spesa hanno cessato di essere valide.**

Ai fini della revisione contabile, il principio più importante è pertanto il seguente:

Ogni presupposto critico del programma deve avere un elemento scatenante misurabile che imponga una riconsiderazione prima che vengano impegnate ulteriori spese irreversibili.

Il mandato del Capitolo 8 è quello di identificare con precisione tali modalità di guasto.

8.2 Il rischio è cumulativo

Un progetto nucleare può sopravvivere a un problema.

Può sopravvivere:

- un ritardo di sei mesi nel rilascio della licenza;
- un fornitore che necessita di riqualificazione;
- un round di finanziamento ha richiesto più tempo del previsto;
- uno studio di fattibilità che richiede una riprogettazione del sito.

Il programma diventa vulnerabile quando questi elementi interagiscono.

Per esempio:

ritardo dell'autorità di regolamentazione → ritardo nella costruzione → costi di finanziamento aggiuntivi → prezzo di esercizio richiesto più elevato → pacchetto di aiuti di Stato più ampio → rinnovata opposizione politica → ritardo nel finanziamento.

O:

Ritardo nella creazione del deposito → minore credibilità della tassonomia/dei rifiuti → preoccupazione degli investitori → ulteriori garanzie statali → maggiore esposizione fiscale contingente.

O:

Carenza di HALEU → ritardo nella messa in funzione del reattore → continuano a maturare gli interessi sul debito → l'impianto non può generare entrate → il promotore richiede aiuti pubblici.

Il programma richiede pertanto **un'analisi delle interdipendenze** , non registri di rischio dipartimentali isolati.

8.3 L'architettura del percorso critico

La catena principale del programma è:

legge → ente regolatore → tecnologia → sito → autorizzazione ambientale/di sicurezza → finanza → catena di approvvigionamento di grado nucleare → combustibile → costruzione → messa in servizio → rifiuti/smaltimento → funzionamento

Molte di queste attività possono essere svolte in parallelo.

Ma alcune dipendenze non possono essere aggirate.

Un reattore non può compensare:

- nessuna patente;
- niente carburante;
- nessun sito sicuro;
- nessun operatore;
- nessun finanziamento.

Allo stesso modo, un sito eccellente non può compensare un reattore non autorizzato.

L'errore gestionale più pericoloso sarebbe quello di consentire che la spesa a valle proceda partendo dal presupposto che un problema irrisolto a monte verrà inevitabilmente risolto in seguito.

8.4 Matrice consolidata dei fallimenti del programma

Meccanismo di guasto	Manifestazione osservabile	Conseguenza immediata	Propagazione
ritardo del decreto attuativo	Struttura T0+12m incompleta o materialmente frammentata	Nessuna base di licenza stabile	Ritardo nel finanziamento del sito/fornitore
divario tra capacità e regolatori	Le revisioni di sicurezza non possono essere svolte in modo indipendente.	La coda per le licenze si allunga	Il programma FOAK perde credibilità
Fallimento della riorganizzazione istituzionale	ISIN/poteri successori non chiari	Vuoto regolatorio/duplicazione	Contenzioso e incertezza relativa ai fornitori
Errore dell'host del sito	Non si registrano progressi in nessuna località praticabile.	Nessuna licenza di progetto	Lavoro bloccato nel settore tecnologico/finanziario
Controversia costituzionale	Competenza regionale/statale messa in discussione	Incertezza legislativa/autorizzante	Ritardare o riprogettare
Contenzioso amministrativo	Valutazione di impatto ambientale/sito/licenza sospesa o annullata	Interruzione dei lavori	Aumento dei costi di finanziamento
Escalation FOAK	I costi superano i fondi disponibili	divario di capitale degli sponsor	Pressione da parte dello Stato e dei consumatori
fallimento del finanziamento	Nessun modello di allocazione dei ricavi/rischi bancabile	Chiusura finanziaria impossibile	La procedura di approvvigionamento non può procedere
Blocco di design importato	Un unico fornitore straniero controlla carburante/IP/software	Riduzione del potere contrattuale	Costo del ciclo di vita/esposizione alla sicurezza
Interruzione dell'arricchimento dell'uranio	Fornitura contrattualizzata non disponibile o soggetta a restrizioni politiche.	Pressione sui costi/tempi del ciclo del combustibile	Riduzione delle scorte

Carenza di HALEU	Personale qualificato HALEU non disponibile	Il reattore avanzato non può essere messo in funzione	Ritardo nelle entrate del progetto
Lacuna nella catena di approvvigionamento di materiale nucleare	I fornitori non superano il codice/la qualificazione del fornitore	Importazione dipendenza/ritardo	Gli obiettivi relativi ai contenuti locali falliscono
divario di competenze	L'ente regolatore/operatore /fornitore non può reclutare	Revisione/costruzione /gestione più lente	Il rischio legato alla pianificazione aumenta.
fallimento idrico/climatico	Il sistema di raffreddamento del sito non supera il test di compatibilità climatica futura.	Riprogettazione o esclusione del sito	costi irrecuperabili di sviluppo del sito
Stallo sui rifiuti/depositi	La questione relativa al repository rimane politicamente irrisolta.	La credibilità del back-end si indebolisce	Rischio di finanziamento/accettazione da parte del pubblico
Inversione di rotta politica	Nuove leggi/referendum modificano l'orientamento del programma.	Progetti sospesi/annullati	Esposizione ai costi irrecuperabili/risarcimenti
Cristallizzazione garantita dallo Stato	garanzie di costo/prezzo/chiusura chiamate	Requisiti di contante pubblici	Ripercussioni fiscali/politiche

La matrice non è una classifica politica. Identifica come ogni fallimento si propaga all'interno del programma.

8.5 Il ritardo normativo è il primo rischio concreto del programma

Il termine legale di dodici mesi inizia a decorrere solo quando la legge attuativa entra in vigore.

Entro tale periodo, il governo deve tradurre i principi di alto livello in un sistema operativo che affronti i seguenti temi:

- tecnologie ammissibili;
- programma nazionale;
- ubicazione;
- autorizzazione;
- gestione della sicurezza;
- garanzie finanziarie;
- sciupare;
- combustibile esaurito;
- smantellamento;
- impianti del ciclo del combustibile;
- informazioni pubbliche;
- politica industriale.

La sua ampiezza rende un decreto superficiale particolarmente pericoloso.

Un pacchetto di implementazione rapido ma incompleto potrebbe causare più ritardi rispetto a uno accuratamente integrato se gli sviluppatori dovessero successivamente scoprire:

- sovrapposizione di competenze amministrative;
- Tempistiche ambientali e di sicurezza incoerenti;
- percorsi di ricorso poco chiari;
- incertezza sui poteri degli organi di regolamentazione;
- norme di finanziamento incomplete.

La stessa strategia della Commissione europea per i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) per il 2026 individua i lunghi tempi di autorizzazione e la frammentazione normativa come ostacoli alla diffusione degli SMR e sollecita una cooperazione tempestiva tra gli enti regolatori e approcci più armonizzati.

Il rischio per l'Italia è quindi duplice:

I decreti tardivi ritardano direttamente il programma;

Decreti inadeguati ne ritardano l'attuazione in seguito attraverso contenziosi, modifiche e interpretazioni normative.

8.6 La data di emanazione di un decreto non è la stessa cosa della prontezza normativa.

Anche se tutti i decreti delegati vengono pubblicati entro dodici mesi, il programma potrebbe comunque non essere pronto.

La conformità normativa richiede prodotti operativi quali:

- guide applicative;
- fasi di autorizzazione;
- requisiti relativi alla documentazione;
- standard di revisione;
- Politica in materia di codici e standard;
- Procedure di affidamento alle autorità di regolamentazione estere;
- disposizioni per le ispezioni;
- strutture tariffarie;
- interfacce per la pianificazione delle emergenze;
- aspettative in materia di sicurezza informatica;
- Requisiti per l'accettazione dei rifiuti.

Una legge può essere legalmente in vigore anche se i richiedenti non dispongono ancora di sufficiente chiarezza normativa per preparare una domanda bancabile.

Pertanto il capitolo 9 deve distinguere:

legge in vigore

da

Sistema di licenze utilizzabile.

8.7 La capacità ISIN è un vincolo concreto e misurabile

La questione della capacità degli organi di regolamentazione non è oggetto di speculazione.

L'organico previsto per legge per l'ISIN è di **90 persone** , di cui **60 tecniche** e **30 amministrative/legali** . Il suo Piano Generale di Attività 2026-2028 prevede ulteriori assunzioni fino al raggiungimento del numero massimo di dipendenti consentito per legge e individua esplicitamente la necessità di rafforzare le competenze tecnico-scientifiche in materia di sicurezza nucleare e radioprotezione.

La documentazione di pianificazione precedente prevedeva un deficit significativo rispetto all'organico di 90 persone a seguito di pensionamenti e assunzioni. Il punto istituzionale più ampio è rimasto invariato: l'ente regolatore ha dovuto ricostituire il proprio organico, supervisionando al contempo lo smantellamento, la gestione dei rifiuti, i reattori di ricerca, i trasporti, le sorgenti radioattive, le salvaguardie e le funzioni di emergenza.

Il **1° luglio 2026** , il direttore dell'ISIN, Francesco Campanella, ha dichiarato al Senato che l'autorità per la sicurezza nucleare esiste già, ma necessita di essere rafforzata qualora il suo mandato venisse esteso al rilascio di licenze per nuovi reattori. In particolare, ha richiesto un rafforzamento dell'organico.

Ciò crea un problema di risorse piuttosto evidente.

Un regolatore dimensionato principalmente per:

- smantellamento di impianti preesistenti;
- rifiuti radioattivi;
- impianti di ricerca;
- protezione dalle radiazioni;

non si può presumere automaticamente che sia in grado di esaminare:

- molteplici progetti SMR concorrenti;
- diversi siti;
- Casi di sicurezza del reattore;
- ispezioni edili;
- Istruzione e controllo digitali;
- analisi degli incidenti gravi;
- carburanti avanzati;

- sicurezza informatica;
- messa in servizio.

8.8 Il limite statutario di 90 persone per l'organico stesso potrebbe alla fine diventare il vincolo

Raggiungere il numero massimo di dipendenti consentito è solo il primo problema.

La seconda questione riguarda la sufficienza di **un organico complessivo di 90 persone** per un programma di costruzione di nuovi reattori multipli.

La legge del 2026 lascia aperta la futura struttura dell'organismo di regolamentazione e il Senato ha approvato un provvedimento che richiede maggiore indipendenza/risorse e la salvaguardia delle competenze esistenti in materia di ISIN qualora venga creata una nuova autorità.

L'analisi corretta del fabbisogno di personale si articola quindi in due fasi:

Fase 1

ISIN è in grado di raggiungere e mantenere il numero attuale di operatori autorizzati?

Fase 2

Quale forza lavoro sarà necessaria una volta che l'Italia effettuerà contemporaneamente le revisioni:

- uno o più progetti di reattore;
- molteplici siti candidati;
- attività di deposito;
- smantellamento;
- progetti relativi al ciclo del combustibile;
- Ispezioni edili?

La risposta dovrebbe emergere dalla modellazione del carico di lavoro, non dal dato storico previsto dalla legge.

8.9 La carenza di personale degli enti regolatori non può essere risolta rapidamente con le normali procedure di reclutamento.

Un ente regolatore nucleare necessita di personale specializzato nei seguenti ambiti:

- fisica dei reattori;
- termoidraulica;
- incidenti gravi;
- meccanica strutturale;
- ingegneria sismica;
- metallurgia;
- sicurezza probabilistica;
- protezione dalle radiazioni;
- sciupare;
- fattori umani;
- sicurezza informatica;
- salvaguardie.

Assumere un ingegnere competente non equivale a creare un ente di regolamentazione nucleare esperto.

Il nuovo personale necessita di:

- formazione;
- tutoraggio;
- accesso a recensioni internazionali;
- lavoro di valutazione sotto supervisione;
- trasferimento di conoscenze.

I documenti programmatici dell'ISIN pongono l'accento sullo sviluppo professionale e sulla formazione specialistica.

Il rischio legato alla pianificazione deriva quindi **dall'accumulo di esperienza** , non semplicemente dal numero di dipendenti.

8.10 La cessazione dell'attività dei regolatori e il reclutamento nel settore saranno in competizione

Una volta che l'Italia avvierà un programma multimiliardario, gli sviluppatori e i venditori privati cercheranno molti degli stessi specialisti richiesti dall'autorità di regolamentazione.

Gli stipendi nel settore privato possono superare le retribuzioni nel settore pubblico.

Ciò crea un prevedibile conflitto nel mercato del lavoro:

Quanto più rapidamente si espande il programma commerciale, tanto più difficile potrebbe diventare per l'ente regolatore pubblico trattenere gli specialisti, una risorsa rara.

Un ente regolatore che perde personale esperto a favore dei candidati crea:

- revisione più lenta;
- potenziali problemi di indipendenza;
- Riqualificazione ripetuta.

Questo rischio deve essere modellato prima dell'inizio dei lavori di costruzione.

8.11 La sostituzione dell'ISIN potrebbe di per sé diventare un rischio di transizione

Il capitolo 2 stabilisce che la normativa attuativa consente la valutazione di una nuova autorità di sicurezza indipendente, ma non sostituisce automaticamente l'ISIN.

La riprogettazione istituzionale può rafforzare la regolamentazione.

Può inoltre generare:

- controversie sui trasferimenti;
- posti vacanti;
- delega di autorità poco chiara;
- procedure duplicate;
- incertezza sulle guide tecniche esistenti;
- perdita della memoria istituzionale.

Nella sua testimonianza al Senato del 2026, l'ISIN ha esplicitamente sostenuto la necessità di rafforzare e trasformare l'organismo esistente, anziché ignorare le competenze già accumulate.

La condizione di guasto rilevante non è quindi:

ISIN contro la nuova autorità.

È:

qualsiasi transizione in cui la responsabilità delle licenze cambia più rapidamente di quanto il personale, le procedure e i poteri legali possano essere trasferiti.

8.12 Un numero eccessivo di progetti di reattori può sovraccaricare l'ente regolatore prima che l'Italia ne scelga uno.

Ogni ulteriore elemento progettuale considerato in dettaglio genera un lavoro tecnico separato.

Una recensione del BWRX-300 non è intercambiabile con:

- NUWARD;
- AP300;
- Xe-100;
- newcleo LFR;
- Sodio.

Differiscono per:

- liquido di raffreddamento;
- carburante;
- fenomenologia degli incidenti;
- termine di origine;
- codici;
- sistemi digitali.

Una strategia normativa che tenti di esaminare in parallelo un gran numero di progetti consumerebbe le scarse risorse pubbliche di cui il programma ha maggiormente bisogno.

Questo è uno dei motivi per cui è necessario procedere a una selezione delle tecnologie prima di concedere la licenza completa in Italia.

8.13 Il guasto del sito non è ipotetico: il processo del repository fornisce un avviso

Il processo del Deposito Nazionale offre la più chiara evidenza attualmente disponibile in Italia in merito alla difficoltà di localizzazione territoriale.

Dopo la pubblicazione della proposta di CNAI, le autorità di tutta Italia sono state autorizzate a presentare autocandidature non vincolanti per ospitare il repository.

Il termine ultimo è scaduto il **12 marzo 2024** .

Non sono state presentate autocandidature.

Un reattore non è la stessa cosa di un deposito di scorie.

Ma l'episodio dimostra che l'esistenza di aree tecnicamente controllate non garantisce la disponibilità di un ospite.

Pertanto, un piano per un reattore italiano che presuppone:

"I comuni si contenderanno l'opportunità di ospitare i reattori a causa dei vantaggi economici."

Non si tratta di un'ipotesi di pianificazione bancabile finché non si concretizzano manifestazioni di interesse.

8.14 La localizzazione dei reattori presenta un'ulteriore incertezza: la legge definitiva non definisce ancora un modello completo di sito ospitante volontario.

Il capitolo 2 ha stabilito che un linguaggio esplicito di autocandidatura è più chiaro per gli impianti di smaltimento/stoccaggio dei rifiuti che per i reattori di produzione.

Per i reattori, i futuri decreti dovranno ancora definire l'equilibrio tra:

- domande di ammissione;
- Screening statale;
- consultazione a livello comunale;
- partecipazione regionale;
- risarcimento.

Ciò significa che la strategia di gestione dei siti non può ancora essere considerata un processo amministrativo maturo.

Uno sviluppatore deve sapere:

- quando può assicurarsi il territorio;
- se sia necessario il sostegno comunale;
- quale accordo regionale è necessario?
- come vengono risolti i disaccordi;
- quando si negozia il risarcimento.

Se queste risposte emergono già durante il primo progetto, il FOAK diventa un prototipo sia istituzionale che tecnologico.

8.15 Un sito che supporta politicamente può comunque fallire tecnicamente

La disponibilità del sito non prevale su:

- esclusione sismica;
- rischio di alluvioni;
- carenza idrica;
- Problemi demografici/di emergenza;
- paesaggi protetti;
- vincoli di griglia.

La condizione di guasto corretta non è quindi semplicemente:

nessun volontario.

È:

nessun volontario tra i siti che superano anche il vaglio tecnico.

Quell'incrocio è notevolmente più piccolo dell'elenco di tutti i comuni italiani.

8.16 Un sito tecnicamente attraente può essere politicamente inutilizzabile

Vale anche il contrario.

Caorso lo illustra direttamente.

Il sito possiede:

- storia nucleare;
- infrastrutture di rete;
- zona industriale.

Ma l'atto istituzionale dell'Emilia-Romagna del dicembre 2025 mira ad escludere la ripresa della produzione di energia nucleare nell'ex sito.

Tale risoluzione non costituisce automaticamente un diritto di veto nazionale.

Ciò dimostra, tuttavia, che un'area industriale dismessa teoricamente attraente può acquisire un notevole onere in termini di accettazione territoriale.

Il costo del progetto per superare tale ostacolo può essere misurato in anni.

8.17 Il contenzioso costituzionale tra Stato e Regione è integrato nella classe di riferimento storica

Il precedente quadro normativo italiano in materia nucleare ha generato contenziosi dinanzi alla Corte Costituzionale.

La sentenza **331/2010** ha invalidato i tentativi regionali di creare divieti nucleari territoriali unilaterali, confermando al contempo che la produzione nucleare e i rifiuti radioattivi rientrano in competenze costituzionali ripartite in modi diversi tra Stato e Regioni.

La sentenza **33/2011** ha contemporaneamente dimostrato l'altro lato della medaglia: la partecipazione territoriale non può essere ridotta al di sotto di livelli costituzionalmente adeguati. In particolare, la Corte ha rilevato un'insufficiente partecipazione regionale in una parte della precedente struttura di autorizzazione e ha sottolineato la posizione specifica della Regione direttamente interessata.

Ciò crea uno stretto corridoio legale.

Lo Stato non può presumere con sicurezza:

L'importanza nazionale implica potere unilaterale.

Una Regione non può presumere con sicurezza:

L'opposizione regionale significa divieto assoluto.

Se i decreti interpretano erroneamente tale confine, il contenzioso costituzionale entra a far parte del programma di lavoro.

8.18 Il contenzioso costituzionale ha conseguenze di natura non lineare.

Un ricorso alla Corte Costituzionale non comporta semplicemente un aumento dei costi legali.

Se la disposizione contestata disciplina:

- accordo sul sito;
- autorizzazione;
- poteri sostitutivi;
- architettura del regolatore;

Una sentenza può richiedere che la procedura venga ripetuta secondo norme riviste.

Ciò può invalidare anni di lavoro svolto in precedenza.

Pertanto, l'analisi del rischio costituzionale deve essere effettuata **prima** della prima procedura in loco, non dopo l'avvio del contenzioso.

8.19 Il contenzioso amministrativo è ancora più probabile del contenzioso costituzionale.

Ogni progetto genererà atti amministrativi contestabili riguardanti:

- VIA;
- screening del sito;
- acqua;
- paesaggio;
- griglia;
- approvvigionamento;
- autorizzazione integrata;
- accordi locali.

La sospensione della TAR può influire su:

- preparazione del terreno;
- costruzione;
- prelievi di finanziamenti.

Una sentenza definitiva che richieda:

- nuova VIA;
- ulteriore consultazione;
- riconsiderazione delle alternative

può avere conseguenze pluriennali.

La metrica di gestione del progetto pertinente dovrebbe quindi essere:

numero di punti decisionali legalmente vulnerabili la cui cancellazione richiederebbe la ripetizione del lavoro a monte.

8.20 Il rischio di contenzioso aumenta quando la pressione sui tempi porta alla compressione delle procedure

Esiste una tensione intrinseca.

I programmi politici spesso mirano a:

- licenze di durata inferiore;
- procedure parallele;
- Consultazione compressa.

Ma una procedura mal strutturata può aumentare la probabilità che un tribunale in seguito invalidi il risultato.

La procedura di autorizzazione nominale più breve non è quindi necessariamente il percorso più breve per la realizzazione del progetto.

Una procedura legalmente solida può comportare tempi amministrativi iniziali più lunghi, ma una minore probabilità di dover ricorrere a modifiche successive.

8.21 L'inversione politica rappresenta un rischio infrastrutturale reale in Italia

L'Italia ha già vissuto due importanti inversioni di rotta nella sua politica nucleare.

Il programma nucleare esistente è stato interrotto alla fine degli anni '80, in seguito ai referendum del 1987 e alle successive decisioni politiche.

Un programma rinnovato, adottato nel periodo 2009-2011, è stato poi interrotto dopo Fukushima e il referendum del giugno 2011. Il dossier legislativo della Camera dei Deputati per il 2026 fornisce la ricostruzione ufficiale di entrambi gli episodi.

Ciò non significa che un programma futuro verrà necessariamente invertito.

Ciò significa che non si può dare per scontata la continuità politica durante un progetto di pre-operatività della durata di 10-15 anni.

8.22 La costruzione di centrali nucleari sopravvive ai normali cicli politici

Anche il programma italiano più ottimistico si estende su più tappe:

- Parlamenti;
- governi;
- amministrazioni regionali;
- amministrazioni comunali.

I contratti necessitano quindi di regole che stabiliscano cosa accade se le politiche pubbliche cambiano in seguito:

- selezione del fornitore;
- acquisizione di terreni;
- produzione;
- primo calcestruzzo;
- approvvigionamento di carburante.

In assenza di tali regole, il rischio politico diventa parte integrante dei costi di finanziamento.

8.23 Il rischio di cancellazione è più oneroso quando il progetto diventa irreversibile

Un'inversione di tendenza politica ha conseguenze fiscali diverse a seconda della fase in cui si verifica.

Palcoscenico	Esposizione principale sommersa
Politica iniziale	Studi, personale, redazione di testi legali
Sviluppo del sito	Territorio, indagini, valutazione di impatto ambientale
Pre-contratto con il fornitore	Ingegneria/licenze
Decisione finale di investimento	Impegni di capitale proprio/debito
Produzione	Componenti a lungo termine
Costruzione	Miliardi di dollari in opere civili/meccaniche irrecuperabili
Fornitura di carburante	Impegni contrattuali relativi al ciclo del combustibile

Pertanto, il rischio politico dovrebbe essere valutato prima della decisione finale di investimento (FID).

Un sistema in cui il governo può annullare le decisioni senza indennizzo potrebbe essere difficile da finanziare.

Un sistema in cui il governo garantisce un risarcimento completo trasferendo tale rischio ai contribuenti.

Non esiste una soluzione a costo zero.

8.24 L'aumento dei costi FOAK rappresenta il rischio commerciale principale

I recenti progetti nucleari occidentali dimostrano perché le ipotesi di progetti unici nel loro genere necessitano di solide misure di contingenza.

Ciò non significa che un SMR da 300 MWe avrà lo stesso costo di un EPR da 1.600 MWe.

Significa che **il rischio di costruzione ha ripetutamente trasformato i tempi di consegna in costi di finanziamento** .

L'OCSE-NEA identifica il rischio di costruzione come uno dei principali fattori che incidono sul costo del capitale nel settore nucleare e sottolinea l'interazione tra gestione del progetto, costi di costruzione immediati e struttura finanziaria. Afferma esplicitamente che questa logica si applica sia ai reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) che ai grandi reattori di terza generazione.

8.25 Il punto C di Hinkley illustra il costo del tempo

L'aggiornamento di EDF del febbraio 2026 stimava il costo di completamento di Hinkley Point C a circa:

35 miliardi di sterline in valuta del 2015

equivalente approssimativamente a:

48 miliardi di sterline al valore attuale

in base alle ipotesi di riferimento indicate.

L'Unità 1 è programmata per entrare in funzione nel 2030, con un possibile ritardo di 12 mesi fino al 2031.

EDF afferma che un ritardo di 12 mesi potrebbe comportare un aumento approssimativo di:

1 miliardo di sterline in valuta del 2015

o approssimativamente:

1,4 miliardi di sterline al valore attuale.

Il progetto Hinkley è un grande progetto con doppio EPR e non deve essere utilizzato come parametro numerico di riferimento per i costi di un SMR.

La sua rilevanza risiede nel **meccanismo di ritardo** :

- La forza lavoro rimane mobilitata;
- il finanziamento matura;
- le spese generali continuano;
- Le entrate iniziano in un secondo momento.

Tale meccanismo si applica a qualsiasi reattore ad alta intensità di capitale.

8.26 Darlington fornisce le prove più utili attualmente disponibili sui costi dei SMR

La stima pubblica di Ontario Power Generation per il programma Darlington BWRX-300, composto da quattro unità, è approssimativamente la seguente:

20,9 miliardi di dollari canadesi , di cui:

- interesse;
- escalation;
- contingenza.

OPG stima circa: **6,1 miliardi di dollari canadesi** per il primo SMR

più circa: **1,6 miliardi di dollari canadesi** per sistemi e servizi condivisi tra le quattro unità previste della flotta.

Questo è di grande rilevanza per l'Italia.

Ciò dimostra perché affermazioni semplici e generiche come:

"Un SMR da 300 MWe costa da 1 a 3 miliardi di dollari."

Non può essere utilizzato come presupposto di chiusura finanziaria senza un ambito chiaramente definito.

Le cifre di Darlington includono categorie che le generiche affermazioni relative a "spese in conto capitale sostenute dall'oggi al domani" spesso omettono.

8.27 FOAK e NOAK devono essere separati

La logica economica dei reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) dipende fortemente dalla ripetizione.

- Il costo FOAK include spese sproporzionate per:
- Completamento della progettazione;

- prima licenza;
- fabbrica/attrezzature;
- prima qualificazione del fornitore;
- ingegneria specifica per il sito;
- primo addestramento dell'operatore.

Le unità successive possono potenzialmente beneficiare di:

- disegno ripetuto;
- apprendimento;
- sistemi condivisi;
- produzione in serie.

La strategia della Commissione europea sui reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) del marzo 2026 afferma esplicitamente che questo modello di business non è ancora **stato collaudato nella pratica** e dipende dal raggiungimento della modularità e della produzione in serie.

Pertanto, lo Stato non deve assumersi il costo NOAK prima che esistano prove FOAK.

8.28 La prima unità italiana rischia di sostenere simultaneamente diversi premi FOAK.

Il primo reattore nucleare italiano potrebbe essere:

- prima applicazione di questo progetto in Italia;
- prima revisione da parte dell'ente regolatore italiano per le nuove costruzioni;
- primo operatore nucleare italiano moderno;
- la prima nuova forza lavoro nel settore delle costruzioni nucleari da decenni;
- Prima applicazione della nuova legge sull'ubicazione degli edifici.

Se il reattore selezionato è anche una tecnologia globale FOAK, l'Italia combina:

tecnologia FOAK + paese FOAK + ente regolatore FOAK + catena di approvvigionamento FOAK.

Il programma dovrebbe calcolare esplicitamente quanti livelli FOAK vengono accettati.

8.29 L'aumento dei costi può invalidare il modello di finanziamento politico prima di invalidare quello ingegneristico

Supponiamo che un progetto rimanga tecnicamente valido, ma che i costi aumentino del 40%.

Le conseguenze possono includere:

- aumenti di prezzo richiesti;

- Il rendimento del private equity diminuisce;
- Aumenti delle garanzie statali;
- L'esposizione dei consumatori di energia elettrica aumenta;
- Il pacchetto di aiuti di Stato deve essere rivisto.

Il reattore potrebbe essere ancora costruibile.

La proposta di finanziamento originaria potrebbe non essere più valida.

Questa distinzione è fondamentale per la governance del progetto.

8.30 Il rischio di finanziamento non è riducibile al CAPEX

Il costo dell'energia elettrica nucleare è particolarmente sensibile al **costo del capitale,** poiché la maggior parte delle spese si verifica anni prima che inizino a essere generati i ricavi derivanti dalla produzione di energia elettrica.

L'AIE afferma che i progetti nucleari sono difficili da finanziare a causa di:

- intensità di capitale;
- lunghi periodi di costruzione;
- complessità;
- rischio di sforamento dei costi.

Si riscontra che i flussi di cassa prevedibili e i meccanismi quali:

- Contratti di acquisto di energia a lungo termine;
- Contratti per differenza;
- Strutture di base patrimoniale regolamentate

sono importanti per attrarre debito e ridurre i costi di finanziamento.

Anche l'OCSE-NEA rileva che il rischio di costruzione è un fattore determinante per il costo del finanziamento di un progetto.

8.31 L'Italia non ha ancora un modello di sostegno commerciale definito

La legge istitutiva consente di fornire supporto in futuro.

Non stabilisce ancora:

- CfD;
- RABB;
- prestito sovrano per la costruzione;
- imposta a carico dei consumatori;
- prezzo minimo di mercato;
- equità statale;
- livello minimo di entrate;
- condivisione degli extracosti.

Il mercato finanziario, pertanto, non è ancora in grado di rispondere alla domanda più importante:

Chi ci rimette se il primo reattore italiano costa molto più del previsto?

Finché a questa domanda non ci sarà una risposta contrattuale, un FOAK italiano non è bancabile.

8.32 È improbabile che il mercato privato assorba a basso costo il rischio di costruzione FOAK illimitato

L'AIE osserva che i governi continuano a svolgere un ruolo importante nel finanziamento del nucleare anche laddove partecipano investitori privati, poiché i rischi di costruzione e i rischi di prezzo a lungo termine sono difficili da assorbire per i finanziatori.

Analogamente, la strategia di investimento in energia pulita della Commissione europea per il 2026 individua **i maggiori rischi tecnologici e di implementazione** come un problema specifico di finanziamento per i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) e impegna gli strumenti UE/BEI a ridurre i rischi in alcune fasi della catena del valore.

Pertanto, un piano di finanziamento italiano basato semplicemente su:

“Gli investitori privati finanzieranno l'impianto”

è incompleto senza una struttura di allocazione del rischio.

8.33 La riduzione del rischio trasferisce il rischio; non lo elimina.

Un contratto CfD può eliminare il rischio legato al prezzo all'ingrosso dal progetto.

Lo presume qualcun altro.

Un prestito statale può ridurre il costo degli interessi.

Lo Stato si assume il rischio di credito.

Un modello RAB può ridurre il rischio di finanziamento durante la fase di costruzione.

I consumatori potrebbero iniziare a pagare prima che l'impianto entri in funzione.

Una garanzia sovrana può attirare debiti.

I contribuenti diventano garanti condizionali.

La questione fondamentale della finanza pubblica è dunque:

Quale rischio viene trasferito a chi?

Questo aspetto deve rimanere ben visibile in tutte le presentazioni di finanziamento.

8.34 Le passività statali contingenti possono superare gli stanziamenti diretti

Il capitolo 1 ha stabilito che il budget iniziale stanziato per legge è esiguo rispetto al costo di capitale del reattore.

L'esposizione fiscale potenziale, ben maggiore, si manifesterebbe in seguito attraverso:

- garanzie di costruzione;
- garanzie di debito;
- Obblighi dei contratti per difesa;
- Risarcimento per blocco politico;
- garanzie sui carburanti;
- barriere anti-rifiuti;
- insolvenza dell'operatore;
- supporto per gli sforamenti di budget.

Queste passività potrebbero non comparire come spese immediate di bilancio.

Possono ancora diventare economicamente reali.

Il MEF necessita pertanto di un **registro delle passività potenziali,** da affiancare agli stanziamenti di programma ordinari.

8.35 Hinkley illustra la portata dell'esposizione contrattuale a lungo termine

I bilanci del governo britannico per il periodo 2025-2026 mostrano la sensibilità delle passività dei CfD a:

- data di messa in servizio;
- fattore di carico;
- profilo di generazione.

Per il progetto Hinkley Point C, il rinvio della produzione modifica sostanzialmente il valore della posizione del governo in materia di contratti per difesa (CfD).

Ciò non dimostra che l'Italia debba o non debba utilizzare un CfD.

Ciò dimostra che i contratti di supporto nucleare di lunga durata creano un'esposizione del pubblico o dei consumatori che deve essere modellata in base a molteplici scenari operativi.

8.36 La dipendenza da progetti importati rappresenta un rischio del ciclo di vita

Se l'Italia sceglie un reattore LWR-SMR straniero, evita alcuni rischi legati allo sviluppo tecnologico.

Presuppone altre dipendenze.

Questi possono includere:

- proprietà intellettuale relativa alla progettazione di reattori;
- analisi della sicurezza;
- software proprietario;
- progettazione del carburante;
- componenti a lungo termine;
- modifiche ingegneristiche;
- pezzi di ricambio;
- supporto tecnico del fornitore.

La strategia SMR 2026 della Commissione europea chiede esplicitamente di rafforzare le catene di approvvigionamento europee, proteggere la proprietà intellettuale europea e mantenere l'autonomia strategica, evitando al contempo nuove dipendenze.

Tale questione politica riguarda direttamente l'Italia.

8.37 La dipendenza dal fornitore diventa più pericolosa dopo il lock-in delle licenze

Prima della selezione della tecnologia, l'Italia può negoziare con i fornitori.

Dopo:

- L'ente regolatore accetta il progetto;
- Il sito è stato progettato;
- L'operatore è addestrato;
- La catena di approvvigionamento è qualificata;

Cambiare fornitore diventa estremamente costoso.

Il fornitore selezionato acquisisce quindi un maggiore potere contrattuale strutturale.

L'ufficio acquisti deve esaminare i termini del ciclo di vita prima di vincolarsi, tra cui:

- prezzi dei pezzi di ricambio;
- licenze software;
- supporto tecnico;
- carburante;
- modifiche di progettazione;
- accesso alla proprietà intellettuale.

8.38 Il software di sicurezza importato solleva una questione particolare in materia di sovranità

Un reattore moderno può funzionare per 60-80 anni.

I suoi sistemi digitali possono basarsi su:

- codice proprietario;
- aggiornamenti informatici esteri;
- strumenti del fornitore.

Se l'Italia non riesce a ottenere:

- aggiornamenti;
- bonifica delle vulnerabilità;
- documentazione tecnica a lungo termine,

L'impianto può diventare dipendente da un'azienda o da una giurisdizione il cui rapporto strategico con l'Italia cambia decenni dopo.

Pertanto, la sovranità del fornitore non riguarda solo l'acciaio.

Comprende **conoscenze di programmazione e configurazione** .

8.39 La concessione di licenze di riferimento estere è preziosa ma può creare dipendenza normativa

Riutilizzo:

- Canadese;
- NOI;
- REGNO UNITO;
- francese

L'attività di regolamentazione può ridurre significativamente le duplicazioni.

Ma un'eccessiva dipendenza crea la possibilità che:

- modifiche di design straniero;
- Risultati delle autorità di regolamentazione estere;
- ritardo del progetto di riferimento

modificare direttamente l'orario italiano.

L'autorità regolatrice italiana deve pertanto conservare una sufficiente capacità tecnica indipendente per decidere se una constatazione estera sia ancora applicabile al sito italiano.

8.40 L'approvvigionamento di uranio è diversificato; la conversione e l'arricchimento sono più concentrati

I dati dell'Agenzia per l'approvvigionamento di Euratom del 2025 forniscono una distinzione utile.

le aziende elettriche dell'UE hanno acquistato **14.678 tonnellate di uranio naturale** e detenevano scorte equivalenti a più di tre fabbisogni medi annui di ricarica dell'intera flotta dell'UE.

L'uranio naturale esiste quindi in un mercato geograficamente più ampio di quanto alcuni dibattiti pubblici lascino intendere.

Le vulnerabilità più circoscritte riguardano:

- conversione;
- arricchimento;
- Fabbricazione di combustibile specifica per il progetto.

Nel 2026 la Commissione europea ha dichiarato che la capacità di conversione e arricchimento dei metalli preziosi nei paesi occidentali e nell'UE rimaneva limitata rispetto alla domanda complessiva.

8.41 L'arricchimento russo rimane un rischio rilevante per l'UE

Secondo l'Agenzia per l'approvvigionamento di Euratom, nel **2025** le aziende elettriche dell'UE hanno ricevuto servizi di arricchimento approssimativamente come segue:

- UE: **72,91%** ;
- Russia: **22,55%** ;
- Altri paesi extra-UE: **4,54%** .

Questa è la linea di base attuale di riferimento.

L'Europa ha ridotto alcune dipendenze.

Non ha eliminato la dipendenza dalla Russia per quanto riguarda il ciclo del combustibile nucleare.

Un programma italiano che preveda l'avvio dell'approvvigionamento di combustibile negli anni 2030 dovrebbe pertanto testare i propri contratti rispetto a uno scenario in cui l'arricchimento russo non sia disponibile.

8.42 La capacità di arricchimento sostitutivo europea è in espansione, ma non istantanea.

La Commissione afferma che sono previsti ulteriori impianti di arricchimento europei a partire dal **2027** , mentre la crescita della capacità di conversione è generalmente più lenta, con ampliamenti significativi non previsti prima del 2030.

Ciò significa che un SMR convenzionale a uranio leggero non è esente da rischi legati al combustibile.

È semplicemente supportato da una catena di approvvigionamento occidentale molto più matura rispetto ai sistemi a reattore veloce HALEU o MOX.

8.43 Le scorte di carburante costituiscono un cuscinetto strategico

Secondo i dati dell'ESA, le società di servizi pubblici dell'UE hanno aumentato le proprie scorte dall'invasione russa dell'Ucraina e, alla fine del 2025, detenevano complessivamente oltre tre rifornimenti annuali medi di uranio equivalente, sebbene le posizioni delle singole società varino.

Un futuro operatore italiano non dovrebbe quindi basarsi esclusivamente su:

Consegna annuale di carburante just-in-time.

La pianificazione della sicurezza del carburante dovrebbe determinare:

- Scorte di rifornimento strategico;
- diversificazione dei fornitori;
- arricchimento della diversità;
- alternative di fabbricazione.

Le scorte di carburante immobilizzano capitali.

Riduce inoltre il rischio di interruzioni dovute a fattori geopolitici.

8.44 HALEU rappresenta un rischio qualitativamente più difficile

HALEU non è semplicemente un "carburante leggermente più arricchito".

Richiede una catena commerciale ancora in fase di sviluppo per:

- arricchimento;
- deconversione;
- trasporto;
- fabbricazione.

Il Dipartimento dell'Energia degli Stati Uniti afferma esplicitamente che l'HALEU non è attualmente disponibile dai fornitori commerciali nazionali nella quantità necessaria e che le carenze di approvvigionamento possono ritardare la messa in funzione dei reattori avanzati. Gli Stati Uniti hanno creato un Programma federale per la disponibilità di HALEU proprio per affrontare questo problema.

Questo fatto è strategicamente importante per l'Italia.

Se gli Stati Uniti, principale mercato occidentale a breve termine per i reattori avanzati, continuano a ricorrere all'intervento pubblico per garantire la disponibilità di HALEU, l'Italia non dovrebbe trattare la fornitura di HALEU come un normale acquisto di merce.

8.45 L'HALEU europeo è ancora meno maturo

Il programma di lavoro di ricerca e formazione di Euratom 2026-2027 individua la capacità europea di realizzare un impianto HALEU come obiettivo strategico per i **primi anni 2030** .

L'iniziativa della Commissione sulla sicurezza dei radioisotopi del settembre 2026 individua anche lo sviluppo di **una capacità HALEU metallica con sede nell'UE** come una priorità futura.

Ciò significa che un reattore italiano dipendente da HALEU, che dovesse avviare a breve una procedura di approvvigionamento, dipenderebbe da una filiera del combustibile che l'Europa stessa è ancora in fase di sviluppo.

8.46 Un reattore può essere completo e non essere comunque in grado di avviarsi perché il combustibile è in ritardo

Questa è la modalità di guasto essenziale di HALEU.

Un progetto può essere completato:

- ingegneria civile;
- installazione del reattore;
- connessione alla rete;
- messa in servizio dei sistemi.

Senza carburante autorizzato:

Non esiste una prima criticità.

Gli interessi sul debito continuano a maturare mentre le entrate restano pari a zero.

Il programma di utilizzo del combustibile deve pertanto essere parte integrante del percorso critico del reattore fin dalla fase iniziale di selezione delle tecnologie.

8.47 Il combustibile MOX/per reattori veloci crea una dipendenza diversa

La strategia sui carburanti proposta da newcleo si basa su MOX e materiali riciclati anziché su HALEU.

Questo evita una dipendenza.

Ne crea un altro.

Una strategia MOX commerciale richiede:

- materiale contenente plutonio;
- fabbricazione;
- salvaguardie;
- trasporto;
- disposizioni per il ritrattamento.

La legge del 2026 consente una futura regolamentazione della fabbricazione e del riprocessamento del combustibile nucleare, ma l'Italia non dispone attualmente di infrastrutture commerciali per reattori MOX.

Pertanto, un programma nazionale per reattori LFR che presupponga la sovranità nazionale sul ciclo del combustibile richiederebbe di fatto un **secondo programma di investimenti nucleari,** oltre a quello per la flotta di reattori.

8.48 La scelta del ciclo del combustibile può determinare la data di messa in funzione più della costruzione del reattore.

Un progetto LWR maturo può essere rallentato principalmente da:

- sito;
- licenze;
- costruzione.

Un progetto avanzato può essere rallentato da tutti e tre i fattori, oltre a:

- qualificazione del carburante;
- impianto di fabbricazione;
- licenze di trasporto;
- salvaguardie.

Ecco perché la maturità tecnologica deve essere definita dal **sottosistema di implementazione più debole** .

8.49 La capacità industriale italiana è reale ma disomogenea

Il capitolo 4 ha istituito una base industriale nucleare italiana specializzata, composta da circa **70 aziende,** nell'ambito del progetto Edison-Ansaldo Nucleare-TEHA.

Nel periodo di riferimento del 2022, tali aziende hanno generato circa 457 milioni di euro di attività specificamente legate al settore nucleare e hanno sostenuto circa 2.800 posti di lavoro.

Questa è una capacità significativa.

Non si tratta di un sistema di produzione su scala industriale già in grado di fornire 20 SMR identici.

8.50 La qualificazione di grado nucleare è un programma a sé stante

Il programma Ansaldo Energia–RINA 2026 è esplicitamente rivolto ad aziende **attualmente non attive nel settore nucleare** ma in possesso di competenze trasferibili.

Il processo comprende:

valutazione delle lacune;
certificazione;
qualificazione;
formazione.

Ciò conferma una distinzione industriale fondamentale:

La capacità produttiva italiana è superiore alla capacità produttiva italiana qualificata nel settore nucleare.

Un obiettivo di contenuto locale che ignori tale distinzione può causare ritardi nelle procedure di appalto.

8.51 La certificazione non può essere accelerata indefinitamente

La qualificazione nucleare prevede:

sistemi di qualità documentati;
tracciabilità dei materiali;
controlli da parte del fornitore;
qualifica di saldatore;
NDE;
controllo della configurazione;
cultura della sicurezza nucleare.

La norma ISO 19443, ad esempio, aggiunge requisiti di qualità e sicurezza specifici per il settore nucleare rispetto alla norma generica ISO 9001 e richiede un'implementazione verificata, non una dichiarazione di competenza.

Pertanto, un'azienda identificata nel 2027 come potenziale fornitore potrebbe non essere pronta per un ordine di classe di sicurezza nel 2028.

La qualificazione dei fornitori deve iniziare con sufficiente anticipo.

8.52 Il programma può fallire scegliendo contenuti locali più velocemente di quanto i fornitori possano qualificarsi

La pressione politica per un elevato contenuto di componenti nazionali è economicamente comprensibile.

Ma richiedere a un fornitore nazionale non qualificato di sostituire un fornitore estero qualificato di classe di sicurezza può creare:

- ritardo normativo;
- modifica del progetto;
- rischio di pianificazione.

L'obiettivo industriale nazionale deve pertanto distinguere:

- lavoro immediatamente localizzabile;
- lavoro localizzabile dopo la certificazione;
- Materiale proprietario/fornitore che rimane importato durante FOAK.

Altrimenti la localizzazione diventa un problema in termini di tempistiche.

8.53 La produzione in serie non è comprovata, anche se i singoli fornitori sono eccellenti

In Italia esistono aziende in grado di produrre:

- navi nucleari uniche;
- forgiati;
- tubature;
- strutture di fusione.

L'economia dei SMR presuppone qualcosa di diverso:

produzione ripetuta di molti moduli identici.

Ciò richiede:

- produttività della fabbrica;
- Apprendimento in catena di montaggio;
- visibilità dell'ordine;
- design standard.

La strategia della Commissione per i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) al 2026 afferma esplicitamente che la convenienza economica dipende dalla modularità e dalla produzione in serie e non è stata ancora dimostrata nella pratica.

L'esistenza di fabbricanti qualificati è quindi necessaria, ma non sufficiente.

8.54 La scarsa visibilità degli ordini può arrestare gli investimenti nelle fabbriche

I produttori non investiranno centinaia di milioni in:

attrezzature specializzate;
Officine pulite;
personale addetto al controllo qualità nucleare;
saldatura automatizzata;
per un programma costituito da un reattore incerto.

Il modello industriale SMR necessita di:

- volume di flotta credibile;
- design stabile;
- programma credibile.

Questo crea una dipendenza circolare:

impegno della flotta → investimento in fabbrica → costi inferiori

Ma

Il governo potrebbe richiedere una dimostrazione di costi inferiori prima di impegnarsi nell'acquisto di una flotta.

Interrompere questo circolo vizioso è uno dei principali problemi di politica commerciale relativi ai reattori modulari di piccole dimensioni (SMR).

8.55 Le competenze rappresentano un collo di bottiglia a livello di sistema

La sfida italiana in termini di competenze va ben oltre i saldatori.

Un programma nazionale richiede una crescita simultanea in:

- personale dell'ente regolatore;
- personale operativo;
- ingegneri nucleari;
- analisti della sicurezza;
- Controllo qualità;
- NDE;
- protezione dalle radiazioni;
- controlli di progetto;
- avvocati specializzati in diritto nucleare;
- pianificatori di emergenza.

L'AIE identifica la capacità della forza lavoro e della catena di approvvigionamento come condizioni essenziali per l'espansione del nucleare.

Anche la strategia SMR 2026 della Commissione europea considera lo sviluppo delle competenze un requisito fondamentale per l'implementazione.

8.56 La competenza dell'operatore rappresenta una sfida distinta dalla competenza ingegneristica.

L'Italia ha ingegneri con esperienza nel settore nucleare.

Attualmente non esiste una forza lavoro italiana addetta alla gestione di reattori nucleari commerciali in funzione sul territorio nazionale.

Il futuro operatore richiede:

- personale qualificato in sala di controllo;
- manutenzione;
- chimica;
- gestione del carburante;
- pianificazione delle interruzioni;
- protezione dalle radiazioni;
- organizzazione di emergenza.

Queste competenze devono essere presenti **prima del rifornimento di carburante** .

La formazione deve quindi iniziare anni prima del primo intervento chirurgico.

8.57 La formazione del fornitore importato crea un'esperienza utile ma anche dipendenza

Il primo operatore può fare molto affidamento su:

- simulatori di fornitori;
- centri di formazione esteri;
- distacchi presso impianti di riferimento.

È una cosa sensata.

Ma lo Stato deve garantire un sufficiente trasferimento di conoscenze all'Italia per evitare una dipendenza permanente dal supporto di operatori stranieri per il normale funzionamento degli impianti.

La strategia per la forza lavoro dovrebbe pertanto distinguere:

assistenza iniziale del fornitore

da

competenza nazionale a lungo termine.

8.58 Il profilo anagrafico e il trasferimento di conoscenze sono importanti

La competenza in campo nucleare dipende in modo insolito dalla conoscenza tacita.

Un ingegnere senior della sicurezza può avere:

- decenni di esperienza nell'analisi degli incidenti;
- conoscenza degli enti regolatori;
- Capacità di interpretazione del codice.

Sostituire tale individuo con un neolaureato qualificato non garantisce la salvaguardia immediata delle capacità.

Ciò è particolarmente rilevante per ISIN e per gli istituti preesistenti.

Il programma deve quindi prevedere la sovrapposizione di diverse generazioni di personale, anziché la semplice sostituzione dei posti vacanti.

8.59 L'acqua può distruggere un sito dopo anni di sviluppo

Il capitolo 7 ha stabilito che il sistema di raffreddamento e il dissipatore di calore finale di un reattore devono essere adeguati alle future condizioni climatiche.

Nel 2026 il distretto di Po ha subito notevoli tensioni.

Il **25 giugno 2026** , l'Autorità di Bacino ha comunicato quanto segue:

- La portata del fiume è notevolmente inferiore alle medie di riferimento;
- La portata di Po a Pontelagoscuro è inferiore alla soglia di intrusione salina di 450 m^3/s;
- Intrusione salina che raggiunge circa 16-20 km nei rami del delta;
- restrizioni all'irrigazione nei territori interessati.

Ciò non dimostra che Trino o Caorso non possano ospitare un reattore.

Ciò dimostra che la disponibilità idrica non può più essere considerata una risorsa fissa e preesistente.

8.60 Il rischio idrico si manifesta tardivamente se la valutazione del sito è superficiale

Un progetto può richiedere anni:

- terra;
- griglia;
- politica;

prima di scoprire che:

- flusso di siccità;
- temperatura di scarico;
- flusso ambientale;
- utilizzo competitivo dell'acqua

rendere impraticabile il concetto di raffreddamento originale.

Pertanto, la modellazione idrologica dovrebbe essere inclusa nelle prime fasi della valutazione del sito.

Un passaggio tardivo al raffreddamento a secco può influire su:

- SPESE IN CAPITALE;
- efficienza dell'impianto;
- Ingombro del sito.

8.61 Il cambiamento climatico può invalidare un'ipotesi relativa al sito senza renderlo fisicamente impossibile

Il rischio climatico spesso **moltiplica i costi di progettazione** anziché rappresentare un'esclusione assoluta.

Un sito può rimanere utilizzabile solo dopo aver aggiunto:

- Barriere antialluvione più resistenti;
- scambiatori di calore più grandi;
- raffreddamento a secco/ibrido;
- attrezzature sopraelevate;
- ingressi ridondanti.

Il rischio del programma è che la stima iniziale dei costi presupponesse che queste misure non fossero necessarie.

È quindi necessario valutare i costi delle misure di adattamento climatico prima di prendere la decisione finale di investimento.

8.62 Le località costiere scambiano il rischio di siccità con il rischio di inondazioni e di eventi marini.

Vivere in una località costiera può ridurre la dipendenza dall'acqua dolce.

Aumenta l'esposizione a:

- mareggiata;
- variazione del livello del mare;
- calore marino;
- tsunami;
- erosione costiera.

Pertanto, spostare un progetto dall'entroterra alla costa non elimina il rischio climatico.

Modifica la famiglia di rischio.

8.63 I rifiuti rimangono un rischio per la credibilità del percorso critico anche prima di diventare un vincolo tecnico del reattore.

L'Italia non dispone di un archivio nazionale operativo.

Dopo la chiusura del periodo di autocandidatura del CNAI nel marzo 2024, **non essendo pervenute autocandidature** , il processo è passato alla Valutazione Ambientale Strategica.

Nel giugno 2026, l'amministratore delegato di Sogin ha dichiarato che l'obiettivo attuale dell'azienda è il completamento del National Repository entro **il 2039** .

Si tratta di un obiettivo dell'operatore, non di un programma autorizzato.

Ciò crea una potenziale sovrapposizione temporale durante la quale l'Italia potrebbe tentare di:

- concedere in licenza un nuovo reattore;
- mentre la posizione del repository rimane irrisolta.

Le misure legalmente possibili e le misure politicamente credibili non sempre coincidono.

8.64 Il ritardo del repository può propagarsi direttamente nelle politiche di sviluppo di nuove versioni.

La questione di politica pubblica è ovvia:

Perché creare nuove scorie nucleari prima che la vecchia infrastruttura per lo smaltimento sia completata?

Un governo può avere risposte tecnicamente valide riguardo a:

- decenni tra il caricamento del combustibile e lo smaltimento finale;
- deposito temporaneo esistente;
- separare le classi di rifiuti.

Ma se il progetto del deposito rimane palesemente bloccato, questa argomentazione diventa politicamente più difficile da sostenere.

Il repository funge quindi da **variabile di fiducia** per il programma di nuova compilazione.

8.65 Lo smaltimento geologico rimane una seconda porta di rifiuti irrisolta

Il Deposito Nazionale rappresenta principalmente una soluzione definitiva per i rifiuti radioattivi a bassissima e bassa attività (VLLW/LLW) e un deposito temporaneo per materiali ad alta attività.

L'Italia ha ancora bisogno di un percorso geologico definitivo per:

- Rifiuti altamente pericolosi;
- ILW a lunga durata;
- combustibile esaurito destinato allo smaltimento.

Pertanto, il completamento del National Repository non elimina tutte le incertezze relative al back-end.

Ciò è particolarmente importante per le scelte tecnologiche relative alla produzione di nuovi combustibili esauriti.

8.66 Lo stallo sui rifiuti può avere ripercussioni sui finanziamenti

Gli investitori esaminano:

- responsabilità dell'operatore;
- tasse sui rifiuti;
- costi del deposito;
- condizioni tassonomiche;
- obblighi di smantellamento.

Se le ipotesi di smaltimento non sono definite, diventa più difficile quantificare il valore delle passività future.

Il risultato può essere:

- maggiori imprevisti;
- requisiti di rendimento più elevati;
- richiesta di garanzia statale.

La politica in materia di rifiuti incide quindi sul costo del capitale anche decenni prima dello smaltimento.

8.67 L'opposizione politica alla localizzazione dei rifiuti e dei reattori può rafforzarsi a vicenda

L'opposizione al deposito non è la stessa cosa dell'opposizione al reattore.

Ma le questioni interagiscono nel dibattito pubblico.

Un territorio che sta valutando la costruzione di un reattore potrebbe chiedersi se:

- Il combustibile esaurito rimane sul posto a tempo indeterminato;
- Il repository è in ritardo;
- Lo smaltimento geologico esiste.

Pertanto, il ritardo nella gestione dei rifiuti può ridurre il numero di siti per reattori politicamente fattibili, anche laddove il sito del reattore stesso sia tecnicamente accettabile.

8.68 Il programma può fallire anche a causa di un eccessivo ottimismo sulla data della prima potenza

Gli obiettivi ministeriali in materia di lingua per il biennio 2033-34 e quelli in materia industriale per il 2035 non costituiscono programmi di progetto autorizzati.

Se queste date vengono incorporate in:

- approvvigionamento;
- promesse politiche;
- investimenti industriali;

Il programma potrebbe iniziare a considerare i normali tempi di rilascio delle licenze nucleari come "ritardi".

Ciò può generare pressione per:

- recensione compressa;
- Pagare i fornitori in eccesso;
- emettere garanzie in anticipo.

Il realismo nella pianificazione costituisce pertanto di per sé un meccanismo di controllo del rischio.

8.69 La previsione della classe di riferimento è essenziale

La domanda di pianificazione corretta non è:

"Quanto tempo, secondo il fornitore, richiederà la costruzione?"

È:

"Quanto tempo è trascorso, nel passaggio dal quadro giuridico alla fase operativa commerciale, da programmi nucleari analoghi, che hanno aperto la strada a nuove applicazioni?"

Le classi di riferimento pertinenti includono:

- Darlington BWRX-300;
- Vogtle AP1000;
- Hinkley EPR;
- EPR di Flamanville;
- I progetti di reattori avanzati stanno entrando nella fase di costruzione.

Il punto non è presumere che l'Italia ripeterà lo scenario peggiore.

Serve a impedire che la pianificazione presupponga l'assenza di casi avversi.

8.70 La pianificazione di emergenza deve includere la fase di pre-costruzione, non solo la fase di costruzione.

Un venditore può pubblicizzare:

Costruzione della durata di 36 mesi.

Il programma governativo deve includere anche:

- legge;
- regolatore;
- sito;
- VIA;
- revisione del progetto;
- approvvigionamento;
- finanziamento;
- produzione a lungo termine;
- test pre-operativi.

Pertanto, la “durata della costruzione” è solo una componente del “tempo alla prima potenza”.

8.71 Le modifiche di progettazione importate possono causare rilavorazioni a cascata

Se l'ente regolatore di riferimento richiede una modifica progettuale mentre l'Italia sta già effettuando la progettazione del sito, le conseguenze possono includere:

- riprogettazione urbana;
- cambi di fornitore;
- nuova analisi;
- ulteriore revisione da parte dell'ente regolatore.

Un primo progetto italiano dovrebbe quindi ridurre al minimo la progettazione di dettaglio prematura rispetto a un progetto la cui base è ancora in fase di sostanziale evoluzione.

Ciò è particolarmente rilevante per le tecnologie che non hanno ancora ottenuto l'approvazione definitiva del progetto.

8.72 L'armonizzazione normativa può ridurre il rischio, ma non eliminare le differenze nazionali.

La strategia dell'UE in materia di riserve valutarie minime promuove:

- revisioni preliminari congiunte;
- cooperazione tra gli enti regolatori;
- standardizzazione.

Ciò può ridurre le duplicazioni.

Ma l'Italia conserva le responsabilità nazionali per:

- sito;
- diritto ambientale;
- pianificazione delle emergenze;
- sicurezza;
- licenza nazionale.

Pertanto, l'armonizzazione normativa riduce i rischi, non sostituisce la licenza.

8.73 Gli aiuti di Stato possono diventare parte del percorso critico

Laddove il finanziamento si basi su un sostegno pubblico selettivo, le norme UE in materia di aiuti di Stato potrebbero richiedere l'approvazione della Commissione.

Se il pacchetto di supporto subisce modifiche sostanziali a causa di:

- I costi aumentano;
- variazioni del prezzo di esercizio;
- La garanzia si estende;

Anche la strategia di approvazione potrebbe richiedere una revisione.

Pertanto, l'intervento in materia di aiuti di Stato dovrebbe iniziare prima che il finanziamento diventi definitivo.

La scoperta tardiva della necessità di riprogettare il pacchetto economico può ritardare la decisione finale di investimento.

8.74 Il trattamento fuori bilancio non elimina il rischio economico

Una garanzia potrebbe non richiedere un pagamento in contanti al momento dell'emissione.

Un CFD può avere costi contenuti quando i prezzi di mercato sono elevati.

L'obbligo di risarcimento potrebbe non essere mai emesso.

Questi strumenti creano comunque un'esposizione contingente.

Un rapporto di livello governativo dovrebbe quindi pubblicare:

- importo nominale garantito;
- valore atteso, ove appropriato;
- esposizione allo stress;
- requisito massimo di liquidità credibile.

Senza questo, i confronti fiscali tra le diverse tecnologie risultano distorti.

8.75 La chiusura anticipata rappresenta il caso di stress più grave in termini di passività contingenti.

Supponiamo che un reattore finanziato dallo Stato chiuda dopo dieci anni anziché sessanta.

Le potenziali esposizioni non risolte includono:

- debiti insoluti;
- contratti per il carburante non utilizzato;
- deficit del fondo per lo smantellamento;
- gestione del combustibile esaurito;
- richieste di risarcimento;
- capacità di sostituzione.

Un modello di finanziamento che funziona solo per 60 anni di funzionamento ininterrotto non è stato sottoposto a test di stress completi.

Il capitolo 9 dovrebbe pertanto includere un caso di chiusura anticipata in ciascuna fase di finanziamento del progetto.

8.76 Gli impegni multi-unità possono amplificare il fallimento FOAK

Le considerazioni economiche relative alla flotta incoraggiano l'ordine di diversi moduli identici.

Ma ordinare troppe unità prima che esistano prove FOAK può consolidare una struttura dei costi difettosa.

Il programma si trova quindi di fronte a un problema di sequenziamento:

ordinare troppo pochi → nessuna economia seriale

rapporto

ordinare troppi ordini troppo presto → replicare i problemi FOAK.

Una struttura di opzioni a fasi può preservare il potenziale della flotta, consentendo al contempo ai dati provenienti dall'Unità 1 di influenzare gli impegni successivi.

8.77 La concentrazione della flotta presso un unico fornitore presenta vantaggi e rischi

Vantaggi:

- formazione comune;
- ricambi comuni;
- licenze semplificate;
- apprendimento seriale.

Rischi:

- insolvenza del fornitore;
- problema di progettazione sistemica;
- dipendenza dai combustibili;
- blocco della contrattazione

Il programma dovrebbe quindi distinguere:

standardizzazione

da

dipendenza da un'unica fonte non gestita.

8.78 Un'eccessiva diversità tecnologica crea il problema opposto

Una flotta composta da:

- BWR;
- POTENZA;
- HTGR;
- LFR;

richiederebbe più:

- competenze per l'ottenimento della licenza;
- sistemi di alimentazione;
- operatori;
- sistemi di gestione dei rifiuti;

- percorsi di addestramento.

La diversificazione può ridurre la concentrazione dei fornitori.

Un'eccessiva diversità distrugge le economie di scala della flotta.

Il giusto equilibrio deve essere stabilito attraverso la progettazione di programmi nazionali, piuttosto che tramite appalti ad hoc per singoli progetti.

8.79 La strategia di esportazione industriale può in parte coprire i ritardi interni

Le aziende italiane del settore nucleare esportano già.

Ciò crea un importante meccanismo di resilienza.

Se il FOAK nazionale subisce un calo, le imprese italiane qualificate possono continuare a partecipare a:

- Rumeno;
- Francese;
- REGNO UNITO;
- Stati Uniti/Canada;
- fusione

programmi.

L'iniziativa di qualificazione Ansaldo-RINA è quindi utile indipendentemente dalle tempistiche di costruzione nazionali.

La politica industriale nucleare nazionale non deve necessariamente dipendere interamente da una singola data di costruzione italiana.

8.80 La politica industriale stessa può creare il rischio di costi irrecuperabili

Il contrario rimane vero.

Se il governo sovvenziona pesantemente la conversione delle fabbriche prima:

- selezione del progetto;
- Qualifica dei fornitori;
- impegno relativo alla flotta;

Le imprese possono investire in:

- codice errato;
- componente errato;
- capacità errata.

Il sostegno all'industria dovrebbe pertanto seguire segnali credibili di domanda.

8.81 Il rischio di “localizzazione cartacea”

Un contratto può contenere un'alta percentuale di "valore italiano".

Ciò non significa necessariamente che i sistemi più strategici siano italiani.

I contenuti locali possono concentrarsi su:

- calcestruzzo;
- opere civili;
- isola convenzionale;

mentre l'Italia rimane dipendente dall'estero:

- carburante;
- progettazione del reattore;
- I&C di sicurezza
- IP.

Pertanto, la segnalazione della localizzazione dovrebbe distinguere:

contenuto economico locale

da

contenuto sovrano strategico.

8.82 La dipendenza dal carburante è spesso più importante dal punto di vista strategico rispetto alla dipendenza dai componenti.

La mancanza di una valvola importata può ritardare la manutenzione.

La mancata ricarica del combustibile può arrestare il reattore.

Pertanto, la sicurezza del carburante merita un'attenzione maggiore durante tutto il suo ciclo di vita rispetto a quanto suggeriscano le percentuali di localizzazione dei componenti riportate dai principali report.

Ciò è particolarmente importante per HALEU e per le forme di carburante specifiche dei fornitori.

8.83 La dipendenza da fornitori/sicurezza informatica va inserita nello stesso registro dei rischi

Il capitolo 7 stabilisce che i sistemi di reattori importati possono dipendere da:

- software;
- aggiornamenti;
- strumenti di ingegneria.

Un rapporto con un fornitore che si deteriora sul piano politico può quindi creare:

- cibernetico;
- manutenzione;
- pezzo di ricambio

problemi anche laddove l'approvvigionamento di uranio rimane sicuro.

La sovranità tecnologica deve essere valutata lungo l'intero ciclo di vita.

8.84 Il rischio non può essere eliminato trasferendolo a Sogin o allo Stato

Un errore ricorrente nei progetti pubblici è quello di considerare un problema "risolto" quando viene trasferito da un'azienda che gestisce il progetto a un ente pubblico.

Esempi:

- Lo Stato garantisce i prestiti per la costruzione;
- Sogin presume lo spreco;
- I contribuenti si fanno carico del deficit derivante dallo smantellamento.

Il progetto potrebbe diventare finanziabile.

Il rischio a livello nazionale rimane.

Pertanto, la relazione dovrebbe valutare il rischio a **livello consolidato del settore pubblico** , e non semplicemente a livello della singola società di progetto.

8.85 Il sostegno pubblico deve prevedere condizioni di uscita esplicite

Qualsiasi garanzia pubblica o meccanismo di sostegno deve specificare:

- scadenza;
- massima esposizione;
- condizioni preliminari;
- fattori scatenanti la terminazione.

Altrimenti, il sostegno temporaneo di FOAK potrebbe trasformarsi in un sussidio permanente per la flotta senza un'esplicita riconsiderazione.

Ciò è particolarmente importante se si prevede che le unità successive beneficeranno di una riduzione dei costi di produzione in serie.

8.86 L'aumento dei costi dovrebbe comportare una nuova approvazione anziché un'espansione automatica dei finanziamenti.

Un programma disciplinato richiede soglie in corrispondenza delle quali:

- Asse;
- MEF;
- Governo;
- Il Parlamento, ove legalmente richiesto,

è necessario riconsiderare il progetto.

Esempi di fattori scatenanti rilevanti includono:

- Il costo previsto supera il budget approvato;
- Il programma si sposta oltre la fascia definita;
- La garanzia statale richiesta aumenta in modo sostanziale;
- Il dispositivo di riferimento FOAK ha subito un grave guasto tecnico.

Lo scopo non è quello di annullare automaticamente.

Serve a impedire che un aumento graduale dei costi vanifichi la decisione di investimento iniziale.

8.87 Il fallimento di un sito dovrebbe innescare competizione tra le aree, non un ripetuto indebolimento dei criteri

Se il candidato preferito non riesce:

- sismico;
- alluvione;
- acqua;

La risposta corretta è un sito diverso o una tecnologia/soluzione di raffreddamento diversa.

Non si dovrebbe automaticamente allentare i criteri di sicurezza/ambientali per rispettare la tempistica politica.

Altrimenti, la pressione derivante dai costi irrecuperabili può distorcere il processo decisionale tecnico.

8.88 Un guasto tecnologico non dovrebbe automaticamente compromettere l'intero programma nazionale

Allo stesso modo, il fallimento di un fornitore non è la prova che ogni tecnologia nucleare sia impraticabile.

Un programma nazionale resiliente dovrebbe distinguere:

- guasto specifico della tecnologia;
- guasto localizzato;
- fallimento dell'intero programma.

Per questo motivo lo Stato dovrebbe mantenere delle alternative nelle fasi iniziali.

Ma le alternative devono essere sufficientemente limitate da non sovraccaricare l'organismo di regolamentazione.

8.89 Alcune modalità di guasto sono recuperabili; altre compromettono la fattibilità del progetto.

Recuperabile con modifiche limitate

- sostituzione del fornitore;
- qualifica aggiuntiva;
- modesto rinforzo della rete;
- Chiarimenti limitati in materia di licenze.

Potenzialmente trasformativo per il programma

- nessun sito idoneo;
- nessun percorso del carburante;
- L'ente regolatore non è in grado di rilasciare la licenza;
- Il costo di FOAK è di gran lunga superiore al budget approvato;
- Un'importante inversione di tendenza politica;
- Architettura basata sui rifiuti respinta senza alternative.

La risposta del management dovrebbe quindi dipendere dal fatto che l'obiettivo nazionale di fondo rimanga raggiungibile o meno.

8.90 Un pratico pannello di controllo per l'allerta precoce

I seguenti indicatori consentono al governo e agli organi di controllo di individuare il deterioramento prima che diventi irreversibile.

Indicatore	segnale di avvertimento
Legislazione delegata	Decreti chiave incompleti in prossimità della scadenza legale
Personale addetto alla regolamentazione	Rimangono posti vacanti nelle specializzazioni relative alla sicurezza dei reattori, mentre iniziano le candidature
Revisione del carico di lavoro	Le tappe fondamentali della revisione della sicurezza vengono ripetutamente posticipate
Processo del sito	Nessun host tecnicamente credibile intraprende un'indagine dettagliata
processo costituzionale	Le controversie sulle competenze rimangono irrisolte prima della designazione del sito.
EIA	Richieste ripetute di dati mancanti o sospensione
FOAK all'estero	Il progetto di riferimento si discosta significativamente dal budget/tempistiche concordato.
Investimenti italiani	Le previsioni superano le riserve approvate
Finanziamento	Impegni di capitale proprio/debito subordinati all'ampliamento del sostegno statale
Costo del capitale	Il prezzo del finanziamento aumenta in modo significativo prima della decisione finale di investimento.
Carburante	Meno di due vie di approvvigionamento credibili a lungo termine per il combustibile convenzionale; nessuna via qualificata per il combustibile avanzato
HALEU	Il contratto di fornitura commerciale rimane subordinato all'assegnazione pubblica.
Catena di fornitura	La qualificazione del fornitore per la classe di sicurezza non rispetta la data di ordinazione a lungo termine.
forza lavoro	I tassi di posti vacanti presso operatori/regolatori aumentano con l'accelerazione del settore edile.
Acqua	La fattibilità del raffreddamento fallisce a causa della siccità/calore di progetto.
Sciupare	Le tappe fondamentali per la localizzazione dei repository continuano a slittare senza alternative
Responsabilità pubbliche	L'esposizione alla garanzia si espande più rapidamente del completamento fisico del progetto.
Stabilità delle politiche	Proposta di modifica legislativa sostanziale dopo impegni irreversibili

Si tratta di indicatori gestionali, non di previsioni politiche.

8.91 La titolarità del rischio deve essere esplicitata

Rischio	Titolare principale della mitigazione
Quadro legislativo	Governo/Parlamento
Risorse normative	Quadro normativo e di finanziamento governativo
Sicurezza del sito	Richiedente del progetto + ente regolatore
governo territoriale	Governo / Regioni / Comuni nell'ambito di procedure statutarie
Costo di costruzione	Società di progetto / EPC / fornitore secondo contratto
Finanziamento	Sponsor + finanziatori + Stato in cui viene scelto il supporto
Carburante	Operatore/fornitore
Fornitori di materiale nucleare	Fornitore/integratore + fornitori
forza lavoro	Sistema operatore/fornitore/regolatore/ricerca
Progettazione idrica/climatica	Richiedente + autorità di regolamentazione/ambientali
Finanziamento dei rifiuti	Operatore per la nuova costruzione; quadro normativo statale per le passività pregresse
Programma di repository	Sogin/MASE nell'ambito dell'architettura esistente
cambiamento politico-politico	Non può essere assegnato a un singolo attore tecnico; gestito a livello contrattuale/fiscale
Responsabilità dello Stato contingente	Supervisione del MEF/Governo

Il rischio senza un proprietario tende a diventare, per impostazione predefinita, rischio statale.

8.92 Condizioni che dovrebbero impedire l'impegno FOAK irreversibile

Prima di prendere la decisione finale di investimento, affinché il programma mantenga la sua coerenza interna, devono sussistere simultaneamente le seguenti condizioni:

1. La legislazione attuativa è operativa;
2. L'ente regolatore ha un piano di organico finanziato e allineato al carico di lavoro effettivo delle revisioni;
3. la tecnologia selezionata dispone di un regolatore di riferimento affidabile e di una base di progettazione stabile;
4. Almeno un sito ha superato la fase iniziale di verifica tecnica e la procedura territoriale;
5. viene accertata la fattibilità idrica/climatica;
6. Il processo ambientale non presenta problemi fatali irrisolti;
7. La fornitura di carburante è contrattualmente garantita;
8. I principali fornitori di componenti nucleari a lungo termine sono qualificati;
9. Il programma di formazione degli operatori è finanziato e attivo;
10. Vengono stabilite le norme relative al finanziamento dei rifiuti e del combustibile esaurito;
11. La struttura finanziaria individua chi si fa carico dei ritardi e degli extracosti;
12. Le passività potenziali pubbliche sono quantificate;
13. Il percorso degli aiuti di Stato è chiaro laddove pertinente;
14. Le prove fornite da FOAK non hanno invalidato le ipotesi relative a costi e tempi.

Si tratta di condizioni di coerenza del programma, non di una raccomandazione a favore o contro l'impiego di armi nucleari.

8.93 Condizioni che dovrebbero imporre una nuova definizione della base di riferimento del progetto

Un progetto dovrebbe essere rivalutato anziché essere lasciato proseguire secondo i parametri di riferimento originali quando:

- Il fornitore di riferimento apporta modifiche sostanziali al progetto del reattore;
- I costi di FOAK all'estero subiscono variazioni sostanziali;
- Modifiche al concetto di raffreddamento del sito;
- L'ente regolatore necessita di una profonda riprogettazione;
- L'inizio dei lavori di costruzione subisce notevoli variazioni;
- Modifiche alla strategia sui carburanti;
- La percentuale di localizzazione cambia in modo sostanziale;
- Il tasso di interesse/costo del capitale varia in modo significativo;
- Le ipotesi relative al deposito/smaltimento dei rifiuti cambiano.

La nuova linea di base dovrebbe mostrare:

- costo;
- programma;
- Sostegno statale;
- prezzo dell'elettricità;
- responsabilità civile

Ancora.

Senza una nuova definizione dei parametri di riferimento, la direzione può mantenere un titolo obsoleto mentre il progetto reale cambia al di sotto di esso.

8.94 Condizioni che dovrebbero far prendere in considerazione la cessazione del progetto

Non esiste una soglia di terminazione numerica universale difendibile prima della definizione del progetto.

Ma il quadro decisionale dovrebbe prevedere esplicitamente la cessazione nei casi in cui:

- Nessun sito risulta più soggetto a licenza;
- Il carburante non può essere fornito entro un lasso di tempo credibile;
- il progetto perde la sua validità normativa;
- Il finanziamento non può essere concluso senza il supporto al di fuori dei limiti autorizzati;
- Il progetto non soddisfa più lo scopo del programma nazionale che lo aveva giustificato.

Lo scopo di un kill switch non è quello di semplificare la disattivazione.

Serve a garantire che i costi irrecuperabili non diventino l'unica ragione per ulteriori spese.

8.95 L'Italia dovrebbe distinguere il fallimento del programma dal fallimento del primo progetto.

Il programma nazionale potrebbe comunque avere valore anche se uno dei candidati FOAK non dovesse superare la selezione.

Esempi:

Il sito non funziona → un sito alternativo potrebbe essere ancora disponibile.

Il fornitore fallisce → potrebbe rimanere un reattore alternativo.

di scariche di combustibile avanzate , potrebbe rimanere attivo il percorso convenzionale LWR-SMR.

Al contrario, alcuni fallimenti incidono sull'architettura nazionale:

- guasto al regolatore;
- nessuna via di localizzazione territoriale;
- modello di finanziamento politicamente/fiscalmente inaccettabile;
- Un'inversione di rotta legislativa fondamentale.

Tale distinzione deve essere mantenuta nelle fasi decisionali del Capitolo 9.

8.96 Il rischio nascosto più grande è l'ottimismo simultaneo

Ciascuna ipotesi può apparire ragionevole:

- decreti in un anno;
- sito trovato rapidamente;
- Riutilizzo della licenza estera;
- costruzione in quattro anni;
- basso tasso di finanziamento;
- elevato contenuto locale;
- Repository risolto entro il 2039.

Il programma diventa irrealistico se **ogni ipotesi ottimistica deve verificarsi simultaneamente** .

La pianificazione di classi di riferimento richiede un programma centrale in cui si verificano alcuni ritardi.

Lo scenario più precoce dovrebbe essere considerato come la convergenza positiva di condizioni insolitamente favorevoli, non come lo scenario di riferimento.

8.97 La dotazione statutaria di 60-67,5 milioni di euro è destinata alla preparazione del programma, non al capitale di rischio.

Come stabilito nel Capitolo 1, gli stanziamenti a breve termine previsti dalla legge ammontano a decine di milioni di euro.

Il capitale di rischio effettivo per un FOAK è di ordini di grandezza superiore.

I soli dati relativi al primo BWRX-300 di Darlington dimostrano una spesa di miliardi di dollari per la prima unità, ancor prima di considerare una specifica architettura di finanziamento italiana.

Pertanto, gli stanziamenti a breve termine non dovrebbero creare l'impressione che lo Stato abbia già risolto:

- finanziamento delle costruzioni;
- garanzie contro i rischi;
- fondi sprecati;
- Spese in conto capitale per la rete elettrica.

Non lo è.

8.98 L'UE può sostenere la riduzione del rischio, ma gli strumenti dell'UE non finanzieranno automaticamente il programma.

La Commissione ha annunciato una **garanzia di 200 milioni di euro** volta a sostenere gli investimenti privati connessi allo sviluppo dei reattori modulari di piccole dimensioni (SMR).

Si tratta di un utile supporto catalitico.

È di dimensioni ridotte rispetto a una flotta nazionale.

La stessa Strategia di investimento per le energie pulite della Commissione europea afferma che il finanziamento dei SMR (sistemi modulari di piccole dimensioni) rimane una sfida a causa degli elevati rischi tecnologici e di implementazione.

L'Italia non dovrebbe pertanto considerare il sostegno politico dell'UE come un sostituto del proprio modello di finanziamento.

8.99 Un FOAK fallito può comunque generare conoscenza industriale, ma ciò non fa scomparire la perdita finanziaria.

Esiste un argomento industriale legittimo secondo cui i primi progetti creano:

- competenze;
- fabbriche;
- conoscenza normativa;
- esportazioni.

I casi Hinkley e Sizewell illustrano come gli effetti di serie e il trasferimento di conoscenze possano generare valore economico tra i progetti; EDF registra un pagamento di 1,6 miliardi di sterline legato alle competenze acquisite durante il progetto e ai benefici di serie nell'ambito della struttura Sizewell/Hinkley.

Ma i benefici dell'apprendimento non giustificano automaticamente un aumento illimitato dei costi del FOAK.

Lo Stato deve attribuire esplicitamente valore all'apprendimento, anziché considerare ogni sforamento di bilancio come un investimento strategico a posteriori.

8.100 Valutazione complessiva

Il programma nucleare italiano, in fase di sviluppo, è esposto a una **catena di rischi che si rafforzano a vicenda** , non a una singola incertezza tecnica decisiva.

La principale debolezza istituzionale risiede nel fatto che il programma inizia mentre l'architettura normativa è ancora in fase di definizione.

ISIN dispone di una solida base professionale e ha ricostruito le proprie capacità in modo significativo rispetto agli anni precedenti, ma la sua pianificazione per il 2026 prevede ancora assunzioni per raggiungere il limite massimo di personale previsto dalla legge e il suo direttore ha esplicitamente affermato che è necessario rafforzare il processo di autorizzazione per i nuovi reattori.

L'incertezza principale relativa all'ubicazione è altrettanto concreta.

L'unico processo nazionale italiano attualmente in vigore per l'assegnazione di siti a scorie radioattive non è riuscito a generare un'autocandidatura volontaria entro i termini previsti. Ciò non determina l'esito della procedura di assegnazione dei siti ai reattori, ma dimostra perché l'accettazione territoriale non può essere inserita nel calendario come un successo amministrativo scontato.

Il rischio finanziario maggiore è rappresentato dall'interazione tra la costruzione del FOAK e il costo del capitale.

Le attuali evidenze internazionali dimostrano che i ritardi possono tradursi direttamente in miliardi di dollari di costi aggiuntivi per il finanziamento e il completamento. Il caso di Hinkley Point C riguarda un reattore di grandi dimensioni, ma l'aggiornamento dei costi previsto per il 2026 rende inequivocabile il meccanismo di correlazione tra tempi e costi. Darlington fornisce un esempio più rilevante nel settore dei reattori modulari di piccole dimensioni (SMR): il primo BWRX-300 e le infrastrutture comuni rappresentano già impegni multimiliardari ancor prima di conoscere i costi aggiuntivi per la localizzazione, il finanziamento e le licenze in Italia.

Il rischio maggiore di dipendenza dall'esterno non risiede solo nel minerale di uranio, ma nelle parti più ristrette della catena del combustibile nucleare.

Nel 2025, la Russia rappresentava ancora **il 22,55% dei servizi di arricchimento forniti alle aziende di servizi pubblici dell'UE** , mentre la Commissione riconosceva che la capacità occidentale di conversione e arricchimento rimaneva concentrata e limitata.

Per i reattori HALEU il problema è più acuto. Gli Stati Uniti si avvalgono di un programma pubblico di disponibilità di HALEU perché l'offerta su scala commerciale non è ancora sufficiente, mentre il programma di lavoro dell'UE mira a sviluppare la capacità europea di produzione di HALEU entro i primi anni del 2030.

Il più grande equivoco in ambito industriale sarebbe quello di equiparare la vasta economia manifatturiera italiana a una filiera di fornitura per il parco nucleare già qualificata.

In Italia, secondo la valutazione TEHA/Edison/Ansaldo, si contano circa 70 aziende specializzate nel settore nucleare, ma il programma Ansaldo-RINA di luglio 2026 esiste proprio perché un numero maggiore di imprese qualificate necessita ancora di certificazione e qualificazione nucleare.

Il rischio ambientale più evidente è quello idrico e climatico.

Le condizioni del bacino del Po nel 2026 dimostrano che un fiume precedentemente utilizzato da centrali nucleari può trovarsi contemporaneamente ad affrontare riduzioni di portata, restrizioni all'irrigazione e intrusione salina. La futura localizzazione dei reattori deve pertanto basarsi sulla resilienza climatica di fine secolo, piuttosto che sulla disponibilità idrica storica.

Il rischio legato ai rifiuti non risiede nella mancanza di conoscenze tecniche dell'Italia in materia di rifiuti radioattivi.

Il rischio è di natura istituzionale e temporale.

Il Deposito Nazionale non ha ancora un ospite selezionato, dopo che la fase di autocandidatura non ha prodotto alcun volontario, mentre l'obiettivo di completamento del progetto Sogin è fissato al 2039 e l'Italia non dispone ancora di una soluzione definitiva per lo smaltimento geologico dei materiali a più lunga vita.

Infine, la continuità politica non può essere considerata una costante.

La politica nucleare italiana ha già subito una sostanziale inversione di tendenza dopo i referendum del 1987 e del 2011. Un futuro programma nucleare si estenderebbe per diversi cicli politici prima di poter entrare in funzione.

Il principio di programma risultante è quindi il seguente:

Il programma nucleare italiano non fallisce quando emerge un rischio. Fallisce quando lo Stato continua a trattare ipotesi irrisolte a monte come se fossero già state risolte e investe capitali irreversibili prima che esistano le prove.

La corretta disciplina del percorso critico non consiste quindi nell'eliminare l'incertezza, poiché ciò è impossibile.

Si tratta di garantire che:

- Ogni rischio importante ha un responsabile;
- Ogni ipotesi importante ha delle prove a sostegno;
- ogni spesa irreversibile ha dei prerequisiti;

- ogni garanzia pubblica ha un limite quantificato;
- Ogni deviazione significativa dalla pianificazione/dai costi comporta un ricalcolo della base di riferimento;
- I costi irrecuperabili non devono mai essere l'unico argomento a favore della continuazione.

Se tali condizioni vengono mantenute, i guasti possono rimanere specifici del progetto e quindi recuperabili.

In caso contrario, problemi gestibili individualmente possono propagarsi fino a causare il fallimento di un programma nazionale.

CAPITOLO 8 — REGISTRO DELLA SORGENTE DI CARICO

Architettura giuridica e regolamentare italiana

L1 — Senato della Repubblica, DDL n. 1924. Periodo di dodici mesi per la legislazione delegata e ampio perimetro programmatico che comprende la produzione nucleare, il ciclo del combustibile, i rifiuti, la governance della sicurezza e l'architettura finanziaria.
Senato — Testo ufficiale del DDL 1924

L2 — Senato, lavori finali, 23 settembre 2026. Dibattito parlamentare e ordine del giorno approvato in merito all'indipendenza dell'ISIN, alle risorse e alla salvaguardia delle competenze regolamentari.
Senato — Lavori finali sulla DDL 1924

Capacità regolamentare

G1 — ISIN, Piano generale di attività 2026-2028. Piani di reclutamento per il raggiungimento dell'organico statutario di 90 persone, di cui 60 risorse tecniche, e continuo rafforzamento delle competenze specialistiche.
ISIN — Piano generale di attività 2026-2028

G2 — ISIN, regolamento organizzativo 2025. Organico legale di 90 persone: fino a 60 risorse tecniche e 30 risorse amministrative/legali, comprese le posizioni dirigenziali.
ISIN — regolamento organizzativo 2025

G3 — Il direttore dell'ISIN, Francesco Campanella, durante un'audizione al Senato il 1° luglio 2026. L'attuale ente regolatore necessita di un rafforzamento per un futuro mandato di rilascio di licenze per nuovi reattori.
ISIN — Audizione al Senato sulla capacità regolamentare

Rischio territoriale e di contenzioso

L3 — Corte Costituzionale, Sentenza n. 331/2010. Dichiarati incostituzionali i divieti nucleari regionali generalizzati; differenziazione delle competenze statali e regionali in materia di ambiente/rifiuti e produzione di energia.
Corte Costituzionale — Sentenza 331/2010

L4 — Corte Costituzionale, Sentenza n. 33/2011. Requisiti per un'adeguata partecipazione delle regioni interessate all'architettura di autorizzazione nucleare.
Corte Costituzionale — Sentenza 33/2011

G4 — Sogin — Localizzazione del repository nazionale. Nessuna autocandidatura presentata entro la scadenza di marzo 2024; il processo è stato trasferito al SEA della proposta CNAI.
Sogin — Processo di localizzazione del repository nazionale

G5 — Bollettino Ufficiale dell'Emilia-Romagna, dicembre 2025. Posizione istituzionale per l'esclusione della ripresa della produzione nucleare presso l'ex sito di Caorso. Emilia-Romagna — Posizione istituzionale di Caorso

G6 — Regione Sardegna, 30 luglio 2025. Opposizione regionale formale al quadro di abilitazione nucleare.
Sardegna — Posizione della delegazione nucleare

G7 — Regione Toscana, 30 luglio 2025. Voto negativo formale e preoccupazioni in materia di governance.
Toscana — Posizione della delegazione nucleare

G8 — Regione Umbria, 29 luglio 2025. Posizione negativa e dichiarata disponibilità a ricorrere in giudizio costituzionale.
Umbria — Posizione della delegazione nucleare

Inversione di rotta storica

L5 — Servizio di ricerca della Camera dei Deputati, 25 maggio 2026. Ricostruzione ufficiale dell'uscita dal nucleare del 1987 e del referendum del 2011 che pose fine al programma nucleare, allora rinnovato.
Camera dei Deputati — Fascicolo legislativo della delegazione nucleare

Costo di costruzione e classe di riferimento FOAK

I1 — Ontario Power Generation, maggio 2025. Programma SMR a quattro unità di Darlington, circa 20,9 miliardi di dollari canadesi, inclusi interessi, adeguamento e imprevisti; prima unità circa 6,1 miliardi di dollari canadesi più 1,6 miliardi di dollari canadesi di sistemi/servizi comuni.
OPG — Informativa sui costi del programma SMR di Darlington.

I2 — EDF, risultati annuali 2025 pubblicati a febbraio 2026. Aggiornamento su tempi e costi di Hinkley Point C: 35 miliardi di sterline in valuta del 2015; un possibile ritardo di un anno aggiunge circa 1 miliardo di sterline in valuta del 2015.
EDF — Aggiornamento su tempi e costi di Hinkley Point C

I3 — Georgia Power — Storico dei costi e delle tempistiche del progetto Vogtle Unità 3 e 4. Dati di riferimento per l'escalation del rischio di costruzione di nuove centrali nucleari negli Stati Uniti.
Aggiornamento sui costi e sulle tempistiche di Georgia Power — Vogtle

Finanziamento e costo del capitale

S1 — Agenzia Internazionale dell'Energia, 2025, *Il percorso verso una nuova era per l'energia nucleare* . Difficoltà nel finanziamento del nucleare, rischio di costruzione, ruolo del governo, flussi di cassa prevedibili, CfD/PPA/RAB e riduzione del costo del

capitale attraverso l'allocazione del rischio.
IEA — Finanziamento dei progetti nucleari

S2 — Agenzia per l'energia nucleare dell'OCSE, *finanziamento, progettazione del mercato e gestione dei progetti nella costruzione di nuove centrali nucleari* . Il rischio di costruzione come fattore determinante del costo del capitale; rilevanza sia per i grandi reattori che per i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR).
OCSE-NEA — Finanziamento e gestione dei progetti nella costruzione di nuove centrali nucleari.

S3 — OCSE-NEA — *Nuove prospettive per il finanziamento di nuove centrali nucleari* . Allocazione del rischio, ruolo del governo e quadro di riferimento del costo del capitale.
OCSE-NEA — Finanziamento di nuove centrali nucleari e costo del capitale

G9 — Commissione europea, marzo 2026 — Strategia di investimento per le energie pulite. I reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) sono stati identificati come soggetti a maggiori rischi tecnologici e di implementazione; misure di riduzione del rischio UE/BEI.
Commissione europea — Strategia di investimento per le energie pulite

G10 — Commissione europea, marzo 2026 — fabbisogno di investimenti nel settore nucleare. Meccanismo di garanzia da 200 milioni di euro per il sostegno agli investimenti privati relativi ai reattori modulari di piccole dimensioni (SMR).
Commissione europea — Fabbisogno di investimenti nel settore nucleare

Rischi industriali e di dipendenza del SMR europeo

G11 — Commissione europea, COM(2026)117. Il modello commerciale SMR è ancora da dimostrare nella pratica; dipendenza da modularità, produzione in serie, catene di approvvigionamento affidabili e finanziamenti.
Commissione europea — Strategia SMR COM(2026)117

G12 — Commissione europea, 10 marzo 2026. Catena di approvvigionamento europea, cooperazione normativa, proprietà intellettuale europea e obiettivi di autonomia strategica.
Annuncio della strategia UE per i mercati di piccole e medie dimensioni (SMR) della Commissione europea.

Combustibile, uranio e arricchimento

G13 — Agenzia per l'approvvigionamento di Euratom, Rapporto annuale 2025 / Osservatorio di mercato. Consegne, scorte e origine dei servizi di arricchimento dell'uranio nel 2025; UE 72,91%, Russia 22,55%, altri paesi extra-UE 4,54%.
Agenzia per l'approvvigionamento di Euratom — Dati di mercato del combustibile nucleare per il 2025

G14 — Commissione europea, valutazione quadriennale REPowerEU, aprile 2026. Persistente dipendenza russa dal ciclo del combustibile nucleare; capacità di conversione e arricchimento occidentale limitata; nuova capacità di arricchimento prevista dal 2027 e successive aggiunte di capacità di conversione. Commissione europea — Valutazione della dipendenza dal ciclo del combustibile nucleare REPowerEU

HALEU

G15 — Dipartimento dell'Energia degli Stati Uniti — Programma di disponibilità di HALEU. La carenza di approvvigionamento commerciale di HALEU è stata identificata come un potenziale vincolo per lo sviluppo di reattori avanzati. Dipartimento dell'Energia degli Stati Uniti — Programma di disponibilità di HALEU.

G16 — Dipartimento dell'Energia degli Stati Uniti — Processo di assegnazione HALEU. Programma di assegnazione federale a supporto degli sviluppatori di reattori/combustibili durante la fase di consolidamento della fornitura commerciale nazionale.
Dipartimento dell'Energia degli Stati Uniti — Processo di assegnazione HALEU.

G17 — Commissione europea, Programma di lavoro Euratom 2026-2027. Obiettivo di ricerca e industriale dell'UE a sostegno della capacità europea di produrre combustibili HALEU a partire dai primi anni 2030. Commissione europea — Programma di lavoro Euratom per la ricerca e la formazione 2026-2027

Capacità industriale e di qualificazione italiana

I4 — Edison / Ansaldo Nucleare / TEHA. Circa 70 aziende nucleari italiane specializzate; attività legate al nucleare per 457 milioni di euro e circa 2.800 posti di lavoro supportati nello scenario di riferimento del 2022. Edison — Studio sulla base industriale nucleare italiana

I5 — Ansaldo Energia / RINA, 27 luglio 2026. Programma strutturato di qualificazione nucleare rivolto in particolare alle imprese non ancora attive nel settore nucleare ma in possesso di competenze trasferibili. RINA — Programma italiano di qualificazione della filiera nucleare

I6 — RINA — ISO 19443. Requisiti specifici per il settore nucleare in materia di gestione della qualità, cultura della sicurezza, controllo dei fornitori e tracciabilità dei materiali. Certificazione di qualità nucleare RINA — ISO 19443

I7 — Ansaldo Nucleare, febbraio 2026. Certificazione ISO 19443 di Ansaldo Nucleare a riprova della soglia di qualità specialistica richiesta nel settore nucleare. Ansaldo Nucleare — Certificazione ISO 19443

Acqua e clima

G18 — Autorità distrettuale del bacino del Po, 25 giugno 2026. Portate ridotte, restrizioni all'uso dell'acqua e intrusione salina durante l'estate 2026. Autorità del bacino del Po — Condizioni idrologiche di giugno 2026

G19 — Autorità distrettuale del bacino del Po, 25 giugno 2026 — sintesi idrologica. Il fiume scorre al di sotto dei livelli di riferimento e Pontelagoscuro al di sotto della soglia di intrusione salina.
Autorità di bacino del Po — Stato idrologico, 25 giugno 2026

Rifiuti e deposito nazionale

G20 — Sogin — Deposito nazionale e parco tecnologico. Nessuna autocandidatura; proseguimento della valutazione ambientale strategica della CNAI e del processo di selezione del sito.
Sogin — Programma del deposito nazionale.

G21 — Sogin, audizione al Senato di luglio 2026. Avanzamento dello smantellamento pari al 47,7% e obiettivo dell'operatore di completare il Deposito Nazionale entro il 2039.
Sogin — Audizione al Senato sul Deposito Nazionale e sul programma nucleare.

G22 — Sogin, agosto 2026. Ripristino ARERA degli anticipi del National Repository dopo il completamento della documentazione di pianificazione richiesta, a dimostrazione della continua supervisione finanziaria/regolamentare del progetto.
Sogin — ARERA e finanziamento del programma National Repository.

FINE DEL CAPITOLO 8

CAPITOLO 9 — PIANO DI INSTALLAZIONE CON OROLOGI, PROPRIETARI E INTERRUTTORI DI SICUREZZA

9.1 Risultato esecutivo

L'Italia non dispone ancora di un programma di costruzione di reattori. Possiede tuttavia l'atto costitutivo di un programma, a partire dal quale tale programma potrà eventualmente scaturire.

Tale distinzione è alla base di questo capitolo.

Alla data limite di fatto del **26 settembre 2026** , il DDL n. 1924 aveva ricevuto l'approvazione definitiva del Parlamento il 23 settembre, ma risultava ancora registrato al Senato come **“approvato definitivamente, non ancora pubblicato”** . Il termine legale di dodici mesi per l'attuazione dei decreti legislativi non può quindi essere calcolato legalmente a partire dal 23 settembre. Inizia solo alla data di entrata in vigore della legge. **[L]**

Ai fini del controllo del programma, il presente capitolo definisce pertanto:

T0 = data di entrata in vigore della legge abilitante sul nucleare sostenibile

Tutti gli orari obbligatori previsti dalla legge sono misurati a partire da T0.

Gli anni solari vengono quindi indicati come intervalli di pianificazione, presupponendo che la pubblicazione e l'entrata in vigore avvengano senza un ritardo prolungato dopo la data limite di riferimento del rapporto. Se T0 si sposta, ogni traguardo collegato a T0 si sposta di conseguenza, a meno che il lavoro non possa essere legittimamente svolto come attività amministrativa preparatoria.

La conclusione principale è che l'affermazione pubblica del Governo secondo cui il **periodo 2033-2034 sarebbe "nella migliore delle ipotesi"** non è impossibile come obiettivo politico puramente di scenario limite, ma si colloca al di fuori di una prudente linea di base del programma centrale. Lo stesso Ministro Pichetto Fratin ha qualificato il periodo 2033-34 con *"ben che vada"* e ha contemporaneamente riconosciuto che le norme di attuazione devono ancora stabilire le autorizzazioni, il modello di controllo e l'architettura della trasparenza pubblica. **[M]**

I tre casi di pianificazione presi in considerazione in questa relazione sono pertanto:

Caso	attività commerciale FOAK	Interpretazione della pianificazione
Disciplinato / primo credibile	**2034–2036**	Richiede un'attuazione legale insolitamente rapida, un progetto di riferimento importato e consolidato, un sito accettabile in tempi brevi, l'espansione dell'autorità di regolamentazione, la chiusura del finanziamento e la costruzione senza grandi interruzioni da parte di FOAK.
Caso di studio del programma centrale	**2037–2040**	Consente di avere tempi realistici per lo sviluppo normativo, la selezione della tecnologia, la qualificazione del sito, la valutazione ambientale, il finanziamento e l'apprendimento da progetti di riferimento.
Caso ritardato	**Oltre il 2042**	Attivato da ritardi sostanziali nei decreti, capacità di regolamentazione, localizzazione, contenzioso, finanziamento, tecnologia di riferimento, rifiuti o costruzione

Si tratta di **fasce orarie programmate, non di previsioni** .

L'intuizione fondamentale è che la produzione iniziale di energia non è controllata principalmente dalla durata di costruzione annunciata del reattore, bensì dall'intera filiera:

legge → ente regolatore → tecnologia → sito → valutazione ambientale → licenza di sicurezza → finanziamento → catena di approvvigionamento → costruzione → messa in servizio → licenza di esercizio.

Una promessa di costruzione di un reattore in quattro anni non si traduce in produzione di energia elettrica in quattro anni se sono necessari sei anni prima di poter iniziare a lavorare il primo impianto nucleare in cemento.

La classe di riferimento lo illustra chiaramente. Ontario Power Generation ha selezionato il BWRX-300 per Darlington nel **dicembre 2021** , ha presentato la domanda di licenza di costruzione nell'ottobre **2022** , ha ottenuto la licenza di costruzione nell'aprile **2025** , ha superato il primo importante punto di controllo della costruzione nel **marzo 2026** e prevede il collegamento alla rete entro la fine del **2030.** Il personale della CNSC prevede attualmente che la sola revisione della licenza di esercizio richiederà circa **35 mesi** dalla presentazione della domanda nel marzo 2026. **[I]**

L'Italia, alla fine del 2026, si troverà in una fase istituzionale precedente rispetto a quella in cui si trovava Darlington quando OPG selezionò il suo reattore nel 2021. L'Italia deve ancora completare il proprio quadro normativo e regolamentare.

Di conseguenza, un FOAK italiano credibile e operativo entro **il 2034-36** richiede che quasi tutte le principali fasi del programma procedano con successo e, in parte, in parallelo.

Un risultato per il **periodo 2037-40** consente una tempistica più realistica per:

- decreti attuativi;
- Reclutamento e formazione degli enti regolatori;
- utilizzo di licenze di riferimento estere;
- selezione tecnologica;
- screening a livello nazionale;
- indagine dettagliata del sito;
- procedure ambientali e transfrontaliere;
- Revisione dei finanziamenti e degli aiuti di Stato;
- produzione a lungo termine;
- costruzione;
- messa in servizio.

Lo **scenario successivo al 2042** diventa sempre più probabile ogni qualvolta uno dei gate non comprimibili del programma fallisce, in particolare:

- nessun sito ospitante tecnicamente credibile;
- L'ente regolatore non è pronto ad accettare la documentazione relativa a una nuova costruzione;
- Il riferimento tecnologico rimane instabile;
- Il finanziamento non può essere finalizzato;
- permessi di costruzione;
- La catena del carburante non è disponibile;
- Le controversie di grande rilevanza richiedono la ripetizione di una procedura.

La questione del 2050 è ancora più impegnativa.

Il modello PNIEC 2024 ha ipotizzato, in uno scenario prudenziale, una **capacità nucleare di circa 8 GW entro il 2050** , in grado di soddisfare circa **l'11% della domanda di elettricità** , con circa **1,3 GW** impiegati in cogenerazione e in grado di fornire circa **16 TWh di calore industriale** . Senza il vincolo imposto dal modello, che limita l'installazione alla metà del potenziale tecnico stimato, la capacità nucleare prevista dal modello sale a circa **16 GW e al 22% della domanda di elettricità** . Questi rimangono scenari, non impegni di approvvigionamento. **[G]**

L'aritmetica ha importanti implicazioni industriali.

Se la prima unità da 300 MWe entrasse in servizio nel 2035, per raggiungere gli 8 GW entro il 2050 sarebbe necessario un incremento medio, dopo la prima centrale, di circa **1,8 moduli da 300 MWe all'anno** ; per raggiungere i 16 GW sarebbero necessari circa **3,6 moduli all'anno** .

Se la prima fornitura di energia elettrica slitta al 2039, tali tariffe aumentano approssimativamente a:

- **2,4 moduli all'anno** per 8 GW;
- **4,8 moduli all'anno** per 16 GW.

Se la prima potenza viene raggiunta solo nel 2043, la media implicita sale approssimativamente a:

- **3,8 moduli all'anno** per 8 GW;
- **7,6 moduli all'anno** per 16 GW.

Questi numeri non rappresentano obiettivi di implementazione proposti. Dimostrano piuttosto un limite:

Quanto più tardi si avvicina la data del FOAK, tanto meno credibile diventa la soglia massima del PNIEC, a meno che l'Italia non adotti una costruzione multisito parallela, una produzione in serie e una capacità di finanziamento molto elevata.

Pertanto, i programmi FOAK e quelli relativi alla flotta devono essere gestiti in modo diverso.

L' **obiettivo del progetto FOAK** è dimostrare che l'Italia è in grado di ottenere la licenza, finanziare, costruire e gestire un reattore nucleare di progettazione standardizzata.

L' **obiettivo di NOAK** è dimostrare che lo stesso progetto può essere replicato più rapidamente, a costi inferiori e con una filiera produttiva italo-europea più ampia.

Lo Stato non dovrebbe vincolare contrattualmente un'intera flotta da 8-16 GW prima che il FOAK abbia generato prove sufficienti a convalidare le ipotesi che giustificano l'installazione in serie.

Allo stesso tempo, non si può aspettare l'entrata in funzione commerciale di FOAK per iniziare a pianificare la seconda e la terza unità, perché ciò renderebbe impossibile il raggiungimento delle dimensioni previste da PNIEC.

La strategia richiesta è quindi **il parallelismo condizionale** :

sviluppare le unità successive prima del completamento del FOAK, ma mantenere dei punti di interruzione/avvio legalmente e finanziariamente vincolanti in modo che un grave problema FOAK non si ripeta sull'intera flotta.

Questo capitolo fornisce tale architettura, come richiesto dal mandato di collaudo.

9.2 Principio del programma: lo Stato ha bisogno di un piano generale integrato

Il programma nucleare non dovrebbe operare come calendari ministeriali separati per:

- legge;
- approvvigionamento di reattori;
- deposito;
- griglia;
- industria;
- forza lavoro.

Questi programmi sono interdipendenti.

Il programma governativo necessita quindi di un unico **programma generale integrato controllato (IMS)** in cui ogni traguardo rilevante abbia:

- proprietario;
- data prevista;
- dipendenza;
- Documentazione necessaria per la compilazione del modulo;
- flessibilità di programmazione;
- conseguenze in caso di omissione.

Il sistema di gestione integrato (IMS) deve essere mantenuto dall'autorità centrale del programma, ma non deve interferire con l'indipendenza dell'organismo di regolamentazione della sicurezza nucleare.

Il suo scopo è il coordinamento del programma.

Non deve mai essere utilizzato per fare pressione sull'ente regolatore affinché emetta una decisione favorevole in materia di sicurezza al fine di rispettare una scadenza ministeriale.

9.3 Mappa dei proprietari istituzionali

Il programma richiede un unico responsabile politico-amministrativo, ma anche diversi responsabili funzionali indipendenti.

Funzione	Titolare principale	Responsabilità principale
Coordinamento del programma nazionale	Presidenza del Consiglio + MASE	Programma integrato, coordinamento legislativo, traguardi strategici.
Architettura di autorizzazione e politica energetica	MASE	Programma nucleare nazionale, quadro integrato per le autorizzazioni
Sicurezza nucleare	ISIN o autorità successore legittima	Rilascio indipendente di licenze, ispezioni e controlli
finanza pubblica	MEF	Garanzie, esposizione statale, rischio fiscale, struttura di finanziamento
politica industriale	MIMIT	Qualificazione della catena di fornitura, industrializzazione, localizzazione
Ricerca/tecnologia	MUR + ENEA + CIRTEN	Ricerca e sviluppo, competenze, programmi sui reattori avanzati
Griglia	Terna	Connessione, adeguatezza, rinforzi, integrazione di sistema
Rifiuti storici / Deposito nazionale	Sogin	Smantellamento, deposito e rifiuti storici
Regioni	Regione/i interessata/e	Cooperazione costituzionale e competenze regionali
Comuni	Località / comuni interessati	Consultazione locale e procedure territoriali
Sviluppo del progetto	Futuro operatore autorizzato / società di progetto	Progettazione, applicazione in loco, finanziamento, costruzione e gestione
Ambiente	MASE e autorità ambientali competenti	Valutazione di impatto ambientale/strategia ambientale e condizioni ambientali
Pianificazione delle emergenze	Prefetto + Protezione Civile + autorità territoriali	Preparazione esterna alle emergenze

Responsabilità/assicurazione nucleare	Operatore + MEF/autorità legali	Sicurezza finanziaria e valutazione del rischio contingente pubblico
Interfaccia UE/Euratom	Governo + autorità di regolamentazione + Rappresentanza permanente/Commissione	Euratom, aiuti di Stato, cooperazione transfrontaliera e regolamentare
Coordinamento della politica estera	MAECI	relazioni bilaterali e transfrontaliere tra Stati

Nessun singolo corpo dovrebbe essere contemporaneamente:

- promotore del progetto;
- Autorità di regolamentazione della sicurezza nucleare;
- responsabile delle decisioni in materia ambientale;
- finanziere.

9.4 Ufficio di gestione del programma

Un ufficio centrale **del programma nucleare** può coordinare l'attuazione senza diventare un ente regolatore della sicurezza.

Le sue funzioni minime dovrebbero includere:

- programma generale;
- registro dei rischi;
- coordinamento interministeriale;
- standard dei dati;
- baseline dei costi;
- coordinamento del rilevamento in loco;
- database industriale;
- piano di sviluppo delle competenze;
- Interfaccia di finanziamento dell'UE;
- divulgazione pubblica.

L'ufficio dovrebbe pubblicare un programma di base annuale che mostri:

- Programma attuale;
- variazioni rispetto all'anno precedente;
- rischi importanti;
- spesa pubblica impegnata;
- passività potenziali;
- progresso fisico.

Le conclusioni dell'ente regolatore della sicurezza dovrebbero essere integrate come input indipendenti, non modificate a posteriori negli obiettivi del programma.

9.5 T0 è legalmente più importante del voto del 23 settembre 2026

Al momento della scadenza, il Senato registra ancora il DDL 1924 come approvato ma non ancora pubblicato. **[L]**

Pertanto, il primo pannello di controllo ufficiale del programma nucleare dovrebbe mostrare separatamente:

Pietra miliare	Situazione al 26 settembre 2026
Il Parlamento approva la legge attuativa	**Completare**
Promulgazione	Non confermato nel controllo della fonte di interruzione
Pubblicazione	Non confermato
Entrata in servizio	Non ancora stabilito per questo rapporto
T0	**In attesa di**
T0+12m termine del decreto legislativo	Non è ancora possibile fornire una data precisa.

Ciò impedisce che il programma crei un falso conto alla rovescia previsto dalla legge.

9.6 I lavori possono comunque iniziare prima di T0

L'assenza di T0 non implica che il governo debba rimanere inattivo.

Il lavoro preparatorio può includere:

- redazione;
- raccolta dati;
- pianificazione della forza lavoro degli enti regolatori;
- impegno normativo internazionale;
- mappatura della catena di approvvigionamento;
- metodologia di screening del sito;
- Studi di Terna;
- pianificazione delle competenze;
- analisi finanziaria.

La distinzione giuridica sta nel fatto che tale attività preparatoria non sostituisce gli atti delegati necessari all'entrata in vigore della legge.

Ciò crea l'opportunità di ridurre la pressione sui tempi successivi senza travisare lo status legale.

9.7 Fase 0 — Da settembre 2026 a T0: mobilitazione

Titolare: Presidenza / MASE.

Risultati

- definire la governance del programma;
- creare un database di riferimento controllato;
- Congelare le ipotesi fattuali utilizzate in questo rapporto;
- preparare le linee di lavoro del decreto;
- definire la valutazione del divario di risorse ISIN;
- avviare la cooperazione tra autorità di regolamentazione;
- definire una metodologia nazionale per le indagini sul campo;
- emettere una richiesta di informazioni tecnologiche non vincolante;
- Avviare l'analisi delle opzioni di finanziamento del MEF;
- Inizio delle previsioni aggiornate sulla capacità di smaltimento dei rifiuti.

Porta 0 — attivazione legale

VIA: la legge viene pubblicata ed entra in vigore.

NON POSSIBILE per l'attuazione normativa: T0 non raggiunto.

Gli studi preparatori possono proseguire.

In questa fase nessun reattore deve essere considerato formalmente selezionato.

9.8 Fase 1 — Da T0 a T0+3 mesi: congelamento dell'architettura

I primi tre mesi dovrebbero stabilire la struttura che impedisca ai programmi successivi di divergere.

MASE / Presidenza

Produrre:

- piano di decreto consolidato;
- matrice delle responsabilità statutarie;
- Programmazione pubblica.

ISIN / futuro regolatore

Produrre:

- stima del carico di lavoro;
- Fabbisogno di personale per disciplina;
- piano di reclutamento/formazione;
- strategia di cooperazione tra autorità di regolamentazione estere.

Il piano ISIN 2026-2028 conferma un organico statutario di 90 dipendenti, suddivisi in linea generale tra 60 tecnici e 30 amministrativi/legali, e individua le ulteriori assunzioni necessarie per raggiungere tale obiettivo. **[G]**

Il suo direttore ha dichiarato nel luglio 2026 che l'attuale organismo di regolamentazione dovrebbe essere rafforzato per qualsiasi ampliamento del mandato di rilascio delle licenze per le nuove costruzioni. **[G]**

MIMIT

Produrre:

- censimento controllato dei fornitori;
- certificazioni attive;
- Mappa del divario di qualificazione.

Terna

Produrre:

- Presupposti per l'integrazione del nucleare nella rete elettrica;
- criteri per i nodi di trasmissione candidati.

Sogin

Produrre:

- Programma aggiornato del National Repository;

- metodologia incrementale di capacità di smaltimento dei rifiuti per le nuove costruzioni.

9.9 Fase 1 — prontezza istituzionale

Prima di avviare le procedure di appalto per progetti di una certa rilevanza, il Governo deve essere in grado di rispondere alle seguenti domande:

- chi rilascia le licenze;
- chi autorizza;
- chi regola la sicurezza;
- chi coordina la valutazione ambientale;
- chi possiede lo sviluppo commerciale;
- chi paga.

GO: le responsabilità sono legalmente inequivocabili.

HOLD: la responsabilità rimane divisa o contraddittoria.

ELIMINARE/RIPROGETTARE: l'architettura proposta è in sostanziale conflitto con l'indipendenza dell'autorità di regolamentazione o con i requisiti costituzionali.

9.10 Fase 2 — Da T0+3 a T0+6 mesi: lavoro parallelo su aspetti legali, di localizzazione e tecnologici

Le tre attività dovrebbero ora procedere in parallelo.

Percorso legale

- progetto di decreto attuativo;
- Negoziazione della Conferenza Unificata;
- Preparazione del Consiglio di Stato;
- pianificazione dell'interfaccia parlamentare.

Percorso tecnologico

Ridurre il mercato globale complessivo a circa:

- 2-3 candidati a breve termine per il raffreddamento ad acqua;
- 1 percorso strategico per reattori avanzati.

Tracciamento del sito

Applicare i criteri nazionali per i desktop a:

- ex siti nucleari;
- sito nucleare incompiuto;
- aree industriali dismesse post-termiche;

- altre zone industriali idonee.

Nessun sito ha ancora ricevuto lo status di sito preferenziale.

9.11 Richiesta di informazioni tecnologiche

La richiesta di informazioni (RFI) dovrebbe imporre ai fornitori di fornire un set di dati standard.

Campi minimi:

- stato di progettazione;
- regolatore di riferimento;
- FOAK attivo;
- produzione;
- carburante;
- arricchimento;
- programma di costruzione;
- costo del pernottamento;
- costo totale;
- Potenziale di contenuti italiani;
- opzioni di contratto per il carburante;
- volumi di rifiuti;
- requisiti di raffreddamento;
- termine di origine;
- capacità di raffreddamento a secco;
- modello di addestramento degli operatori;
- termini relativi alla sovranità digitale;
- restrizioni di licenza/proprietà intellettuale.

Ciò impedisce che le proposte dei fornitori vengano confrontate sulla base di presupposti non equivalenti.

9.12 Fase 3 — Da T0+6 a T0+12 mesi: pacchetto normativo

La legge di abilitazione concede al governo dodici mesi dall'entrata in vigore della legislazione delegata. **[L]**

Il programma dovrebbe quindi prevedere il completamento prima della scadenza legale, anziché utilizzare T0+12 come obiettivo di redazione.

Il pacchetto dovrebbe includere come minimo:

- Programma nucleare nazionale;
- architettura delle licenze;
- struttura regolatrice;
- ubicazione;
- cooperazione territoriale;
- integrazione ambientale;
- sciupare;
- ciclo del combustibile;
- smantellamento;
- garanzie dell'operatore;
- meccanismi di supporto;
- consultazione pubblica.

9.13 Porta 2 — legge applicabile, non semplici decreti pubblicati

Una data di pubblicazione ufficiale non è sufficiente.

La prova consiste nel verificare se uno sviluppatore è in grado di rispondere a questa domanda:

1. Quale domanda bisogna presentare?
2. A cui?
3. In base a quali standard tecnici?
4. In quale sequenza?
5. Con quale procedura ambientale?
6. Con quali prove sul luogo?
7. Con quali garanzie finanziarie?
8. Con quali diritti di appello?

VIA: le risposte sono sufficientemente complete da consentire un programma di sviluppo finanziabile.

ATTESA: le norme relative ai materiali rimangono indefinite.

RIPROGETTAZIONE: i decreti generano sistemi di autorizzazione incoerenti o sovrapposti.

9.14 Fase 4 — Da T0+9 a T0+18 mesi: implementazione dell'ente regolatore

Anche laddove la legislazione sia completa, l'organismo di regolamentazione necessita comunque di procedure operative.

I risultati attesi includono:

- Guida alle licenze per le nuove costruzioni;
- processo di pre-candidatura;
- processo di revisione della progettazione;
- processo di revisione del sito;
- Piano di ispezione dei lavori di costruzione;
- politica di affidamento agli enti regolatori esteri;
- quadro cibernetico nucleare;

- aspettative relative a incidenti gravi/sostanze di origine;
- criteri di interfaccia dei rifiuti.

Impostazione degli indicatori chiave di prestazione (KPI)

KPI	Prove verificabili
Posti tecnici autorizzati coperti	Registri delle risorse umane
Discipline specialistiche relative alle nuove costruzioni coperte	Matrice della forza lavoro
Sono stati stipulati contratti di supporto tecnico esterno.	Registro dei contratti
Protocolli d'intesa/accordi di lavoro con enti regolatori esteri	Strumenti firmati
Guide alle licenze pubblicate	Sito web dell'ente regolatore
Revisione della formazione completata	Registrazione dei dati
Arretrati di richieste	Segnalazione all'autorità di controllo

9.15 Cancello regolatore

GO: l'ente regolatore certifica di poter accettare il carico di lavoro definito per la pre-applicazione/l'ottenimento della licenza senza compromettere le funzioni di sicurezza esistenti.

TENERE IN SOSPESO: permangono significative lacune in termini di competenze specialistiche.

Nessun programma ministeriale dovrebbe prevalere su questo limite.

9.16 Fase 5 — Equivalente 2027-2028: prequalificazione tecnologica

Ipotizzando che T0 si verifichi senza ritardi significativi, questa fase si colloca all'incirca nel periodo 2027-2028.

La schermata tecnologica dovrebbe ora classificare i fornitori in:

- candidato all'impiego;
- candidato di riserva;
- Percorso strategico di ricerca e sviluppo.

Condizione minima di candidatura a breve termine

Il reattore deve avere:

- regolatore di riferimento identificabile;
- base di progettazione stabile;
- percorso di alimentazione credibile;
- programma di implementazione attiva;
- dati sufficienti per la delimitazione del sito;
- Il fornitore è disposto a collaborare con l'autorità di regolamentazione italiana;
- Strategia credibile per la catena di approvvigionamento italiana/europea.

Un concetto di fornitore privo di questi attributi rimane tecnologia di ricerca/strategia piuttosto che un candidato per l'approvvigionamento FOAK.

9.17 Gate 3 — selezione tecnologica

Una revisione completa a livello italiano non dovrebbe procedere con cinque o dieci tecnologie di reattori.

A questo punto il programma dovrebbe mantenere approssimativamente:

- **un progetto di riferimento a piombo;**
- **un concorrente di riserva/di riferimento valido;**
- **un percorso di ricerca e sviluppo separato per reattori avanzati, ove necessario.**

Questa non è una classifica politica delle tecnologie.

Si tratta di un requisito normativo in termini di carico di lavoro.

condizioni HOLD

- Il design è ancora in fase di evoluzione a livello materiale;
- catena del carburante non definita;
- Il progetto di riferimento presenta un grave problema di sicurezza irrisolto;
- Il fornitore si rifiuta di trasferire informazioni adeguate.

9.18 Le prove FOAK straniere devono rimanere un input attivo

La scelta della tecnologia non dovrebbe essere una decisione una tantum del 2028, destinata a diventare immune a successive evidenze.

Il programma dovrebbe monitorare continuamente:

- Darlington BWRX-300;
- Palisades SMR-300 se in possesso di licenza;
- Wylfa Rolls-Royce;
- Sviluppo NUWARD;
- Recensione dell'AP300;
- Xe-100;
- Sodio;
- Dimostratori di reattori al piombo.

La strategia SMR 2026 della Commissione europea punta esplicitamente a una prima implementazione europea all'inizio degli anni 2030 e promuove la diffusione della flotta, la cooperazione normativa e gli standard industriali comuni. **[G]**

L'ingresso tardivo dell'Italia crea un vantaggio informativo se utilizza queste prove anziché impegnarsi troppo presto.

9.19 Fase 6 — Indagine nazionale sui siti

L'indagine nazionale sui siti dovrebbe ora passare dalla fase di valutazione preliminare descritta nel Capitolo 3 alla fase di verifica tecnica formale.

Proprietario

Ufficio del programma MASE con:

- criteri tecnici dell'ente regolatore;
- Dati ISPRA/INGV/di bacino;
- Terna;
- Regioni/enti locali;
- contributo del proponente.

Obiettivo iniziale

Ridurre le scorte nazionali a circa:

- Da 3 a 5 aree tecnicamente credibili;
- almeno un'area di riserva indipendente dal sito principale.

9.20 Impostazione degli indicatori chiave di prestazione (KPI) per il sopralluogo

KPI	Prova
Aree candidate esaminate secondo criteri identici	database del sito nazionale
Schermo sismico da scrivania completo	Set di dati INGV/ente regolatore
Schermo idro/inondazione completato	Prove relative al bacino/ISPRA
fattibilità del raffreddamento	bilancio idrico
Valutazione della capacità della rete	Studio Terna
Percorso logistico	Studio sul trasporto eccezionale
Vincoli delle aree protette	File GIS/ambientale
Screening della popolazione/emergenza	Studio territoriale
Attuali conflitti relativi ai diritti fondiari e alla riqualificazione urbana.	Due diligence legale
Organizzazione regionale/municipale	Documentazione istituzionale formale

9.21 Fase 7 — Da T0+18 a T0+36 mesi: indagini sui siti candidati

A questo punto inizia l'indagine fisica.

Dovrebbe includere:

- Pozzi trivellati;
- geofisica;
- monitoraggio delle acque sotterranee;
- idrologia;
- meteorologia;
- studi marini in ambito costiero;
- analisi dei guasti capaci;
- Collegamento dettagliato della griglia;
- indagine sui trasporti

Nessun candidato dovrebbe ottenere lo status di sito preferenziale definitivo basandosi esclusivamente sulla classifica a tavolino.

9.22 Porta 4 — sopravvivenza del sito

Un sito candidato può procedere solo se non sussiste alcun problema fatale irrisolto in:

- sismicità;
- allagamento;
- acqua;
- pianificazione demografica/di emergenza;
- vincoli imposti dalle aree protette;
- griglia;
- controllo legale.

VIA: almeno un sito è sopravvissuto e rimane un backup credibile.

TENERE IN SOSPESO: sopravvive un solo sito, ma gli studi critici rimangono incompleti.

STOP/RESET: nessun candidato sopravvive.

Se la Fase 4 fallisce, il programma torna alla valutazione a livello nazionale dei siti, anziché indebolire i criteri tecnici.

9.23 Percorso di consenso e consultazione territoriale

Il processo territoriale dovrebbe iniziare prima dell'annuncio del sito preferenziale.

Le attività comprendono:

- impegno istituzionale a livello regionale;
- consultazione a livello comunale;
- pubblicazione della metodologia di screening;
- spiegazione dei principi di remunerazione;
- analisi delle infrastrutture locali.

Lo scopo non è quello di predeterminare il sostegno.

L'obiettivo è garantire che la consultazione avvenga mentre le alternative sono ancora concrete.

9.24 Fase 8 — equivalente 2028–2030: abbinamento dettagliato sito-tecnologia

Il reattore principale e il sito candidato devono ora essere progettati insieme.

È a questo punto che la tecnologia generica diventa un progetto italiano.

Gli studi comprendono:

- ingombro di ubicazione del reattore;
- concetto fondamentale;
- input sismico;
- sistema di raffreddamento;
- dissipatore di calore definitivo;
- termine di origine per la pianificazione delle emergenze;
- interfaccia a griglia;
- depositi di rifiuti;
- perimetro di sicurezza.

Una tecnologia che funziona in generale potrebbe non funzionare in un determinato sito.

Un sito adatto a un reattore potrebbe non esserlo per un altro.

9.25 Società di sviluppo progetti

Nella fase di definizione dettagliata del sito e della tecnologia, l'Italia richiede la presenza di un responsabile della progettazione/gestore legalmente definito.

La struttura proprietaria dell'operatore non è definita dalla legge istitutiva.

In linea di principio potrebbe comportare:

- utilità esistente;
- consorzio;
- società di progetto;
- capitale misto privato/pubblico.

Questo rapporto non seleziona un modello aziendale.

Qualunque modello venga scelto, deve possedere capitale e capacità tecniche sufficienti per diventare il titolare legalmente responsabile della licenza nucleare.

9.26 Porta di capacità dell'operatore

Prima che una richiesta di autorizzazione edilizia venga accettata, il richiedente deve dimostrare di essere qualcosa di più di una semplice società veicolo per il finanziamento.

Richiede:

- sistema di gestione nucleare;
- cultura della sicurezza;
- organizzazione tecnica;
- interfaccia di autorità di progettazione;
- programma di formazione per operatori;
- organizzazione di emergenza;
- responsabilità relative allo smaltimento dei rifiuti e alla dismissione.

Una società di comodo, interamente finanziata da appaltatori, non può sostituire l'operatore nucleare responsabile necessario per decenni.

9.27 Fase 9 — valutazione ambientale strategica / programma di lavoro ambientale

Laddove legalmente applicabile al Programma Nucleare Nazionale, la valutazione ambientale strategica dovrebbe essere completata con sufficiente anticipo affinché le successive decisioni relative al sito rimangano coerenti con le alternative nazionali valutate.

Dovrebbe analizzare:

- via nucleare;
- inviluppo di capacità;
- Famiglie di siti;
- alternative non nucleari ragionevoli;
- effetti cumulativi;
- sciupare;
- griglia;
- acqua.

Non si può permettere che la SEA diventi una correzione procedurale tardiva dopo che la procedura di appalto ha di fatto determinato l'esito.

9.28 Fase 10 — Valutazione di impatto ambientale del progetto e procedure transfrontaliere

La valutazione di impatto ambientale specifica per il progetto inizia una volta che sono disponibili sufficienti dettagli progettuali e del sito.

Deve includere, tra le altre cose:

- costruzione;
- raffreddamento;
- impatto sull'ambiente marino/acqua dolce;
- scariche radiologiche;
- biodiversità;
- traffico;
- sciupare;
- interfacce incidente/ambiente.

Laddove siano possibili effetti transfrontalieri significativi, le procedure di Espoo/VIA dovrebbero iniziare tempestivamente.

Anche l'articolo 37 di Euratom dovrebbe essere inserito in calendario, anziché essere trattato come una mera formalità successiva all'autorizzazione.

9.29 Porta ambientale

GO: il caso ambientale fornisce un insieme di condizioni attuabili e compatibili con la progettazione del progetto.

IN SOSPESO: sono necessari dati aggiuntivi/studi stagionali.

STOP/RIPROGETTAZIONE: le condizioni ambientali rendono inefficace il concetto di raffreddamento/ubicazione selezionato.

Il progetto quindi:

- modifica il sistema di raffreddamento;
- cambia il layout;
- o ritorna al sito di backup.

9.30 Fase 11 — architettura finanziaria

La struttura commerciale deve svilupparsi parallelamente al processo di concessione delle licenze, ma l'assegnazione definitiva dei rischi non dovrebbe essere firmata prima che la valutazione dei rischi relativi alla progettazione e al sito sia sufficientemente matura.

Domande guidate dal MEF

- Chi si fa carico dei costi aggiuntivi derivanti dai lavori di costruzione?
- Chi sopporta il ritardo?
- Chi si assume il rischio di fluttuazione dei prezzi di mercato?
- Chi finanzia la costruzione?
- Quale sostegno statale, se presente, viene fornito?
- Chi si assume il rischio di una chiusura politica?
- Come vengono vincolati i fondi destinati alla gestione dei rifiuti e allo smantellamento?
- Quali passività potenziali compaiono nel registro pubblico dei rischi?

La strategia di investimento in energia pulita della Commissione europea del marzo 2026 riconosce esplicitamente i maggiori rischi tecnologici e di implementazione per i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) e la necessità di ridurli, ponendo l'accento sulla mobilitazione di capitali privati piuttosto che considerare i finanziamenti pubblici come l'unica fonte. **[G]**

9.31 Lo Stato deve separare le funzioni sovrane dagli investimenti di progetto

Diverse funzioni del programma sono intrinsecamente pubbliche.

Funzioni sovrane/pubbliche

Il finanziamento pubblico è appropriato per:

- regolatore;
- legislazione;
- indagine nazionale sui siti;
- infrastrutture pubbliche per la sicurezza nucleare;
- pianificazione delle emergenze;
- funzioni internazionali/Euratom;
- scorie radioattive pregresse;
- ricerca di base;
- capacità di competenze pubbliche.

Queste funzioni esistono perché lo Stato regola l'attività nucleare.

funzioni specifiche del progetto

La società/gestore del progetto dovrebbe normalmente sostenere i costi commerciali di:

- approvvigionamento di reattori;
- sviluppo dettagliato del sito;
- dossier di autorizzazione del progetto;
- costruzione;
- ingegneria di progetto;
- forza lavoro operativa;
- contratti sui carburanti;
- sicurezza fisica;
- assicurazione;
- rifiuti di nuova costruzione;
- fondo di smantellamento.

Una decisione politica può trasferire parte del rischio commerciale allo Stato o ai consumatori.

Qualora ciò avvenga, il trasferimento deve essere esplicito.

9.32 Infrastruttura condivisa/regolamentata

Alcune spese richiedono un'allocazione specifica caso per caso.

Esempi:

- rinforzo della trasmissione;
- aggiornamenti delle porte;
- strade;
- infrastrutture idriche;
- accademie per la formazione professionale;
- Qualifica industriale FOAK.

Il programma dovrebbe distinguere:

infrastrutture pubbliche generali

da

beni il cui principale beneficiario è il progetto nucleare.

Altrimenti, la spesa in conto capitale (CAPEX) del progetto potrebbe essere sottostimata trasferendo le infrastrutture necessarie a bilanci pubblici non correlati.

9.33 Fase di finanziamento prima della decisione finale di investimento

La decisione finale di investimento non dovrebbe essere presa prima che:

- Il costo del progetto ha un ambito definito;
- Finanziamento già garantito;
- Approvato il meccanismo di sostegno statale;
- Percorso degli aiuti di Stato completato o sufficientemente certo;
- Contratti di allocazione del rischio stipulati;
- finanziato con fondi di emergenza;
- Quadro di finanziamento per lo smantellamento e lo smaltimento dei rifiuti operativo.

NON POSSIBILE: il progetto dipende da un futuro salvataggio o da una garanzia non ben definiti.

9.34 La rendicontazione CAPEX richiede un dizionario standard

Le cifre relative ai costi del nucleare sono spesso incomparabili.

Il programma dovrebbe essere pubblicato separatamente:

- Costo EPC notturno;
- costo per il proprietario;
- lavori in loco;
- griglia;
- sviluppo;
- licenze;
- finanziamento durante la fase di costruzione;
- escalation;
- contingenza;
- carburante;
- ricambi iniziali;
- infrastruttura condivisa multi-unità.

Il documento di messa in servizio rileva che i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) di classe FOAK da 300 MWe vengono spesso discussi in un ampio intervallo compreso **tra 1,2 e oltre 3 miliardi di dollari** , ma questo non può essere considerato un budget complessivo italiano senza una definizione precisa dell'ambito di applicazione.

Il parametro di confronto più rilevante attualmente disponibile per i progetti reali è Darlington.

Secondo quanto riportato dall'OPG:

- **6,1 miliardi di dollari canadesi** per il primo SMR;
- **1,6 miliardi di dollari canadesi** per sistemi/servizi comuni alle quattro unità previste;
- circa **20,9 miliardi di dollari canadesi** per il programma di quattro unità,

compresi interessi, aumento e imprevisti. **[I]**

Questi dati non sono direttamente confrontabili con le richieste di rimborso dei fornitori per le spese di pernottamento.

È proprio per questo che l'Italia ha bisogno di un dizionario dei costi controllati.

9.35 Costo di base

Un FOAK dovrebbe ricevere un **Costo Baseline ufficiale 1.0** solo quando:

- tecnologia selezionata;
- sito selezionato;
- Le principali opere di ingegneria sono state completate;
- Strategia di licenza fissa;
- Definite le ipotesi di finanziamento.

Prima di quel punto, le figure devono essere etichettate:

stime di pianificazione

non

budget di progetto .

9.36 Ricalcolo obbligatorio della baseline

Un progetto deve essere ridefinito in caso di modifiche sostanziali a:

- progettazione del reattore;
- sito;
- raffreddamento;
- requisiti di licenza;
- tasso di finanziamento;
- programma dei lavori;
- sistema di alimentazione;
- ambito di localizzazione.

Il rapporto dovrebbe mostrare entrambi:

vecchia linea di base

E

nuova linea di base

in modo che la modifica dell'ambito del progetto non venga confusa con un normale aumento dei costi.

9.37 Fase 12 — Processo di aiuti di Stato

Qualora il pacchetto commerciale costituisca un aiuto di Stato, il coinvolgimento della Commissione europea dovrebbe iniziare già in fase di progettazione del finanziamento.

Una notifica tardiva rischia di costringere a una riprogettazione dopo che i termini commerciali sono già stati negoziati.

I potenziali strumenti potrebbero includere:

- CfD;
- entrate regolamentate;
- garanzie;
- prestiti;
- capitale proprio.

Questo capitolo non opera una selezione tra di loro.

Il requisito di implementazione è semplicemente:

Nessun presupposto di finanziamento irreversibile dovrebbe dipendere da un sostegno pubblico non approvato.

9.38 Fase 13 — qualificazione della catena di fornitura

Una volta stabilizzato il progetto principale, il programma industriale dovrebbe diventare specifico per il reattore.

MIMIT / fornitore / integratore

Suddividere i pacchetti di lavoro in:

- Fornitore italiano già qualificato;
- fornitore che richiede l'approvazione del progetto;
- fornitore che richiede la completa conversione al nucleare;
- Componente proprietario importato.

KPI

Percentuale del valore di approvvigionamento della classe di sicurezza coperta da:

- fornitore approvato;

- fornitore in fase di qualificazione;
- Nessun fornitore affidabile.

Questo è più utile di un generico "numero di aziende".

9.39 Articoli a lungo termine

Il progetto principale dovrebbe individuare i componenti la cui durata di produzione può influenzare la pianificazione.

Possibili esempi:

- recipiente a pressione del reattore;
- importanti opere di forgiatura;
- generatori di vapore;
- moduli di contenimento;
- grandi trasformatori;
- Istruzione e controllo di sicurezza.

Gli ordini con tempi di consegna lunghi creano un dilemma finanziario.

Ordinare troppo tardi significa dover aspettare per la costruzione.

Ordine prima della licenza/FID e lo Stato/il progetto rischia componenti bloccati.

La struttura degli appalti dovrebbe pertanto utilizzare ordini condizionali laddove commercialmente fattibile.

9.40 Cancello a lunga guida

VIA: riferimento progettuale sufficientemente stabile, responsabilità del fornitore chiara, finanziamento del progetto a supporto dell'ordine.

HOLD: il componente diventerebbe inutilizzabile in seguito a una probabile modifica del progetto.

STOP: l'ordine dipende esclusivamente dalla volontà politica di preservare una data di rilievo.

9.41 Fase 14 — accademia per la forza lavoro

Il programma di formazione del personale deve essere operativo anni prima della costruzione del reattore.

Flusso regolatorio

ISIN/autorità futura.

Flusso dell'operatore

Futuro operatore autorizzato.

flusso industriale

MIMIT/fornitore/fornitori.

Percorso accademico

MUR, ENEA, CIRTEN, università.

Flusso di emergenza

Protezione civile, prefetture, sistema sanitario.

9.42 KPI della forza lavoro

KPI	Logica di destinazione
Posti vacanti per specialisti in materia di regolamentazione	Declino verso una gestione del personale basata sul carico di lavoro
Risultati dei corsi di laurea magistrale/dottorato in ingegneria nucleare	Sufficiente per la sostituzione e la crescita
Tirocinanti operatori	Coorte costituita anni prima del carico di carburante
Saldatori certificati/Personale addetto ai controlli non distruttivi	Corrisponde al programma di costruzione
Specialisti in controllo qualità nucleare	Requisiti di qualificazione dei fornitori coperti
Disponibilità del simulatore	Prima della formazione per l'ottenimento della licenza di operatore
Esercitazioni del personale di emergenza	Prima del rifornimento di carburante

Le richieste di indennità di disoccupazione non sono sufficienti.

La misura rilevante è la competenza in discipline scarse e critiche per la sicurezza.

9.43 Fase 15 — autorizzazione alla costruzione

La costruzione non dovrebbe iniziare se il calendario del programma raggiunge un anno prestabilito.

Inizia solo dopo che sono stati superati gli ostacoli legali e tecnici.

Condizioni minime

- licenza/autorizzazione edilizia;
- sito definitivo;
- Caso di sicurezza accettato;
- autorizzazioni ambientali;
- finanziamento;
- organizzazione operativa;
- progettazione della sicurezza;
- catena di fornitura;
- strategia sui carburanti;
- finanziamenti per lo smaltimento dei rifiuti/smantellamento.

9.44 Porta 5 — il primo cemento nucleare

Questo è uno degli interruttori di sicurezza più importanti del programma.

Prima del primo calcestruzzo nucleare:

VAI solo se

- L'ente regolatore ha autorizzato la costruzione;
- Il finanziamento è interamente garantito;
- Il progetto di riferimento è stato definito in modo da essere pronto per la costruzione;
- La catena di approvvigionamento critica è qualificata;
- le controversie legali in corso non minacciano la base giuridica;
- La soluzione di raffreddamento/rete è definitiva;
- La responsabilità contingente verso terzi è approvata.

Una volta che si realizzano i primi impianti nucleari concreti, le spese irrecuperabili accelerano bruscamente.

Pertanto, questa fase dovrebbe richiedere una decisione formale di investimento intergovernativa, distinta dalla precedente approvazione politica del programma nucleare stesso.

9.45 Caso disciplinato — calendario illustrativo

Il seguente calendario presuppone un T0 anticipato e un'esecuzione eccezionalmente positiva.

Periodo	Pietra miliare
Fine 2026 / inizio 2027	T0; ufficio del programma completamente mobilitato
2027	Decreti attuativi, ampliamento dell'autorità di regolamentazione, sopralluogo, richiesta di informazioni tecnologiche (RFI).
2028	Quadro di riferimento per le licenze operative; lista ristretta di 2-3 progetti; 3-5 aree del sito
2028–29	Studi dettagliati del sito; attività di regolamentazione di riferimento; progettazione del finanziamento
2029	Progettazione principale + sito principale/di backup selezionati per lo sviluppo completo
2029–30	Richieste dettagliate in materia di sicurezza, ambiente e licenze.
2030–31	Decisioni importanti in materia di licenze; chiusura finanziaria/FID
2031	Primo calcestruzzo nucleare al più presto
2031–34/35	Costruzione
2034–35	Sequenza di messa in servizio/carico del combustibile
2034–36	**banda operativa commerciale FOAK**
Dal 2033 in poi	La preparazione del NOAK procede in modo condizionale
2036–38	Prime unità replicate se gli indicatori FOAK sono accettabili

Questo programma è molto impegnativo.

Richiede l'utilizzo di un progetto di riferimento straniero consolidato, piuttosto che una tecnologia di quarta generazione a guida italiana ancora in fase di dimostrazione.

9.46 Cosa deve essere vero per un caso limite di prima potenza del 2034

Un risultato entro il 2034 richiede una sequenza eccezionalmente compressa.

Come minimo:

- T0 si verifica senza ritardi sostanziali;
- decreti utilizzabili entro il 2027;
- organismo di regolamentazione in grado di effettuare una revisione sostanziale entro il 2028;
- Il design scelto è già ampiamente concesso in licenza all'estero;
- La candidatura di un candidato non richiede anni di negoziati politici irrisolti;
- Gli studi ambientali iniziano prima che la selezione della tecnologia sia completamente ultimata, utilizzando un solido insieme di parametri dell'impianto;
- autorizzazione alla costruzione entro e non oltre il 2030 circa;
- I primi interventi concreti sul nucleare avverranno intorno al 2030-31;
- la costruzione dura circa quattro anni;
- La messa in servizio ha successo senza necessità di importanti modifiche progettuali.

Darlington dimostra quanto sia impegnativo questo compito anche in una giurisdizione dotata di un ente regolatore nucleare operativo, un'azienda di servizi pubblici esperta, un sito nucleare esistente e una precedente approvazione ambientale. La sua tecnologia è stata selezionata nel 2021, la licenza di costruzione ottenuta nel 2025 e il collegamento alla rete è previsto per il 2030. **[I]**

L'Italia non gode di molti di questi vantaggi iniziali.

Pertanto **il 2034 rappresenta una condizione limite, non la scadenza prevista** .

9.47 Cosa deve essere vero per due unità prima o intorno al 2035

La realizzazione di due unità commerciali italiane entro il 2035 circa richiederebbe ben più di un singolo FOAK di successo.

Probabilmente sarebbe necessario:

- design comune;
- sito comune o secondo sito altamente avanzato;
- costruzione sovrapposta;
- produzione del fornitore per l'Unità 2 prima che l'Unità 1 abbia completato l'operazione;
- finanziamento per entrambe le unità prima che siano disponibili prove operative complete del FOAK.

Si tratta di un impegno di rischio decisamente maggiore.

Il programma dovrebbe quindi distinguere:

due unità in costruzione

da

due unità operative a livello commerciale.

La prima opzione è materialmente più fattibile della seconda entro il 2035.

9.48 Cassa centrale — calendario illustrativo

Il caso centrale consente più tempo per la maturazione istituzionale e per la raccolta di prove di riferimento internazionali.

Periodo	Pietra miliare
2026–27	Entrata in vigore e mobilitazione legale
2027–28	Decreti e attuazione delle normative
2028–29	Selezione delle tecnologie e indagine nazionale sui siti
2029–31	Indagini sul sito e progettazione/selezione preliminare del sito
2030–32	Applicazioni ambientali e di sicurezza
2031–33	Revisione delle licenze, aiuti di Stato, finanziamenti
2033–34	FID / autorizzazione alla costruzione
2034–38/39	Costruzione
2038–40	Messa in servizio e gestione commerciale
2037–40	**Banda operativa commerciale centrale FOAK**
Dal 2035 in poi	Sviluppo condizionato del sito/licenza NOAK
Dal 2039 in poi	Replicazione della flotta basata su prove FOAK

Questo caso consente all'Italia di beneficiare di dati operativi o relativi alle fasi finali della costruzione provenienti da diversi programmi internazionali di SMR (Supermercati Modulari).

9.49 Perché il periodo 2037-40 è strutturalmente più solido

A quel punto l'Italia poteva ragionevolmente aspettarsi una quantità di prove sostanzialmente maggiore su:

- Costruzione/gestione del BWRX-300;
- Dispiegamento a Wylfa/Regno Unito;
- Programma Holtec;
- AP300;
- NUWARD;
- Xe-100;
- Sodio.

La strategia dell'UE stessa prevede i primi progetti europei di SMR all'inizio degli **anni 2030** , anziché presupporre oggi la maturità della flotta commerciale. **[G]**

Un programma centrale italiano, diversi anni dopo, può quindi avvalersi dell'esperienza acquisita con flotte straniere.

9.50 Caso di ritardo — calendario illustrativo

Il caso del ritardo non costituisce un singolo guasto.

È il risultato di uno o più passaggi critici che non riescono a superare in modo significativo la fase di controllo.

Periodo	Possibile condizione
2027–29	L'architettura del decreto/regolamento è stata ritardata o modificata ripetutamente.
2028–32	Il processo del sito non riesce o si riavvia
2030–33	Il progetto di progettazione/riferimento tecnologico subisce modifiche sostanziali.
2031–35	Il contenzioso/la revisione ambientale si estende
2033–36	Il finanziamento rimane irrisolto
2036–42	Costruzione
Dopo il 2042	operazione commerciale

Questo scenario dovrebbe essere attivato in fase di pianificazione qualora il progetto subisca un ritardo di diversi anni rispetto alla decisione finale di investimento (FID).

Il programma non deve mantenere una data pubblica fissata al 2035 eliminando progressivamente le misure di contingenza dalle attività successive.

9.51 Regole di attivazione dello scenario

Grilletto	Effetto
Decreti materialmente inutilizzabili entro T0+18m	Caso più vecchio rimosso
L'ente regolatore non può accettare la revisione completa entro il 2028/29 circa.	Caso più vecchio rimosso
Nessun sito credibile entro il 2029 circa	Caso più vecchio rimosso
Nessuna decisione sulla costruzione entro il 2031 circa.	Caso limite 2034 rimosso
Nessuna decisione finale di investimento entro il 2034 circa.	limite inferiore centrale sotto pressione
Nessuna prima ondata di cemento entro il 2036 circa.	L'attività commerciale probabilmente si sposterà verso/dopo il 2042 a seconda della progettazione
Riprogettazione completa dopo la prima fase di costruzione in cemento.	È necessaria una nuova base di riferimento completa

Le date indicate rappresentano soglie di pianificazione, non limiti di legge.

9.52 Fase di costruzione

Una volta che si realizzano i primi progetti nucleari concreti, la gestione del programma passa dallo sviluppo delle politiche all'esecuzione del megaprogetto.

Principali aree di lavoro:

- strutture civili del reattore;
- isola convenzionale;
- raffreddamento;
- griglia;

- sistemi di sicurezza;
- Istruzione e controllo digitali;
- sicurezza;
- produzione di moduli;
- installazione in loco;
- documentazione di qualità.

9.53 KPI di costruzione

Gli indicatori chiave di prestazione (KPI) di livello Corte dei conti dovrebbero includere:

KPI	Interpretazione
Percentuale di completamento fisico	Progressi reali nella costruzione
Costo impegnato / budget approvato	Esposizione ai costi
Costo finale previsto	Stima attuale del progetto completo
Contingenza consumata	Resilienza dei costi rimanenti
Flottante del percorso critico	resilienza degli orari
Pacchetti con tempi di consegna lunghi consegnati puntualmente	Esecuzione della catena di approvvigionamento
Tasso di scarto/rilavorazione delle saldature nucleari	Qualità
Aprire importanti NCR	controllo della produzione/costruzione
Punti di controllo normativi superati	Esecuzione delle licenze
Produttività della forza lavoro	Prestazioni costruttive
Incidenti di sicurezza	Sicurezza sul lavoro in cantiere
Realizzazione di contenuti locali	attuazione delle politiche industriali

Il titolo "percentuale di completamento" non dovrebbe mai essere riportato senza il contesto dei costi e della tempistica.

9,54 Costo interruttore di spegnimento

Un aumento dei costi dovrebbe imporre una riapprovazione formale laddove le previsioni riviste:

- supera il limite di finanziamento approvato;
- aumenta in modo sostanziale il sostegno statale;
- modifica sostanzialmente il meccanismo di supporto elettrico previsto.

Il cancello non predetermina la cancellazione.

Ciò impone una nuova decisione sul **nuovo progetto** , anziché consentire l'approvazione del vecchio progetto per autorizzare un'escalation illimitata.

9.55 Programma l'interruttore di spegnimento

Allo stesso modo, un cambio di programma che:

- modifica sostanzialmente i costi di finanziamento;
- provoca la scadenza/ristrutturazione dei contratti di fornitura di carburante;
- sposta il progetto al di fuori dei termini approvati per gli aiuti di Stato;
- distrugge le ipotesi di replica della flotta

richiede una nuova definizione della base di riferimento.

Un progetto non può rimanere "nei limiti del budget" se la definizione di budget esclude i costi di finanziamento derivanti dai ritardi.

9.56 Punti di controllo normativi

Il progetto di Darlington dimostra un modello efficace.

La sua licenza di costruzione contiene punti di blocco normativi espliciti che devono essere superati prima che determinati lavori possano proseguire. La CNSC ha rimosso il primo di questi punti di blocco nel marzo 2026 dopo aver verificato i prerequisiti per le fondamenta dell'edificio del reattore. **[I]**

Anche il futuro organismo di regolamentazione italiano dovrebbe conservare esplicitamente il potere di bloccare gli eventi in fasi ben definite.

I potenziali punti di controllo italiani potrebbero includere:

- fondazioni di importanza critica per la sicurezza;
- installazione del recipiente del reattore;
- chiusura del sistema primario;
- prontezza al carico di carburante;
- criticità iniziale.

Questi devono essere controllati da un ente regolatore.

9.57 Fase 16 — la richiesta di licenza di esercizio dovrebbe sovrapporsi alla costruzione

Darlington fornisce ancora una volta prove rilevanti.

OPG ha presentato la sua domanda di licenza operativa nel **marzo 2026, mentre la costruzione era già in corso** , e l'autorità di regolamentazione prevede una revisione della durata di circa **35 mesi** . **[I]**

Anche l'Italia dovrebbe evitare di attendere il completamento dei lavori di costruzione per avviare la procedura di rilascio della licenza di esercizio.

Il piano operativo dovrebbe maturare di pari passo con la costruzione fisica.

9.58 Fase 17 — approvvigionamento di carburante

L'approvvigionamento del carburante inizia ben prima del carico.

Per i progetti LEU convenzionali, l'operatore deve garantire:

- uranio;
- conversione;
- arricchimento;
- fabbricazione;
- trasporto.

Per i progetti HALEU/MOX, il rischio di ritardi nella pianificazione è molto maggiore.

Il combustibile deve quindi avere un proprio percorso critico.

9.59 Valvola carburante

In un momento definito prima della messa in servizio, l'operatore deve dimostrare:

- progettazione del carburante qualificata;
- base di calcolo del carburante approvata dall'autorità di regolamentazione;
- slot di produzione;
- contratto di arricchimento;
- percorso per l'ottenimento della licenza di trasporto;
- inventario di emergenza.

NO per il programma di rifornimento di carburante: la fornitura di carburante critico rimane condizionata.

Un reattore fisicamente completo, ma privo di combustibile, non costituisce una capacità operativa.

9.60 Fase 18 — messa in servizio

La messa in servizio dovrebbe essere suddivisa in fasi chiaramente verificabili:

- completamento dei lavori di costruzione;
- test dei componenti;
- Test di sistemi integrati;
- test funzionali a caldo, ove applicabile;
- autorizzazione al carico di carburante;
- criticità iniziale;
- test di fisica a bassa potenza;
- ascesa al potere;
- sincronizzazione della rete;
- dimostrazione dell'affidabilità;
- attività commerciale.

"La costruzione è completata" non significa "il reattore è in funzione a livello commerciale".

9.61 Gate 6 — carico carburante

Prima del rifornimento di carburante:

- Requisiti di licenza/autorizzazione operativa soddisfatti;
- Piano di emergenza approvato;
- Sicurezza pienamente operativa;
- personale operativo in possesso di licenza/qualifica;
- Percorsi di smaltimento dei rifiuti disponibili;
- assicurazione/responsabilità civile garanzia finanziaria efficace;
- Programma di messa in servizio approvato.

Il caricamento del combustibile rappresenta una transizione critica e irreversibile, poiché l'impianto si trasforma da cantiere nucleare in un reattore nucleare operativo.

9.62 Gate 7 — attività commerciale

L'esercizio commerciale richiede più del semplice collegamento alla rete elettrica.

I criteri di completamento dovrebbero includere:

- approvazione dell'ente regolatore;
- Completamento del test di aumento di potenza;
- Riscontri di sicurezza irrisolti entro lo stato accettato;
- conformità alla rete;
- passaggio di consegne commerciali;
- Organizzazione operativa che opera in modo indipendente.

Il programma dovrebbe pubblicare la differenza tra:

prima criticità

prima elettricità

E

attività commerciale.

9.63 Periodo di evidenza post-operatoria FOAK

Il programma non dovrebbe dichiarare il successo di FOAK il giorno della prima accensione.

La prima unità necessita di un periodo iniziale di funzionamento monitorato che comprenda:

- disponibilità;
- interruzioni forzate;
- manutenzione;
- consumo di carburante;
- personale;
- comportamento della griglia;
- costi operativi.

La durata esatta dipende dal programma di replicazione, ma almeno il primo ciclo operativo fornisce prove di valore unico.

9.64 Lo sviluppo di NOAK deve iniziare prima del completamento di FOAK

Attendere che FOAK abbia completato un ciclo di funzionamento intero prima di avviare le unità successive renderebbe difficile il raggiungimento di una capacità di 8 GW entro il 2050.

Pertanto, le unità successive dovrebbero procedere in parallelo, a determinate condizioni.

Le possibili attività preliminari al FOAK includono:

- studi sul sito;
- valutazioni ambientali;
- accordi fondiari;
- studi a griglia;
- prenotazioni dei fornitori;
- preparazione civile non nucleare laddove legalmente appropriato.

Gli impegni irreversibili restano soggetti alle condizioni di prestazione previste da FOAK.

9.65 Porta 8 — Replicazione NOAK

Un'unità successiva dovrebbe ricevere l'approvazione completa per la replicazione solo se le prove dimostrano prestazioni accettabili in relazione a:

- Costo di costruzione di FOAK;
- Programma FOAK;
- stabilità del progetto di riferimento;
- catena di fornitura;
- esperienza in materia di regolamentazione;
- prove operative, ove disponibili.

ANDARE

Le prove raccolte da FOAK supportano le ipotesi di produzione in serie.

PRESA

FOAK presenta deviazioni sostanziali ma correggibili.

RIPROGETTAZIONE

Un problema sistemico di progettazione/catena di approvvigionamento rende la replicazione inappropriata senza modifiche.

9.66 Standardizzazione della flotta

La validità economica degli argomenti a favore dei reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) si rafforza se l'Italia riesce a replicare lo stesso progetto.

La standardizzazione riduce:

- ripetizione della licenza;
- diversità nella formazione degli operatori;
- pezzi di ricambio;
- complessità del carburante;
- Diversità degli imballaggi e dei rifiuti.

Pertanto, il piano di flotta dovrebbe evitare un'inutile frammentazione tecnologica.

Ciò non richiede di affidare l'intera flotta a un unico fornitore prima che esistano prove concrete.

Significa che ogni deviazione da un progetto standard dovrebbe comportare un beneficio esplicito sufficiente a giustificare la maggiore complessità.

9.67 Possibile architettura della flotta

Una flotta nazionale può essere organizzata attraverso combinazioni quali:

- Siti multi-modulo;
- Siti ripetuti con due unità;
- siti di cogenerazione industriale;
- un numero limitato di centri geograficamente diversificati.

La configurazione ottimale dipenderà da:

- griglia;
- acqua;
- sicurezza;
- disponibilità del sito;
- alimentazione del modulo;
- calore industriale.

La definizione politica di "20 SMR" non specifica nessuna di queste variabili e non dovrebbe essere considerata un piano di approvvigionamento.

9,68 PNIEC 8 GW busta tradotto in conteggi di unità

A solo scopo illustrativo:

Dimensioni del modulo	Unità approssimative per 8 GW
200 MWe	40
300 MWe	27
400 MWe	20
470 MWe	17

Il progetto PNIEC da 8 GW rappresenta quindi un **programma industriale su vasta scala** , non un'estensione di un singolo progetto FOAK.

9,69 Involucro del potenziale tecnico completo di 16 GW

Dimensioni del modulo	Unità approssimative per 16 GW
200 MWe	80
300 MWe	53–54
400 MWe	40
470 MWe	34

Questo dimostra perché il caso dei 16 GW non può essere discusso senza:

- più sedi;
- fabbriche in serie;
- scala operativa;
- contratti sui carburanti;
- ampia capacità di finanziamento.

Si tratta di uno scenario di sistema, non di una singola decisione di appalto plausibile da prendere alla fine degli anni 2020.

9,70 Tasso necessario per raggiungere 8 GW entro il 2050

Utilizzando moduli da 300 MWe esclusivamente come riferimento comune:

anno commerciale FOAK	Anni fino al 2050	Sono necessarie in media aggiunte di classe 300 MWe per 8 GW
2035	~15	Circa 1,8 moduli/anno
2039	~11	Circa 2,4 moduli all'anno
2043	~7	Circa 3,8 moduli/anno

I calcoli diventano più complessi se si considera che la prima unità stessa consuma parte di questo periodo.

9,71 Tasso richiesto per 16 GW

anno commerciale FOAK	Sono necessarie in media aggiunte di classe 300 MWe per 16 GW
2035	Circa 3,6 moduli all'anno
2039	Circa 4,8 moduli/anno
2043	Circa 7,6 moduli all'anno

Anche in questo caso, si tratta di un'illustrazione matematica, non di una proposta di ritmo di costruzione.

La conclusione è operativa:

Un FOAK (First Outcome Akismet, ovvero un livello di produzione di energia nucleare avanzato) e l'inviluppo di potenza di 16 GW non possono essere entrambi mantenuti senza un sistema di costruzione di flotte parallele di dimensioni estremamente grandi.

9.72 I numeri PNIEC devono rimanere buste di scenario

Lo stesso PNIEC del 2024 afferma che lo scenario nucleare **non** modifica le ipotesi del 2030 e ha lo scopo di esplorare un potenziale contributo al raggiungimento delle emissioni nette zero entro il 2050. **[G]**

Di conseguenza, il Capitolo 9 non dovrebbe essere convertito:

Scenario modellato da 8 GW

in:

8 impegni con la GW State.

Né i 16 GW dovrebbero essere considerati un obiettivo adottato.

Il programma dovrebbe aggiornare queste buste dopo:

- costo effettivo della progettazione;
- domanda di elettricità;
- Costo delle energie rinnovabili/dell'immagazzinamento;
- primo sito;
- Risultati FOAK.

9,73 Capacità del cancello dopo FOAK

Prima che il governo converta il programma iniziale in un appalto su vasta scala per l'intera flotta, il modello nazionale dovrebbe essere rieseguito utilizzando:

- costo effettivo di FOAK;
- tasso di finanziamento effettivo;
- disponibilità effettiva;
- costi attuali delle energie rinnovabili/dell'accumulo;
- previsione della domanda;
- requisiti della griglia;
- costo dei rifiuti

Se il confronto economico di base è cambiato in modo sostanziale, la dimensione della flotta dovrebbe essere riesaminata.

9.74 Dipendenza dal repository nazionale

Il nuovo progetto di costruzione e il Repository sono entità giuridicamente distinte.

Sono comunque collegati al programma.

Sogin riporta che lo smantellamento degli impianti preesistenti è completato al **47,7%** entro la fine del 2025. **[G]**

Il processo del repository continua quindi mentre si valuta la possibilità di una nuova build.

Il programma FOAK dovrebbe includere un'interfaccia di smaltimento dei rifiuti dedicata che specifichi:

- programma di deposito esistente;
- soluzione di ripiego per la memoria temporanea;
- nuova capacità di smaltimento dei rifiuti;
- finanziamenti per lo smaltimento geologico.

9.75 Porta del repository

Prima dell'entrata in vigore del FOAK FID, lo Stato non necessitava necessariamente di un deposito nazionale operativo.

Serve un percorso credibile, finanziato e strutturato dal punto di vista legale.

VIA: il programma del deposito ha una traiettoria sito/processo definita e il nuovo reattore dispone di sufficiente spazio di stoccaggio temporaneo indipendente.

ATTESA: il programma di apertura del deposito nazionale è incerto, ma le disposizioni provvisorie rimangono tecnicamente adeguate.

STOP/RIPROGETTAZIONE: non esiste una destinazione legale credibile per le categorie di rifiuti generate dalla tecnologia selezionata.

9.76 Fondo per i rifiuti di nuova costruzione

Prima dell'inizio dei lavori, la garanzia finanziaria dell'operatore dovrebbe specificare come finanzierà:

- LLW/ILW operativo;
- combustibile esaurito;
- deposito asciutto;
- costi del deposito;
- smaltimento geologico;
- smantellamento.

Lo Stato non dovrebbe aspettare l'entrata in funzione commerciale per iniziare a raccogliere i finanziamenti per l'intero ciclo di vita.

9.77 Integrazione dello sviluppo della griglia

Terna dovrebbe integrare il progetto nucleare vero e proprio in:

- piano di sviluppo;
- modelli di adeguatezza;
- strategia di connessione.

Lo studio di adeguatezza del 2025 dimostra che il sistema italiano può diventare gravemente inadeguato se grandi quantità di capacità termica programmabile vengono dismesse senza un'adeguata sostituzione; inoltre, modella esplicitamente la sensibilità climatica. **[G]**

Un impianto nucleare dovrebbe pertanto essere valutato nell'ambito del portafoglio nazionale di adeguatezza energetica, piuttosto che unicamente come investimento in conto capitale per la produzione di energia.

9.78 Cancello a griglia

Prima della decisione finale di investimento (FID):

- Punto di connessione identificato;
- Sono stati calcolati i costi per il potenziamento della rete necessaria;
- Programma di costruzione allineato;
- È stato identificato il responsabile del pagamento.

Un reattore pronto prima del potenziamento della sua rete di trasmissione non fornisce alcuna capacità nazionale utilizzabile.

9.79 Programma di pianificazione delle emergenze

La pianificazione delle emergenze esterne dovrebbe iniziare già durante la fase di progettazione di dettaglio.

Sequenza indicativa:

- Inviluppo preliminare del termine sorgente;
- basi di pianificazione territoriale;
- mappatura istituzionale;
- termine sorgente dettagliato;
- piano esterno definitivo;
- esercizi;
- prontezza del carico di carburante.

Ciò impedisce che il piano di emergenza diventi un ripensamento in fase di messa in servizio.

9.80 Programma di sicurezza

La sicurezza fisica e informatica dovrebbe essere integrata in tutto il processo:

Progetto

- sicurezza fin dalla progettazione;
- architettura digitale.

Approvvigionamento

- sicurezza informatica della catena di approvvigionamento;
- componenti controllati.

Costruzione

- controllo degli accessi;
- verifica dei precedenti dei lavoratori temporanei;
- protezione della configurazione.

Messa in servizio

- postura di sicurezza operativa.

Il completamento della sicurezza diventa un prerequisito per il carico di carburante.

9.81 Orologio delle abilità

Lo sviluppo della forza lavoro dovrebbe iniziare almeno un intero ciclo universitario/formativo prima dell'avvio di importanti lavori di costruzione.

Il programma dovrebbe utilizzare un **modello di forza lavoro a rotazione decennale** .

Proiezioni annuali richieste:

- regolatore;
- operatore;
- costruzione;
- produzione;
- sciupare;
- risposta alle emergenze.

Il modello deve includere i pensionamenti, non solo la nuova domanda.

9.82 Scheda di valutazione annuale della Corte dei conti

Un audit nazionale dovrebbe essere in grado di esaminare una pagina contenente:

Zona	KPI
Legge	% degli atti di esecuzione obbligatori completati
Regolatore	Requisiti di personale tecnico rispetto al carico di lavoro
Tecnologia	Stato di maturità del progetto/stato del progetto di riferimento
Posizione	Indagini concluse / questioni fatali ancora aperte
Ambiente	Le tappe fondamentali dell'autorizzazione procedono secondo i piani.
Finanza	Costo previsto / budget approvato
rischio pubblico	Garanzie / passività potenziali
Catena di fornitura	Pacchetti di classe di sicurezza qualificati
forza lavoro	Posizioni critiche coperte
Griglia	Stato di rinforzo
Sciupare	Traguardi relativi al repository e all'archiviazione temporanea
Costruzione	Progressi fisici rispetto a costi/tempi
Messa in servizio	Test completati / risultati aperti dell'ente regolatore
Flotta	Miglioramento del rapporto costi/tempi di NOAK rispetto a FOAK

9.83 Programmazione della logica del semaforo

VERDE

Traguardo raggiunto e documentato.

AMBRA

Deviazione recuperabile con mitigazione definita e margine di flessibilità rimanente nella pianificazione.

ROSSO

L'assunto critico non è più valido; è necessaria una nuova definizione della baseline o la chiusura del gate.

Il programma dovrebbe evitare una quarta categoria informale:

“politicamente verde nonostante tecnicamente rosso.”

9.84 Gerarchia dell'interruttore di sicurezza

Interruttore di spegnimento K1 — legge

In assenza di un quadro giuridico utilizzabile, non esiste una licenza FOAK formale.

K2 — regolatore

L'autorità di regolamentazione non può effettuare una revisione indipendente → la domanda non viene accettata.

K3 — tecnologia

Nessun progetto/carburante di riferimento stabile → nessuna selezione verso il basso italiana.

K4 — sito

Nessun sito tecnicamente fattibile → nessun progetto.

K5 — ambiente

Incompatibilità ambientale fatale → modificare il progetto/il sito.

K6 — finanza

Nessuna allocazione di rischio bancabile → nessuna decisione finale di investimento (FID).

K7 — catena di approvvigionamento

Pacchetti critici di classe di sicurezza non disponibili → ritardare o importare, non sostituire in modo non sicuro.

K8 — costruzione

La previsione dei costi/tempi finali supera il budget di programma autorizzato → riapprovazione formale.

K9 — carburante

Nessun percorso di rifornimento autorizzato → nessun carico di carburante.

K10 — operazione

Licenza operativa/emergenza/sicurezza incompleta → nessuna criticità.

K11 — flotta

Le prove FOAK invalidano il caso di replicazione → congelare gli impegni NOAK.

9.85 Lo Stato dovrebbe preservare le opzioni di uscita

Le opzioni di uscita diventano più costose con ogni fase.

Pertanto, la struttura contrattuale dovrebbe mirare a preservare:

- Piano di ripiego prima della definizione dettagliata delle licenze;
- sito di riserva prima di un importante investimento fondiario;
- ordini scaglionati con tempi di consegna lunghi;
- Opzioni NOAK a fasi.

Il principio è quello di non rendere il programma permanentemente reversibile.

Si tratta di rimandare un'irreversibilità non necessaria fino a quando non saranno disponibili prove sufficienti.

9.86 Opzioni di flotta condizionali

Anziché impegnarsi immediatamente su decine di moduli, un appalto potrebbe in linea di principio includere:

- ditta FOAK;
- opzione per l'Unità 2;
- Le opzioni relative alla flotta successive sono soggette a condizioni concordate.

Ciò preserva:

- visibilità degli ordini dei fornitori;

- potere contrattuale;
- possibilità di serializzazione;

pur mantenendo i criteri decisionali basati su prove concrete.

La forma commerciale definitiva dipende dalla normativa sugli appalti pubblici e dal finanziamento, e non viene determinata in questa sede.

9.87 Caso disciplinato — tabella dei traguardi

Pietra miliare	Caso disciplinato
T0	Presupposto per il 2026/27
Decreti fondamentali	2027
Quadro operativo di regolamentazione per le nuove costruzioni	2027–28
Finalista tecnologico	2028
Studio avanzato sul sito principale/di riserva	2028–29
Progettazione del lead/abbinamento del sito	2029
Principali richieste di licenza	2029–30
Autorizzazioni per progetti importanti / Decisione finale di investimento	2030–31
Primo calcestruzzo nucleare	2030–31
Finestra di carico del carburante	2034–35
operazione commerciale	**2034–36**
Primo NOAK	2036–38
flotta seriale	dalla fine degli anni 2030 in poi

Ogni data dipende dal successo delle fasi precedenti.

9.88 Caso centrale — tabella delle tappe fondamentali

Pietra miliare	Caso centrale
T0	Presupposto per il 2026/27
Decreti/rettifiche	2027–28
ampliamento della regolamentazione	2027–29
Elenco dei candidati per tecnologia/sito	2028–30
Qualifica dettagliata del sito	2029–31
Principali richieste di licenza	2030–32
Autorizzazione/FID	2032–34
Primo cemento	2033–35
Messa in servizio	2037–40
operazione commerciale	2037–40
dispiegamento NOAK	Dal 2039 in poi

9.89 Caso in ritardo — tabella delle tappe fondamentali

Pietra miliare	Caso ritardato
Stabilizzazione legale/normativa	fino al 2029/30 o successivamente
Posizione	2030–33+
Licenze	2032–36+
FID	2035–38+
Primo cemento	2036–39+
operazione commerciale	**dopo il 2042**
Rilevanza su scala di flotta entro il 2050	Riduzione sostanziale a meno che la velocità di costruzione non diventi molto elevata

9.90 Il caso più antico non è compatibile con tutte le tecnologie dei reattori

Un caso disciplinato 2034-36 favorisce strutturalmente un progetto che alla fine degli anni 2020 ha già:

- licenza per utenti maturi;
- costruzione di riferimento attiva;
- carburante convenzionale.

È difficile conciliare questa visione con una tecnologia di reattore la cui sequenza di prototipi si estende fino agli anni 2030.

Ecco perché il capitolo 5 è stato separato:

- LWR-SMR a breve termine;
- Tracciato strategico per reattori avanzati.

La scelta tecnologica cambia l'orologio nazionale.

9.91 Il percorso del reattore avanzato richiede una pianificazione diversa

Un programma LFR collegato all'Italia può essere sviluppato in parallelo attraverso:

- ENEA;
- Ansaldo;
- Aquile;
- newcleo.

Ma il suo calendario di implementazione commerciale dovrebbe essere collegato a:

- rilascio di licenze per dimostratori;
- qualificazione dei materiali;
- impianto di rifornimento carburante;
- prove operative.

Un governo può perseguire questa strada senza fingere che si tratti dello stesso progetto di un reattore LWR-SMR importato a breve termine.

9.92 I percorsi tecnologici paralleli necessitano di budget separati

Miscelazione:

- implementazione a breve termine di FOAK;
- Ricerca e sviluppo di reattori avanzati

All'interno di un unico budget può essere difficile stabilire se l'aumento dei costi abbia origine da:

- progetto commerciale;
- ricerca nazionale.

Il programma dovrebbe tenere una contabilità separata.

9.93 Traguardi nell'ambito dell'informazione pubblica

L'informazione pubblica dovrebbe accompagnare le decisioni sostanziali, anziché fungere da campagna generica continua e scollegata da esse.

I momenti chiave includono:

- quadro giuridico;
- metodologia del sito;
- fase dell'area candidata;
- fase del sito preferito;
- VIA;
- autorizzazione edilizia;
- carico di carburante.

In ogni fase, lo Stato dovrebbe pubblicare ciò che è stato effettivamente deciso e ciò che resta ancora da decidere.

9.94 La trasparenza protegge il programma

Divulgazione trasparente di:

- costo;
- ritardo;
- Rilievi effettuati sul sito;
- sciupare;
- conclusioni dell'autorità di regolamentazione

potrebbe generare controversie politiche nel breve termine.

Nascondere o minimizzare tali problematiche aumenta il rischio di contenziosi futuri e di problemi di trust.

Pertanto, la trasparenza non è semplicemente una funzione comunicativa.

Fa parte del controllo dei rischi del progetto.

9,95 Checkpoint 2030

Entro **il 2030** , nell'ambito di un programma realmente in grado di realizzare i casi più precoci/centrali, l'Italia dovrebbe essere in grado di dimostrare:

- architettura regolamentare operativa;
- un ente regolatore della sicurezza dotato di risorse adeguate;
- Selezione ristretta di progetti o progetto principale;
- uno o più siti candidati tecnicamente validi;
- responsabile del progetto;
- Attività di concessione di licenze in corso;
- architettura di finanziamento;
- programma di qualificazione industriale;
- interfaccia dei rifiuti.

Se queste condizioni non si verificheranno entro il 2030 circa, la narrazione che vede la prima potenza a metà degli anni 2030 dovrebbe essere formalmente riesaminata.

9.96 2035 checkpoint

Entro **il 2035** , un programma coerente con il percorso centrale dovrebbe dimostrare:

- FOAK è in fase di costruzione o collaudo;
- Sede/licenza stabile;
- organizzazione operativa qualificata;
- obblighi finanziari relativi allo smaltimento dei rifiuti e alla dismissione degli impianti;
- Candidati NOAK in fasi definite.

Se il FOAK non avrà raggiunto la fase di costruzione entro il 2035, il programma non dovrebbe continuare a presentare 8-16 GW entro il 2050 come se il tasso di installazione implicito originario fosse rimasto invariato.

È necessario ridefinire i parametri di riferimento per la capacità.

9.97 2040 checkpoint

Entro **il 2040** , il programma dovrebbe disporre di prove sufficienti per stabilire se si sia effettivamente trasformato in un programma di flotta.

Possibili elementi di prova includono:

- funzionamento FOAK;
- seconda/terza unità in costruzione;
- produzione in serie;
- finanziamenti stabili;
- costo unitario ridotto;
- portata del regolatore;
- fornitura di carburante.

In assenza di tali requisiti, la politica nucleare nazionale potrebbe rimanere un programma limitato a livello industriale e di primo equipaggiamento, piuttosto che una flotta su scala PNIEC.

9.98 2045 checkpoint

Entro il 2045 lo Stato non dovrebbe più basarsi su ipotesi per la maggior parte dei parametri critici.

Dovrebbe contenere dati effettivi per:

- costo unitario;
- disponibilità;
- durata dell'interruzione;
- sciupare;
- personale;
- finanziamento;
- integrazione di rete.

La definizione della capacità produttiva per il 2050 dovrebbe quindi basarsi principalmente su dati operativi e di costruzione.

9,99 2050 è una busta, non un traguardo

Un reattore entrato in funzione nel 2048 non viene valutato economicamente solo fino al 2050.

Potrebbe funzionare ancora per decenni.

Pertanto, l'obiettivo del 2050 non dovrebbe incentivare:

- rilascio delle licenze in fretta;
- procedure di approvvigionamento inefficienti all'ultimo minuto;
- garanzie pubbliche eccessive

unicamente per raggiungere un numero di capacità previsto dal modello.

La cifra relativa al 2050 rientra nel percorso di transizione del sistema energetico.

La sicurezza e i costi dell'intero ciclo di vita rimangono i fattori predominanti.

9.100 Piano generale di installazione

Il programma nucleare italiano può essere ricondotto a sei decisioni statali.

Decisione 1 — L'Italia può creare la legge e l'organismo di regolamentazione?

2026–2028.

Senza questo, tutto il resto rimane solo una questione di politica.

Decisione 2 — Esiste una combinazione di reattore e sito che valga la pena di autorizzare?

2027–2030.

Ciò richiede prove concrete, non un generico ottimismo sui rapporti nucleari sferici.

Decisione 3 — Il progetto può essere finanziato senza nascondere i rischi?

2029–2034 a seconda dei casi.

L'allocazione del rischio FOAK deve essere esplicita.

Decisione 4 — L'Italia è in grado di realizzarla rispettando i costi e i tempi previsti?

A partire dal 2031, nella migliore delle ipotesi.

Si tratta quindi di una questione basata su dati concreti, piuttosto che su teorie politiche.

Decisione 5 — L'Italia può gestirlo in modo sicuro ed economico?

Dalla metà/fine degli anni 2030 in poi.

L'attività commerciale fornisce la prima prova decisiva.

Decisione 6 — Il FOAK dovrebbe diventare una flotta?

A questa domanda si potrà rispondere solo dopo aver raccolto dati concreti su costi, prestazioni, sistemi energetici e processi industriali.

Il PNIEC fornisce un **intervallo analitico di 8-16 GW 2050** , ma non risponde in anticipo alla Decisione 6. **[G]**

L'architettura di esecuzione richiede pertanto una separazione rigorosa tra:

autorizzazione del programma

autorizzazione del progetto

E

replica della flotta.

La prima decisione parlamentare non autorizza la seconda.

Il primo reattore non autorizza automaticamente l'intera flotta.

Il percorso più credibile per ottenere un FOAK italiano è quindi quello in cui **il lavoro successivo inizia presto, ma gli impegni irreversibili vengono presi in un secondo momento** .

La redazione di documenti legali, il reclutamento di personale addetto alla regolamentazione, i sopralluoghi, la qualificazione della catena di fornitura e lo sviluppo della forza lavoro possono e devono sovrapporsi.

La costruzione non può precedere il rilascio delle licenze.

Il rifornimento di carburante non può precedere la prontezza operativa e di emergenza.

La replicazione della flotta non può diventare incondizionata prima della prova FOAK.

I tre casi di temporizzazione possono quindi essere chiaramente indicati.

Caso disciplinato / primo caso credibile — 2034–36

Possibile solo se:

- T0 e i decreti avvengono rapidamente;
- il sistema normativo diventerà utilizzabile entro il 2027-2028;
- Viene selezionato un modello di riferimento occidentale consolidato;
- emerge rapidamente un sito idoneo;
- Ci si può fidare sostanzialmente delle normative estere in materia;
- Il finanziamento si concluderà approssimativamente entro il 2030-31;
- I lavori di costruzione non hanno causato disagi significativi a FOAK.

Si tratta di un **caso ad alte prestazioni** .

Caso centrale — 2037–40

Consente:

- un'espansione significativa degli enti regolatori;
- diversi anni di dati provenienti dall'estero sui rapporti sessuali lievi;
- indagine completa del sito;
- valutazione ambientale/transfrontaliera;
- negoziazione del finanziamento;

- qualificazione della catena di fornitura.

Si tratta della fascia di pianificazione più difendibile per la definizione del bilancio pubblico e la struttura della forza lavoro.

Caso rinviato — dopo il 2042

Risultati in caso di ripristino di una delle porte principali:

- legislazione;
- regolatore;
- sito;
- finanza;
- sciupare;
- tecnologia;
- costruzione.

Questo caso dovrebbe rimanere all'interno del programma ufficiale piuttosto che essere trattato come uno scenario di guasto esterno, perché eliminare il ritardo dal modello di pianificazione non significa eliminarlo dalla realtà.

La regola finale di controllo del programma è quindi la seguente:

Nessuna data acquisisce maggiore validità legale o tecnica solo perché è stata annunciata più volte.

Ogni traguardo deve essere conquistato attraverso prove concrete.

Lo Stato può accelerare le attività attraverso:

- lavorando in parallelo;
- riutilizzo di dati normativi stranieri;
- qualificare i fornitori in fase iniziale;
- preparare i siti in anticipo;
- finanziare adeguatamente l'organismo di regolamentazione.

Non può legittimamente accelerare presupponendo che:

- revisione della sicurezza;
- valutazione ambientale;
- finanziamento;
- carburante;
- pianificazione delle emergenze;
- sciupare.

Il risultato più importante del piano 2026-2050 non è quindi una singola data di entrata in esercizio commerciale.

Si tratta di un sistema di **orologi, proprietari, requisiti probatori e interruttori di sicurezza** che impedisce a un programma politico di trasformarsi in un impegno fiscale a tempo indeterminato quando uno dei suoi presupposti originari non è più valido.

CAPITOLO 9 — REGISTRO DELLA SORGENTE DI CARICO

Base giuridica italiana per l'orologio e la programmazione

L1 — Senato della Repubblica, DDL n. 1924 — verbale legislativo ufficiale. Approvazione parlamentare definitiva il 23 settembre 2026; alla data di chiusura della relazione risultava ancora "approvato definitivamente, non ancora pubblicato". Senato — Stato ufficiale del DDL 1924

L2 — Senato della Repubblica, DDL n. 1924, Articolo 1. Delega di dodici mesi calcolata dall'entrata **in vigore** , non dal voto parlamentare finale. Senato — Testo della delega statutaria DDL 1924

L3 — Lavori finali del Senato, 23 settembre 2026. Esame parlamentare finale del quadro normativo abilitato in materia nucleare. Senato — lavori finali sul DDL 1924

Piano strategico italiano per il 2050

G1 — MASE, *Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima 2024* . Circa 8 GW di capacità nucleare nello scenario conservativo del 2050, pari a circa l'11% della domanda di elettricità; circa 1,3 GW di cogenerazione che forniscono 16 TWh di calore industriale termico; potenziale totale stimato pari a circa 16 GW / 22%. MASE — PNIEC 2024 documento completo

G2 — Servizio di ricerca della Camera dei Deputati, 2026. Sintesi parlamentare degli scenari nucleari del PNIEC e chiarimento sul fatto che lo scenario nucleare non modifica le ipotesi del PNIEC 2030. Camera dei Deputati — dossier sugli scenari nucleari e del PNIEC

Dichiarazioni pubbliche sulle tempistiche e sulle tappe fondamentali del settore industriale.

M1 — ANSA, 18 settembre 2026. Il ministro Pichetto Fratin: 2033-34 “nella migliore delle ipotesi”; le norme in materia di autorizzazioni, modello di agenzia e trasparenza devono ancora essere attuate. ANSA — Pichetto Fratin sulla tempistica 2033-34

M2 — ANSA, 19 settembre 2026. Intenzione politica ministeriale di presentare rapidamente le norme attuative; non si tratta di una scadenza legale. ANSA — dichiarazione sui tempi di presentazione delle norme attuative.

I1 — Edison, 25 giugno 2026. Dichiarazione industriale EDF/NUWARD/Edison/Italia con l'obiettivo di realizzare i primi impianti SMR intorno al 2035. Edison — Dichiarazione sulla catena di fornitura EDF/NUWARD/Italia

Prontezza dell'ente regolatore

G3 — ISIN, Piano generale di attività 2026-2028. L'attuale organico previsto dalla legge è di 90 persone e si prevede un reclutamento per mantenere circa 60 tecnici e 30 addetti amministrativi/legali.
ISIN — Piano generale di attività 2026-2028

G4 — Il direttore dell'ISIN Francesco Campanella, audizione al Senato, 1 luglio 2026. L'attuale ente regolatore necessita di rafforzamento e trasformazione in vista di un possibile mandato di autorizzazione per nuovi reattori.
ISIN — Audizione al Senato sulla capacità di regolamentazione per le nuove costruzioni.

G5 — Presentazione del Rapporto Annuale ISIN, 7 luglio 2026. Carico di lavoro attuale, sviluppo istituzionale e capacità dell'organismo di regolamentazione della sicurezza.
ISIN — Presentazione del Rapporto Annuale 2026

Progetto di riferimento estero: Darlington BWRX-300

I2 — Commissione canadese per la sicurezza nucleare — Nuovo progetto nucleare di Darlington. BWRX-300 selezionato nel 2021; domanda di costruzione nell'ottobre 2022; licenza di costruzione nell'aprile 2025; Unità 1 in costruzione; domanda di licenza di esercizio nel marzo 2026.
CNSC — Nuovo progetto nucleare di Darlington

I3 — CNSC — Protocollo di revisione della licenza operativa di Darlington. Domanda di licenza operativa ricevuta il 25 marzo 2026; la revisione è attualmente stimata in circa 35 mesi.
CNSC — Protocollo di revisione della licenza operativa di Darlington

I4 — OPG, aprile 2026 — installazione della base del reattore. Prova che la costruzione civile nucleare è effettivamente in corso.
OPG — Traguardo raggiunto con la fondazione dell'edificio del reattore BWRX-300

I5 — Rapporto di fine anno 2025 di OPG, pubblicato nel 2026. Il primo SMR dovrebbe essere collegato alla rete entro la fine del 2030; il budget per la prima unità più le infrastrutture comuni è di circa 7,7 miliardi di dollari canadesi, inclusi interessi, adeguamenti e imprevisti.
OPG — Costi e tempi del progetto Darlington SMR.

I6 — OPG, maggio 2025. Programma Darlington a quattro unità, circa 20,9 miliardi di dollari canadesi; prima unità 6,1 miliardi di dollari canadesi più 1,6 miliardi di dollari canadesi di sistemi/servizi condivisi tra le quattro unità del programma.
OPG — Quadro finanziario di riferimento del programma Darlington a quattro unità.

Quadro europeo per la diffusione dei sistemi modulari di piccole dimensioni (SMR)

G6 — Commissione europea, 10 marzo 2026 — Strategia UE per i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR). Obiettivo per i primi progetti europei all'inizio degli anni 2030; approccio basato sulla flotta, sviluppo della catena di approvvigionamento, cooperazione normativa e autonomia strategica. Commissione europea — Strategia UE per i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR).

G7 — Commissione europea — Portale politico sui reattori modulari di piccole dimensioni (SMR). Strategia SMR, Alleanza industriale europea e capacità SMR prevista nell'UE di circa 17-53 GW entro il 2050. Commissione europea — Reattori modulari di piccole dimensioni (SMR).

G8 — Commissione europea, COM(2026)117. Azioni dettagliate per la diffusione industriale basata sulla flotta, la cooperazione normativa, la riduzione del rischio e lo sviluppo della catena di approvvigionamento. Commissione europea — Sviluppo futuro e diffusione dei SMR in Europa

Finanziamento

G9 — Commissione europea, 10 marzo 2026 — Strategia di investimento per le energie pulite. Capitale pubblico come catalizzatore, mobilitazione degli investimenti privati e riconoscimento specifico del maggiore rischio tecnologico/di implementazione per i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR). Commissione europea — Strategia di investimento per le energie pulite

G10 — Commissione europea — Politica di investimento nelle energie pulite. Finanziamenti della BEI e meccanismi di riduzione del rischio per i SMR. Commissione europea — Quadro di riferimento per gli investimenti nelle energie pulite.

G11 — Commissione europea — Fabbisogno di investimenti nel settore nucleare. Garanzia prevista di 200 milioni di euro a sostegno degli investimenti privati in tecnologie nucleari innovative. Commissione europea — Fabbisogno di investimenti nel settore nucleare

Pianificazione della rete e del sistema

G12 — Terna, *Valutazione nazionale dell'adeguatezza delle risorse per l'Italia 2025*. Adeguatezza 2030-2035, modellazione probabilistica sensibile al clima e conseguenze della dismissione programmabile della capacità termica. Terna — Valutazione nazionale dell'adeguatezza delle risorse 2025

Dipendenza da rifiuti e smantellamento

G13 — Sogin, 6 agosto 2026 — Risultati finanziari 2025. Il programma italiano di smantellamento è completato al 47,7% al 31 dicembre 2025. Sogin — Stato di avanzamento dello smantellamento al 2025

G14 — Sogin, 16 settembre 2026 — Rapporto di sostenibilità 2025. Conferma il completamento complessivo dello smantellamento al 47,7%. Sogin — Annuncio del Rapporto di sostenibilità 2025

FINE DEL CAPITOLO 9

CAPITOLO 10 — QUESTIONI NON INCLUSE NEL DOCUMENTO POLITICO E LE DECISIONI CHE IL GOVERNO SI TROVA EFFETTIVAMENTE AD AFFRONTARE

10.1 Risultato esecutivo

La decisione strategica che l'Italia si trova ad affrontare va ben oltre la semplice costruzione di un piccolo reattore modulare.

Entro il 2026 il Paese sta contemporaneamente riprogettando la propria rete elettrica, aggiungendo ingenti quantità di generazione e stoccaggio da fonti rinnovabili, aumentando l'interconnessione con il Mediterraneo e l'Europa, diversificando l'approvvigionamento di gas e GNL dopo lo shock energetico del 2022, sviluppando la cattura e lo stoccaggio del carbonio, affrontando la nuova domanda di elettricità industriale, ricostruendo parte del proprio ecosistema di ricerca e produzione nucleare e riconsiderando la fissione nucleare civile dopo quasi quattro decenni senza produzione nucleare nazionale.

Il paragone governativo appropriato non è quindi:

nucleare contro energie rinnovabili.

Né lo è:

nucleare contro gas.

Il vero confronto si svolge tra **architetture di sistema alternative** in grado di offrire diverse combinazioni di:

- decarbonizzazione;
- capacità affidabile;
- accessibilità economica;
- competitività industriale;
- autonomia strategica;

- resilienza climatica;
- dispacciabilità;
- sovranità tecnologica.

La strategia di rete attuale di Terna illustra di per sé la portata della trasformazione non nucleare già avviata. Il Piano di sviluppo 2025 prevede **investimenti nella rete di trasmissione per oltre 23 miliardi di euro nel periodo 2025-2034** , l'integrazione di almeno **65 GW di capacità rinnovabile aggiuntiva entro il 2030 rispetto al 2023** , **un fabbisogno di stoccaggio di circa 71,5 GWh entro il 2030** , escluso l'attuale impianto idroelettrico a pompaggio, una capacità di trasferimento interno significativamente maggiore e un aumento di circa **il 40% della capacità di trasmissione transfrontaliera di energia elettrica** attraverso progetti che si estendono oltre il decennio. **[G]**

La prima asta MACSE per lo stoccaggio ha già spostato parte di tale architettura dalla fase di pianificazione a quella di approvvigionamento. Terna ha assegnato **10 GWh** nel settembre 2025 per la consegna nel 2028; le offerte hanno superato di oltre quattro volte la quantità richiesta e il prezzo medio ponderato di aggiudicazione è stato di circa **12.959 €/MWh-anno** , ben al di sotto del premio di riserva. **[G]**

L'Italia, quindi, non si trova a dover scegliere tra costruire una centrale nucleare e non fare nient'altro.

Il sistema di base richiede già:

- energie rinnovabili;
- espansione della griglia;
- magazzinaggio;
- interconnessioni;
- domanda flessibile;
- capacità aziendale continua.

Una flotta nucleare, se realizzata, diventerebbe un elemento aggiuntivo all'interno di tale architettura, anziché sostituirla.

Anche il gas rimane strategicamente rilevante. Nel 2025 la domanda italiana di gas si è attestata intorno ai **63,42 miliardi di metri cubi** , mentre le importazioni di GNL hanno superato **i 20 miliardi di metri cubi** , coprendo circa un terzo della domanda nazionale. I dati di rete di Snam mostrano una sostanziale diversificazione tra gasdotti e punti di ingresso del GNL, incluso il nuovo FSRU di Ravenna. **[I/G]**

Questo sistema del gas diversificato conferisce all'Italia una resilienza che era più debole prima dello shock del 2022, ma rimane dipendente dalle forniture internazionali di materie prime. Il nucleare modifica la natura di tale dipendenza esterna anziché eliminarla del tutto: uranio, conversione, arricchimento, fabbricazione del combustibile, tecnologia proprietaria dei reattori e supporto digitale possono rimanere tutti di provenienza estera.

Anche la combinazione di gas e CCS (cattura e stoccaggio del carbonio) sta passando dalla teoria alla dimostrazione industriale. La Fase 1 del progetto CCS di Ravenna è iniziata nel 2024 ed è progettata per catturare circa **25.000 tonnellate di CO_2 all'anno** , mentre il progetto di Fase 2 di Eni e Snam punta a circa **4 milioni di tonnellate all'anno entro il 2030** , con una potenziale espansione a lungo termine verso **i 16 milioni di tonnellate all'anno** . **[I/G]**

Anche in questo caso, ciò non dimostra che il gas con cattura e stoccaggio del carbonio (CCS) sia economicamente o sistemicamente superiore al nucleare. Dimostra invece che l'Italia dispone di un altro percorso di decarbonizzazione programmabile che deve essere confrontato utilizzando:

- costo del carburante;
- tasso di cattura del carbonio;
- emissioni residue;
- esposizione al metano;
- Trasporto/stoccaggio di CO_2;
- fattore di capacità;
- finanziamento;
- tempi di consegna.

L'interconnessione aggiunge un'ulteriore dimensione strategica. Terna gestisce già circa 30 interconnessioni internazionali e prevede nuovi collegamenti o potenziamenti che coinvolgono Francia, Svizzera, Austria, Slovenia, Grecia, Montenegro, Tunisia e altri corridoi. Il suo piano 2025 posiziona esplicitamente l'Italia come ponte elettrico tra Europa, Nord Africa e il Mediterraneo in generale. **[G]**

Un parco di reattori nazionali potrebbe ridurre l'esposizione all'elettricità importata in determinate condizioni di sistema.

Ciò non renderebbe obsolete tali interconnessioni.

La decisione che il governo deve prendere riguarda pertanto la **composizione del portafoglio e la sequenza strategica** .

Rimangono aperte quattro ampie architetture nucleari:

Architettura I: implementare un reattore modulare di piccole dimensioni (SMR) raffreddato ad acqua, di produzione occidentale e sostanzialmente maturo, e sviluppare la partecipazione industriale italiana attorno ad esso.

Architettura II: porre al centro del programma nazionale i reattori avanzati di derivazione italiana, in particolare quelli a raffreddamento al piombo, e accettare un orizzonte temporale successivo per la prima centrale nucleare.

Architettura III — rafforzare l'Italia principalmente come potenza europea nell'ingegneria, nella produzione di componenti e nell'esportazione di energia nucleare, rinviando al contempo la realizzazione di un impianto nucleare nazionale di grandi dimensioni (FOAK).

Architettura IV — rinviare gli impegni irreversibili per nuove costruzioni nazionali fino a quando il National Repository, l'architettura normativa e il processo di localizzazione non avranno superato le fasi di maturità specificate.

Nessuna di queste è intrinsecamente "la risposta".

Ciascuno risolve un diverso problema strategico.

La decisione corretta da parte del governo è quella di individuare **quale obiettivo nazionale abbia la priorità** , quali condizioni debbano sussistere affinché l'architettura prescelta funzioni e quali rischi residui l'Italia sia disposta ad assumersi.

Questo capitolo finale, pertanto, non individua un vincitore politico. Identifica invece le condizioni in cui ciascuna architettura acquisisce coerenza interna e le condizioni in cui cessa di esserlo, esattamente come richiesto dal mandato di commissione.

10.2 Il nucleare deve essere confrontato con l'attuale portafoglio di alternative italiane

L'alternativa al nuovo nucleare non è "niente elettricità".

L'Italia ha già un portafoglio di approvvigionamento in rapida evoluzione.

Le principali alternative o complementari includono:

- Accelerazione dell'energia solare ed eolica;
- batterie e altri sistemi di accumulo;
- pompaggio idroelettrico;
- Rinforzo della trasmissione interna;
- interconnessione internazionale;
- domanda flessibile;
- idroelettrico esistente;
- produzione di gas;
- gas più CCS;
- importazioni di energia elettrica;
- efficienza industriale.

Un confronto serio deve quindi porsi la seguente domanda:

Se l'Italia non investisse il prossimo euro nel nucleare, quale combinazione di queste risorse fornirebbe la stessa funzione al sistema elettrico, in quale data e con quale rischio?

Viceversa:

Se l'Italia decidesse di dotarsi di un impianto nucleare, quali investimenti rimarrebbero comunque necessari?

La risposta alla seconda domanda è sostanziale.

Anche con i nuovi reattori, l'Italia ha ancora bisogno di:

- produzione da fonti rinnovabili;
- trasmissione;
- magazzinaggio;
- collegamenti internazionali;
- rafforzamento della distribuzione locale;
- richiedere flessibilità.

Il nucleare compete principalmente per una parte del **ruolo fondamentale di fornitore di energia a basse emissioni di carbonio e di garanzia della sicurezza energetica** , non per l'intero programma di investimenti nel sistema energetico.

10.3 La data di consegna è importante quanto il costo del ciclo di vita

Una tecnologia disponibile nel 2029 e una tecnologia disponibile nel 2039 non possono essere confrontate solo attraverso un valore statico €/MWh.

Gli obblighi dell'Italia per il 2030, la chiusura delle centrali a carbone e la domanda industriale a breve termine si verificano prima che si raggiunga la soglia di potenza iniziale credibile per i nuovi impianti nucleari, come stabilito nel Capitolo 9.

Pertanto, il governo dovrebbe utilizzare almeno tre periodi di confronto:

2026–2030

Contributo nucleare derivante dai nuovi reattori nazionali:

praticamente zero.

Le tecnologie rilevanti sono:

- energie rinnovabili;
- magazzinaggio;
- griglie;
- efficienza;
- gas/GNL;
- interconnessione;
- idroelettrico esistente.

2030–2040

Periodo potenziale di entrata in funzione per la prima unità nucleare.

Il confronto diventa:

- fonti rinnovabili mature/sistemi di accumulo;
- rete/interconnessione potenziata;
- gas/cattura e stoccaggio del carbonio;
- primo FOAK nucleare.

2040–2050

Periodo potenziale di replicazione della flotta nucleare.

Questo è il periodo in cui il nucleare può alterare sostanzialmente l'architettura del sistema, qualora l'implementazione del FOAK abbia avuto successo.

Senza questa suddivisione temporale, il nucleare può sembrare in grado di risolvere i problemi del 2030, pur essendo fisicamente irraggiungibile.

10.4 Le energie rinnovabili hanno già un vantaggio in termini di scala di implementazione

Il piano di sviluppo di Terna per il 2025 prevede oltre **65 GW di capacità rinnovabile aggiuntiva entro il 2030 rispetto al 2023** , con un ulteriore aumento dopo tale data. **[G]**

Si tratta di una scala di impiego fondamentalmente diversa da quella nucleare.

L'energia solare ed eolica hanno:

- cicli di progetto più brevi;
- finanziamento modulare;
- molti sviluppatori;
- implementazione distribuita geograficamente.

La loro sfida principale non è se sia possibile costruire singole turbine o moduli fotovoltaici.

Li sta integrando con una penetrazione molto elevata, mantenendo al contempo:

- adeguatezza;
- flessibilità;
- stabilità della rete;
- capacità di trasmissione.

Il nucleare ha un profilo quasi opposto.

La sua sfida principale è:

- tempo di sviluppo;
- licenze;
- finanziamento del progetto;
- Esecuzione FOAK.

Una volta operativo, può fornire grandi quantità di energia in modo relativamente indipendente dalle condizioni meteorologiche, da un sito compatto.

Le due tecnologie risolvono quindi vincoli di sistema differenti.

10.5 Lo stoccaggio sta diventando una risorsa di sistema industriale anziché una tecnologia pilota

La prima asta MACSE in Italia dimostra che l'approvvigionamento di sistemi di accumulo su larga scala si sta integrando sempre più nell'architettura del settore elettrico.

Terna si è aggiudicata **10 GWh** per consegne a partire dal 2028, con una forte concorrenza e prezzi ben al di sotto del premio di riserva dell'asta. **[G]**

Il fabbisogno energetico più ampio previsto da Terna è di circa **71,5 GWh entro il 2030** , escludendo l'energia idroelettrica di pompaggio esistente. **[G]**

Ciò ha due conseguenze per l'analisi nucleare.

In primo luogo, l'energia nucleare non dovrebbe essere giustificata partendo dal presupposto che non siano disponibili sistemi di stoccaggio.

In secondo luogo, il sistema non dovrebbe presupporre che le batterie possano fornire economicamente ogni forma di capacità stabile per periodi di tempo arbitrariamente lunghi.

L'economia dello stoccaggio dipende fortemente da:

- durata;
- ciclismo;
- differenza di prezzo;
- valore di capacità;
- degradazione.

Il confronto corretto, pertanto, distingue:

deposito intraday

da

fabbisogno energetico fisso per più giorni/stagionale.

10.6 Le batterie e il nucleare affrontano aspetti diversi del rischio di carico residuo

Le batterie sono particolarmente efficaci per:

- spostamento solare serale;
- risposta in frequenza rapida;
- Bilanciamento di breve durata;
- Gestione della congestione.

L'energia nucleare è potenzialmente efficace per:

- energia continua;
- lunghi periodi di scarsa rinnovabilità;
- capacità affidabile;
- generazione sincrona.

È analiticamente debole descrivere l'uno come un semplice sostituto dell'altro.

Un sistema a basse emissioni di carbonio più realistico potrebbe includere entrambi.

La domanda è **quanto di ciascuno** .

10.7 L'energia idroelettrica di pompaggio rimane strategicamente importante

L'Italia vanta già una significativa esperienza nel settore idroelettrico e degli impianti di pompaggio.

L'idroelettrico a pompaggio offre:

- lunga durata di vita utile degli asset;
- inerzia della griglia;
- magazzinaggio;
- prenotare.

La sua espansione è limitata da:

- geografia;
- consentendo;
- impatti ambientali;
- disponibilità idrica.

Tuttavia, gli impianti idroelettrici a pompaggio, sia quelli esistenti che quelli potenziali, dovrebbero essere inclusi in qualsiasi scenario controfattuale nucleare.

Un programma di reattori che si confronti solo con le batterie agli ioni di litio non renderebbe giustizia alla diversità delle opzioni di accumulo energetico disponibili in Italia.

10.8 Il programma di rete è inevitabile indipendentemente dal nucleare

Terna prevede investimenti per oltre **23 miliardi** di euro nelle infrastrutture di trasmissione tra il 2025 e il 2034.

Tra i progetti principali figurano:

- Collegamento tirrenico;
- Collegamento adriatico;
- Milano-Montalto;
- Collegamento centrale;
- ELMED;
- GR.ITA.2;
- SA.CO.I.3;
- rinforzi aggiuntivi al confine settentrionale e all'interno. **[G]**

Pertanto, il nucleare non dovrebbe essere presentato come un modo per evitare investimenti nella rete elettrica.

Un progetto nucleare di per sé può richiedere un ulteriore rafforzamento della rete.

La questione strategica è se nuove centrali nucleari:

- riduce alcuni requisiti futuri relativi alla raccolta/alla rete di energie rinnovabili;
- aumenta il fabbisogno di altre iniezioni concentrate;
- migliora l'adeguatezza a sufficienza da ridurre alcuni investimenti in capacità produttiva dell'impresa.

Solo la modellazione del sistema può dare una risposta.

10.9 L'interconnessione è parte integrante della sovranità italiana, non l'opposto della sovranità

La retorica della sovranità energetica può erroneamente interpretare le importazioni di elettricità come prova di debolezza.

L'interconnessione può aumentare la resilienza dando all'Italia accesso a:

- diverse generazioni;
- condivisione delle riserve;
- fornitura di emergenza;
- mercati di esportazione.

L'UE mantiene l'obiettivo politico di raggiungere almeno **il 15% di interconnessione elettrica entro il 2030.** [**G]**

Terna prevede che lo sviluppo della propria rete aumenterà in modo sostanziale la capacità di scambio internazionale dell'Italia e la definisce come un futuro hub elettrico del Mediterraneo. **[G]**

L'autonomia strategica non dovrebbe quindi significare isolamento elettrico.

Significa evitare di dipendere da **una fonte esterna incontrollabile** .

10.10 ELMED cambia la geometria dell'elettricità nel Mediterraneo

ELMED tra Italia e Tunisia riveste un'importanza particolare.

Terna lo descrive come un ponte energetico tra Europa e Africa, concepito per:

- rafforzare la sicurezza degli approvvigionamenti;
- facilitare l'integrazione delle energie rinnovabili;
- approfondire lo scambio di energia elettrica nel Mediterraneo. **[G]**

Un futuro sistema nucleare italiano opererebbe quindi all'interno di un mercato che sta diventando sempre più, e non meno, interconnesso geograficamente.

Ciò può supportare il nucleare creando capacità di esportazione durante i periodi di surplus interno.

Può inoltre aumentare la concorrenza da parte dell'elettricità a basso costo prodotta altrove.

10.11 Il gas rimane la principale risorsa di sicurezza dispacciabile dell'Italia nel breve termine

La domanda di gas in Italia nel 2025 è stata di circa **63,42 miliardi di metri cubi** .

Il sistema di Snam ha ricevuto:

- circa 40,41 miliardi di metri cubi attraverso i punti di ingresso dei gasdotti esteri;
- circa 20,48 miliardi di metri cubi attraverso i punti di ingresso del terminale GNL;
- La produzione interna rappresenta una quota molto minore.

Nel corso del 2025, i volumi di GNL in ingresso nei terminali completamente consolidati di Snam sono aumentati in modo sostanziale, con l'entrata in servizio dell'unità FSRU di Ravenna. **[I]**

Il gas rimane quindi fondamentale per:

- bilanciamento dell'elettricità;
- calore industriale;
- riscaldamento;
- sicurezza dell'approvvigionamento.

Le nuove fonti nucleari non potranno sostituire in modo sostanziale tale ruolo prima del 2030.

10.12 Il sistema del gas post-2022 è più diversificato ma rimane esposto a livello internazionale

Lo shock del 2022 ha costretto l'Italia ad allontanarsi rapidamente dalla precedente dipendenza dal gasdotto russo.

L'architettura risultante si basa su:

- Algeria;
- Azerbaijan/TAP;
- GNL;
- Norvegia/rotte settentrionali;
- fonti più piccole.

La diversificazione è strategicamente vantaggiosa.

Ma il carburante continua a essere commercializzato a livello internazionale.

Snam stessa individua l'instabilità geopolitica in:

- Nord Africa;
- il Medio Oriente;
- ex regioni sovietiche;

come rischio materiale per l'attività e l'approvvigionamento. **[I]**

Una volta implementato, il nucleare può ridurre la domanda di gas per la produzione di energia elettrica.

Ciò non elimina immediatamente il problema geopolitico.

10.13 Il nucleare converte un'esposizione all'importazione in un'altra

Una nuova centrale nucleare nazionale produrrebbe energia elettrica in Italia.

Ma a seconda della tecnologia, l'Italia potrebbe comunque importare:

- uranio;
- conversione;
- arricchimento;
- combustibile artificiale;
- sistemi di reattori proprietari;
- servizi specialistici.

La differenza strategica risiede nella **natura fisica e commerciale** della dipendenza.

Il fabbisogno di combustibile nucleare è relativamente ridotto in termini di volume fisico rispetto ai flussi continui di gas e può essere contrattualizzato e stoccato per periodi più lunghi.

L'approvvigionamento di gas, al contrario, richiede infrastrutture continue e di grande volume.

Tale differenza può aumentare la resilienza.

Non crea una completa autarchia energetica.

10.14 Gas-plus-CCS è una valida alternativa per un percorso a basse emissioni di carbonio che deve essere testato

Il progetto CCS di Ravenna significa che l'Italia è andata oltre la semplice discussione sulla cattura del carbonio a livello politico.

La Fase 1 è stata progettata per catturare circa **25.000 tonnellate di CO_2 all'anno** dall'impianto di trattamento del gas di Casalborsetti e stoccarle nel giacimento esaurito di Porto Corsini Mare Ovest.

Secondo i dati di Eni, le prestazioni di cattura superano il 90%, con picchi intorno al 96%.

La Fase 2 è intesa ad ampliare la capacità di trasporto/stoccaggio fino a circa **4 Mt/anno entro il 2030** , previa autorizzazione, con una possibile successiva espansione verso **16 Mt/anno** . **[I]**

Ciò crea una piattaforma infrastrutturale nazionale plausibile.

10.15 Il gas con cattura e stoccaggio del carbonio (CCS) e il nucleare presentano strutture di rischio fondamentalmente diverse

Variabile	Nucleare	Gas + CCS
Tempi di costruzione	Lungo	Generalmente, la costruzione della generazione è più breve; è richiesto anche lo sviluppo della rete CCS.
Esposizione al carburante	Servizi di uranio/arricchimento/combustibile	Fornitura continua di gas naturale
emissioni di CO_2	Funzionamento molto basso	Ridotto ma non necessariamente a zero
Esposizione a catena del metano	Minimo	Rimane rilevante a monte
Dispacciabilità	Alto	Alto
esposizione al prezzo del carburante	Minore quota dei costi di generazione	quota molto più grande
trasporto/stoccaggio di CO_2	Non richiesto	Essenziale
Responsabilità in materia di rifiuti	scorie radioattive/combustibile esaurito	Monitoraggio e responsabilità dello stoccaggio di CO_2 catturata
Profilo finanziario	capitale iniziale molto elevato	Ciclo di vita ad alto consumo di carburante + infrastruttura CCS
Consegna entro il 2030	Nuovo nucleare italiano: no	Alcune infrastrutture CCS/gas: potenzialmente sì

La tabella è descrittiva.

Quale percorso sia economicamente preferibile dipende da:

- prezzo del gas;

- prezzo del carbonio;
- costo di acquisizione;
- costo di stoccaggio;
- Investimenti in conto capitale nel settore nucleare;
- tasso di finanziamento nucleare;
- valore del sistema.

10.16 La CCS non elimina la necessità di valutare le emissioni residue

Un impianto a gas con CCS può comunque avere:

- CO_2 non catturata nel camino;
- penalità energetica di compressione;
- emissioni di metano a monte;
- fabbisogno energetico per il trasporto e lo stoccaggio.

Pertanto, il confronto dovrebbe basarsi **sulle emissioni dell'intero ciclo di vita,** anziché considerare la "cattura e stoccaggio del carbonio" (CCS) equivalente a zero emissioni.

Analogamente, l'analisi nucleare dovrebbe includere:

- attività mineraria;
- arricchimento;
- costruzione;
- ciclo del combustibile;
- smantellamento.

Entrambe le tecnologie dovrebbero essere confrontate utilizzando la stessa metodologia.

10.17 La CCS crea una dipendenza infrastrutturale geologica propria

L'energia nucleare viene spesso criticata perché richiede lo smaltimento geologico di materiale radioattivo a lunga vita.

Anche la cattura e lo stoccaggio di carbonio (CCS) del gas dipendono dal contenimento geologico a lungo termine, sebbene i materiali e i meccanismi di rischio differiscano sostanzialmente.

La decisione italiana, quindi, non è semplicemente:

stoccaggio geologico contro assenza di stoccaggio geologico.

Potrebbe comportare la scelta tra diverse tipologie di infrastrutture sotterranee:

- Smaltimento geologico dei rifiuti radioattivi;
- stoccaggio geologico di CO_2.

Ognuno ha caratteristiche diverse:

- volumi;
- pericoli;
- monitoraggio;
- regimi di responsabilità.

10.18 Il calore industriale può essere più importante dell'elettricità in alcuni settori

Molti processi industriali consumano energia principalmente sotto forma di calore.

Alcuni esempi includono:

- sostanze chimiche;
- raffinazione;
- cibo;
- carta;
- alcuni processi di lavorazione dei minerali.

Le opzioni di decarbonizzazione rilevanti includono:

- elettrificazione diretta;
- pompe di calore;
- Caldaie elettriche;
- idrogeno;
- biomassa;
- gas più CCS;
- calore nucleare.

Un reattore situato lontano dall'utente industriale perde gran parte del vantaggio del riscaldamento diretto.

Pertanto, il calore industriale dovrebbe influenzare la scelta del sito, anziché essere aggiunto retoricamente a ogni progetto nucleare.

10.19 Il calore industriale nucleare diventa interessante solo in determinate condizioni

Il calore diretto del reattore diventa internamente coerente laddove:

- Esiste un grande cliente stabile per il riscaldamento;
- Il requisito di temperatura corrisponde alla potenza erogata dal reattore;
- Il cliente si trova geograficamente vicino;
- La domanda di calore presenta un elevato fattore di carico;
- La sicurezza del reattore rimane indipendente dal funzionamento da parte del cliente;
- L'investimento in conto capitale per la rete di vapore/riscaldamento è giustificato.

In assenza di tali condizioni, la produzione di energia elettrica può rappresentare il prodotto nucleare più rilevante.

10.20 L'idrogeno è un'opzione flessibile, non un sottoprodotto automatico del nucleare

L'idrogeno elettrolitico può essere prodotto utilizzando l'energia nucleare.

I reattori ad alta temperatura potrebbero in futuro migliorare l'efficienza dell'elettrolisi grazie all'integrazione del vapore.

Ma la validità economica dipende ancora da:

- costo dell'elettrolizzatore;
- domanda di idrogeno;
- Condotte/stoccaggio;
- prezzo di mercato;
- utilizzo.

Lo Stato non dovrebbe pertanto considerare le ipotetiche vendite di idrogeno come entrate FOAK garantite, a meno che non siano supportate da una domanda effettiva contrattualizzata.

10.21 Le limitazioni idriche potrebbero modificare l'attrattività relativa dei percorsi del sistema

Sia il nucleare che il gas/CCS sono sistemi termici e possono richiedere un raffreddamento significativo, a seconda della configurazione.

Le energie rinnovabili in genere richiedono un minor consumo di acqua di raffreddamento durante il funzionamento.

L'elettrolisi dell'idrogeno richiede acqua, ma in quantità e qualità diverse.

La pianificazione energetica futura in Italia dovrebbe pertanto includere un **modello di sistema energetico che tenga conto del fabbisogno idrico** , in particolare per:

- Pianura Padana;
- zone industriali meridionali;
- siti costieri.

L'acqua potrebbe diventare un vincolo di allocazione condiviso da:

- energia;

- agricoltura;
- città;
- industria.

10.22 Il raffreddamento a secco potrebbe preservare le opzioni di localizzazione nucleare, ma modifica gli aspetti economici

Il capitolo 7 ha stabilito che il raffreddamento a secco può ridurre la dipendenza dall'acqua dolce, imponendo tuttavia:

- maggiori investimenti in conto capitale;
- strutture più grandi;
- minore efficienza;
- penalità dovute all'ondata di calore.

Pertanto, i siti soggetti a stress idrico non dovrebbero essere semplicemente esclusi prima di testare alternative a secco/ibride.

Allo stesso modo, non si dovrebbe dare per scontato che il raffreddamento a secco sia gratuito e renda fattibile un sito altrimenti problematico.

Il suo impatto economico deve essere incluso nell'offerta.

10.23 L'assicurazione è una questione di programma strategico, non una nota a piè di pagina legale.

Attualmente l'Italia opera nell'ambito del quadro di responsabilità nucleare di Parigi/Bruxelles, nella sua versione modificata.

Lo strato generale di gestione è di almeno **700 milioni di euro** , con i compensi supplementari statali/internazionali che portano il sistema convenzionale combinato ad almeno circa **1,5 miliardi di euro** . **[L/G]**

Quel quadro di riferimento fu calibrato in un periodo in cui l'Italia non disponeva di un reattore nucleare commerciale attivo.

Il rientro modifica il contesto politico.

Prima della chiusura finanziaria di FOAK, il governo deve stabilire se:

- conservare l'importo esistente;
- aumentare il requisito dell'operatore nazionale;
- creare ulteriori requisiti di sicurezza finanziaria.

Si tratta di una questione di progettazione legale/fiscale.

La risposta non si trova nelle sole affermazioni sulla sicurezza dei reattori.

10.24 La capacità assicurativa dovrebbe essere testata su un'intera flotta, non su una singola unità.

Un singolo FOAK e una flotta da 16 GW creano esposizioni di mercato complessive molto diverse.

Il governo e gli operatori dovrebbero valutare:

- capacità del parco nucleare;
- riassicurazione;
- assicurazione edile;
- esclusioni informatiche;
- esclusioni per terrorismo/sicurezza;
- interruzione dell'attività.

Una strategia di flotta che richieda un sostegno finanziario statale a causa dell'insufficienza di capacità privata dovrebbe registrare tale sostegno come passività potenziale.

10.25 L'Italia ha bisogno di un piano decennale per la forza lavoro nel settore nucleare se intende procedere oltre la fase di studio.

Il problema della forza lavoro non si risolve producendo un maggior numero di ingegneri generici.

Il programma richiede gruppi specializzati i cui tempi di formazione differiscono notevolmente.

Una struttura duratura potrebbe assumere la forma di un'Accademia **Nazionale di Competenze Nucleari** , operante come una rete distribuita piuttosto che necessariamente come un unico campus fisico.

Il suo ruolo sarebbe quello di coordinamento, non di sostituzione delle università.

10.26 L'accademia avrebbe bisogno di percorsi professionali separati

Flusso regolatorio

- sicurezza del reattore;
- sicurezza probabilistica;
- incidenti gravi;
- salvaguardie;
- cibernetico;
- protezione dalle radiazioni.

Flusso dell'operatore

- operatori di reattori autorizzati;
- manutenzione;
- chimica;
- carburante;
- gestione delle interruzioni.

indirizzo ingegneristico

- fisica dei reattori;
- termoidraulica;
- meccanica strutturale;
- materiali;
- CIRCUITO INTEGRATO.

flusso di produzione

- ASME/RCC-M;
- saldatura;
- NDE;
- Controllo qualità nucleare;
- tracciabilità.

Flusso di rifiuti/smantellamento

- radiochimica;
- trattamento dei rifiuti;
- scienza dei depositi;
- smantellamento.

Flusso di emergenza/sicurezza

- protezione fisica;

- pianificazione delle emergenze;
- fisica sanitaria.

10.27 L'accademia dovrebbe essere una rete di capacità italiane esistenti

L'Italia non ha bisogno di inventare tutta la capacità istituzionale.

Il capitolo 4 ha individuato i centri esistenti, tra cui:

- ENEA;
- CIRTEN;
- Politecnico di Milano;
- Politecnico di Torino;
- Bologna;
- Pisa;
- Sapienza;
- Padova;
- Palermo;
- SIET;
- Ansaldo;
- Sogin;
- Nucleco.

Il ruolo razionale di un'accademia nazionale sarebbe quello di:

- definire le previsioni relative alla forza lavoro;
- coordinare i programmi di studio;
- discipline finanziarie scarse;
- organizzare tirocini all'estero;
- mantenere la capacità del simulatore;
- tracciare il personale qualificato.

10.28 La formazione degli enti regolatori deve rimanere istituzionalmente separata dalla formazione degli operatori

Un'accademia comune può condividere la formazione scientifica.

Ma l'indipendenza dell'ente regolatore richiede un percorso professionale in cui il personale addetto all'regolamentazione non dipenda dal gestore del reattore per le competenze fondamentali necessarie a valutare tale gestore.

Perciò:

- I corsi universitari congiunti sono ragionevoli;
- la qualificazione del regolatore controllato dall'operatore non lo è.

L'autorità di sicurezza richiede il proprio:

- struttura di carriera;
- budget per la formazione;
- distacchi internazionali;
- accesso all'assistenza tecnica.

10.29 I tirocini internazionali potrebbero accelerare la competenza italiana

L'Italia può avvalersi di paesi che già dispongono di tecnologie pertinenti o che le stanno sviluppando.

Tra gli esempi potrebbero esserci i rapporti di formazione con:

- Canada;
- Francia;
- Regno Unito;
- Stati Uniti;
- Slovenia;
- Romania.

L'obiettivo dovrebbe essere quello di trasferire:

- esperienza operativa;
- esperienza in materia di regolamentazione;
- cultura della qualità nella produzione.

Ciò può ridurre il rischio di ricostruire ogni competenza a livello nazionale partendo dalla teoria.

10.30 La sicurezza energetica dovrebbe essere trattata come un portafoglio sovrano

Una politica nazionale di sicurezza energetica dovrebbe distinguere:

- uranio naturale;
- conversione;
- arricchimento;
- fabbricazione;
- carburante specifico per la tecnologia.

I reattori LWR-SMR convenzionali occidentali hanno un mercato del combustibile sostanzialmente più maturo rispetto ai sistemi dipendenti da HALEU o da reattori veloci MOX.

Pertanto, la sicurezza dell'approvvigionamento di carburante rappresenta una delle differenze decisive tra le quattro architetture nazionali.

10.31 Le scorte di carburante possono fornire resilienza strategica

A differenza del gas, il combustibile per i reattori può essere acquistato tramite contratti con largo anticipo.

Una politica nazionale potrebbe richiedere agli operatori di mantenere:

- capacità di ricarica di riserva;
- fornitori diversificati;
- contratti di arricchimento alternativi.

La regola precisa per la gestione delle scorte dovrebbe dipendere dalla tecnologia del reattore e dalla struttura del mercato.

Il principio strategico è che l'Italia dovrebbe evitare di riprodurre una dipendenza da un'unica fonte analoga a quella che aveva prima del 2022 in termini di approvvigionamento di gas.

10.32 La strategia industriale italiana non dovrebbe essere misurata solo in base ai reattori nazionali

Il capitolo 4 ha dimostrato che le aziende italiane partecipano già a progetti nucleari internazionali.

Pertanto, il valore industriale può essere generato attraverso:

- esportazioni;
- costruzione di reattori nucleari all'estero;
- servizi a vita;
- fusione;
- smantellamento;
- gestione dei rifiuti.

L'implementazione domestica del sistema FOAK rappresenta una delle vie per raggiungere la scala industriale.

Non è l'unica strada.

10.33 Esportare prima di FOAK nazionale può ridurre il rischio del programma nazionale

Se le imprese italiane ottengono referenze contemporanee attraverso:

- Cernavodă;
- Programmi del Regno Unito;
- catene di approvvigionamento francesi;
- Reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) nordamericani;
- ITER/DTT;

Possono qualificare il personale e gli stabilimenti prima che il reattore italiano lo richieda.

Ciò riduce il numero di variabili uniche presenti simultaneamente nel progetto italiano.

10.34 Una strategia basata sulle componenti di potere è una vera e propria architettura nazionale

L'Italia potrebbe decidere che il suo vantaggio comparato non risiede nel possesso di proprietà intellettuale relativa ai reattori, bensì nella produzione di:

- componenti pesanti;
- forgiati;
- tubature;
- Servizi EPC;
- botti;
- smantellamento;
- hardware per la fusione;
- test.

Una strategia di questo tipo può essere perseguita anche se la questione della localizzazione sul territorio nazionale rimane politicamente irrisolta.

Il suo limite è altrettanto chiaro:

L'Italia otterrebbe meno esperienza diretta in:

- funzionamento del reattore;
- licenze regolamentari nazionali;
- Gestione a lungo termine della flotta nazionale.

È proprio per questo che Architettura III deve essere analizzata come una scelta specifica, piuttosto che descritta come "il non fare nulla".

10.35 Il coordinamento industriale europeo aumenta la fattibilità di una strategia di esportazione

La strategia della Commissione europea in materia di riserve valutarie minime (SMR) del marzo 2026 promuove esplicitamente:

- Catene di approvvigionamento europee;
- dispiegamento della flotta;
- standard comuni;
- cooperazione normativa;
- Contenuti locali europei.

Si stima che la potenziale diffusione di SMR nell'UE sarà di circa **17-53 GW entro il 2050.** [**G]**

Qualora si sviluppasse un mercato di questo tipo, i fornitori italiani potrebbero parteciparvi anche laddove si trovino le prime unità:

- Francese;
- Polacco;
- Rumeno;
- Ceco;
- Svedese;
- Olandese;
- Britannico.

La costruzione di impianti nucleari sul territorio nazionale non dovrebbe quindi essere considerata l'unico indicatore del successo delle politiche industriali in materia nucleare.

10.36 “Alleanza nucleare dell’UE” e “Alleanza industriale europea sui SMR” sono istituzioni diverse

La terminologia deve rimanere precisa.

Alleanza nucleare

L' **Alleanza Nucleare** è un raggruppamento politico di Stati europei favorevoli al nucleare o interessati al nucleare, che coordina le proprie posizioni in merito alla politica energetica dell'UE.

Nel **giugno 2026** , i verbali ufficiali della riunione elencavano l'Italia tra gli stati partecipanti, insieme a paesi come Francia, Polonia, Finlandia, Svezia, Romania, Repubblica Ceca e altri; Grecia e Lettonia erano elencate come osservatori a quella riunione. **[G]**

Ciò rappresenta un'evoluzione rispetto alla documentazione precedente, in cui l'Italia veniva descritta come un osservatore.

Alleanza industriale europea sui CGO

Si tratta di una piattaforma industriale sostenuta dalla Commissione, lanciata per accelerare lo sviluppo dei reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) e il coordinamento della catena di approvvigionamento europea.

Non si tratta della stessa organizzazione dell'Alleanza Nucleare politica. **[G]**

Proposta di coalizione SMR

La strategia della Commissione per il 2026 propone inoltre una **“coalizione SMR”** tra gli Stati membri interessati per una più profonda cooperazione in materia di politiche, licenze ed economia relative a progetti selezionati. **[G]**

Queste tre strutture non devono essere confuse.

10.37 La partecipazione dell'Italia all'Alleanza Nucleare crea leva politica, ma non garantisce la scelta automatica del reattore.

L'Alleanza può rafforzare la capacità dell'Italia di sostenere a livello UE:

- neutralità tecnologica;
- accesso ai finanziamenti;
- Riconoscimento del nucleare nelle politiche per l'energia pulita;
- investimenti nel ciclo del combustibile;
- standard industriali comuni.

Ma l'adesione all'Alleanza non significa:

- selezionare il reattore italiano;
- approvare gli aiuti di Stato;
- concedere in licenza un sito;
- garantire il denaro dell'UE.

Si tratta di uno strumento di coordinamento politico.

10.38 L'Italia dovrebbe utilizzare la cooperazione europea principalmente per ridurre le duplicazioni

Uno dei maggiori vantaggi potenziali della collaborazione a livello UE è il riutilizzo delle normative.

La strategia della Commissione europea per il 2026 promuove:

- revisioni preliminari congiunte;
- Sandbox regolamentari;
- cooperazione tra gli enti regolatori;
- possibile allineamento o riconoscimento reciproco laddove legalmente possibile.

[G]

Questo può essere particolarmente vantaggioso per l'Italia, poiché altrimenti il suo ente regolatore dovrebbe ricostruire le competenze necessarie per la costruzione di nuovi impianti, esaminando al contempo un intero reattore sconosciuto partendo dai principi fondamentali.

10.39 ENSREG ha già creato un meccanismo di cooperazione normativa per i SMR

Il Gruppo europeo dei regolatori della sicurezza nucleare ha istituito una **task force sui SMR (recipienti modulari di piccole dimensioni)** .

Il suo pannello di controllo di marzo 2026 tiene traccia dell'impegno normativo negli Stati membri e dei molteplici modelli e rileva esplicitamente che gli approcci nazionali in materia di licenze rimangono distinti. **[G]**

Questo è importante.

La cooperazione normativa europea può:

- condividere le prove;
- individuare le differenze;
- evitare analisi duplicate.

Ciò non esonera l'autorità di regolamentazione italiana dalla responsabilità sovrana.

10.40 La cooperazione normativa dell'AIEA è andata oltre la teoria

L'Iniziativa di armonizzazione e standardizzazione nucleare dell'AIEA ha sviluppato un **kit di strumenti per la cooperazione normativa** nel periodo 2025-2026 specificamente per supportare:

- revisioni collaborative;
- revisione congiunta;
- Riutilizzo delle valutazioni esistenti degli enti regolatori.

[IO]

Il progetto pilota multinazionale EAGLES-300 è la prima applicazione reale di questo quadro di riferimento per la progettazione di un reattore avanzato. **[I]**

Ciò è particolarmente rilevante per l'Italia perché:

- ISIN partecipa alla cooperazione sui reattori avanzati;
- Ansaldo ed ENEA sono fondamentali per EAGLES.

10.41 La cooperazione in materia di regolamentazione dovrebbe essere un requisito del programma italiano, non un'aggiunta diplomatica.

Per qualsiasi studio di progettazione occidentale a breve termine sull'Italia, l'ISIN/l'autorità futura dovrebbe cercare:

- status di osservatore, ove possibile;
- accesso alla valutazione di sicurezza dell'ente regolatore di riferimento;
- gruppi di lavoro diretti tra autorità di regolamentazione;
- Tracciamento dei problemi comuni.

La revisione italiana potrà quindi concentrare le risorse su:

- differenze nazionali;
- sito;
- Diritto italiano;
- pianificazione delle emergenze;
- condizioni ambientali.

Questo è molto più efficiente rispetto a ripetere ogni valutazione generica matura in modo indipendente.

10.42 La cooperazione non deve arrivare all'esternalizzazione della regolamentazione

L'Italia resta responsabile di:

- licenza;
- sicurezza del cantiere;
- applicazione della legge;
- ispezioni.

Lo stesso ENSREG chiarisce che il rilascio delle licenze rimane una responsabilità sovrana degli enti regolatori nazionali. **[G]**

Pertanto, l'espressione "passaporto patente" dovrebbe rimanere sinonimo di **affidabilità e riutilizzo** , non di accettazione automatica.

10.43 L'energia nucleare navale è un programma strategico separato, non un'appendice dei reattori modulari di piccole dimensioni civili.

Fincantieri, newcleo e RINA hanno studiato la fattibilità della tecnologia dei reattori raffreddati a piombo per la propulsione di grandi navi.

La cooperazione originaria prevedeva un reattore chiuso di circa **30 MWe** con rifornimento di combustibile poco frequente. **[I]**

Il piano aziendale di Fincantieri per il periodo 2026-2030 continua a identificare l'energia nucleare come parte delle sue ambizioni a lungo termine in materia di propulsione sostenibile. **[I]**

Ciò crea un'opportunità industriale.

Ciò non significa che l'Italia disponga di un regime operativo di licenze nucleari marittime.

10.44 Le stesse norme internazionali in materia di armi nucleari marittime sono in fase di riscrittura.

Il capitolo VIII della SOLAS contiene già i requisiti per le navi a propulsione nucleare e fa riferimento al **Codice di sicurezza del 1981 per le navi mercantili nucleari** . **[I]**

Ma l'IMO ha riconosciuto che questo quadro normativo necessita di essere modernizzato.

Nel gennaio 2026 il suo sottocomitato per la progettazione e la costruzione navale ha istituito un programma per rivedere:

- SOLAS Capitolo VIII;
- il Codice Nucleare.

Il piano di lavoro prevede la finalizzazione e l'adozione intorno al 2030. **[I]**

Questo è decisivo per la pianificazione italiana.

Non si può dare per scontato che il quadro giuridico internazionale in materia di trasporto nucleare commerciale sia già maturo.

10.45 ATLAS conferma che il divario normativo internazionale viene preso sul serio

Nell'agosto del 2026 l'AIEA ha lanciato **ATLAS — Tecnologie atomiche autorizzate per applicazioni in mare** , con la partecipazione dell'IMO.

L'iniziativa affronta in modo esplicito i seguenti temi:

- sicurezza;
- sicurezza;
- salvaguardie;
- quadri giuridici;
- responsabilità

per future applicazioni nucleari marittime. **[I]**

Ciò dimostra che il sistema internazionale sta entrando nella fase di definizione delle norme per tecnologie che l'industria italiana sta già studiando.

10.46 La responsabilità nucleare marittima è particolarmente complessa

Una nave cambia giurisdizione durante il suo spostamento.

Una futura nave mercantile a propulsione nucleare solleva interrogativi, tra cui:

- stato della bandiera;
- stato della porta;
- gestore di centrali nucleari;
- armatore;
- acque territoriali;
- trasporto di materiale nucleare;
- giurisdizione in caso di incidenti;
- salvare;
- gestione dei relitti.

Queste questioni non possono essere risolte applicando meccanicamente una licenza per reattori terrestri a una nave.

Pertanto un programma marittimo dovrebbe avere il proprio:

- ambito di lavoro legale;
- flusso di lavoro dell'ente regolatore;
- Gruppo di lavoro IMO/AIEA;
- valutazione della responsabilità.

10.47 L'accettazione da parte del porto potrebbe diventare importante quanto la certificazione della nave.

Una nave mercantile a propulsione nucleare ha un valore commerciale limitato se i principali porti di destinazione non ne consentono l'attracco.

Pertanto, l'economia nucleare marittima dipende in parte da:

- convergenza delle norme internazionali;
- assicurazione;
- Accettazione da parte dello stato del porto;
- Pianificazione delle emergenze nei porti.

Un concetto di propulsione italiano tecnicamente valido potrebbe quindi rimanere commercialmente limitato fino a quando la governance internazionale non sarà matura.

10.48 Le centrali elettriche galleggianti costituiscono un'altra categoria giuridicamente distinta

Un'unità nucleare galleggiante ancorata per alimentare una rete costiera non è identica a:

- una nave nucleare semovente;
- un reattore terrestre.

L'IMO ha già discusso la necessità di futuri lavori sulle unità nucleari galleggianti non semoventi. **[I]**

L'Italia dovrebbe quindi evitare di mettere:

- propulsione navale;
- Energia galleggiante;
- SMR terrestri

nell'ambito di un'unica autorizzazione generica "nucleare marittima".

Essi presentano problematiche legali diverse.

10.49 La fusione è strategicamente importante per l'Italia, ma appartiene a un orario diverso

L'Italia possiede uno degli ecosistemi industriali a fusione più solidi d'Europa.

Il suo patrimonio comprende:

- DTT a Frascati;
- Partecipazione di ITER alla catena di fornitura;
- magneti superconduttori;
- ricerca sulla riproduzione in cattività;
- Investimento di Eni/CFS;
- Infrastruttura RFX.

Si tratta di una vera e propria capacità nazionale.

Non rappresenta una valida alternativa alla generazione di energia da fissione nei primi anni del 2030.

10.50 DTT è già un importante programma industriale/scientifico italiano

Presso il centro di ricerca ENEA di Frascati è in costruzione l' **impianto di prova per il tokamak Divertor .**

Nel febbraio 2026, l'ENEA ha annunciato il successo dei test di accettazione per il primo dei 16 gyrotroni ad alta potenza da 170 GHz che faranno parte del sistema di riscaldamento del plasma del DTT. **[G]**

Il progetto è concepito per studiare uno dei principali problemi ingegneristici della fusione nucleare:

- gestione del calore estremo dei gas di scarico del plasma.

Questo genera un know-how rilevante per i futuri reattori a fusione.

10.51 Il programma di ricerca nucleare italiano considera esplicitamente la fusione come un obiettivo a lungo termine

Il programma di ricerca nucleare 2026 dell'ENEA colloca la fusione all'interno di una **visione strategica a lungo termine** e fa riferimento alla tabella di marcia europea verso la realizzazione di un primo impianto dimostrativo intorno al 2050.

Il programma individua:

- DTT;
- Lavoro di copertura per l'allevamento a Brasimone;
- Impianto di prova per fasci neutri;
- RFX-mod2

come infrastrutture chiave italiane. **[G]**

Questa è la tempistica appropriata da adottare in ambito politico.

La fusione non dovrebbe essere usata retoricamente per rimandare ogni decisione sulla fissione, partendo dal presupposto che la fusione commerciale risolverà il problema del sistema energetico entro il 2030.

Gli investimenti nella fissione non dovrebbero inoltre oscurare le capacità industriali della fusione solo perché l'energia da fusione arriverà in un secondo momento.

Si tratta di programmi diversi.

10.52 ITER rimane un terreno di formazione industriale per l'Italia

L'Europa è responsabile del **45,6%** del contributo alla costruzione di ITER, gran parte del quale viene fornito attraverso componenti industriali in natura piuttosto che in denaro. **[I]**

Aziende italiane tra cui:

- Ansaldo;
- SIMICO;
- Superconduttori ASG

hanno partecipato direttamente ai principali lavori di produzione e assemblaggio di ITER. **[I]**

Tale esperienza ha un valore strategico anche prima della commercializzazione della fusione perché sostiene:

- qualità nucleare;
- saldatura avanzata;
- superconduttività;

- gestione a distanza;
- integrazione del progetto.

10.53 Eni offre all'Italia un'esposizione separata al settore della fusione commerciale-privata.

Eni è un investitore strategico in **Commonwealth Fusion Systems** dal 2018.

Nel settembre 2025 ha firmato un accordo di acquisto di energia elettrica del valore di oltre **1 miliardo di dollari** per l'elettricità prevista dal primo impianto ARC di CFS in Virginia. **[I]**

Ciò offre all'industria italiana l'opportunità di conoscere un modello di sviluppo della fusione diverso dal percorso pubblico ITER/DTT.

Non garantisce la fornitura di energia elettrica da fusione per uso domestico in Italia in una data specifica.

I due fatti non vanno confusi.

10.54 La politica industriale sulla fusione può procedere indipendentemente dalla scelta sulla fissione

Tutte e quattro le architetture nazionali analizzate in seguito possono preservare:

- DTT;
- ITER;
- magneti a fusione;
- Investimento in CFS;
- ricerca.

Pertanto la fusione non è una delle quattro opzioni mutuamente esclusive.

Si tratta di un **portafoglio tecnologico strategico parallelo** .

10.55 La sicurezza energetica del Mediterraneo è cambiata strutturalmente dal 2022

L'architettura italiana della sicurezza energetica precedente al 2022 dipendeva fortemente dalle continue importazioni di combustibili fossili, inclusa una considerevole esposizione al gas russo.

La risposta ha incluso:

- maggiore offerta algerina;
- TAP/Azerbaigian;
- GNL;

- ulteriore rigassificazione;
- magazzinaggio;
- interconnessioni elettriche.

Entro il 2025, le importazioni di GNL hanno superato i 20 miliardi di metri cubi e l'unità FSRU di Ravenna è entrata in funzione. **[I]**

Il paese è quindi più diversificato.

Ma la diversificazione non è sinonimo di indipendenza.

10.56 Il Mediterraneo è al contempo una via di approvvigionamento e un'esposizione geopolitica

Le infrastrutture energetiche italiane collegano sempre più il Paese a:

- Algeria;
- Tunisia;
- Libia;
- Rotte del Mediterraneo orientale/Caspio;
- Trasporto globale di GNL.

Snam identifica esplicitamente l'instabilità politica ed economica nella regione MENA e nelle ex regioni di approvvigionamento sovietiche come un rischio materiale. **[I]**

La politica energetica deve quindi considerare:

- interruzione degli oleodotti;
- interruzione delle spedizioni;
- concorrenza sui prezzi del GNL;
- sabotaggio delle infrastrutture;
- instabilità geopolitica.

Una flotta nucleare nazionale potrebbe ridurre parte del volume esposto a tali rischi una volta entrata in funzione.

10.57 L'interconnessione elettrica crea un'opportunità diversa per il Mediterraneo

ELMED collega l'Italia e la Tunisia non attraverso le molecole, ma attraverso gli elettroni.

L'obiettivo dichiarato di Terna è quello di trasformare l'Italia in un ponte mediterraneo in grado di gestire i flussi di energia elettrica rinnovabile tra Africa ed Europa. **[G]**

Questo potrebbe integrare:

- Energie rinnovabili italiane;

- nucleare nazionale;
- Interconnessione europea.

La sicurezza energetica del Mediterraneo dovrebbe pertanto essere analizzata attraverso entrambi i canali:

corridoi del carburante

E

corridoi elettrici.

10.58 Il nucleare potrebbe cambiare la posizione negoziale dell'Italia anche senza produrre la maggior parte dell'elettricità

Se l'Italia acquisisse una quota significativa di energia nucleare nazionale, potrebbe ridurre la dipendenza marginale dal gas importato durante:

- periodi a bassa rinnovabilità;
- Shock dei prezzi del gas.

Ciò potrebbe cambiare:

- volumi di importazione;
- potere contrattuale;
- Utilizzo di centrali elettriche a gas.

Tuttavia, l'effetto dipende dalle dimensioni della flotta e dalla data di completamento.

Un singolo reattore da 300 MWe ha un impatto macrogeopolitico limitato.

Diversi gigawatt potenzialmente sì.

10.59 L'autonomia strategica non deve trasformarsi in autarchia

Un sistema energetico italiano resiliente può diversificare deliberatamente le proprie fonti energetiche:

- energie rinnovabili nazionali;
- magazzinaggio;
- nucleare;
- gas;
- CCS;
- interconnessione.

L'obiettivo è ridurre le conseguenze della perdita di una qualsiasi fonte di approvvigionamento.

La piena autosufficienza nazionale in ogni tecnologia energetica non è né necessaria né realisticamente raggiungibile.

Il concetto più utile è:

interdipendenza controllata con molteplici sostituti.

10.60 L'etica dell'informazione è parte integrante della governance del programma.

La legge del 2026 prevede l'obbligo di informazione e consultazione pubblica.

La storia italiana conferisce alla struttura etica di tale attività un'importanza insolitamente elevata.

Entrambi i principali punti di svolta pubblici sul nucleare, ovvero quelli del 1987 e del 2011, sono avvenuti in seguito a gravi incidenti nucleari all'estero:

- Chernobyl;
- Fukushima.

Il dossier ufficiale della Camera dei Deputati del 2026 ricostruisce esplicitamente quegli episodi come centrali nella storia della politica nucleare italiana. **[L]**

Pertanto, lo Stato non può trattare l'informazione pubblica come se la popolazione non avesse alcun punto di riferimento storico.

10.61 L'informazione governativa e la promozione politica devono rimanere distinte

Un governo ha il diritto di presentare e difendere il proprio programma energetico.

Ma il processo di informazione pubblica previsto dalla legge non dovrebbe mascherare la promozione politica sotto forma di comunicazione indipendente sulla sicurezza.

Il sistema dovrebbe separare:

Governo

Spiega:

- obiettivo politico;
- ipotesi sui costi;
- alternative;
- orario.

Regolatore della sicurezza

Spiega in modo indipendente:

- Risultati relativi alla sicurezza;
- ispezioni;

- decisioni in materia di licenze.

Operatore

Spiega:

- progetto;
- proposta commerciale;
- prestazioni dell'impianto.

Istituzioni scientifiche/pubbliche

Fornire:

- prova;
- dati;
- studi tecnici.

Questa divisione tutela la credibilità istituzionale.

10.62 Le linee guida dell'AIEA sull'impegno promuovono la trasparenza, non la persuasione.

L'AIEA descrive il coinvolgimento delle parti interessate lungo l'intero ciclo di vita nucleare come una necessità strategica e identifica **una comunicazione aperta e trasparente** come fondamentale per la fiducia.

Le sue linee guida sottolineano:

- coinvolgimento precoce;
- dialogo continuo;
- ruoli istituzionali chiari;
- divulgazione delle prestazioni e degli incidenti rilevanti;
- Informazioni sulla responsabilità dei rifiuti. **[I]**

Questo approccio è fondamentalmente diverso da una campagna di pubbliche relazioni progettata unicamente per aumentare gli indici di gradimento.

10.63 L'incertezza deve essere comunicata esplicitamente

Le linee guida dell'AIEA sulla comunicazione dei rischi affermano che l'onestà può richiedere la seguente risposta:

“Non lo sappiamo.”

Sottolinea l'apertura e la pubblicazione delle informazioni normative pertinenti, proteggendo al contempo le informazioni di sicurezza legittimamente sensibili. **[I]**

Per l'Italia, ciò significa che la comunicazione pubblica dovrebbe distinguere:

- costo noto;
- costo stimato;
- fornitore target;
- programma approvato;
- aspirazione politica.

In questo rapporto è stata applicata tale distinzione in ogni sua parte.

10.64 La consultazione pubblica deve comunque avere la capacità di modificare una decisione

Una consultazione effettuata dopo:

- sito;
- reattore;
- finanziamento

sono diventati tutti irreversibili è proceduralmente debole.

Le linee guida ambientali/relative alle parti interessate dell'AIEA sottolineano:

- integrità;
- apertura;
- documentazione;
- reattività;
- inclusione sia delle parti interessate favorevoli che di quelle critiche. **[I]**

Un processo italiano credibile dovrebbe pertanto documentare:

- obiezioni;
- prove ricevute;
- risposta del governo;
- Modifiche al progetto derivanti dalla consultazione.

10.65 L'eredità del referendum non può essere risolta attraverso la comunicazione.

Le elezioni del 1987 e del 2011 sono fatti politici.

Non possono essere resi irrilevanti da:

- marketing;
- ricambio generazionale;
- branding tecnologico.

Il modo per ridurre il loro effetto destabilizzante è quello di costruire un processo che dimostri che la nuova decisione è:

- legalmente nuovo;
- tecnologicamente all'avanguardia;
- trasparente;
- aperto al vaglio;
- Esplicito in merito a sprechi e costi.

La legittimità pubblica si genera attraverso i processi e le prestazioni, non solo attraverso la comunicazione.

10.66 Tabella comparativa dell'architettura di sistema

Percorso	Profilo di consegna	Contributo di capacità dell'impresa	Principale dipendenza esterna	Principale vincolo infrastrutturale	Caratteristica strategica
RES accelerato + accumulo	Incrementale veloce	Dipende dal portafoglio di archiviazione/ flessibilità	attrezzature/minerali/catena di approvvigionamento	Rete elettrica + stoccaggio + terreno	Elevato utilizzo di risorse rinnovabili a livello nazionale
Interconnessione guidata	Medio, specifico per il progetto	Dipende dal surplus dei paesi vicini	sistemi elettrici esteri	trasmissione transfrontaliera	Diversificazione geografica
Gas	Esistente	Elevata capacità di gestione	gas importato	Prezzo del gasdotto/GNL + prezzo delle materie prime	Flessibilità a breve termine
Gas + CCS	Possibilità di un'espansione entro il 2030	Alto	Trasporto/stoccaggio di gas e CO_2	Rete/archiviazione CCS	Percorso di utilizzo di combustibili fossili a basse emissioni di carbonio, facilmente gestibile
LWR-SMR	Anni 2030	Elevato se funziona in modo affidabile	Tecnologia del carburante/fornitore	Licenze/sito/finanza	Produzione nazionale stabile a basse emissioni di carbonio
AMR/LFR	Fine anni 2030/anni 2040	Potenzialmente alto	Maturazione avanzata di carburanti/tecnologie	Dimostrazione/licenza	Maggiore potenziale di contenuto tecnologico

					nazionale
Fusione	A lungo termine	Non disponibile per la pianificazione a breve termine.	Sviluppo tecnologico	Dimostrazione/commercializzazione	Opzione strategica post-2040/2050

La tabella non è volutamente ordinata per priorità.

10.67 Architettura I — reattore LWR-SMR occidentale con licenza e industrializzazione italiana

Questa architettura dà priorità alla **maturità dell'implementazione** .

L'Italia seleziona un reattore modulare di piccole dimensioni (SMR) raffreddato ad acqua, sostanzialmente maturo, di un paese alleato e negozia una forte partecipazione italiana attorno alla piattaforma nucleare straniera.

Tra le possibili famiglie tecnologiche rientrano quelle analizzate nel Capitolo 5.

Lo Stato non tenta di acquisire la proprietà intellettuale fondamentale del reattore prima della sua prima messa in funzione.

Cerca di acquisire una quota consistente di:

- ingegneria;
- produzione;
- costruzione;
- operazioni;
- servizi per l'intero ciclo di vita.

10.68 Condizioni in base alle quali l'Architettura I è internamente coerente

L'architettura I diventa coerente laddove:

1. Il governo considera la tempistica della prima potenza un obiettivo di alta priorità;
2. almeno un reattore LWR-SMR occidentale ha fornito prove credibili di licenza/costruzione;
3. Il combustibile LEU convenzionale può essere reperito da fornitori alleati diversificati;
4. L'Italia accetta di dipendere da un'autorità straniera in materia di progettazione dei reattori durante la fase iniziale della flotta;
5. Il contratto con il fornitore garantisce una localizzazione italiana/europea efficace;
6. Un sito italiano corrisponde ai requisiti di raffreddamento e di protezione dai rischi previsti dal progetto;

7. L'autorità di regolamentazione può avvalersi delle revisioni estere senza rinunciare alla propria indipendenza di giudizio;
8. Il finanziamento FOAK può essere concluso a condizioni accettabili.

Si tratta di condizioni, non di una raccomandazione.

10.69 Quale architettura I potenzialmente acquista l'Italia

- curva di apprendimento tecnologico più breve;
- Catena del combustibile LWR matura;
- più facile consultazione normativa;
- addestramento degli operatori più rapido rispetto a un reattore avanzato completamente sconosciuto;
- prima generazione domestica;
- Ordini relativi alla catena di approvvigionamento italiana.

10.70 Cosa non risolve l'Architettura I

- dipendenza da reattori esteri e IP;
- dipendenza dal ciclo del combustibile;
- Requisiti relativi ai rifiuti/allo smaltimento;
- rischio di finanziamento FOAK;
- politica del sito;
- dipendenza dal software del fornitore.

La maturità tecnologica riduce alcuni rischi.

Ciò non conferisce al progetto la sovranità nazionale in ogni sottosistema.

10.71 Condizione di guasto dell'architettura I

L'architettura perde coerenza interna se:

- il progetto di riferimento presenta gravi problemi di progettazione irrisolti;
- Il fornitore rifiuta termini di localizzazione/IP/assistenza accettabili;
- Il premio di finanziamento distrugge le ipotesi economiche;
- Nessun sito italiano può ospitare il design scelto;

- Non è possibile attuare una diversificazione delle fonti energetiche.

In tal caso, il problema potrebbe risiedere nel fornitore/progetto scelto, piuttosto che nella politica nucleare nel suo complesso.

10.72 Architettura II — Percorso AMR/LFR guidato dall'Italia

Questa architettura dà priorità alla **sovranità tecnologica e alla capacità dei reattori avanzati** .

L'Italia struttura il programma nazionale attorno ai seguenti punti:

- ENEA;
- Ansaldo Nucleare;
- Aquile;
- newcleo;
- infrastrutture per reattori raffreddati a piombo.

Si accetta che la prima produzione di energia commerciale avverrà probabilmente più tardi rispetto a quanto previsto da un percorso consolidato di reattori ad acqua leggera (LWR) e reattori modulari di piccole dimensioni (SMR).

10.73 Condizioni in base alle quali l'Architettura II è internamente coerente

L'architettura II diventa coerente laddove:

1. Il governo attribuisce grande importanza alla proprietà intellettuale nazionale/europea relativa ai reattori avanzati;
2. La disponibilità di energia elettrica a livello domestico a metà degli anni 2030 non è un requisito imprescindibile;
3. Le fasi dimostrative ricevono finanziamenti stabili a lungo termine;
4. La qualificazione del materiale principale e dei componenti procede con successo;
5. La strategia avanzata per i carburanti/MOX diventa ottenibile tramite licenza e finanziabile;
6. L'ente regolatore sviluppa competenze sui reattori veloci;

7. La politica industriale è pronta ad assumersi i rischi legati allo sviluppo tecnologico.

10.74 Cosa potrebbe potenzialmente acquistare l'Italia Architettura II

- maggiore partecipazione italiana nel settore dell'ingegneria;
- Un ecosistema di ricerca e sviluppo più solido per i reattori avanzati;
- proprietà intellettuale esportabile;
- potenziali applicazioni industriali a temperature più elevate;
- diverse opzioni di utilizzo del carburante.

10.75 Cosa non risolve l'Architettura II

- a breve termine prima potenza;
- infrastrutture del ciclo del combustibile;
- rischio di dimostrazione;
- smaltimento geologico;
- FOAK finance;
- Precedente in materia di licenze per reattori al piombo.

Si tratta di un compromesso deliberato tra **la scadenza del programma di sviluppo** e **il potenziale di proprietà tecnologica** .

10.76 Condizione di errore dell'architettura II

Perde coerenza interna se:

- i manifestanti scivolano ripetutamente;
- Non è possibile stabilire la fabbricazione del combustibile;
- i materiali/la chimica di base creano problemi di licenza irrisolti;
- Il governo continua a promettere date di consegna simili a quelle dei reattori ad acqua leggera (LWR), nonostante un programma di sviluppo di resistenza antimicrobica.

Una strategia basata su reattori avanzati può essere razionale solo se si accetta esplicitamente il suo ciclo di vita più lungo.

10.77 Architettura III — esportatore di componenti senza FOAK nazionale immediato

Questa architettura privilegia il **valore industriale, riducendo al minimo il rischio legato al progetto residenziale** .

L'Italia rafforza:

- produttori di componenti;
- società di ingegneria;
- qualificazione nucleare;
- fusione;
- smantellamento;
- progetti esteri.

La costruzione di nuove abitazioni rimane facoltativa o rinviata.

10.78 Condizioni in base alle quali l'Architettura III è internamente coerente

L'architettura III diventa coerente laddove:

1. La diffusione di reattori a livello europeo/globale crea una domanda di esportazione sufficiente;
2. Le aziende italiane possono qualificarsi per entrare nelle catene di fornitura estere;
3. La questione della localizzazione o del finanziamento a livello nazionale rimane irrisolta;
4. Il governo apprezza la partecipazione industriale anche in assenza di produzione interna immediata;
5. Le università e gli istituti di ricerca mantengono una competenza nucleare sufficiente anche senza una flotta operativa.

10.79 Cosa potrebbe potenzialmente acquistare l'Italia l'Architettura III

- entrate derivanti dalle esportazioni;
- mantenimento delle competenze in ambito nucleare;
- ridurre l'esposizione del pubblico a FOAK;

- riferimenti di produzione;
- possibilità di ingresso nel paese in un secondo momento.

10.80 Cosa non risolve l'Architettura III

- Azienda italiana specializzata nella produzione di energia a basse emissioni di carbonio;
- competenza dell'operatore nazionale;
- Esperienza in materia di licenze per reattori nucleari a livello nazionale;
- Riduzione dell'esposizione alle importazioni nazionali di gas/elettricità.

Si tratta di una **strategia industriale** , non di una strategia di produzione di energia elettrica.

10.81 Condizione di guasto dell'architettura III

Perde coerenza se:

- I programmi esteri localizzano altrove le catene di approvvigionamento;
- Le aziende italiane non riescono ad aggiudicarsi un numero sufficiente di commesse nel settore nucleare;
- L'assenza di progetti nazionali provoca la migrazione delle competenze;
- La politica industriale richiede sussidi permanenti in assenza di una domanda di esportazione competitiva.

10.82 Architettura IV — rinviare il FOAK nazionale fino a quando i gate relativi a rifiuti/ubicazione/istituzioni non saranno maturi

Questa architettura dà priorità alla **sequenza istituzionale e alla riduzione della responsabilità** .

L'Italia continua:

- regolamento;
- ricerca;
- Qualificazione dei fornitori;
- metodologia del sito;
- Stato di avanzamento del repository;
- Cooperazione europea;

ma ritarda la decisione irreversibile di investimento in un reattore nazionale.

10.83 Condizioni in base alle quali l'Architettura IV è internamente coerente

L'architettura IV diventa coerente laddove:

1. Il governo considera la legittimità del deposito/ubicazione più urgente della velocità di FOAK;
2. Le attuali stime sui costi dei reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) sono considerate troppo incerte per giustificare un impegno di investimento;
3. Si prevede che i progetti di riferimento esteri forniranno preziosi insegnamenti durante il periodo di attesa;
4. L'Italia può preservare la propria competenza industriale attraverso le esportazioni e la ricerca e sviluppo;
5. L'adeguatezza della rete può essere mantenuta utilizzando misure non nucleari durante il periodo di attesa.

10.84 Cosa potrebbe potenzialmente acquistare l'Italia l'Architettura IV

- ulteriori prove FOAK provenienti dall'estero;
- minore incertezza nella scelta della tecnologia;
- più tempo per la formazione degli enti regolatori;
- potenziali progressi sul National Repository;
- Architettura legale/di localizzazione più solida;
- Miglioramento della maturità delle catene di approvvigionamento e dei combustibili in Europa.

10.85 Cosa non risolve l'Architettura IV

- Necessità a breve termine di una solida capacità a basse emissioni di carbonio;
- possibile dipendenza a lungo termine dal gas;
- rischio industriale che i fornitori esteri creino ecosistemi chiusi al di fuori dell'Italia;
- probabilità che i tassi di implementazione successivi richiesti per gli scenari PNIEC 2050 diventino molto difficili.

Il ritardo riduce alcuni rischi e ne aumenta altri.

10.86 Condizione di errore dell'architettura IV

Perde coerenza interna se il “ritardo temporaneo” si trasforma in un’assenza indefinita di decisione mentre:

- Le competenze si deteriorano;
- L'investimento del fornitore scompare;
- La competenza dell'organismo di regolamentazione non viene mantenuta;
- non viene attuato alcun piano di adeguatezza alternativo.

Una strategia di ritardo richiede tappe esplicite, proprio come una strategia di costruzione.

10.87 Matrice comparativa dell'architettura

Condizione strategica	Architettura I — Western LWR-SMR	Architettura II — Progetto AMR/LFR a guida italiana	Architettura III — Esportazione/componente	Architettura IV — Ritardo domestico FOAK
Prima generazione domestica	Prima	Dopo	Nessuno inizialmente	Dopo
Reattore italiano IP	Limitato/moderato	Alto potenziale	IP del componente	Opzione conservata
maturità del combustibile	Elevato per LEU	Inferiore / specializzato	Dipendente dal progetto	Migliora con il tempo
Maturità normativa	Potenziale più elevato	Inferiore	Bisogno domestico limitato	È tempo di migliorare
Esposizione statale FOAK	Significante	Potenziale rischio tecnologico più elevato	Inferiore	Differito
Contributo all'adeguatezza interna	Sì, se distribuito	Dopo	NO	Nessun termine a breve termine
Strategia di esportazione	Forte	Potenzialmente forte	Obiettivo principale	Possibile
Requisiti di smaltimento dei rifiuti	SÌ	SÌ	Progetto estero solo a livello nazionale	Legacy solo fino alla creazione
Interazione politica del repository	Rilevanza immediata	Rilevanza immediata/successiva	Principalmente eredità	Può essere maturato prima
Compatibilità con il 2035	Potenzialmente	Debole	Non applicabile	Non applicabile
Sovranità tecnologica avanzata	Moderare	Potenziale più elevato	A livello di componente	Opzionalità

Questa tabella descrive le caratteristiche strategiche.

Non classifica le architetture.

10.88 Il governo potrebbe anche sequenziare le architetture invece di sceglierne una in modo permanente

Le quattro architetture non si escludono necessariamente a vicenda nell'arco di 25 anni.

Una possibile sequenza di azioni potrebbe includere, ad esempio:

- Architettura III durante il periodo preparatorio;
- quindi Architettura I o II dopo aver definito i gate;
- mantenendo la fusione in modo continuo.

In alternativa:

- Architettura IV per diversi anni;
- seguito da Architettura I una volta che le prove FOAK straniere saranno mature.

Il punto fondamentale è che la sequenza deve essere esplicita.

Altrimenti il Governo può affermare di voler perseguire contemporaneamente:

- impiego immediato;
- sovranità tecnologica;
- nessun rischio FOAK;
- nessuna dipendenza dall'estero;

anche laddove tali obiettivi siano in conflitto.

10.89 La scelta dell'architettura dovrebbe essere legata all'obiettivo nazionale, non al marchio tecnologico.

La prima decisione non è:

Quale reattore preferiamo?

È:

Qual è il problema che lo Stato sta cercando di risolvere?

I potenziali obiettivi primari includono:

Adeguatezza dell'elettricità

Predilige le tecnologie con:

- elevata maturità di implementazione;
- risultati affidabili.

sovranità industriale

Favori:

- tecnologia nazionale;
- IP;
- produzione.

Velocità di decarbonizzazione

Risorse a favore disponibili a breve.

resilienza del portafoglio al 2050

Consente lo sviluppo nucleare a lungo termine.

Strategia di esportazione

Può essere realizzato senza intervento domestico.

Il governo può perseguire diversi obiettivi, ma dovrebbe identificare esplicitamente i compromessi necessari.

10.90 Una matrice decisionale dovrebbe utilizzare le condizioni, non il punteggio politico

Un dossier decisionale statale dovrebbe confrontare ciascuna architettura con:

- data di prima potenza;
- fabbisogno di capitale;
- garanzia pubblica;
- dipendenza dai combustibili;
- valore industriale interno;
- onere regolatorio;
- carico sul sito;
- carico di rifiuti;
- valore di adeguatezza del sistema;
- potenziale di esportazione.

Il governo/il parlamento decide quindi la ponderazione politica.

Questo rapporto non individua un "vincitore" mascherato attribuendo preferenze politiche a tali pesi.

10.91 La scelta dovrebbe essere riconsiderata in corrispondenza di punti di evidenza definiti

Come minimo:

2028–29

Revisione:

- decreti;
- regolatore;
- Prove internazionali di SMR.

2030–32

Revisione:

- sito selezionato;
- Prestazioni di riferimento FOAK;
- finanziamento.

FOAK FID

Esamina l'architettura completa.

Operazione FOAK

Rivalutare la decisione relativa alla flotta.

Ciò impedisce che una preferenza strategica del 2026 diventi permanente, nonostante successive evidenze contraddittorie.

10.92 Il nucleare dovrebbe essere valutato in base al costo del sistema, non solo al LCOE

Il LCOE è utile per confrontare il costo medio di produzione nell'arco della vita utile del prodotto.

Non misura:

- adeguatezza;
- trasmissione;
- magazzinaggio;
- riduzione;
- bilanciamento;
- requisiti per la formazione della griglia;
- rischio legato alle materie prime.

Pertanto, la decisione finale dello Stato dovrebbe confrontare **il costo totale del sistema** in presenza di vincoli di affidabilità ed emissioni analoghi.

Tale analisi dovrebbe includere:

- nucleare;
- energie rinnovabili;
- magazzinaggio;
- gas/cattura e stoccaggio del carbonio;
- interconnessione.

10.93 Gli scenari relativi al gas devono includere lo stress legato al prezzo del carburante

La produzione di energia da gas può avere costi di investimento iniziali (CAPEX) inferiori rispetto al nucleare.

Ma il suo costo dell'elettricità a lungo termine è sensibile a:

- prezzo del gas;
- prezzo del carbonio;
- politica sul metano

Il confronto finanziario dovrebbe pertanto modellare:

- basso livello di carburante;
- Gas centralizzato;
- gas alto;
- interruzione della fornitura.

Anche i modelli nucleari dovrebbero sottolineare:

- SPESE IN CAPITALE;
- ritardo;
- finanziamento.

Confrontare le prospettive ottimistiche del nucleare con quelle pessimistiche del gas, o viceversa, porterebbe a una risposta predeterminata anziché a un'analisi.

10.94 Gli scenari nucleari devono includere lo stress relativo al costo del capitale

Un reattore con bassi costi di finanziamento può produrre un prezzo dell'elettricità molto diverso rispetto allo stesso reattore con un elevato rendimento richiesto.

Pertanto il governo deve dimostrare i risultati in campo nucleare secondo le seguenti modalità:

- finanziamenti di tipo sovrano;
- Finanziamenti regolamentati/CfD;
- finanziamenti commerciali/privati.

Il meccanismo di supporto non deve essere nascosto all'interno di un singolo LCOE.

10.95 Gli scenari di energia rinnovabile devono includere la limitazione e il costo della rete

Uno scenario ad alta quota di energie rinnovabili non dovrebbe presupporre che ogni MWh prodotto possa essere consumato.

Deve includere:

- riduzione;
- perdite dovute allo stoccaggio;
- espansione della griglia;
- bilanciamento.

Il piano di rete di Terna dimostra già che un'elevata diffusione delle energie rinnovabili richiede infrastrutture importanti. **[G]**

Questa non è una critica alle energie rinnovabili.

Si tratta dello stesso standard contabile di sistema applicato anche al nucleare.

10.96 Gli scenari di interconnessione devono includere lo stress europeo correlato

Le importazioni di energia elettrica sono più vantaggiose quando i sistemi limitrofi dispongono di capacità inutilizzata.

Durante un periodo europeo caratterizzato da freddo, buio e scarso vento, diversi mercati possono diventare contemporaneamente ristretti.

Pertanto, la capacità di interconnessione non dovrebbe essere modellata come generazione garantita e stabile.

Fornisce:

- diversificazione;
- commercio;
- condivisione delle riserve;

ma il suo credito di capacità dovrebbe riflettere le condizioni correlate del sistema.

10.97 Gli scenari CCS devono includere la capacità di trasporto e stoccaggio

Un impianto a gas non può dichiarare la decarbonizzazione CCS a meno che:

- L'unità di cattura esiste;
- Esistono il trasporto tramite oleodotti e navi;
- Esiste la capacità di iniezione nello stoccaggio;
- Vengono definiti il monitoraggio e la responsabilità.

La seconda fase del progetto Ravenna è potenzialmente importante perché prevede la creazione di infrastrutture condivise.

Ma finché l'intera catena non sarà operativa, una capacità di cattura nominale non equivale a un sistema nazionale di cattura e stoccaggio del carbonio (CCS) maturo.

10.98 La sicurezza del Mediterraneo dovrebbe essere considerata in ogni scenario

Il sistema deve essere sottoposto a stress test rispetto a:

- Interruzione algerina;
- Impennata dei prezzi del GNL;
- Interruzioni del traffico marittimo nel Mediterraneo;
- interruzione della connessione elettrica;
- Interruzione del processo di arricchimento dell'uranio.

I diversi portafogli reagiscono in modo diverso.

Questo è il modo corretto per quantificare la resilienza strategica.

10,99 L'Alleanza Nucleare può sostenere la resilienza del combustibile e dell'industria

La partecipazione dell'Italia all'Alleanza nucleare europea nel 2026 le offre un ulteriore forum di coordinamento su:

- finanziamenti per il nucleare;
- Tassonomia dell'UE;
- politica del ciclo dei combustibili;
- Quadro strategico per le energie pulite post-2030.

La dichiarazione dell'Alleanza del giugno 2026 chiedeva un quadro post-2030 tecnologicamente neutrale che riconoscesse sia il nucleare che le energie rinnovabili come fattori che contribuiscono alla decarbonizzazione, alla sicurezza e alla competitività. **[G]**

Questo coordinamento politico può rafforzare le opzioni nazionali.

Non sostituisce le prove disponibili a livello nazionale.

10.100 La strategia europea SMR crea un'opportunità per la flotta che l'Italia dovrebbe valutare

La Commissione sta esplicitamente cercando di evitare un mercato europeo composto da molti reattori nazionali unici e incompatibili tra loro.

La sua logica industriale preferita è:

- modelli selezionati;
- più paesi;
- unità ripetute;
- catene di approvvigionamento condivise.

[G]

Questo è importante per l'Italia perché la convenienza economica di un impianto FOAK italiano migliora se lo stesso progetto viene contemporaneamente realizzato in altre parti d'Europa.

Pertanto, la selezione della tecnologia dovrebbe esaminare non solo:

miglior reattore per l'Italia

Ma:

quale reattore può contare su una flotta europea credibile alle spalle.

10.101 Al contrario, il blocco della flotta a livello europeo può creare un rischio di concentrazione

Una flotta europea può ridurre i costi grazie alla standardizzazione.

Può inoltre creare una dipendenza sistemica da:

- un unico fornitore;
- monocomando;
- una piattaforma digitale.

L'Italia dovrebbe quindi distinguere:

vantaggi della standardizzazione

da

rischio strategico da fonte unica.

Idealmente, una politica industriale europea dovrebbe sviluppare molteplici fornitori qualificati all'interno di un ecosistema comune di reattori.

10.102 La decisione finale è quindi una decisione di allocazione del rischio

Ogni architettura ripartisce il rischio in modo diverso.

Architettura I

Trasferisce una maggiore quota del rischio di sviluppo tecnologico a un fornitore estero consolidato, ma mantiene:

- finanza;
- sito;
- costruzione;
- dipendenza estera.

Architettura II

L'Italia conserva un maggior valore tecnologico, ma al contempo presenta maggiori rischi di sviluppo.

Architettura III

Evita il rischio di FOAK a livello nazionale, ma lascia i benefici del sistema elettrico all'estero.

Architettura IV

Riduce il rischio di impegni precoci, ma aumenta il rischio di ritardi/mancanza di opportunità.

Non esiste un'architettura in cui ogni rischio scompaia.

10.103 Il governo dovrebbe dichiarare esplicitamente quali rischi accetta

Una decisione strategica definitiva dovrebbe individuare un'esposizione accettabile almeno nei seguenti ambiti:

- finanza pubblica;
- tecnologia straniera;
- carburante;
- conflitto del sito;
- sciupare;
- data di consegna;
- dipendenza industriale.

Senza tale dichiarazione, il dibattito si sposta inevitabilmente sull'immagine dei reattori piuttosto che sulla gestione del rischio sovrano.

10.104 Le quattro architetture non dovrebbero essere presentate al pubblico come certezze

Ciascuna è condizionata.

La lingua corretta è:

“Se queste condizioni vengono soddisfatte, questo percorso diventa realizzabile.”

Non:

“Questo percorso porterà inevitabilmente a questi benefici.”

Tale distinzione è particolarmente importante alla luce della memoria istituzionale italiana relativa agli eventi del 1987 e del 2011.

10.105 Struttura della decisione finale del governo

La decisione finale del governo può essere articolata attorno a cinque domande.

Domanda 1 — La produzione di energia nucleare a livello nazionale è necessaria per il sistema energetico nazionale del periodo 2040-2050?

Si tratta di una questione relativa al sistema elettrico.

La risposta dovrebbe essere fornita attraverso la modellazione dell'intero sistema.

Domanda 2 — Entro quanto tempo deve essere disponibile l'energia nucleare per uso domestico?

Ciò determina se i reattori LWR-SMR maturi o i reattori avanzati successivi rimangono compatibili con l'obiettivo politico.

Domanda 3 — Qual è il livello accettabile di dipendenza dalla tecnologia straniera?

Ciò determina gli scambi tra:

- Maturità di implementazione a breve termine;
- proprietà intellettuale nazionale.

Domanda 4 — Qual è l'esposizione finanziaria pubblica accettabile?

Ciò determina:

- CfD;
- garanzie;
- prestiti;
- scala flotta.

Domanda 5 — Quali ostacoli istituzionali devono essere superati prima di impegnarsi?

Ciò determina se l'Italia sceglierà:

- impiego immediato;
- sviluppi avanzati;
- esportazione industriale;
- ritardo condizionale.

10.106 Condizioni che supportano l'Architettura I

Senza fare un confronto con gli altri, Architettura I è più coerente internamente laddove lo Stato dà priorità a:

- precedente capacità a basse emissioni di carbonio dell'azienda nazionale;
- minor rischio nello sviluppo tecnologico;
- maturità dei combustibili convenzionali;
- Rilascio accelerato delle licenze grazie a referenze estere.

Richiede l'accettazione di:

- IP del reattore estero;
- servizi relativi al ciclo del carburante importato;
- rapporto con il fornitore.

10.107 Condizioni che supportano l'Architettura II

L'architettura II è più coerente internamente laddove lo Stato dà priorità a:

- tecnologia nazionale avanzata dei reattori;
- Proprietà intellettuale a lungo termine destinata all'esportazione;
- leadership italiana nella ricerca;
- applicazioni industriali avanzate.

Richiede l'accettazione di:

- successivo dispiegamento;
- maggiore rischio di sviluppo;
- complessità avanzata del ciclo del combustibile.

10.108 Condizioni che supportano l'Architettura III

L'architettura III è internamente coerente laddove:

- La redditività economica dei reattori nazionali rimane incerta;
- La scelta del sito rimane difficile;
- La costruzione di centrali nucleari in Europa crea comunque una domanda di esportazione;
- L'Italia desidera preservare le opzioni industriali.

Richiede l'accettazione del fatto che:

- I benefici derivanti dal nucleare per il sistema elettrico nazionale sono differiti o assenti.

10.109 Condizioni che supportano l'Architettura IV

L'architettura IV è internamente coerente laddove:

- La predisposizione in materia di rifiuti, ubicazione e regolamentazione è considerata un prerequisito per la realizzazione di nuove costruzioni irreversibili;
- Si prevede che le prove provenienti dall'estero (FOAK) ridurranno in modo significativo l'incertezza;
- Le risorse non nucleari possono mantenere un livello di approvvigionamento adeguato durante il periodo di attesa.

Richiede l'accettazione di:

- in seguito prima potenza;
- una capacità nucleare potenzialmente inferiore raggiungibile entro il 2050.

10.110 La decisione può cambiare al variare delle prove

Un'architettura strategica selezionata nel 2027 non dovrebbe essere immune da prove.

Se:

- Il costo di BWRX o di altri FOAK per LWR si riduce in modo significativo;
- I dimostratori LFR progrediscono più rapidamente;
- Il settore del gas e della cattura e stoccaggio del carbonio (CCS) diventa altamente competitivo;
- I costi di stoccaggio crollano;

- L'installazione del repository è andata a buon fine;

le condizioni strategiche relative cambiano.

Il programma nazionale deve pertanto preservare le rivalutazioni programmate.

10.111 Anche la decisione di non costruire immediatamente comporta dei costi.

Il ritardo può preservare il valore dell'opzione.

Ma può anche:

- estendere la dipendenza dal gas;
- perdere la sincronizzazione industriale;
- richiedono un'implementazione successiva più rapida;
- consentire ad altri paesi europei di conquistare la leadership nella catena di approvvigionamento.

Pertanto, il costo controfattuale dell'attesa dovrebbe essere quantificato anziché essere considerato pari a zero.

10.112 La decisione di costruire immediatamente è anch'essa una decisione con costo opzionale

Un impegno tempestivo può:

- fornitori sicuri;
- creare competenze;
- ottenere una posizione di leadership industriale.

Ma può anche intrappolare l'Italia in:

- ipotesi di costo immature;
- un progetto che in seguito venne superato;
- questioni irrisolte relative ai rifiuti/allocazione.

Pertanto, un impegno anticipato consuma anche il valore dell'opzione.

10.113 Lo Stato dovrebbe quindi distinguere tra decisioni reversibili e irreversibili.

Ora è reversibile:

- ricerca;
- forza lavoro;
- studi sul sito;
- espansione del regolatore;
- Qualificazione dei fornitori;
- Cooperazione normativa europea.

Più difficile da invertire:

- Acquisizione definitiva del sito;
- Vincolo al fornitore;
- costruzione multimiliardaria;
- garanzie di prezzo a lungo termine.

Questa distinzione rappresenta l'elemento comune più forte tra tutte e quattro le architetture.

10.114 Azioni con valore in tutte e quattro le architetture

Diversi investimenti mantengono il loro valore indipendentemente dalla decisione finale sul reattore:

- rafforzare l'ISIN/futuro ente regolatore;
- preservare le competenze nucleari di ENEA/CIRTEN;
- qualificare le aziende italiane all'esportazione;
- smantellamento completo degli impianti preesistenti;
- promuovere il National Repository;
- sviluppare una strategia di smaltimento geologico;
- partecipare alla cooperazione ENSREG/IAEA;
- proseguire il lavoro su DTT/ITER/fusione;
- rafforzare la rete elettrica;
- migliorare l'archiviazione/interconnessione.

Si tratta di **investimenti che preservano le opzioni** .

Non sono loro a predeterminare la decisione politica di costruire i reattori.

10.115 Azioni che diventano utili solo dopo la scelta di un'architettura specifica

Alcuni esempi includono:

- Stabilimenti di reattori specifici per fornitore;
- infrastrutture di raffreddamento specifiche per il sito;
- impianti di produzione di combustibili specifici per determinate tecnologie;
- Localizzazione proprietaria di strumentazione e controllo;
- simulatore di operatori specifico per il reattore.

Queste decisioni dovrebbero seguire, non precedere, la selezione dell'architettura tecnologica.

10.116 Valutazione strategica finale

L'Italia non decide più se la tecnologia nucleare esiste o meno.

Si tratta di decidere se e come il nucleare debba entrare a far parte di un sistema energetico e industriale già in fase di trasformazione.

Il sistema non nucleare continuerà comunque ad evolversi.

Terna sta già pianificando:

- oltre 23 miliardi di euro di investimenti nella rete elettrica;
- oltre 65 GW di energie rinnovabili aggiuntive entro il 2030;
- oltre 70 GWh di nuovo fabbisogno di accumulo;
- importanti interconnessioni interne e internazionali. **[G]**

Le infrastrutture del gas si sono diversificate in modo significativo dalla crisi del 2022, con il solo GNL che fornirà oltre 20 miliardi di metri cubi nel 2025. **[I]**

Ravenna CCS offre all'Italia un percorso alternativo concreto per ridurre le emissioni derivanti dal continuo utilizzo di gas e dall'industria. **[I]**

L'Europa sta contemporaneamente costruendo un quadro nucleare più coordinato. L'Italia avrebbe dovuto partecipare all'Alleanza Nucleare entro il 2026, mentre la Commissione europea aveva avviato:

- una strategia SMR;
- coordinamento della flotta industriale;
- cooperazione tra gli enti regolatori;
- una proposta di coalizione SMR.

[G]

L'industria italiana vanta vantaggi significativi in:

- ingegneria nucleare;
- componenti pesanti;
- test;
- fusione;
- Ricerca e sviluppo avanzati sui reattori al piombo.

Non possiede ancora un reattore commerciale sovrano completo e la relativa catena del combustibile.

La fusione rafforza il portafoglio industriale strategico, ma non modifica sostanzialmente la decisione sulla fissione entro il 2030. Il DTT è ancora in costruzione, l'ITER rimane un importante programma internazionale di ricerca e sviluppo e la stessa ENEA colloca la fusione commerciale in una tabella di marcia europea a lungo termine che prevede la dimostrazione intorno al 2050. **[G/I]**

Anche l'energia nucleare marittima rappresenta una reale opzione industriale, ma non un sostituto a breve termine per le licenze relative agli impianti terrestri. Fincantieri, newcleo e RINA hanno un programma di sviluppo concreto, mentre l'IMO sta ancora rivedendo il Codice nucleare internazionale e il quadro SOLAS con un orizzonte temporale al 2030. **[I]**

La principale conclusione strategica è pertanto che l'Italia si trova di fronte **a quattro architetture statali nucleari legittime ma sostanzialmente diverse** .

Architettura I

Un percorso LWR-SMR occidentale maturo.

La sua condizione determinante è l'accettazione di una maggiore dipendenza dalla tecnologia dei reattori stranieri in cambio di una minore novità in termini di implementazione.

Architettura II

Un percorso AMR/LFR legato all'Italia.

La sua condizione determinante è l'accettazione di una tempistica di implementazione successiva e tecnicamente più incerta in cambio di una maggiore potenziale proprietà nazionale della tecnologia.

Architettura III

Una strategia di esportazione/componenti energetici senza un immediato FOAK interno.

La condizione determinante è che il valore industriale possa essere catturato a livello internazionale mentre la produzione interna rimane irrisolta.

Architettura IV

Un rinvio condizionato fino a quando le normative in materia di rifiuti e localizzazione non saranno più mature.

La condizione determinante è che l'Italia disponga di misure alternative adeguate per preservare l'adeguatezza del sistema elettrico e le competenze industriali durante il periodo di ritardo.

Niente è gratuito.

Nessuna soluzione risolve tutti gli obiettivi politici.

Il governo, pertanto, non si trova ad affrontare la questione se il nucleare sia un bene o un male.

Si trova di fronte a una **serie di scelte sovrane riguardanti il tempo, il capitale, la proprietà della tecnologia e il rischio** .

La decisione dovrebbe essere presa solo dopo aver utilizzato presupposti comuni per tutti i percorsi di sistema alternativi.

Il governo non dovrebbe fare paragoni:

- nucleare, compresi tutti i costi di finanziamento.

contro

- Produzione da fonti rinnovabili, escluso stoccaggio/rete;

O:

- nucleare, esclusi i rifiuti

contro

- gas, compreso il costo del carbonio;

O:

- il caso centrale di una tecnologia

contro

- Il caso peggiore per un'altra tecnologia.

Il confronto deve essere simmetrico.

Dovrebbe fornire i seguenti dati, in base alle ipotesi di domanda e affidabilità comuni:

- costo totale del sistema;
- emissioni;
- acqua;
- dipendenza dai combustibili;
- data di consegna;
- garanzie pubbliche;
- investimenti nella rete elettrica;
- magazzinaggio;
- sciupare;
- valore industriale;
- esposizione climatica

Solo dopo che tali variabili sono visibili, il processo decisionale politico può iniziare propriamente.

Il requisito di informazione pubblica dovrebbe seguire lo stesso principio.

Lo Stato non dovrebbe tentare di cancellare il significato storico dei **referendum del 1987 e del 2011.** Tali eventi rimangono parte del contesto di legittimità politica in cui il nuovo programma deve operare. **[L]**

La risposta istituzionale appropriata non è quella di avviare una campagna.

Si tratta di presentare una decisione verificabile.

Ciò significa pubblicare:

- ciò che è noto;
- ciò che viene stimato;
- ciò che resta incerto;
- qual è il costo di ciascuna alternativa;
- quali rischi si sta assumendo lo Stato;
- quale decisione può ancora essere revocata.

Le attuali linee guida dell'AIEA per le parti interessate giungono essenzialmente alla stessa conclusione istituzionale: la fiducia richiede un coinvolgimento precoce, continuo, aperto e reattivo, compresa la comunicazione delle responsabilità in materia di rifiuti e delle incertezze significative. **[I]**

La questione nucleare italiana non dovrebbe quindi essere risolta affermando che una tecnologia sia inevitabile, bensì attraverso un confronto trasparente dei percorsi nazionali.

La scelta strategica centrale può finalmente essere formulata in termini precisi:

L'Italia vuole acquisire maturità nello sviluppo tecnologico, sviluppare la sovranità tecnologica, monetizzare le capacità industriali senza un'immediata implementazione a livello nazionale, oppure preservare il valore delle opzioni fino a quando le condizioni istituzionali e la riduzione dei rifiuti non saranno più solide?

Queste sono le quattro opzioni sostanzialmente diverse.

La decisione tra loro è politica.

Le condizioni in base alle quali ciascuna di esse può operare sono di natura tecnica, legale, finanziaria e misurabile.

CAPITOLO 10 — REGISTRO DELLA SORGENTE DI CARICO

Alternative al sistema elettrico, energie rinnovabili, stoccaggio e interconnessione

G1 — Terna, Piano nazionale di sviluppo della rete di trasmissione elettrica 2025. Oltre 23 miliardi di euro di investimenti nel periodo 2025-2034; oltre 65 GW di energie rinnovabili aggiuntive entro il 2030 rispetto al 2023; fabbisogno di stoccaggio di 71,5 GWh; aumento della capacità di trasferimento interna e internazionale. Terna — Piano di sviluppo della rete 2025

G2 — Terna, *Piano di sviluppo 2025 — Panoramica* . Principali infrastrutture fino al 2034/2040, tra cui il Collegamento Tirrenico, ELMED, Milano-Montalto, Collegamento Adriatico, GR.ITA.2 e potenziamenti dei valichi di frontiera esteri. Terna — Panoramica del Piano di sviluppo 2025

G3 — Terna, prima asta MACSE, 30 settembre 2025. Assegnati 10 GWh per la consegna nel 2028; offerte >4 volte la domanda; prezzo di assegnazione ponderato ~€12.959/MWh-anno.
Terna — Risultati della prima asta MACSE

G4 — Commissione europea — Obiettivi di interconnessione elettrica. Obiettivo UE 2030 di almeno il 15%. Commissione europea — Obiettivi di interconnessione elettrica

G5 — Terna — Interconnessione ELMED Italia-Tunisia. Ponte elettrico Europa-Nord Africa concepito per supportare la sicurezza e l'integrazione delle energie rinnovabili. Terna — Interconnessione ELMED Italia-Tunisia

Gas, GNL e sicurezza energetica del Mediterraneo

I1 — Snam, risultati finanziari 2025 e piano strategico 2026-2030. Domanda di gas italiana nel 2025 ~63,42 miliardi di metri cubi; GNL >20 miliardi di metri cubi; FSRU di Ravenna operativa da maggio 2025. Snam — Risultati del sistema del gas per il 2025

I2 — Rapporto annuale Snam 2025. 64,08 miliardi di metri cubi immessi nella rete; 40,41 miliardi di metri cubi di gasdotti esteri; 20,48 miliardi di metri cubi di gasdotti immessi nei terminali GNL; forte riduzione dei volumi del gasdotto Tarvisio/russo. Snam — Rapporto annuale 2025

I3 — Snam, informativa sui rischi geopolitici. Rischi di approvvigionamento di gas provenienti da paesi dell'ex Unione Sovietica e altri paesi. Snam — Informativa sui rischi geopolitici e di approvvigionamento di gas.

G6 — Sintesi del Rapporto Annuale ARERA. Diversificazione delle fonti di gas italiane e storico allontanamento dalla dipendenza concentrata dalla Russia. ARERA — Sintesi del Rapporto Annuale 2026

Gas più CCS

I4 — Relazione annuale Eni 2025 — Ravenna CCS. Fase 1 circa 25 kt CO_2/anno; efficienza di cattura >90%; Fase 2 obiettivo 4 Mt/anno entro il 2030 con possibile espansione successiva fino a 16 Mt/anno. Eni — Relazione annuale 2025 / Ravenna CCS

G7 — MASE PNIEC 2024. Programma CCS di Ravenna e potenziale scala futura. MASE — PNIEC 2024

G8 — MASE/UNMIG — Quadro di monitoraggio della Fase 1 della CCS di Ravenna. Documentazione relativa al monitoraggio della Fase 1 della CCS di Ravenna (MASE).

Politica nucleare europea e alleanze

G9 — Commissione europea, 10 marzo 2026 — Strategia UE per i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR). I primi SMR europei sono previsti per l'inizio degli anni 2030; approccio europeo alla flotta, catena di approvvigionamento industriale, cooperazione normativa, servizi del ciclo del combustibile e coalizione per gli SMR. Commissione europea — Strategia UE per i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR).

G10 — Commissione europea, COM(2026)117. Proposte dettagliate in materia di cooperazione normativa, coalizione SMR, protezione della proprietà intellettuale e autonomia strategica. Commissione europea — Sviluppo futuro e implementazione dei SMR in Europa

G11 — Commissione europea — Portale politico sugli SMR. Alleanza industriale europea sugli SMR e capacità SMR prevista nell'UE di 17-53 GW entro il 2050. Commissione europea — Reattori modulari di piccole dimensioni

G12 — Ministero dell'Energia polacco, 26 giugno 2026 — Riunione dell'Alleanza Nucleare. L'Italia è tra gli Stati partecipanti; Grecia e Lettonia come osservatori;

posizione comune sul quadro tecnologico neutrale per l'energia pulita post-2030. Ministero dell'Energia polacco — Riunione dell'Alleanza Nucleare, giugno 2026

G13 — Ministero dell'Energia polacco, 16 marzo 2026 — Dichiarazione congiunta dell'Alleanza Nucleare. L'Italia è inclusa tra i paesi partecipanti ed è espresso sostegno alla strategia UE per i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR). Alleanza Nucleare — Dichiarazione congiunta di marzo 2026

cooperazione normativa

G14 — Dashboard della task force SMR di ENSREG, marzo 2026. Monitora il coinvolgimento degli enti regolatori nazionali dell'UE con diverse progettazioni di SMR e conferma la continua sovranità nazionale in materia di licenze. ENSREG — Dashboard della task force SMR, marzo 2026

I5 — Forum dei regolatori SMR dell'AIEA / NHSI. Toolkit per la cooperazione normativa disponibile nel 2026 a supporto di una revisione normativa congiunta, collaborativa e sinergica.
AIEA — Toolkit per la cooperazione normativa SMR

I6 — Fase II del programma NHSI dell'IAEA. Progetto pilota multinazionale di pre-autorizzazione EAGLES-300 e futuro quadro globale per le revisioni dei reattori avanzati. Fase II del percorso normativo NHSI dell'IAEA.

Applicazioni nucleari marittime

I7 — Fincantieri/newcleo/RINA — Studio di fattibilità per la propulsione nucleare marittima. Studio di fattibilità per un mini-reattore chiuso da circa 30 MWe per grandi navi.
Fincantieri — Programma di fattibilità per la propulsione nucleare navale.

I8 — Piano aziendale Fincantieri 2026-2030. La propulsione nucleare rimane un obiettivo di propulsione sostenibile a lungo termine. Fincantieri — Piano aziendale 2026-2030

I9 — IMO SOLAS. Il capitolo VIII contiene i requisiti di base per le navi nucleari e fa riferimento al Codice di sicurezza per le navi mercantili nucleari. IMO — Convenzione SOLAS e navi nucleari

I10 — IMO, gennaio 2026. Piano di lavoro per la revisione del Codice nucleare e del Capitolo VIII della SOLAS, con l'obiettivo di adozione entro il 2030. IMO — Piano di lavoro 2026 per la regolamentazione delle navi a propulsione nucleare.

I11 — IMO, settembre 2026 — ATLAS. Cooperazione IAEA/IMO sulle tecnologie nucleari marittime sicure, protette e salvaguardate, compresi i quadri giuridici e di responsabilità. Iniziativa nucleare marittima IMO — ATLAS.

Fusione, DTT e ITER

G15 — ENEA, febbraio 2026 — Traguardo importante per il gyrotrone DTT. DTT in costruzione a Frascati; testato con successo il primo gyrotrone da 170 GHz e 1 MW. ENEA — DTT raggiunge un importante traguardo nella fusione.

G16 — ENEA, Programma di ricerca nucleare 2026. La fusione come programma strategico a lungo termine; DTT, mantello di riproduzione, fascio di particelle neutre e infrastrutture RFX; orizzonte dimostrativo europeo verso il 2050. ENEA — Programma italiano di ricerca nucleare 2026

I12 — ITER — struttura dei contributi dei membri. L'Europa fornisce il 45,6% del contributo di costruzione; la maggior parte dei contributi viene fornita tramite componenti e sistemi industriali. ITER — Membri ITER e struttura dei contributi

I13 — ITER — Partecipazione industriale italiana. Aziende italiane tra cui Ansaldo Nucleare, SIMIC e ASG partecipano alle principali attività di assemblaggio e produzione di magneti di ITER. ITER — Contributi produttivi europei/italiani

I14 — Eni/CFS, settembre 2025. Accordo di fornitura di energia elettrica da fusione ARC per oltre 1 miliardo di dollari; Eni investitore strategico dal 2018. Partnership commerciale tra Eni e Commonwealth Fusion Systems.

Responsabilità nucleare e assicurazione

G17 — Rappresentanza permanente italiana presso le organizzazioni internazionali a Parigi — regime Parigi/Bruxelles modificato. Strato generale per gli operatori di 700 milioni di euro e struttura di compensazione combinata di almeno 1,5 miliardi di euro. Ministero degli Affari Esteri italiano — regime di responsabilità nucleare di Parigi e Bruxelles

I15 — Agenzia per l'energia nucleare dell'OCSE — Convenzione supplementare di Bruxelles. Architettura di compensazione a tre livelli. OCSE-NEA — Convenzione supplementare di Bruxelles

I16 — Agenzia per l'energia nucleare dell'OCSE — Convenzione di Parigi. Responsabilità oggettiva/canalizzata dell'operatore e garanzia finanziaria obbligatoria. OCSE-NEA — Convenzione di Parigi

Coinvolgimento delle parti interessate ed etica dell'informazione

L1 — Servizio di ricerca della Camera dei Deputati, 25 maggio 2026. Storia ufficiale del programma nucleare italiano e degli episodi referendari del 1987/2011. Camera dei Deputati — Dossier della delegazione nucleare 2026

I17 — AIEA, 2025 — Coinvolgimento delle parti interessate nei programmi nucleari. Un coinvolgimento aperto, trasparente, tempestivo e continuo è considerato essenziale per l'intero ciclo di vita nucleare. AIEA — Coinvolgimento delle parti interessate nei programmi nucleari

I18 — Guida dell'AIEA sulla comunicazione dei rischi. Onestà, apertura, trasparenza e comunicazione dell'incertezza come fondamenti della fiducia del pubblico. AIEA — Guida sulla comunicazione dei rischi nucleari.

I19 — Serie sull'energia nucleare dell'AIEA — Guida alla partecipazione delle parti interessate e del pubblico. Integrità, documentazione, reattività e inclusione di punti di vista diversi nel coinvolgimento nei programmi nucleari. AIEA — Guida al coinvolgimento delle parti interessate e alla partecipazione del pubblico.

FINE DEL CAPITOLO 10

CAPITOLO 11 — DALL'ABBANDONO DEL NUCLEARE AL RIENTRO POLITICO: LA RIVOLUZIONE POLITICA, GIURIDICA E GEOPOLITICA DELL'ITALIA NELL'ARCO DI QUARANT'ANNI, 1986-2026

11.0 Introduzione narrativa — Come l'Italia è passata dal ritiro dal nucleare alla ricostruzione di un'opzione nucleare nazionale

Il ritorno dell'Italia alla politica nucleare sotto il governo di Giorgia Meloni non può essere inteso semplicemente come la decisione di un governo di ribaltare la decisione di un altro. Si tratta dell'ultima tappa di un ciclo politico, industriale e geopolitico che dura da quasi quarant'anni, durante il quale l'energia nucleare ha oscillato ripetutamente tra tre ruoli molto diversi nella vita pubblica italiana: dapprima come strumento di modernizzazione tecnologica, poi come simbolo di un rischio tecnologico e istituzionale inaccettabile e infine, dopo la crisi energetica europea successiva all'invasione russa dell'Ucraina, come possibile componente della sicurezza energetica nazionale, della competitività industriale e della decarbonizzazione.

La storia è importante perché il dibattito italiano contemporaneo si svolge spesso attraverso slogan semplicistici. Una versione afferma che gli italiani hanno definitivamente abolito l'energia nucleare con il referendum del 1987 e che qualsiasi successivo tentativo di riaprire la questione rappresenterebbe un rifiuto del voto popolare. Un'altra sostiene che i referendum riguardavano solo questioni tecniche di minore importanza e che, pertanto, hanno scarsa rilevanza per le politiche attuali. Nessuna delle due descrizioni coglie appieno la realtà dei fatti.

Il primo dato essenziale è che l'Italia non è mai stata storicamente estranea alla tecnologia nucleare. È stata uno dei primi Stati europei a sviluppare la produzione commerciale di energia elettrica nucleare. Verso la metà degli anni '60, Garigliano, Latina e Trino erano già in funzione, e in seguito Caorso aggiunse al sistema un reattore ad acqua bollente di dimensioni molto maggiori. L'Italia è quindi entrata nell'era nucleare come partecipante industriale, piuttosto che come osservatore esterno. Il Paese ha accumulato conoscenze ingegneristiche, esperienza operativa, capacità di ricerca e competenze industriali che sono rimaste significative anche dopo la scomparsa della produzione commerciale di energia nucleare.

Il secondo fatto essenziale è che l'abbandono dell'energia nucleare da parte dell'Italia non è stato determinato da un singolo atto legislativo. I referendum del 1987, indetti a seguito dello shock di Chernobyl, non contenevano un quesito che sancisse il divieto permanente dell'energia nucleare nella Repubblica Italiana. I tre quesiti riguardavano specifici elementi del quadro giuridico e istituzionale: i poteri di ubicazione degli impianti, i pagamenti agli enti locali che ospitano le centrali nucleari e la partecipazione

di ENEL a progetti nucleari esteri. Ciononostante, il risultato fu politicamente schiacciante. Circa quattro voti validi su cinque si espressero a favore dell'abrogazione dei primi due quesiti, mentre oltre il 71% si espresse a favore dell'abrogazione della disposizione relativa alla partecipazione di ENEL all'estero.

Quel risultato creò un mandato politico ben più ampio del significato letterale del testo referendario. Il sistema nucleare preesistente a Chernobyl aveva perso legittimità politica. Lo Stato italiano tradusse quindi tale risultato politico in politica energetica attraverso le decisioni prese dopo il referendum. La chiusura degli impianti esistenti, l'abbandono di progetti di costruzione e la conversione o la cancellazione di quelli esistenti avvennero tramite decisioni governative, risoluzioni del CIPE e provvedimenti legislativi. Nel luglio del 1990, il CIPE ordinò formalmente la chiusura definitiva di Caorso e Trino; precedenti provvedimenti avevano già portato alla chiusura definitiva di Latina, alla sospensione di Trino 2 e all'interruzione della costruzione della centrale nucleare di Montalto di Castro.

Questa distinzione tra **referendum e attuazione** è più di una mera tecnicalità giuridica. Spiega perché l'energia nucleare sia poi tornata al centro del dibattito politico. L'Italia non ha sancito per legge un divieto costituzionale immutabile contro l'energia nucleare. Ha preso una decisione politica, supportata da un forte mandato referendario, di smantellare l'attuale strategia di sviluppo nucleare. Le conseguenze di tale scelta si sono poi accumulate nel corso dei decenni.

L'Italia ha cessato la produzione di energia elettrica nucleare, ma non ha smesso di essere un paese nucleare sotto ogni altro aspetto. Ha mantenuto il combustibile esaurito, le scorie radioattive, gli oneri di smantellamento, gli impianti di ricerca, le società di ingegneria specializzate e il sistema di regolamentazione necessario per supervisionare le attività nucleari pregresse. Ciò che è scomparso è stato il parco di centrali elettriche e la continuità istituzionale legata alla costruzione, all'autorizzazione e alla gestione di nuovi reattori commerciali.

Ciò ha creato una peculiare asimmetria. L'Italia ha continuato a sopportare alcuni degli obblighi a lungo termine derivanti dal suo precedente programma nucleare, pur non ricevendo energia elettrica dalle centrali nucleari nazionali. Allo stesso tempo, il sistema elettrico europeo intorno all'Italia si è sviluppato seguendo percorsi nazionali molto diversi. La Francia ha mantenuto e ampliato un ampio parco di reattori. La Svizzera ha conservato la produzione di energia nucleare. La Slovenia ha gestito la centrale di Krško. Altri paesi, come la Germania, si sono infine orientati verso la propria uscita dal nucleare, mentre diversi stati dell'Europa centrale e orientale hanno mantenuto quote significative di energia nucleare.

L'Italia, dunque, non ha lasciato un'Europa che aveva uniformemente abbandonato l'energia nucleare. Ha scelto una particolare traiettoria nazionale all'interno di un continente che restava diviso sull'energia nucleare.

L'importanza di tale distinzione è diventata sempre più evidente attraverso la struttura del sistema energetico italiano. L'Italia ha ampliato notevolmente l'energia elettrica da fonti rinnovabili e ha sviluppato una delle principali infrastrutture del gas in Europa, ma il gas naturale si è anche profondamente integrato nella produzione di energia elettrica e nell'economia energetica in generale. Immediatamente prima della crisi geopolitica del 2022, il gas rappresentava il 42% del fabbisogno energetico totale dell'Italia; il 94% di tale gas era importato e circa il 41% delle importazioni proveniva dalla Russia. Il gas era inoltre responsabile di circa la metà della produzione di energia elettrica italiana.

Sarebbe storicamente scorretto attribuire l'intera struttura energetica ai referendum sul nucleare. L'Italia ha sempre posseduto risorse limitate di combustibili fossili a livello nazionale, e lo sviluppo del gas rifletteva scelte industriali, economiche e ambientali che andavano ben oltre la politica nucleare. Anche lo sviluppo delle energie rinnovabili ha modificato profondamente il sistema. Ciononostante, l'abbandono del nucleare ha eliminato dal mix energetico nazionale una possibile fonte di energia elettrica nazionale ad alto fattore di capacità. Ciò che l'ha sostituita non è stata l'indipendenza energetica, bensì una diversa configurazione di dipendenze.

Questo è uno dei temi centrali necessari per comprendere il successivo cambio di rotta del governo Meloni. Un sistema energetico non diventa mai indipendente semplicemente eliminando una tecnologia. Sostituisce un insieme di dipendenze con un altro. L'energia nucleare richiede uranio, arricchimento, fabbricazione del combustibile, tecnologia e capitali. Il gas richiede un approvvigionamento continuo di combustibile, gasdotti, terminali GNL, produttori esteri ed esposizione ai prezzi internazionali delle materie prime. I sistemi rinnovabili richiedono reti estese, stoccaggio, bilanciamento, materiali e catene di approvvigionamento manifatturiere. La questione strategica, quindi, non è se la dipendenza possa essere abolita, ma come diversificarla e quali vulnerabilità un Paese scelga di accettare.

Per gran parte del periodo successivo al 1987, tuttavia, l'energia nucleare si è distinta politicamente da qualsiasi altra tecnologia energetica in Italia. È diventata una questione di identità.

Chernobyl aveva trasformato la percezione della sicurezza nucleare. Il dibattito italiano, di conseguenza, fuse il rischio tecnologico con la sfiducia nei confronti dei processi decisionali centralizzati, le politiche ambientali, il controllo locale sul territorio e il diritto dei cittadini di intervenire direttamente nelle principali scelte infrastrutturali. L'energia nucleare divenne capace di mobilitare gli elettori ben oltre la questione tecnica, relativamente circoscritta, della produzione di energia elettrica.

Questo aiuta a spiegare perché la politica nucleare si sia ripetutamente intrecciata con lotte più ampie sull'autorità governativa.

Sarebbe eccessivo affermare che gli oppositori dell'energia nucleare abbiano semplicemente inventato obiezioni di sicurezza o ambientali per attaccare i governi. I dati storici non avvalorano tale conclusione. Le preoccupazioni relative a incidenti gravi, scorie radioattive, costi di costruzione, consenso territoriale e indipendenza degli enti regolatori erano argomentazioni politiche sostanziali e rimangono temi legittimi della regolamentazione nucleare contemporanea.

Ma è altrettanto incompleto descrivere la controversia nucleare italiana come un dibattito esclusivamente tecnico.

Sia alla fine degli anni '80 che nel 2011, l'energia nucleare è diventata uno strumento attraverso il quale si sono manifestati conflitti politici più ampi. La tecnologia ha acquisito un peso simbolico. Opporsi alla politica nucleare del governo poteva significare contestarne la competenza, la trasparenza o l'autorità politica. Sostenere lo sviluppo del nucleare poteva invece rappresentare una dichiarazione di intenti a favore della modernizzazione, della sovranità industriale o della fiducia nella capacità dello Stato di gestire tecnologie complesse.

Questa dinamica è diventata particolarmente evidente durante il quarto governo Berlusconi.

Tra il 2008 e il 2009, il centrodestra tentò la prima seria revisione del programma italiano di costruzione di nuove centrali nucleari. Il governo creò un percorso legislativo per la realizzazione di nuove centrali nucleari, impianti per il ciclo del combustibile e infrastrutture per la gestione dei rifiuti. Si trattò del primo importante tentativo di invertire l'assetto successivo al 1987.

Il programma ha immediatamente riaperto tutti i conflitti irrisolti del periodo precedente: costi, ubicazione, rapporti tra Stato e Regioni, sprechi, consenso pubblico e interpretazione dell'eredità del referendum.

Poi è avvenuto il disastro di Fukushima.

L'incidente di Fukushima Daiichi nel marzo 2011 ha cambiato il contesto politico in modo sorprendentemente simile a come Chernobyl lo aveva cambiato venticinque anni prima. Il governo Berlusconi prima ha sospeso e poi ha avviato la procedura per smantellare il proprio programma legislativo sul nucleare. Il referendum si è comunque svolto dopo gli sviluppi giudiziari e politici, e il risultato è stato ancora una volta schiacciante. Oltre 25,6 milioni di italiani hanno votato a favore dell'abrogazione del quadro normativo rimanente, pari al 94,05% dei voti validi sulla questione nucleare.

L'episodio del 2011 è particolarmente importante perché la politica nucleare era ormai inequivocabilmente intrecciata con il più ampio scontro politico che circondava il governo di Silvio Berlusconi. Le forze di opposizione collegarono apertamente la campagna referendaria a questioni più ampie sulla legittimità del governo. Allo stesso tempo, il governo sostenne pubblicamente che Fukushima aveva modificato radicalmente il contesto della sicurezza nucleare e giustificato una revisione del programma.

Entrambe le dimensioni appartengono alla documentazione storica.

È quindi più corretto affermare che l'energia nucleare è diventata **un moltiplicatore politico** . Le questioni politiche di fondo erano reali, ma poiché l'energia nucleare combinava complessità tecnologica, percezione del rischio catastrofico, ingenti spese pubbliche, conflitti territoriali e simbolismo nazionale, poteva amplificare lotte politiche più ampie.

Dopo il referendum del 2011, la questione nucleare è apparsa politicamente chiusa per la seconda volta.

Ma il sistema energetico non ha smesso di evolversi.

L'Italia ha continuato ad espandere la produzione di energia da fonti rinnovabili, l'efficienza energetica e l'interconnessione. Allo stesso tempo, il gas è rimasto strutturalmente importante e l'Italia ha continuato a importare ingenti quantità di elettricità attraverso il mercato europeo. Il contrasto con la Francia è diventato particolarmente evidente perché la Francia ha mantenuto un'ampia base di produzione di energia nucleare, a differenza dell'Italia.

Tale confronto va effettuato con cautela. Il sistema elettrico francese non può essere ridotto alla sola energia nucleare, e le differenze nei prezzi dell'elettricità o nelle prestazioni industriali non possono essere attribuite unicamente alla presenza o all'assenza di reattori. L'energia idroelettrica, le energie rinnovabili, i prezzi del gas, la disponibilità di interconnessioni, la tassazione, la domanda e la struttura del mercato sono tutti fattori rilevanti.

Tuttavia, il legame fisico è reale. La Francia è un esportatore netto di energia elettrica verso l'Italia ogni anno dal 1979. Nel 2025 il saldo netto delle esportazioni francesi verso l'Italia ha raggiunto il record di **26,2 TWh** . RTE ha riportato un prezzo medio all'ingrosso dell'energia elettrica in Italia di **116 €/MWh** , rispetto ai **61 €/MWh** in Francia nello stesso anno, collegando esplicitamente la dinamica delle esportazioni in parte all'abbondante produzione di energia elettrica a basse emissioni di carbonio in Francia e alla continua dipendenza dell'Italia dal gas.

Il punto non è che l'Italia abbia segretamente "continuato a utilizzare l'energia nucleare francese" in un'ottica puramente contabile. L'elettricità fluisce attraverso un mercato integrato e i singoli elettroni non vengono assegnati in base alla tecnologia. Il punto geopolitico più importante è che l'uscita dell'Italia dal nucleare nazionale non ha eliminato l'energia nucleare dal sistema continentale da cui l'Italia dipendeva. Ha eliminato la produzione di energia nucleare dal mix energetico nazionale italiano, mentre i paesi limitrofi l'hanno mantenuta.

Per decenni, tale distinzione è rimasta politicamente gestibile perché la sicurezza dell'approvvigionamento energetico è stata spesso trattata principalmente come una questione commerciale: acquistare gas da fornitori diversificati, costruire gasdotti e infrastrutture per il GNL, rafforzare le interconnessioni e incrementare le energie rinnovabili.

L'invasione su vasta scala dell'Ucraina da parte della Russia nel febbraio 2022 ha cambiato il significato strategico di tale accordo.

Improvvisamente, la dipendenza dei sistemi energetici europei da fornitori esterni di combustibili non era più una vulnerabilità astratta. Divenne una questione centrale per la sicurezza nazionale, la politica estera, l'inflazione, la competitività industriale e la stabilità fiscale.

L'Italia era particolarmente esposta a causa dell'importanza del gas naturale importato. Il Paese ha reagito rapidamente e con successo sotto un aspetto: la dipendenza dal gas russo si è ridotta drasticamente, con la quota russa delle importazioni di gas italiane scesa a circa il 3% entro novembre 2022.

Ma la lezione geopolitica si estese ben oltre la Russia.

La sostituzione del gas russo con gas proveniente da Algeria, Azerbaigian, fornitori di GNL o altre fonti ha migliorato la diversificazione, ma non ha eliminato la dipendenza dalle importazioni. Ha semplicemente modificato la geografia della dipendenza.

Questo è il contesto strategico in cui il governo di Giorgia Meloni è giunto al potere.

La coalizione di centro-destra aveva già segnalato questo cambiamento durante la campagna elettorale del 2022. Il suo programma comune non presentava l'energia nucleare come un sostituto dello sviluppo delle energie rinnovabili. Si impegnava ad aumentare la produzione da fonti rinnovabili, a diversificare le fonti energetiche e a migliorare l'efficienza energetica, chiedendo al contempo la valutazione delle tecnologie nucleari di ultima generazione senza quella che definiva una preclusione ideologica.

Questo è importante perché la nuova narrativa sul nucleare differiva sostanzialmente dal linguaggio politico dei decenni precedenti.

La questione non veniva più formulata principalmente come:

Nucleare contro ambientalismo.

Veniva sempre più spesso inquadrato come:

Energia nucleare, energie rinnovabili, reti elettriche e sistemi di accumulo come componenti di un sistema a basse emissioni di carbonio più diversificato.

Il nuovo linguaggio politico ha inoltre introdotto due concetti che hanno acquisito molta più importanza dopo il 2022: **la sovranità energetica** e **l'autonomia strategica** .

Questi termini non vanno interpretati letteralmente come autarchia nazionale. L'Italia non può estrarre tutti i minerali, produrre tutti i pannelli solari, generare tutto il gas di cui ha bisogno o controllare internamente ogni fase di produzione del combustibile nucleare. Il significato pratico è resilienza: evitare un'eccessiva dipendenza da un singolo combustibile, paese, corridoio di trasporto o fornitore tecnologico.

L'approccio del governo Meloni, dopo il suo insediamento, è stato inoltre più graduale di quanto suggerisca l'idea di un immediato "ritorno al nucleare".

L'Italia non ha annunciato immediatamente un reattore, un sito o un programma di costruzione. I primi passi sono stati di natura istituzionale.

Il 9 maggio 2023, la Camera dei Deputati ha adottato mozioni parlamentari riguardanti l'energia nucleare nel percorso del Paese verso la neutralità climatica. Ciò ha permesso di inserire il nucleare, inizialmente presente solo nel programma di coalizione, in un dibattito politico parlamentare formale.

Il passo istituzionale decisivo successivo è stato compiuto il 21 settembre 2023 con la prima riunione della **Piattaforma Nazionale per l'Energia Nucleare Sostenibile** . La piattaforma ha riunito istituti di ricerca, università, il settore della sicurezza nucleare, organizzazioni di smantellamento e industria. L'ISIN ha descritto esplicitamente il proprio obiettivo come la definizione di un percorso verso la possibile ripresa dell'uso dell'energia nucleare in Italia e l'individuazione di opportunità per la filiera industriale nucleare nazionale esistente.

Si è trattato di una transizione importante.

Per la prima volta nel nuovo ciclo politico, l'energia nucleare non era più solo oggetto di discorsi politici. Il governo stava iniziando a ricostruire la rete di istituzioni necessarie per valutare un programma concreto.

Il PNIEC del 2024 ha fatto fare un ulteriore passo avanti al processo.

L'energia nucleare è entrata a far parte della modellizzazione ufficiale a lungo termine del sistema energetico nazionale. Uno scenario ha esaminato circa **16 GW di capacità nucleare entro il 2050** , in grado, secondo le ipotesi del modello, di soddisfare circa **il**

22% della domanda di elettricità prevista in Italia . Il modello ha anche calcolato le differenze nel costo totale del sistema tra scenari con e senza generazione nucleare.

L'importanza di questo passaggio non deve essere confusa con un impegno di costruzione.

Il PNIEC non ha ordinato reattori per una potenza complessiva di 16 GW.

Ha compiuto un passo più preliminare ma istituzionalmente importante: ha inserito l'energia nucleare nell'insieme delle tecnologie che lo Stato italiano era disposto a considerare seriamente come parte integrante del suo futuro sistema energetico decarbonizzato.

La trasformazione politica era dunque già sostanziale.

Nel 2011, la politica governativa prevedeva lo smantellamento del quadro giuridico per i nuovi reattori.

Entro il 2024, i modelli energetici governativi stavano calcolando in che modo i reattori avrebbero potuto contribuire al sistema elettrico del 2050.

La fase successiva era necessariamente di natura legale.

L'Italia non potrebbe passare in modo credibile dagli scenari ai progetti mantenendo una struttura giuridica e regolamentare concepita principalmente per lo smantellamento, la gestione dei rifiuti radioattivi, la ricerca e la radioprotezione. Un programma di costruzione di nuove centrali efficace richiede norme per la localizzazione, le autorizzazioni, la sicurezza nucleare, il combustibile, i rifiuti, il combustibile esaurito, lo smantellamento, le responsabilità istituzionali e la partecipazione pubblica.

Il governo Meloni si è quindi mosso verso una legge di delega volta a ricostruire tale architettura.

Il disegno di legge è stato presentato dal governo nell'ottobre 2025, approvato dalla Camera dei Deputati il **4 giugno 2026** e successivamente trasmesso al Senato.

Il **23 settembre 2026** , il Senato ha approvato in via definitiva il provvedimento con **81 voti favorevoli, 51 contrari e 7 astensioni** . La divisione è stata politicamente significativa: Fratelli d'Italia, Lega e Forza Italia hanno appoggiato la misura, così come Action; il Partito Democratico, il Movimento 5 Stelle e l'alleanza Verdi-Sinistra si sono opposti, mentre Italia Viva si è astenuta.

Alla data limite di redazione del presente rapporto, **il 27 settembre 2026** , l'iter parlamentare era pertanto concluso, ma negli atti del Senato il provvedimento risultava ancora definitivamente approvato e **non ancora pubblicato** .

È a questo punto che il linguaggio del “ritorno all’energia nucleare” deve diventare preciso.

- L'Italia non è ancora tornata alla produzione di energia elettrica nucleare.
- Non è presente alcun reattore nucleare italiano di recente autorizzazione.
- Non esiste un sito autorizzato per nuove costruzioni.
- Non è stata ancora presa una decisione definitiva in merito all'investimento.
- Non è in costruzione alcun reattore.

Ciò che è tornato è la **volontà dello Stato di creare le condizioni legali e istituzionali per ricostruire le centrali nucleari** .

Tale distinzione è fondamentale per il resto del capitolo 11.

Il risultato finora raggiunto dal governo Meloni è dunque di natura politica e istituzionale, piuttosto che materiale. Ha modificato lo status dell'energia nucleare all'interno dello Stato italiano. Il nucleare è passato dall'essere una tecnologia esclusa dalla pianificazione energetica nazionale a una tecnologia per la quale il Parlamento ha autorizzato il governo a ricostruire un quadro normativo favorevole.

Questa inversione di tendenza è particolarmente sorprendente perché si è verificata senza che le forze politiche che si erano opposte allo sviluppo nucleare nei periodi precedenti siano scomparse.

Il Partito Democratico, il Movimento 5 Stelle e l'alleanza Verde-Sinistra continuano a opporsi all'attuale programma, sebbene le loro argomentazioni non siano identiche. Il dibattito dell'opposizione si concentra principalmente su aspetti economici, tempistiche, sprechi, governance normativa, maturità tecnologica e sulla possibilità di concentrare i capitali su energie rinnovabili, reti e sistemi di accumulo.

I partiti di governo, al contrario, inquadrano sempre più l'energia nucleare in termini di sicurezza dell'approvvigionamento, competitività industriale, autonomia strategica europea e decarbonizzazione.

In altre parole, la controversia è cambiata.

Il conflitto politico fondamentale del 1987 fu dominato dalle conseguenze di Chernobyl.

Il conflitto fondamentale del 2011 è stato plasmato da Fukushima.

Il conflitto degli anni 2020 è plasmato da una diversa combinazione di pressioni:

obiettivi climatici, volatilità dei prezzi del gas, la guerra in Ucraina, competitività industriale, elettrificazione, intelligenza artificiale e domanda di data center, necessità di una solida produzione di energia a basse emissioni di carbonio e la crescente preoccupazione europea per le dipendenze strategiche.

Ciò non rende la sicurezza nucleare meno importante.

Ciò modifica l'equilibrio dei rischi che la politica è chiamata a valutare.

Nel periodo successivo a Chernobyl, la politica nucleare italiana è stata guidata dal timore che il mantenimento dell'energia nucleare comportasse rischi inaccettabili.

Dopo il 2022, i responsabili politici sono stati costretti ad affrontare la categoria opposta di domande:

Quali rischi si creano non disponendo di determinate opzioni di generazione di energia a livello nazionale?

Ciò non genera automaticamente una risposta a favore dell'energia nucleare. Le energie rinnovabili, lo stoccaggio, l'interconnessione, la gestione della domanda e le reti possono tutti contribuire a ridurre la dipendenza dai combustibili fossili. Il nucleare in sé comporta rischi in termini di costi, costruzione, rifiuti, regolamentazione e catena di approvvigionamento.

Il significato strategico dell'inversione di Meloni non risiede quindi nel fatto che una tecnologia sia stata finalmente dimostrata superiore alle altre.

Il fatto è che lo Stato italiano ha riaperto un'opzione tecnologica che di fatto era rimasta al di fuori delle politiche nazionali di implementazione per oltre un decennio.

Questa trasformazione mette inoltre in luce la più profonda debolezza dell'esperienza nucleare storica dell'Italia: **la discontinuità delle politiche adottate** .

Le infrastrutture nucleari funzionano per generazioni. I governi operano per anni.

Un programma di reattori richiede continuità attraverso:

Selezione della tecnologia, concessione di licenze, finanziamento, costruzione, gestione, smaltimento dei rifiuti e smantellamento.

La storia politica italiana, al contrario, è costellata di ripetuti capovolgimenti di fronte:

- sviluppo nucleare;
- Ritiro successivo al disastro di Chernobyl;
- Il rilancio di Berlusconi;
- Ritiro successivo a Fukushima;
- Rilancio di Meloni.

Per gli investitori, gli enti regolatori, i produttori e le comunità locali, quella storia è importante quasi quanto la tecnologia dei reattori.

Se l'orientamento politico può cambiare radicalmente dopo ogni shock esterno o ciclo elettorale, i finanziamenti diventano più difficili, gli investimenti industriali più rischiosi,

le competenze più difficili da trattenere e le istituzioni devono essere continuamente ricostruite.

La questione strategica alla base del Capitolo 11 è dunque più ampia del semplice fatto che il governo Meloni sia "favorevole al nucleare".

La questione è se l'Italia sia ora in grado di creare una politica nucleare sufficientemente solida da sopravvivere ai cambi di governo, mantenendo al contempo la legittimità democratica.

Ciò richiede di separare le componenti che legittimamente rientrano nella scelta politica da quelle che dovrebbero rimanere istituzionalmente stabili.

I governi potrebbero non essere d'accordo sulla quota di energia nucleare desiderata.

Potrebbero esserci divergenze di opinione in merito ai sussidi, alla scelta della tecnologia e ai tempi di implementazione.

Ma la regolamentazione della sicurezza nucleare, la contabilità dei rifiuti radioattivi, la pianificazione delle emergenze, i fondi per lo smantellamento, l'analisi della sicurezza del combustibile e le prove scientifiche non possono funzionare efficacemente se vengono reinventati a ogni cambio di maggioranza.

Ecco perché il dibattito attuale non può semplicemente ripetere la politica binaria dei decenni passati.

L'Italia ora deve rispondere contemporaneamente a diverse domande.

Un nuovo programma per un reattore nucleare può essere economicamente sufficientemente competitivo da giustificare i capitali investiti?

Il nucleare può integrare, anziché ostacolare, lo sviluppo delle energie rinnovabili?

Lo Stato è in grado di costruire un sistema normativo indipendente e tecnicamente credibile?

L'Italia può definire una strategia per i rifiuti e il combustibile esaurito prima che una nuova flotta produca ulteriore materiale?

È possibile reperire tecnologia per i reattori e combustibile senza sostituire la dipendenza dal gas con una nuova dipendenza strategica da un fornitore nucleare straniero?

Le comunità locali possono partecipare alle decisioni relative all'ubicazione delle infrastrutture senza che la loro realizzazione di rilevanza nazionale diventi istituzionalmente impossibile?

E soprattutto, il programma potrà mantenere la sua legittimità se la sua costruzione e il suo ciclo operativo si estenderanno attraverso diversi governi?

Sono queste le questioni che la restante parte del Capitolo 11 analizza in dettaglio.

Le tabelle storiche, i risultati dei referendum, le votazioni parlamentari e le tappe legislative che seguono non devono quindi essere letti come fatti isolati, bensì come componenti di un'unica narrazione strategica continua.

L'Italia ha inaugurato l'era del nucleare commerciale come uno dei primi paesi europei a parteciparvi.

Si ritirò dopo Chernobyl e il referendum popolare del 1987.

Lo Stato ha poi istituzionalizzato tale ritiro attraverso le decisioni di chiusura e cancellazione che ne sono seguite.

Sotto la guida di Berlusconi, si è tentato di invertire la rotta.

Fukushima e il referendum del 2011 hanno nuovamente chiuso quella rotta.

Nel decennio successivo, l'Italia ha consolidato un modello di sistema energetico che combina energie rinnovabili, gas e consistenti scambi transfrontalieri di energia elettrica.

La guerra in Ucraina ha poi messo in luce con eccezionale chiarezza la dimensione geopolitica della dipendenza dalle importazioni energetiche.

La coalizione Meloni è entrata al governo avendo già riaperto la questione nucleare nel suo programma.

Tra il 2023 e il 2026, tale intenzione politica si è sviluppata attraverso una serie di fasi istituzionali progressivamente più concrete:

- riconoscimento parlamentare;
- la Piattaforma nazionale per l'energia nucleare sostenibile;
- inclusione di scenari nucleari nel PNIEC;
- progettazione di una nuova architettura giuridica;
- legislazione governativa;
- e l'approvazione definitiva del parlamento nel settembre 2026.

Il viaggio non è quindi:

«L'Italia ha vietato l'energia nucleare e Meloni si è limitato a revocare il divieto.»

È molto più significativo e molto più complicato.

È la storia di un Paese che prima ha sviluppato la capacità nucleare, poi ha smantellato politicamente il suo programma di produzione, ne ha mantenuto le passività e parte del know-how, ha tentato senza successo un ritorno all'energia nucleare, è diventato sempre più dipendente da una diversa combinazione di fonti energetiche importate, ha subito un

profondo shock geopolitico in campo energetico e ora ha deciso di ricostruire la possibilità legale di una produzione nucleare nazionale.

Questo è il quadro analitico entro il quale va letta ogni sezione successiva del Capitolo 11.

La trasformazione essenziale può essere espressa in una sola frase:

L'Italia è passata dal considerare l'energia nucleare come una tecnologia politicamente esclusa al considerarla nuovamente una legittima opzione strategica, il cui effettivo impiego deve ancora essere dimostrato dal punto di vista tecnico, economico, istituzionale e democratico.

Se questa transizione porterà infine alla messa in funzione di reattori è il prossimo capitolo della storia nucleare italiana.

A settembre 2026, ha prodotto qualcosa di più preliminare ma storicamente importante:

la fine del rifiuto istituzionale dell'Italia di considerare la produzione di energia nucleare come parte del suo futuro sistema energetico.

11.1 Conclusione dell'esecutivo: l'Italia non è passata da un “divieto eterno” legale a una rinascita nucleare dall'oggi al domani.

La storia della politica nucleare italiana viene solitamente condensata in una sequenza apparentemente semplice:

```
REFERENDUM DEL 1987
↓
L'ITALIA VIETA IL NUCLEARE
↓
DECENNI SENZA NUCLEARE
↓
MELONI RIPRISTINA IL NUCLEARE
```

Questa versione è politicamente familiare.

Non è corretto né dal punto di vista legale né da quello storico.

La sequenza verificata è sostanzialmente più complessa:

```
PRIMI IMPEGNI DI LEADERSHIP NUCLEARE ITALIANA
↓
QUATTRO REATTORI DI POTENZA COMMERCIALI
↓
CHERNOBYL — APRILE 1986
↓
RIVALUTAZIONE POLITICA E PUBBLICA
↓
REFERENDUM ABROGATIVO DEL 1987
↓
1987–1990 GOVERNO / PARLAMENTO / CIPE
DECISIONI DI ATTUAZIONE DEL RITIRO DALLA NUCLEARE
↓
NESSUNA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA NUCLEARE A LIVELLO
DOMESTICO.
↓
SMALTIMENTO + EREDITÀ DI RIFIUTI
↓
Rilancio nucleare di Berlusconi (2008-2010)
↓
FUKUSHIMA — MARZO 2011
↓
RITIRO DEL GOVERNO + REFERENDUM DEL 2011
↓
SECONDA CHIUSURA POLITICA
↓
2011–2022:
```

ESPANSIONE DELLE ENERGIE RINNOVABILI + DIPENDENZA DAL GAS + CONTINUA L'IMPORTAZIONE DI ENERGIA ELETTRICA
↓
SHOCK EUROPEO IN MATERIA DI ENERGIA E SICUREZZA NEL 2022
↓
PROGRAMMA DI CENTRO-DESTRA:
OPZIONE DI RIAPRIRE IL NUCLEARE
↓
SVOLTA NELLA POLITICA PARLAMENTARE DEL 2023
↓
PIATTAFORMA NAZIONALE 2023 PER
NUCLEARE SOSTENIBILE
↓
SCENARI NUCLEARI PNIEC 2024
↓
PROGETTAZIONE DEL QUADRO GIURIDICO 2024-2025
↓
PROGETTO DI LEGGE SULLA DELEGA GOVERNATIVA DEL 2025
↓
4 GIUGNO 2026 — APPROVAZIONE DELLA TELECAMERA
↓
23 SETTEMBRE 2026 — APPROVAZIONE DEFINITIVA DEL SENATO
↓
27 SETTEMBRE 2026:
RIENTRO IN PARLAMENTO COMPLETATO,
LEGGE NON ANCORA PUBBLICATA / IN VIGORE

La conclusione centrale di questo capitolo è quindi più precisa:

Il governo Meloni non ha ancora ripristinato la produzione di energia elettrica nucleare in Italia. Ha però reinserito formalmente la fissione nucleare nell'ambito della politica energetica nazionale e ha ottenuto l'approvazione parlamentare per la delega giuridica necessaria alla ricostruzione di un programma nucleare.

Al **27 settembre 2026** , l'Italia ha:

- nessun reattore nucleare commerciale in funzione;
- nessun nuovo sito autorizzato per la costruzione di un impianto nucleare;
- nessuna licenza di costruzione per un nuovo reattore nucleare;
- Non è ancora stata presa una decisione definitiva sull'investimento per una nuova centrale nucleare;
- nessun nuovo programma di rifornimento di carburante.

Ciò che è cambiato è tuttavia storicamente significativo.

Per la prima volta dal referendum del 2011, un quadro legislativo sostenuto dal governo, che autorizza esplicitamente lo sviluppo di una nuova architettura giuridica nucleare nazionale, ha ottenuto l'approvazione parlamentare definitiva. Il Senato ha approvato il disegno di legge in via definitiva il **23 settembre 2026** , con **81 voti favorevoli, 51 contrari e 7 astensioni** . Tuttavia, alla data di scadenza prevista, il provvedimento risultava ancora **"approvato in via definitiva, ma non ancora pubblicato".**

Tale distinzione deve rimanere esplicita in tutto il presente rapporto.

11.1.1 Protocollo probatorio applicato al presente capitolo

Poiché l'argomento è politicamente controverso, questo capitolo applica una gerarchia più rigorosa rispetto a una normale narrazione storica.

Classe di prove	Fonte	Trattamento
A — Legale principale	Costituzione, Gazzetta Ufficiale, Corte Costituzionale	Considerato autorevole ai fini legali
A — Elettorato primario	Archivio dei referendum del Ministero dell'Interno	Considerato autorevole ai fini delle votazioni
A — Primarie parlamentari	Registri delle telecamere/del Senato	Fonte autorevole per i voti e per le dichiarazioni effettive dei politici in Parlamento.
A — Istituzionale	MASE, ISIN, SOGIN, Terna, IEA, Eurostat, Commissione Europea	Utilizzato per informazioni su programmi e sistemi.
B — Programma del partito	Programmi elettorali ufficiali	Utilizzato esclusivamente per stabilire impegni documentati tra le parti.
C — Dichiarazione politica	Discorso o dichiarazione di un attore politico	Attribuito esplicitamente; non convertito in fatto oggettivo
D — Inferenza analitica	Sintesi a partire da diversi fatti verificati	Identificato come analisi, non come fatto storico.

Il protocollo esclude un errore particolarmente comune:

Un'affermazione riguardante motivazioni politiche non viene mai considerata un fatto solo perché un avversario l'ha sostenuta.

Questo aspetto diventa essenziale quando si esamina se l'energia nucleare sia stata utilizzata per indebolire o delegittimare i governi.

Esistono prove documentali inequivocabili che dimostrano come la politica nucleare si sia intrecciata con il più ampio scontro tra governo e opposizione.

Non vi sono prove sufficienti per affermare che l'opposizione all'energia nucleare sia stata semplicemente o universalmente un pretesto per destabilizzare i governi.

Anche la sicurezza, l'economia, i rifiuti, l'autonomia territoriale, la strategia energetica e la partecipazione pubblica sono stati argomenti sostanziali e documentati.

11.2 Storicamente, l'Italia non è stata marginale nel campo dell'energia nucleare: è stata uno dei primi paesi europei a dotarsi di armi nucleari.

La storia nucleare italiana non è iniziata come la storia di un paese tecnologicamente periferico.

Durante la prima fase dello sviluppo commerciale del nucleare, l'Italia ha costruito un parco reattori diversificato, comprendente tecnologie provenienti da diverse tradizioni nucleari occidentali.

I registri ufficiali attuali di SOGIN identificano quattro centrali nucleari commerciali italiane:

Pianta	Tecnologia	Potenza elettrica lorda	operazione commerciale	Impianto fermato
Garigliano	BWR	160 MWe	Aprile 1964	Agosto 1978
Lato	Reattore Magnox/raffreddato a gas	210 MWe inizialmente; 160 MWe dopo il 1969	Gennaio 1964	Novembre 1986
Trino "Enrico Fermi"	POTENZA	272 MWe	Gennaio 1965	Marzo 1987
Caorso	BWR	860 MWe	Dicembre 1981	Ottobre 1986

Latina ha fatto parte del periodo pionieristico europeo della generazione nucleare commerciale. Garigliano ha rappresentato uno dei primi impianti BWR europei. Trino ha introdotto l'esperienza industriale con i reattori PWR, mentre Caorso, con i suoi 860 MWe, ha rappresentato un impianto di seconda generazione di dimensioni ben maggiori.

Ciò ha rilevanza geopolitica.

L'Italia non ha semplicemente deciso negli anni '80 **di non entrare nel** settore dell'energia nucleare.

Ha deciso di abbandonare una capacità industriale e operativa che aveva già sviluppato.

Si tratta di decisioni strategiche diverse.

11.2.1 Una correzione importante: il referendum del 1987 non ha portato allo spegnimento immediato di quattro reattori in funzione.

Questa è una delle semplificazioni più persistenti nel dibattito pubblico.

Entro novembre 1987:

- Garigliano era stato fermato dal 1978;
- Latina aveva cessato l'attività nel novembre del 1986;
- La Caorso si era fermata per fare rifornimento nell'ottobre del 1986 e non era mai più stata riavviata;
- Trino aveva cessato l'attività nel marzo del 1987.

Il referendum, quindi, non consisteva nella pressione da parte degli elettori di un interruttore legale che avrebbe immediatamente chiuso quattro impianti normalmente in funzione.

La conseguenza decisiva fu diversa.

Ha trasformato una crisi di politica nucleare già in atto in un mandato politico che le istituzioni successive hanno poi convertito in:

- abbandono del riavvio;
- cancellazione di nuovi progetti nucleari;
- termine dei lavori di costruzione;
- Chiusura definitiva dell'impianto;
- eventuale smantellamento.

11.3 Chernobyl fu l'acceleratore decisivo, ma il conflitto nucleare italiano era già iniziato

L'esplosione e l'incendio all'unità 4 della centrale nucleare di Chernobyl, avvenuti il **26 aprile 1986,** hanno trasformato il contesto politico europeo in materia di sicurezza nucleare.

Per l'Italia, Chernobyl non ha creato dal nulla ogni obiezione all'energia nucleare.

Ma è aumentato radicalmente:

- percezione del rischio da parte del pubblico;
- mobilitazione ambientale;
- rilevanza politica;
- pressione sui partiti affinché definiscano le proprie posizioni;
- scetticismo riguardo alla futura localizzazione di centrali nucleari.

Il cambiamento è stato visibile quasi immediatamente in Parlamento.

Il **5 giugno 1986** , Alessandro Natta e altri parlamentari, guidati dal Partito Comunista Italiano, presentarono il disegno di legge **C.3819** , che proponeva un referendum consultivo sulla produzione di energia elettrica da centrali nucleari.

Questo punto è storicamente importante perché il PCI non aveva trascorso tutta la sua storia postbellica opponendosi allo sviluppo del nucleare civile.

La posizione assunta dopo Chernobyl ha rappresentato un'importante evoluzione politica.

Pertanto sarebbe storicamente inaccurato scrivere:

“La sinistra italiana si è sempre opposta all'energia nucleare.”

La documentazione disponibile supporta una formulazione diversa:

Dopo Chernobyl, ampie fasce della sinistra italiana si sono schierate decisamente contro la continuazione o l'espansione della produzione nucleare, unendosi ai movimenti ambientalisti e radicali che avevano già sviluppato una posizione antinucleare più decisa.

11.4 La coalizione antinucleare del 1987 era politicamente eterogenea

Il movimento culminato nei referendum del 1987 non può essere ridotto a un solo partito.

Dai verbali parlamentari emerge che **Democrazia Proletaria** , insieme al **Partito Radicale e alle associazioni ambientaliste** , ha svolto un ruolo centrale nella promozione dei tre referendum abrogativi sul nucleare.

Durante il dibattito parlamentare del 24 aprile 1987, Democrazia Proletaria descrisse esplicitamente il proprio ruolo nella promozione della campagna per il referendum sul nucleare e nella raccolta di oltre un milione di firme.

Il campo politico comprendeva sempre più:

- movimenti ambientalisti;
- Attivisti del Partito Radicale;
- Democrazia Proletaria;
- componenti significativi dell'PCI;
- parti della sinistra più ampia;
- movimenti di opposizione locali.

L'energia nucleare stava quindi diventando qualcosa di più di una semplice questione ingegneristica.

Si è trasformato contemporaneamente in un dibattito su:

```
SICUREZZA NUCLEARE
+
POTERE STATALE CENTRALE
+
CONSENSO LOCALE
+
AMBIENTE
+
AUTORITÀ TECNOCRATICA
+
STRATEGIA ENERGETICA
+
CONTROLLO DEMOCRATICO PUBBLICO
```

Questa combinazione spiega perché la politica nucleare si sia rivelata particolarmente adatta alla mobilitazione referendaria.

11.5 Cosa hanno votato realmente gli italiani nel 1987

Il più grande errore giuridico nei conti semplificati è la frase:

“Il referendum del 1987 ha vietato legalmente l'energia nucleare.”

Non è successo.

Il referendum **dell'8-9 novembre 1987** conteneva tre quesiti abrogativi relativi al nucleare.

I risultati ufficiali del Ministero dell'Interno sono stati i seguenti:

domanda del 1987	Affluenza	Sì all'abrogazione	NO	Oggetto giuridico
Localizzazione degli impianti nucleari	65,10%	**80,57%**	19,43%	Abrogazione delle disposizioni riguardanti l'intervento statale nella localizzazione
Contributi agli enti locali	65,12%	**79,71%**	20,29%	Abrogazione delle disposizioni relative a indennizzi/contributi connessi agli impianti nucleari
Partecipazione di ENEL agli impianti nucleari esteri	65,09%	**71,86%**	28,14%	Abrogazione della disposizione che riguarda la partecipazione di ENEL agli impianti nucleari all'estero.

I voti assolutamente favorevoli sono stati rispettivamente:

- **20.984.110** ;
- **20.618.624** ;
- **18.795.852** .

Si trattò di vittorie referendarie decisive.

Ma l'oggetto giuridico è importante.

Non c'era alcuna scheda elettorale che chiedesse:

“L’energia nucleare dovrebbe essere vietata in modo permanente nella Repubblica Italiana?”

11.5.1 Significato politico versus effetto giuridico

Occorre pertanto distinguere due livelli.

Significato politico:

MAGGIORANZA MOLTO AMPIA

↓

CHIARO RIGETTO DI

CONTINUANDO L'ESISTENTE

POLITICA NUCLEARE

Effetti giuridici:

DISPOSIZIONI LEGALI SPECIFICHE

↓

ABROGATO

Il significato politico era più ampio del testo giuridico letterale.

Il governo e il parlamento hanno quindi agito in base a tale significato politico più ampio.

Questa distinzione è essenziale per comprendere sia il rilancio del 2009 che la legge Meloni del 2026.

11.6 L'effettiva uscita dell'Italia dal nucleare è stata determinata dalle decisioni prese dopo il referendum

Il passaggio dal risultato del referendum al completo ritiro dalle armi nucleari è avvenuto attraverso una serie di decisioni governative, parlamentari e amministrative.

Tabella 11.6-A — Dal referendum alla chiusura effettiva

Data	Decisione	Conseguenza
8-9 novembre 1987	Referendum sul nucleare	Forte mandato popolare contrario al mantenimento dell'attuale politica nucleare.
Novembre-dicembre 1987	Decisioni CIPE	Sospesi i lavori a Montalto; inizia l'attuazione delle misure post-referendum.
23 dicembre 1987	Decisione CIPE	Chiusura definitiva di Latina/Foce Verde; lavori su Trino 2 sospesi.
1988	Nuovo piano energetico nazionale	L'abbandono del nucleare integrato in una più ampia pianificazione energetica.
10 dicembre 1988	Decreto-legge 522	Interruzione definitiva della costruzione della centrale nucleare di Montalto.
10 febbraio 1989	Legge 42/1989	Conversione della decisione di Montalto
26 luglio 1990	Decisione CIPE	Chiusura definitiva di Caorso e Trino Vercellese

Gli atti della Gazzetta Ufficiale confermano **la chiusura definitiva il 26 luglio 1990 di Caorso e Trino Vercellese** .

Altri documenti ufficiali confermano la decisione del 23 dicembre 1987 di chiudere Latina, sospendere Trino 2 e la cessazione legislativa e la conversione di Montalto di Castro.

La catena storicamente corretta è quindi la seguente:

```
REFERENDUM
↓
MANDATO POLITICO
↓
GOVERNO / PARLAMENTARE
CAMBIAMENTO DELLA POLITICA ENERGETICA
↓
ANNULLAMENTO DEL PROGETTO
↓
NESSUN RIAVVIO
↓
CHIUSURA DEFINITIVA
```

La differenza è importante perché dimostra che l'uscita dell'Italia non è stata un divieto costituzionale automatico e automatico.

Si trattò di una **decisione politica attuata attraverso le normali istituzioni statali a seguito di un referendum** .

11.7 La questione nucleare del 1987 si intrecciò con una più ampia crisi di governo

I mesi intorno al referendum del 1987 rappresentano anche il primo caso significativo in cui l'energia nucleare si è intrecciata con una più ampia lotta per la legittimità del governo e le procedure politiche.

Il sesto governo Fanfani entrò in carica il **17 aprile 1987,** durante la crisi seguita alla fine del governo Craxi.

Il Parlamento fu sciolto il **28 aprile 1987** , il che portò a elezioni anticipate nel mese di giugno.

Durante questo periodo, i parlamentari dell'opposizione hanno apertamente sollevato dubbi sul fatto che lo scioglimento del parlamento e la tempistica del referendum potessero interferire con le consultazioni popolari programmate.

Il Primo Ministro Fanfani ha difeso la gestione istituzionale della questione e ha sostenuto, durante gli scambi parlamentari, che le soluzioni in fase di valutazione miravano a preservare la possibilità che i referendum si svolgessero anche in caso di scioglimento del Parlamento.

Questo episodio avvalora una conclusione prudente.

Ciò dimostra che la politica nucleare era diventata parte di un più ampio confronto istituzionale e politico.

Ciò **non** dimostra che la crisi di governo del 1987 sia stata causata principalmente dalla politica nucleare.

La crisi di governo ha comportato il più ampio crollo dell'assetto politico pentapartitico.

L'energia nucleare è diventata un elemento all'interno di quella crisi politica, piuttosto che la sua unica causa.

11.8 L'energia nucleare divenne un simbolo politico di grande valore

Dal 1987 in poi, l'energia nucleare ha posseduto caratteristiche che l'hanno resa insolitamente potente nel confronto politico italiano.

Ha toccato:

- paura di un rischio catastrofico;
- fiducia nel governo;
- Autorità centrale contro autorità locale;
- protezione ambientale;
- modernizzazione industriale;
- prezzi dell'elettricità;
- competenza scientifica;
- sovranità nazionale;
- dipendenza estera.

Il problema potrebbe quindi funzionare simultaneamente su due livelli.

Livello di politica

- COSTO
- SICUREZZA
- SCIUPARE
- POSIZIONAMENTO
- TECNOLOGIA
- SICUREZZA ENERGETICA

Livello politico-simbolico

```
FIDUCIA NEL GOVERNO
↓
FIDUCIA NELLA TECNOCRAZIA
↓
AUTORITÀ CENTRALE
↓
DIRITTO DEI CITTADINI DI DECIDERE
↓
CREDIBILITÀ DEL GOVERNO
```

Questa duplice natura contribuisce a spiegare perché le questioni nucleari abbiano ripetutamente generato scontri politici sproporzionati rispetto al numero di reattori effettivamente operativi in Italia.

11.9 L'Italia è diventata uno stato di smantellamento nucleare anziché un paese senza obblighi nucleari.

In seguito alle decisioni di chiusura, l'Italia ha cessato di produrre energia elettrica nucleare.

Non ha cessato di avere responsabilità in ambito nucleare.

Il Paese ha mantenuto:

- combustibile illuminato;
- rifiuti radioattivi;
- strutture dell'impianto contaminate;
- strutture di ricerca;
- impianti del ciclo del combustibile;
- obblighi regolamentari;
- requisiti di smantellamento.

Nel 1999, la riforma del mercato elettrico ha trasferito le attività nucleari di ENEL a **SOGIN** , creando il meccanismo istituzionale per lo smantellamento della precedente flotta e la gestione del ciclo nucleare preesistente. SOGIN è infine diventata responsabile dei quattro siti nucleari commerciali e di altri impianti del ciclo del combustibile.

La trasformazione strategica può quindi essere rappresentata come:

```
PRIMA DELL'USCITA

CAPACITÀ NUCLEARE
↓
ELETTRICITÀ
+ INDUSTRIA
+ RIFIUTI


DOPO L'USCITA

NESSUNA ELETTRICITÀ NUCLEARE
↓
MA
↓
DISMISSIONE
+ RIFIUTI
+ REGOLAMENTAZIONE
+ CONOSCENZE INDUSTRIALI
+ COSTO
```

Si tratta di un punto geopolitico importante.

L'Italia ha mantenuto parte della **responsabilità legata alle passività** del ciclo nucleare, perdendo però la **capacità di produzione di energia a livello nazionale** .

11.10 Il sistema energetico post-nucleare ha creato un'architettura di dipendenza diversa

Sarebbe analiticamente scorretto affermare che l'abbandono dell'energia nucleare da solo abbia creato la successiva dipendenza energetica dell'Italia.

Storicamente, l'Italia ha posseduto risorse fossili interne limitate, una significativa infrastruttura del gas e un'importante domanda di energia industriale.

Anche le energie rinnovabili si sono espanse notevolmente nei decenni successivi.

Ma l'abbandono del nucleare ha eliminato dal mix energetico nazionale una potenziale fonte nazionale di elettricità programmabile su larga scala a basse emissioni di carbonio.

Di conseguenza, il sistema energetico italiano si è evoluto con un ruolo particolarmente importante per:

- gas naturale importato;
- Produzione di energia elettrica tramite centrali a gas;
- importazioni di energia elettrica;
- interconnessioni con i paesi vicini produttori di energia nucleare.

La revisione del 2023 dell'AIE fornisce un punto di riferimento particolarmente importante risalente al periodo precedente alla guerra in Ucraina.

Nel **2021** :

- Il gas naturale rappresentava **il 42% del fabbisogno energetico totale dell'Italia** ;
- circa **il 94% del gas veniva importato** ;
- Circa **il 41% delle importazioni italiane di gas proveniva dalla Russia** ;
- Il gas generava circa **il 50% dell'elettricità italiana** .

Ciò ha creato una vulnerabilità strategica che è diventata inequivocabile dopo l'invasione russa dell'Ucraina.

11.10.1 La dipendenza è stata trasformata, non eliminata

Un utile paragone geopolitico è il seguente:

```
NUCLEARE DOMESTICO
↓
DIPENDENZE:
URANIO
ARRICCHIMENTO
FABBRICAZIONE DI CARBURANTI
TECNOLOGIA DEL FORNITORE
CAPITALE


SISTEMA DOMINANTE A GAS
↓
DIPENDENZE:
CONDOTTI
GNL
STATI ESPORTATORI
PREZZO GLOBALE DEL GAS
CONSEGNA CONTINUA DI CARBURANTE


SISTEMA AD ALTA RINNOVABILITÀ
↓
DIPENDENZE:
GRIGLIA
MAGAZZINAGGIO
MATERIALI
PRODUZIONE
DIVERSITÀ METEOROLOGICA
FLESSIBILITÀ
```

Nessun sistema energetico è esente da dipendenze.

La questione è **quali dipendenze uno Stato sceglie di accettare e diversificare** .

11.11 Berlusconi IV ha riaperto la questione nucleare nel 2008-2009

Il primo tentativo significativo di ribaltare l'accordo raggiunto dopo il 1987 si verificò durante il quarto governo Berlusconi.

La legge **n. 99 del 23 luglio 2009** , in particolare l'articolo 25, ha delegato al governo il compito di istituire un nuovo quadro normativo in materia nucleare che comprenda:

- localizzazione delle centrali nucleari;
- fabbricazione di combustibile nucleare;
- stoccaggio di combustibile irradiato;
- deposito di rifiuti radioattivi;
- smaltimento finale;
- Autorizzazione alla costruzione e all'esercizio;
- misure compensative per i territori colpiti.

Non si trattava semplicemente di un rinnovo dei finanziamenti per la ricerca.

Si trattava di un tentativo autentico di ricostruire un percorso legale verso la produzione commerciale di energia nucleare.

11.11.1 Il rilancio del 2009 era già politicamente divisivo

Le principali forze di centro-destra al governo hanno appoggiato il programma.

Ma nemmeno la parte governativa era completamente uniforme.

Un verbale parlamentare particolarmente significativo del **24 giugno 2009** mostra tre deputati del PdL – **Benedetto Fabio Granata, Fabio Rampelli e Marco Marsilio** – che annunciano l'astensione sugli articoli 25 e 26 e fanno riferimento a una precedente dichiarazione pubblica contraria al ritorno all'energia nucleare.

Questo fatto è importante perché dimostra che gli schieramenti politici odierni non possono essere semplicemente proiettati nel passato.

L'attuale coalizione di centro-destra non esisteva nella sua forma attuale.

Fratelli d'Italia non esisteva ancora.

11.11.2 PD e Italia dei Valori si sono opposti al rilancio

Gli atti parlamentari documentano l'opposizione del Partito Democratico e dell'Italia dei Valori al programma nucleare di Berlusconi.

Tra le ragioni addotte nel dibattito figuravano:

- competitività economica;
- tempi di costruzione;
- sicurezza;
- sciupare;
- l'ampiezza della delegazione legislativa;
- partecipazione regionale e locale insufficiente.

L'opposizione non dovrebbe quindi essere descritta semplicemente come una reazione emotiva.

Conteneva argomentazioni sostanziali in materia di politiche pubbliche, nonostante l'intensa competizione politica.

11.12 Anche il programma del 2009 è diventato un conflitto costituzionale tra Stato e Regione.

Il rilancio del nucleare ha immediatamente sollevato un'altra storica linea di faglia italiana:

Chi controlla il territorio?

Diverse regioni hanno impugnato la legislazione nucleare dinanzi alla Corte costituzionale.

Le questioni controverse includevano:

- autorità statale;
- competenze regionali;
- ubicazione;
- autorizzazione;
- governo territoriale;
- consultazione;
- la forza giuridica dell'accordo tra Stato e Regione.

Il conflitto costituzionale ha dimostrato che qualsiasi futuro programma nucleare italiano avrebbe bisogno di ricostruire ben più della semplice regolamentazione dei reattori.

Servirebbe un sistema politicamente sostenibile per:

```
STATO
↕
REGIONI
↕
COMUNI
↕
COMUNITÀ LOCALI
```

Questa questione rimane di grande rilevanza nell'attuale quadro di riferimento di Meloni.

11.13 Fukushima ha distrutto la fattibilità politica del rilancio di Berlusconi

L' **11 marzo 2011** , l'incidente di Fukushima Daiichi ha trasformato per la seconda volta il contesto politico relativo all'energia nucleare.

Il governo Berlusconi inizialmente si era orientato verso una moratoria.

Poi la situazione è ulteriormente degenerata.

Il 20 aprile 2011, il Ministro dell'Industria **Paolo Romani** ha comunicato al Senato che il governo stava abrogando l'intero quadro giuridico relativo al programma di localizzazione, costruzione e gestione delle nuove centrali nucleari.

Romani ha presentato le motivazioni del governo in termini di politiche sostanziali.

Secondo la sua dichiarazione parlamentare:

- Fukushima aveva modificato il contesto di sicurezza;
- Era necessario allineare i piani italiani alle procedure europee post-Fukushima;
- Era necessaria una strategia energetica nazionale più ampia;
- La sicurezza dell'approvvigionamento, la sostenibilità ambientale, l'accessibilità economica e la riduzione della dipendenza dal petrolio e dal gas importati dovevano essere riconsiderate.

Questa è la spiegazione ufficiale fornita dal governo.

11.14 I partiti di opposizione hanno contemporaneamente affermato che vi era un movente politico tattico

Lo stesso verbale parlamentare contiene un'interpretazione nettamente diversa.

Felice Belisario di Italia dei Valori ha affermato che l'abrogazione da parte del governo non rappresentava semplicemente una rivalutazione della politica energetica.

Egli sostenne che il governo voleva anche rimuovere la questione nucleare dal pacchetto referendario e quindi ridurre la probabilità che l'affluenza al referendum raggiungesse il quorum, soprattutto perché un altro referendum riguardava la questione politicamente esplosiva del **legittimo impedimento del Primo Ministro** .

Tale accusa è storicamente rilevante.

Deve rimanere **un'accusa attribuita all'opposizione** , non essere riformulata come un movente governativo accertato.

I fatti documentati sono i seguenti:

1. Il referendum sul nucleare era stato programmato insieme ad altri tre quesiti;
2. uno di quelli riguardava un legittimo impedimento all'attività del Primo Ministro e dei ministri;
3. Il governo ha tentato di abrogare il programma nucleare sottostante prima del voto;
4. I partiti di opposizione hanno pubblicamente affermato l'esistenza di una relazione tattica tra questi eventi;
5. Il governo ha fornito pubblicamente una spiegazione diversa, incentrata su Fukushima, sulla sicurezza e sulla rivalutazione della strategia energetica.

Questo è il limite massimo a cui dovrebbe spingersi un rapporto governativo difendibile.

11.15 Il referendum del 2011 ha prodotto un risultato ancora più forte contro il nucleare.

Il referendum alla fine si è svolto.

La questione in oggetto riguardava l'abrogazione delle nuove disposizioni che autorizzano la produzione di energia elettrica nucleare in Italia.

Il risultato è stato:

- Affluenza alle urne: circa **il 54,79%** , compresi gli elettori residenti all'estero;
- **Sì all'abrogazione: 25.643.652 voti — 94,05%** ;
- **Numero: 1.622.090 — 5,95%** .

Il quorum è stato quindi raggiunto.

Il segnale politico è stato schiacciante tra i partecipanti.

Tabella 11.15-A — Confronto dei due referendum sul nucleare in Italia

Elemento	1987	2011
Contesto scatenante	Chernobyl / crisi attuale della politica nucleare	Rilancio di Berlusconi + Fukushima
Meccanismo giuridico	Tre questioni nucleari abrogative	Abrogazione del nuovo quadro nucleare
Affluenza nucleare	~65%	54,79%
Risultato antinucleare più elevato	80,57% sulla domanda relativa alla localizzazione	**94,05%**
Conseguenze politiche immediate	Il ritiro dalle armi nucleari è stato attuato attraverso successive decisioni statali.	Programma di nuove costruzioni bloccato
Un "divieto permanente" costituzionale?	**NO**	**NO**

11.16 Nessuno dei due referendum ha creato un divieto costituzionale immutabile di legiferare sull'energia nucleare

Questo è uno degli aspetti più delicati dal punto di vista legale del dibattito in corso.

L'articolo 75 prevede un referendum per l'abrogazione della legge.

Non modificano la Costituzione.

La dottrina della Corte costituzionale impone tuttavia un vincolo importante: il Parlamento non può semplicemente neutralizzare il voto popolare ripristinando immediatamente, formalmente o sostanzialmente, le stesse norme che gli elettori hanno appena abrogato.

Nella sentenza **n. 199/2012** , la Corte ha dichiarato incostituzionale una legge che sostanzialmente ripristinava un quadro normativo respinto in un referendum solo poche settimane prima, sottolineando il divieto di un ripristino immediato, formale o sostanziale, della disciplina abrogata in assenza di un rilevante cambiamento delle circostanze.

La dottrina costituzionale deve pertanto essere rappresentata con attenzione:

```
REFERENDUM
↓
ABROGA UNA LEGGE SPECIFICA
↓
LA LEGISLAZIONE NON PUÒ
ANNULLA IMMEDIATAMENTE IL RISULTATO
RIPRODUCENDO LE STESSE REGOLE
↓
MA
↓
L'ARGOMENTO NON È
RIMOSSO PER SEMPRE DA
LEGISLAZIONE PARLAMENTARE
```

Ciò **non** equivale a una sentenza giudiziaria che convalidi ogni disposizione della legge Meloni del 2026.

Non si dovrebbe giungere a una conclusione del genere.

Significa che la proposizione:

"I referendum del 1987 e del 2011 hanno sancito dalla Costituzione l'impossibilità per l'Italia di legiferare nuovamente in materia di energia nucleare."

è troppo generico.

La proposizione opposta, altrettanto categorica:

“I referendum sono ormai legalmente irrilevanti”

sarebbe anche troppo generico.

Rimangono precedenti di notevole importanza sia dal punto di vista costituzionale che politico.

11.17 Chi si oppose all'energia nucleare e perché "sempre" richiede precisione

La frase **"chi ha sempre votato contro l'energia nucleare"** non può essere applicata letteralmente all'intero periodo 1987-2026.

Il sistema partitico italiano è cambiato radicalmente.

Alcuni dei partiti attuali non esistevano nel 1987 o nel 2011.

Diversi partiti storici non esistono più.

Il personale politico si spostava da un'organizzazione all'altra.

L'approccio responsabile consiste pertanto nell'individuare **una continuità documentata dell'opposizione** .

Tabella 11.17-A — Opposizione politica documentata nei principali punti di svolta in materia nucleare

Forza politica / tradizione	1987	2009	2011	2026	Argomentazioni principali documentate
Democrazia Proletaria	Forte sostenitore dei referendum antinucleari	Non più rilevante in quanto appartenente allo stesso partito	—	—	Programma di sicurezza, ambientale e antinucleare
Partito Radicale	Importante promotore del referendum	La struttura politica è cambiata	—	—	Democrazia diretta, problematiche ambientali e di sicurezza
Movimenti ambientalisti/verdi	Forte mobilitazione antinucleare	Rilancio contrario	Contrario al nuovo nucleare	AVS ha votato contro	Sicurezza, sprechi, costi, alternative rinnovabili, tempistiche
PCI	La leadership post-Chernobyl ha sostenuto il percorso referendario	Il partito non esisteva più	—	—	Rivalutazione della sicurezza e del contesto post-Chernobyl
PD	Non esisteva	Si oppose al	Esito favorevole all'abrogaz	Ho votato contro	Costi, tempi, sicurezza, governance,

		rilancio del 2009	ione/alla posizione antinucleare	la proposta di legge del 2026.	sprechi, controllo parlamentare
Italia dei Valori	Non esisteva	Contrario	Principale promotore del referendum	Non esiste un ruolo parlamentare attuale paragonabile	Sicurezza, costi, mandato pubblico; e anche una più ampia opposizione a Berlusconi.
M5S	Non esisteva	Non aveva ancora un ruolo parlamentare	periodo di movimento emergente	Ho votato contro la proposta di legge del 2026.	Confronto costi/tempi, rifiuti, energie rinnovabili/stoccaggio, maturità tecnologica
AVS	I partiti predecessori istituzionali differivano	—	Tradizione verde contraria	Ha votato contro	Tempistiche, costi, sprechi, energie rinnovabili, disponibilità tecnologica
PdL / Berlusconi centro-destra	Diverse parti predecessori	alloggio promosso dal governo	Il governo ha abrogato il programma dopo Fukushima	PdL non esiste più	Diversificazione energetica/competitività; rivalutazione della sicurezza dopo Fukushima

FDI	Non esisteva	Non esisteva; alcune cifre future di FdI erano in PdL	Non esisteva ancora	Supportato	Sicurezza energetica, politica industriale, decarbonizzazione, riduzione della dipendenza dai combustibili fossili
Lega	Diversa fase organizzativa/politica	Rilancio del governo sostenuto	Posizione di governo sostenuta	Supportato	indipendenza energetica, competitività industriale
Forza Italia	Non esisteva nel 1987	Tradizione fondamentale del rilancio di Berlusconi	La parte governativa si è ritirata nel 2011	Supportato	Diversificazione, competitività, sicurezza energetica
Azione	Non esisteva	Non esisteva	Non esisteva	Supportato	Produzione stabile di energia a basse emissioni di carbonio, ridotta dipendenza dal gas.
Italia Viva	Non esisteva	Non esisteva	Non esisteva	Astinenza	Ha criticato la struttura del disegno di legge pur non

					escludendo l'opzione nucleare.

La tabella mostra che la continuità più duratura non risiede in un'organizzazione di partito immutabile, bensì nelle **tradizioni politiche** .

La tradizione ambientalista e verde italiana ha mantenuto la più forte e continua identità antinucleare.

Il PD ha documentato la propria opposizione sia alle iniziative legislative **del 2009** che a quelle **del 2026** relative alle nuove costruzioni, ma il PD stesso è stato fondato solo nel 2007.

Il modello M5S non può essere proiettato a ritroso nel dibattito del 1987.

11.18 Le ragioni dell'opposizione sono cambiate nel tempo

La politica antinucleare non si è basata su un unico argomento.

anni '80

Le principali preoccupazioni includevano:

- rischio di incidenti catastrofici;
- Chernobyl;
- ubicazione;
- processo decisionale centralizzato;
- sciupare;
- rischio ambientale.

2008–2011

Il dibattito ha incluso sempre più spesso:

- costo del capitale;
- tempo di costruzione;
- gestione del sito;
- Competenze statali e regionali;
- deposito dei rifiuti;
- Fukushima;
- sfiducia nel programma di Berlusconi.

2023–2026

Le argomentazioni dell'opposizione si concentrano sempre più su:

- se i reattori potranno essere installati in tempi sufficientemente brevi per raggiungere gli obiettivi climatici;
- costo relativo alle energie rinnovabili e allo stoccaggio;
- Maturità commerciale di SMR;
- rifiuti irrisolti;
- Requisiti idrici/di raffreddamento;
- ampiezza della legislazione delegata;
- Controllo parlamentare;
- partecipazione pubblica.

Ad esempio, durante il dibattito al Senato del 23 settembre 2026, la senatrice del M5S **Elena Sironi** ha chiesto che i tempi di costruzione dei reattori, i costi totali, i costi dei rifiuti radioattivi e i costi di smantellamento vengano confrontati in modo trasparente con quelli delle energie rinnovabili e dello stoccaggio.

Il senatore del PD **Nicola Irto** ha criticato quella che ha definito una delegazione governativa eccessivamente ampia e ha auspicato un'autorità per la sicurezza nucleare più autonoma e un maggiore coinvolgimento del parlamento.

Il senatore dell'AVS **Peppe De Cristofaro** si è opposto al disegno di legge sostenendo che le tecnologie nucleari avanzate sarebbero arrivate troppo tardi e avrebbero distolto l'attenzione politica dalle tecnologie rinnovabili. Si trattava di un'argomentazione esplicitamente politica dell'AVS, non di una conclusione condivisa da questo rapporto.

11.19 L'energia nucleare è stata utilizzata come arma politica contro i governi?

Le prove a disposizione supportano una **risposta affermativa, seppur con riserva** , ma non la versione più forte possibile di tale tesi.

L'energia nucleare è diventata ripetutamente uno strumento attraverso il quale è stato possibile mobilitare un malcontento politico più ampio.

1987

I referendum sul nucleare si sono intrecciati con:

- crollo della coalizione di governo;
- elezioni anticipate;
- Tempistica del referendum;
- Accuse dell'opposizione riguardanti manovre istituzionali.

2011

La relazione divenne sostanzialmente più esplicita.

Il referendum sul nucleare si è svolto insieme a:

- due quesiti relativi all'acqua e ai servizi pubblici;
- il referendum sull'impedimento legittimo che riguarda il Primo Ministro e i ministri.

Italia dei Valori ha apertamente inquadrato il referendum sul nucleare nel contesto della sua più ampia lotta politica contro il governo Berlusconi, sostenendo che la manovra di abrogazione del governo fosse in parte finalizzata a impedire il raggiungimento del quorum necessario per il referendum.

Ciò avvalora la conclusione che l'energia nucleare sia diventata, in alcuni momenti, **un campo di battaglia per procura per la credibilità del governo** .

Ciò non dimostra che le argomentazioni relative alla sicurezza e al risparmio energetico fossero insincere.

11.19.1 La formulazione difendibile

La formulazione più solida basata su prove concrete è:

La politica nucleare italiana si è ripetutamente trasformata da una questione settoriale di politica energetica in un referendum su più ampia autorità politica, fiducia istituzionale e credibilità del governo.

La formulazione meno difendibile sarebbe:

"Le forze antinucleari hanno inventato le preoccupazioni sul nucleare con il solo scopo di rovesciare i governi."

La documentazione disponibile non supporta tale affermazione universale.

Schema testuale — Amplificazione politica

```
QUESTIONE TECNICA DELL'ENERGIA
↓
SICUREZZA / COSTO / RIFIUTI
↓
ELEVATA NOTORIETÀ
↓
MOBILITAZIONE PER IL REFERENDUM
↓
IDENTITÀ DEL PARTECIPANTE
↓
CREDIBILITÀ DEL GOVERNO
↓
CONFRONTO POLITICO PIÙ AMPIO
↓
LA POLITICA ENERGETICA DIVENTA
UNA SCELTA NAZIONALE SIMBOLICA
```

11.20 L'Europa non ha seguito l'Italia lungo un percorso comune

L'affermazione secondo cui **"il resto d'Europa ha continuato con il nucleare mentre l'Italia ha smesso"** contiene una verità importante, ma necessita di precisazioni.

L'Europa non ha seguito un'unica strategia omogenea.

Entro il 2024, **12 Stati membri dell'UE gestivano reattori nucleari** , con una produzione di **649,5 TWh** , pari al **23,3% della produzione di energia elettrica dell'UE** .

La Francia ha generato **380,5 TWh** di elettricità nucleare e ha ottenuto **il 67,3% della sua produzione di elettricità dal nucleare** .

La Slovacchia ha ottenuto **il 61,6%** .

Ungheria, Bulgaria, Belgio, Finlandia e Repubblica Ceca si attestavano intorno al 40%.

La Germania, tuttavia, ha completato il suo ritiro dal nucleare nell'aprile del 2023.

L'Italia, l'Austria, la Danimarca, l'Irlanda, il Portogallo e molti altri Stati membri non avevano una produzione interna di energia elettrica nucleare.

Perciò:

```
EUROPA
│
   ├── FRANCIA → GRANDE FLOTTA NUCLEARE
   ├── SLOVACCHIA → ALTA QUOTA NUCLEARE
   ├── UNGHERIA → ELEVATA QUOTA NUCLEARE
   ├── REPUBBLICA CECA → FONTI NUCLEARI E ALTRE FONTI
   ├── FINLANDIA → NUCLEARE + ENERGIE RINNOVABILI
   ├── SVEZIA → NUCLEARE + IDROELETTRICO/EOLICO
   ├── GERMANIA → USCITA NUCLEARE
└── ITALIA → USCITA NUCLEARE + RUOLO ELEVATO DEL GAS
```

La lezione comparativa corretta non è quindi:

«L'Europa ha scelto il nucleare e solo l'Italia lo ha rifiutato.»

È:

“Diverse economie europee di importanza strategica hanno mantenuto la capacità nucleare, mentre l'Italia ha smantellato il proprio impianto nucleare; altri Stati europei hanno scelto percorsi diversi.”

11.21 Le conseguenze italiane furono particolarmente evidenti nei rapporti con la Francia

La Francia rappresenta il riferimento controfattuale più chiaro, poiché si affaccia direttamente sul confine del mercato elettrico italiano e ha costruito un grande parco nucleare dopo le crisi petrolifere degli anni '70.

Nel **2025** , la Francia ha registrato un **saldo netto di esportazioni di energia elettrica verso l'Italia pari a 26,2 TWh** , il valore più alto mai registrato su quel confine.

Secondo RTE, dal **1979 la Francia è stata un esportatore netto verso l'Italia ogni anno** .

Nel 2025:

- Prezzo medio all'ingrosso dell'energia elettrica in Italia: **116 €/MWh** ;
- Prezzo medio in Francia: **61 €/MWh** .

RTE attribuisce i flussi previsti per il 2025 a diversi fattori, tra cui l'abbondanza di energia elettrica francese a basse emissioni di carbonio e competitiva, la maggiore capacità di interconnessione e i costi di generazione più elevati in Italia, in parte dovuti alla dipendenza del Paese dal gas.

Questi numeri hanno un significato geopolitico.

Ma la conclusione causale deve essere rigorosa.

Non dimostrano **:**

NIENTE NUCLEARE ITALIANO
=
TUTTO IL PREZZO SUPPLEMENTARE DELL'ITALIA
Le differenze di prezzo dell'elettricità dipendono anche da:

- prezzi del gas;
- Produzione da fonti rinnovabili;
- disponibilità idrica;
- vincoli di trasmissione;
- tasse e imposte;
- accoppiamento del mercato;
- richiesta;
- disponibilità dell'impianto;
- prezzi del carbonio.

Ciò che le prove dimostrano è più circoscritto e più solido:

La Francia ha mantenuto un ampio parco di centrali elettriche nazionali a basse emissioni di carbonio ed è diventata un esportatore costante di energia elettrica

verso l'Italia, mentre quest'ultima è rimasta strutturalmente dipendente dalle importazioni nette di energia elettrica e dalla produzione di energia da centrali a gas.

Terna riporta che nel **2025** l'Italia ha importato **51,8 TWh** , esportato **4,9 TWh** , prodotto **internamente 269,3 TWh netti** e consumato **312,2 TWh** .

11.21.1 L'Italia non si è isolata economicamente dall'energia nucleare

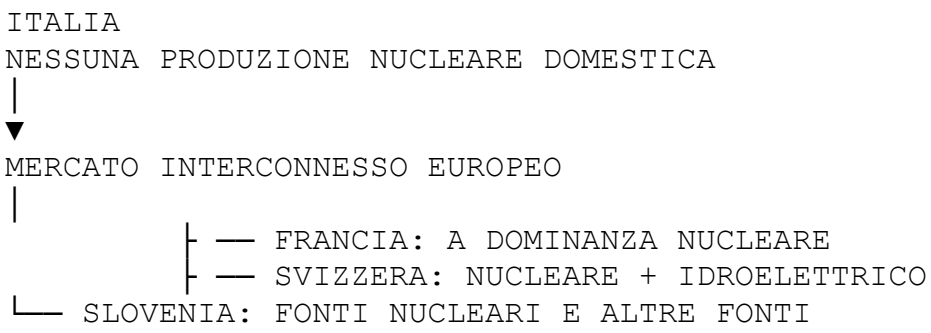
Un mercato interconnesso crea un importante paradosso.

L'Italia ha cessato la produzione nazionale di energia elettrica nucleare.

Ma i consumatori italiani hanno continuato ad acquistare elettricità da sistemi limitrofi che includevano grandi quantità di energia nucleare.

L'elettricità che entra fisicamente in Italia non può essere etichettata, molecola per molecola o elettrone per elettrone, come "elettricità nucleare".

Tuttavia:



Il risultato geopolitico concreto della decisione italiana fu l'eliminazione della produzione di energia nucleare **all'interno dei confini nazionali** , non l'esclusione dell'energia nucleare dal sistema continentale che serve l'Italia.

11.22 “Altri prosperarono mentre l’Italia soffriva” richiede una formulazione più precisa

Un rapporto governativo dovrebbe evitare l'affermazione di monocausalità:

“I paesi dotati di energia nucleare hanno prosperato economicamente grazie a essa, mentre l'Italia è andata in declino perché non la possedeva.”

Ciò non può essere dimostrato sulla base delle prove.

La crescita del PIL, le prestazioni industriali e la competitività dipendono da molto più della sola tecnologia elettrica.

Tuttavia, una conclusione più ristretta è ben supportata:

L'Italia ha rinunciato a una fonte nazionale di energia elettrica a basse emissioni di carbonio, mentre diversi concorrenti confinanti l'hanno mantenuta, e di conseguenza ha sviluppato un sistema energetico con una maggiore esposizione ai prezzi del gas e alle importazioni di elettricità.

Tale esposizione divenne particolarmente rilevante durante i periodi di:

- prezzi elevati del gas in Europa;
- incertezza dell'offerta;
- Crisi geopolitica legata alla Russia.

Si tratta di un argomento strategico basato sul costo opportunità.

Non si intende affermare che ogni euro di svantaggio industriale italiano sia riconducibile al referendum del 1987.

11.23 Lo shock geopolitico del 2022 ha trasformato nuovamente il dibattito nucleare

L'invasione su vasta scala dell'Ucraina da parte della Russia nel febbraio 2022 ha rappresentato il terzo grande shock esterno nella storia della politica nucleare italiana.

La sequenza è impressionante:

```
1986
CHERNOBYL
↓
IL RISCHIO NUCLEARE DIVENTA CENTRALE

2011
FUKUSHIMA
↓
IL RISCHIO NUCLEARE TORNA AL CENTRO DEL DISCUSSIONE

2022
INVASIONE RUSSA DELL'UCRAINA
↓
RISCHIO DI DIPENDENZA DAI COMBUSTIBILI FOSSILI
DIVENTA CENTRALE
```

La natura del rischio percepito è cambiata.

Nel 1986 e nel 2011 la domanda dominante era:

Cosa succederebbe se la tecnologia nucleare fallisse?

Dopo il 2022, un'altra questione è diventata politicamente ineludibile:

Cosa succederebbe se il sistema di alimentazione energetica esterno si guastasse?

I dati dell'AIE mostrano perché il problema fosse particolarmente acuto per l'Italia.

Immediatamente prima della crisi:

```
FORNITURA ENERGETICA TOTALE ITALIANA
↓
42% GAS NATURALE
↓
94% IMPORTATO
↓
Circa il 41% delle importazioni di gas dalla Russia
```

L'Italia ha reagito prontamente attraverso la diversificazione.

Secondo l'AIE, a novembre 2022 il gas russo rappresentava circa **il 3% delle importazioni di gas italiane .**

Quel successo è importante.

La crisi non ha dimostrato che l'Italia fosse incapace di adattarsi.

Ha dimostrato le conseguenze strategiche della concentrazione della dipendenza energetica nei combustibili importati.

11.24 Il programma di centrodestra del 2022 ha formalmente riaperto l'opzione nucleare prima dell'insediamento del governo Meloni.

Il ritorno alla politica nucleare sotto Meloni non è stato introdotto dopo le elezioni senza una precedente dimostrazione programmatica.

Il programma ufficiale del centro-destra per il 2022 includeva, sotto la voce **“La sfida dell’autosufficienza energetica”** :

- aumento della produzione da fonti rinnovabili;
- diversificazione dell'approvvigionamento energetico;
- sviluppo del gas nazionale;
- efficienza energetica;
- Politiche europee di limitazione dei prezzi;
- valutazione degli impianti energetici di ultima generazione, compresi quelli che il programma ha definito "nucleare pulito e sicuro", senza veti pregiudizievoli.

Questo è importante dal punto di vista politico.

La coalizione non ha basato la sua campagna elettorale sulla sostituzione delle energie rinnovabili con il nucleare.

Il programma pubblicato presentava il nucleare come una componente di un'agenda più ampia per la sicurezza energetica.

11.24.1 Il programma rivela il nuovo quadro politico

Il vecchio quadro di riferimento sul nucleare era il seguente:

```
NUCLEARE
VS
AMBIENTE
La nuova inquadratura di centro-destra è diventata:
NUCLEARE
+
ENERGIE RINNOVABILI
+
SICUREZZA ENERGETICA
+
SOVRANITÀ INDUSTRIALE
+
DECARBONIZZAZIONE
```

Resta da chiarire se tale pacchetto di politiche possa essere effettivamente realizzato in modo economicamente sostenibile.

Ma il riposizionamento politico è chiaro.

11.25 Il governo Meloni non iniziò con una legislazione nucleare immediata

Il percorso istituzionale successivo all'ottobre 2022 è stato relativamente graduale.

Questo è importante perché dimostra che l'attuale rientro è stato realizzato in fasi.

All'inizio del 2023, l'Italia non aveva ancora formalmente ricostituito un quadro completo di politica nucleare.

I rappresentanti del governo hanno sottolineato la necessità di un dibattito parlamentare e l'assenza di un quadro normativo di autorizzazione vigente.

Il passo decisivo a livello parlamentare è avvenuto il **9 maggio 2023** .

La Camera ha approvato la mozione **1-00083** , che impegna il governo a valutare l'opportunità di includere l'energia nucleare nel mix energetico nazionale e a sostenere il ruolo dell'energia nucleare nell'ambito delle politiche energetiche europee e dei quadri di investimento sostenibile.

Quella data dovrebbe essere considerata uno dei principali punti di svolta istituzionali nella storia moderna del nucleare italiano.

Entro il 9 maggio 2023

NUCLEARE =

OPZIONE POLITICA DELLA COALIZIONE

Dopo il 9 maggio 2023

NUCLEARE =

POLITICA PARLAMENTARE FORMALE

FLUSSO DI LAVORO

11.26 La Piattaforma nazionale per il nucleare sostenibile ha trasformato l'intento politico in lavoro istituzionale

Il **21 settembre 2023** , il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica ha convocato la prima riunione della **Piattaforma Nazionale per un Nucleare Sostenibile — PNNS** .

ISIN registra l'obiettivo dichiarato come la definizione di un percorso verso la **possibile ripresa dell'utilizzo dell'energia nucleare in Italia** e la valutazione delle opportunità di crescita per l'attuale filiera industriale nucleare italiana.

Tra i partecipanti figuravano:

- istituzioni di ricerca pubbliche;
- mondo accademico;
- istituzioni per la sicurezza nucleare;
- corpi in fase di disattivazione;
- industria;
- produttori di componenti nucleari.

Questo aveva un'importanza istituzionale maggiore di un discorso politico.

Ha iniziato a ricostruire ciò di cui l'Italia aveva in gran parte smesso di aver bisogno dopo il 1990:

un ecosistema coordinato di sviluppo e programma nucleare nazionale.

Schema del testo: dall'impegno politico all'architettura del programma.

```
PROGRAMMA DI COALIZIONE 2022
↓
DIBATTITO PARLAMENTARE
↓
9 MAGGIO 2023 MOZIONE
↓
21 SETT 2023 PNNS
↓
TECNOLOGIA
REGOLAMENTO
INDUSTRIA
CARBURANTE
SCIUPARE
COMPETENZE
↓
PROGETTAZIONE DEL PROGRAMMA NAZIONALE
```

11.27 Il PNIEC 2024 ha spostato il nucleare dal dibattito politico alla modellazione ufficiale del sistema energetico.

Il **Piano nazionale integrato per l'energia e il clima del 2024 (PNIEC)** ha rappresentato un ulteriore passo avanti in termini di qualità.

Per la prima volta nell'attuale ciclo politico, l'energia nucleare è stata integrata negli scenari quantitativi a lungo termine del sistema energetico italiano.

Il modello ha preso in considerazione l'introduzione dell'energia nucleare nel periodo **2035-2050** .

Lo scenario più ottimistico prevedeva circa **16 GW di capacità nucleare entro il 2050** , corrispondenti a circa **il 22% del fabbisogno nazionale di elettricità** .

Il PNIEC ha inoltre esaminato un percorso più conservativo.

In base alle ipotesi di modellazione utilizzate, lo scenario nucleare più prudente ha prodotto un costo totale stimato del sistema energetico **inferiore di circa 17 miliardi di euro** nell'arco temporale considerato rispetto al corrispondente scenario a zero emissioni nette senza nucleare.

Questo risultato deve essere descritto correttamente.

È:

un risultato del modello condizionato dalle ipotesi utilizzate.

Non lo è:

- un risparmio sui costi contrattualizzato;
- prova che le centrali nucleari italiane avranno un costo prestabilito;
- una garanzia governativa;
- una previsione secondo cui nel 2050 saranno operativi 16 GW.

Lo stesso PNIEC afferma che questi valori hanno richiesto un successivo consolidamento e che lo scenario nucleare non ha modificato le ipotesi del piano per il 2030.

11.27.1 L'importanza strategica del PNIEC era istituzionale

Il cambiamento principale non è stato la cifra di 17 miliardi di euro.

Era questo:

PRIMA

NUCLEARE = POSSIBILITÀ POLITICA

DOPO PNIEC

NUCLEARE = VARIABILE INTERNO

UFFICIALE NAZIONALE

PIANIFICAZIONE DEL SISTEMA ENERGETICO

Ciò rappresenta un rientro politico ben più profondo.

11.28 Anche l'ambiente europeo stava cambiando

La politica nucleare del governo Meloni non si è sviluppata in modo isolato dalle tendenze europee.

L'UE stessa è rimasta divisa sulla questione dell'energia nucleare, ma quest'ultima ha acquisito un ruolo più importante nelle politiche europee di decarbonizzazione, industriali e di sicurezza energetica.

Nel marzo 2026 la Commissione europea ha pubblicato la sua **strategia specifica per i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR)** , con l'obiettivo di sostenere i primi progetti europei in questo settore all'inizio degli anni 2030.

La Commissione ha individuato una potenziale capacità di SMR dell'UE pari a circa **17-53 GW entro il 2050** , sottolineando al contempo:

- Catene di approvvigionamento industriali europee;
- dispiegamento della flotta;
- cooperazione normativa;
- sicurezza energetica;
- competitività;
- calore industriale;
- idrogeno;
- domanda di data center.

Il contesto politico europeo in cui si inserisce la politica nucleare italiana nel 2026 è dunque profondamente diverso da quello del 1987.

Ambiente europeo 1987

CHERNOBYL
↓
PREVALENTE RISCHIO/SICUREZZA
Ambiente europeo 2026

CLIMA
+
UCRAINA / SICUREZZA ENERGETICA
+
COMPETITIVITÀ INDUSTRIALE
+
AUTONOMIA STRATEGICA
+
POLITICA INDUSTRIALE DI SMR
La sicurezza rimane al centro di tutto.

Ma ora il nucleare viene discusso simultaneamente come tecnologia industriale e di sovranità nazionale.

11.29 Il governo è passato dalla modellizzazione alla ricostruzione legale nel periodo 2024-2025

Una volta che il nucleare è entrato nel Parlamento, nel PNNS e nel PNIEC in fase di pianificazione, l'ostacolo successivo era di natura legale.

L'Italia non potrebbe realisticamente procurarsi un reattore senza ricostruirlo:

- legge sull'autorizzazione;
- responsabilità regolamentari;
- gestione della sicurezza;
- legge sui rifiuti;
- legge sui carburanti;
- procedure di localizzazione;
- partecipazione del pubblico;
- interfacce di responsabilità nucleare;
- obblighi di smantellamento.

un gruppo di lavoro, presieduto dall'esperto di diritto costituzionale **Giovanni Guzzetta,** per supportare lo sviluppo del nuovo quadro normativo.

La bozza del processo di delega è stata successivamente sottoposta a revisione da parte degli organi governativi, finanziari e regionali (Stato e Regione).

Il Consiglio dei Ministri ha approvato il disegno di legge sulla delega, che è stato formalmente presentato alla Camera il **17 ottobre 2025** come **AC 2669** dal Presidente del Consiglio **Giorgia Meloni** e dal Ministro dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica **Gilberto Pichetto Fratin** .

Fu a questo punto che il rientro nell'era nucleare passò dalla fase di pianificazione politica a quella di progetto legislativo esplicito.

11.30 Cosa prevede concretamente il disegno di legge nucleare di Meloni

Il testo parlamentare definitivo autorizza il governo ad adottare la legislazione delegata che disciplina, tra gli altri argomenti:

- produzione e utilizzo di energia nucleare sostenibile in Italia;
- sviluppo delle catene di approvvigionamento industriali nazionali ed europee;
- fabbricazione di combustibile nucleare;
- ritrattamento del combustibile;
- smantellamento degli impianti esistenti;
- gestione dei rifiuti radioattivi;
- gestione del combustibile esaurito;
- Ricerca, sviluppo e utilizzo della fusione nucleare;
- riorganizzazione delle competenze istituzionali.

Questo è molto più ampio di una semplice affermazione che dica:

"L'Italia vuole i SMR."

Inizia a costruire l'architettura giuridica dell'intero **ciclo nucleare** .

Architettura istituzionale di alto livello

```
POLITICA DEI REATTORI
│
       ├── CARBURANTE
       ├── RIELABORAZIONE
       ├── LICENZA
       ├── SICUREZZA
       ├── RIFIUTI
       ├── CARBURANTE ESAURITO
       ├── DISMISSIONE
       ├── CATENA DI FORNITURA
       ├── COMPETENZE
└── FUSIONE
↓
NUCLEARE NAZIONALE
QUADRO GIURIDICO
```

Tale ampiezza è strategicamente razionale dal punto di vista della progettazione del programma, poiché un programma nucleare commerciale non può legalmente consistere unicamente in un reattore.

Ciò spiega anche una delle principali critiche dell'opposizione: l'ampiezza dei poteri delegati al governo.

11.31 Il percorso parlamentare nel 2026

La Camera ha approvato l'AC 2669 il **4 giugno 2026** e lo ha trasmesso al Senato.

Il Senato lo esaminò quindi come **S.1924** .

Il **23 settembre 2026** è stata approvata in via definitiva:

Votazione finale del Senato	Numero
Presente	140
Voto	139
A favore	**81**
Contro	**51**
Astinenza	**7**

11.31.1 Posizioni dei gruppi nella votazione finale del Senato

Componente di gruppo/politica	Risoluzione finale
Fratelli d'Italia	A favore
Lega	A favore
Forza Italia	A favore
Civici d'Italia–UDC–NM–MAIE–CP	A favore
Azione – Rinnovare l'Europa	A favore
Stato Democratico	Contro
Movimento 5 Stelle	Contro
Alleanza Verdi e Sinistra	Contro
Gruppo Autonomie	Contro
Italia Viva	Astinenza

Queste posizioni sono registrate direttamente nel verbale finale della votazione del Senato.

Questo è significativo perché la spaccatura del 2026 **non è perfettamente tra governo e opposizione** .

Azione ha appoggiato la legislazione.

Italia Viva si è astenuta.

Il campo degli avversari era quindi diviso.

11.32 Anche la coalizione politica pro-nucleare ha cambiato il suo linguaggio

L'argomentazione contemporanea è sostanzialmente diversa dall'impostazione dell'era Berlusconi.

La maggioranza di governo ora presenta l'energia nucleare in relazione a:

- sovranità energetica;
- decarbonizzazione;
- competitività industriale;
- localizzazione della catena di approvvigionamento;
- leadership tecnologica;
- riduzione della dipendenza dai combustibili fossili importati.

Ciò è in parte una conseguenza del contesto geopolitico successivo al 2022.

```
L'argomento può essere rappresentato come:
SHOCK GAS RUSSO
↓
SICUREZZA ENERGETICA
↓
NECESSITÀ DI ENERGIA AZIENDALE DIVERSIFICATA
↓
DEFINIZIONE DELLA POLITICA PER IL RIENTRO DEL NUCLEARE
+
ENERGIE RINNOVABILI
+
MAGAZZINAGGIO
+
GRIGLIA
+
DIVERSIFICAZIONE GNL/GAS
```

L'energia nucleare non viene più presentata principalmente come alternativa alle politiche ambientali.

Viene integrato nel linguaggio della **decarbonizzazione europea e dell'autonomia strategica** .

11.33 Anche la coalizione antinucleare ha cambiato il suo linguaggio

Allo stesso modo, l'opposizione non si limita a ripetere quanto accaduto nel 1987.

Il dibattito del 2026 si concentrerà maggiormente su:

```
COSTO
+
TEMPO
+
MATURITÀ COMMERCIALE SMR
+
SCIUPARE
+
INVESTIMENTO ALTERNATIVO
+
CONTROLLO PARLAMENTARE
+
PARTECIPAZIONE DEL PUBBLICO
```

Il M5S ha esplicitamente richiesto un'analisi comparativa trasparente rispetto alle energie rinnovabili e ai sistemi di accumulo.

PD ha contestato la struttura istituzionale e l'ampiezza della delegazione, auspicando una governance della sicurezza più forte e indipendente.

AVS ha definito il percorso proposto troppo lento e ha sostenuto che le tecnologie rinnovabili dovrebbero avere la priorità.

Il conflitto centrale contemporaneo non è quindi più:

“Le radiazioni nucleari fanno paura?”

È sempre più:

"L'energia nucleare rappresenta un complemento economicamente e istituzionalmente adeguato, a basse emissioni di carbonio, a un sistema dominato dalle energie rinnovabili?"

Si tratta di una controversia politica tecnicamente più matura.

11.34 La legge del 2026 non cancella le votazioni del 1987 e del 2011

Questa distinzione è politicamente importante.

Il governo ha scelto di interpretare le mutate circostanze come un'autorizzazione per un nuovo quadro normativo in materia nucleare, basato su:

- tecnologie dei reattori radicalmente cambiate;
- obblighi di neutralità climatica;
- condizioni geopolitiche alterate;
- Tassonomia dell'UE;
- Sviluppo di SMR;
- quattro decenni di cambiamenti istituzionali.

Gli oppositori continuano a invocare il significato democratico dei due referendum antinucleare.

Entrambe le dichiarazioni possono coesistere legalmente.

I referendum storici restano eventi politici reali.

Ma l'elettorato e il parlamento attuali operano anche in un contesto tecnologico, geopolitico e giuridico differente.

Il conflitto democratico è dunque:

```
PASSATO MANDATO POPOLARE
↓
1987 + 2011

CONTRO

MANDATO PARLAMENTARE ATTUALE
↓
2026
```

Il modo in cui tale rapporto verrà trattato in definitiva, qualora dovesse sorgere un contenzioso costituzionale, sarà una questione di competenza delle istituzioni giudiziarie competenti.

Il presente capitolo non intende pregiudicare tali controversie.

11.35 Che cosa ha cambiato esattamente il governo di Giorgia Meloni?

La risposta deve essere definita con una precisione insolita.

Cosa è cambiato?

Il governo Meloni ha spostato l'energia nucleare da:

tecnologia politicamente esclusa

A:

valutazione formale della tecnologia energetica nazionale .

È passato dal nucleare a:

ricerca esterna e partecipazione industriale estera

A:

pianificazione del programma nazionale .

È passato dal nucleare a:

nessun modello di implementazione prospettico

A:

Scenari ufficiali del PNIEC .

È passato dal nucleare a:

al momento non esiste una tabella di marcia legale

A:

una delega abilitante approvata dal parlamento per la ricostruzione del quadro giuridico .

Ciò che non è accaduto

Non ancora:

- ha selezionato il reattore principale nazionale;
- è stato selezionato un sito di nuova costruzione in Italia;
- ha ottenuto una licenza per la costruzione di centrali nucleari;
- ha dimostrato un modello di finanziamento;
- ha raggiunto la decisione finale di investimento (FID);
- ha costruito un reattore;
- ha prodotto un nuovo kilowattora nucleare.

Tabella 11.35-A — La differenza tra rientro politico e ritorno nucleare fisico

Palcoscenico	Situazione al 27 settembre 2026
Opzione politica nucleare	Completato
Riconoscimento parlamentare	Completato
Piattaforma nazionale delle parti interessate	Completato
Modellazione nucleare PNIEC	Completato
Legge abilitante approvata dal Parlamento	Completato
Legge pubblicata/in vigore	Non ancora al termine
Decreti di esecuzione delegati	Non ancora completato
Quadro normativo completo in materia di licenze	Non ancora completato
Tecnologia leader - selezione ridotta	Non completato
Selezione del sito	Non completato
licenza di costruzione	Nessuno
FID	Nessuno
Costruzione di un nuovo reattore	Nessuno
Nuova generazione nucleare	Nessuno

Questa tabella rappresenta il modo più difendibile per descrivere il “ritorno dell’energia nucleare sotto Meloni”.

11.36 Il significato geopolitico dell'inversione di Meloni va oltre il reattore stesso.

Il cambio di rotta avviene in un sistema internazionale che è profondamente cambiato dal 1987.

L'Italia deve ora gestire contemporaneamente:

```
Rischio geopolitico russo;
Rotte energetiche del Mediterraneo;
Dipendenza dal GNL;
Integrazione europea dell'energia elettrica;
decarbonizzazione;
elettrificazione industriale;
domanda di data center;
dipendenza da minerali critici;
Il predominio manifatturiero cinese in alcuni settori delle
tecnologie pulite;
Concorrenza industriale tra Stati Uniti ed Europa.
```

Il nucleare entra quindi in un dibattito strategico molto più ampio.

Vecchio modello di sovranità energetica

```
IMPORTAZIONI SICURE DI FOSSILI
↓
CONDOTTI
+
CONTRATTI A LUNGO TERMINE
```

Modello emergente di sovranità energetica

```
ENERGIE RINNOVABILI NAZIONALI
+
NUCLEARE
+
MAGAZZINAGGIO
+
GRIGLIA
+
INTERCONNESSIONE
+
COMBUSTIBILI DIVERSIFICATI
+
CATENE DI FORNITURA INDUSTRIALI
```

In questo modello, sovranità non significa autarchia.

Significa **diversificare le dipendenze in modo che nessun singolo fornitore estero, rotta di approvvigionamento di carburante o tecnologia diventi sistematicamente dominante** .

11.37 Il nucleare non crea automaticamente l'indipendenza energetica italiana

Questo punto deve rimanere esplicito, a prescindere dal linguaggio politico utilizzato dai sostenitori.

Una nuova flotta nucleare italiana richiederebbe comunque relazioni internazionali che coinvolgano:

- uranio;
- conversione;
- arricchimento;
- fabbricazione di combustibili;
- tecnologia dei reattori;
- componenti specialistici;
- potenzialmente software e manutenzione.

Il confronto strategico non è quindi:

```
NUCLEARE
=
INDIPENDENZA
È:
NUCLEARE
=
STRUTTURA DI DIPENDENZA DIVERSA
```

Il potenziale vantaggio è che il combustibile nucleare:

- contiene una densità energetica molto elevata;
- può essere conservato in anticipo;
- richiede flussi fisici continui molto più piccoli rispetto al gas naturale.

Ma la dipendenza dall'estero rimane.

La questione corretta in materia di sovranità è quindi:

L'intera filiera del combustibile e della tecnologia nucleare sarebbe più resiliente dal punto di vista geopolitico rispetto alle dipendenze marginali dai combustibili fossili e dall'elettricità che andrebbe a sostituire?

Si tratta di una questione di appalti, non di una questione ideologica.

11.38 La scelta precedente dell'Italia ha avuto un lungo costo istituzionale

Quando un Paese smette di costruire e gestire reattori per quasi quattro decenni, non si limita a preservare il sistema precedente in uno stato di animazione sospesa.

Perde o si indebolisce:

- esperienza dell'operatore;
- Esperienza di regolamentazione nel rilascio di licenze per nuove costruzioni;
- continuità nella gestione dei progetti nucleari;
- qualificazione edilizia;
- percorsi universitari;
- serializzazione industriale;
- rapporti con i fornitori.

L'Italia ha mantenuto importanti competenze nucleari attraverso:

- smantellamento;
- ricerca;
- ingegneria;
- partecipazione dell'industria nucleare internazionale.

Ma questo non equivale a gestire una flotta nazionale.

Il costo della ripartenza comprende quindi **la ricostruzione istituzionale** .

Questa è una delle conseguenze a lungo termine più importanti della discontinuità delle politiche.

Schema testuale

```
USCITA
↓
NESSUN NUOVO ORDINE
↓
NESSUNA NUOVA COSTRUZIONE
↓
NESSUNA NUOVA FLOTTA OPERATIVA
↓
MENO PRATICHE NORMATIVE PER LE NUOVE COSTRUZIONI
↓
CONTRATTI PER LA GESTIONE DELLE COMPETENZE
↓
DECISIONE DI RESO
↓
È NECESSARIA UNA RICOSTRUZIONE ISTITUZIONALE
```

Ciò a prescindere dal fatto che l'uscita iniziale fosse politicamente giustificata.

Si tratta semplicemente di una conseguenza osservabile del programma.

11.39 L'Italia ha inoltre evitato alcuni rischi e costi durante il periodo senza nuove costruzioni nucleari

Un'analisi equilibrata deve includere anche il punto di vista opposto.

Non costruendo nuovi reattori dopo il 1987 e il 2011, l'Italia ha anche evitato l'esposizione a:

- rischio di capitale legato alla costruzione di nuove centrali nucleari;
- potenziali sforamenti di budget nella costruzione;
- ulteriore produzione di combustibile esaurito;
- ulteriori oneri di smantellamento;
- rischio operativo del reattore;
- impegni a lungo termine con specifici fornitori di reattori.

Ciò non dimostra che l'uscita fosse economicamente ottimale.

Ciò significa che il controfattuale non può essere scritto come:

“Se l'Italia avesse continuato a utilizzare il nucleare, tutti gli esiti sarebbero necessariamente stati migliori.”

- Il programma nucleare italiano alternativo avrebbe avuto a sua volta:
- progetti;
- rischi di costruzione;
- fabbisogno di finanziamento;
- obblighi in materia di rifiuti;
- decisioni tecnologiche.

Un rapporto geopolitico serio dovrebbe confrontare entrambe le parti.

11.40 Il costo opportunità storico è tuttavia diventato visibile attraverso le importazioni

Si può affermare oggettivamente che l'Italia è diventata un grande importatore netto di energia elettrica, mentre i sistemi nucleari dei paesi limitrofi hanno fornito una quantità considerevole di energia al mercato interconnesso.

Le esportazioni nette record della Francia verso l'Italia nel 2025, pari a **26,2 TWh** , unitamente alle importazioni totali dell'Italia di **51,8 TWh** , forniscono un esempio particolarmente chiaro in questo contesto attuale.

Ciò non significa che ogni MWh importato sarebbe stato economicamente sostituito da un reattore italiano.

Ma ciò dimostra che:

La decisione dell'Italia di non mantenere la produzione nucleare nazionale non ha eliminato la sua dipendenza dall'energia elettrica stabile prodotta all'estero.

Si tratta di un fatto strategico.

11.41 La politica nucleare ha ripetutamente seguito shock esterni anziché una pianificazione costante a lungo termine.

Uno dei modelli storici più evidenti è il predominio degli shock esterni.

Tabella 11.41-A — Shock esterni e risposta politica italiana

shock	Effetto politico
Chernobyl 1986	Passaggio antinucleare accelerato
referendum del 1987	Ha portato all'attuazione dell'abbandono del nucleare
Preoccupazioni relative al gas e alle importazioni negli anni 2000	Ha contribuito a riaprire il dibattito sul nucleare
Fukushima 2011	Ha distrutto la fattibilità politica del rilancio
referendum del 2011	Seconda uscita rinforzata
Shock energetico Russia-Ucraina 2022	Valorizzazione dell'argomentazione sulla sicurezza energetica
Decarbonizzazione dell'UE / Strategia industriale SMR	Maggiore legittimità istituzionale della nuova opzione nucleare
Programma parlamentare Meloni 2023-2026	Percorso politico/legale ricostruito

Ciò suggerisce una debolezza strutturale dell'Italia:

Storicamente, la politica nucleare ha oscillato in base agli shock geopolitici e tecnologici, anziché essere governata da un consenso politicamente stabile protratto per decenni.

Tale osservazione è di natura analitica, non partigiana.

La stessa vulnerabilità istituzionale si ripercuoterebbe su qualsiasi programma futuro, indipendentemente dalla coalizione al governo.

11.42 La reversibilità delle politiche è di per sé un rischio di investimento nucleare

Questa storia crea un ulteriore problema.

Gli investimenti nel settore nucleare si estendono a:

- decenni di costruzioni e licenze;
- sessanta o più anni di attività;
- decenni di smantellamento e gestione dei rifiuti.

I cicli politici italiani si svolgono su periodi molto più brevi.

Un venditore, un investitore o un ente pubblico che stia valutando investimenti nucleari per miliardi di euro deve quindi porsi le seguenti domande:

```
2026 IL PARLAMENTO SOSTIENE IL NUCLEARE
↓
COSA SUCCEDE DOPO
UNA SOLA ELEZIONE?
↓
DUE ELEZIONI?
↓
TRE ELEZIONI?
La storia d'Italia comprende:
RIFIUTO
→ RILANCIO
→ RIFIUTO
→ RILANCIO
```

La reversibilità politica si trasforma quindi in un rischio finanziario.

Un programma nucleare sostenibile richiederebbe più di una maggioranza parlamentare.

Idealmente, sarebbe necessario un accordo istituzionale duraturo su almeno i seguenti punti:

- autorità di sicurezza;
- sciupare;

- selezione del sito;
- norme di finanziamento;
- sicurezza del carburante;
- ricerca;
- competenze industriali.

11.43 La vera sfida strategica non è quindi vincere la disputa nucleare, bensì depoliticizzare il nucleo tecnico.

La storia suggerisce una lezione fondamentale in materia di buon governo.

Alcuni aspetti della politica nucleare rimarranno sempre politici:

- se utilizzare l'energia nucleare;
- spesa pubblica;
- consenso del sito;
- mix energetico.

Tuttavia, diverse funzioni non dovrebbero cambiare con i cicli elettorali.

Questi includono:

NORME DI SICUREZZA

CONTABILITÀ DEI RIFIUTI

SICUREZZA DEL CARBURANTE

INDIPENDENZA DELL'AUTORITÀ DI REGOLAMENTAZIONE

PIANIFICAZIONE DI EMERGENZA

DATI TECNICI

FONDI PER LO SMALTIMENTO

Quanto più il nucleo tecnico è al riparo dalle oscillazioni partigiane, tanto minore sarà il rischio che il nucleare torni a essere principalmente un'arma simbolica nel conflitto tra governo e opposizione.

11.44 Il governo Meloni ha cambiato il default politico

Questo potrebbe rivelarsi, in definitiva, il risultato politico più significativo del periodo 2022-2026, a prescindere dal fatto che il reattore venga effettivamente costruito o meno.

Prima del ciclo attuale, l'assunto politico predefinito era approssimativamente:

Il ritorno dell'energia nucleare non è realisticamente possibile a meno che un governo non riesca prima a superare le conseguenze di due referendum.

Entro settembre 2026, l'impostazione predefinita si è spostata verso:

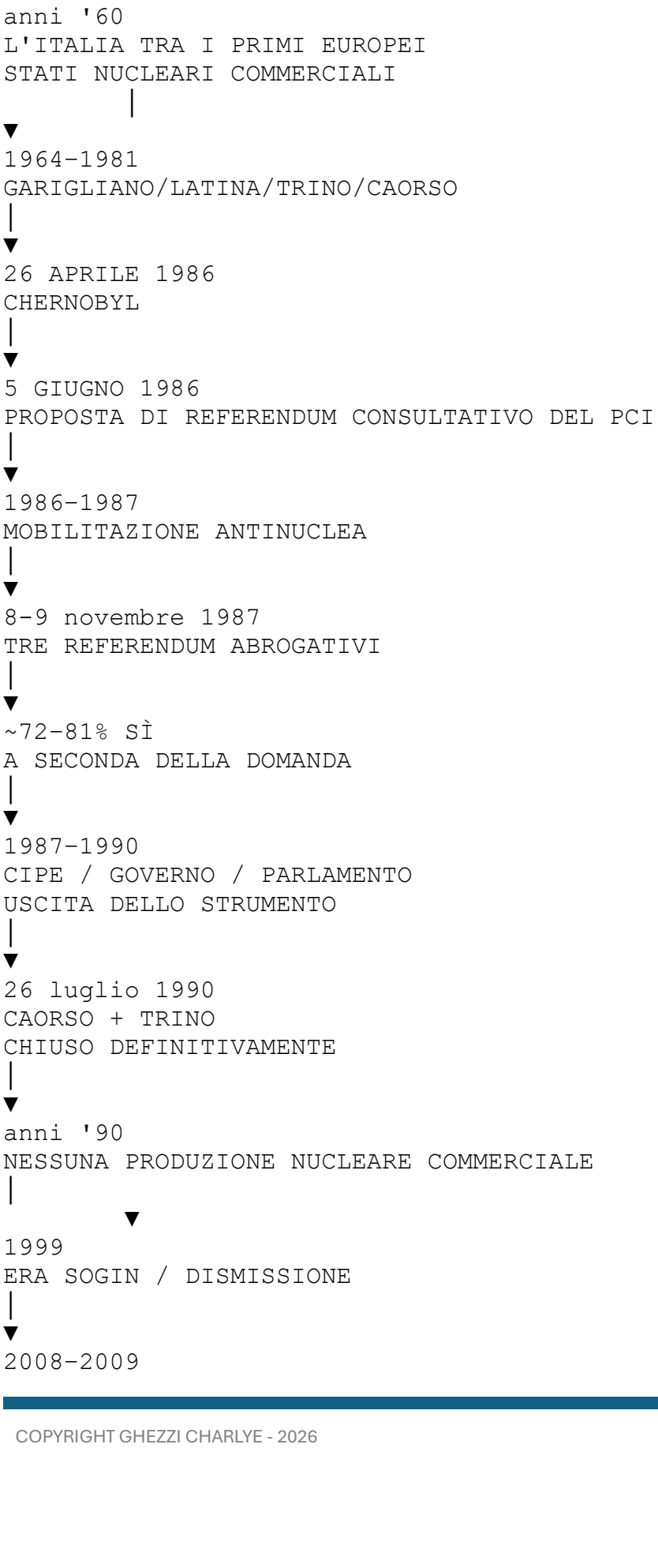
L'energia nucleare è tornata a essere una tecnologia legittima per la pianificazione statale formale, ma ogni progetto deve comunque superare prove normative, economiche, tecnologiche, territoriali e politiche.

Si tratta di un cambiamento profondo.

Non determina la decisione finale sul reattore.

Modifica quali decisioni sono politicamente e legalmente discutibili.

11.45 Cronologia politica generale: dagli anni '60 a settembre 2026



RILANCIO DI BERLUSCONI IV
|
▼
LEGGE 99/2009
ARCHITETTURA LEGALE DI NUOVA COSTRUZIONE
|
▼
2010
attuazione della regolamentazione
|
▼
11 marzo 2011
FUKUSHIMA
|
▼
APRILE 2011
IL GOVERNO ABROGA
PROGRAMMA DI NUOVE COSTRUZIONI
|
▼
12-13 giugno 2011
REFERENDUM
|
▼
Il 94,05% ha votato SÌ all'abrogazione.
|
▼
2011-2021
SECONDO PERIODO DI ESCLUSIONE NUCLEARE
|
▼
2021
GAS:
42% DEL FORNITURA ENERGETICA TOTALE
94% IMPORTATO
Circa il 41% delle importazioni di gas dalla Russia
|
▼
FEBBRAIO 2022
INVASIONE RUSSA DELL'UCRAINA
|
▼
2022
PROGRAMMA ELETTORALE DI CENTRO-DESTRA
RIAPERTURA DELL'OPZIONE NUCLEARE
|
▼
OTTOBRE 2022
GOVERNO MELONI
|

▼
9 MAGGIO 2023
MOVIMENTO DELLA TELECAMERA 1-00083
|
▼
21 settembre 2023
PRIMO INCONTRO PNNS
|
▼
GIUGNO 2024
SCENARI NUCLEARI PNIEC
|
▼
2024-2025
PROGETTAZIONE DEL QUADRO GIURIDICO
|
▼
17 ottobre 2025
AC 2669 PRESENTATO
|
▼
4 GIUGNO 2026
APPROVAZIONE DELLA TELECAMERA
|
▼
23 settembre 2026
SENATO:
81 SÌ
51 NO
7 ASSENZE
|
▼
27 settembre 2026
PROCESSO PARLAMENTARE COMPLETATO
MA LA LEGGE NON È ANCORA STATA PUBBLICATA
|
▼
FASE SUCCESSIVA
ESECUZIONE DELLA LEGISLAZIONE
+
REGOLAMENTO
+
TECNOLOGIA
+
SITO
+
FINANZA
+
LICENZE

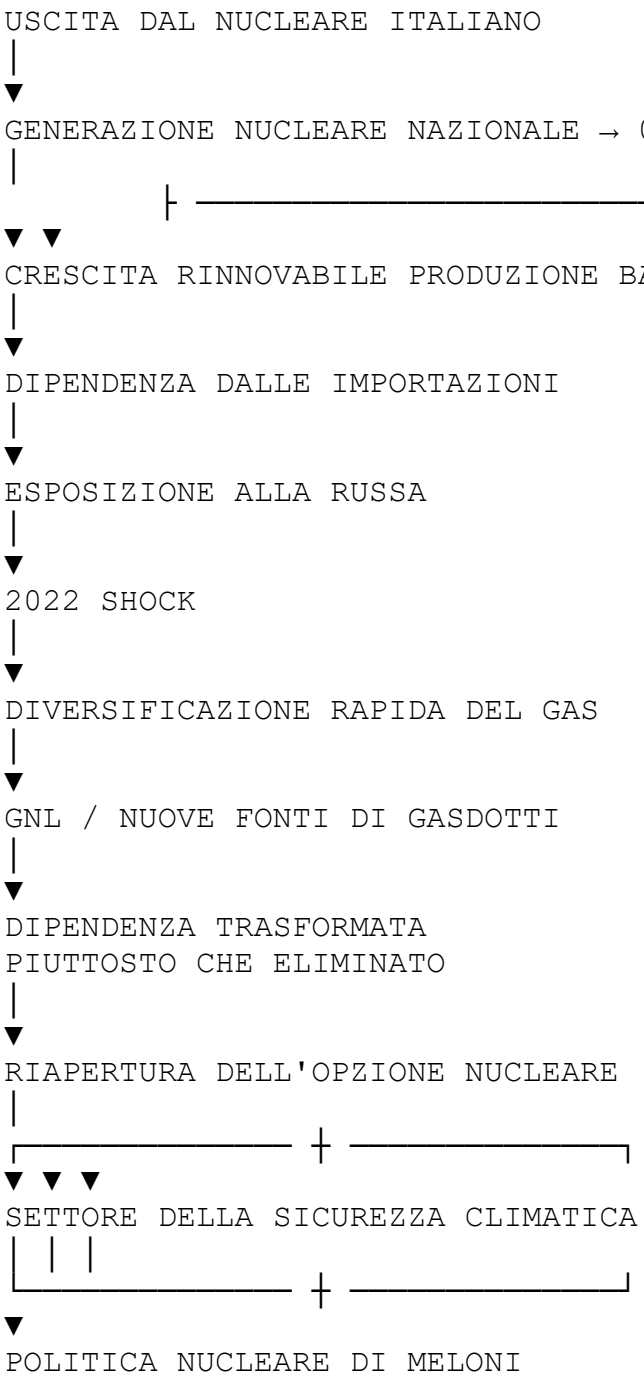
11.46 Matrice principale delle divisioni politiche

La storia può essere riassunta in cinque dibattiti nucleari successivi.

Periodo	Questione politica centrale
Anni '60-'70	Il nucleare può modernizzare e industrializzare il sistema energetico italiano?
1986–1990	Dopo Chernobyl, i rischi nucleari possono rimanere politicamente accettabili?
2008–2011	L'Italia riuscirà a invertire la tendenza dell'era referendaria verso l'uscita dal mercato e a ridurre la dipendenza energetica?
2011–2021	La tragedia di Fukushima rende ingiustificabile, dal punto di vista politico ed economico, un nuovo programma nucleare?
2022–2026	Il nucleare avanzato può contribuire alla sicurezza energetica, alla decarbonizzazione e alla competitività industriale insieme alle energie rinnovabili?

Questa evoluzione è cruciale.
In Italia il dibattito sul nucleare non è più esattamente lo stesso del 1987.

11.47 Schema principale della dipendenza geopolitica



Lo schema non deve essere interpretato come un'affermazione secondo cui l'abbandono del nucleare sia stato la causa di ogni successiva importazione di gas.

Descrive un cambiamento nell'architettura strategica.

11.48 L'argomento più forte a favore dell'inversione storica è la diversificazione, non l'assolutismo tecnologico.

La storia non dimostra che l'Italia debba diventare:

- interamente nucleare;
- interamente rinnovabile;
- Completamente privo di gas, immediatamente.

Ciò dimostra i rischi associati **all'eccessiva concentrazione** .

Dal 1987 al 2022 l'Italia è stata progressivamente esposta a una specifica configurazione di dipendenza.

Un futuro programma nucleare ne creerebbe un altro.

La questione che il governo dovrebbe quindi porsi è:

Quale combinazione di energia nucleare, rinnovabili, sistemi di accumulo, reti elettriche, energia idroelettrica, flessibilità della domanda, interconnessione e gas di transizione minimizza l'esposizione simultanea ai rischi legati a combustibili esteri, condizioni meteorologiche, tecnologie, capitali e fattori geopolitici?

Questa è una questione strategica più difendibile rispetto al chiedersi quale singola tecnologia "vinca".

11.49 La correzione storica essenziale: l'Italia non ha trascorso quarant'anni sotto un divieto costituzionale sulle armi nucleari.

La sequenza giuridica e politica può essere riassunta in quattro concetti distinti:

```
1987
RIFIUTO POPOLARE
DELLA POLITICA NUCLEARE ESISTENTE

≠

DIVIETO COSTITUZIONALE


1990
POLITICO / AMMINISTRATIVO
ATTUAZIONE DELL'USCITA

≠

DIVIETO COSTITUZIONALE PERMANENTE


2011
ABROGAZIONE POPOLARE DI
NUOVO QUADRO NUCLEARE

≠

RIMOZIONE DEL PARLAMENTO
POTERE LEGISLATIVO PER SEMPRE


2026
NUOVO QUADRO PARLAMENTARE

≠

FLOTTA NUCLEARE OPERATIVA
```

Tale distinzione deve essere mantenuta rigorosamente in tutto il rapporto.

Sfata due miti contrastanti:

Mito 1

“I referendum hanno messo al bando in modo permanente l'energia nucleare.”

Mito 2

“I referendum non hanno mai avuto alcuna rilevanza legale.”

Entrambe sono troppo semplicistiche.

11.50 Valutazione geopolitica finale

La storia nucleare italiana, da Chernobyl al governo Meloni, non è semplicemente la storia di una tecnologia scomparsa e poi ricomparsa.

È la storia di quattro diverse ansie nazionali.

Prima ansia: catastrofe tecnologica

Dopo Chernobyl:

Lo Stato può proteggere la società dal rischio nucleare?

Seconda ansia: la legittimità democratica

Dopo il 1987:

I governi possono perseguire lo sviluppo dell'energia nucleare dopo una netta bocciatura al referendum?

Terza preoccupazione: la credibilità economica e ambientale

Durante il rilancio del periodo 2009-2011:

Un nuovo programma nucleare può dimostrare di possedere costi, sicurezza, gestione dei rifiuti e legittimità territoriale accettabili?

Quarta ansia: la dipendenza geopolitica

Dopo il 2022:

L'Italia può permettersi un sistema energetico strutturalmente esposto ai mercati esteri dei combustibili e agli shock geopolitici, pur perseguendo una profonda decarbonizzazione?

La politica nucleare del governo Meloni si è sviluppata principalmente nel contesto del quarto ambiente.

Ciò non cancella i tre precedenti.

Deve risolvere tutti e quattro i problemi simultaneamente.

Il nuovo programma deve dimostrare:

```
SICUREZZA
+
LEGITTIMITÀ DEMOCRATICA
+
CREDIBILITÀ ECONOMICA
+
SOLUZIONE PER I RIFIUTI
+
RESILIENZA GEOPOLITICA
+
VALORE INDUSTRIALE
```

Il fallimento in una qualsiasi di queste categorie potrebbe ricreare le condizioni per un'altra inversione di tendenza politica.

La storia, dunque, offre un insegnamento fondamentale per il governo:

Il problema nucleare centrale dell'Italia non è mai stato solo la tecnologia dei reattori. È stata l'incapacità di mantenere, per diversi decenni, un accordo politicamente duraturo che collegasse tecnologia, rischio, territorio, costi e strategia nazionale.

Il governo guidato da Giorgia Meloni ha raggiunto un obiettivo storicamente importante: ha riportato l'energia nucleare dall'esclusione politica al centro della legislazione parlamentare e della pianificazione energetica nazionale.

Non ha ancora risolto la questione più difficile.

La questione si pone dopo l'approvazione parlamentare:

Riuscirà l'Italia a trasformare il rientro politico in un programma nucleare tecnicamente credibile, economicamente sostenibile, democraticamente duraturo e geopoliticamente resiliente, senza ripetere gli errori di rotta del 1987 e del 2011?

Al **27 settembre 2026** , la questione rimane ancora aperta.

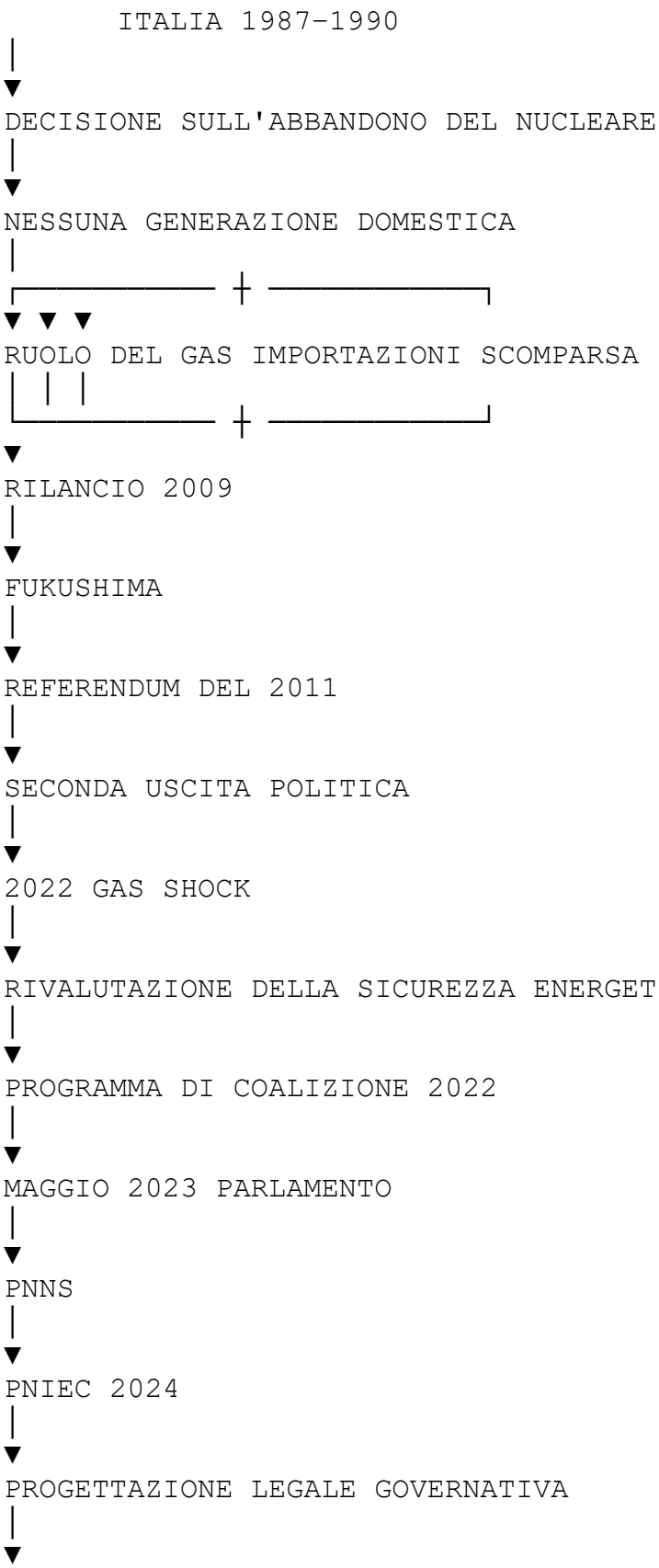
Le prove non supportano né un successo predeterminato né un fallimento predeterminato.

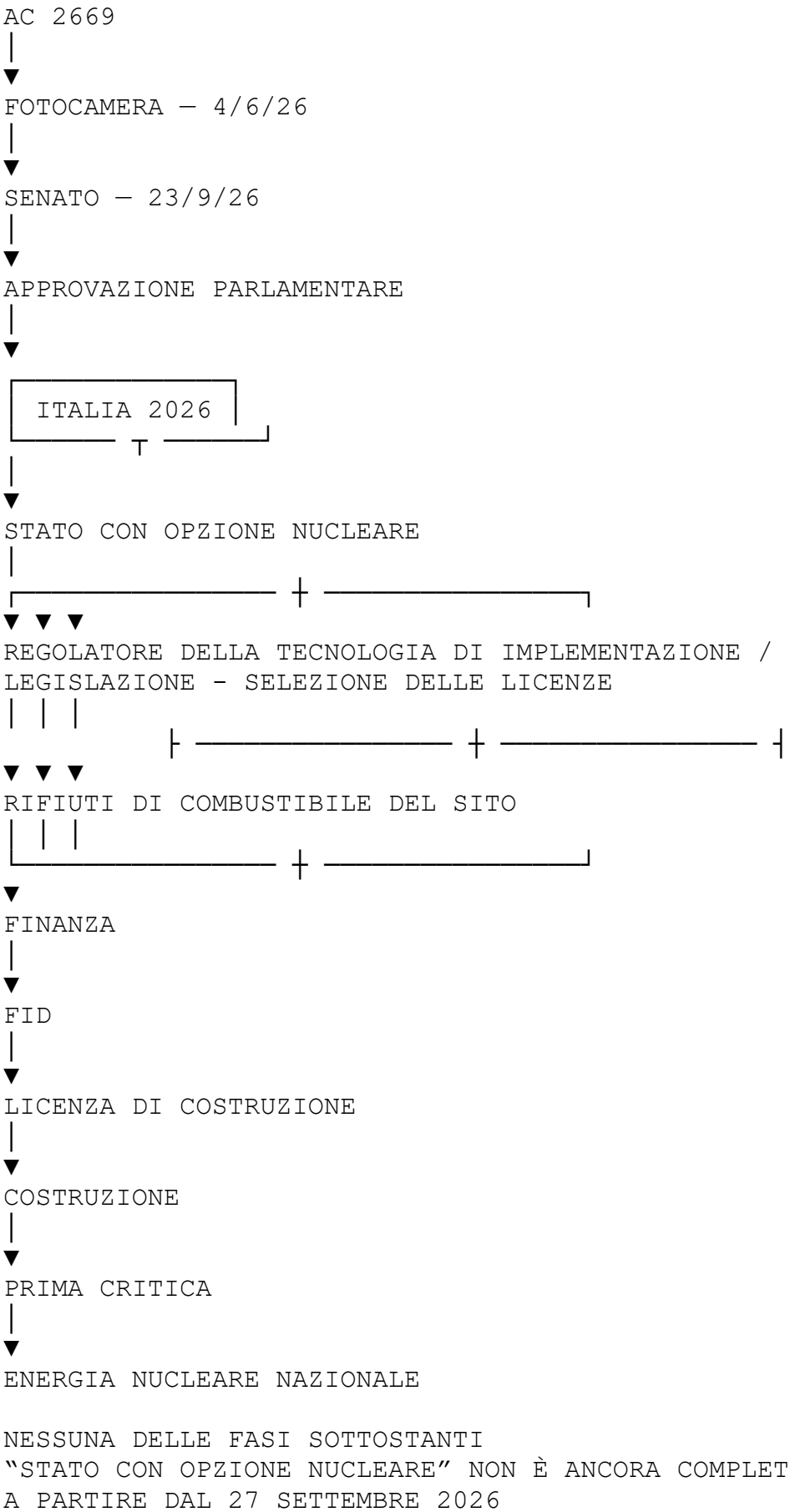
Supporta una conclusione molto più ristretta:

Per la prima volta dal 2011, l'Italia ha oltrepassato la soglia istituzionale che separa il dibattito sull'opportunità di includere l'energia nucleare nella politica nazionale dalla creazione del quadro giuridico attraverso il quale un futuro programma nucleare potrebbe effettivamente essere autorizzato.

Questo è il significato storicamente accertato del ritorno dell'Italia al nucleare sotto il governo Meloni.

11.51 Schema della decisione finale: dallo stato referendario allo stato con opzione nucleare





NESSUNA DELLE FASI SOTTOSTANTI
"STATO CON OPZIONE NUCLEARE" NON È ANCORA COMPLETO
A PARTIRE DAL 27 SETTEMBRE 2026

Questo capitolo opera deliberatamente la **delicata distinzione tra fatti accertati e accuse attribuite,** in particolare per gli episodi del 1987 e del 2011, pur documentando i casi in cui l'energia nucleare è stata indubbiamente utilizzata nell'ambito di una più ampia lotta per la legittimità del governo. Evita inoltre la semplificazione giuridicamente rischiosa secondo cui entrambi i referendum avrebbero costituito un divieto costituzionale permanente, ed evita anche l'errore opposto di affermare che i referendum siano ormai irrilevanti.

Capitolo 12 — Il finanziamento del programma nucleare italiano

L'Italia può decidere che l'energia nucleare debba far parte del suo futuro mix energetico, individuare siti tecnicamente fattibili, selezionare una tecnologia di reattore credibile, ricostruire il proprio sistema normativo e sviluppare una filiera industriale. Nessuna di queste decisioni, singolarmente o collettivamente, garantisce che un singolo reattore verrà mai costruito.

La transizione decisiva si verifica quando un progetto diventa **finanziabile** .

La bancabilità significa che gli istituti che forniscono capitale proprio e debito sono disposti a impegnare capitali a condizioni che consentano al progetto di raggiungere la fase di costruzione, di superare il periodo di costruzione e di generare un rendimento accettabile, mentre l'elettricità rimane sufficientemente accessibile da essere politicamente ed economicamente sostenibile.

Per l'energia nucleare, questa domanda è insolitamente complessa perché la tecnologia combina caratteristiche che i mercati finanziari normalmente preferiscono non vedere concentrate in un unico investimento:

- spese in conto capitale iniziali molto elevate;
- lunghi periodi di sviluppo prima della costruzione;
- lunghi periodi di costruzione prima di generare ricavi;
- rischio tecnologico e di esecuzione;
- Esposizione politica che si estende a diversi governi;
- rischio normativo;
- prezzi futuri dell'elettricità incerti;
- esposizione all'inflazione e ai tassi di interesse;
- lunga durata di vita utile degli asset;
- obblighi di smantellamento e gestione dei rifiuti che si estendono oltre il periodo di attività commerciale.

La conseguenza è fondamentale.

La questione che l'Italia si trova ad affrontare non è semplicemente:

Quanto costa un SMR?

La questione economicamente rilevante è:

Chi fornisce il capitale, a quale costo, quando viene recuperato, quale parte si assume ciascuna categoria di rischio e chi paga in definitiva se il progetto costa molto di più o richiede molto più tempo del previsto?

Questo è il vero problema di finanziamento.

Al 27 settembre 2026, l'Italia **non ha ancora risposto** .

Il disegno di legge di delega approvato dal Parlamento prevede finanziamenti per lo sviluppo del nuovo quadro normativo in materia nucleare, ma non per la costruzione di una flotta di reattori commerciali. L'articolo 5 del testo approvato dal Senato stanzia 20 milioni di euro per ciascuno degli anni 2027, 2028 e 2029 per investimenti connessi all'attuazione della delega, mentre stanziamenti separati, di entità relativamente inferiore, sono destinati ad attività di informazione pubblica. L'analisi tecnica parlamentare riconosce inoltre esplicitamente che le conseguenze finanziarie del futuro sostegno agli impianti nucleari non possono ancora essere quantificate ex ante e che le misure che genereranno spese aggiuntive richiederanno un'apposita legislazione di finanziamento.

Questa distinzione è essenziale.

FINANZIAMENTI ATTUALI DEL PROGRAMMA NUCLEARE PUBBLICO.

≠

SPESE IN CONTO DEL REATTORE

I fondi attualmente disponibili finanziano la creazione dell'architettura del **programma** .

Non costituisce finanziamento per:

- un BWRX-300;
- una Rolls-Royce SMR;
- uno stabilimento NUWARD;
- un AP300;
- un reattore avanzato;
- o una flotta nazionale multigigawatt.

L'Italia deve quindi sviluppare una seconda architettura, da affiancare a quella giuridica e regolamentare già analizzata in questa relazione:

l'architettura finanziaria nucleare.

Tale struttura finanziaria determinerà in larga misura se il nucleare rimarrà un'opzione strategica o diventerà un programma infrastrutturale su cui investire.

12.1 Il finanziamento del nucleare è principalmente un problema di allocazione del rischio

Il costo di una centrale nucleare viene solitamente discusso come se fosse principalmente una grandezza ingegneristica.

Il linguaggio utilizzato è familiare:

- costo del pernottamento;
- €/kW;
- Spese in conto capitale totali del progetto;
- LCOE.

Quelle quantità contano.

Ma il finanziamento del nucleare introduce un'altra variabile in grado di trasformare il risultato economico finale anche quando il costo di ingegneria rimane invariato:

il costo del capitale.

L'Agenzia per l'energia nucleare dell'OCSE identifica il rischio di costruzione, il rischio legato al prezzo dell'energia elettrica e il rischio politico come tre dei fattori più importanti che incidono sul costo di finanziamento delle nuove centrali nucleari. La sua analisi conclude che la struttura finanziaria non può essere separata dall'allocazione di tali rischi.

L'Agenzia Internazionale dell'Energia giunge a una conclusione strettamente correlata. La sua analisi del 2025 rileva che i progetti nucleari rimangono difficili da finanziare a causa dell'elevata intensità di capitale, della durata della costruzione e della complessità tecnica, e che i governi continuano a svolgere un ruolo centrale anche laddove partecipano investitori privati.

Ciò genera un principio fondamentale per l'Italia:

Non esiste un modello di finanziamento in grado di far scomparire il rischio nucleare. Un modello di finanziamento determina soltanto chi si assume tale rischio e quando.

Tenete conto dei possibili ritardi nella costruzione.

Se un progetto da 3 miliardi di euro diventa un progetto da 4,5 miliardi di euro, il miliardo e mezzo di euro in più dovrà essere assorbito da qualche parte.

Tra i possibili portatori figurano:

```
FORNITORE
│
   ├ ── contratto a prezzo fisso
│
▼
perdita / margine ridotto

INVESTITORI
│
   ├ ── capitale aggiuntivo
│
▼
rendimento inferiore

I PRESTATORI DI CREDITO
│
   ├ ── ristrutturazione / debito aggiuntivo
│
▼
maggiore esposizione finanziaria

CONSUMATORI
│
   ├ ── tariffa regolamentata / prezzo di esercizio più
elevato
│
▼
pagamenti più elevati per l'elettricità

STATO
│
   ├ ── garanzia / capitale proprio / salvataggio
│
▼
esposizione dei contribuenti
```

Il costo non è scomparso.

È stato assegnato.

Lo stesso vale per ogni rischio nucleare di rilievo.

Tabella 12.1-A — Principali rischi finanziari nel settore nucleare e soggetti che possono assumerseli

Rischio	Conseguenze economiche	Possibile soggetto a rischio
fallimento dello sviluppo	Spese di pre-costruzione perse	Sviluppatore / Stato / fornitore
Ritardo nella concessione della licenza	Costi di sviluppo e finanziamento più elevati	Sviluppatore / Stato / investitori
Ritardo nei lavori	L'interesse aumenta durante la fase di costruzione.	Investitore / consumatore / Stato / appaltatore
sforamento delle spese in conto capitale	Sono necessari finanziamenti aggiuntivi	Fornitore / azionisti / Stato / consumatori
rischio legato al prezzo dell'energia elettrica	Le entrate potrebbero essere insufficienti	produttore / acquirente / consumatori / Stato
rischio di tasso d'interesse	Il debito diventa più costoso	Progetto / Stato / consumatore
Inflazione	Aumento dei costi di manodopera/materiali/progetto	Progetto / appaltatore / consumatore
Rischio tecnologico	Prestazioni inferiori alle aspettative di progettazione.	Venditore/proprietario
rischio legato al prezzo del carburante	variazioni dei costi operativi	Operatore
Rischio di disponibilità del carburante	L'impianto non può funzionare come previsto.	Operatore/Stato a seconda del supporto
Rischio di disponibilità	Vendite di energia elettrica più basse	Operatore
Chiusura politica	L'asset diventa bloccato	Investitore / Stato a seconda della protezione
Modifica della legge	Costi o funzionamento modificati	Investitore / Stato a seconda del contratto
Aumento dei costi di smaltimento dei rifiuti	La responsabilità del ciclo di vita aumenta	Operatore / fondo rifiuti / residuo statale
Aumento dei costi di smantellamento	Aumento dei costi di fine vita	Operatore / fondo / residuo statale
cambiamento della struttura del mercato	Modifiche all'architettura delle entrate	Investitore / Stato

Chiusura anticipata dell'impianto	Recupero del capitale interrotto	Investitore / consumatore / Stato a seconda del regime

Questa tabella illustra il perché di affermazioni come:

“Il settore privato finanzierà i reattori”

sono incomplete.

Il settore privato può fornire capitali.

Ma la questione cruciale è:

Sotto quali tutele?

Una banca privata può concedere un prestito garantito da un progetto nucleare solo se la probabilità di rimborso è sufficientemente elevata.

Un investitore istituzionale può fornire capitale di rischio solo se il rendimento atteso compensa i rischi residui.

Lo Stato può ridurre il rendimento richiesto assorbendo o mitigando alcuni rischi.

Ma poi parte del rischio si sposta su:

- contribuenti;
- consumatori di energia elettrica;
- Bilanci del settore pubblico;
- governi futuri.

Il problema del finanziamento consiste dunque, in ultima analisi, in **un'allocazione del rischio sovrano, dei rischi dei consumatori e dei rischi privati** .

Il progetto nucleare si articola in tre distinti periodi finanziari.

Una distinzione utile è quella tra:

```
SVILUPPO
↓
COSTRUZIONE
↓
OPERAZIONE
```

Presentano condizioni di finanziamento fondamentalmente diverse.

Durante **la fase di sviluppo** , il progetto investe denaro ma potrebbe non ottenere mai l'autorizzazione. Le spese per ingegneria, studi di fattibilità, adempimenti normativi e preparazione degli appalti rappresentano quindi un capitale ad alto rischio.

Durante **la fase di costruzione** , le spese in conto capitale aumentano vertiginosamente, eppure il reattore non produce ancora elettricità. Questa è solitamente la fase di finanziamento più complessa.

Durante **la fase operativa** , l'impianto inizia finalmente a generare ricavi. A quel punto, il rischio si trasforma. Il rischio di costruzione scompare, mentre le prestazioni operative, i prezzi dell'energia elettrica, il carburante e le politiche a lungo termine diventano i fattori predominanti.

Ciò significa che uno strumento di finanziamento efficace durante la fase operativa potrebbe risultare insufficiente durante la fase di costruzione.

Questa è una delle distinzioni più importanti tra un **Contratto per Differenza** e una struttura **di Base Patrimoniale Regolamentata** .

Il primo serve principalmente a stabilizzare le entrate derivanti dall'energia elettrica dopo l'avvio della produzione.

Quest'ultima può iniziare a generare entrate regolamentate prima del completamento dell'impianto.

Questa distinzione modifica sostanzialmente i costi di finanziamento e il trasferimento del rischio.

12.2 Gli strumenti di finanziamento a disposizione dell'Italia

L'Italia non dovrebbe decidere di aver bisogno di un "modello di finanziamento nucleare" e poi importare meccanicamente il modello utilizzato da un altro Paese.

I diversi modelli nazionali riflettono differenze:

- capacità fiscali;
- strutture di servizio;
- mercati dell'energia elettrica;
- sistemi di regolamentazione;
- scelte politiche;
- tolleranza al rischio.

L'Italia dovrebbe invece considerare il finanziamento come un esercizio di progettazione.

Gli strumenti principali possono essere combinati.

12.2.1 Modelli di sostegno alle entrate: CfD, RAB e PPA a lungo termine

La prima categoria non fornisce necessariamente il capitale necessario per la costruzione.

Ciò infonde maggiore fiducia negli investitori, che prevedono che, una volta realizzato l'impianto, questo genererà ricavi sufficientemente prevedibili.

Questo è fondamentale perché i prezzi futuri dell'elettricità all'ingrosso nei prossimi quaranta o sessant'anni non possono essere previsti con sufficiente affidabilità per giustificare investimenti nel nucleare ad alto indebitamento.

Un reattore puramente commerciale accetterebbe in pratica:

```
CAPEX OGGI
↓
ANNI DI COSTRUZIONE
↓
PREZZO ALL'INGROSSO FUTURO
SCONOSCIUTO
↓
ENTRATE INCERTE
```

Tale esposizione aumenta sostanzialmente il rendimento richiesto dagli investitori.

Per un primo reattore italiano, un finanziamento puramente commerciale trasferirebbe quindi all'investitore contemporaneamente il rischio di costruzione e il rischio di prezzo di mercato a lungo termine.

Le evidenze internazionali suggeriscono che questa sia una combinazione particolarmente difficile per la costruzione di nuove centrali nucleari. Il lavoro dell'OCSE-NEA sottolinea l'importanza della stabilizzazione dei ricavi a lungo termine attraverso meccanismi quali tariffe, PPA (Power Purchase Agreement) e Contratti per Differenza.

Il contratto per la differenza

Un CFD bidirezionale stabilisce un prezzo di riferimento o prezzo di esercizio.

In forma semplificata:

```
SE IL PREZZO DI MERCATO È < PREZZO DI ESECUZIONE

meccanismo di supporto
↓
paga la differenza
↓
generatore


SE IL PREZZO DI MERCATO È MAGGIORE DEL PREZZO DI INGAGGIO

generatore
↓
differenza di rendimento
↓
meccanismo di supporto / consumatori
```

L'obiettivo economico non è semplicemente quello di sovvenzionare l'energia nucleare.

Serve a ridurre l'incertezza delle entrate.

Una minore incertezza può ridurre il rendimento richiesto dagli investitori e, di conseguenza, il costo di finanziamento implicito in ogni MWh.

L'esempio nucleare europeo più noto è quello di Hinkley Point C nel Regno Unito. Il suo contratto per la difesa (CfD) prevedeva inizialmente un prezzo di esercizio di 92,50 sterline/MWh (valore del 2012) per 35 anni, con una riduzione di 3 sterline/MWh a seguito del soddisfacimento della condizione di Sizewell C.

Hinkley illustra sia i vantaggi che i limiti del modello CfD.

Garantisce una solida certezza dei ricavi operativi a lungo termine.

Tuttavia, il CfD di per sé non elimina il rischio di finanziamento durante la fase di costruzione, poiché i pagamenti avvengono principalmente dopo l'inizio della produzione di energia elettrica.

Perciò:

```
CfD

RISOLVE / RIDUCE:
rischio legato al prezzo dell'energia elettrica

NON RISOLVE AUTOMATICAMENTE:
rischio di costruzione
sforamento delle spese in conto capitale
rischio di completamento
```

Per l'Italia, un CfD bilaterale potrebbe essere particolarmente importante perché le norme del mercato elettrico dell'UE ora includono esplicitamente **l'energia nucleare** tra le tecnologie ammissibili al sostegno diretto dei prezzi tramite CfD bilaterali o meccanismi equivalenti.

Ai sensi del regolamento (UE) 2024/1747, i regimi di sostegno diretto dei prezzi per gli investimenti in nuove centrali nucleari conclusi a partire dal 17 luglio 2027 devono, ove applicabili le disposizioni pertinenti, assumere la forma di un contratto per differenza (CfD) bilaterale o di un accordo equivalente avente gli stessi effetti. Il regolamento richiede inoltre di preservare un'efficiente partecipazione al mercato e di limitare le distorsioni della concorrenza.

Ciò rende il CfD bilaterale uno strumento particolarmente rilevante per qualsiasi programma commerciale italiano che inizi nella seconda metà del decennio.

Ciò **non** significa, tuttavia, che l'approvazione della Commissione sia automatica.

L'analisi degli aiuti di Stato rimane separata.

Il modello della base patrimoniale regolamentata

Il modello RAB affronta il problema del finanziamento da un'altra prospettiva.

Anziché attendere l'inizio della produzione di energia elettrica, il progetto riceve un introito regolamentato consentito durante una parte o l'intera durata della costruzione.

Il Regno Unito ha introdotto il modello specificamente per il nuovo nucleare attraverso il Nuclear Energy (Financing) Act 2022.

Secondo questo modello, la società nucleare può ricevere entrate regolamentate durante:

- progetto;
- costruzione;
- messa in servizio;
- operazione.

I costi vengono riscossi tramite i fornitori di energia elettrica e infine trasferiti ai consumatori. La motivazione addotta dal governo britannico è che un incasso anticipato riduce il fabbisogno di finanziamento durante la fase di costruzione e, di conseguenza, diminuisce il costo totale del capitale.

Sizewell C sta attualmente implementando questa architettura. I consumatori hanno iniziato a contribuire attraverso il prelievo RAB per il nucleare nel gennaio 2026, prima che la centrale producesse elettricità. Il business case del progetto, pubblicato nel 2026, afferma esplicitamente che questo approccio riduce l'effetto cumulativo dei costi di finanziamento durante la costruzione.

Questo è il compromesso centrale del RAB.

```
VANTAGGIO RAB

ENTRATE REGOLAMENTATE INIZIALI
↓
MINORE RISCHIO PER GLI INVESTITORI
↓
MINORE COSTO DEL CAPITALE
↓
COSTI DI FINANZIAMENTO TOTALI INFERIORI


SVANTAGGIO DEL RABBINO

I CONSUMATORI COMINCIANO A PAGARE
↓
PRIMA CHE ESISTESSE L'ELETTRICITÀ
↓
I CONSUMATORI ESPOSTI A
PRESTAZIONI DI COSTRUZIONE
```

Non si tratta semplicemente di una distinzione tecnica in materia di finanziamenti.

Si tratta di una scelta politica.

In un contratto CfD convenzionale, i consumatori pagano principalmente solo dopo che il prodotto è stato effettivamente realizzato.

Con un modello RAB, i consumatori potrebbero iniziare a pagare anni prima.

Pertanto, un modello italiano di tipo RAB richiederebbe una trasparenza eccezionale riguardo a:

- budget di costruzione approvato;
- meccanismi di controllo dei costi;
- poteri di regolamentazione;
- condivisione degli overflow;
- rendimento consentito;
- traguardi;
- annullamento del progetto;
- recupero;
- risarcimento ai consumatori

Un sistema RAB mal progettato può ridurre i costi di finanziamento trasferendo un rischio eccessivo di costruzione ai consumatori.

Un sistema RAB ben progettato può ridurre il premio di rischio in misura tale da far diminuire il costo totale per il consumatore nell'arco della sua vita, nonostante i pagamenti anticipati.

Il risultato dipende dalla governance.

Contratti di acquisto di energia a lungo termine

Un PPA a lungo termine può fornire un'ulteriore forma di certezza delle entrate.

Per esempio:

```
PROGETTO NUCLEARE
|
▼
PPA di 20-30 anni
|
▼
CENTRO DATI
CONSORZIO INDUSTRIALE
UTILITÀ
PUBBLICO ACQUIRENTE
```

Questo può risultare interessante per i grandi consumatori che cercano:

- elettricità affidabile a basse emissioni di carbonio;
- prezzo prevedibile a lungo termine;
- credenziali di decarbonizzazione.

La crescente domanda di data center in Italia e le esigenze di decarbonizzazione industriale rendono questo modello particolarmente rilevante.

Ma un PPA non risolve automaticamente un problema di finanziamento FOAK.

Il valore finanziario del PPA dipende da:

- qualità creditizia dell'acquirente;

- durata del contratto;
- disposizioni di cessazione del rapporto di lavoro;
- struttura dei prezzi;
- trattamento del ritardo del progetto;
- volume minimo;
- rischio cliente sostitutivo.

Un'azienda tecnologica su scala hyperscale può avere un'eccellente qualità creditizia.

Ma una centrale nucleare con una durata prevista di sessant'anni non può presumere che un cliente di un data center rimarrà commercialmente invariato per sessant'anni.

La struttura appropriata può quindi combinare:

STABILIZZAZIONE DELLE ENTRATE DI BASE

+

PPA AZIENDALI SELEZIONATI

+

ESPOSIZIONE AL MERCATO

piuttosto che rendere un singolo cliente industriale responsabile dell'intero business case del progetto.

12.2.2 Strumenti dal lato del capitale: azioni quotate, prestiti e garanzie

La certezza delle entrate affronta solo un aspetto del progetto.

Il secondo aspetto riguarda l'effettiva fornitura di capitale.

Un progetto nucleare può attingere a:

- Capitale proprio dello sponsor;
- equità istituzionale;
- bilancio delle utenze;
- debito commerciale;
- prestiti statali;
- Debito garantito dallo Stato;
- agenzie di credito all'esportazione;

- Strumenti finanziari europei.

Finanziamento del bilancio aziendale

Un'azienda di servizi pubblici finanziariamente solida può finanziare parte di un reattore utilizzando il proprio bilancio.

Il vantaggio sta nella semplicità.

Lo svantaggio è la concentrazione.

Un progetto nucleare di dimensioni sufficientemente grandi può compromettere la solvibilità dell'azienda stessa qualora i costi di costruzione superino di gran lunga i limiti previsti.

Per l'Italia questo è importante perché la questione del finanziamento del FOAK non dovrebbe ridursi alla semplice valutazione se Enel, Edison o un'altra società siano teoricamente abbastanza grandi da poter investire.

La domanda è:

Quanto rischio legato alla costruzione di centrali nucleari può assorbire il bilancio di una singola azienda senza compromettere il suo più ampio programma di investimenti?

Questo più ampio programma di investimenti comprende:

- griglie;
- energie rinnovabili;
- magazzinaggio;
- operazioni internazionali;
- generazione convenzionale;
- infrastrutture del cliente.

Lo Stato dovrebbe pertanto evitare di creare una struttura in cui un'unica azienda di servizi pubblici nazionale diventi di fatto un assorbitore di rischi FOAK illimitati.

Equità statale

Il governo può investire direttamente nella società che gestisce il progetto.

Ciò fornisce capitali e segnala un impegno politico.

Può inoltre ridurre la percezione del rischio politico.

Ma l'equità statale trasforma il rischio del progetto in un investimento esplicito da parte del contribuente.

Se il progetto avrà successo:

STATO

↓

riceve valore per gli azionisti

Se non funziona:

STATO

↓

assorbe la perdita di capitale

La struttura di Sizewell C rappresenta un modello ibrido moderno. Secondo il business plan del progetto per il 2026, il governo britannico detiene il 44,9% del capitale azionario, insieme a investitori istituzionali e industriali.

In teoria, l'Italia potrebbe adottare un modello analogo di società di progetto pubblico-privata.

Ma la decisione di adottare l'equità statale dovrebbe seguire una valutazione MEF separata perché crea:

- esposizione fiscale diretta;
- obblighi di governance;
- potenziali questioni relative al consolidamento;
- pressioni politiche durante gli sforamenti di bilancio.

prestiti garantiti dallo Stato

I prestiti governativi possono ridurre drasticamente i costi di finanziamento perché i prestiti sovrani di solito prevedono tassi di interesse inferiori rispetto ai finanziamenti di progetto esposti al rischio di costruzione.

Il modello ceco di Dukovany è particolarmente importante per l'Italia perché opera all'interno dell'ordinamento giuridico dell'UE.

Per il pacchetto di sostegno per unità singola approvato dalla Commissione europea nel 2024, il progetto ceco ha combinato:

- un prestito statale agevolato che copre la maggior parte dei costi di costruzione;

- un meccanismo di sostegno alle entrate della durata di 40 anni, simile per effetto a un CfD bilaterale;
- protezione contro specifici cambiamenti politici o di politica;
- meccanismi di recupero dei compensi per prevenire retribuzioni eccessive;
- requisiti volti a preservare la partecipazione al mercato.

Si tratta di un modello estremamente istruttivo.

Ciò dimostra che l'architettura di finanziamento non deve necessariamente essere:

```
STATO
O
MERCATO PRIVATO
In alternativa, può essere:
DEBITO STATALE A BASSO COSTO
+
EQUITY PRIVATO / DI UTILITY
+
SOSTEGNO ALLE ENTRATE A LUNGO TERMINE
+
PARTECIPAZIONE AL MERCATO
+
CLAWBACK
```

Tuttavia, il successivo tentativo ceco di estendere il supporto a due nuove unità ha innescato una nuova indagine formale della Commissione nel dicembre 2025.

Il pacchetto proposto comprendeva un prestito statale a basso interesse, inizialmente stimato tra i 23 e i 30 miliardi di euro, un contratto di deposito per difesa (CfD) bilaterale della durata di 40 anni e una protezione contro cambiamenti politici sfavorevoli. La Commissione ha avviato un'indagine approfondita anziché concedere l'approvazione automatica.

Tale sviluppo è direttamente rilevante per l'Italia.

Ciò dimostra che:

L'approvazione di un modello di aiuti di Stato al nucleare non crea un precedente illimitato per altri modelli.

Le dimensioni contano.

Il design è importante.

L'impatto sul mercato è importante.

Garanzie statali

Anziché erogare prestiti diretti, il governo può garantire parte del debito relativo al progetto.

Ciò può ridurre il rischio per il creditore.

Ma l'esposizione economica non scompare.

Una garanzia crea una passività potenziale:

```
NESSUN FALLIMENTO DEL PROGETTO
↓
LO STATO NON PAGA NULLA


PROGETTO DEFAULT
↓
GARANZIA CHIAMATA
↓
LO STATO PAGA
```

Questo tipo di esposizione è politicamente attraente perché il costo fiscale può inizialmente apparire esiguo.

Può anche diventare pericoloso perché il bilancio complessivo potrebbe sottovalutare il rischio assunto dallo Stato.

Per questo motivo, le garanzie devono essere valutate come opzioni finanziarie e riportate esplicitamente nei conti pubblici e nel registro dei rischi di programma.

L'Italia non dovrebbe mai descrivere il debito commerciale garantito come:

“Finanziamento interamente privato.”

Si tratta di capitale privato con garanzia di credito pubblico.

strumenti europei

L'Europa può sostenere parte della struttura di finanziamento, ma gli strumenti attuali non devono essere confusi con un sostituto del finanziamento nazionale dei progetti.

Il meccanismo di prestito Euratom può finanziare investimenti nel settore dell'energia nucleare e del ciclo del combustibile negli Stati membri, ma il suo attuale limite massimo complessivo di prestito è di 4 miliardi di euro, di cui circa 3,67 miliardi di euro sono già stati stanziati. La Commissione non segnala alcuna operazione di prestito Euratom in corso.

Pertanto, l'attuale pacchetto di prestiti Euratom, senza riforme o ampliamenti, è di gran lunga insufficiente a finanziare una flotta italiana di dimensioni significative.

La strategia SMR della Commissione europea del marzo 2026 prevede anche un ulteriore **finanziamento di 200 milioni di euro da parte di InvestEU** per le prime tecnologie nucleari innovative a fini commerciali. Questo può contribuire a ridurre i rischi dei progetti e a mobilitare capitali privati, ma 200 milioni di euro a livello UE rappresentano chiaramente uno strumento catalizzatore piuttosto che un finanziamento CAPEX per i reattori.

Anche la Banca europea per gli investimenti sta acquisendo maggiore importanza. Nel luglio 2026, la BEI ha approvato un prestito di 800 milioni di euro per l'ammodernamento della centrale nucleare rumena di Cernavodă, dimostrando che il finanziamento del nucleare può rientrare nelle sue attuali attività in materia di autonomia energetica e transizione.

Per l'Italia, le istituzioni europee possono quindi contribuire a:

- debito;
- garanzie;
- Ricerca e sviluppo;
- investimenti nella catena di approvvigionamento;
- impianti del ciclo del combustibile;
- Riduzione precoce del rischio FOAK.

Al momento non si può presumere che finanzieranno la maggior parte della costruzione di reattori nucleari a livello nazionale.

Tabella 12.2-A — Principali modelli di finanziamento a disposizione dell'Italia

Modello	Ricavi del periodo di costruzione	certezza del prezzo	Esposizione pubblica	Punto di forza principale	Debolezza principale
Mercante puro	NO	Nessuno	Inizialmente basso	Massima disciplina di mercato	Molto difficile per FOAK nucleare
bilancio dei servizi di pubblica utilità	NO	Dipende dal mercato	Indiretto	Struttura proprietaria semplice	Concentra il rischio sull'utilità
PPA aziendale	Normalmente no	Elevato per la produzione e contrattata	Basso-medio	Un forte acquirente sostiene i ricavi	Non elimina il rischio di costruzione
CFD bidirezionale	Normalmente dopo la generazione	Alto	Sostegno ai consumatori/allo Stato	Riduce il rischio di prezzo	Il finanziamento delle costruzioni rimane difficile
RAB	SÌ	Regolamentato	Esposizione dei consumatori durante la costruzione	Può ridurre significativamente il costo del capitale	I consumatori pagano prima del completamento
Prestito statale + CFD	Debito erogato a basso costo + supporto operativo	Alto	Alto ma visibile	Elevata bancabilità	esposizione del bilancio statale
Capitale pubblico + capitale privato	Dipende dal regime fiscale	Dipende	Equità diretta dei contribuenti	Allinea gli interessi dello Stato e degli investitori	Esposizione politico-fiscale
Debito garantito dallo Stato	No, a meno che non sia abbinato	Dipende	Contingente	Riduce i costi di finanziamento	rischio fiscale nascosto/contingente

	al supporto				
Finanziamento del credito all'esportazione	Normalmente no	Dipende	Sostegno sovrano estero/CEA	Supporta le esportazioni dei fornitori	Può limitare la scelta del fornitore
Struttura ibrida	Progettazione specifica	Elevato se strutturato correttamente	Condiviso	Consente l'ottimizzazione del rischio	Governance complessa

L'Italia dovrebbe partire dal presupposto che la risposta realistica sarà probabilmente un **sistema ibrido** , non un singolo strumento.

12.3 Il costo del capitale può modificare l'economia tanto quanto il costo del reattore

Le centrali nucleari sono particolarmente sensibili ai costi di finanziamento perché ingenti somme di denaro vengono impegnate anni prima che inizino a generare ricavi commerciali.

Ciò suscita **interesse durante la fase di costruzione** .

Quanto più lungo è il periodo di costruzione e tanto maggiore è il rendimento del capitale richiesto, tanto maggiore sarà la differenza tra:

costo di ingegneria notturna

E

costo in fase di esercizio commerciale .

Consideriamo un esempio puramente illustrativo.

Assumere:

- Il costo del progetto è aumentato da un giorno all'altro di 3 miliardi di euro;
- programma di costruzione settennale;
- Spese in conto capitale distribuite equamente nell'arco dei sette anni;
- I costi di finanziamento vengono capitalizzati fino all'entrata in funzione dell'attività commerciale.

Questa **non è** una stima per un reattore specifico.

Si tratta semplicemente di una dimostrazione di sensibilità finanziaria.

Tabella 12.3-A — Effetto illustrativo del costo di finanziamento durante la costruzione

Tasso di finanziamento	Spese di costruzione notturne	Costo totale approssimativo durante l'esercizio	Aggiunta di finanziamento
4%	3,0 miliardi di euro	~3,52 miliardi di euro	Circa 0,52 miliardi di euro
7%	3,0 miliardi di euro	Circa 3,97 miliardi di euro	Circa 0,97 miliardi di euro
10%	3,0 miliardi di euro	~4,47 miliardi di euro	Circa 1,47 miliardi di euro
12%	3,0 miliardi di euro	~4,84 miliardi di euro	~1,84 miliardi di euro

Queste cifre escludono intenzionalmente molte delle reali complessità del progetto.

Semplicemente illustrano un concetto matematico:

```
STESSO REATTORE
STESSO CEMENTO
STESSA TURBINA
STESSO LAVORO

MA

DIVERSO COSTO DEL CAPITALE
↓
COSTO FINALE MOLTO DIVERSO
```

Ecco perché confrontare i fornitori di reattori basandosi esclusivamente sul costo orario per kW (€/kW) può essere fuorviante.

Un reattore con:

5.000 €/kW

a costose finanze

può in definitiva risultare più costoso di uno con:

6.000 €/kW

con finanziamenti notevolmente più economici

a seconda della programmazione e del rischio.

12.3.1 Perché il WACC diventa una variabile strategica

Il costo medio ponderato del capitale (WACC) rappresenta il rendimento richiesto complessivo su:

- debito;
- capitale proprio.

In forma semplificata:

WACC

=

costo del debito × quota di debito

+

costo del capitale proprio × quota di capitale proprio

adeguato ove opportuno in base alla tassazione e alla struttura.

Gli investitori richiedono un rendimento maggiore quando percepiscono un rischio più elevato.

Pertanto, il WACC può essere ridotto attraverso:

- tecnologia matura;
- Licenza completata;
- quadro politico stabile;
- gestione affidabile dei lavori di costruzione;
- entrate garantite o regolamentate;
- Sostegno creditizio statale;
- solide garanzie da parte del fornitore;
- programma di flotta replicabile.

Questo crea un forte legame tra capitoli che altrimenti potrebbero apparire separati.

```
CERTEZZA REGOLAMENTARE
↓
RISCHIO INFERIORE

PROGETTAZIONE STANDARDIZZATA
↓
RISCHIO INFERIORE

FOAK COMPROVATO ALL'ESTERO
↓
RISCHIO INFERIORE

CONTRATTO DI RICAVI A LUNGO TERMINE
↓
RISCHIO INFERIORE

DURATA POLITICA
↓
RISCHIO INFERIORE

RISCHIO INFERIORE
↓
WACC INFERIORE
↓
MINORI COSTI DEL NUCLEARE
```

Ciò significa che l'instabilità politica analizzata nel capitolo 11 ha un costo finanziario diretto.

Se gli investitori ritengono che un futuro governo italiano potrebbe:

- invertire il programma nucleare;
- modificare il meccanismo di supporto;
- bloccare il sito;
- riscrivere le regole del mercato;
- impedire l'operazione;

Chiederanno protezione o un rendimento maggiore.

Perciò:

La credibilità politica è una risorsa finanziaria.

La sequenza italiana ripetuta:

```
USCITA
→ RILANCIO
→ ESCI
→ RILANCIO
```

può tradursi direttamente in un **premio di rischio politico,** a meno che il programma non stabilisca tutele legali e contrattuali sufficientemente solide.

Il rischio di costruzione è il rischio di finanziamento più pericoloso.

Un CfD può essere utile per affrontare l'incertezza relativa al prezzo dell'energia elettrica.

Non è in grado di versare cemento.

Il problema centrale della costruzione di nuove centrali nucleari rimane la sua implementazione.

Un recente studio del gruppo OECD-NEA sul finanziamento degli impianti conclude che il rischio di costruzione e di completamento è tra i parametri più critici nei progetti di costruzione di nuove centrali nucleari.

Un ritardo di un anno crea diversi effetti simultanei:

```
RITARDO DI UN ANNO
│
      ├── costi aggiuntivi del sito
      ├── manodopera aggiuntiva
      ├── gestione aggiuntiva del progetto
      ├── inflazione
      ├── interesse aggiuntivo
      ├── ricavi differiti dall'energia elettrica
└── possibili rivendicazioni contrattuali
```

Ecco perché gli istituti di credito che finanziano progetti sono restii ad assumersi il rischio illimitato di costruzione di centrali nucleari.

Il primo progetto italiano dovrebbe pertanto contenere norme contrattuali esplicite che disciplinino:

- data di completamento prevista;
- ritardo massimo accettabile;
- contingenza;
- responsabilità del fornitore;
- forza maggiore;
- ritardo normativo;
- Ritardo causato dal proprietario;
- risarcimento danni predeterminato;
- requisiti di equità aggiuntivi;
- fattori scatenanti l'intervento del governo.

FOAK e il finanziamento delle flotte non dovrebbero essere trattati allo stesso modo

È necessaria un'importante distinzione tra:

PESCE ITALIANA

E

REPLICA DELLA FLOTTA NOAK ITALIANA

Anche se l'Italia scegliesse un reattore già operativo all'estero, la prima unità italiana conterrebbe comunque elementi FOAK nazionali:

- Patente italiana;
- Sito italiano;
- filiera produttiva italiana;
- Integrazione della rete elettrica italiana;
- forza lavoro italiana;
- Pianificazione italiana per le emergenze.

Ciò giustifica una riserva di finanziamento più elevata.

Se il primo impianto avrà successo e seguiranno impianti identici, il rischio dovrebbe diminuire.

La struttura di finanziamento dovrebbe pertanto essere concepita in modo da cogliere le opportunità di apprendimento.

Per esempio:

FOAK

- maggiore sostegno statale;
- maggiore contingenza;
- debito conservativo;
- garanzie più solide.

Unità 2–4

- ridurre il rischio per la collettività;
- maggiore debito privato;
- rendimento richiesto inferiore.

flotta matura

- finanziamenti infrastrutturali sempre più convenzionali.

Il governo dovrebbe opporsi alla strada opposta:

FOAK NON RIESCE A CONTROLLARE I COSTI

↓

AUMENTA IL SOSTEGNO STATALE

↓

SECONDO PROGETTO RICEVE

GARANZIA ANCORA PIÙ GRANDE

Ciò finirebbe per socializzare le scarse prestazioni anziché premiare l'apprendimento.

12.4 Gli aiuti di Stato dell'UE e la legislazione sul mercato dell'elettricità fanno parte del modello di finanziamento

L'Italia non può concepire il finanziamento del nucleare unicamente come una decisione di bilancio nazionale.

Il programma si inserisce in:

- Norme dell'UE sul mercato elettrico;
- Legge sugli aiuti di Stato;
- diritto della concorrenza;
- diritto degli appalti pubblici;
- Legge Euratom.

Il riconoscimento dell'energia nucleare da parte dell'UE non garantisce l'approvazione automatica di alcun meccanismo di finanziamento.

Questa distinzione è essenziale:

L'ENERGIA NUCLEARE È CONSENTITA NEL MIX ENERGETICO

≠

AMMISSIBILITÀ ALLA TASSONOMIA UE

≠

APPROVAZIONE DEGLI AIUTI DI STATO

≠

CONFORMITÀ AGLI APPALTI PUBBLICI

Ciascuna rappresenta una questione legale diversa.

I contratti per depositi a due vie ora hanno un quadro normativo specifico dell'UE.

La riforma del mercato elettrico del 2024 è di grande rilevanza per l'Italia.

Per i nuovi investimenti nel settore nucleare che rientrano nei regimi di sostegno diretto dei prezzi, il regolamento stabilisce che i contratti per differenza (CfD) bilaterali o regimi equivalenti costituiranno la forma standard a partire dal 17 luglio 2027.

Lo scopo è quello di combinare:

- prevedibilità dei ricavi per il produttore;
- rimborso delle entrate in eccesso quando i prezzi di mercato sono elevati;

- esposizione continua a segnali di mercato affidabili;
- protezione contro le distorsioni eccessive.

Tale struttura si allinea bene con le esigenze di finanziamento del nucleare.

Tuttavia, gli aiuti di Stato necessitano ancora di una valutazione separata ai sensi degli articoli 107 e 108 del TFUE.

Il precedente di Dukovany è utile, ma non è un assegno in bianco.

L'approvazione da parte della Commissione del meccanismo di sostegno ceco nel 2024 è particolarmente istruttiva perché mostra cosa la Commissione ha esaminato.

Il pacchetto ceco è stato modificato per includere:

- un meccanismo di ricavo bidirezionale;
- riduzione della durata del sostegno da 60 a 40 anni;
- calibrazione del supporto per colmare il divario di finanziamento del progetto;
- controlli sul rendimento per gli azionisti;
- recupero degli utili aggiuntivi;
- continua esposizione ai segnali del mercato all'ingrosso;
- requisiti di vendita sul mercato libero per gran parte della produzione dell'impianto.

Ciò dimostra la preoccupazione della Commissione riguardo a:

NECESSITÀ

+

PROPORZIONALITÀ

+

NESSUNA SOVRACOMPENSA

+

CONCORRENZA

+

PARTECIPAZIONE AL MERCATO

L'Italia dovrebbe integrare questi principi nella propria architettura finanziaria fin dall'inizio, anziché elaborare un pacchetto di sostegno e tentare di correggerlo in seguito durante la revisione di Bruxelles.

L'indagine della Commissione del dicembre 2025 sul pacchetto ampliato di due unità abitative di Dukovany fornisce un ulteriore monito.

Anche laddove un pacchetto di supporto per un singolo reattore sia stato precedentemente approvato, un pacchetto successivo di dimensioni maggiori può richiedere una nuova indagine perché:

- cambiamenti di scala;
- modifiche al finanziamento;
- Gli effetti competitivi cambiano.

L'Italia dovrebbe quindi avviare un dialogo sugli aiuti di Stato prima della FID

La sequenza inefficiente sarebbe:

```
MODELLO DI SUPPORTO DESIGN ITALIANO
↓
PROGETTO SELEZIONATO
↓
TERMINI FINANZIARI CONCORDATI
↓
AVVISO DI AIUTO DI STATO
↓
LA COMMISSIONE RICHIEDE UNA RIPROGETTAZIONE
La sequenza più forte è:
MODELLO DI FINANZIAMENTO PRELIMINARE
↓
DIALOGO PRECOCE CON LA COMMISSIONE
↓
TEST DI MERCATO/CONCORRENZA
↓
MODELLO RAFFINATO
↓
APPROVVIGIONAMENTO
↓
NOTIFICA FINALE
↓
FID
```

Il processo di aiuti di Stato dovrebbe quindi procedere in parallelo con:

- selezione della tecnologia;
- Progettazione per proprietario/gestore;
- progettazione del mercato dell'energia elettrica;

- pianificazione fiscale.

Il sostegno statale non dovrebbe eliminare la disciplina del mercato elettrico.

La produzione di energia nucleare dovrebbe continuare a rispondere ai segnali del mercato laddove tecnicamente appropriato.

Il modello ceco dimostra un possibile approccio: anche con un sostegno alle entrate a lungo termine, l'impianto rimane esposto ai prezzi di mercato effettivi nelle sue decisioni operative.

Questo aspetto assume un'importanza sempre maggiore in un sistema italiano caratterizzato da un'elevata penetrazione dell'energia solare.

Durante i periodi di prezzi dell'elettricità estremamente bassi, gli operatori del settore nucleare dovrebbero mantenere gli incentivi per:

- ottimizzare la manutenzione;
- ridurre la produzione laddove tecnicamente efficiente;
- reindirizzare l'energia verso il calore o l'idrogeno laddove possibile;
- evitare distorsioni di mercato dovute a inefficienze.

Il sistema di supporto non deve diventare:

```
IL GENERATORE PRODUCE
INDIPENDENTEMENTE DAL VALORE DEL SISTEMA
↓
IL CONSUMATORE PAGA SEMPRE
Dovrebbe invece puntare a:
CERTEZZA DEI RENDIMENTI DA INVESTIMENTO
+
DISCIPLINA OPERATIVA DI MERCATO
```

Il sostegno finanziario dell'UE può ridurre il rischio, ma non può sostituire le decisioni italiane.

La strategia europea per i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) del 2026 riconosce il finanziamento come un ostacolo fondamentale alla loro diffusione.

Il documento afferma esplicitamente che il modello di business degli SMR deve ancora dimostrare la fattibilità della costruzione modulare seriale nella pratica e richiede strumenti pubblici di riduzione del rischio per mobilitare gli investimenti privati.

Questo è importante per l'Italia.

Ma ciò non deve generare l'illusione che Bruxelles finanzierà la flotta.

Gli attuali strumenti europei sono principalmente catalitici.

Tabella 12.4-A — Strumenti europei rilevanti per un programma nucleare italiano

Strumento	potenziale ruolo	Limitazione
Quadro bilaterale UE per gli accordi di difesa (CfD).	Consente un sostegno strutturato dei prezzi a lungo termine	Il programma nazionale richiede ancora la conformità in termini di progettazione e aiuti di Stato.
Garanzia InvestEU SMR	Riduzione del rischio FOAK	La scala proposta è piccola rispetto al CAPEX del reattore.
Fondo per l'innovazione	Supporto tecnologico innovativo/pre-commerciale	Non si tratta di un finanziamento completo per la flotta commerciale.
prestiti Eurotom	Finanziamenti per progetti nucleari/del ciclo del combustibile	Il tetto massimo complessivo esistente di 4 miliardi di euro è stato in gran parte assegnato
BEI	Supporto al debito/progetto	è necessaria una valutazione specifica del progetto
IPCEI	Cooperazione innovativa nell'industria nucleare	Strumento principalmente industriale/di innovazione
Quadro normativo dell'UE in materia di aiuti di Stato	Consente il supporto pubblico compatibile	Richiede un test di necessità/proporzionalità/concorrenza

Pertanto, le aspettative italiane appropriate sono:

Gli strumenti europei possono ridurre parte dei costi di finanziamento del programma. Non decideranno, tuttavia, chi pagherà per la flotta italiana.

Questa rimane principalmente una decisione politica italiana.

12.5 Un'architettura di finanziamento italiana credibile dovrebbe separare il sostegno FOAK dai sussidi permanenti

L'Italia non dovrebbe iniziare scegliendo un'etichetta di finanziamento.

Bisogna iniziare definendo il problema da risolvere.

Per il primo reattore commerciale, l'architettura di finanziamento deve fornire sufficiente certezza per coprire:

1. rischio di sviluppo;
2. rischio di costruzione;
3. rischio a lungo termine legato ai prezzi dell'energia elettrica;
4. rischio politico e normativo;

prevenendo al contempo:

- responsabilità illimitata del contribuente;
- esposizione illimitata ai consumatori;
- reclami incontrollati da parte dei fornitori;
- rendimenti eccessivi per gli investitori.

Un ragionevole punto di partenza analitico per un FOAK italiano sarebbe quindi **un'architettura di finanziamento ibrida** .

Questa non è una raccomandazione affinché l'Italia adotti oggi una struttura precisa.

È la struttura che dovrebbe essere testata durante la fase di progettazione finanziaria dettagliata.

Potenziale architettura italiana FOAK



Un modello di questo tipo potrebbe separare gli obiettivi chiave.

Il coinvolgimento del pubblico potrebbe ridurre il premio di rischio laddove i mercati non siano in grado di sopportare il rischio in modo efficiente.

Il private equity potrebbe mantenere la disciplina commerciale.

La responsabilità del fornitore potrebbe garantire che il fallimento della costruzione non venga interamente trasferito allo Stato.

Il CfD bidirezionale potrebbe stabilizzare i ricavi operativi.

I contratti di acquisto di energia (PPA) industriali potrebbero fornire ulteriore domanda contrattualizzata a lungo termine.

Le proporzioni esatte devono essere determinate solo dopo:

- selezione del reattore;

- selezione del sito;
- stima dei costi;
- Struttura proprietaria/gestore;
- Consultazione in materia di aiuti di Stato.

Lo Stato non dovrebbe mai offrire una garanzia di completamento illimitata

Questo dovrebbe essere un principio inderogabile.

Una promessa statale illimitata di garantire il completamento del progetto a qualsiasi costo distruggerebbe la disciplina di bilancio.

La società di progetto e il fornitore devono mantenere un'esposizione economica significativa nei confronti di:

- ritardo;
- qualità costruttiva;
- sforamento dei costi;
- prestazioni scadenti.

Altrimenti la struttura degli incentivi diventa:

RESO PRIVATO

+

SVANTAGGI PER IL PUBBLICO

Questo non è un modello di finanziamento sostenibile.

Il sostegno pubblico dovrebbe essere subordinato al raggiungimento di determinati obiettivi.

I fondi statali dovrebbero essere sbloccati al raggiungimento di traguardi verificati.

Per esempio:

Porta di finanziamento	Documentazione richiesta
capitale di sviluppo	Progettazione di riferimento stabile
Capitale di sviluppo aggiuntivo	Revisione normativa sufficientemente avanzata
capitale per lo sviluppo del sito	Il sito supera il controllo di sicurezza preliminare
Supporto FID	Percorso assicurabile per carburante + sito + licenza
Prima tranche principale di costruzione	Autorizzazione alla costruzione nucleare
Tranche successive	Traguardi di costo/tempistica
Supporto operativo	Messa in servizio riuscita
Supporto alla flotta	prove di prestazione di FOAK

Questo crea:

```
PRESTAZIONE
↓
CAPITALE
piuttosto che:
IMPEGNO POLITICO
↓
CAPITALE ILLIMITATO
```

La tutela dei consumatori deve essere esplicita

Se i consumatori finanziano il progetto tramite:

- CfD;
- RABB;
- tassa nucleare;

Il meccanismo di supporto dovrebbe contenere:

- trasparenza;
- restituisci i tappi;
- condivisione dei profitti;
- recupero;
- incentivi basati sulle prestazioni;
- revisione contabile indipendente.

I consumatori dovrebbero partecipare ai rialzi se sono tenuti a sopportare i ribassi.

Per esempio:

```
SE IL PROGETTO SUPERA LE PRESTAZIONI
↓
PARTE DEL RISPARMIO
↓
RESTITUITO AI CONSUMATORI
```

Questo principio è già presente nei meccanismi europei di sostegno al nucleare, tra cui gli accordi di Hinkley e Dukovany.

Le esposizioni dei contribuenti, dei consumatori e degli investitori devono essere segnalate separatamente.

Una delle riforme contabili più importanti sarebbe la creazione di una **Dichiarazione di rischio fiscale nucleare** .

Dovrebbe essere incluso annualmente nei rapporti sui programmi pubblici.

Dovrebbe identificare:

Spesa diretta

- equità statale;
- sovvenzioni;
- spesa regolamentata;
- infrastruttura del sito.

Passività potenziali

- garanzie sovrane;
- garanzie di completamento;
- garanzie contro il rischio politico;

- garanzie assicurative.

Impegni verso i consumatori

- Pagamenti dei CFD;
- Pagamenti RAB;
- imposte.

Passività future

- sciupare;
- smantellamento;
- combustibile esaurito;
- obblighi di deposito.

Ciò impedisce che un programma appaia poco costoso semplicemente perché gli oneri vengono trasferiti al di fuori della spesa pubblica immediata.

Tabella 12.5-A — Esempio di registro pubblico dell'esposizione nucleare

Esposizione	bilancio pubblico	Consumatori	Società di progetto	passività future
Studi sullo sviluppo	✓		possibile	
Equità statale	✓			
garanzia di debito per la costruzione	contingente		✓	
CfD	possibile	✓		a lungo termine
RAB		✓		a lungo termine
Fondo per i rifiuti		tariffa/impianto	✓	✓
Fondo per lo smantellamento		tariffa/impianto	✓	✓

Grave incidente, barriera di protezione pubblica	contingente		operatore/assicurazione	✓
Risarcimento per la chiusura politica	contingente	possibile		✓

Le assegnazioni precise dipenderanno dal modello finale.

La tabella illustra il requisito di trasparenza.

Il finanziamento FOAK e il finanziamento della flotta dovrebbero essere volutamente diversi.

Lo Stato può giustificare un maggiore sostegno al primo reattore perché il FOAK crea beni pubblici:

- apprendimento del regolatore;
- qualificazione della catena di fornitura;
- sviluppo della forza lavoro;
- esperienza operativa di riferimento.

Ma tale sostegno dovrebbe diminuire se la tecnologia si dimostrerà efficace.

Una possibile architettura è:

```
F OAK
│
├ ── elevato de-risking pubblico
├ ── leva finanziaria privata limitata
└── elevata contingenza

UNITÀ 2
│
├ ── garanzia pubblica inferiore
├ ── più debito privato
└── contingenza inferiore

UNITÀ 3-6
│
├ ── finanziamento della flotta
├ ── capitale istituzionale
└── rischio commerciale crescente

FLOTTA MATURA
│
└── sostegno pubblico principalmente in materia di
entrate/politiche di sistema,
non costruire salvataggi
```

Se invece il sostegno pubblico aumenta da uno stabilimento all'altro, ciò indicherebbe che non si stanno verificando né apprendimento né standardizzazione.

Ciò dovrebbe innescare una revisione del programma.

Non dovrebbe essere presa alcuna decisione finale di investimento (FID) prima che il modello di finanziamento superi un test di stress completo.

La decisione finale sugli investimenti nel settore nucleare dovrebbe essere considerata come una porta d'accesso alla finanza sovrana.

Prima della decisione finale di investimento (FID), il governo dovrebbe pubblicare o certificare internamente gli stress test per almeno:

- ritardo nella costruzione;
- sforamento del capitale;
- aumento dei tassi di interesse;
- calo del prezzo dell'elettricità;
- fattore di capacità inferiore;
- aumento del prezzo del carburante;
- interruzione prolungata;
- cambiamento politico;
- impianto di smaltimento dei rifiuti ritardati;
- insolvenza del fornitore.

Tabella 12.5-B — Casi minimi di stress finanziario prima della FOAK FID italiana

Caso stressante	Test minimo
CAPEX +20%	Chi fornisce il capitale aggiuntivo?
CAPEX +50%	Il progetto rimane fattibile?
Costruzione +2 anni	Requisiti di finanziamento e costi per il consumatore
Costruzione +5 anni	Soglia di arresto/ristrutturazione
WACC +200 punti base	Impatto sul fabbisogno di entrate
Prezzi di mercato notevolmente più bassi	Esposizione a CfD/PPA
Fattore di capacità inferiore al previsto	Resilienza del servizio del debito

Il costo del carburante raddoppia.	Economia operativa
Insolvenza del fornitore	Strategia di completamento
Il governo cambia politica	Esposizione contrattuale
Il costo dei rifiuti aumenta notevolmente	Adeguatezza dei fondi
Progetto cancellato dopo ingenti spese	Allocazione delle perdite

Il progetto dovrebbe essere scartato nella fase di decisione finale (FID) se a queste domande non sono fornite risposte esplicite.

L'Italia dovrebbe istituire dei meccanismi di blocco finanziario prima che vengano impegnati i fondi.

Ciò è particolarmente importante perché i costi irrecuperabili possono distorcere le decisioni politiche.

Una volta spesi miliardi, i governi possono diventare riluttanti a interrompere un programma fallimentare perché l'interruzione renderebbe visibile la perdita.

Pertanto, le regole di terminazione devono essere stabilite **prima della costruzione** .

I potenziali fattori scatenanti includono:

```
PROGETTO DI RIFERIMENTO INSTABILE
↓
NESSUNA DIFESA


CATENA DEL CARBURANTE NON CONTRATTABILE
↓
NESSUNA DIFESA


ASSENZA DELL'APPROVAZIONE DEGLI AIUTI DI STATO
↓
NESSUNA DIFESA


LE SPESE IN CONTO CAPITALE SUPERANO IL FONDO APPROVATO
PRIMA DELLA COSTRUZIONE DI UNA CANTIERA NUCLEARE
↓
RIPROCURA / STOP


STRAORDINARIO DI LAVORO
```

```
SUPERA LA SOGLIA PREDEFINITA
↓
REVISIONE INDIPENDENTE


GARANZIA STATALE AGGIUNTIVA
SUPERREBBE IL LIMITE FISCALE
↓
RIAUTORIZZAZIONE PARLAMENTARE
```

L'obiettivo non è quello di semplificare la cancellazione.

Serve a impedire che l'escalation diventi automatica.

La bancabilità dovrebbe essere valutata in base a un test integrato

Un progetto diventa effettivamente finanziabile solo quando convergono tutte le seguenti condizioni:

```
TECNOLOGIA
+
LICENZA
+
SITO
+
CARBURANTE
+
CONTRATTO DI COSTRUZIONE
+
PROPRIETARIO / GESTORE
+
MODELLO DI RICAVI
+
DEBITO
+
EQUITÀ
+
APPROVAZIONE DEGLI AIUTI DI STATO
+
FINANZIAMENTO DEI RIFIUTI
+
DURATA POLITICA
↓
FID
```

Se manca uno di questi componenti, il progetto non è finanziariamente completo.

Confronto tra i principali strumenti: cosa risolve effettivamente ciascuno di essi

Strumento	rischio di sviluppo	Rischio di costruzione	rischio di prezzo	Rischio politico	Costo del capitale
Mercante	Investitore	Investitore	Investitore	Investitore	Alto
PPA	Investitore	Investitore	**Ridotto**	Investitore	Moderato-alto
CfD	Investitore	Investitore	**Fortemente ridotto**	Parzialmente ridotto	Moderare
RAB	Condiviso	**Condiviso con i consumatori**	Ridotto	Condiviso	Potenzialmente inferiore
Prestito aggiuntivo	Condiviso	Stato/progetto	Dipende dal modello di ricavo	Parzialmente statale	**Minori costi del debito**
Garanzia sovrana	Garanzia degli investitori e dello Stato	Condiviso	Dipende	Stato	Inferiore
Equità statale	Stato/progetto	Stato/progetto	Dipende	Stato	Basso/misto
Ibrido	Condiviso deliberatamente	Condiviso deliberatamente	Ridotto	Condiviso	Potenzialmente ottimizzato

Non esiste un modello universalmente superiore.

La scelta corretta dipende da ciò che l'Italia è disposta a rivelare:

CONTRIBUENTI

vs

CONSUMATORI

vs

INVESTITORI PRIVATI

a cui sono soggetti i rischi.

La decisione di finanziamento è quindi una decisione politico-economica, non una nota a piè di pagina bancaria.

Questa è la conclusione principale del capitolo 12.

In teoria, l'Italia potrebbe finanziare l'energia nucleare.

Le evidenze europee e internazionali dimostrano l'esistenza di diverse strutture praticabili.

La questione irrisolta non è se gli strumenti finanziari esistano o meno.

È:

Quale equilibrio tra rischio pubblico e privato l'Italia considera accettabile.

Un sistema di finanziamento eccessivamente dipendente dal capitale privato richiederà un elevato rendimento, poiché gli investitori dovranno prezzare rischi che non possono controllare.

Ciò può rendere il nucleare inutilmente costoso.

Un sistema di finanziamento eccessivamente dipendente dallo Stato può celare i rischi, indebolire la disciplina progettuale ed esporre i contribuenti a sforamenti di budget illimitati.

Un sistema di finanziamento eccessivamente dipendente dai consumatori di energia elettrica può ridurre il WACC (costo medio ponderato del capitale) costringendo al contempo famiglie e industrie a pagare per la costruzione prima ancora che l'energia elettrica sia disponibile.

La soluzione italiana deve quindi ottimizzare, piuttosto che eliminare, il rischio.

Il principio finanziario fondamentale dovrebbe essere:

Assegnare ciascun rischio alla parte più in grado di controllarlo, assorbirlo o diversificarlo.

Le prestazioni costruttive dovrebbero rimanere sostanzialmente invariate:

- proprietario;
- fornitore;
- appaltatori.

Il rischio del mercato elettrico può essere ridotto attraverso:

- CfD bidirezionale;
- PPA (Public Purchase Agreement).

Il rischio politico non assicurabile potrebbe richiedere:

- Protezione statale.

Il rischio di lunga durata legato al carburante rientra principalmente nelle seguenti categorie:

- approvvigionamento dell'operatore;
- Supervisione strategica dello Stato.

Lo smaltimento dei rifiuti e lo smantellamento dovrebbero essere finanziati progressivamente attraverso:

- Fondi dedicati al ciclo di vita;

anziché essere trasferito ai futuri contribuenti.

Il progetto FOAK potrebbe richiedere una sostanziale riduzione del rischio pubblico, poiché l'Italia sta ricostruendo la propria capacità nucleare nazionale.

Ma il sostegno pubblico non dovrebbe diventare un sostituto permanente delle prestazioni industriali.

L'architettura finanziaria dovrebbe pertanto prevedere un percorso ben definito:

```
DE-RISCHIO PUBBLICO
↓
FOAK DI SUCCESSO
↓
DESIGN REPLICATO
↓
MENO INCERTEZZA
↓
WACC INFERIORE
↓
PIÙ CAPITALE PRIVATO
↓
MINORE ESPOSIZIONE AL PUBBLICO
```

Questa è la promessa economica dell'impiego di una flotta.

Se si verifica il contrario:

```
FOAK
↓
SFORZO DEI COSTI
```

↓
MAGGIORE SOSTEGNO STATALE
↓
UNITÀ 2 SOVRACCARICO
↓
MAGGIORE SOSTEGNO STATALE

Pertanto, il programma non è riuscito a conseguire l'apprendimento industriale da cui dipende l'economia del nucleare modulare.

Il governo dovrebbe quindi valutare il primo reattore non solo in base al raggiungimento o meno della criticità.

La valutazione dovrebbe basarsi sulla possibilità di creare un **secondo reattore finanziabile** .

Si tratta di una prova molto più impegnativa.

L'obiettivo finanziario ultimo del programma nucleare italiano non dovrebbe essere quello di dimostrare che lo Stato è in grado di mobilitare fondi sufficienti per costruire un unico reattore nucleare altamente protetto.

Dovrebbe servire a dimostrare che l'Italia può passare da:

FOAK DE-RISKED DELLO STATO

A:

REPLETTIBILE,

INVESTIBILE,

FLOTTA NUCLEARE INDUSTRIALE

senza trasferire rischi illimitati ai contribuenti o ai consumatori.

A settembre 2026, l'Italia non aveva ancora raggiunto tale obiettivo.

L'attuale quadro legislativo finanzia la ricostruzione del programma, non gli impianti commerciali in sé. Il documento tecnico parlamentare riconosce esplicitamente che il costo delle future misure di sostegno non può ancora essere determinato e richiederà futuri stanziamenti finanziari.

Ciò non dovrebbe essere considerato una carenza in questa fase.

È la prossima decisione.

Ma ora rappresenta una delle decisioni irrisolte più importanti dell'intero programma nucleare italiano.

Prima di procedere all'acquisizione definitiva di una tecnologia per reattori, l'Italia dovrebbe pertanto stabilire:

1. il potenziale proprietario e gestore;
2. la massima esposizione al capitale azionario statale;
3. se verrà utilizzato debito pubblico o debito garantito;
4. se le entrate saranno stabilizzate tramite un CfD bilaterale;
5. se un meccanismo di fase di costruzione simile al RAB sia politicamente accettabile;
6. il ruolo dei PPA industriali e dei data center;
7. la massima responsabilità potenziale del contribuente;
8. la massima esposizione del consumatore;
9. la strategia degli aiuti di Stato;
10. il trattamento degli sforamenti di budget nel settore edile;
11. la struttura di condivisione degli utili e di recupero dei profitti;
12. il meccanismo di finanziamento per i rifiuti e lo smantellamento;
13. le circostanze in cui lo Stato deve interrompere il finanziamento del progetto.

La decisione sul finanziamento del nucleare può finalmente essere ridotta a una sola questione di governo:

Quale combinazione di capitale pubblico, capitale privato e sostegno dei consumatori minimizza il costo totale del programma nel suo complesso, preservando al contempo la disciplina nella costruzione e impedendo a qualsiasi gruppo – contribuenti, consumatori o investitori – di assumersi rischi che non può ragionevolmente controllare?

Finché a questa domanda non si troverà una risposta quantificata, l'Italia potrebbe possedere una strategia nucleare.

Non possiede ancora un programma nucleare finanziabile.

Ho volutamente limitato il Capitolo 12 a **cinque sezioni di livello H2, con solo tre sezioni di livello H3** , rendendo al contempo il contenuto sostanzialmente più approfondito rispetto a un capitolo finanziario convenzionale. Questo formato dovrebbe essere facilmente copiabile sia in WordPress che in Word, preservando la gerarchia.

Capitolo 13 — La costruzione dello Stato nucleare

La parte più difficile del riavvio dell'energia nucleare in Italia potrebbe non essere, in definitiva, la scelta del reattore.

Potrebbe trattarsi della ricostruzione dello **Stato capace di governare uno** .

L'Italia non parte da zero. Possiede già un'autorità di regolamentazione nucleare, enti per la gestione dei rifiuti radioattivi, organizzazioni di ricerca, competenze universitarie, fornitori industriali, legislazione in materia di radioprotezione, procedure di emergenza e decenni di esperienza nella gestione degli obblighi residui del suo precedente programma nucleare.

Ma esiste una differenza fondamentale tra uno Stato capace di supervisione:

- smantellamento;
- rifiuti radioattivi;
- reattori di ricerca;
- fonti radioattive;
- carburante esaurito proveniente da un programma storico;

e uno Stato capace di:

- selezione di nuove tecnologie per i reattori;
- rilascio della licenza per una nuova centrale nucleare;
- supervisione della costruzione di centrali nucleari;
- regolamentare l'approvvigionamento di carburante;
- approvazione della messa in servizio;
- controllo delle operazioni commerciali;
- supervisione di una flotta di reattori multipli;
- mantenimento delle misure di sicurezza;
- gestione della radioprotezione;
- pianificazione dello smaltimento a lungo termine dei rifiuti e del combustibile esaurito;
- sostenere l'intero sistema istituzionale per un secolo.

L'Italia possiede attualmente gran parte dell'architettura originale.

Non possiede ancora la seconda architettura completa.

Tale distinzione è fondamentale per l'intero programma nucleare.

L'Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica (AIEA) definisce l'infrastruttura nucleare nazionale non semplicemente come il reattore e le relative strutture industriali, ma come l' **insieme delle infrastrutture governative, legali, regolamentari, gestionali, tecnologiche, umane e industriali necessarie a supportare il programma durante tutto il suo ciclo di vita** . L'approccio a tappe dell'AIEA considera pertanto la creazione di istituzioni nazionali come un prerequisito per il successo di un programma nucleare, piuttosto che una conseguenza amministrativa dell'acquisizione del reattore.

Ciò è particolarmente importante per l'Italia, poiché sono trascorsi quasi quarant'anni dall'ultima volta che lo Stato ha autorizzato e gestito un programma nucleare commerciale nazionale.

Il paese ha conservato capacità significative.

Ma la continuità istituzionale si interruppe.

Un ente regolatore che sovrintende allo smantellamento sviluppa competenze importanti in:

- materiali nucleari;
- sciupare;
- protezione radiologica;
- ispezioni;
- protezione fisica;
- monitoraggio ambientale.

Non accumula automaticamente esperienza continua in:

- revisione di un nuovo dossier di sicurezza per un reattore commerciale;
- certificazione del progetto;
- ispezione di nuove costruzioni;
- messa in servizio;
- licenze di esercizio per reattori;
- Qualifica in ambito I&C digitale;
- concessione di licenze senza precedenti;

- supervisione operativa multi-unità.

Analogamente, un'azienda di ingegneria che continua a fornire componenti per progetti nucleari esteri preserva una preziosa capacità industriale.

Ciò non ricrea automaticamente un **proprietario-gestore di centrali nucleari nazionali** .

Il compito istituzionale centrale per l'Italia non è quindi semplicemente quello di "creare un'autorità nucleare" o di "dare più poteri all'ISIS".

Si tratta di creare un sistema coerente in cui diverse istituzioni svolgano funzioni chiaramente separate.

Come minimo, un programma nazionale richiede cinque centri di responsabilità distinti:

```
GOVERNO POLITICO
│
▼
definisce la politica nazionale


ORGANIZZAZIONE DEL PROGRAMMA NUCLEARE
│
▼
implementa il programma


PROPRIETARIO / CONCESSIONARIO / GESTORE
│
▼
possiede e gestisce l'impianto


AUTORITÀ DI REGOLAMENTAZIONE INDIPENDENTE
        │
▼
rilascia licenze e supervisiona la sicurezza


SISTEMA DI SALVAGUARDIA EURATOM/AIEA
│
▼
verifica l’uso pacifico di materiale nucleare
```

Queste funzioni possono collaborare strettamente.

Non devono essere confusi.

L'istituzione che promuove l'energia nucleare non dovrebbe decidere se il proprio reattore è sicuro.

L'ente regolatore non dovrebbe assumere il ruolo di sviluppatore del progetto.

Il governo non dovrebbe assumersi le responsabilità tecniche dell'operatore.

Il fornitore del reattore non dovrebbe essere l'autorità finale in merito alla conformità del proprio progetto ai requisiti di sicurezza italiani.

E la responsabilità per la sicurezza non può scomparire in una rete di appaltatori.

La normativa UE in materia di sicurezza nucleare è esplicita su quest'ultimo punto: la **responsabilità primaria per la sicurezza nucleare spetta al titolare della licenza e non può essere delegata** , nemmeno quando appaltatori e subappaltatori svolgono attività pertinenti alla sicurezza nucleare.

L'architettura istituzionale deve quindi essere progettata prima che l'Italia raggiunga il punto in cui una singola impresa sia pronta a richiedere un permesso di costruzione.

In data **27 settembre 2026** , il Parlamento ha completato l'approvazione del disegno di legge sulla delega per il nucleare sostenibile, ma il Senato lo considera ancora definitivamente approvato e **non ancora pubblicato** . La struttura istituzionale di attuazione dettagliata deve pertanto essere definita attraverso la legislazione delegata e i successivi provvedimenti normativi.

Ciò crea un'opportunità rara.

L'Italia può decidere il modello istituzionale **prima che** la pressione dei progetti commerciali lo determini.

Lo Stato dovrebbe sfruttare questa opportunità.

13.1 L'Italia deve passare da un'amministrazione nucleare tradizionale a uno Stato nucleare che gestisce l'intero ciclo di vita degli impianti nucleari.

L'Italia possiede già molte delle istituzioni necessarie per costruire un futuro sistema nucleare.

Ma questi impianti furono sviluppati o mantenuti principalmente per un paese privo di reattori nucleari commerciali operativi.

Il programma futuro deve quindi distinguere tra:

capacità istituzionale esistente

E

Capacità richiesta per il nuovo dispiegamento nucleare .

Il più importante organo di regolamentazione esistente è l' **Ispettorato nazionale per la sicurezza nucleare e la radioprotezione – ISIN** .

L'ISIN è attualmente l'autorità di regolamentazione indipendente competente in Italia per la sicurezza nucleare e la radioprotezione. Le sue responsabilità includono la valutazione tecnica, le ispezioni e la supervisione in materia di:

- impianti nucleari in fase di smantellamento;
- reattori di ricerca;
- rifiuti radioattivi;
- combustibile esaurito;
- materiali nucleari;
- protezione fisica passiva;
- trasporto di materiale radioattivo;
- sorgenti di radiazioni ionizzanti;
- radioattività ambientale.

Rappresenta inoltre l'Italia nelle principali organizzazioni internazionali di regolamentazione nucleare e svolge funzioni nazionali di notifica delle emergenze.

Si tratta di una solida base istituzionale.

Ciò significa che l'Italia non si trova ad affrontare il problema incontrato da un Paese che entra nel settore dell'energia nucleare senza un ente regolatore, senza un quadro normativo per la radioprotezione e senza esperienza nel campo dei materiali nucleari.

Ma la portata e la natura del compito futuro cambierebbero profondamente se l'Italia passasse da:

```
4 SITI DI SMALTIMENTO DI REATTORI CENTRALI
+
IMPIANTI DI RICERCA / CICLO DEL CARBURANTE
+
SCIUPARE
A:
REVISIONE DEL NUOVO PROGETTO DEL REATTORE
+
NUOVI SITI
+
COSTRUZIONE NUCLEARE
+
COMMISSIONE
+
FLOTTA OPERATIVA
+
NUOVO CICLO DEL CARBURANTE
+
NUOVO CARBURANTE ESAURITO
```

Il futuro Stato nucleare italiano dovrà quindi gestire **tre programmi contemporaneamente** .

Programma A — il programma legacy

Questo esiste già.

Comprende:

- smantellamento di Caorso;
- smantellamento di Trino;
- smantellare la Latina;
- smantellamento di Garigliano;
- gestione del combustibile esaurito preesistente;
- gestione dei rifiuti radioattivi esistenti;
- completamento del programma del National Repository;
- gestione di altri impianti nucleari storici.

Programma B — il nuovo programma nucleare

Ciò includerebbe:

- valutazione tecnologica;
- ubicazione;
- licenze;
- costruzione;
- operazione;
- nuovo approvvigionamento di carburante;
- gestione del combustibile esaurito;
- nuovi rifiuti;
- eventuale smantellamento dei nuovi reattori.

Programma C — infrastrutture nucleari nazionali

Non si tratta né di una pianta vecchia né di una pianta nuova.

Comprende:

- capacità di regolazione;
- salvaguardie;

- disposizioni di emergenza;
- risorse umane;
- università;
- formazione;
- laboratori;
- infrastrutture per la qualità nucleare;
- gestione dei programmi governativi;
- cooperazione internazionale.

Questi tre programmi interagiscono tra loro, ma non dovrebbero essere accorpati in un'unica istituzione.

Per esempio:

```
SOGIN
↓
DISMISSIONE EREDITATA
+
RESPONSABILITÀ IN MATERIA DI RIFIUTI


FUTURO OPERATORE
↓
NUOVI REATTORI
+
NUOVI RIFIUTI OPERATIVI


ISIN
↓
REGOLA ENTRAMBI
```

L'esperienza di SOGIN può supportare il programma nazionale.

Ciò non dovrebbe trasformare l'ente regolatore nel proprietario del progetto.

Analogamente, l'ENEA può fornire capacità di ricerca e competenze tecniche.

Non dovrebbe sostituirsi a un organismo di regolamentazione indipendente o a un operatore commerciale, a meno che la legislazione non gli assegni esplicitamente una funzione specifica e i conflitti di interesse non vengano gestiti in modo appropriato.

Terna è in grado di valutare l'integrazione nella rete elettrica.

Non dovrebbe selezionare la tecnologia del reattore.

MASE può definire la politica energetica nazionale.

Non dovrebbe determinare se un dossier di sicurezza sia tecnicamente accettabile.

Il requisito fondamentale in materia di governance è pertanto il seguente:

Un'istituzione può contribuire a diverse parti del programma, ma ogni responsabilità sovrana deve avere un unico responsabile chiaramente identificabile.

Tabella 13.1-A — Funzioni istituzionali principali del futuro programma italiano

Funzione	Tipo principale di istituzione
Politica nucleare nazionale	Governo/Parlamento
Coordinamento del programma	Organizzazione governativa di programma
Normativa di sicurezza	Autorità nucleare indipendente
Regolamento sulla radioprotezione	Autorità competenti / ISIN nell'ambito delle funzioni statutarie
Titolare del progetto	Società di progetti commerciali/pubblici
licenza nucleare	Titolare della licenza
Funzionamento dell'impianto	Organizzazione operativa nucleare
fornitura tecnologica	Fornitore di reattori
EPC/costruzione	Struttura del contraente
Integrazione della rete	Terna
Dismissione di impianti preesistenti	SOGIN
Dismissione di nuovi reattori	Struttura di finanziamento futura per operatori/licenziatari
governance delle politiche sui rifiuti	Stato + responsabile dell'attuazione
Misure di salvaguardia	Operatore + Euratom/AIEA + autorità nazionali competenti

Pianificazione delle emergenze	Operatore + Prefetto/Protezione Civile + Supporto tecnico ISIN
Ricerca nucleare	ENEA/università/industria
Sviluppo della forza lavoro	Stato + università + operatore + regolatore + industria

La condizione istituzionale più pericolosa sarebbe l'ambiguità.

Per esempio:

```
MASE ritiene che Nuclitalia sia responsabile
↓
Nuclitalia ritiene che il futuro operatore sia responsabile
↓
Il futuro operatore non è ancora stato definito.
↓
il fornitore colma il vuoto
```

Ciò consentirebbe gradualmente a un fornitore di tecnologia straniero di diventare la fonte di fatto di:

- architettura del programma;
- requisiti ingegneristici;
- conoscenza delle licenze;
- formazione;
- standard tecnici.

Ciò creerebbe una grave asimmetria tra lo Stato italiano e il venditore.

L'Italia dovrebbe pertanto rafforzare le proprie capacità statali **prima che la dipendenza commerciale diventi irreversibile** .

La procedura istituzionale deve precedere l'appalto.

L'ordine corretto è:

```
POLITICA NAZIONALE
↓
GOVERNO DEL PROGRAMMA
↓
CAPACITÀ DI REGOLAZIONE
↓
MODELLO PROPRIETARIO/GESTORE
↓
PIANO DELLA FORZA LAVORO
↓
APPROVVIGIONAMENTO TECNOLOGICO
↓
LICENZE
↓
COSTRUZIONE
```

L'alternativa pericolosa è:

```
SELEZIONA REATTORE ESTERO
↓
FIRMA ACCORDI INDUSTRIALI
↓
SCOPRI CHI LO REGOLAMENTA
↓
SCOPRI CHI LO GESTISCE
↓
COSTRUIRE ISTITUZIONI SOTTO PRESSIONE TEMPORALE
```

Tale sequenza massimizzerebbe il potere contrattuale dei fornitori e indebolirebbe la qualità delle decisioni statali.

13.2 L'Italia ha bisogno di un'organizzazione permanente per il programma nucleare, ma non deve diventare un secondo ente regolatore.

Un programma nucleare coinvolge troppi ministeri e istituzioni per poter essere coordinato efficacemente attraverso occasionali riunioni interministeriali.

L'AIEA utilizza comunemente il concetto di **Organizzazione attuatrice del programma di energia nucleare (NEPIO)** .

Il NEPIO non rappresenta necessariamente un modello giuridico specifico.

La sua funzione è quella di fornire un coordinamento nazionale centrale durante lo sviluppo del programma nucleare e di garantire che le molteplici condizioni infrastrutturali necessarie per l'energia nucleare siano affrontate in modo coerente. L'AIEA la definisce come l'organizzazione creata dal governo per studiare e inizialmente promuovere lo sviluppo del programma nucleare e per coordinare le condizioni necessarie per una sua attuazione di successo.

L'Italia ha bisogno di questa funzione, anche se sceglie un nome diverso.

Non dovrebbe limitarsi a riprodurre PNNS.

La Piattaforma nazionale per il nucleare sostenibile si è rivelata utile in quanto:

- struttura di consultazione;
- rete di esperti;
- piattaforma per lo sviluppo delle politiche.

Un programma che entra nel processo di concessione di licenze e appalti richiede qualcosa di diverso:

un ufficio esecutivo permanente con autorità di monitoraggio delle decisioni.

13.2.1 L'ufficio del programma dovrebbe coordinare, non regolamentare

Il nuovo organismo dovrebbe rispondere a domande come:

- La legislazione delegata procede secondo i tempi previsti?
- L'organico di ISIN è compatibile con il programma di licenze?
- È già stato deciso il modello di gestione da parte del proprietario/gestore?
- Il flusso di manodopera qualificata è sufficiente?
- La lista delle tecnologie candidate è stata ridotta?
- I siti candidati stanno procedendo?
- Terna sta svolgendo gli studi richiesti?
- La sicurezza dell'approvvigionamento di carburante è stata affrontata?
- Il programma di gestione dei rifiuti è compatibile con l'implementazione?
- È iniziato il dialogo sugli aiuti di Stato?
- Il finanziamento dell'architettura sta progredendo?
- Sono necessari accordi internazionali?
- Le tappe fondamentali del processo di approvvigionamento sono allineate?

Non dovrebbe rispondere:

"Il reattore è sufficientemente sicuro per ottenere la licenza?"

Questo compito spetta all'autorità di regolamentazione.

La distinzione dovrebbe essere assoluta.

Architettura del programma italiano proposta

```
Un modello difendibile potrebbe essere:
PARLAMENTO
│
▼
definisce la legislazione e la supervisione

PRESIDENZA DEL CONSIGLIO
│
▼
CONSIGLIO NAZIONALE PER IL PROGRAMMA NUCLEARE
│
     ├── MASE
     ├── MEF
     ├── MIMIT
     ├── MAECI
     ├── Ministero della Salute
     ├── Interfacce tra Interni e Protezione Civile
└── altri ministeri competenti
│
▼
UFFICIO ESECUTIVO DEL PROGRAMMA NUCLEARE
(FUNZIONE NEPIO)
│
     ├── programma
     ├── coordinamento dei finanziamenti
     ├── accordi internazionali
     ├── forza lavoro
     ├── programma tecnologico
     ├── politica industriale
     ├── siti
     ├── strategia del carburante
└── registro dei rischi del programma


SEPARATO
ISIN
│
▼
DECISIONE REGOLAMENTARE IN MATERIA DI SICUREZZA


SEPARATO


PROPRIETARIO / CONCESSIONARIO / GESTORE
│
▼
REALIZZAZIONE DEL PROGETTO
```

Si tratta di una **proposta istituzionale analitica** , non di una descrizione di assetti istituzionali già in vigore.

Tale distinzione deve essere mantenuta in tutto il rapporto.

Perché potrebbe essere necessario un coordinamento a livello presidenziale

La politica nucleare attraversa diversi ambiti e nessun singolo ministero ne ha il controllo completo.

MASE può guidare le politiche energetiche e ambientali.

Ma il MEF determina questioni cruciali relative al finanziamento.

MIMIT ha interessi in materia di politica industriale.

MAECI è rilevante per:

- accordi di cooperazione nucleare;
- relazioni tra paese fornitore;
- diplomazia di non proliferazione;
- Coordinamento tra Euratom e AIEA.

Le strutture del Ministero dell'Interno e della Protezione Civile diventano fondamentali per la gestione delle emergenze.

Le autorità sanitarie e del lavoro sono competenti in materia di radioprotezione ed esposizione professionale.

I governi regionali assumono un ruolo decisivo nella fase di localizzazione.

Un ufficio di programma situato troppo all'interno di un'amministrazione settoriale potrebbe quindi non avere l'autorità necessaria per risolvere i conflitti intergovernativi.

La funzione NEPIO dovrebbe fornire:

- Programmazione integrata;
- bilancio integrato del programma;
- registro delle decisioni interministeriali;
- registro nazionale dei rischi;
- Reportistica sulle tappe fondamentali;
- escalation fino ai responsabili delle decisioni politiche.

Dovrebbe mantenere un orario nazionale integrato

Oggi diverse istituzioni possono avere orologi diversi.

Per esempio:

- OROLOGIO DELLA LEGISLAZIONE
- OROLOGIO REGOLATORE
- OROLOGIO DEL FORNITORE
- OROLOGIO DEL SITO
- OROLOGIO A GRIGLIA
- OROLOGIO DEI RIFIUTI
- OROLOGIO FINANZIARIO

Se questi elementi non vengono integrati, il più lento diventa il programma effettivo del reattore.

L'ufficio di programma dovrebbe pertanto mantenere un unico programma generale.

Tabella 13.2-A — Quadro di controllo del programma nucleare nazionale

Flusso di lavoro	organismo responsabile	Traguardo del programma
Legislazione delegata	Governo	Quadro normativo in vigore
Norme di sicurezza nucleare	ISIN / processo legale competente	Base di licenza disponibile
Personale addetto alla regolamentazione	Stato / ISIN	Capacità di revisione dimostrata
Titolare/gestore	Governo/mercato	Entità designata
Finalista tecnologico	Programma/proprietario	Cancello 1 completato
candidatura del sito	Autorità statali/locali	Sedi dei candidati disponibili
Griglia	Terna	Studi preliminari di connessione
Carburante	Supervisione da parte del proprietario/dello Stato	Percorso retrattile
Sciupare	Governo/SOGIN/futuro operatore	Percorso integrato
Finanziamento	MEF/progetto	Modello di bancabilità
Aiuti di Stato	Governo/Commissione	Percorso di approvazione
forza lavoro	Programma nazionale	Pipeline di addestramento attiva
Pianificazione delle emergenze	Stato/operatore	Struttura istituita
Misure di salvaguardia	Operatore/Euratom/AIEA	disposizioni di progettazione stabilite
Approvvigionamento	Proprietario	Specifiche pronte per la gara d'appalto

Il pannello di controllo non dovrebbe limitarsi a mostrare:

VERDE

AMBRA

ROSSO

Dovrebbe identificare:

- ente responsabile;
- dipendenza legale;
- prossima decisione;
- ritardo di mesi;
- impatto sul percorso critico.

L'ufficio di programma dovrebbe scomparire o trasformarsi al termine del suo ruolo originario.

Uno dei pericoli istituzionali è l'accumulo burocratico permanente.

La funzione NEPIO è particolarmente importante durante la fase di elaborazione dei programmi.

Una volta:

- La politica è stabile;
- Il proprietario/gestore esiste;
- Il regolatore è perfettamente funzionante;
- L'implementazione del progetto è in fase avanzata;

Alcune funzioni dovrebbero essere trasferite a istituzioni permanenti.

L'ufficio del programma non dovrebbe evolversi in un organismo parallelo:

- utilità;
- regolatore;
- società di ingegneria.

Si dovrebbe pertanto prendere in considerazione un meccanismo di tramonto o di trasformazione.

Il suo ruolo a lungo termine potrebbe diventare:

strategia nazionale per la flotta e coordinamento intergovernativo

piuttosto che un controllo diretto del progetto.

13.3 Il futuro proprietario/gestore e l'autorità di regolamentazione devono essere entità istituzionalmente distinte e tecnicamente potenti.

La decisione aziendale più importante dopo la selezione della tecnologia potrebbe essere l'identità del **titolare della licenza** .

Il titolare della licenza non è un veicolo legale cerimoniale.

La legislazione europea in materia di sicurezza nucleare attribuisce all'UE la **responsabilità primaria per la sicurezza nucleare** , responsabilità che non può essere delegata. Essa si estende anche alle attività di appaltatori e subappaltatori che incidono sulla sicurezza nucleare.

Ciò crea una distinzione essenziale tra:

- fornitore del reattore;
- Appaltatore EPC;
- proprietario;
- titolare della licenza;
- operatore.

Questi ruoli possono sovrapporsi parzialmente.

Non dovrebbero mai essere concettualmente confusi.

13.3.1 Nuclitalia non è attualmente l'operatore nucleare italiano

Nuclitalia è strategicamente importante.

È stata istituita nel maggio 2025 da:

- Enel — 51%;
- Ansaldo Energia — 39%;
- Leonardo — 10%.

Il suo ruolo dichiarato è quello di studiare le tecnologie nucleari avanzate, valutare le opportunità di mercato e analizzare i progetti più promettenti di SMR (recipienti modulari di piccole dimensioni), concentrandosi inizialmente sui sistemi di raffreddamento ad acqua.

Al momento non è sufficiente:

- il proprietario di un reattore;
- il richiedente di una licenza edilizia;
- il titolare della licenza nucleare;
- la futura organizzazione operativa autorizzata.

Al momento non esiste un progetto di questo tipo.

Questa distinzione è importante perché una società di valutazione può operare con una struttura organizzativa fondamentalmente diversa da quella di una società che gestisce un impianto nucleare.

Un futuro operatore necessita di competenze permanenti in:

- sicurezza nucleare;
- fisica dei reattori;
- operazioni;
- manutenzione;
- chimica;
- carburante;
- protezione dalle radiazioni;
- preparazione alle emergenze;
- ingegneria;
- gestione della configurazione;
- sicurezza informatica;
- garanzia di qualità;
- approvvigionamento;
- gestione delle interruzioni;
- prestazioni umane.

L'Italia ha quindi diversi possibili modelli futuri.

Modello A: l'azienda di servizi esistente diventa proprietaria/gestore

Per esempio:

```
UTILITÀ
│
    ├ ── sviluppo del progetto
    ├ ── licenza
    ├ ── supervisione dei lavori di costruzione
└── operazione
```

Vantaggi:

- capacità esistenti nel settore energetico;
- stato patrimoniale;
- esperienza nel mercato dell'energia elettrica;
- portafoglio di generazione;
- cultura operativa.

Svantaggi:

- Le capacità nucleari devono essere ricostruite internamente;
- Elevato rischio di progetto concentrato in un'unica azienda.

Modello B: società operativa nucleare dedicata

```
STATO / SERVIZI DI PUBBLICA UTILITÀ / PARTNER INDUSTRIALI
│
▼
SOCIETÀ DI GESTIONE DI CENTRALI NUCLEARI
                │
▼
TITOLARE DELLA LICENZA
```

Vantaggi:

- governance specifica per il settore nucleare;
- bilancio separato del progetto;
- gestione dedicata;
- replicazione più semplice della flotta.

Svantaggi:

- è necessario costruire la cultura operativa partendo da zero;
- complessa governance degli azionisti.

Modello C: joint venture con un operatore nucleare straniero di comprovata esperienza.

PROPRIETARIO ITALIANO

+

OPERATORE DI RIFERIMENTO ESTERO

↓

SOCIETÀ OPERATIVA CONGIUNTA

Vantaggi:

- accesso immediato all'esperienza operativa;
- formazione;
- procedure;
- sistemi di prestazione umana.

Svantaggi:

- dipendenza dall'estero;
- complessità della governance;
- questioni di sovranità;
- potenziale dipendenza a lungo termine dall'operatore.

L'Italia dovrebbe probabilmente valutare tutte e tre le opzioni, anziché presumere che l'attuale strumento di valutazione tecnologica diventi automaticamente il titolare della licenza.

Il proprietario deve essere un cliente intelligente

Questo concetto è fondamentale.

Anche con un contratto "chiavi in mano", il proprietario non può esternalizzare la conoscenza del proprio impianto.

Deve mantenere una competenza interna sufficiente per poter contestare:

- reclami del fornitore;
- prestazioni dell'appaltatore;
- analisi della sicurezza;
- modifiche di progettazione;
- deviazioni di qualità.

Altrimenti:

FORNITORE

↓

progettazione di impianti

↓

spiega il design

↓

valuta il problema

↓

propone una soluzione

↓

il proprietario accetta semplicemente

Questo non è un modello di governance nucleare efficace.

Il proprietario deve essere in grado di dire:

No. Dimostralo.

La responsabilità principale non può essere trasferita al fornitore.

Supponiamo che il fornitore del reattore fornisca:

- progetto;
- carburante;
- software;
- procedure operative;
- formazione.

L'operatore conserva comunque la responsabilità primaria in materia di sicurezza.

Il principio giuridico è esplicitamente sancito dal diritto dell'Euratom.

Perciò:

ERRORE DEL FORNITORE

NON LO FA

RIMUOVERE LA RESPONSABILITÀ DELL'OPERATORE

Questo è uno dei motivi per cui l'Italia deve sviluppare fin da subito la competenza degli operatori.

L'ISIN deve rafforzarsi senza diventare promozionale.

L'attuale posizione giuridica dell'ISIN rappresenta un importante vantaggio istituzionale.

È già designata come autorità di regolamentazione indipendente per la sicurezza nucleare e la radioprotezione. La sua struttura statutaria le conferisce autonomia regolamentare, organizzativa, amministrativa e contabile, nonché indipendenza di giudizio.

Tale indipendenza deve essere tutelata durante la ripresa del programma nucleare.

La pressione aumenterà.

Il governo potrebbe volere:

- Licenze più rapide;
- Traguardi politici;
- prima potenza prima di un anno obiettivo.

Gli investitori potrebbero desiderare:

- recensione prevedibile;
- decisioni rapide.

I fornitori potrebbero volere:

- accettazione di documenti di licenza esteri

Le regioni potrebbero volere:

- requisiti aggiuntivi.

La risposta dell'autorità di regolamentazione deve rimanere la stessa:

Le decisioni in materia di sicurezza si basano su dati concreti relativi alla sicurezza.

La legislazione dell'UE richiede esplicitamente che l'autorità di regolamentazione nucleare competente sia:

- funzionalmente separate dalle organizzazioni che promuovono o utilizzano l'energia nucleare;
- libero da istruzioni nello svolgimento del suo lavoro di regolamentazione;

- bilancio indipendente;
- con personale adeguato;
- in grado di prevenire e risolvere i conflitti di interesse.

Tale requisito dovrebbe essere alla base della legislazione attuativa.

Tabella 13.3-A — Funzioni che l'ISIN dovrebbe e non dovrebbe svolgere

L'ISIN dovrebbe	L'ISIN non dovrebbe
Definire/partecipare ai requisiti di sicurezza	Promuovere la vendita di reattori
Esaminare i casi di sicurezza	Seleziona il fornitore commerciale
Ispezionare la costruzione	Negoziare il prezzo del reattore
Verifica la conformità della licenza	Capitale proprio del progetto
Applicare i requisiti	Garanzia del programma di costruzione
Sospendere l'attività laddove legalmente giustificato	Tutelare la redditività del progetto
Revisione della protezione dalle radiazioni	Svolgere attività di lobbying politico
Supporto alla valutazione tecnica di emergenza	Diventare operatore di impianto
Partecipare alla cooperazione internazionale tra gli enti regolatori	Accettare il programma governativo come criterio di sicurezza

Il firewall istituzionale dovrebbe essere visibile al pubblico.

L'indipendenza regolamentare non è isolamento

L'indipendenza non significa che l'ISIS agisca da solo.

L'autorità di regolamentazione può utilizzare:

- università;
- ENEA;
- laboratori;
- autorità di regolamentazione straniere;
- organizzazioni di supporto tecnico;

- esperti esterni.

Gli standard dell'AIEA consentono esplicitamente agli organismi di regolamentazione di ottenere supporto tecnico esterno pur mantenendo la responsabilità di regolamentazione.

Il principio dovrebbe essere:

```
COMPETENZE ESTERNE
↓
SOSTENE L'ISIN

MA

GIUDIZIO REGOLATORIO
↓
RIMANE CON ISIN
```

Il riutilizzo di licenze estere non deve creare dipendenza normativa dall'estero.

La cooperazione, già avviata attraverso revisioni internazionali, può ridurre le duplicazioni.

Questo è auspicabile.

Ma l'autorità di regolamentazione italiana dovrebbe alla fine possedere sufficienti capacità interne per comprendere e valutare in modo indipendente le prove provenienti dall'estero che riutilizza.

Altrimenti:

```
AFFIDAMENTO REGOLAMENTARE

↓

diventa

↓

DIPENDENZA REGOLAMENTARE
```

Tale distinzione è fondamentale per l'autorità sovrana in materia di sicurezza.

13.4 Il capitale umano è un'infrastruttura fondamentale, non un'appendice delle politiche educative.

I programmi nucleari sono sviluppati da organizzazioni.

Le organizzazioni sono fatte di persone.

Se l'Italia inizierà ad addestrare la forza lavoro necessaria solo all'inizio della costruzione dei reattori, il programma sarà già in ritardo.

Le linee guida dell'AIEA in materia di risorse umane specificano esplicitamente che gli investimenti in:

- istruzione;
- strutture di addestramento;
- reclutamento internazionale;
- formazione all'estero;
- distacchi di personale;

potrebbe essere necessario **prima che venga selezionato il progetto definitivo del reattore** .

Le risorse umane devono pertanto essere considerate uno dei primi progetti di costruzione del programma.

Il problema della forza lavoro non è un numero

Affermazioni quali:

“L'Italia avrà bisogno di 10.000 lavoratori nel settore nucleare”

Sono inutili senza spiegare quali lavoratori, quando e per quale scopo.

Il programma richiede l'utilizzo di diversi mercati del lavoro.

Tabella 13.4-A — Famiglie dei lavoratori del settore nucleare

forza lavoro	Funzione principale
Specialisti in politica governativa	governance del programma
Regolatore nucleare	Rilascio di licenze e ispezioni
Ingegneri proprietari	Cliente intelligente
Operatori del reattore	Funzionamento dell'impianto
Tecnici della manutenzione	affidabilità delle apparecchiature
Fisici dei reattori	Gestione del nucleo/combustibile
Ingegneri termoidraulici	Sicurezza/funzionamento
Ingegneri strutturali/sismici	Sicurezza civile
Ingegneri elettrici	Sistemi di rete e impianti
Specialisti in strumentazione e controllo	Sistemi di controllo/protezione
Specialisti in sicurezza informatica	Sicurezza digitale
Personale addetto alla radioprotezione	Tutela dei lavoratori e del pubblico
Chimici	Liquido di raffreddamento/radiochimica
Specialisti del gas	Approvvigionamento/gestione
Ingegneri dei rifiuti	Condizionamento/smaltimento
Pianificatori di emergenza	Preparazione
Specialisti della qualità nucleare	Controllo qualità/garanzia di qualità
Ispettori NDE	Integrità dei componenti
Saldatori qualificati	Costruzione nucleare
Personale addetto al controllo del progetto	Costo/programma
Specialisti degli acquisti	Catena di approvvigionamento di grado nucleare
Specialisti legali	Licenze/contratti
Specialisti in salvaguardie	Contabilità dei materiali
Specialisti della sicurezza	Protezione fisica

Queste persone diventano necessarie in momenti diversi.

L'ente regolatore deve essere dotato di personale prima del richiedente

Questo principio di sequenziamento è essenziale.

Supponiamo che un proprietario presenti una documentazione di sicurezza dettagliata nel 2029.

Se l'ente regolatore inizierà a reclutare revisori nel 2029:

```
APPLICAZIONE PRONTA
↓
REGOLATORE NON PRONTO
↓
RITARDO NEL RILASCIO DELLA LICENZA
```

Perciò:

La capacità normativa deve precedere la capacità progettuale, non seguirla.

La legislazione dell'UE richiede che le autorità di regolamentazione nazionali dispongano di un numero sufficiente di personale con qualifiche, esperienza e competenze adeguate.

Questo obbligo non può essere soddisfatto affidandosi indefinitamente a degli appaltatori.

L'assistenza tecnica esterna è legittima.

La decisione fondamentale deve rimanere interna.

L'Italia dovrebbe creare un modello nazionale per la forza lavoro.

Il modello non dovrebbe partire dalla scelta di un obiettivo arbitrario in termini di posti di lavoro.

Dovrebbe iniziare con il programma.

Per ogni anno del programma, dovrebbe essere posta la seguente domanda:

```
QUALI ATTIVITÀ SI SVOLGONO?
↓
QUALI COMPETENZE SONO RICHIESTE?
↓
QUANTE PERSONE?
↓
QUANDO DEVE INIZIARE L'ADDESTRAMENTO?
```

Una struttura utile potrebbe essere:

Fase 1 — Rafforzamento istituzionale

Priorità:

- governo;
- regolatore;
- ufficio del programma;
- valutazione tecnologica;
- salvaguardie;
- capacità giuridica.

Fase 2 — Licenze e appalti

La priorità si estende a:

- analisti della sicurezza;
- ingegneri di cantiere;
- garanzia di qualità;
- approvvigionamento;
- carburante;
- finanziamento del progetto;
- specialisti ambientali.

Fase 3 — Costruzione

La forza lavoro si espande notevolmente nei seguenti settori:

- Ingegneria Civile;
- Produzione qualificata per il settore nucleare;
- saldatura;
- ispezione;
- impianto elettrico;
- CIRCUITO INTEGRATO;
- messa in servizio.

Fase 4 — Messa in servizio e funzionamento

Le priorità si spostano verso:

- operatori autorizzati;

- manutenzione;
- chimica;
- protezione dalle radiazioni;
- gestione del carburante;
- gestione delle interruzioni.

Ecco perché la curva della forza lavoro non segue l'andamento della produzione del reattore.

Lo precede.

Schema testuale: il tempo di consegna del capitale umano

```
DECISIONE POLITICA
│
▼
FORMAZIONE PER GLI AZIENDI REGOLATORI
│
▼
PROPRIETARIO INGEGNERIA
│
▼
QUALIFICAZIONE DELLA CATENA DI FORNITURA
│
▼
MANODOPERA EDILE
│
▼
FORMAZIONE DEGLI OPERATORI
│
▼
COMMISSIONE
│
▼
PRIMA POTENZA
```

Molte delle persone necessarie alla fine di questa catena devono intraprendere un percorso di istruzione o formazione all'inizio del processo.

L'Italia dovrebbe utilizzare impianti stranieri come infrastrutture di formazione.

L'ingresso tardivo dell'Italia nel torneo potrebbe rivelarsi un vantaggio.

Prima che esistano i reattori nazionali, il personale italiano può addestrarsi presso:

- gestione di centrali nucleari estere;
- organizzazioni di regolamentazione;
- centri di ingegneria dei fornitori;
- progetti di costruzione di riferimento.

Gli incarichi di distacco dovrebbero essere mirati a:

- funzionamento del reattore;
- ispezione dei lavori edili;
- revisione normativa;
- gestione delle interruzioni;
- gestione del carburante;
- preparazione alle emergenze.

L'obiettivo non dovrebbe essere semplicemente quello di frequentare i corsi.

L'obiettivo dovrebbe essere quello di acquisire **esperienza operativa sul campo** .

Per esempio:

```
INGEGNERE ITALIANO
↓
2–3 ANNI ALL'ESTERO
PROGETTO DI RIFERIMENTO
↓
RITORNO ALL'ITALIANO
PROGRAMMA
↓
ESPERIENZA DI TRASFERIMENTO
```

La durata esatta dipenderebbe dal ruolo e dagli accordi bilaterali.

Il principio è più importante del numero.

Un'accademia nucleare nazionale dovrebbe essere una rete piuttosto che un singolo edificio.

L'Italia possiede già importanti capacità educative attraverso:

- università;
- ENEA;
- CIRTEN;
- industria;
- centri di ricerca.

Una futura “Accademia Nucleare Italiana” non deve necessariamente riprodurre tutto questo in una nuova sede fisica.

Potrebbe funzionare come rete nazionale di qualificazione:

```
UNIVERSITÀ
+
ENEA
+
CIRTEN
+
ISIN
+
PROPRIETARIO
+
FORNITORI
+
OPERATORI STRANIERI
↓
NUCLEARE NAZIONALE
SISTEMA DI COMPETENZE
```

Dovrebbe coordinare:

- programmi di studio;
- borse di studio;
- apprendistato;
- simulatori;
- Incarichi all'estero;
- certificazioni specialistiche;
- licenze per operatori;
- formazione professionale continua.

Anche le attività qualificate nel settore nucleare meritano pari attenzione.

Un errore frequente nella pianificazione è quello di concentrarsi esclusivamente sugli ingegneri nucleari.

Un programma di costruzione necessita anche di:

- saldatori;
- installatori di tubature;
- elettricisti;
- specialisti del calcestruzzo;
- Personale addetto alle prove non distruttive;
- ispettori di qualità.

Un reattore non si costruisce solo con dottorati di ricerca.

La costruzione nucleare si differenzia dalla normale costruzione industriale perché:

```
LAVORO
↓
DEVE ESSERE FATTO CORRETTAMENTE
+
DOCUMENTATO CORRETTAMENTE
+
TRACCIABILE
+
ISPEZIONABILE
```

La cultura della qualità nucleare deve pertanto permeare l'intera catena di fornitura.

La fidelizzazione è importante quanto il reclutamento.

Un programma con ampi intervalli tra i progetti rischia di far perdere lavoratori qualificati.

Per esempio:

```
COSTRUZIONE FOAK
↓
5 ANNI DI INTERRUZIONE
↓
PROGETTO SUCCESSIVO
```

può compromettere la continuità della forza lavoro.

I lavoratori qualificati potrebbero andarsene.

I fornitori possono rinunciare alla qualificazione nucleare.

Questo rappresenta un ulteriore argomento a favore di un **programma di flotta** piuttosto che di reattori isolati e unici, qualora il FOAK avesse successo.

Tabella 13.4-B — Modalità di fallimento delle risorse umane

Fallimento	Conseguenze del programma
Regolatore assunto in ritardo	Ritardo nella concessione della licenza
Operatore assunto in ritardo	Ritardo nella messa in servizio
Eccessiva dipendenza da appaltatori	Memoria istituzionale debole
Nessun distacco all'estero	Poca esperienza pratica
Mestieri non qualificati	Collo di bottiglia nel settore edile
Ampio intervallo tra le unità	Dispersione della forza lavoro
Salari pubblici non competitivi	L'ente regolatore perde personale a favore dell'industria.
Nessuna pianificazione della successione	Competenze sull'invecchiamento
Formazione riservata ai fornitori	Dipendenza a lungo termine dai fornitori

La questione salariale merita particolare attenzione.

Un ente regolatore che compete per gli stessi specialisti nucleari di:

- servizi pubblici;
- venditori;
- società di ingegneria;

Non è possibile mantenere l'indipendenza se la remunerazione e la struttura di carriera rendono impossibile la permanenza nel settore.

L'indipendenza istituzionale ha quindi una **dimensione di capitale umano** .

13.5 Le misure di salvaguardia e la protezione dalle radiazioni devono essere integrate nel programma fin dalla fase di progettazione.

Due funzioni rimangono particolarmente facili da fraintendere perché a volte vengono inglobate retoricamente nel concetto di "sicurezza nucleare".

Sono:

- salvaguardie;
- protezione dalle radiazioni.

Nessuna delle due è identica alla sicurezza del reattore.

La distinzione dovrebbe essere esplicita:

```
SICUREZZA
↓
previene e riduce gli incidenti


SICUREZZA
↓
protegge dagli atti dolosi


MISURE DI SICUREZZA
↓
verifiche del materiale nucleare
rimane in uso pacifico


PROTEZIONE DALLE RADIAZIONI
↓
controlla l’esposizione dei lavoratori
e il pubblico
Tutti e quattro i sistemi interagiscono.
```

Nessuno può sostituirne un altro.

13.5.1 Nel ciclo del reattore e del combustibile devono essere previsti dei sistemi di salvaguardia.

L'Italia fa parte del sistema di salvaguardia Euratom.

La funzione di salvaguardia della Commissione europea verifica che i materiali nucleari non vengano deviati dai loro usi pacifici dichiarati e che gli obblighi connessi alle forniture nucleari e agli accordi internazionali siano rispettati.

Questo sistema non è facoltativo.

Un futuro gestore di reattori italiano dovrebbe mantenere una contabilità e un controllo dettagliati del materiale nucleare fin dal momento in cui ne entra in possesso.

L'attuale regolamento **Euratom 2025/974 della Commissione** , entrato in vigore nel luglio 2025 e che ha sostituito il precedente regolamento 302/2005, impone agli operatori di mantenere sistemi efficaci di contabilità e controllo dei materiali nucleari contenenti informazioni su:

- quantità;
- categoria;
- forma chimica/fisica;
- composizione;
- posizione;
- trasferimenti.

I registri devono consentire alla Commissione di verificare i flussi e gli stock dichiarati.

Ciò significa che prima dell'arrivo del primo combustibile, il reattore deve già possedere:

- aree di bilancio di massa;
- punti di misurazione;
- procedure contabili;
- sistemi di inventario;
- disposizioni in materia di contenimento/sorveglianza;
- processi di reporting;
- personale qualificato.

Non è possibile aggiungere dispositivi di sicurezza dopo la costruzione.

La Commissione europea ora promuove esplicitamente **le salvaguardie fin dalla progettazione** per i nuovi sistemi di reattori, compresi i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR).

La sequenza corretta è:

```
PROGETTAZIONE DEL REATTORE
↓
REQUISITI DI SALVAGUARDIA
↓
PUNTI DI MISURAZIONE
↓
TELECAMERE / SIGILLI / ACCESSO
↓
SISTEMA CONTABILE
↓
COSTRUZIONE
non:
REATTORE COSTRUITO
↓
DOVE METTIamo
ATTREZZATURE DI SICUREZZA?
```

I combustibili avanzati modificano sostanzialmente la complessità delle salvaguardie

Per il combustibile convenzionale LEU LWR, le misure di salvaguardia sono ben consolidate.

HALEU e MOX non eliminano le misure di salvaguardia.

Possono accrescere la rilevanza contabile e di sicurezza dei materiali.

Il progetto MOX è particolarmente importante perché prevede l'introduzione nel programma di materiali contenenti plutonio.

Se l'Italia dovesse mai perseguire:

- Fabbricazione MOX;
- rielaborazione;
- combustibile a ciclo chiuso;

Il sistema di salvaguardia si estende ben oltre la ricezione del combustibile per i reattori.

Deve quindi comprendere:

```
INPUT DI MATERIALE
↓
PROCESSO
↓
```

```
BILANCIO DI MATERIALE
↓
MATERIALE RECUPERATO
↓
SCIUPARE
↓
NUOVO CARBURANTE
```

Questo è un ulteriore motivo per cui la strategia a ciclo chiuso deve essere considerata un programma infrastrutturale nazionale, piuttosto che una semplice caratteristica del reattore.

L'Italia dovrebbe creare un centro di competenza dedicato alle salvaguardie.

L'ISIN svolge già funzioni nazionali relative agli obblighi di salvaguardia internazionali.

Un nuovo programma energetico ne moltiplicherebbe la portata.

L'Italia dovrebbe pertanto garantire una sufficiente competenza nazionale nei seguenti ambiti:

- contabilità dei materiali nucleari;
- misurazioni;
- incertezza;
- verifica dell'inventario;
- movimentazioni di carburante;
- Rapporto Euratom;
- Interfacce dell'AIEA.

L'operatore necessita di personale addetto alla sicurezza.

Lo Stato necessita di una supervisione competente.

Si tratta di responsabilità separate.

La protezione dalle radiazioni inizia già in fase di progettazione.

La radioprotezione riguarda l'esposizione durante:

- normale funzionamento;
- manutenzione;
- rifornimento di carburante;
- interruzioni;
- gestione dei rifiuti;

- smantellamento.

L'Italia dispone già di un quadro giuridico completo attraverso **il Decreto Legislativo 101/2020** , che attua la Direttiva 2013/59/Euratom.

Il decreto stabilisce tre principi fondamentali di radioprotezione:

- giustificazione;
- ottimizzazione;
- limitazione della dose.

Per i lavoratori e per il pubblico, l'ottimizzazione richiede che l'esposizione sia mantenuta al livello più basso ragionevolmente raggiungibile, tenendo conto dei fattori tecnici, economici e sociali.

Anche le norme di sicurezza di base dell'UE richiedono che la protezione sul lavoro includa:

- valutazione preliminare del rischio;
- ottimizzazione;
- classificazione dei lavoratori;
- aree controllate e sorvegliate;
- monitoraggio individuale;
- sorveglianza medica;
- formazione.

Ciò significa che la radioprotezione è in parte una **disciplina di progettazione degli impianti** .

Un impianto progettato male può causare decenni di esposizione professionale evitabile.

Alcuni esempi includono:

- valvole scarsamente schermate;
- componenti inaccessibili;
- gestione remota inadeguata;
- interventi di manutenzione inutilmente lunghi;
- Trappole di contaminazione.

Una progettazione migliore applica i principi ALARA a monte.

Schema testuale: il design influisce sulla dose a vita

```
DISPOSIZIONE DELLE ATTREZZATURE
↓
ACCESSIBILITÀ
↓
TEMPO DI MANUTENZIONE
↓
ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI


SCHERMATURA
↓
TARIFFA DI DOSE
↓
ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI


GESTIONE REMOTA
↓
MENO PRESENZA UMANA
↓
MINORE ESPOSIZIONE
```

Lo Stato dovrebbe pertanto richiedere che le prestazioni in termini di esposizione alle radiazioni professionali siano incluse nel confronto tra i reattori.

Tabella 13.5-A — Documentazione richiesta in materia di radioprotezione prima della selezione del reattore

Zona	Informazioni richieste
dose di intervento normale	Esposizione prevista dei lavoratori
Dose di mantenimento	Esposizione a mansioni di rilievo
Rifornimento	Caratteristiche della dose per i lavoratori
Dose collettiva	Proiezione annuale
Punti caldi	Mitigazione della progettazione
Schermatura	Base di progettazione
Manutenzione a distanza	Capacità
Controllo della contaminazione	Architettura
Effluenti	Scarichi liquidi/gassosi previsti
Monitoraggio ambientale	Rete proposta
Gestione dei rifiuti	Esposizione occupazionale
Smantellamento	Caratteristiche di progettazione per la riduzione della dose

L'obiettivo non dovrebbe essere quello di classificare le tecnologie utilizzando un singolo valore di dose ipotetico prima ancora che l'attività clinica sia operativa.

Dovrebbe essere per determinare se la protezione dalle radiazioni professionali è **progettata in** .

Le valutazioni radiologiche ambientali di base devono iniziare prima della costruzione.

Prima che il primo reattore entri in funzione, l'Italia dovrebbe stabilire misurazioni di riferimento a lungo termine di:

- aria;
- suolo;
- acqua;
- cibo;
- sedimenti;
- Radiazione di fondo.

Ciò crea un riferimento pre-operativo rispetto al quale valutare il monitoraggio ambientale futuro.

L'Italia già mantiene un sistema nazionale di monitoraggio della radioattività ambientale attraverso il sistema RESORAD, coordinato dall'ISIN, e il sistema SINRAD.

Un nuovo reattore richiederebbe un programma più intenso e specifico per il sito, integrato con la rete nazionale.

L'indipendenza istituzionale deve estendersi a tutte queste funzioni.

Lo stesso principio si ripresenta ripetutamente.

Il programma nucleare ha istituzioni che desiderano che il progetto abbia successo.

Deve inoltre disporre di istituzioni la cui missione sia quella di dire di **no** quando necessario.

Non si tratta di un conflitto istituzionale.

Si tratta dell'architettura della governance nucleare.

Un sistema credibile necessita quindi di una separazione deliberata:

PROMOZIONE
|
▼
"COME LO COSTRUIAMO?"

OPERAZIONE
|
▼
"COME POSSIAMO GESTIRLO IN SICUREZZA?"

REGOLAMENTO
|
▼
"È POSSIBILE RICHIEDERE UNA LICENZA?"

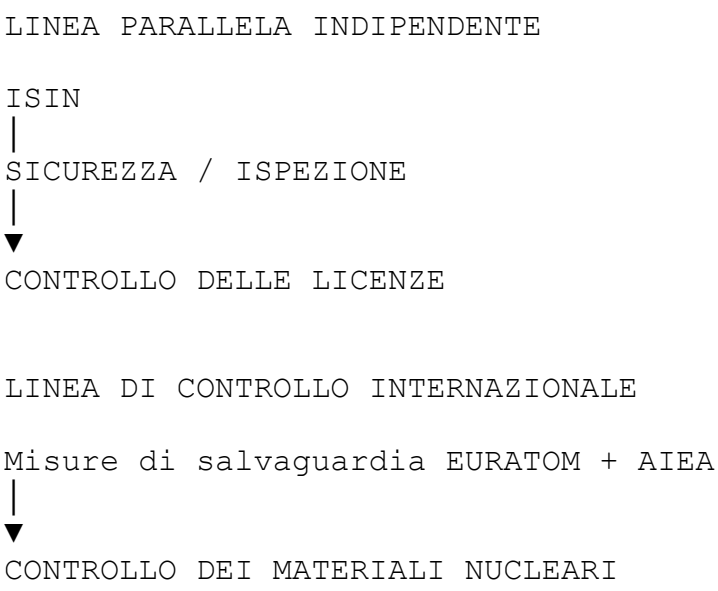
MISURE DI SICUREZZA
|
▼
"DOVE SI TROVA IL MATERIALE NUCLEARE?"

PROTEZIONE DALLE RADIAZIONI
|
▼
"LE PERSONE E L'AMBIENTE SONO PROTETTI?"

Le risposte non dovrebbero provenire da un'unica organizzazione.

Architettura istituzionale principale per il programma nucleare italiano





La struttura non è volutamente gerarchica tra:

- operatore;
- regolatore.

L'operatore non è subordinato a ISIN in quanto organizzazione aziendale.

È soggetto all'autorità di regolamentazione nell'ambito del quadro giuridico.

Analogamente, l'organismo di regolamentazione non dovrebbe essere subordinato, nelle sue valutazioni di sicurezza, all'ufficio di programma.

Tabella 13.5-B — Conflitti istituzionali che l'Italia deve prevenire

Conflitto	Salvaguardia richiesta
L'ufficio del programma esercita pressioni sull'ente regolatore per la pianificazione	Indipendenza regolamentare statutaria
Il fornitore detiene la maggior parte delle conoscenze tecniche.	Solida capacità di ingegneria proprietaria
Operatore con personale insufficiente	Condizioni di licenza / requisiti di personale
L'ente regolatore perde personale a favore dell'industria.	Politica di reclutamento di personale indipendente e competitivo
L'organizzazione di supporto tecnico diventa di fatto l'ente regolatore.	ISIN mantiene il potere di giudizio
Il finanziamento governativo crea pressione per la licenza	separazione giuridica tra decisioni economiche e decisioni in materia di sicurezza.
Misure di sicurezza aggiunte in ritardo	Misure di sicurezza fin dalla progettazione
La radioprotezione è considerata una questione esclusivamente operativa.	ALARA in fase di progettazione
Il ruolo pregresso di SOGIN è confuso con quello del futuro operatore.	Mandati separati
Il ruolo di valutazione di Nuclitalia è assunto paritario rispetto all'operatore	È richiesta la designazione formale di proprietario/gestore.

Il programma dovrebbe prevedere dei punti di controllo per la preparazione istituzionale.

La tecnologia non dovrebbe progredire più velocemente dello Stato.

Un sistema efficace richiederebbe dei punti di controllo istituzionali formali.

Gate I1 — Governance del programma

Prima della selezione tecnologica:

- L'ufficio del programma è operativo;
- Definizione delle responsabilità dei ministeri;
- È stata stabilita la gerarchia decisionale.

Porta I2 — Capacità di regolazione

Prima della revisione formale del progetto:

- Approvato il piano di organico ISIN;
- Accesso all'assistenza tecnica stabilito;
- Metodologia di licenza disponibile.

Porta I3 — Capacità del proprietario

Prima dell'ottenimento dei permessi di costruzione:

- Titolare/licenziatario costituito;
- sistema di gestione nucleare in funzione;
- Capacità di gestione intelligente del cliente dimostrata.

Gate I4 — Forza lavoro

Prima dell'inizio dei lavori di costruzione principali:

- Programma di qualificazione della forza lavoro edile in funzione;
- È attivo il programma di formazione degli operatori;
- risorse di regolamentazione sufficienti.

Porta I5 — Misure di sicurezza

Prima della ricezione del materiale nucleare:

- Sistema di contabilità dei materiali approvato;
- Stabilite le interfacce con Euratom;

- dispositivi di sicurezza integrati.

Porta I6 — Protezione dalle radiazioni

Prima della messa in servizio:

- Organizzazione per la radioprotezione con personale;
- dosimetria;
- Livello ambientale di riferimento;
- monitoraggio dei sistemi operativi.

Gate I7 — Prontezza operativa

Prima del rifornimento di carburante:

- operatori in possesso di licenza;
- sono state attivate le misure di emergenza;
- organizzazione di manutenzione pronta;
- procedure validate;
- L'ente regolatore è pronto per la supervisione operativa.

Il principio fondamentale è:

```
REATTORE PRONTO
+
PRONTO PER LO STATO
+
OPERATORE PRONTO
=
CARICO DI CARBURANTE
```

Se manca un elemento:

NESSUN CARICO DI CARBURANTE

Lo Stato italiano dovrebbe misurare la capacità, non le istituzioni create

Un errore comune nel settore pubblico sarebbe quello di affermare di aver fatto progressi perché:

- È stato istituito il comitato;
- ufficio creato;
- memorandum firmato;
- l'accademia ha annunciato.

Questi sono gli input.

La vera domanda è:

L'istituzione è in grado di svolgere la funzione nucleare richiesta?

Per esempio:

```
L'ENTE REGOLATORE ESISTE
≠
L'AUTORITÀ DI REGOLAMENTAZIONE PUÒ ESAMINARE
UN REATTORE AVANZATO
Analogamente:
L'ACCADEMIA NUCLEARE ESISTE
        ≠
OPERATORI AUTORIZZATI DISPONIBILI
E:
LA NUCLITALIA ESISTE
≠
ESISTE UN LICENZIATARIO ITALIANO
```

Gli indicatori chiave di prestazione (KPI) del programma dovrebbero quindi misurare le capacità.

Tabella 13.5-C — Indicatori di capacità istituzionale

Istituzione	Metrica debole	Un indicatore efficace
Regolatore	Numero di dipendenti	Competenze disponibili per la revisione della sicurezza
Ufficio del programma	Riunioni tenute	Decisioni cruciali chiuse nei tempi previsti
Proprietario	Società costituita	sistema di gestione nucleare dimostrato
Sistema universitario	Corsi annunciati	Laureati qualificati che accedono al programma
Formazione	Ore consegnate	Personale qualificato per ruoli specifici
Misure di salvaguardia	Ufficio istituito	Sistema di contabilità dei materiali convalidato
Protezione dalle radiazioni	Procedure scritte	Monitoraggio/dosimetria operativa
cooperazione internazionale	Protocolli d'intesa firmati	Personale integrato nei programmi di riferimento

Questa distinzione è fondamentale perché i programmi nucleari possono apparire avanzati dal punto di vista amministrativo pur rimanendo tecnicamente impreparati.

Conclusioni finali del governo — Capitolo 13

L'Italia non ha bisogno di inventare uno Stato nucleare dal nulla.

È necessario trasformare l'attuale **sistema di governance nucleare obsoleto** in un **sistema di governance nucleare che copra l'intero ciclo di vita** .

Si potrebbe affermare che tale trasformazione sia altrettanto impegnativa quanto la costruzione di un reattore nucleare.

Lo Stato deve contemporaneamente creare o rafforzare:

- coordinamento centrale del programma;
- capacità regolamentare;
- capacità di proprietario/gestore;
- forza lavoro nel settore nucleare;
- salvaguardie;
- protezione dalle radiazioni;
- istituzioni di emergenza;
- infrastrutture di qualità.

Il principio fondamentale dovrebbe essere la separazione dei ruoli.

L'istituzione che promuove il programma non dovrebbe regolarlo.

L'istituzione che regola il programma non dovrebbe esserne proprietaria.

Il fornitore non deve sostituirsi all'operatore in termini di competenza tecnica.

Non si dovrebbe consentire all'operatore di esternalizzare la responsabilità della sicurezza.

E lo Stato non dovrebbe permettere che la pressione legata alle scadenze si trasformi in pressione regolamentare.

L'architettura corretta è:

```
GOVERNO
↓
STABILISCE LA POLITICA


UFFICIO PROGRAMMI
↓
COORDINA LA CONSEGNA


PROPRIETARIO / GESTORE
↓
COSTRUISCE E GESTISCE


ISIN
↓
REGOLA IN MODO INDIPENDENTE


EURATOM / IAEA
↓
VERIFICARE LE MISURE DI SICUREZZA


SISTEMA DI PROTEZIONE DALLE RADIAZIONI
↓
PROTEGGE I LAVORATORI E IL PUBBLICO
```

Questa separazione istituzionale non è una duplicazione burocratica.

Si tratta di una delle barriere di sicurezza fondamentali del programma nucleare.

La trasformazione più importante necessaria per il resto degli anni 2020 non è quindi semplicemente:

```
NESSUN REATTORE
↓
NUOVI REATTORI
È:
STATO NUCLEARE EREDITARIO
↓
STATO DEL PROGRAMMA
↓
LICENZA STATALE
↓
STATO DI COSTRUZIONE
↓
STATO NUCLEARE OPERATIVO
```

Ogni transizione richiede capacità che devono esistere prima che possa iniziare la successiva.

La legge istitutiva del governo Meloni crea le condizioni politiche e giuridiche per avviare questa ricostruzione istituzionale. Tuttavia, al 27 settembre 2026, il Parlamento ha approvato il quadro di delega, mentre la struttura delegata dettagliata deve ancora essere definita.

Ciò significa che le decisioni istituzionali più importanti devono ancora essere prese.

L'Italia deve stabilire:

1. che esercita la funzione permanente di coordinamento del programma NEPIO;
2. come tale organizzazione si relaziona con MASE, MEF, MIMIT e la Presidenza del Consiglio;
3. a chi apparterrà il primo reattore?
4. chi deterrà la licenza nucleare;
5. chi gestirà l'impianto;
6. come verrà dimostrata la competenza dell'operatore prima della costruzione;
7. come verranno tutelati l'indipendenza, il budget e il personale dell'ISIN;
8. come verranno utilizzate le evidenze normative estere senza creare dipendenza normativa;
9. come verrà costituita la forza lavoro nazionale nel settore nucleare prima del rilascio delle licenze e dell'inizio della costruzione;
10. come le salvaguardie di Euratom e dell'AIEA saranno integrate fin dalla fase di progettazione;
11. come la protezione dalle radiazioni per i lavoratori e il pubblico verrà integrata nella fase di progettazione anziché aggiunta durante il funzionamento;

12. come verrà testata la prontezza istituzionale prima del rifornimento di carburante.

Lo Stato non dovrebbe permettere che le pressioni commerciali inducano a rispondere a tali domande in modo automatico.

A tali quesiti occorre dare una risposta mirata attraverso la legislazione, la regolamentazione e la progettazione di programmi.

La vera prova per la ripartenza del nucleare italiano non sarà quindi la capacità dell'Italia di acquistare un reattore sofisticato.

Molti paesi possono acquistare la tecnologia.

La sfida più ardua è capire se l'Italia sarà in grado di ricreare, per molti decenni, la capacità istituzionale necessaria per **comprendere, autorizzare, regolamentare, gestire, contestare il fornitore, tutelare i propri dipendenti, rendicontare il materiale nucleare e amministrare le proprie responsabilità in modo autonomo** .

Solo quando tale capacità sarà esistente, l'Italia sarà passata dal possedere una politica nucleare al possedere uno Stato nucleare.

Capitolo 14 — Approvvigionamento, costruzione e gestione della flotta

Un programma nucleare non si considera concluso quando una tecnologia per il reattore è stata selezionata, finanziata e autorizzata.

A quel punto inizia la fase operativa più spietata.

L'Italia deve convertirsi:

- un progetto di riferimento;
- impegni contrattuali;
- migliaia di requisiti tecnici;
- milioni di componenti e documenti;
- molteplici fornitori nazionali e internazionali;
- opere civili;
- sistemi meccanici;
- impianti elettrici;
- sistemi di controllo digitali;
- materiali qualificati per l'uso nucleare;
- personale qualificato;

in un unico impianto fisico la cui configurazione corrisponde esattamente al dossier di sicurezza approvato dall'ente regolatore.

È qui che la distinzione tra una **strategia nucleare** e una **capacità di lancio di armi nucleari** diventa decisiva.

Un Paese può avere ingegneri nucleari eccellenti e tuttavia non riuscire a costruire un reattore in modo efficiente.

Un fornitore di reattori può essere in possesso di un progetto brevettato e tuttavia non riuscire a riprodurlo in modo economicamente vantaggioso.

Un'impresa edile può costruire con successo un impianto industriale e non essere comunque preparata per la costruzione di un impianto nucleare.

Un componente può soddisfare le specifiche meccaniche e risultare comunque inutilizzabile perché:

- La documentazione è incompleta;
- Manca la tracciabilità dei materiali;
- La qualificazione della procedura di saldatura è inadeguata;
- Il controllo qualità del fornitore non è stato approvato;
- I verbali di ispezione sono difettosi;
- La configurazione non corrisponde al progetto approvato.

La costruzione di centrali nucleari si differenzia quindi dalle normali grandi infrastrutture per un aspetto importante.

Il prodotto in fase di costruzione è contemporaneamente:

UNA CENTRALE ELETTRICA FISICA

+

UN CASO DI SICUREZZA REGOLAMENTATO

+

UNA DOCUMENTAZIONE COMPLETA

I tre devono rimanere allineati.

L'Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica (AIEA) definisce la gestione di un progetto nucleare come l'organizzazione, il coordinamento e il controllo di una complessa combinazione di risorse umane, attrezzature, materiali, catene di approvvigionamento, tempistiche e qualità. Le sue linee guida sottolineano che una gestione competente della costruzione riduce non solo i costi fisici del progetto, ma anche gli interessi maturati durante la costruzione, mentre un controllo inadeguato delle interfacce, modifiche progettuali e scarse capacità del committente possono generare ritardi significativi e costi aggiuntivi.

Questa osservazione è particolarmente importante per l'Italia.

Durante la ripartenza del nucleare, la tentazione sarà quella di credere che il rischio di approvvigionamento possa essere trasferito all'estero:

Selezionare un fornitore di reattori affermato, assegnare un contratto "chiavi in mano" e richiedere al fornitore di consegnare l'impianto.

Questo modello può trasferire importanti responsabilità.

Non può esonerare dalle responsabilità il proprietario o il titolare della licenza italiano.

Anche in un contesto di ingegneria, approvvigionamento e costruzione altamente integrato, il futuro gestore nucleare italiano deve essere in grado di comprendere:

- ciò che è stato acquistato;
- quali requisiti si applicano;
- quale fornitore ha realizzato ciascun componente;
- quali deviazioni si sono verificate?
- come sono state risolte tali deviazioni;
- quale configurazione è stata infine installata?
- se l'impianto consegnato corrisponde al progetto concesso in licenza.

Il sistema di appalti dovrebbe pertanto essere concepito attorno a un principio centrale:

L'Italia dovrebbe acquistare una centrale nucleare senza esternalizzare la capacità di comprenderla, controllarla ed eventualmente gestirla.

Questa distinzione diventa ancora più importante se l'obiettivo nazionale non è un singolo reattore isolato, bensì un'intera flotta.

Il primo reattore italiano conterrà inevitabilmente una componente significativa di combustibile nucleare esaurito di produzione nazionale (FOAK).

La giustificazione economica di un programma SMR, tuttavia, dipende in larga misura da ciò che accade in seguito.

Il programma deve procedere da:

```
FOAK
↓
APPRENDIMENTO
↓
STANDARDIZZAZIONE
↓
RIPETIZIONE
↓
COSTRUZIONE PIÙ BREVE
↓
RISCHIO INFERIORE
↓
COSTI DI FINANZIAMENTO INFERIORI
↓
ECONOMIA DELLA FLOTTA
```

Se ogni nuovo sito introduce:

- un reattore diverso;
- diversi progetti di ingegneria civile;
- turbina diversa;
- carburante diverso;
- diversi sistemi di sicurezza;
- diversa piattaforma digitale;
- diverso imballaggio dei rifiuti;
- diversa interpretazione delle licenze;

Il programma si farà carico ripetutamente dei costi di questa implementazione pionieristica.

La sola produzione industriale non può compensare la continua riprogettazione.

Ciò rende l'approvvigionamento, il controllo della configurazione e la standardizzazione della flotta questioni strategiche centrali, piuttosto che questioni amministrative da affrontare dopo la selezione del reattore.

14.1 L'Italia deve scegliere un modello contrattuale prima di scegliere quanto rischio ritiene di aver trasferito

Non esiste un unico modello contrattuale per la costruzione di nuove centrali nucleari.

L'esperienza internazionale distingue in linea generale tra soluzioni "chiavi in mano" altamente integrate e approcci più frammentati in cui il committente stipula contratti separati per pacchetti differenti.

Le linee guida dell'AIEA descrivono storicamente tre grandi famiglie:

- chiavi in mano;
- confezione divisa;
- strutture multi-contratto o non chiavi in mano.

In un accordo "chiavi in mano", un unico appaltatore principale si assume la piena responsabilità della progettazione e della costruzione e può anche partecipare attivamente alla messa in servizio, all'avviamento e alla fornitura iniziale di combustibile.

Nelle strutture non "chiavi in mano", la responsabilità è distribuita tra diversi appaltatori, lasciando al committente una responsabilità sostanzialmente maggiore per l'integrazione del progetto e le interfacce.

La scelta contrattuale modifica radicalmente le competenze che l'Italia deve possedere.

Modello chiavi in mano / EPC

Una disposizione semplificata è la seguente:

```
PROPRIETARIO ITALIANO
│
▼
APPALTATORE PRINCIPALE EPC / REATTORE
│
      ├── NSSS
      ├── civile
      ├── isola delle turbine
      ├── sistemi elettrici
      ├── I&C
      ├── approvvigionamento
└── subappaltatori
```

I vantaggi principali sono evidenti.

Il proprietario riceve:

- un minor numero di interfacce contrattuali principali;
- una controparte principale;
- maggiore concentrazione di responsabilità nominale;
- Architettura dei sinistri più semplice;
- integrazione potenzialmente più forte degli orari.

Per un Paese che sta ricostruendo la propria capacità di possedere armi nucleari, questa opzione può risultare allettante.

Ma le espressioni **"chiavi in mano"** e **"prezzo fisso"** possono creare un'illusione pericolosa.

Un appaltatore può accettare solo i rischi che comprende e che è in grado di quantificare in termini monetari.

Se le incertezze sono eccessive, l'appaltatore potrà:

- addebitare un premio di rischio considerevole;
- escludere i rischi importanti;
- richiedere in seguito una tutela contrattuale;
- rifiutare di fare un'offerta.

Il proprietario deve quindi comprendere esattamente cosa include il prezzo dell'EPC.

Un contratto a “prezzo fisso” da 4 miliardi di euro potrebbe comunque escludere:

- condizioni del sito;
- Importanti modifiche alle licenze;
- Modifiche progettuali richieste dal proprietario;
- la rete funziona;
- infrastrutture di raffreddamento;
- carburante;
- modifiche di sicurezza;
- inflazione al di sopra di soglie definite;
- forza maggiore;
- modifiche normative;
- determinati guasti in fase di messa in servizio.

La reale struttura del rischio è contenuta nelle definizioni contrattuali, non nella descrizione di marketing.

Tabella 14.1-A — Cosa può e cosa non può significare il termine “chiavi in mano”

Problema	Può potenzialmente essere trasferito all'EPC	Non si può presumere con certezza che sia stato trasferito
Gestione dettagliata della costruzione	SÌ	—
Coordinamento dei principali fornitori	SÌ	—
Programma degli approvvigionamenti	SÌ	—
Produttività edilizia	Sostanzialmente	Non tutte le cause esterne
Responsabilità di progettazione	Sostanzialmente	La responsabilità delle licenze in Italia rimane
Qualità dei subappaltatori	Sì, contrattualmente.	Il proprietario ha ancora bisogno di supervisione
Conformità normativa	L'appaltatore supporta	Il titolare della licenza rimane responsabile
Condizioni del sito	Specifico del contratto	Spesso il rischio del proprietario
Cambiamento politico	Raramente completamente	Solitamente Stato/proprietario
Collegamento alla rete	A volte separati	Deve essere assegnato esplicitamente
Disponibilità di carburante	Dipende dal pacchetto	La questione strategica tra Stato e proprietario rimane
Responsabilità finale per la sicurezza nucleare	**NO**	Il titolare della licenza la conserva

La distinzione fondamentale è:

RESPONSABILITÀ CONTRATTUALE

≠

RESPONSABILITÀ PER LA SICUREZZA NUCLEARE

Il titolare della licenza non può rendersi istituzionalmente ignorante semplicemente perché

L'appaltatore si è assunto la responsabilità commerciale.

Contratti a pacchetto frazionato

Un secondo modello suddivide il progetto in diversi grandi pacchetti contrattuali.

Per esempio:

```
PROPRIETARIO
│
 ├ ── ISOLA DEL REATTORE
│
 ├ ── ISOLA DELLE TURBINE
│
 ├ ── OPERE CIVILI
│
 ├ ── ELETTRICO
│
 ├ ── I&C
│
└── BILANCIO DELL'IMPIANTO
```

Questo modello può aumentare la concorrenza.

Ciò potrebbe anche facilitare la partecipazione industriale italiana, poiché le imprese nazionali potrebbero partecipare direttamente alle gare d'appalto per lotti di grandi dimensioni, anziché operare esclusivamente come subappaltatori per conto di un'organizzazione EPC straniera.

Ma in tal caso il proprietario si assume **il rischio dell'interfaccia** .

Tale rischio può essere grave.

Supponiamo:

FORNITORE DI REATTORI

progettazione interfaccia A

IMPRESA EDILE

costruisce l'interfaccia B

APPALTATORE DI TURBINE

richiede l'interfaccia C

Se i tre presupposti non corrispondono esattamente, il proprietario deve risolvere l'incompatibilità.

I problemi di interfaccia possono causare:

- riprogettazione;
- lavori di rifacimento edilizio;
- ritardo;
- pretese contrattuali;
- modifiche alle licenze.

Quanto più frammentato è il modello contrattuale, tanto più sofisticato deve diventare il committente dal punto di vista tecnico.

Modello multi-contratto

Nella situazione più frammentata, il proprietario stipula contratti direttamente con decine o centinaia di fornitori principali.

Ciò può massimizzare l'industria locale e gli appalti competitivi.

Inoltre, ciò crea la massima richiesta di capacità da parte del proprietario.

Di fatto, il proprietario diventa il principale integratore di sistema.

Per la FOAK italiana, un modello del genere sarebbe ad alto rischio a meno che il proprietario non disponga di un'organizzazione con una profonda esperienza nella

gestione di progetti nucleari.

Tabella 14.1-B — Compromesso tra modello contrattuale e modello

Modello	onere di integrazione da parte del proprietario	Concentrazione dei fornitori	Opportunità di approvvigionamento diretto in Italia	rischio interfaccia
Soluzioni chiavi in mano/EPC	Inferiore	Alto	Mezzo	Basso-medio
Pacchetto diviso	Medio-alto	Mezzo	Alto	Alto
Multi-contratto	Molto alto	Inferiore	Molto alto	Molto alto

Non esiste un modello universalmente superiore.

La scelta dipende dalla maturità del proprietario italiano.

La domanda corretta non è quindi:

Quale contratto offre all'Italia il prezzo EPC più basso?

È:

Quale struttura contrattuale assegna ciascun rischio a un'organizzazione in grado di controllarlo senza creare interfacce ingestibili per il committente italiano?

La capacità del proprietario dovrebbe determinare la frammentazione degli appalti

Il primo progetto italiano dovrebbe essere conservativo per quanto riguarda le interfacce.

I progetti futuri potrebbero essere diversi.

Un programma razionale potrebbe evolversi nel modo seguente:

```
PESCE ITALIANA
↓
struttura contrattuale altamente integrata
↓
Il proprietario italiano impara
↓
Fornitori italiani qualificati
↓
maggiore responsabilità per i pacchi nazionali
↓
replica della flotta
piuttosto che:
PESCE ITALIANA
↓
massimo contenuto locale immediatamente
↓
un gran numero di interfacce nucleari inesperte
↓
fallimento della pianificazione
```

La politica industriale e la realizzazione dei progetti devono pertanto essere coordinate.

La localizzazione dovrebbe avvenire laddove l'industria italiana possa effettivamente esercitare un controllo:

- qualità;
- programma;
- documentazione;
- standard nucleari.

Non dovrebbe essere massimizzato meccanicamente.

L'ufficio acquisti deve congelare l'impianto di riferimento

Forse la disciplina contrattuale più importante è la stabilità del progetto.

Non è possibile realizzare una flotta basata su componenti prodotti in fabbrica se ogni acquirente richiede personalizzazioni a livello nazionale.

Il governo e il committente dovrebbero pertanto individuare un **progetto di riferimento** e limitare le deviazioni.

La sequenza corretta è:

```
PROGETTO DI RIFERIMENTO
↓
DIFFERENZE NORMATIVE ITALIANE
↓
REQUISITI SPECIFICI DEL SITO
↓
MODIFICHE MINIME NECESSARIE
↓
CONGELAMENTO DEL DESIGN
↓
APPROVVIGIONAMENTO SERIALE
```

L'alternativa dannosa è:

```
REATTORE DI RIFERIMENTO
↓
MODIFICA DEL MINISTERO
+
MODIFICA DEL REGOLATORE
+
PREFERENZA UTILITÀ
+
PREFERENZA DEL SITO LOCALE
+
RIELABORAZIONE DEL FORNITORE ITALIANO
↓
REATTORE UNICO ITALIANO
```

A quel punto il programma avrebbe sacrificato uno dei principali argomenti economici a favore della diffusione dei reattori modulari di piccole dimensioni (SMR).

Le modifiche al progetto devono diventare una questione di competenza esclusiva dell'autorità di controllo del progetto.

I grandi progetti infrastrutturali raramente evitano completamente le modifiche.

Ma i progetti nucleari possono diventare finanziariamente instabili quando si verificano cambiamenti dopo:

- Blocco del progetto;
- approvvigionamento;
- produzione;
- getto di calcestruzzo.

Una modifica progettuale può avere ripercussioni su molteplici attività a valle.

Per esempio:

```
MODIFICHE AI REQUISITI DELLA VALVOLA
↓
MODIFICHE ALLA PROGETTAZIONE DELLE TUBATURE
↓
MODIFICHE AL SUPPORTO
↓
MODIFICHE ALL'INSERIMENTO DI OPERE CIVILI
↓
MODIFICHE ALLE PROCEDURE DI ACQUISTO
↓
AGGIORNAMENTO DELL'ANALISI DI SICUREZZA
↓
REVISIONE DA PARTE DELL'AUTORITÀ REGOLATRICE
```

Pertanto ogni cambiamento deve essere classificato secondo:

- importanza per la sicurezza;
- costo;
- programma;
- impatto delle licenze;
- impatto sull'interfaccia.

Nessuna "piccola modifica" richiesta per motivi politici dovrebbe eludere questa procedura.

14.2 La localizzazione della catena di approvvigionamento nucleare richiede qualificazione, tracciabilità e una cultura industriale diversa

L'Italia possiede una solida base industriale avanzata.

Ciò non significa che ogni produttore italiano di alta qualità sia automaticamente un fornitore qualificato per il settore nucleare.

La distinzione è fondamentale.

Un'azienda può produrre:

- eccellenti recipienti a pressione;
- Condotte sottomarine;
- componenti aerospaziali;
- valvole ad alta integrità;
- sistemi elettrici avanzati;

e richiedono ancora ulteriori qualifiche prima di poter fornire componenti nucleari legati alla sicurezza.

Qualità nucleare non significa semplicemente:

“Migliore produzione”.

Significa che il prodotto viene fabbricato all'interno di un sistema controllato in grado di dimostrare in modo continuativo che tutti i requisiti di sicurezza applicabili sono stati soddisfatti.

La definizione della NRC statunitense è utile perché esprime chiaramente il principio: la garanzia di qualità nucleare consiste nelle azioni pianificate e sistematiche necessarie per fornire un'adeguata fiducia nel fatto che una struttura, un sistema o un componente funzioneranno in modo soddisfacente durante il servizio. Comprende procedure, registrazioni, ispezioni, azioni correttive e audit, e si estende a licenziatari e fornitori.

L'Italia utilizzerà in definitiva il quadro normativo/di codificazione europeo e italiano applicabile al reattore selezionato, e non automaticamente le norme statunitensi.

Ma la logica di base della qualità è universale.

Il prodotto nucleare è il componente più la sua evidenza

Si consideri una valvola relativa alla sicurezza nucleare.

Il suo risultato finale non è semplicemente:

VALVOLA

```
È:
VALVOLA
+
CERTIFICATI DEI MATERIALI
+
TRACCIABILITÀ DEL CALORE/LOTTO
+
REGISTRI DI SALDATURA
+
QUALIFICAZIONE DELLA PROCEDURA
+
QUALIFICAZIONE DEL PERSONALE
+
NDE RECORDS
+
CONTROLLO DIMENSIONALE
+
PROVA DI PRESSIONE
+
CRONOLOGIA DELLE DEVIAZIONI
+
RILASCIO DI QUALITÀ
```

In caso di mancanza di dati essenziali, la valvola fisica potrebbe diventare inutilizzabile.

Ciò rappresenta una sfida strategica di grande rilievo per un Paese impegnato nella ricostruzione di infrastrutture nucleari.

La filiera nucleare deve imparare che:

La documentazione è parte integrante del prodotto.

La fase di qualificazione dovrebbe iniziare anni prima della costruzione.

L'approccio sbagliato sarebbe quello di aspettare la fase di appalto EPC e poi scoprire che importanti fornitori italiani non dispongono di:

- sistemi di controllo qualità richiesti;
- Codici di codifica;
- procedure di saldatura qualificate;
- riferimenti nucleari;
- cronologia delle verifiche.

L'approccio corretto è:

```
2026–2028
MAPPATURA DELLA CATENA DI FORNITURA
↓
ANALISI DELLE LACUNE
↓
PROGRAMMI DI QUALIFICAZIONE
↓
REVISIONI CONTABILE
↓
ORDINI DI REFERENZA / PROGETTI ESTERI
↓
APPROVVIGIONAMENTO DI FOAK ITALIANO
```

Ciò consente alle imprese italiane di utilizzare i programmi nucleari esteri in corso come piattaforme di qualificazione.

Le categorie dei fornitori dovrebbero determinare l'onere di qualificazione

Non tutti gli articoli richiedono lo stesso trattamento di qualità nucleare.

Un progetto nucleare comprende:

COMPONENTI DI CLASSE DI SICUREZZA

+

COMPONENTI IMPORTANTI PER LA SICUREZZA

+

COMPONENTI INDUSTRIALI CONVENZIONALI

Il processo di approvvigionamento deve classificarli correttamente.

Una classificazione eccessiva aumenta i costi inutilmente.

La sottoclassificazione compromette la sicurezza.

Questo è uno dei motivi per cui il giudizio ingegneristico deve rimanere integrato con la fase di approvvigionamento.

I componenti di livello commerciale richiedono una dedica formale laddove siano accreditati per la sicurezza

Le moderne catene di approvvigionamento utilizzano sempre più spesso componenti commerciali di alta qualità laddove non esistono più fornitori specializzati nel settore nucleare o dove la tecnologia industriale si è diffusa in mercati commerciali più ampi.

Ciò non è di per sé inaccettabile.

Tuttavia, i componenti a cui viene attribuita una funzione di sicurezza richiedono un processo controllato che dimostri la loro capacità di svolgere tale funzione.

Il sistema di assegnazione dei componenti di livello commerciale della NRC (Nuclear Regulatory Commission) ne è un esempio consolidato: le caratteristiche critiche devono essere identificate e verificate tramite ispezione, test o analisi prima che un componente commerciale venga accettato come equivalente per la relativa funzione di sicurezza nucleare.

L'Italia avrà bisogno di una logica regolamentare equivalente, adeguata ai codici e al quadro di licenze che ha scelto.

Il principio fondamentale è:

DISPONIBILE SUL MERCATO COMMERCIALE

≠

ACCETTAZIONE AUTOMATICA

PER LA FUNZIONE DI SICUREZZA NUCLEARE

Gli articoli contraffatti, fraudolenti e sospetti devono essere trattati come rischio per il programma.

Le catene di approvvigionamento del nucleare sono lunghe.

Un reattore principale può contenere i componenti prodotti:

- in diversi paesi;
- da più livelli di subappaltatori;
- nel corso di diversi anni.

Ciò comporta l'esposizione a:

- certificati di materiale contraffatto;
- risultati dei test fraudolenti;
- materiali sostitutivi;
- modifiche di produzione non approvate;
- parti non autorizzate.

L'esperienza storica della NRC ha portato all'introduzione di controlli espliciti che rafforzano il coinvolgimento degli ingegneri, la verifica degli acquisti e l'individuazione di prodotti commercializzati in modo fraudolento.

L'Italia dovrebbe considerare la questione in entrambi i modi:

- rischio di qualità;
- rischio per la sicurezza.

Il futuro proprietario dell'impianto nucleare dovrebbe mantenere una visibilità completa sui fornitori, anche al di là del primo livello.

Mappa della catena di approvvigionamento

```
PROPRIETARIO
│
▼
LIVELLO 1 — APPALTATORE PRINCIPALE
│
▼
LIVELLO 2 — FORNITORI DI SISTEMI
│
▼
LIVELLO 3 — FORNITORI DI COMPONENTI
│
▼
LIVELLO 4 — MATERIALE / SOTTOCOMPONENTE
│
▼
FONTE DI MATERIE PRIME
```

Per gli elementi rilevanti per la sicurezza, il programma dovrebbe sapere chi occupa ogni livello pertinente.

Tabella 14.2-A — Dimensioni minime di qualificazione dei fornitori

Dimensione	Documentazione richiesta
Capacità tecnica	Il prodotto può soddisfare le specifiche
Controllo qualità nucleare	Programma di gestione/qualità approvato
Codici/standard	Certificazione applicabile
Tracciabilità dei materiali	Completare
Saldatura	Processi/personale qualificato
NDE	Procedure/personale qualificato
Storia della produzione	Dimostrato
Salute finanziaria	Il fornitore può resistere per tutta la durata del progetto
Sicurezza informatica	Adatto per la fornitura digitale
Prevenzione della contraffazione	Controlli stabiliti
Supervisione dei subfornitori	Visibile e verificabile
Programma di azioni correttive	Funzionamento
Conservazione dei documenti	Requisiti del ciclo di vita soddisfatti
Controllo della configurazione	Controllo della progettazione/revisione
Capacità	Può rispettare gli orari della flotta

La salute finanziaria merita particolare attenzione.

Un fornitore specializzato tecnicamente eccellente che diventa insolvente durante la fase di costruzione può causare notevoli ritardi.

La resilienza della catena di approvvigionamento nucleare richiede pertanto una combinazione di:

- tecnico;
- finanziario;
- geopolitico;

valutazione.

I contenuti locali devono essere separati dai contenuti locali qualificati per il settore nucleare.

Supponiamo che il 70% della spesa avvenga in Italia.

Questa cifra è economicamente interessante.

Ciò dice ben poco sulla sovranità nucleare se le aziende italiane non controllano funzioni ad alto valore aggiunto.

L'Italia dovrebbe distinguere:

```
SPESA LOCALE
↓
posti di lavoro / PIL


CONTENUTO LOCALE QUALIFICATO PER IL SETTORE NUCLEARE
↓
competenza industriale


CONTENUTI LOCALI STRATEGICI
↓
ingegneria / IP / sicurezza /
mantenimento della sovranità
```

La gettata di calcestruzzo in loco e la produzione in loco dei componenti interni del reattore non sono strategicamente equivalenti.

Il programma dovrebbe pertanto rendicontare la localizzazione per pacchetto di lavoro anziché in percentuale.

Tabella 14.2-B — Gerarchia di localizzazione

Livello	Esempio	Strategico
Spesa locale di base	alloggio, servizi generali	Basso
Costruzione convenzionale	opere civili	Mezzo
Costruzione nucleare	ingegneria civile/meccanica relativa alla sicurezza	Alto
Componenti nucleari	valvole, tubazioni, scambiatori di calore	Alto
Digitale/Istruzione e Controllo	sistemi di controllo	Molto alto
Ingegneria progettuale	responsabilità in materia di sicurezza/progettazione	Molto alto
Carburante	capacità di arricchimento/fabbricazione	Strategico
Servizi per l'intero ciclo di vita	manutenzione/ricambi	Strategico
diritti di esportazione	capacità di fornire la flotta all'estero	Molto alto

La cultura della qualità è importante quanto i manuali scritti di controllo qualità.

Un fornitore può possedere un manuale di controllo qualità sofisticato e comunque ottenere risultati scadenti.

La vera prova è il comportamento.

Una cultura efficace della qualità nucleare richiede ai lavoratori di:

- Interrompere il lavoro in caso di problemi;
- deviazioni documentate;
- rifiutare riparazioni non autorizzate;
- preservare la tracciabilità;
- segnalare i difetti.

La cultura indesiderabile è:

"FAI IN MODO CHE CI STIA"

La cultura nucleare deve essere:

"MOSTRARE LA CONFORMITÀ"

Questa differenza dovrebbe essere inclusa nella valutazione dei fornitori.

14.3 La costruzione deve essere gestita simultaneamente come controllo della configurazione, controllo della pianificazione e produzione di documentazione.

La costruzione di un impianto nucleare comprende milioni di singole attività.

La sfida non consiste semplicemente nel completarli.

La sfida è completarli:

- nella sequenza corretta;
- secondo il progetto approvato;
- con qualità verificata;
- con prove adeguate per il rilascio di licenze e l'avvio di attività.

Il committente necessita pertanto di un **sistema integrato di controllo del progetto** .

Come minimo dovrebbe includere:

- costo;
- programma;
- ingegneria;
- approvvigionamento;
- Stato di avanzamento dei lavori;
- rischio;
- controllo delle modifiche;
- licenze;
- qualità;
- gestione documentale.

Un unico piano generale dovrebbe integrare tutti i percorsi critici

Il solo programma di costruzione non è sufficiente.

Un reattore può essere fisicamente pronto ma non in grado di entrare in funzione perché:

- Il punto di blocco del regolatore non è stato rilasciato;

- Carburante non disponibile;
- Procedura di messa in servizio non approvata;
- Collegamento alla rete incompleto;
- Formazione degli operatori incompleta.

Il piano generale dovrebbe quindi includere:

```
INGEGNERIA
|
APPROVVIGIONAMENTO
|
PRODUZIONE IN FABBRICA
|
COSTRUZIONE CIVILE
|
INSTALLAZIONE
|
LICENZE
|
GRIGLIA
|
CARBURANTE
|
COMMISSIONE
|
PRONTEZZA DELL'OPERATORE
```

Il percorso critico può spostarsi tra di essi.

L'avanzamento del progetto non dovrebbe essere misurato in base al denaro speso.

Un progetto può spendere il 70% del suo budget senza essere completato al 70%.

I progressi dovrebbero essere misurati in base a traguardi fisici oggettivi.

Alcuni esempi includono:

- Sono stati rilasciati i pacchetti di progettazione;
- Scavo completato;
- Tappetino di base completo;
- I principali moduli sono stati consegnati;
- recipiente del reattore installato;
- Contenimento completato;
- energizzazione elettrica;
- disponibilità della sala di controllo;
- ricambio del sistema;
- test funzionali a caldo;
- carico di carburante.

Il governo dovrebbe essere scettico nei confronti di affermazioni generiche come:

“I lavori di costruzione sono completi all'80%”

a meno che la metodologia non sia definita.

I controlli basati sul valore acquisito e sull'avanzamento fisico dovrebbero essere indipendenti dalla fatturazione dell'appaltatore.

Il responsabile del progetto deve sapere:

LAVORO PROGRAMMATO

vs

LAVORO VERO

vs

COSTO EFFETTIVO

Una fattura del fornitore dimostra la spesa.

Non dimostra autonomamente i progressi compiuti.

Il completamento della progettazione dovrebbe precedere la costruzione.

L'avvio dei lavori di costruzione prima che la fase progettuale sia completata può creare un'apparente accelerazione dei tempi, seguita da costose rilavorazioni.

La sequenza pericolosa è:

I LAVORI DI COSTRUZIONE INIZIANO PRESTO

↓

IL DESIGN È ANCORA IN FASE DI CAMBIAMENTO

↓

LAVORI INSTALLATI NON VALIDI

↓

DEMOLIRE / RICOSTRUIRE

↓

RITARDO

Pertanto, ogni pacchetto di costruzione principale dovrebbe avere una soglia di prontezza ingegneristica definita.

La costruzione modulare crea un problema di controllo del progetto diverso

I SMR promettono una maggiore produzione industriale.

Ciò può ridurre i lavori di costruzione in loco.

Non elimina la gestione del progetto.

Trasferisce parte del materiale dal sito alle fabbriche.

Il progetto diventa:

```
FABBRICA A
|
FABBRICA B
|
FABBRICA C
|
PORTO / FERROVIA / STRADA
|
MONTAGGIO IN LOCO
```

Il proprietario deve controllare:

- Programma di produzione;
- qualità di fabbrica;
- trasporto dei moduli;
- magazzinaggio;
- sequenza di arrivo;
- interfaccia dimensionale.

Un modulo che arriva con sei mesi di anticipo può rappresentare un problema se non può essere conservato in modo sicuro.

Un modulo che arriva con sei mesi di ritardo può bloccare i lavori di costruzione del cantiere.

La logistica dovrebbe quindi essere considerata parte integrante della progettazione edilizia.

Per i moduli di grandi dimensioni l'Italia deve stabilire:

- luogo di produzione;
- disponibilità delle porte;
- capacità della nave;
- geometria stradale;
- limiti del ponte;
- possibilità ferroviarie;
- attrezzature per sollevamento pesante;
- area di ricezione del sito.

Questo collega direttamente il Capitolo 14 al Capitolo 3.

Un reattore tecnicamente eccellente, i cui moduli non possono essere economicamente raggiunti dal sito candidato, non rappresenta una combinazione reattore/sito appropriata.

Il controllo qualità deve estendersi fino alle fabbriche

L'ente regolatore e il proprietario non possono controllare la qualità dei componenti solo al loro arrivo in Italia.

Le attività produttive critiche possono svolgersi all'estero anni prima.

La prassi normativa internazionale include pertanto le ispezioni dei fornitori e dei venditori. La NRC, ad esempio, ispeziona i fornitori di sistemi a vapore nucleare, le società di architettura e ingegneria, i produttori di componenti e i laboratori di prova nell'ambito della supervisione del controllo qualità dei nuovi reattori.

L'Italia dovrebbe pertanto stabilire i diritti per:

- sorveglianza del proprietario;
- Ispezione ISIN;
- accesso ai registri di produzione;
- punti di testimonianza e di controllo;

all'interno delle strutture dei fornitori esteri, ove pertinente.

Questi diritti devono essere sanciti nei contratti di appalto.

Le non conformità sono inevitabili; le non conformità incontrollate sono inaccettabili.

Nella produzione complessa, si verificheranno delle deviazioni.

L'esistenza di una non conformità non indica necessariamente un fallimento del programma.

La questione rilevante è come viene gestito.

La procedura corretta è:

```
NON CONFORMITÀ INDIVIDUATA
↓
DOCUMENTATO
↓
VALUTAZIONE TECNICA
↓
RIPARAZIONE?
RILAVORARE?
ACCETTARE COSÌ COM'È?
RIFIUTARE?
↓
REVISIONE DA PARTE DELLE AUTORITÀ DI REGOLAMENTAZIONE, SE
NECESSARIA
↓
CONFIGURAZIONE AGGIORNATA
Il processo inaccettabile è il seguente:
PROBLEMA RISCONTRATO
↓
RIPARAZIONE SUL CAMPO
↓
NESSUN DOCUMENTO
```

La costruzione di centrali nucleari richiede un solido sistema di azioni correttive. La supervisione dei fornitori da parte della NRC continua a individuare e ispezionare con precisione questi aspetti, tra cui il controllo degli appalti, i componenti non conformi e le azioni correttive.

La fase di messa in servizio inizia molto prima del primo rifornimento di carburante.

La fase di collaudo non deve essere considerata come il breve periodo che intercorre tra il completamento della costruzione e la prima immissione di energia elettrica.

Il suo scopo è dimostrare sistematicamente che installato:

- strutture;
- sistemi;
- componenti;

eseguire secondo:

- progetto;
- requisiti di sicurezza;
- procedure operative.

L'AIEA richiede che l'organizzazione operativa si assuma la responsabilità generale della messa in servizio in sicurezza, anche quando le attività di messa in servizio vengono svolte da appaltatori. L'operatore deve approvare le attività degli appaltatori, stabilire punti di controllo e coinvolgere il futuro personale operativo il prima possibile.

Questo principio è particolarmente importante per l'Italia.

La pianta non deve essere:

COSTRUITO DA EPC

↓

CONSEGNATO ALL'OPERATORE ITALIANO

↓

L'OPERATORE IMPARA A FUNZIONARE L'IMPIANTO

La sequenza più forte è:

```
OPERATORE ITALIANO
│
        ├ ── revisione del design
        ├ ── sorveglianza dei cantieri
        ├ ── messa in servizio
└── test
↓
assume l'attività
```

Al momento del primo carico di combustibile, gli operatori dovrebbero già conoscere l'impianto in modo approfondito.

Progressione tipica della messa in servizio

Il programma preciso dipende dalla progettazione del reattore, ma concettualmente:

```
COMPLETAMENTO DELLA COSTRUZIONE
↓
RIPARTIZIONE DEL SISTEMA
↓
TEST DEI COMPONENTI
↓
TEST DEL SISTEMA
↓
TEST INTEGRATI
↓
ENERGIA ELETTRICA
↓
TEST FUNZIONALI A CALDO / NON NUCLEARI
↓
PUNTO DI FERMO REGOLAMENTARE
↓
CARICO DI CARBURANTE
↓
PRIMA CRITICA
↓
TEST DI FISICA A BASSA POTENZA
↓
ASCENSIONE DI POTERE
↓
PROVE SU TURBINA E RETE
↓
TEST DI POTENZA AL 100%
↓
OPERAZIONE COMMERCIALE
```

Ogni fase dovrebbe avere criteri di accettazione predefiniti.

Il livello di carburante dovrebbe essere il criterio di prontezza operativa più rigoroso del programma.

Prima che il combustibile nucleare entri nel reattore, l'Italia dovrebbe richiedere la contemporanea prontezza di:

- pianta;
- operatore;
- regolatore;
- sistema di emergenza;
- salvaguardie;
- protezione dalle radiazioni;
- sicurezza;
- griglia;
- sistemi di gestione dei rifiuti.

Un programma di costruzione fisica che termini prima che tali sistemi siano pronti dovrebbe essere rimandato.

La regola corretta è:

COSTRUZIONE COMPLETATA

≠

AUTORIZZAZIONE AL CARICO DI CARBURANTE

Il carico di carburante trasforma radicalmente il progetto.

Da quel momento l'impianto diventa un sistema a rischio nucleare molto più significativo.

Tabella 14.3-A — Condizioni minime di precaricamento del carburante

Zona	Condizione richiesta
Pianta	Sistemi necessari per il carico di carburante accettato
Custodia di sicurezza	Approvato
Licenza	Autorizzazione applicabile rilasciata
Operatori	Qualificato/abilitato
Procedure	Approvato
Disposizioni di emergenza	Operativo/esercitato
Protezione dalle radiazioni	Operativo
Misure di salvaguardia	Operativo
Sicurezza fisica	Operativo
Sicurezza informatica	Approvato per i sistemi richiesti
Piscina del combustibile esaurito	Pronto
Sistemi di gestione dei rifiuti	Pronto
Alimentazione esterna	Disponibile
Interfacce di griglia	Pronto secondo necessità
Carburante	Ispezionato/accettato
Regolatore	Ispezione/verifica di conformità completata

Gli annunci politici riguardanti "l'arrivo del primo combustibile nucleare" non dovrebbero mai prevalere su questo limite.

14.4 L'esercizio commerciale rappresenta l'inizio del ciclo di vita dell'asset, non la fine del progetto.

Il sistema politico si concentra naturalmente su:

prima elettricità.

Il gestore dell'impianto nucleare deve concentrarsi sui prossimi sessant'anni.

Una volta avviata l'attività commerciale, il centro di competenza si sposta dalla gestione della costruzione verso:

- sicurezza operativa;
- manutenzione;
- affidabilità;
- gestione del carburante;
- invecchiamento;
- configurazione;
- esperienza operativa.

L'impianto deve mantenere:

```
SICUREZZA
+
DISPONIBILITÀ
+
CONTROLLO DELLA CONFIGURAZIONE
+
CONDIZIONI DELL'IMMOBILE
```

per tutta la sua vita operativa.

La manutenzione deve essere pianificata prima dell'entrata in funzione.

Il gruppo di lavoro SSG-74 dell'AIEA considera la manutenzione, i test, la sorveglianza e l'ispezione come un sistema integrato necessario per garantire che strutture, sistemi e componenti continuino a svolgere le funzioni previste.

Ciò significa che il programma di manutenzione dovrebbe già esistere al momento della messa in servizio.

L'Italia non dovrebbe scoprire dopo l'operazione che:

- La valvola critica non è accessibile;
- La pompa principale non può essere rimossa in modo efficiente;
- L'area di ispezione è insufficiente;
- La schermatura è inadeguata;
- Non è possibile reperire i pezzi di ricambio.

La manutenibilità è un requisito di progettazione.

La strategia di manutenzione comprende diversi livelli

Può includere:

- manutenzione correttiva;
- manutenzione preventiva;
- manutenzione predittiva/basata sulle condizioni;
- sorveglianza;
- Ispezione in servizio;
- test.

Un programma maturo si allontana sempre più da:

```
GUASTI ALLE APPARECCHIATURE
↓
RIPARAZIONE
verso:
CONDIZIONI DEL MONITOR
↓
PREVEDI IL DEGRADO
↓
INTERVENIRE PRIMA DEL FALLIMENTO
```

Tuttavia, i sistemi critici per la sicurezza potrebbero comunque richiedere ispezioni e test periodici prescritti, a prescindere dall'analisi predittiva.

Le interruzioni per il rifornimento diventano eventi operativi centrali

Per i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) LWR convenzionali, le interruzioni per il rifornimento di combustibile comprendono:

- rifornimento di carburante;
- Manutenzione straordinaria;
- ispezione;
- test obbligatori;
- modifiche.

Le prestazioni durante le fermate programmate influiscono direttamente sul fattore di capacità e sulla redditività dell'impianto.

Un reattore nominale da 300 MWe che opera al 90% del fattore di capacità annuo produce una quantità di energia sostanzialmente maggiore rispetto alla stessa unità che opera al 75%.

Pertanto, le ipotesi di finanziamento del Capitolo 12 dipendono dalla performance operativa del Capitolo 14.

Tabella 14.4-A — Variabili operative con effetto economico diretto

Variabile	Conseguenze economiche
fattore di capacità	Ricavi dell'energia elettrica
Tasso di interruzioni non pianificate	Generazione perduta
Durata del rifornimento	Generazione perduta
costi di manutenzione	OPEX
durata del ciclo del carburante	Carburante/Manutenzione e gestione
Sostituzione di un componente principale	Spese in conto capitale (CAPEX) del ciclo di vita
Tempi di consegna dei pezzi di ricambio	rischio di interruzione
Personale	Costi operativi fissi
Produzione di rifiuti	Costo del ciclo di vita
Interruzione regolamentare	perdita di ricavi

La standardizzazione diventa particolarmente preziosa durante il funzionamento

Se l'Italia gestisce quattro unità identiche:

```
FORMAZIONE COMUNE
+
RICAMBI COMUNI
+
PROCEDURE COMUNI
+
MANUTENZIONE COMUNE
+
COMBUSTIBILE COMUNE
+
SIMULATORI COMUNI
```

diventare possibile.

Se gestisce quattro diverse famiglie di reattori:

```
4 SISTEMI DI FORMAZIONE
+
4 SISTEMI DI RICAMBI
+
4 SISTEMI DI ALIMENTAZIONE
+
4 REGIMI DI MANUTENZIONE
+
4 PIATTAFORME DIGITALI
```

potrebbe essere richiesto.

Questo è uno degli argomenti più forti contro un'eccessiva diversità tecnologica nella prima flotta nazionale.

I pezzi di ricambio strategici dovrebbero essere acquistati con l'impianto

Alcuni componenti nucleari possono avere tempi di produzione molto lunghi.

L'Italia dovrebbe definire scorte di ricambi strategiche che coprano gli elementi il cui guasto potrebbe produrre:

- interruzione prolungata;
- dipendenza da un unico fornitore;
- esposizione geopolitica.

Il contratto di appalto dovrebbe pertanto prevedere quanto segue:

- ricambi iniziali;
- ricambi a vita;
- obsolescenza;
- Qualifica dei fornitori alternativi;
- disegni tecnici;
- dati di produzione.

Il modello di ciclo di vita peggiore sarebbe:

```
FORNITORE ESTERO
↓
PARTE PROPRIETARIA
↓
UNICO FORNITORE QUALIFICATO
↓
60 ANNI DI DIPENDENZA
```

L'operatore dovrebbe negoziare la sovranità sull'intero ciclo di vita al momento dell'approvvigionamento iniziale.

L'obsolescenza digitale potrebbe diventare più importante dell'obsolescenza meccanica.

Un reattore commissionato intorno al 2040 potrebbe entrare in funzione intorno al 2100.

I suoi sistemi digitali originali non lo faranno.

Hardware, sistemi operativi e tecnologie di comunicazione possono diventare obsoleti molto più rapidamente delle principali infrastrutture nucleari.

Pertanto, la procedura di approvvigionamento deve includere:

- ciclo di vita del software;
- accordi relativi al codice sorgente o al deposito fiduciario, ove opportuno;
- applicazione di patch di sicurezza informatica;
- sostituzione dell'hardware;
- qualificazione dei sistemi successori;
- supporto a lungo termine da parte del fornitore.

La modernizzazione digitale dovrebbe essere data per scontata, non considerata un evento eccezionale.

La gestione della configurazione è la memoria dell'impianto

Durante i sessant'anni di funzionamento, il reattore subirà le seguenti modifiche:

- modifiche;
- sostituzione delle apparecchiature;
- aggiornamenti software;
- modifiche alle procedure;
- miglioramenti in materia di sicurezza.

L'operatore deve sempre sapere:

Quale pianta esiste effettivamente oggi?

I seguenti elementi devono rimanere allineati:

IMPIANTO FISICO

=

DISEGNI

=

DATABASE

=

ANALISI DELLA SICUREZZA

=

PROCEDURE OPERATIVE

Se divergono, l'operatore perde il controllo della configurazione.

La gestione della configurazione deve quindi iniziare durante la fase di costruzione e proseguire fino alla dismissione.

L'esperienza operativa dovrebbe essere recepita da ogni impianto

L'AIEA richiede un feedback sistematico sull'esperienza operativa, in modo che gli eventi, le cause e le azioni correttive adottate in un impianto possano prevenirne il ripetersi altrove.

Per una flotta italiana questo diventa particolarmente prezioso.

Se l'Unità 1 identifica:

- Degrado della valvola;
- problema software;
- debolezza dovuta al fattore umano;

Le unità da 2 a 6 dovrebbero trarne beneficio prima che il problema si ripresenti.

Questo crea il ciclo di flotta desiderato:

ESPERIENZA DELL'UNITÀ 1

↓

AZIONE CORRETTIVA

↓

MODIFICA DELLA FLOTTA

↓

UNITÀ 2–6 MIGLIORAMENTO

La gestione dell'invecchiamento inizia prima che la pianta diventi vecchia.

Il gruppo di lavoro SSG-48 dell'IAEA affronta la gestione dell'invecchiamento in tutte le sue fasi:

- progetto;
- costruzione;
- messa in servizio;
- operazione;
- funzionamento a lungo termine;
- smantellamento.

Questo è importante perché i meccanismi di invecchiamento possono iniziare immediatamente.

Alcuni esempi includono:

- fatica;
- corrosione;
- Fragilità da irraggiamento;
- invecchiamento dei cavi;
- degradazione termica;
- invecchiamento del calcestruzzo.

L'operatore dovrebbe mantenere un programma strutturato di gestione dell'invecchiamento fin dall'avvio.

Non si deve dare per scontato il funzionamento a lungo termine

Se un reattore ha una vita utile di progetto originaria di 60 anni, il suo funzionamento oltre tale periodo richiede una futura valutazione tecnica e normativa.

Il documento SSG-48 individua le considerazioni rilevanti, tra cui:

- stato delle strutture e dei componenti;
- standard attuali;
- programmi di gestione dell'invecchiamento;
- analisi dell'invecchiamento a tempo limitato;
- esperienza operativa.

Pertanto, il business case italiano dovrebbe distinguere:

PERIODO DI FUNZIONAMENTO CON LICENZA / PROGETTO

da:

POSSIBILE PROLUNGAMENTO DELLA VITA

Le ipotesi sui ricavi non dovrebbero accreditare automaticamente operazioni future non approvate.

14.5 La replicazione e lo smantellamento della flotta devono essere progettati prima della costruzione del FOAK.

La promessa economica dell'energia nucleare modulare non si limita a un singolo reattore.

Si tratta di ripetizione.

Un FOAK può essere costoso perché porta:

- Completamento della progettazione;
- prima licenza;
- prima configurazione di fabbrica;
- prima qualificazione del fornitore;
- primo addestramento dell'operatore;
- Apprendimento normativo specifico per paese.

La proposta economica diventa più attraente solo se le unità successive riutilizzano questi investimenti.

Il programma nazionale dovrebbe pertanto trattare il primo reattore come:

Il prototipo di una flotta, non un progetto infrastrutturale isolato.

Ciò modifica la strategia di approvvigionamento.

Il FOAK dovrebbe generare deliberatamente risorse riutilizzabili

Questi includono:

- caso di riferimento di sicurezza approvato;
- fornitori qualificati;
- regolatore qualificato;
- operatore qualificato;
- simulatore;
- procedure di costruzione;
- Programma di controllo qualità;
- Percorso di alimentazione approvato;
- pezzi di ricambio;
- imballaggi dei rifiuti;
- disposizioni di emergenza.

Poi:

UNITÀ 1

↓

RISORSA DI CONOSCENZA

↓

UNITÀ 2

↓

MENO INCERTEZZA

L'economia della flotta richiede cadenza

Immaginate l'Italia che costruisce:

UNITÀ 1 — 2039

UNITÀ 2 — 2048

UNITÀ 3 — 2057

Gran parte della forza lavoro industriale potrebbe disperdersi tra i diversi progetti.

Le fabbriche perdono la produzione in serie.

I fornitori devono riqualificarsi.

Il programma reimpara ripetutamente.

Confrontare:

UNITÀ 1

↓

UNITÀ 2

↓

UNITÀ 3

↓

UNITÀ 4

con produzione sovrapposta.

Ciò consente di:

- continuità lavorativa;
- produzione ripetuta;
- utilizzo della fabbrica;
- investimento dei fornitori;
- minore incertezza sui finanziamenti.

Pertanto, lo Stato non dovrebbe approvare un FOAK senza prima comprendere le condizioni in base alle quali verrebbe acquisita la flotta successiva.

Ciò **non** significa impegnarsi sull'intera flotta prima che esistano prove FOAK.

Significa preservare l'opzione.

Il programma dovrebbe utilizzare gate di flotta condizionali

Per esempio:

```
COSTRUZIONE FOAK
↓
CANCELLO A:
programma entro la soglia?
↓
MESSA IN SERVIZIO DI FOAK
↓
CANCELLO B:
Prestazioni accettabili?
↓
PRIMI ANNI DI ATTIVITÀ
↓
CANCELLO C:
costo / disponibilità / spreco
accettabile?
      ↓
REPLICA DELLA FLOTTA
```

Ciò bilancia:

- apprendimento;
- continuità industriale;

contro:

- rischio di dipendenza.

Le modifiche di progettazione tra le unità devono essere rigorosamente controllate.

Il programma NOAK dovrebbe resistere a modifiche non necessarie.

Ma l'esperienza operativa potrebbe rivelare effettivi miglioramenti in termini di sicurezza.

La regola dovrebbe quindi essere:

NESSUNA MODIFICA

A MENO CHE IL BENEFICIO NON SUPERI

PERDITA DI STANDARDIZZAZIONE

con le modifiche in materia di sicurezza che ricevono sempre la priorità.

Il processo di smantellamento inizia a livello concettuale già nella fase di progettazione.

Forse la lezione storica più importante che l'Italia può trarre dal suo programma nucleare originario è che la chiusura di un reattore non pone fine alla responsabilità nucleare.

Ancora oggi l'Italia si trova a dover gestire lo smantellamento e i rifiuti provenienti da impianti che hanno cessato la produzione decenni fa.

Il nuovo programma dovrebbe pertanto evitare di ripetere un modello in cui lo smantellamento diventi responsabilità dei governi futuri, una volta esaurite le entrate derivanti dall'energia elettrica.

L'attuale raccomandazione della Commissione europea sul finanziamento dello smantellamento applica il principio "chi inquina paga" e prevede che vengano accumulate risorse adeguate durante la vita produttiva dell'impianto. Per i nuovi impianti, raccomanda fondi di smantellamento separati e una revisione indipendente periodica sia dei finanziamenti che delle stime dei costi.

Analogamente, la direttiva 2011/70/Euratom richiede agli Stati membri di garantire la disponibilità di risorse finanziarie adeguate, quando necessario, per i programmi relativi al combustibile esaurito e ai rifiuti radioattivi, tenendo conto della responsabilità dei produttori.

Il principio per l'Italia dovrebbe quindi essere:

```
ENERGIA ELETTRICA GENERATA
↓
RICAVI GUADAGNATI
↓
CONTRIBUTO ALLO SMALTIMENTO
↓
FONDO RISERVATO
↓
FONDI DISPONIBILI
ALLA CHIUSURA FINALE
non:
CHIUSURA DELLO STABILIMENTO
↓
FINE DELLE ENTRATE DELL'OPERATORE
↓
LO STATO ACCORGE LA RESPONSABILITÀ
```

La disattivazione pianificata può ridurre i costi futuri

Le decisioni progettuali prese prima della costruzione possono facilitare:

- rimozione dei componenti;
- segmentazione;
- decontaminazione;
- Riduzione al minimo degli sprechi;
- gestione a distanza.

Alcuni esempi includono:

- evitare l'attivazione non necessaria di materiali;
- fornire punti di sollevamento;
- preservare l'accesso per lo smantellamento;
- ridurre le trappole di contaminazione;
- mantenimento della documentazione.

Lo smantellamento dovrebbe pertanto essere incluso nelle specifiche di approvvigionamento del reattore.

Tabella 14.5-A — Informazioni di smantellamento richieste in fase di appalto

Articolo	Documentazione richiesta
Piano preliminare di smantellamento	Disponibile prima dell'operazione
Inventario dei materiali attivi	Stimato
Rimozione del componente principale	Concetto dimostrato
Previsione dei rifiuti	Stima del ciclo di vita
Smontaggio a distanza	Ove necessario
Strategia di decontaminazione	Definizione
Stato finale del combustibile esaurito	Identificato
Stima dei costi di smantellamento	metodologia specifica per il sito
Meccanismo di finanziamento	Stabilito
Frequenza di aggiornamento	Definizione
responsabilità per deficit finanziario	Assegnato
Conservazione dei documenti	Durata di vita + smantellamento

I fondi destinati allo smantellamento dovrebbero essere protetti dal fallimento aziendale.

Se l'operatore dovesse risultare insolvente dopo 50 anni, il fondo per lo smantellamento deve rimanere disponibile.

Pertanto, una struttura separata è strategicamente preferibile a un accantonamento contabile nel bilancio ordinario dell'operatore.

La Commissione ha raccomandato specificamente fondi separati e una supervisione indipendente per i nuovi impianti nucleari.

La dismissione della flotta crea un secondo programma industriale

Se l'Italia alla fine gestirà diversi reattori, decenni dopo possiederà anche una flotta di reattori da smantellare.

Quel carico di lavoro futuro può a sua volta trasformarsi in una capacità industriale.

L'Italia vanta già una notevole esperienza in materia grazie a SOGIN e alle società collegate.

Il nuovo programma può trasferire questa esperienza pregressa nella **progettazione per lo smantellamento** .

Questo è un ambito in cui la storia nucleare dell'Italia può rappresentare un autentico vantaggio competitivo.

Schema principale del ciclo di vita

```
Il programma completo va quindi inteso come segue:
SELEZIONE DELLA TECNOLOGIA
↓
APPROVVIGIONAMENTO
↓
QUALIFICAZIONE DEL FORNITORE
↓
CONGELAMENTO DEL DESIGN
↓
COSTRUZIONE
↓
COMMISSIONE
↓
CARICO DI CARBURANTE
↓
OPERAZIONE
↓
MANUTENZIONE
↓
GESTIONE DELL'INVECCHIAMENTO
↓
POSSIBILE FUNZIONAMENTO A LUNGO TERMINE
↓
CHIUSURA FINALE
↓
DISMISSIONE
↓
Smaltimento in loco / Rifiuti a lungo termine
```

Non esiste un momento in cui la responsabilità scompare.

Tabella 14.5-B — Chi controlla cosa nel corso del ciclo di vita nucleare

Fase	Principale responsabile
Contratto tecnologico	Proprietario
Integrazione contrattuale	Proprietario
Progetto	Organizzazioni di fornitori/ingegneria sotto il controllo del proprietario
Produzione	Fornitori sottoposti a controllo qualità
Costruzione	EPC/appaltatori sotto la supervisione del proprietario
Conformità alle norme di sicurezza	Titolare della licenza
Approvazione normativa	ISIN
Messa in servizio	Organizzazione operativa
Carico di carburante	Operatore soggetto ad autorizzazione normativa
operazione commerciale	Operatore
Manutenzione	Operatore
Gestione dell'invecchiamento	Operatore
Produzione di rifiuti	Operatore
Finanziamento per lo smantellamento	Quadro operativo/finanziario
Dismissione finale	Titolare della licenza/esecutore
Comunicato normativo	Regolatore

L'Italia dovrebbe istituire un registro di configurazione nucleare che si estenda oltre l'operatore

Una valida misura di salvaguardia a livello nazionale sarebbe l'obbligo, tutelato per legge, di documentare l'intero ciclo di vita del prodotto.

Per ogni reattore, è necessario conservare i seguenti dati:

- base di riferimento del progetto;
- registri di produzione;
- deviazioni;
- modifiche;
- ispezione;
- manutenzione;
- storia di irradiazione;
- dati sui materiali.

Alcuni di questi documenti potrebbero dover rimanere utilizzabili per molti decenni dopo la scomparsa degli appaltatori originali.

Un reattore entrato in funzione nel 2040 potrebbe essere dismesso nel XXII secolo.

Il sistema di documentazione deve pertanto essere progettato per una durata straordinaria.

Gli acquisti devono affrontare il problema della scomparsa dei fornitori.

Un fornitore di reattori esistente oggi potrebbe:

- unire;
- ristrutturare;
- uscire dal mercato;
- fallire finanziariamente;

decenni dopo.

L'Italia dovrebbe quindi ottenere a sufficienza:

- disegni;
- dati tecnici;
- informazioni di configurazione;
- dati di licenza;
- diritti sul software;
- dati relativi ai pezzi di ricambio;

per proteggere la continuità del ciclo di vita.

Il contratto commerciale dovrebbe distinguere la proprietà intellettuale del fornitore dalla legittima esigenza dell'operatore di mantenere la sicurezza nucleare.

Lo Stato dovrebbe mantenere un osservatorio sulle prestazioni della flotta

Una volta che i reattori saranno operativi, l'Italia dovrebbe pubblicare o mantenere un sistema di valutazione verificabile dell'intera flotta.

Tabella 14.5-C — Proposta di scorecard operativa nazionale

Indicatore	Unità
fattore di capacità	%
Tasso di interruzione forzata	%
Durata dell'interruzione programmata	giorni
Fughe non pianificate	numero
Dose collettiva professionale	persona-Sv
Eventi significativi relativi alla sicurezza	classificato
affidabilità del carburante	indicatore definito
rifiuti radioattivi generati	m^3/TWh per classe
Uso dell'acqua	m^3/MWh
Arretrati di manutenzione	ponderato per il rischio
Affidabilità dei componenti principali	indicatore
costi operativi	€/MWh
Adeguatezza dei fondi per lo smantellamento	% finanziato
Inventario del combustibile esaurito	tonnellate / assemblaggi
Concentrazione dei fornitori	componenti chiave
arretrati relativi a problemi informatici/obsolescenza	categoria di rischio

Tali report non dovrebbero essere utilizzati per stilare classifiche semplicistiche.

La sua funzione sarebbe quella di rilevare il deterioramento e verificare se le ipotesi economiche utilizzate per giustificare la flotta si stiano effettivamente realizzando.

Il secondo reattore rappresenta la vera prova della fattibilità economica dei reattori modulari di piccole dimensioni (SMR).

Il primo reattore può sempre essere spiegato come eccezionale.

Può ricevere:

- particolare attenzione politica;
- finanziamenti pubblici;
- risorse aggiuntive del fornitore;
- Risoluzione di problemi su misura.

La vera prova di un programma nucleare modulare è se la seconda e la terza unità diventano più facili da costruire.

Un programma di successo dovrebbe dimostrare:

```
COSTO FOAK
↓
UNITÀ 2 COSTA MENO

DURATA DELLA FOAK
↓
UNITÀ 2: DURATA PIÙ BREVE

SFORZO REGOLAMENTARE FOAK
↓
UNITÀ 2 RIUTILIZZA LE PROVE

PROBLEMI CON I FORNITORI DI FOAK
↓
UNITÀ 2 STABILE DELLA CATENA DI FORNITURA
```

Se ciò non accade, l'ipotesi dell'apprendimento della flotta non viene dimostrata.

Ciò dovrebbe influenzare le successive decisioni di investimento.

L'Italia necessita quindi di test di replicazione espliciti

Prima che l'Unità 2 riceva la decisione finale di investimento (FID), il governo e il proprietario dovrebbero chiedere:

1. L'unità 1 ha mantenuto una stabilità progettuale sufficiente?
2. I fornitori italiani sono stati qualificati con successo?
3. I lavori di costruzione sono rimasti entro i limiti di contingenza approvati?
4. Erano necessarie modifiche sostanziali al progetto?
5. La fase di collaudo ha rivelato problemi sistemici?
6. L'approvvigionamento di carburante è sicuro?
7. Il carico di lavoro degli enti regolatori è scalabile?
8. È possibile replicare lo stesso sito/design?
9. Il WACC è diminuito?
10. I finanziamenti per lo smantellamento e lo smaltimento dei rifiuti sono adeguati?

Se la risposta è ripetutamente negativa, la risposta corretta non è la continuazione automatica della flotta.

Conclusioni finali del governo — Capitolo 14

L'approvvigionamento di energia nucleare non deve essere inteso come l'acquisto di una centrale elettrica.

L'Italia acquisterebbe e poi manterrebbe un **sistema industriale regolamentato i cui obblighi si protrarrebbero per oltre un secolo** .

La decisione di appalto determina quindi molto più di:

- prezzo del reattore;
- programma dei lavori di costruzione.

Determina:

- quanta sovranità tecnica conserva l'Italia;
- quanto rischio di interfaccia si assume il proprietario;
- quanta parte dell'industria nazionale può partecipare in modo credibile;
- quanta dipendenza dal fornitore rimane dopo la messa in servizio;
- se i reattori di ultima generazione potranno effettivamente diventare più economici;
- se l'impianto può essere mantenuto in sicurezza per decenni;
- se i governi futuri erediteranno risorse adeguate per lo smantellamento.

Il principio centrale in materia di appalti dovrebbe pertanto essere:

Trasferire il rischio contrattuale laddove un'altra parte possa effettivamente controllarlo, ma mai trasferire le conoscenze di cui il proprietario italiano ha bisogno per rimanere un titolare consapevole di una licenza nucleare.

Per la prima unità, l'Italia dovrebbe probabilmente evitare un'eccessiva frammentazione contrattuale, a meno che il futuro proprietario non abbia già dimostrato la capacità tecnica di gestire interfacce nucleari complesse.

La localizzazione dovrebbe essere ambiziosa ma disciplinata.

L'obiettivo non dovrebbe essere la più alta percentuale possibile di italiani.

Dovrebbe essere la più grande quota azionaria italiana **qualificata per il nucleare, compatibile con i tempi di realizzazione e di valore strategico .**

Il controllo qualità deve iniziare prima dell'assegnazione dei contratti.

La qualificazione dei fornitori deve avvenire prima che la domanda nel settore delle costruzioni raggiunga il picco.

La tracciabilità deve estendersi dalla materia prima al componente installato.

L'avanzamento dei lavori di costruzione deve essere misurato attraverso traguardi fisici e normativi, piuttosto che in base alla sola spesa.

La fase di collaudo deve essere guidata dalla futura organizzazione operativa e non considerata come il servizio finale fornito dall'appaltatore EPC.

Il rifornimento di carburante deve rimanere un requisito imprescindibile per la prontezza operativa.

Il funzionamento deve quindi essere regolato attraverso:

- gestione della configurazione;
- manutenzione preventiva;
- gestione dell'invecchiamento;
- riscontri sull'esperienza operativa;
- sovranità dei pezzi di ricambio;
- controllo del ciclo di vita digitale.

Infine, il programma deve finanziare e pianificare lo smantellamento fin dal primo giorno di attività.

L'Italia possiede già prove storiche dirette di ciò che accade quando la produzione di energia nucleare cessa ma le responsabilità legate al nucleare permangono.

Il nuovo programma offre l'opportunità di istituzionalizzare tale lezione.

La catena strategica completa dovrebbe quindi essere:

ACQUISTARE
↓
QUALIFICARSI
↓
COSTRUIRE
↓
VERIFICARE
↓
COMMISSIONE
↓
OPERARE
↓
MANTENERE
↓
REPLICARE
↓
DISMISSIONE

Ogni fase dovrebbe fornire informazioni utili per la successiva.

E ogni fase dovrebbe conservare informazioni e risorse finanziarie sufficienti per la fase successiva.

L'obiettivo non dovrebbe essere semplicemente quello di costruire il primo reattore nucleare di nuova generazione in Italia.

Dovrebbe essere quello di costruire il primo reattore in modo tale da:

- il secondo reattore più facile;
- la flotta più sicura;
- il settore è più forte;
- l'operatore è più indipendente;
- la passività relativa allo smantellamento finale interamente finanziata.

Questa è la differenza tra costruire una centrale nucleare e creare un programma nucleare sostenibile.

Capitolo 15 — Lo scenario controfattuale nucleare

La questione più importante nel dibattito nucleare italiano non è se l'energia nucleare possieda vantaggi tecnici.

Non si tratta di stabilire se l'energia solare sia più economica per kilowatt installato.

Non si tratta del fatto che le batterie stiano diventando meno costose.

E non si tratta di stabilire se un singolo SMR sia in grado di generare elettricità in modo continuo.

La questione nazionale decisiva è:

Cosa dovrà costruire, finanziare, importare e gestire l'Italia se l'energia nucleare sarà inclusa nel sistema energetico del 2050, e cosa dovrà sostituirla se il nucleare verrà escluso?

Questo è il controfattuale nucleare.

È il confronto che, in ultima analisi, dovrebbe determinare se un programma nucleare nazionale crea valore economico e strategico.

Il confronto deve essere condotto a **livello dell'intero sistema** .

Un sistema elettrico non può essere pianificato selezionando la tecnologia con il costo livellato di produzione più basso e moltiplicando tale tecnologia fino a quando la produzione annua non eguaglia la domanda annua.

Deve essere disponibile l'elettricità:

- ogni ora;
- in ogni stagione;
- durante le ondate di calore;
- durante i periodi di vento debole;
- dopo il tramonto;
- durante la siccità;
- durante le interruzioni di trasmissione;
- quando le importazioni di energia elettrica sono limitate;
- quando la domanda industriale raggiunge il picco.

Il sistema in questione, pertanto, comprende molto più delle sole centrali elettriche.

Comprende:

```
GENERAZIONE
+
TRASMISSIONE
+
DISTRIBUZIONE
+
MAGAZZINAGGIO
+
FLESSIBILITÀ
+
RISERVE
+
INTERCONNESSIONI
+
CARBURANTE
+
RICHIESTA DI RISPOSTA
+
IDROGENO / POWER-TO-X
+
CATTURA DEL CARBONIO
```

Diversi mix di generazione richiedono diverse quantità di queste infrastrutture complementari.

Per tale ragione, la decisione italiana non può essere ragionevolmente ridotta a:

LCOE NUCLEARE

rapporto

LCOE solare

Il confronto corretto è:

SISTEMA COMPLETO A

rapporto

SISTEMA COMPLETO B

dove entrambi i sistemi devono raggiungere approssimativamente lo stesso risultato:

- domanda di elettricità;
- obiettivo di decarbonizzazione;
- sicurezza dell'approvvigionamento;
- adeguatezza;
- flessibilità;

- requisiti industriali.

L'Italia ora possiede dati ufficiali insolitamente utili per condurre questo confronto.

Il **PNIEC 2024** , basato sulla modellizzazione TIMES-RSE sviluppata con la Piattaforma Nazionale per il Nucleare Sostenibile, ha confrontato un sistema a emissioni zero entro il 2050 **con** e **senza nucleare** . Nel caso conservativo del nucleare, entro il 2050 vengono introdotti circa 8 GW di capacità nucleare. Il modello rileva che il percorso nucleare può raggiungere le emissioni zero con un costo totale del sistema stimato **inferiore di circa 17 miliardi di euro nell'arco temporale considerato** rispetto al percorso comparabile senza nucleare. È fondamentale sottolineare che lo stesso PNIEC afferma che si tratta di un confronto dell'intero sistema energetico, non semplicemente di un confronto dei costi di produzione dell'elettricità, e che il risultato richiede un ulteriore consolidamento nei futuri lavori strategici a lungo termine.

Tale qualifica è essenziale.

Il risultato di 17 miliardi di euro è il seguente:

un output del modello in base a ipotesi definite.

Non lo è:

- denaro già risparmiato;
- un sussidio garantito dal governo;
- prova che qualsiasi reattore, a qualsiasi costo, è economicamente giustificato;
- prova che il caso di un impianto nucleare ad alta potenza da 16 GW creerebbe esattamente lo stesso beneficio.

Il modello conservativo a cui si fa riferimento in questo confronto utilizza circa **8 GW di capacità nucleare** , e non il potenziale massimo di 16 GW discusso altrove nel PNIEC.

Una seconda serie di prove è stata pubblicata da **Terna nel 2025** .

Terna ha preso il quadro di riferimento PNIEC 2050 e ha sviluppato uno studio dettagliato sul sistema elettrico. In particolare, per il suo confronto diretto tra energia nucleare e non nucleare, considera la domanda totale di elettricità a circa **583 TWh in entrambi gli scenari** .

Questo elimina una complicazione nell'ottimizzazione PNIEC originale e pone una domanda più semplice relativa al sistema fisico:

Se l'Italia deve fornire gli stessi 583 TWh di elettricità nel 2050, cosa cambia se si elimina la produzione di energia nucleare?

La risposta è estremamente istruttiva.

Il nucleare non scompare lasciando un vuoto.

Viene sostituito da un portafoglio composto principalmente da:

- ulteriore capacità rinnovabile;
- ulteriore spazio di archiviazione;
- generazione programmabile aggiuntiva;
- importazioni aggiuntive.

Questo è il vero controfattuale.

Dovrebbe diventare il fondamento dell'analisi della politica nucleare italiana.

15.1 Il sistema elettrico italiano del 2050 sarà radicalmente più ampio e più elettrificato, a prescindere dalla decisione sul nucleare.

Il dibattito sul nucleare spesso prende avvio dall'attuale sistema elettrico italiano.

Questo può essere fuorviante.

Il sistema elettrico che potrebbe includere una quota significativa di produzione nucleare tra il 2040 e il 2050 non assomiglierà al sistema del 2026.

Si prevede che la domanda finale di energia elettrica in Italia aumenterà in modo sostanziale poiché la decarbonizzazione trasferisce il consumo di energia dall'uso diretto di combustibili fossili all'elettricità.

Tra i fattori determinanti figurano:

- veicoli elettrici;
- elettrificazione ferroviaria;
- pompe di calore;
- elettrificazione industriale;
- produzione di idrogeno;
- carburanti sintetici;
- centri dati;
- altre infrastrutture digitali.

Le previsioni di Terna sull'adeguatezza dell'offerta energetica indicano già un aumento della domanda rispetto ai livelli attuali, raggiungendo circa **361,9 TWh nel 2030 e 396,9 TWh nel 2035,** secondo i modelli di riferimento.

La trasformazione a lungo termine è di portata ben maggiore.

Lo studio di Terna del 2025, basato sullo scenario nucleare del PNIEC, identifica approssimativamente:

- **a 583,1 TWh** nello scenario nucleare del 2050;
- **478,0 TWh** di consumo finale di energia elettrica;
- **81,5 TWh** per Power-to-X;
- **23,6 TWh** di perdite.

L'ottimizzazione originale del PNIEC senza nucleare ha prodotto una domanda leggermente inferiore, pari a **551,7 TWh** , in parte perché il modello ritiene che una maggiore elettrificazione sia economicamente vantaggiosa nel caso del nucleare.

La differenza nella domanda è di per sé economicamente importante

Il modello PNIEC non si limita a sostituire una tecnologia di generazione con un'altra.

Ottimizza l'intero sistema energetico.

Poiché il modello presuppone che l'elettricità nucleare possa sostituire economicamente parte della generazione a basse emissioni di carbonio, più costosa e programmabile, necessaria nello scenario senza nucleare, il percorso nucleare supporta in qualche modo una maggiore:

- elettrificazione diretta;
- produzione di idrogeno;
- produzione di combustibili sintetici.

Il risultato è:

ELETTRICITÀ A BASSO COSTO E A BASSE EMISSIONI DI CARBONIO

↓

UNA MAGGIORE ELETTRIFICAZIONE DIVENTA ECONOMICA

↓

È POSSIBILE RIDUCERE L'UTILIZZO FINALE DEI FOSSILI.

Ecco perché confrontare solo i costi di produzione dell'elettricità può non cogliere gli effetti più ampi sull'intero sistema.

Una tecnologia energetica può influenzare:

- scelte tecnologiche per il riscaldamento;
- decisioni relative ai combustibili industriali;
- economia dell'idrogeno;
- elettrificazione dei trasporti.

Lo scenario controfattuale si estende quindi oltre il settore energetico.

Tabella 15.1-A — Confronto ufficiale della domanda PNIEC 2050

Variabile	Con nucleare	Senza nucleare
Fabbisogno totale di energia elettrica	**583,1 TWh**	**551,7 TWh**
Consumo finale di energia elettrica	**478,0 TWh**	**453,4 TWh**
Potenza-X	**81,5 TWh**	**75,8 TWh**
Perdite	**23,6 TWh**	**22,5 TWh**
Produzione nazionale	**596,8 TWh**	**566,2 TWh**

Questi dati rappresentano i risultati delle simulazioni del PNIEC, non previsioni garantite.

La portata della trasformazione risulta più evidente se confrontata con la domanda attuale.

Risultati finali delle pubblicazioni statistiche di Terna per il 2025:

- Domanda di energia elettrica: **312,2 TWh** ;
- Produzione netta nazionale: **269,3 TWh** ;
- importazioni: **51,8 TWh** ;
- esportazioni: **4,9 TWh** .

Il sistema del 2050 analizzato da Terna dovrà quindi soddisfare un fabbisogno di energia elettrica di gran lunga superiore a quello attuale.

Ciò significa che la questione strategica non è:

"L'attuale produzione di energia elettrica rinnovabile in Italia dovrebbe essere sostituita con l'energia nucleare?"

Il sistema futuro richiede enormi nuovi investimenti, anche **nel settore nucleare** .

Il nucleare non sostituisce la transizione verso le energie rinnovabili.

Ciò merita particolare attenzione perché il dibattito politico spesso crea una scelta binaria artificiale.

Lo scenario nucleare conservativo del PNIEC presuppone ancora approssimativamente:

- **245 GW di capacità fotovoltaica** ;
- **51 GW di capacità eolica** .

Nel confronto di base sulla produzione di energia elettrica del PNIEC, le importazioni rimangono limitate ed entrambi i sistemi sono in larga parte basati su fonti rinnovabili.

Anche la più ampia strategia di transizione di Terna prevede circa **107 GW di capacità solare ed eolica entro il 2030** , rispetto ai 57 GW installati alla fine del 2025.

Perciò:

```
SCENARIO NUCLEARE
≠
SCENARIO A BASSA RINNOVABILITÀ
È:
ELEVATA ELEVATA DI ENERGIE RINNOVABILI
+
NUCLEARE
+
MAGAZZINAGGIO
+
GRIGLIA
+
FLESSIBILITÀ
```

Il sistema senza nucleare è:

```
ANCORA PIÙ ENERGIE RINNOVABILI
+
PIÙ SPAZIO DI ARCHIVIAZIONE
+
ALTRE CAPACITÀ PROGRAMMABILI
+
MAGGIORE DIPENDENZA DALLE IMPORTAZIONI
```

nel confronto a domanda uguale di Terna.

Questa distinzione è una delle scoperte più importanti dell'intero libro.

La decisione sul nucleare riguarda principalmente l' **ultima fase della profonda decarbonizzazione e la consolidata capacità di produzione di energia a basse emissioni di carbonio** , non se l'Italia debba o meno investire nelle energie rinnovabili.

In entrambi i casi, l'Italia dovrà costruire enormi quantità di impianti per la produzione di energia rinnovabile.

15.2 Cosa sostituirebbe fisicamente l'energia nucleare in un'Italia senza nucleare?

La prova controfattuale più convincente proviene dalla modellazione oraria del sistema di Terna per il 2025.

A differenza dell'ottimizzazione originale del PNIEC, Terna confronta i sistemi nucleari e non nucleari in base allo **stesso fabbisogno di elettricità di circa 583 TWh** .

Ciò consente di osservare direttamente l'effetto di sostituzione.

15.2.1 Più energie rinnovabili e più sistemi di accumulo

Nello scenario di Terna a domanda equa, il sistema contenente energia nucleare utilizza approssimativamente:

- 180 GW di energia solare;
- 46 GW di energia eolica onshore;
- 20 GW di energia eolica offshore.

La capacità totale di energia rinnovabile variabile/non programmabile è di circa **246 GW** .

Senza il nucleare, la cifra sale approssimativamente a:

- 200 GW di energia solare;
- 50 GW di energia eolica onshore;
- 20 GW di energia eolica offshore.

La capacità totale variabile da fonti rinnovabili ammonta a circa **270 GW** .

Il sistema senza nucleare contiene quindi circa **25 GW di capacità eolica e solare in più** .

Questo non è un argomento contro le energie rinnovabili.

Si tratta semplicemente del requisito di sostituzione fisica generato dal modello.

Lo stesso accade con lo spazio di archiviazione.

Terna individua un livello di stoccaggio su scala industriale economicamente utile pari a circa:

- **196 GWh** con l'energia nucleare;
- **216 GWh** senza nucleare.

in questo studio specifico, lo scenario controfattuale senza nucleare richiede circa **20 GWh di capacità di stoccaggio aggiuntiva .**

Il motivo è semplice.

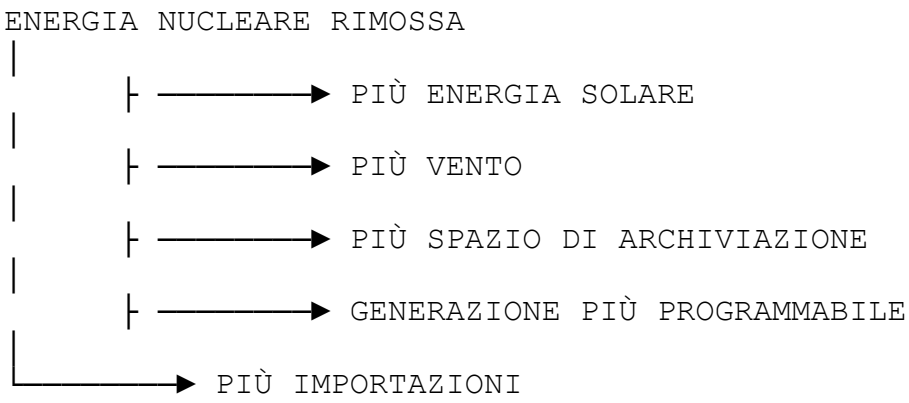
L'energia solare ed eolica vengono prodotte quando le condizioni ambientali lo consentono.

L'immagazzinamento sposta parte di quell'energia nel tempo.

L'energia nucleare contribuisce con un profilo di produzione molto più controllabile.

Eliminare il nucleare aumenta quindi la quantità di bilanciamento temporale necessaria.

Schema del testo - sostituzione fisica



Il punto fondamentale è che queste misure devono essere valutate **congiuntamente** .

Un impianto solare aggiuntivo non sostituisce completamente un SMR.

La sostituzione corretta è la combinazione di:

ENERGIA
+
CAPACITÀ
+
FLESSIBILITÀ
+
SICUREZZA STAGIONALE

necessario per svolgere la stessa funzione di sistema.

Non è possibile aggiungere spazio di archiviazione senza limiti.

La modellizzazione di Terna individua un importante vincolo economico.

L'aggiunta di sistemi di accumulo consente inizialmente di integrare una maggiore quantità di energia rinnovabile e riduce la sovrapproduzione.

Ma oltre un certo punto, l'aumento della capacità di archiviazione produce benefici progressivamente inferiori per il sistema.

Negli scenari di domanda uguale per il 2050, Terna identifica approssimativamente:

- 196 GWh nel caso del nucleare;
- 216 GWh nello scenario senza nucleare;

intorno alla regione di ottimizzazione rilevante.

Ciò riflette una realtà fisica generale.

L'archiviazione risolve **il problema dello spostamento temporale** .

Non genera energia primaria.

E diverse durate di conservazione risolvono problemi diversi.

Una classificazione semplificata è la seguente:

```
BATTERIE
↓
ore / bilanciamento giornaliero


POMPA IDRICA
↓
ore / bilanciamento di più giorni


IDROGENO / ALTRI SISTEMI DI LUNGA DURATA
↓
potenzialmente periodi più lunghi / bilanciamento stagionale
```

La combinazione economicamente ottimale dipende da:

- costo della tecnologia;
- efficienza;
- durata;
- profili di energie rinnovabili;
- geografia della rete;
- richiedere flessibilità.

Pertanto, lo scenario controfattuale senza nucleare non può semplicemente presupporre una quantità illimitata di batterie a basso costo.

Deve specificare:

Quale tecnologia di archiviazione svolge quale funzione di bilanciamento.

La conservazione giornaliera non elimina lo squilibrio stagionale

Il sistema energetico italiano del 2050 comprenderà un'enorme quantità di energia solare.

Ciò crea una forte:

- giorno;
- primavera/estate;

disponibilità energetica.

Ma la domanda invernale può essere elevata mentre la produzione di energia solare è inferiore.

L'analisi di Terna per il 2050 mostra che la generazione programmabile e le importazioni mantengono un peso maggiore, soprattutto in autunno e in inverno, nello scenario senza nucleare.

Ciò dimostra una distinzione importante:

FLESSIBILITÀ QUOTIDIANA

≠

ADEGUATEZZA STAGIONALE

Le batterie possono spostare la produzione di energia solare pomeridiana in funzione della domanda serale.

Non trasferiscono automaticamente l'energia solare prodotta a luglio a quella prodotta a gennaio.

La flessibilità diventa enormemente più importante in entrambi i futuri

Nemmeno lo scenario nucleare elimina i requisiti di flessibilità.

Terna rileva che, rispetto al 2023, il suo scenario nucleare per il 2050 richiede una flessibilità approssimativamente pari a:

- **6,7 volte maggiore su scala giornaliera** ;
- **2,4 volte maggiore su base settimanale** ;
- **5,2 volte maggiore su base mensile** .

Si prevede che la flessibilità giornaliera sarà garantita in larga misura dai sistemi di accumulo, mentre anche gli elettrolizzatori e la limitazione della produzione da fonti rinnovabili assumeranno un ruolo importante.

Pertanto il nucleare non è:

“L’alternativa alla flessibilità.”

Modifica la quantità e la composizione del portafoglio di flessibilità.

Tabella 15.2-A — Controfattuale Terna a domanda uguale 2050

Variabile di sistema	Con nucleare	Senza nucleare
fabbisogno di elettricità	~583 TWh	~583 TWh
Produzione solare/eolica/idroelettrica	**435 TWh**	**474 TWh**
Produzione nucleare	**69 TWh**	—
Altri processi di produzione programmabili	**42 TWh**	**66 TWh**
Importazioni nette	**48 TWh**	**57 TWh**
perdite di stoccaggio	**11 TWh**	**14 TWh**
Copertura a zero emissioni	**89%**	**84%**
Sovragenerazione	**4,8%**	**4,4%**

Questi dati richiedono un'attenta interpretazione.

Il dato di 69 TWh relativo al nucleare proviene dallo scenario successivo del sistema elettrico di Terna e differisce leggermente dai **64,2 TWh** dello scenario nucleare conservativo originale del PNIEC.

Gli studi si basano su presupposti correlati, ma non identici.

Non dovrebbero essere uniti in un unico set di dati sintetico.

È inoltre necessaria una generazione più programmabile.

Nel confronto diretto di Terna, il sistema senza nucleare richiede circa **66 TWh di altre fonti di generazione programmabili** , rispetto ai circa **42 TWh** del caso nucleare.

Questo è significativo.

Un sistema elettrico basato su fonti rinnovabili ha comunque bisogno di risorse in grado di produrre elettricità indipendentemente dalla produzione immediata di energia solare ed eolica.

Possibili fonti includono:

- bacino idroelettrico;
- bioenergia;
- gas con cattura e stoccaggio del carbonio (CCS);
- combustibili derivati dall'idrogeno;
- importazioni;
- risposta alla domanda.

Il dibattito sul no al nucleare deve quindi rispondere a una domanda spesso omessa dalla discussione pubblica:

Qual è la fonte finale di energia elettrica programmabile a basse emissioni di carbonio quando la produzione di energia eolica e solare è insufficiente?

Il PNIEC fornisce una risposta.

Nel suo percorso verso un'economia senza emissioni nucleari e a zero emissioni nette, si fa maggiore affidamento su:

- gas naturale con cattura e stoccaggio del carbonio (CCS);
- bioenergia con CCS.

Il modello originale del PNIEC mostra che la produzione di gas con CCS scende da circa **11,5 TWh senza nucleare a 4 TWh con nucleare** .

La bioenergia con CCS scende da circa:

- **12,5 TWh senza nucleare**
- fino a **6 TWh con il nucleare** .

Il motivo per cui la bioenergia con CCS assume particolare importanza è che la CCS non cattura il 100% della CO_2 di origine fossile.

Per raggiungere l'obiettivo di zero emissioni nette a livello dell'intera economia, pur in presenza di alcune emissioni residue in settori problematici, il modello utilizza le emissioni negative derivanti dalla bioenergia con cattura e stoccaggio del carbonio (CCS) per compensare le emissioni residue in altri settori.

Ciò crea un'importante dipendenza controfattuale.

Una strategia di neutralità nucleare e neutralità netta potrebbe richiedere maggiore fiducia in:

- Cattura di CO_2;
- Trasporto di CO_2;
- stoccaggio di CO_2;
- approvvigionamento sostenibile di biomassa;
- integrità della conservazione a lungo termine.

In Italia la CCS non è più solo un'ipotesi, ma la dipendenza dall'elettricità per flotte di flotte rimane non dimostrata.

L'Italia ha un percorso di sviluppo concreto per la cattura e lo stoccaggio del carbonio (CCS).

Il progetto Eni-Snam Ravenna ha avviato la Fase 1 nel 2024, con l'obiettivo di catturare circa **25.000 tonnellate di CO_2 all'anno** .

Secondo quanto riportato da Eni nel 2025, l'autorizzazione per la Fase 2 è iniziata nel giugno 2025, con l'obiettivo di raggiungere una capacità di trasporto e stoccaggio di circa **4 milioni di tonnellate all'anno entro il 2030** , e una potenziale espansione successiva fino a **16 milioni di tonnellate all'anno** a seconda della domanda.

Questo è strategicamente importante.

L'Italia ha:

- giacimenti di gas offshore esauriti;
- competenza in materia di trasporti e stoccaggio;

- emettitori industriali.

La CCS non dovrebbe quindi essere liquidata come un'invenzione.

Ma c'è un'altra differenza:

IL PROGETTO CCS ESISTE

≠

IL SISTEMA DI ALIMENTAZIONE CCS ESISTE

L'Italia non ha ancora dimostrato di possedere un parco di centrali elettriche a gas operanti con sistemi di cattura e stoccaggio del carbonio (CCS) su scala tale da essere auspicabile per un sistema elettrico profondamente decarbonizzato entro il 2050.

Pertanto, gli scenari nucleari e non nucleari presentano diverse incertezze tecnologiche.

incertezza del percorso nucleare

- costo del reattore;
- durata della costruzione;
- licenze;
- carburante;
- accettazione da parte del pubblico.

Incertezza sulla generazione di imprese senza nucleare

- Costo del CCS;
- catturare le prestazioni;
- Trasporto di CO_2;
- infrastrutture di archiviazione;
- disponibilità di biomassa;
- conservazione a lungo termine;
- disponibilità di importazione richiesta.

È proprio per questo che lo studio controfattuale deve confrontare **i rischi** , non solo i costi attuali della tecnologia.

15.3 Il confronto economico deve essere basato sul costo totale del sistema, non sul LCOE della singola tecnologia.

Il dato economico più frequentemente utilizzato nel dibattito sul nucleare italiano è la stima del PNIEC, che indica **un risparmio di circa 17 miliardi di euro sul costo totale del sistema** nello scenario nucleare più prudente.

È utile.

Deve essere utilizzato correttamente.

Il PNIEC spiega esplicitamente che il modello TIMES-RSE ottimizza l'intero sistema energetico e che, poiché la presenza del nucleare modifica l'economia dell'elettrificazione per l'uso finale, il confronto corretto è basato sul costo totale del sistema piuttosto che sul solo costo di produzione dell'elettricità.

Il risultato della modellazione indica:

In base alle ipotesi utilizzate, consentire una capacità nucleare di circa 8 GW riduce il costo attualizzato per raggiungere il sistema a zero emissioni nette modellato di circa 17 miliardi di euro rispetto al corrispondente caso senza nucleare.

Ciò non dimostra che un programma nucleare sia più economico di altri.

La conclusione dipende da presupposti riguardanti:

- investimenti in conto capitale per il reattore;
- WACC;
- durata della costruzione;
- fattore di capacità;
- Spese operative (OPEX) del nucleare;
- Investimenti in energie rinnovabili;
- costi di magazzinaggio;
- prezzi del gas;
- prezzi del carbonio;
- Costo del CCS;
- tecnologia dell'idrogeno;
- domanda di elettricità;
- Tempistiche di dispiegamento nucleare.

Modificando gli input, cambia anche l'output.

La domanda economica corretta è marginale

La domanda rilevante non è:

"L'energia solare è più economica del nucleare?"

L'energia solare e quella nucleare occupano posizioni diverse all'interno del sistema.

La domanda pertinente è:

Qual è il costo del sistema aggiuntivo necessario per sostituire l'ultima unità di generazione nucleare a basse emissioni di carbonio?

In presenza di una bassa penetrazione delle energie rinnovabili, un'ulteriore produzione di energia solare ed eolica può risultare eccezionalmente preziosa.

Gli impianti e le reti di distribuzione esistenti assorbono la variabilità.

Man mano che le energie rinnovabili variabili si avvicinano a una quota molto elevata della produzione annua totale, potrebbero aumentare i requisiti di integrazione aggiuntivi.

Tali requisiti includono:

- magazzinaggio;
- riduzione;
- Rinforzo della griglia;
- prenotare;
- richiedere flessibilità;
- backup inviabile.

Ciò non significa che le energie rinnovabili diventino "cattive" con un'elevata penetrazione.

Ciò significa che l'unità economica diventa:

```
GENERAZIONE RINNOVABILE
+
SISTEMA DI INTEGRAZIONE
proprio come l'unità economica per il nucleare è:
REATTORE
+
FINANZIAMENTO
+
CARBURANTE
+
GRIGLIA
+
SCIUPARE
+
DISMISSIONE
```

Entrambi i lati devono essere completamente valutati in termini di costi.

La strategia italiana per il 2030 non dipende dal nucleare

La tempistica è fondamentale.

Lo studio di Terna sul sistema energetico del 2025 afferma esplicitamente che l'accelerazione della diffusione delle energie rinnovabili è l'unica opzione su larga scala attualmente disponibile nel breve-medio termine per ridurre la produzione di energia da combustibili fossili e l'esposizione ai prezzi del gas.

La transizione legata al PNIEC richiede investimenti per circa **130 miliardi** di euro entro il 2030 nei settori delle energie rinnovabili, dello stoccaggio e delle reti, con un aumento dell'elettricità rinnovabile immessa nel sistema da circa **113 TWh nel 2023 a 227 TWh nel 2030** .

Perciò:

2026–2030

ENERGIE RINNOVABILI + RETE ELETTRICA + STOCCAGGIO

SONO IL PRINCIPALE MOTORE DI DECARBONIZZAZIONE

Che l'Italia scelga o meno il nucleare non modifica tale requisito.

Lo scenario controfattuale nucleare diventa progressivamente rilevante nel sistema **2035-2050** , quando il problema si trasforma da:

come aggiungere rapidamente energia rinnovabile a basso costo

A:

Come gestire in modo affidabile ed economico un sistema a emissioni di carbonio quasi nulle con un altissimo grado di elettrificazione.

Questa distinzione impedisce che la politica nucleare ritardi gli investimenti di cui l'Italia ha già bisogno, a prescindere dalla decisione sul nucleare.

L'energia nucleare acquista valore solo se fornita a un costo totale competitivo.

L'esistenza di un beneficio di sistema non significa che qualsiasi prezzo del reattore sia accettabile.

Supponiamo che l'energia nucleare sia considerata economicamente utile a:

```
CAPEX A
+
WACC A
+
TEMPO DI COSTRUZIONE A
ma la vera FOAK italiana mantiene le promesse:
CAPEX = 2 × A
WACC = molto più alto
COSTRUZIONE = anni dopo
```

Il confronto economico deve essere ripetuto.

Il beneficio derivante dalla modellazione, pari a 17 miliardi di euro, potrebbe:

- Restringersi;
- scomparire;
- inversione.

Ecco perché i capitoli 12 e 14 sono essenziali per il capitolo 15.

```
L'economia nucleare dipende da:
TECNOLOGIA
↓
APPROVVIGIONAMENTO
↓
PRESTAZIONI DI COSTRUZIONE
↓
COSTO DEL FINANZIAMENTO
↓
VALORE DEL SISTEMA
```

Un reattore che non può essere realizzato in modo efficiente potrebbe non giustificare la propria esistenza solo perché il nucleare, come tecnologia, ha un valore teorico a livello di sistema.

La stessa disciplina si applica al controfattuale senza nucleare

Bisogna inoltre evitare l'errore opposto.

Uno scenario senza nucleare non dovrebbe presupporre:

- Rinforzo della rete a costo zero;
- Spazio di archiviazione illimitato ed economico;
- biomassa illimitata;
- disponibilità illimitata di interconnettori;
- Produzione di idrogeno perfettamente flessibile;
- CCS a costi ottimistici;
- Nessun ritardo nell'ottenimento dei permessi per le energie rinnovabili.

Ogni tecnologia controfattuale comporta un rischio di implementazione.

Tabella 15.3-A — Principali sensibilità economiche

Percorso nucleare	Via non nucleare
Investimenti in conto capitale per il reattore	Investimenti in energie rinnovabili
WACC nucleare	costo di stoccaggio
Durata della costruzione	requisito di durata di conservazione
fattore di capacità	Fattore di capacità rinnovabile
Sicurezza del carburante	Costo della flessibilità a lungo termine
Rifiuti/smantellamento	Costo CCS
Apprendimento della flotta	Disponibilità/costo della biomassa
Concentrazione dei fornitori	Espansione della griglia
Rischio di rifornimento/interruzione	Riduzione
Ritardo normativo	Permessi/vincoli territoriali
Acqua/raffreddamento	trasporto/stoccaggio di CO_2
Replicazione tecnologica	disponibilità di importazione

Un'ipotesi controfattuale governativa dovrebbe sottoporre a stress test entrambe le colonne in modo simmetrico.

La competitività dell'elettricità industriale non può essere dedotta dal costo di una singola generazione.

L'Italia ha un problema reale di competitività, ma è necessario specificarlo con precisione.

Il riepilogo della relazione annuale 2026 di ARERA rileva che, per le principali classi di consumo non domestico utilizzando i dati del 2024, **i prezzi totali dell'energia elettrica** pagati dalle imprese italiane sono stati superiori di circa **il 9-11% rispetto alla media dell'area euro** nelle fasce di consumo più significative.

Tuttavia, una volta escluse imposte, prelievi e componenti recuperabili, il differenziale si riduce notevolmente; per alcune classi industriali medio-grandi, l'Italia si trovava approssimativamente in parità con la media dell'eurozona.

Si tratta di una correzione importante alle argomentazioni semplicistiche.

La competitività dell'elettricità industriale dipende da:

- energia all'ingrosso;
- costi di rete;
- tasse;
- tassazione;
- esenzioni;
- accordi contrattuali.

Una centrale nucleare può influenzare la componente energetica.

Non determina automaticamente l'intero conto industriale.

La Francia offre comunque un utile confronto a livello di sistema.

in Italia un quantitativo record di **26,2 TWh netti di energia elettrica.**

Il prezzo medio annuo all'ingrosso era approssimativamente:

- **61 €/MWh in Francia** ;
- **116 €/MWh in Italia** .

RTE attribuisce l'ingente flusso di esportazioni a diversi fattori, tra cui:

- abbondante generazione francese a basse emissioni di carbonio;
- recupero della produzione nucleare;
- disponibilità di interconnessione;
- La continua dipendenza dell'Italia dal gas.

La lezione corretta non è:

"L'energia nucleare dimezza automaticamente i prezzi dell'elettricità."

Tale conclusione non sarebbe supportata da prove.

La Francia possiede anche:

- idroelettrico;
- energie rinnovabili;
- diversa esigenza;
- tassazione diversa;
- diverse condizioni di mercato.

L'osservazione rilevante è più specifica:

Un sistema con un'abbondante produzione nazionale di energia elettrica a basso costo variabile può possedere un significativo valore strategico e commerciale in un mercato elettrico europeo interconnesso.

Storicamente, l'Italia ha occupato una posizione commerciale opposta.

Le statistiche finali di Terna per il 2025 registrano importazioni pari a **51,8 TWh** ed esportazioni di soli **4,9 TWh** .

La questione controfattuale è se parte di questa dipendenza strutturale dall'esterno debba continuare, oppure se gli investimenti debbano spostare parte della creazione di imprese all'interno dell'Italia.

15.4 Il nucleare cambia la struttura di dipendenza dell'Italia; non elimina la dipendenza

Spesso si discute di sovranità energetica come se le tecnologie potessero essere suddivise in:

- indipendente;
- dipendente.

Nessun sistema energetico moderno funziona in questo modo.

L'attuale sistema italiano presenta diverse dipendenze esterne.

Lo studio di Terna sul sistema solare al 2050 fornisce una misurazione sorprendente.

Nel 2023, la dipendenza complessiva dell'Italia dalle importazioni energetiche si è attestata intorno al **75%** , rispetto al 58% circa dell'UE.

Nell'ambito del sistema elettrico, Terna ha descritto la struttura di approvvigionamento del 2024 approssimativamente come segue:

- **41% di energie rinnovabili nazionali** ;
- **Importazioni dirette di energia elettrica pari al 16%** ;
- **Il 43% della produzione energetica proviene da fonti non rinnovabili** , e la dipendenza è schiacciante dai combustibili importati.

Terna descrive quindi sia una dipendenza energetica esterna diretta che indiretta.

Questa distinzione è fondamentale.

Una centrale elettrica a gas italiana si trova fisicamente in Italia.

Il suo apporto energetico può ancora provenire da:

- Algeria;
- Azerbaigian;
- Mercati del GNL;
- altri esportatori.

La produzione energetica nazionale non equivale necessariamente alla sovranità energetica nazionale.

Il nucleare modifica la natura fisica della dipendenza dai combustibili

L'energia nucleare creerebbe un'altra catena internazionale del combustibile:

```
URANIO
↓
CONVERSIONE
↓
ARRICCHIMENTO
↓
FABBRICAZIONE DI CARBURANTI
↓
REATTORE ITALIANO
```

Attualmente l'Italia non dispone di una filiera completa di combustibile nucleare, reattori e centrali nucleari a livello nazionale.

Pertanto, l'energia nucleare non produce autarchia energetica.

Ma la dipendenza dal combustibile nucleare differisce sostanzialmente dalla dipendenza dal gas.

Il gas naturale richiede un approvvigionamento fisico continuo e in grandi volumi.

Il combustibile nucleare ha una densità energetica molto elevata e può essere reperito e stoccato con largo anticipo.

```
La distinzione strategica è:
DIPENDENZA DAL GAS
↓
DIPENDENZA DAL FLUSSO CONTINUO


DIPENDENZA DAL COMBUSTIBILE NUCLEARE
↓
DIPENDENZA DALLE SCORTE PERIODICHE
```

Ciò può creare diverse caratteristiche di resilienza.

Ma il beneficio dipende da:

- fornitori di uranio diversificati;
- arricchimento diversificato;
- capacità di fabbricazione;
- Inventario strategico.

Le vie metaboliche HALEU o MOX potrebbero creare ulteriore dipendenza anziché ridurla, qualora le catene di approvvigionamento rimanessero concentrate.

La questione corretta in materia di sovranità è quindi:

L'architettura del combustibile nucleare selezionata crea una dipendenza strategica più gestibile rispetto alle importazioni di energia che va a sostituire?

Gli interconnettori sono risorse strategiche in entrambi gli scenari

Un percorso senza nucleare non dovrebbe essere criticato semplicemente perché prevede l'importazione di energia elettrica.

Il commercio transfrontaliero di energia elettrica apporta notevoli benefici economici.

Gli interconnettori consentono all'Italia di:

- importare quando l'elettricità estera è economica;
- esportare le eccedenze interne;
- riserve azionarie;
- sfruttare la diversità geografica;
- ridurre la capacità interna necessaria.

La strategia di pianificazione di Terna continua quindi a rafforzare la trasmissione internazionale e interna, a prescindere dalla politica nucleare.

Sarebbe un errore considerare le interconnessioni come una garanzia di produzione interna.

Durante le condizioni di stress correlate in Europa:

- Il vento debole può interessare diversi paesi;
- La siccità può colpire diversi sistemi idrici;
- I prezzi del gas possono influenzare diversi mercati;
- Le interruzioni delle centrali nucleari all'estero possono influire sulle importazioni;
- La trasmissione può essere limitata.

Le importazioni rappresentano pertanto una **risorsa economicamente preziosa** .

Non dovrebbero essere automaticamente considerate identiche alla capacità produttiva delle imprese nazionali.

Lo scenario controfattuale di Terna per il 2050 quantifica la differenza

Nel suo studio a parità di domanda, Terna rileva importazioni nette di elettricità pari a circa:

- **48 TWh con energia nucleare** ;
- **57 TWh senza nucleare** .

Questo risultato è importante perché nessuno dei due sistemi diventa elettricamente autarchico.

Anche lo scenario nucleare rimane integrato con quello europeo.

La differenza è di **grado** .

L'obiettivo strategico appropriato non è quindi:

ZERO IMPORTAZIONI

È:

IMPORTARE QUANDO È ECONOMICAMENTE VANTAGGIOSO

↓

NON PERCHÉ SISTEMA DOMESTICO

NON POSSO FUNZIONARE SENZA DI LORO

Il controfattuale del gas è particolarmente importante

L'Italia ha dimostrato, dopo il 2022, che è possibile diversificare rapidamente le fonti di approvvigionamento del gas.

L'AIE registra che nel 2021:

- Il gas rappresentava il 42% del fabbisogno energetico totale italiano;
- Il 94% era importato;
- Circa il 41% delle importazioni di gas proveniva dalla Russia.

Nel novembre 2022 la quota della Russia era scesa a circa il 3% a seguito di una rapida diversificazione.

Si trattò di un importante successo politico italiano.

Ma la diversificazione non è la stessa cosa dell'eliminazione dell'esposizione alle materie prime.

I prezzi del gas continuano a essere determinati dai mercati internazionali ed europei.

L'analisi di sistema di Terna per il 2050 evidenzia la fortissima correlazione storica tra il prezzo dell'energia elettrica del giorno prima in Italia e il costo variabile della produzione di energia elettrica tramite centrali a ciclo combinato a gas.

Ad esempio, per i report Terna relativi al periodo 2019-2024:

Anno	GIOCO DI PAROLE Italiano	Costo variabile stimato del CCGT
2019	€52/MWh	43 €/MWh
2020	€39/MWh	€32/MWh
2021	126 €/MWh	116 €/MWh
2022	€304/MWh	282 €/MWh
2023	127 €/MWh	€121/MWh
2024	€109/MWh	€101/MWh

La relazione storica spiega perché ridurre la frequenza con cui le centrali a gas fissano il prezzo marginale dell'elettricità può avere un valore che va oltre la semplice riduzione del consumo annuo di gas.

Anche in questo caso, ciò non garantisce che il nucleare stabilirebbe un prezzo di mercato inferiore.

Gli effetti della struttura del mercato dipendono da:

- offerta;
- scarsità;
- richiesta;
- energie rinnovabili;
- interconnessioni.

Ridurre l'esposizione al costo variabile del gas può tuttavia diminuire un'importante fonte di volatilità dei prezzi all'ingrosso.

La CCS modifica ma non elimina la dipendenza dal gas

Rimane un impianto a gas con cattura e stoccaggio del carbonio (CCS):

IMPIANTO A GAS

Richiede comunque benzina.

La CCS modifica la sua architettura delle emissioni.

Non trasforma il combustibile in prodotti nazionali.

Pertanto, un percorso senza nucleare con una significativa cattura e stoccaggio del carbonio (CCS) del gas può raggiungere gli obiettivi climatici pur mantenendo un certo grado di dipendenza dalle importazioni di combustibili.

Potrebbe comunque essere economicamente razionale.

Ma la proprietà geopolitica dovrebbe essere riconosciuta.

Il nucleare crea diverse concentrazioni strategiche

Al contrario, un reattore importato può creare una dipendenza tecnologica a lungo termine da:

- software del fornitore;
- pezzi di ricambio;
- dati ingegneristici;
- carburante;
- supporto per la manutenzione.

Questa condizione può persistere per sessant'anni.

Perciò:

IL NUCLEARE RIDUCE

DIPENDENZA DAL FLUSSO DELLE MERCI

MA PUÒ AUMENTARE

DIPENDENZA DA TECNOLOGIA E FORNITORI

Le norme sugli appalti pubbliche elaborate in precedenza in questo libro hanno lo scopo preciso di impedire che il secondo problema si sostituisca al primo.

Tabella 15.4-A — Confronto delle dipendenze

Dipendenza	Percorso ad alto contenuto di energie rinnovabili/senza nucleare	Percorso contenente nucleo
Gas naturale	Potenziale residuo più elevato	Potenziale inferiore
trasporto/stoccaggio di CO_2	Maggiore se si utilizza CCS	Scenario più basso nel modello
Biomassa	Maggiore se si utilizza BECCS	Scenario più basso nel modello
Importazioni di elettricità	Più alto nel confronto con Terna	Più basso ma comunque materiale
Impianti solari/eolici	Requisiti di implementazione molto elevati	Requisiti di implementazione molto elevati
catena di fornitura delle batterie	Più alto	Alto
Uranio	Nessuno	Necessario
Arricchimento/fabbricazione	Nessuno	Necessario
Fornitore di reattori	Nessuno	dipendenza a lungo termine
Griglia	Molto alto	Molto alto
Minerali critici	Alto	Alto
conservazione a lungo termine	Maggiore necessità	Ancora potenzialmente necessario
Rifiuti radioattivi	Niente nuove scorie nucleari	Nuovo obbligo relativo al ciclo di vita nucleare

La conclusione strategica non è che una colonna sia indipendente e l'altra dipendente.

È:

L'Italia può scegliere tra diversi portafogli di dipendenza.

15.5 La politica corretta è quella di preservare l'opzione nucleare fino a quando le prove non dimostreranno se essa migliora il sistema italiano.

L'analisi controfattuale produce una conclusione più sfumata rispetto a quelle che entrambe le parti del dibattito politico presentano di solito.

È possibile immaginare un'Italia profondamente decarbonizzata senza ricorrere all'energia nucleare .

Il documento ufficiale PNIEC contiene esplicitamente tale scenario.

Si basa su una combinazione che include:

- Produzione di energia rinnovabile molto elevata;
- ampio spazio di archiviazione;
- idroelettrico;
- bioenergia;
- CCS;
- importazioni;
- Potenza a X;
- infrastrutture di rete significative.

Pertanto la proposta è la seguente:

“L’Italia non può raggiungere l’obiettivo delle zero emissioni nette senza il nucleare”

è più forte dei supporti di modellazione ufficiali.

Ma la proposizione inversa è altrettanto debole.

Le simulazioni ufficiali non indicano che l'eliminazione del nucleare sia priva di costi.

Ciò indica che il nucleare viene sostituito da ulteriori:

- generazione rinnovabile variabile;
- magazzinaggio;
- generazione programmabile a basse emissioni di carbonio;
- dipendenza di importazione;
- Infrastruttura CCS.

Il confronto diretto a parità di domanda effettuato da Terna lo chiarisce in modo particolare.

Tabella 15.5-A — Cosa stabilisce effettivamente la modellazione ufficiale

Domanda	Risposta basata su prove concrete
L'Italia può raggiungere l'obiettivo di zero emissioni nette senza ricorrere al nucleare?	SÌ
Niente nucleare significa niente energie rinnovabili?	No, le energie rinnovabili dominano in entrambi gli scenari.
Il nucleare elimina la necessità di stoccaggio?	NO
L'energia nucleare elimina le importazioni?	NO
L'energia nucleare riduce la quantità di energie rinnovabili aggiuntive necessarie?	Sì, nello scenario di Terna.
L'energia nucleare riduce il fabbisogno di stoccaggio?	Sì, moderatamente nello scenario di Terna.
L'energia nucleare riduce le altre fonti di generazione programmabili?	Sì, nel caso simulato
L'energia nucleare riduce le importazioni?	Sì, nello scenario di Terna.
Il PNIEC riscontra costi totali di sistema inferiori con un'implementazione nucleare più prudente?	Sì, circa 17 miliardi di euro nel modello indicato.
17 miliardi di euro rappresentano un risparmio futuro garantito?	NO
L'energia nucleare è necessaria per raggiungere gli obiettivi del 2030?	NO
Una cattiva gestione del nucleare potrebbe vanificare i benefici previsti dai modelli?	SÌ
Il calo dei costi di stoccaggio e cattura e stoccaggio del carbonio (CCS) più rapido del previsto potrebbe indebolire la redditività del nucleare?	SÌ
La riduzione dei costi del nucleare, grazie all'apprendimento derivante dall'esperienza della flotta, potrebbe rafforzare l'economia del nucleare?	SÌ

Questa tabella è forse il riepilogo decisionale più importante del libro.

L'Italia dovrebbe pertanto mantenere due percorsi di sistema attivi durante gli anni 2020.

Lo Stato non deve necessariamente risolvere tutte le questioni relative alle scelte tecnologiche per il 2050 entro il 2026.

In alternativa, può mantenere la flessibilità.

Percorso N — transizione compatibile con il nucleare

- Procedi ora con:
- energie rinnovabili;
- magazzinaggio;
- griglia;
- efficienza;
- elettrificazione;

mentre si costruisce contemporaneamente:

- diritto nucleare;
- capacità di regolazione;
- siti;
- selezione della tecnologia;
- architettura di finanziamento.

Il nucleare può entrare nel mercato solo se supera determinati requisiti economici e tecnici.

Percorso R — transizione indipendente dal nucleo

Procedere immediatamente:

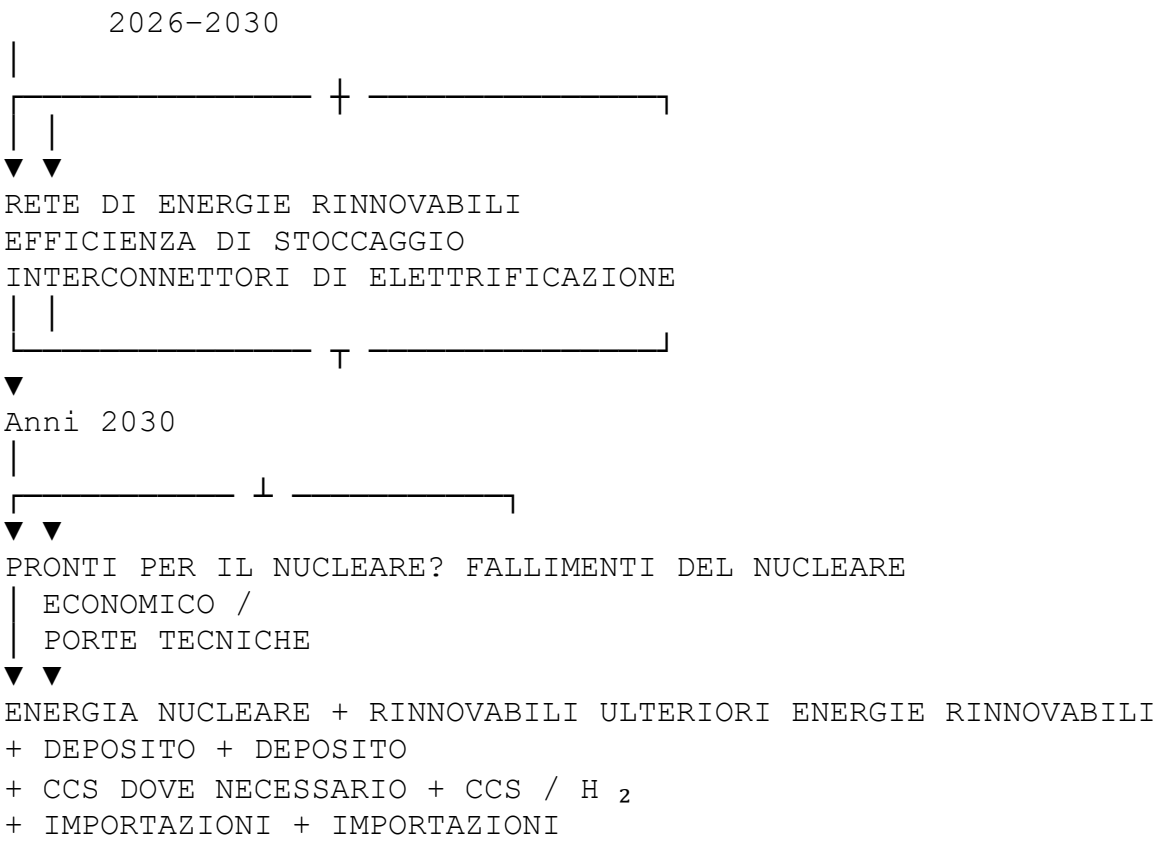
- energie rinnovabili;
- magazzinaggio;
- griglia;
- efficienza;
- elettrificazione;

sviluppando al contempo:

- ulteriori siti per le energie rinnovabili;
- flessibilità a lungo termine;
- CCS;
- interconnessione;
- capacità rinnovabile programmabile;
- idrogeno.

I programmi a breve termine si sovrappongono in modo significativo.

Schema del testo: i due percorsi



Questa strategia riduce al minimo il costo di un eventuale errore.

Se il nucleare avrà successo a livello internazionale e i dati economici italiani relativi al primo e ultimo anno di attività nucleare (FOAK) saranno credibili, l'Italia manterrà la capacità di schierare armi nucleari.

Anche se i costi del nucleare dovessero rimanere eccessivi o le tempistiche non dovessero rispettare, l'Italia non ha comunque ritardato il programma di energie rinnovabili e di connessione alla rete elettrica necessario.

Il programma nucleare dovrebbe quindi avere un prezzo di ingresso economico

Una disciplina particolarmente importante sarebbe quella di definire un costo massimo accettabile del sistema prima della decisione finale di investimento (FID).

L'Italia non dovrebbe chiedere:

“Quanto costa il reattore?”

Dovrebbe chiedere:

A quale costo del reattore il sistema nucleare smette di essere più vantaggioso rispetto alla migliore alternativa non nucleare credibile?

Questa soglia cambierà come segue:

- Le batterie diventano più economiche;
- CCS si sviluppa;
- I prezzi del gas cambiano;
- I progetti di reattori nucleari all'estero forniscono prove concrete.

Pertanto, le decisioni tecnologiche dovrebbero essere aggiornate continuamente.

Il percorso senza nucleare dovrebbe essere sottoposto agli stessi criteri di valutazione basati sull'evidenza.

La simmetria è essenziale.

Se il nucleare deve dimostrare:

- costo;
- programma;
- carburante;
- sciupare;

allora il sistema concorrente deve dimostrare:

- costo di stoccaggio;
- durata di conservazione;
- autorizzazioni per le energie rinnovabili;
- trasporto a griglia;
- CCS;
- sostenibilità della biomassa;
- disponibilità di importazione.

Altrimenti il confronto diventa ideologico.

Matrice decisionale proposta

Prove entro i primi/metà degli anni 2030	Implicazione strategica
I reattori modulari di piccole dimensioni esteri sono stati consegnati nei tempi previsti e si avvicinano al costo previsto.	Il caso nucleare si rafforza
La costruzione in serie di SMR dimostra una riduzione dei costi	Il caso nucleare si rafforza
Il finanziamento italiano produce un WACC basso	Il caso nucleare si rafforza
I problemi con HALEU/MOX persistono	Il caso del reattore avanzato si indebolisce
Il costo delle batterie/sistemi di accumulo a lunga durata crolla	La tesi contraria al nucleare si rafforza
Persistono i colli di bottiglia relativi alle autorizzazioni per le energie rinnovabili e alla rete elettrica.	Aumento del valore generato dall'impresa
La CCS dimostra la scalabilità a basso costo	La tesi contraria al nucleare si rafforza
La CCS rimane una tecnologia costosa e non ancora collaudata per la produzione di energia.	Il caso nucleare si rafforza
Il gas rimane un fattore geopoliticamente instabile.	Il caso nucleare si rafforza
I costi del FOAK nucleare aumentano in modo sostanziale	Il caso nucleare si indebolisce
Impossibile l'accettazione da parte del pubblico/del sito.	La via nucleare nazionale potrebbe diventare impraticabile.
La domanda di calore industriale/centri dati si concretizza in prossimità dei siti	Il valore del sistema nucleare potrebbe aumentare

Si tratta di un quadro decisionale.

Non si tratta di una classifica né di un'approvazione.

La competitività industriale dovrebbe essere testata attraverso scenari di sistema.

L'Italia dovrebbe infine calcolare, per ogni percorso:

- prezzo all'ingrosso industriale;
- volatilità;
- costi di rete;
- costo del meccanismo di supporto;
- esposizione al gas;
- riduzione;
- costo del carbonio

Un sistema nucleare che, in termini contabili medi, costi di più, ma che riduca significativamente la volatilità dei prezzi industriali, potrebbe avere un valore strategico.

Al contrario, un sistema nucleare che richieda un CfD a lungo termine molto elevato potrebbe imporre un onere in termini di competitività.

Non è possibile prevedere l'esito in anticipo.

Il valore macroeconomico richiede un'analisi input-output italiana separata.

Il confronto finale dovrebbe estendersi oltre l'elettricità.

Le variabili dovrebbero includere:

```
BOLLETTINO DI IMPORTAZIONE
↓
BILANCIA COMMERCIALE

CATENA DI FORNITURA LOCALE
↓
VALORE AGGIUNTO INTERNO

IMPORTAZIONI DI CAPITALI
↓
FLUSSO COMMERCIALE/DI INVESTIMENTI IN USCITA

COSTO DELL'ELETTRICITÀ
↓
COMPETITIVITÀ INDUSTRIALE

SICUREZZA ENERGETICA
↓
VOLATILITÀ MACROECONOMICA
```

RSE possiede già una metodologia che collega la modellizzazione energetica TIMES-RSE con il quadro macroeconomico GEM-E3-ITA per la valutazione degli scenari energetici italiani.

Lo scenario controfattuale nucleare dovrebbe essere infine analizzato attraverso quel tipo di quadro macroeconomico prima che l'Italia si impegni in una grande flotta di missili.

Il confronto finale dovrebbe essere probabilistico, non deterministico.

Il governo non dovrebbe fare paragoni:

CASO BASE NUCLEARE

rapporto

CASSA BASE RINNOVABILE

Dovrebbe confrontare le distribuzioni.

Per il nucleare:

- basso costo;
- costo centrale;
- costi elevati;
- Presto;
- ritardato.

Per la conservazione:

- rapido calo dei costi;
- centrale;
- lento declino.

Per il gas:

- Basso;
- centrale;
- alto prezzo geopolitico.

Per CCS:

- riuscito;
- costoso;

- ritardato.

Il risultato corretto dovrebbe essere concettualmente simile a questo:

COSTO TOTALE DEL SISTEMA

BASSO CENTRO ALTO

NUCLEARE

NO NUCLEARE

combinato con:

SICUREZZA ENERGETICA

EMISSIONI

COSTO INDUSTRIALE

ESPOSIZIONE ALLE IMPORTAZIONI

Ciò permetterebbe di individuare i percorsi più solidi e quelli in cui le conclusioni dipendono fortemente da presupposti incerti.

La questione della sovranità è la resilienza in condizioni di incertezza

Un sistema elettrico nazionale progettato per il 2050 opererà in condizioni che non potranno essere previste con precisione nel 2026.

Tra le incognite figurano:

- prezzi del gas;
- chimica delle batterie;
- Domanda di energia elettrica dovuta all'intelligenza artificiale;
- economia dell'idrogeno;
- costi del nucleare;
- clima;
- Condizioni del mercato europeo.

L'obiettivo non dovrebbe quindi essere:

Individua oggi il mix tecnologico ideale per il 2050.

Dovrebbe essere:

costruire un percorso che preservi sufficienti opzioni per adattarsi man mano che emergono nuove prove.

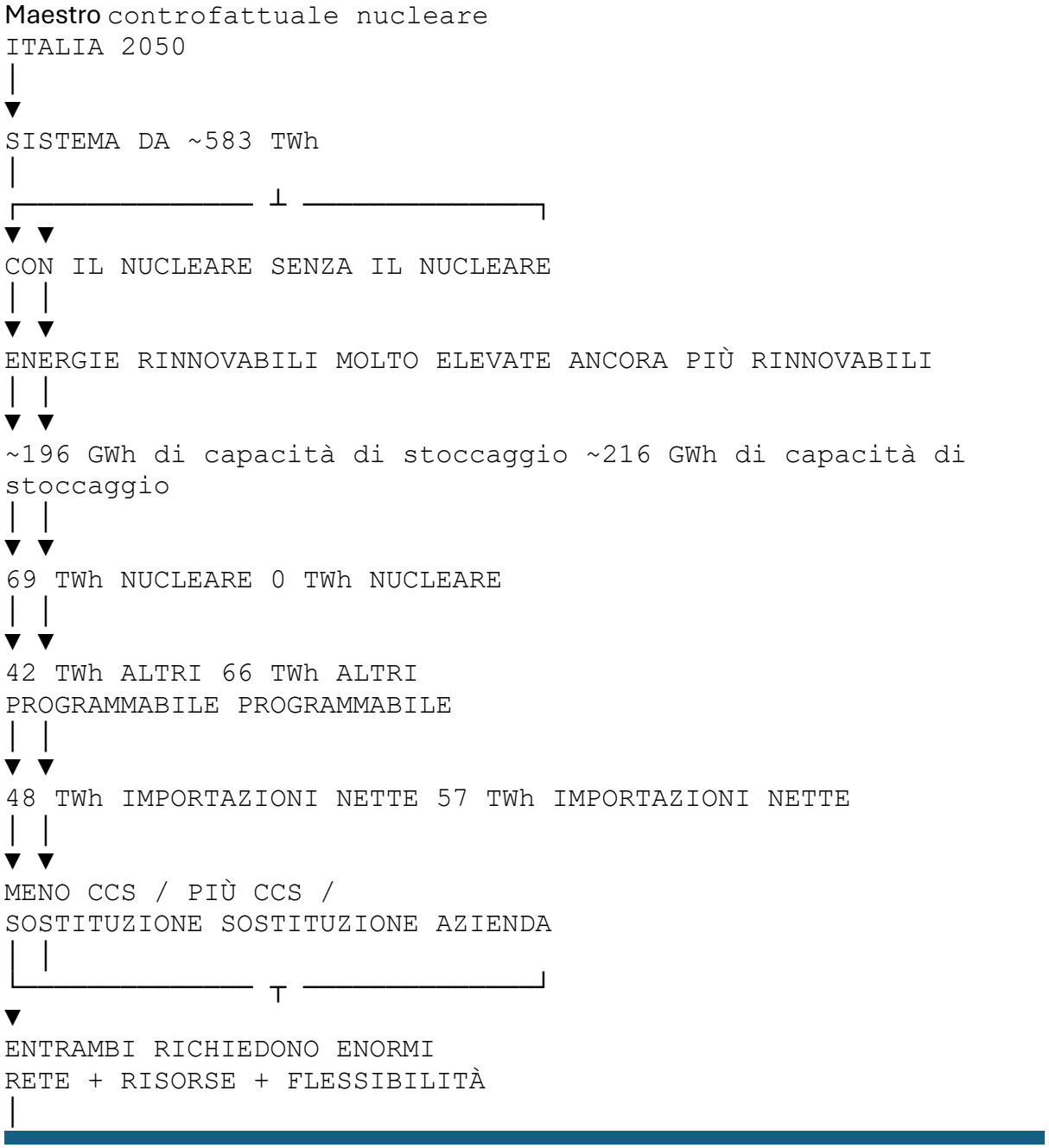
Questo è uno dei motivi per cui la strategia energetica italiana a breve termine è meno polarizzata di quanto suggerisca il dibattito politico.

Indipendentemente dalla decisione sul nucleare, l'Italia dovrebbe accelerare:

- autorizzazioni per le energie rinnovabili;
- investimenti nella rete di trasmissione;
- magazzinaggio;
- efficienza;
- elettrificazione;
- interconnettori.

Il programma nucleare rappresenta **un'opzione aggiuntiva di sviluppo** fino al momento dell'investimento irreversibile.

Maestro controfattuale nucleare



▼
ZERO NET IN ITALIA
Le cifre in questo schema riflettono il confronto a parità di domanda effettuato da Terna nel 2025 e non devono essere confuse con l'ottimizzazione originale PNIEC TIMES-RSE.

Conclusioni finali del governo — Capitolo 15

L'argomento più convincente a favore dell'energia nucleare in Italia non è che le energie rinnovabili non possano funzionare.

Le simulazioni ufficiali italiane dimostrano che un percorso a emissioni zero senza nucleare è tecnicamente realizzabile.

L'argomentazione più convincente a favore del nucleare è invece che, in base alle ipotesi attualmente utilizzate dai modelli del sistema energetico italiano, una quantità moderata di produzione nucleare stabile a basse emissioni di carbonio può ridurre la quantità di altre infrastrutture necessarie per affrontare la parte più difficile della profonda decarbonizzazione.

Può ridursi, a seconda dello scenario:

- ulteriore capacità rinnovabile;
- magazzinaggio;
- Generazione di CCS;
- bioenergia con cattura e stoccaggio del carbonio (CCS);
- importazioni nette di energia elettrica.

L'ottimizzazione del PNIEC indica inoltre un risparmio totale stimato per l'intero sistema di circa **17 miliardi di euro** nello scenario nucleare più prudente.

Ma questo vantaggio esiste solo se il programma nucleare si comporta effettivamente in modo vicino alle ipotesi economiche alla base del modello.

Se la costruzione nucleare:

- supera gravemente gli obiettivi;
- arriva troppo tardi;
- richiede un WACC eccessivo;
- non riesce a replicare la flotta;

Il beneficio teorico del sistema può essere distrutto.

L'argomento più forte a favore di un percorso senza nucleare non è che la tecnologia nucleare non abbia valore.

L'Italia può tentare di soddisfare lo stesso requisito strategico attraverso:

- ulteriore produzione da fonti rinnovabili;
- maggiore spazio di archiviazione;
- capacità aggiuntiva della rete;
- importazioni;
- CCS;
- idrogeno;
- altre risorse programmabili a basse emissioni di carbonio.

Ma questo percorso richiede anche tecnologie e infrastrutture i cui costi futuri e tassi di implementazione sono incerti.

Lo scenario senza nucleare non è quindi:

SOLO ENERGIE RINNOVABILI

e lo scenario nucleare non è:

ENERGIA NUCLEARE AL POSTO DELLE ENERGIE RINNOVABILI

Il vero confronto è:

```
ELEVATA ELEVATA DI ENERGIE RINNOVABILI
+
NUCLEARE
+
MAGAZZINAGGIO
+
GRIGLIA
+
ALTRE CAPACITÀ AZIENDALI LIMITATE
Sinonimo:
ENERGIE RINNOVABILI ANCORA PIÙ ELEVATE
+
PIÙ SPAZIO DI ARCHIVIAZIONE
+
GRIGLIA
+
PIÙ CCS / CAPACITÀ PROGRAMMABILE
+
PIÙ IMPORTAZIONI
```

La decisione italiana dovrebbe pertanto rimanere subordinata alla presentazione di prove.

Prima di impegnarsi nella realizzazione di una flotta di reattori multipli, il governo dovrebbe richiedere un'analisi controfattuale aggiornata che incorpori informazioni reali provenienti da:

- Darlington;
- Wylf;
- Sodio;
- NUWARD;
- altri progetti di riferimento;
- Costi delle energie rinnovabili in Italia;
- aste di magazzini;
- Ravenna CCS;
- mercati del gas;
- sviluppo di interconnettori;
- Domanda effettiva di energia elettrica nel periodo 2030-2035.

Il programma nucleare dovrebbe procedere all'impiego di una flotta su larga scala solo laddove l'analisi aggiornata dimostri che:

```
VALORE DEL SISTEMA NUCLEARE
>
COSTO AGGIUNTIVO DEL CICLO DI VITA
+
RISCHIO DI CONSEGNA
+
RESPONSABILITÀ PER I RIFIUTI
+
RISCHIO FINANZIARIO
```

rispetto alla più forte alternativa non nucleare disponibile.

Allo stesso modo, l'Italia non dovrebbe rifiutare il nucleare solo perché una singola tecnologia rinnovabile ha un costo di produzione autonomo inferiore.

Ciò consentirebbe di confrontare prodotti diversi.

La metrica nazionale corretta è:

il costo, la resilienza e la dipendenza strategica dell'intero sistema elettrico ed energetico in grado di garantire emissioni nette pari a zero in modo continuativo durante tutto l'anno.

La posizione politica più difendibile nel 2026 non è quindi l'assolutismo tecnologico.

Si tratta **di un'opzionalità strategica combinata con criteri di verifica delle prove** .

L'Italia dovrebbe procedere immediatamente con gli investimenti necessari, seguendo ogni possibile percorso:

- energie rinnovabili;
- griglie;
- magazzinaggio;
- efficienza;
- elettrificazione.

Allo stesso tempo, dovrebbe continuare a sviluppare l'opzione nucleare fino a un punto tale da determinarne la reale utilità:

- costo;
- fattibilità del sito;
- finanziamento;
- licenze;
- valore industriale.

Nel momento in cui si deve prendere una decisione definitiva e irreversibile in materia nucleare, dovrebbero esistere prove sostanzialmente maggiori di attività di ricerca esplosiva all'estero.

Lo Stato può quindi confrontare una proposta nucleare reale con una proposta non nucleare reale, anziché confrontare narrazioni politiche.

La questione nucleare fondamentale non è quindi:

“L’Italia ha bisogno dell’energia nucleare?”

È:

“Quando l'Italia raggiungerà le fasi più difficili e costose della profonda decarbonizzazione, un programma nucleare italiano collaudato ridurrà il costo economico, industriale e geopolitico totale della fornitura di energia affidabile rispetto al miglior sistema credibile che l'Italia potrebbe costruire senza di esso?”

Questo è lo scenario controfattuale che dovrebbe determinare la decisione finale.

Capitolo conclusivo: dall'opzione nucleare alla decisione nazionale.

L'Italia ha già superato una soglia importante.

La questione dell'energia nucleare non è più relegata esclusivamente al dibattito storico, alla memoria politica o alla speculazione tecnologica.

È rientrato nell'ambito della politica nazionale.

Il Parlamento ha approvato il quadro di delega per la ricostruzione dell'architettura giuridica dell'energia nucleare sostenibile.

Le istituzioni governative stanno valutando la tecnologia.

Il settore industriale si sta riorganizzando.

L'autorità di regolamentazione ha iniziato a partecipare ai processi di revisione internazionali.

La politica nucleare europea si è orientata verso i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR), la resilienza della catena di approvvigionamento e l'autonomia strategica.

Il sistema elettrico nazionale si sta muovendo simultaneamente verso un livello di elettrificazione molto più elevato, una capacità di energia rinnovabile molto maggiore e requisiti sempre più complessi in termini di fornitura di energia stabile, stoccaggio, flessibilità e resilienza della rete.

Questi sviluppi rendono legittima la questione nucleare italiana.

Non forniscono la risposta in anticipo.

Questa è la conclusione centrale di questo libro.

L'Italia non ha ancora raggiunto il punto in cui deve decidere se dotarsi di una flotta nucleare nazionale.

Si è giunti al punto in cui bisogna decidere se sviluppare la **capacità di prendere tale decisione in modo intelligente** .

La distinzione è fondamentale.

Ciò che lo studio stabilisce

Dalle prove raccolte nei capitoli precedenti emergono con forza diverse conclusioni.

Innanzitutto, il ritorno dell'Italia a una politica nucleare è reale, ma ancora in una fase preliminare a livello istituzionale.

Lo Stato ha riaperto la possibilità, sia dal punto di vista legale che strategico, di sviluppare la produzione di energia nucleare.

Non ha ancora autorizzato un reattore.

C'è:

- nessun progetto di leadership nazionale selezionato;
- nessun sito di nuova costruzione approvato;
- nessuna licenza edilizia;
- nessuna decisione definitiva di investimento;
- Nessun nuovo reattore è in costruzione.

Il programma rimane pertanto reversibile.

Tale reversibilità è preziosa.

Ciò consente all'Italia di ottenere ulteriori prove prima di accettare il ben maggiore vincolo finanziario e tecnologico associato alla costruzione.

In secondo luogo, l'Italia non parte da zero.

Conserva:

- ricerca nucleare;
- capacità di ingegneria industriale;
- fornitori specializzati;
- competenze di smantellamento;
- istituzioni di regolamentazione;
- partecipazione nucleare internazionale.

La storia nucleare e industriale del paese continua ad avere valore.

Ma non va confusa con la capacità continua di costruire nuovi edifici sul mercato interno.

L'Italia deve ancora ricostruire:

- prassi regolamentare relativa ai nuovi reattori;
- competenza del proprietario/gestore;
- capacità operativa commerciale;
- entità della forza lavoro nel settore nucleare;
- governance completa del programma.

In terzo luogo, l'attuale mercato internazionale dei reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) presenta progressi concreti, ma non ancora le prove di una piena maturità dimostrata da flotte su larga scala, come talvolta suggerito dalla retorica politica o commerciale.

Darlington, Natrium, Wylfa, Xe-100, NUWARD, EAGLES e altri programmi stanno generando dati di valore sempre maggiore.

Ma la prova fondamentale di cui l'Italia ha bisogno in definitiva non è:

se un progetto può essere disegnato o concesso in licenza.

È:

se può essere costruito ripetutamente, finanziato in modo competitivo e gestito in modo affidabile.

La distinzione tra:

MATURITÀ DEL DESIGN

E:

MATURITÀ ECONOMICA DELLA FLOTTA

dovrebbe rimanere un punto centrale in ogni successiva decisione italiana.

Il carburante e i rifiuti rimangono vincoli strategici, non note a piè di pagina tecniche.

Una delle conclusioni più importanti del rapporto è che la tecnologia dei reattori e l'architettura del ciclo del combustibile non possono essere separate.

Un reattore LWR-SMR convenzionale che utilizza combustibile a basso arricchimento di uranio (LEU) già collaudato rappresenta una categoria di dipendenza strategica.

Un reattore HALEU ne presenta un altro.

Un reattore veloce a ciclo chiuso MOX può comportare un fabbisogno infrastrutturale nazionale ben maggiore.

Pertanto l'Italia non dovrebbe mai procurarsi solo:

un progetto di reattore.

Deve procurarsi:

un sistema reattore-combustibile.

Lo stesso principio si applica a valle.

Le nuove centrali nucleari creano nuove scorie.

Ciò rimane vero indipendentemente dal fatto che il reattore sia:

- piccolo;
- modulare;
- avanzato;
- Generazione IV.

Le caratteristiche dei rifiuti possono variare notevolmente.

I rifiuti non scompaiono.

La questione irrisolta dello smaltimento geologico in Italia non è quindi un problema che può essere trasferito indefinitamente a un governo successivo.

La storia del programma nucleare italiano dimostra già le conseguenze del rinvio delle decisioni sullo stato finale.

Un nuovo programma dovrebbe istituzionalizzare il principio opposto:

Ogni nuova passività deve essere accompagnata da un percorso tecnico identificato e da un meccanismo di finanziamento predisposto.

Ciò vale anche per:

- rifiuti radioattivi;
- combustibile esaurito;
- smantellamento.

La scelta del sito sarà uno dei primi test di serietà politica.

L'Italia possiede diverse località con caratteristiche potenzialmente interessanti per l'impiego del nucleare.

Gli ex siti nucleari e i grandi impianti di generazione termica possono offrire:

- infrastrutture di rete;
- terreni industriali;
- opzioni di raffreddamento;
- logistica;
- familiarità preesistente con il settore energetico.

Ma la memoria infrastrutturale non è una licenza.

Ogni sede candidata deve comunque superare i seguenti controlli:

- sismico;
- idrologico;
- clima;
- acqua;
- ambientale;
- popolazione;
- pianificazione delle emergenze;
- sicurezza;
- griglia;
- test politici.

La storia della politica nucleare italiana impone un altro requisito altrettanto importante:

legittimità territoriale.

Un programma nazionale non può ragionevolmente presumere che l'adeguatezza tecnica produca automaticamente l'accettazione a livello locale.

Il nuovo approccio basato sulla localizzazione volontaria merita pertanto una seria progettazione istituzionale.

Se si utilizzano benefici locali, questi dovrebbero essere:

- trasparente;
- durevole;
- proporzionale;
- definito legalmente.

Non dovrebbero apparire come pagamenti intesi ad acquistare il silenzio.

Lo Stato deve instaurare un rapporto di fiducia prima di chiedere alle comunità di accettare infrastrutture nucleari.

L'integrazione nella rete elettrica modifica la proposta di valore del nucleare.

Il sistema italiano del 2050 non assomiglierà al sistema in cui operavano Caorso o Trino.

Conterrà:

- centinaia di gigawatt di capacità rinnovabile;
- magazzinaggio;
- HVDC;
- trasporto elettrico;
- pompe di calore;
- produzione di idrogeno;
- carichi digitali elevati.

Il nucleare, quindi, non entra in una rete elettrica dominata dai combustibili fossili, bensì in una rete ad alta percentuale di energie rinnovabili.

Il suo valore deve essere valutato di conseguenza.

La produzione aziendale può potenzialmente ridurre:

- requisiti di stoccaggio;
- dipendenza dal gas residuo;
- Generazione di CCS;
- importazioni.

Ma il nucleare stesso richiede:

- forte connessione alla rete;
- fornitura di energia elettrica esterna;
- pianificazione di emergenza;
- rinforzo.

Un reattore non sostituisce la rete di trasmissione.

Diventa uno dei nodi più grandi e importanti al suo interno.

La sicurezza rimane specifica del progetto

La valutazione della sicurezza contenuta nel rapporto porta a un'altra chiara conclusione.

Le nuove tecnologie dei reattori potrebbero offrire vantaggi significativi.

I SMR possono trarre vantaggio da:

- scorte di base più ridotte;
- minore calore di decadimento assoluto;
- sistemi passivi;
- architettura semplificata.

I combustibili avanzati potrebbero trattenere i radionuclidi in modo più efficace.

Ma nessuna di queste caratteristiche dovrebbe essere indicata tramite etichette.

La sequenza corretta rimane:

PROGETTO

↓

INCIDENTE

↓

TERMINE DI ORIGINE

↓

CONSEGUENZA

Analogamente:

MODULO PICCOLO

≠

CONSEGUENZA AUTOMATICA DI PICCOLO SITO

È necessario valutare anche i siti multi-modulo, le scorte di combustibile esaurito e i rischi esterni comuni.

L'Italia dovrebbe quindi acquistare **prestazioni di sicurezza comprovate** , non terminologia.

Il finanziamento deciderà se il programma diventerà operativo.

Una delle conclusioni più importanti dei capitoli successivi è che il costo del nucleare non è principalmente una questione di prezzo del reattore.

Si tratta di un/una:

questione di allocazione del rischio.

Interazione tra spese in conto capitale, tempi di costruzione e WACC.

Un progetto che appare tecnicamente competitivo può diventare economicamente poco attraente se:

- I lavori di costruzione sono in ritardo;
- I costi di finanziamento aumentano;
- I premi per il rischio politico restano elevati.

L'Italia ha quindi bisogno di un modello di finanziamento prima ancora di stipulare un contratto di costruzione.

Tale modello deve determinare:

- chi garantisce l'equità;
- chi fornisce il debito;
- se esiste un supporto da parte di CfD o RAB;
- come sono strutturati gli aiuti di Stato;
- chi sopporta gli eccessi;
- come vengono tutelati i consumatori;
- come vengono controllate le passività potenziali dello Stato.

Nessun modello di finanziamento fa scomparire il rischio.

Determina chi lo porta con sé.

Lo Stato dovrebbe quindi respingere entrambi gli estremi:

TUTTI I RISCHI SONO TRASFERITI AL MERCATO PRIVATO

E:

TUTTI I RISCHI A CARICO DEI CONTRIBUENTI

Un'architettura corretta assegna ciascun rischio all'attore più in grado di controllarlo.

L'Italia deve costruire le istituzioni prima di costruire i reattori.

Forse la conclusione non tecnica più importante dell'intero studio riguarda lo Stato stesso.

L'energia nucleare richiede un sistema istituzionale solido.

L'Italia deve distinguere chiaramente tra:

- governo;
- coordinamento del programma;
- regolatore;
- proprietario;
- operatore;
- fornitore;
- autorità di salvaguardia.

Queste funzioni devono cooperare.

Non devono diventare intercambiabili.

L'organismo di regolamentazione deve essere sufficientemente indipendente da poter dire di no.

L'operatore deve possedere competenze tecniche sufficientemente solide da poter contestare il proprio fornitore.

L'ufficio di programma deve essere politicamente abbastanza forte da coordinare più ministeri senza assorbire l'ente regolatore.

Lo Stato deve inoltre creare:

- forza lavoro;
- formazione;
- salvaguardie;
- protezione dalle radiazioni;
- infrastrutture di qualità.

Un reattore non può essere gestito in sicurezza da istituzioni create dopo l'inizio della costruzione.

La capacità istituzionale rappresenta pertanto un percorso critico fin dalle prime fasi.

L'approvvigionamento deve creare il secondo reattore, non solo il primo.

La prima unità italiana dovrebbe essere giudicata in parte secondo un criterio raramente utilizzato nel dibattito politico:

Rende più facile l'unità successiva?

Questa è la prova della modularità e dell'economia delle flotte.

Un FOAK di successo dovrebbe creare:

- apprendimento del regolatore;
- fornitori qualificati;
- operatori qualificati;
- procedure standard;
- approvvigionamento stabile di carburante;
- minore incertezza sui finanziamenti.

La seconda unità dovrebbe quindi idealmente diventare:

- più economico;
- Più veloce;
- più facile da autorizzare.

Se ciò non si verifica, il presunto vantaggio derivante dall'apprendimento in fabbrica non viene dimostrato.

L'Italia dovrebbe quindi evitare di creare un reattore altamente personalizzato che non possa essere riprodotto.

La logica economica di un programma nazionale si basa sulla standardizzazione.

La via senza nucleare è reale e deve rimanere parte del processo decisionale.

Un'altra conclusione importante è che l'Italia può realizzare un sistema profondamente decarbonizzato senza ricorrere all'energia nucleare.

Questo fatto dovrebbe essere affermato chiaramente.

Ciò significa che il nucleare non è logicamente indispensabile.

Ma il sistema alternativo non è privo di costi.

Le simulazioni ufficiali indicano che l'eliminazione del nucleare richiede diverse combinazioni di:

- più energia eolica e solare;
- maggiore spazio di archiviazione;
- una produzione di energia a basse emissioni di carbonio più programmabile;
- più CCS;
- più importazioni.

Il confronto corretto non è quindi:

NUCLEARE

rapporto

ENERGIE RINNOVABILI

Entrambi i percorsi prevedono un'enorme diffusione delle energie rinnovabili.

Il confronto è il seguente:

```
ELEVATA ELEVATA DI ENERGIE RINNOVABILI
+
NUCLEARE
+
MAGAZZINAGGIO
+
GRIGLIA
Sinonimo:
ENERGIE RINNOVABILI ANCORA PIÙ ELEVATE
+
PIÙ SPAZIO DI ARCHIVIAZIONE
+
ALTRE RISORSE AZIENDALI
+
GRIGLIA
```

Questo è lo scenario controfattuale nucleare che dovrebbe determinare la politica definitiva.

Il programma dovrebbe essere gestito attraverso controlli basati su prove concrete.

La raccomandazione più importante che emerge da questo libro è di natura procedurale piuttosto che tecnologica.

L'Italia non dovrebbe prendere ora una decisione irreversibile in materia nucleare.

Dovrebbe prendere una sequenza di decisioni.

```
SVILUPPO DELLE OPZIONI
↓
PROVA
↓
CANCELLO
↓
IMPEGNO AGGIUNTIVO
↓
NUOVE PROVE
↓
PROSSIMO CANCELLO
```

Questa struttura protegge l'Italia da due errori opposti.

Errore 1: impegno prematuro

ENTUSIASMO POLITICO

↓

FORNITORE SELEZIONATO TROPPO PRESTO

↓

BLOCCO TECNOLOGICO

Errore 2: indecisione permanente

STUDI INFINITI

↓

NESSUNA CAPACITÀ ISTITUZIONALE

↓

L'OPZIONE SCOMPARSA

Lo Stato dovrebbe preservare tale opzione, innalzando progressivamente la soglia probatoria.

Cosa dovrebbe accadere immediatamente?

Diverse azioni hanno valore a prescindere dalla scelta finale del reattore.

L'Italia dovrebbe continuare:

- ricostruire le capacità di regolamentazione;
- rafforzare la formazione in ambito nucleare;
- fornitori industriali qualificati;
- partecipare alle revisioni normative estere;
- monitoraggio dei FOAK stranieri;
- migliorare la pianificazione dei rifiuti;
- sviluppare la ricerca sullo smaltimento geologico;
- siti di screening;
- sviluppare strutture di finanziamento.

Queste azioni preservano la possibilità di scelta.

Non richiedono un ordine di reattore irreversibile.

Allo stesso tempo, l'Italia dovrebbe proseguire a pieno ritmo con:

- diffusione delle energie rinnovabili;
- magazzinaggio;
- Rinforzo della griglia;
- efficienza;
- elettrificazione.

Un futuro programma nucleare non potrà sostituire tali investimenti.

Ciò che non dovrebbe ancora accadere

L'Italia non dovrebbe ancora:

- impegnare l'intero programma nazionale su un unico reattore ancora immaturo;
- pubblicare date di primo ordine non supportate come programmi di progetto;
- promettono percentuali di localizzazione senza pacchetti di lavoro qualificati;
- si presume che una licenza estera venga automaticamente trasferita in Italia;
- presuppone la disponibilità di HALEU;
- presupporre le scadenze del repository;
- Trattare i preventivi dei fornitori come prezzi di costruzione bancabili.

Sono proprio questi i settori in cui le prove future avranno il maggior valore.

Il programma necessita di condizioni di arresto esplicite

Un programma strategico credibile deve definire le condizioni alle quali si interromperà.

Ciò è particolarmente importante perché i grandi progetti generano pressioni politiche per la loro prosecuzione anche dopo che i costi sono già stati sostenuti.

L'Italia dovrebbe pertanto stabilire dei meccanismi di blocco prima della decisione finale di investimento (FID).

Per esempio:

```
NESSUN CARBURANTE BANCARIZZABILE
↓
NESSUNA DIFESA


SITO NON ACCETTABILE
↓
NESSUN PROGETTO


REGOLATORE NON PRONTO
↓
NESSUNA ACCELERAZIONE DELLE LICENZE


IL FINANZIAMENTO RICHIEDE
GARANZIA STATALE ILLIMITATA
↓
RAGIONE


IL COSTO DI FOAK SUPERA
SOGLIA DI VALORE DI SISTEMA PREDEFINITA
↓
RIAPERTURA CONTROFATTUALE
```

Questa disciplina distingue la politica strategica dalla promozione tecnologica.

La scelta geopolitica centrale

In definitiva, la decisione dell'Italia sul nucleare è una decisione che riguarda la struttura della dipendenza futura.

Un sistema a predominanza di gas dipende da:

- carburante estero;
- oleodotti;
- GNL

Un sistema fortemente basato sulle energie rinnovabili dipende da:

- griglie;
- magazzinaggio;
- materiali;
- produzione.

Un sistema nucleare dipende da:

- uranio;
- arricchimento;
- fabbricazione di combustibili;
- tecnologia dei reattori.

Nessuno è indipendente.

L'obiettivo dovrebbe essere la diversificazione.

L'Italia dovrebbe evitare di sostituire una dipendenza dominante con un'altra.

Una strategia di approvvigionamento nucleare efficace dovrebbe quindi mirare a:

- combustibili diversificati;
- Catene di approvvigionamento europee/italiane;
- Accesso IP durante tutto il ciclo di vita;
- molteplici fornitori qualificati;
- ricambi strategici;
- sovranità del software.

L'obiettivo geopolitico è la resilienza, non l'autarchia.

La decisione che l'Italia dovrà affrontare

Dopo quindici capitoli, la questione nucleare italiana si riduce a quattro scelte strategiche.

Opzione A — Implementare un percorso consolidato per i reattori ad acqua leggera (LWR) e i reattori modulari di piccole dimensioni (SMR) occidentali.

Punti di forza potenziali:

- Famiglia di combustibili maturi;
- maggiore familiarità con le normative;
- precedenti prove a supporto.

Scambio:

- maggiore dipendenza da reattori IP esteri.

Opzione B — Verso la sovranità italiana/europea sui reattori avanzati

Punti di forza potenziali:

- maggiore diffusione della tecnologia italiana;
- Potenziale avanzato per cicli termici/combustibili.

Scambio:

- successivo dispiegamento;
- tecnologie più avanzate e incertezza del ciclo del combustibile.

Opzione C — Preservare la capacità industriale nucleare senza nuove costruzioni sul territorio nazionale

L'Italia potrebbe rimanere:

- fornitore;
- ingegnere;
- partecipante alla ricerca;
- esportatore;

senza gestire una flotta nazionale.

Ciò evita i rischi legati ai progetti nazionali, preservando al contempo il valore industriale.

Opzione D: Mantenere l'opzione in attesa di prove più solide.

L'Italia potrebbe ritardare la decisione finale di investimento irreversibile mentre:

- rafforzare le istituzioni;
- osservare FOAK stranieri;
- accelerando la transizione non nucleare.

Ciò riduce il rischio di essere i primi ad entrare nel mercato, ma potrebbe comportare la perdita di alcuni vantaggi in termini di tempistica industriale.

Nessuna di queste opzioni può essere considerata universalmente corretta.

Ciascuno diventa razionale in base a presupposti diversi.

Sintesi finale

Le prove raccolte in questo studio non supportano la conclusione semplicistica secondo cui l'Italia debba necessariamente costruire una centrale nucleare.

Ciò non avvalora nemmeno la conclusione che l'Italia debba escluderla nuovamente prima che le nuove tecnologie, i finanziamenti e le evidenze di sistema siano stati testati.

La conclusione più forte è di natura istituzionale.

L'Italia dovrebbe conservare la possibilità di scegliere.

Ciò richiede un programma sufficientemente rigoroso da permettere di scegliere il nucleare se dimostra di essere vantaggioso, e di scartarlo in caso contrario.

La storia nucleare del paese in passato è stata caratterizzata da bruschi cambiamenti di politica.

Una strategia più matura sostituirebbe l'inversione con la progressione condizionata.

```
PROVA
↓
DECISIONE
↓
PROVA
↓
DECISIONE
piuttosto che:
ENTUSIASMO
↓
IMPEGNO
O:
PAURA
↓
ESCLUSIONE PERMANENTE
```

Lo standard finale dovrebbe quindi essere esigente.

L'Italia dovrebbe costruire centrali nucleari solo se può dimostrare che il programma nazionale completo è:

- sicuro;
- finanziabile;
- sostenibile a livello istituzionale;
- sicurezza energetica;
- gestibile in termini di rifiuti;
- di valore industriale;
- competitivo a livello sistemico;
- geopoliticamente resiliente.

Tutte queste condizioni devono essere soddisfatte simultaneamente.

La decisione non dovrebbe essere influenzata dalla popolarità o meno dell'energia nucleare nel 2026.

Gli impianti, se realizzati, rimarranno in funzione ben oltre la fine dell'attuale ciclo politico.

La prospettiva rilevante non è quindi quella delle prossime elezioni.

È il prossimo secolo.

La domanda finale per lo Stato italiano è:

L'Italia può costruire un sistema nucleare il cui valore rimanga difendibile non solo al momento dell'ordine del reattore, ma anche al momento della sua messa in funzione, dopo trent'anni di funzionamento, quando i suoi primi componenti principali necessitano di essere sostituiti, durante la fornitura di combustibile, durante la gestione del combustibile esaurito e al momento dello smantellamento definitivo dell'impianto?

Se la risposta dovesse essere un sì dimostrabile, l'Italia disporrebbe di una base credibile per lo sviluppo di un programma nucleare.

Se la risposta rimane negativa, preservare l'opzione avrà comunque generato preziose conoscenze normative, industriali e strategiche, senza imporre un investimento irreversibile.

Questa è la conclusione principale di questo libro:

L'obiettivo non è dimostrare che l'Italia debba tornare all'energia nucleare. È garantire che, se l'Italia sceglie di tornarci, lo faccia con piena consapevolezza dei costi, dei rischi, della dipendenza e degli obblighi istituzionali che tale decisione comporta, e con la capacità di fermarsi qualora tali condizioni non vengano soddisfatte.

Questo è lo standard appropriato per un programma nucleare nazionale.

Ed è questo il parametro in base al quale, in ultima analisi, dovrebbe essere giudicato il ritorno dell'Italia al nucleare.

Capitolo introduttivo: scopo, metodo e valore strategico di questo studio.

L'Italia è rientrata nel dibattito sul nucleare in un momento in cui la politica energetica non è più separabile dalla sicurezza nazionale, dalla competitività industriale, dalla politica fiscale, dalla sovranità tecnologica, dalla strategia climatica e dalla resilienza del sistema economico europeo.

Per tale ragione, il ritorno dell'energia nucleare al centro delle politiche pubbliche italiane non può essere analizzato adeguatamente attraverso il linguaggio convenzionale della propaganda politica.

La questione non è se l'energia nucleare debba essere definita moderna o obsoleta, sicura o pericolosa, economica o costosa, strategica o superflua.

Ciascuna di queste formulazioni è troppo generica per supportare una decisione della portata che lo Stato italiano potrebbe trovarsi ad affrontare.

La domanda pertinente è molto più impegnativa:

In quali condizioni legali, tecnologiche, industriali, finanziarie, ambientali, normative e geopolitiche un rinnovato programma nucleare italiano potrebbe creare un valore strategico netto e in quali condizioni l'Italia dovrebbe rifiutare, ritardare o riprogettare tale programma?

Questo libro è stato concepito per rispondere a tale domanda.

Il suo scopo, pertanto, non è né quello di sostenere il ritorno dell'energia nucleare né di riprodurre gli argomenti storicamente utilizzati per opporsi ad essa.

Il suo scopo è quello di accertare, con il massimo livello possibile di rigore documentario, **cosa stia effettivamente decidendo l'Italia** .

Tale distinzione è essenziale.

Un programma di reattori non è un singolo progetto infrastrutturale.

Si tratta di un impegno istituzionale che si estende a:

- governi;
- generazioni di regolatori;
- cicli industriali multipli;
- riforme del mercato dell'energia elettrica;

- contratti sui carburanti;
- cambiamenti geopolitici;
- gestione dell'impianto;
- gestione dei rifiuti;
- smantellamento.

Gli effetti della decisione possono quindi estendersi per un secolo o più.

Una politica di tale durata non può essere valutata attraverso slogan politici, presentazioni di fornitori o parametri ingegneristici isolati.

Richiede una prospettiva che abbracci il sistema nazionale.

Questo studio è stato pertanto concepito per fornire tale prospettiva.

L'obiettivo centrale: trasformare il dibattito sul nucleare in un'architettura decisionale.

Il dibattito sul nucleare in Italia è stato storicamente caratterizzato da una polarizzazione insolita.

Chernobyl, i referendum del 1987, la successiva chiusura del programma nucleare italiano, il tentativo di rilancio dell'era Berlusconi, Fukushima e il referendum del 2011 hanno tutti contribuito a creare una cultura politica in cui l'energia nucleare ha acquisito un'importanza simbolica che va ben oltre la sua quota diretta nel sistema elettrico.

Il risultato è stato spesso un dibattito organizzato attorno a presupposti assoluti incompatibili.

Da un lato, l'energia nucleare può essere presentata come la soluzione indispensabile alla dipendenza energetica e alla decarbonizzazione.

D'altra parte, può essere presentata come intrinsecamente superflua, antieconomica o politicamente illegittima.

Nessuno dei due punti di partenza è sufficiente per una decisione governativa.

L'approccio utilizzato in questo libro è quindi volutamente diverso.

Lo studio pone le seguenti domande, in sequenza:

- Che cosa è effettivamente diventato legale?
- Cosa richiede ancora una legislazione o una regolamentazione delegata?
- Quali istituzioni devono esistere prima che un reattore possa ottenere la licenza?

- Dove potrebbe essere fisicamente e legalmente collocato un reattore?
- Quali tecnologie sono state effettivamente realizzate o testate in esercizio?
- Che dipendono da catene di approvvigionamento del carburante che non esistono ancora su scala commerciale matura?
- Quali aziende italiane vantano referenze concrete nel settore nucleare?
- Quali flussi di rifiuti genererebbe una nuova flotta?
- Chi finanzierebbe il programma?
- Chi sarebbe il proprietario e il gestore dell'impianto?
- Chi si farebbe carico degli extracosti?
- Quali ulteriori infrastrutture di rete, stoccaggio, raffreddamento, trasporto e emergenza sarebbero necessarie?
- Cosa succederebbe se non si costruisse una centrale nucleare?
- Quali condizioni dovrebbero indurre lo Stato a interrompere il programma?

L'obiettivo non è quello di fornire un'unica risposta semplicistica.

L'obiettivo è definire le **condizioni in base alle quali le diverse risposte diventano razionali** .

Questa è la differenza tra attività di patrocinio e valutazione strategica.

Il rapporto è strutturato in base alla gerarchia delle prove, non alla convenienza narrativa.

L'affidabilità di una relazione di questo tipo dipende meno dal numero di fonti citate che dalla disciplina con cui vengono distinte le diverse forme di prova.

Nel corso di questo studio, viene mantenuta una rigorosa distinzione tra:

- legge;
- politica governativa;
- prove a supporto dell'autorità di regolamentazione;
- rivendicazioni industriali;
- Risultati del modello;
- dichiarazioni politiche;
- inferenza analitica.

Queste categorie non sono intercambiabili.

Una dichiarazione ministeriale secondo cui la prima energia nucleare potrebbe arrivare in un determinato anno non equivale a:

- un programma autorizzato;
- un contratto di costruzione;
- una decisione finale di investimento.

Una dichiarazione del fornitore che descrive un reattore come pronto per l'implementazione non è equivalente a:

- costruzione completata;
- prima criticità;
- Storia operativa commerciale.

Un impegno politico a sostegno dell'energia nucleare non equivale a:

- un'autorizzazione per un reattore.

Una riduzione stimata di 17 miliardi di euro nei costi del sistema non equivale a:

- 17 miliardi di euro di risparmi pubblici garantiti.

Una richiesta di connessione a un data center non equivale a:

- fabbisogno di energia elettrica operativa.

Un'azienda teoricamente in grado di produrre un componente nucleare non è equivalente a:

- un fornitore attualmente qualificato per il settore nucleare.

L'intero rapporto è strutturato in modo da preservare queste distinzioni.

Ciò previene uno degli errori più comuni nelle politiche relative alle grandi infrastrutture: permettere che aspettative, ambizioni e scenari acquisiscano gradualmente lo status di fatti.

Il lettore dovrebbe quindi interpretare ogni conclusione principale attraverso la gerarchia:

FATTO REALIZZATO

↓

STATO DEL PROGRAMMA VERIFICATO

↓

INFERENZA ANALITICA SUPPORTATA

↓

SCENARIO

↓

AMBIZIONE POLITICA O INDUSTRIALE

Maggiore è il livello di incertezza, più stringente è la qualificazione applicata.

Questa disciplina metodologica è particolarmente importante perché il settore nucleare è caratterizzato da cicli di sviluppo eccezionalmente lunghi.

Tra annuncio politico e operazione commerciale possono verificarsi:

- riforma legale;
- selezione della tecnologia;
- selezione del sito;
- valutazione ambientale;
- revisione normativa;
- finanziamento;
- approvvigionamento;
- produzione;
- costruzione;
- messa in servizio;
- carico di carburante;
- prima criticità;
- ascesa al potere;
- attività commerciale.

Queste fasi non devono mai essere ridotte al termine generico **"progetto".**

Lo studio considera il reattore come un solo componente del sistema nucleare.

Una delle conclusioni principali che emergono dalla ricerca è che la sola selezione della tecnologia non è sufficiente.

L'unità di analisi corretta non è:

il reattore

Ma:

il sistema completo reattore-combustibile-sito-rete-gestore-rifiuti-finanziamento-regolamentazione.

Ciò modifica l'interpretazione di molte tecnologie di reattori apparentemente interessanti.

Un progetto può possedere:

- elevata sicurezza passiva;
- bassa potenza dell'unità;
- capacità di riscaldamento industriale avanzata;

e rimanere comunque strategicamente debole per l'Italia se:

- il carburante non può essere contrattualizzato;
- l'ente regolatore non possiede le capacità necessarie;
- Il percorso di smaltimento dei rifiuti non è stato risolto;
- il fornitore crea una dipendenza a lungo termine inaccettabile;
- Il sistema non può essere finanziato in modo competitivo.

Al contrario, un SMR convenzionale maturo raffreddato ad acqua può possedere un profilo tecnologico meno ambizioso, pur offrendo:

- maggiore maturità dei combustibili;
- prove normative più approfondite;
- conoscenze operative più accessibili.

Nessuno dei due esiti individua un vincitore universale.

Ciò dimostra perché gli appalti nazionali debbano essere multidimensionali.

Lo stesso principio si applica ai siti.

Un collegamento alla rete elettrica a 380 kV esistente non rende automaticamente un sito autorizzato.

Il fatto che un ex sito nucleare sia automaticamente riutilizzabile non significa che lo sia.

La posizione costiera non risolve automaticamente i problemi di approvvigionamento idrico per il raffreddamento.

La bonifica di un sito industriale dismesso non semplifica automaticamente la sicurezza fisica.

Ogni vantaggio apparente genera una questione di secondo livello.

Quest'analisi di secondo ordine è una delle caratteristiche distintive di questo libro.

Il rapporto introduce l'incertezza nella decisione anziché nasconderla.

I rapporti governativi possono generare una falsa fiducia quando l'incertezza viene trattata come una debolezza editoriale.

Nell'ambito della politica nucleare, l'incertezza è di per sé una delle variabili decisionali.

Tra le variabili importanti ancora da definire figurano:

- Costo di costruzione di FOAK;
- Economia futura della produzione in serie di SMR;
- WACC nucleare italiano;
- costi di stoccaggio negli anni 2030;
- Prestazioni e costi della CCS;
- Disponibilità di HALEU;
- accettazione da parte del pubblico;
- disponibilità del sito;
- futura domanda di elettricità;
- carico futuro del data center;
- durabilità politica.

La risposta appropriata non è quella di eliminare l'incertezza attraverso stime non supportate da prove.

Si tratta di strutturare il programma in modo che le evidenze future modifichino le decisioni.

Ciò produce una strategia basata su porte.

INCERTEZZA OGGI

↓

PROVE DI FOAK STRANIERO

↓

LAVORO IN AMBITO REGOLATORIO ITALIANO

↓

PROVE SUL LUOGO

↓

PROVE DI FINANZIAMENTO

↓

DECISIONE AGGIORNATA

Lo Stato non ha bisogno di una conoscenza perfetta prima di iniziare i lavori preparatori.

È necessario fornire prove sostanzialmente più solide prima di assumere impegni irreversibili.

Tale distinzione consente all'Italia di preservare l'opzionalità nucleare senza vincolarsi prematuramente a una singola tecnologia o a un unico fornitore.

Lo studio è destinato sia ai decisori politici che alle istituzioni tecniche.

Il pubblico di lettori a cui è destinato questo libro è volutamente più ampio della sola comunità tecnica nucleare.

Un programma nucleare moderno non può essere gestito esclusivamente da ingegneri.

Né può essere governato efficacemente attraverso decisioni politiche senza prove ingegneristiche.

I soggetti decisionali competenti includono:

- Presidenza del Consiglio;
- Parlamento;
- MASE;
- MEF;
- MIMIT;
- MAECI;
- ISIN;
- Terna;
- Protezione civile;
- governi regionali;

- potenziali operatori;
- aziende industriali;
- istituzioni finanziarie;
- università e centri di ricerca.

Ognuno di loro vede un problema nucleare diverso.

L'autorità di regolamentazione chiede:

L'installazione è sicura?

Il Tesoro chiede:

Quale responsabilità potenziale si assume lo Stato?

L'operatore di rete chiede:

La rete è in grado di integrare l'impianto?

Il ministero dell'industria chiede:

Quali capacità strategiche restano all'Italia?

L'operatore chiede:

È possibile costruire e gestire l'impianto in modo affidabile?

L'ente locale chiede:

Quali rischi, infrastrutture e benefici riceve il territorio?

Il governo deve integrare tutte queste prospettive.

Ecco perché questo libro oltrepassa intenzionalmente i confini disciplinari.

Combina:

- diritto costituzionale;
- regolamentazione nucleare;
- ingegneria dei reattori;
- analisi del ciclo del combustibile;
- pianificazione a griglia;
- politica industriale;
- rischio ambientale;

- finanza pubblica;
- approvvigionamento;
- geopolitica.

Una decisione nazionale in materia nucleare non può essere ridotta a una sola di queste opzioni.

La dimensione temporale è fondamentale

Un ulteriore principio dello studio è la separazione tra politiche immediate, a medio termine e a lungo termine.

I problemi energetici dell'Italia funzionano secondo ritmi diversi.

Il Paese deve agire immediatamente su:

- griglie;
- diffusione delle energie rinnovabili;
- magazzinaggio;
- efficienza energetica;
- elettrificazione;
- Diversificazione del gas.

Un programma nucleare non può risolvere in modo sostanziale i problemi di approvvigionamento elettrico dell'Italia per il periodo 2026-2030.

È di fondamentale importanza per il sistema che potrebbe emergere dalla metà degli anni 2030 fino al 2050 e oltre.

Ciò previene un errore comune nelle politiche aziendali:

utilizzare la futura energia nucleare come giustificazione per ritardare le infrastrutture di cui l'Italia ha bisogno prima che il nucleare possa eventualmente entrare in funzione.

La relazione dovrebbe invece essere complementare.

anni 2020

ENERGIE RINNOVABILI

GRIGLIA

MAGAZZINAGGIO

EFFICIENZA

+

SVILUPPO DELL'OPZIONE NUCLEARE

↓

Anni 2030

DECISIONE NUCLEARE BASATA SULLE PROVE

Se il nucleare supera i passaggi richiesti, entra a far parte del sistema successivo.

In caso contrario, l'Italia deve dotarsi di un percorso credibile verso un'alternativa non nucleare.

Il rapporto esamina quindi entrambi gli aspetti.

La prospettiva geopolitica è più ampia della semplice indipendenza energetica.

Il termine **"sovranità energetica"** compare sempre più spesso nel discorso politico europeo.

Può facilmente risultare fuorviante.

Nessun plausibile sistema energetico italiano futuro è completamente sovrano in senso letterale.

Un sistema fortemente basato sulle energie rinnovabili dipende da:

- tecnologia;
- minerali critici;
- catene di approvvigionamento per lo stoccaggio;
- griglie.

Un sistema a gas dipende da:

- oleodotti;
- GNL;
- produttori stranieri.

Un sistema nucleare dipende da:

- uranio;
- conversione;
- arricchimento;
- fabbricazione di combustibili;
- tecnologia dei reattori.

L'obiettivo rilevante non è l'autarchia.

È:

evitare un'eccessiva concentrazione strategica.

L'analisi geopolitica presentata in questo libro si concentra pertanto sull'architettura della dipendenza.

Si chiede se l'Italia stia sostituendo:

DIPENDENZA A

con:

DIPENDENZA B

o creare un sistema più diversificato e resiliente.

Questa distinzione è particolarmente importante dopo lo shock energetico seguito all'invasione russa dell'Ucraina.

Gli eventi del 2022 non hanno dimostrato che l'energia nucleare sia automaticamente necessaria.

Hanno dimostrato il costo strategico della dipendenza da fonti energetiche concentrate.

Questa lezione si applica ugualmente alla futura selezione dei fornitori di servizi nucleari.

L'Italia non dovrebbe ridurre la dipendenza dal gas solo per diventare strutturalmente dipendente da:

- un fornitore di reattori;
- un unico fornitore di carburante;
- un ecosistema software straniero.

La sicurezza è considerata una condizione abilitante, non un argomento politico.

Nessun risultato economico ha la precedenza sulla sicurezza nucleare.

Nessun argomento geopolitico prevale sulla sicurezza nucleare.

Nessun programma di costruzione ha la precedenza sulla sicurezza nucleare.

Allo stesso tempo, l'analisi della sicurezza deve rimanere di natura tecnica.

Il libro, pertanto, respinge affermazioni categoriche quali:

- “I SMR sono intrinsecamente sicuri”;
- “La quarta generazione elimina gli incidenti”;
- “I reattori di piccole dimensioni non necessitano di piani di emergenza.”

La sequenza corretta è sempre:

PROGETTO

↓

PERICOLO

↓

ANALISI DEGLI INCIDENTI

↓

TERMINE DI ORIGINE

↓

CONSEGUENZA

↓

DECISIONE REGOLATORIA

Lo stesso standard si applica alla sicurezza informatica, alla protezione fisica e alle misure di sicurezza.

Ciò consente alla sicurezza di rimanere una disciplina professionale, anziché un'arma retorica utilizzata per promuovere o respingere la tecnologia.

La storia politica è inclusa perché la stabilità politica influenza l'ingegneria e la finanza.

L'analisi dei referendum del 1987 e del 2011 non è un'appendice storica.

È direttamente rilevante per l'economia dei programmi.

Gli investimenti nel nucleare richiedono decenni di continuità politica.

Aumentano i ripetuti cambi di rotta nelle politiche:

- rischio per l'investitore;
- costo del finanziamento;
- incertezza dei fornitori;
- abbandono della forza lavoro.

La storia nucleare italiana diventa quindi una variabile finanziaria attuale.

Lo Stato deve dimostrare che le istituzioni tecniche possono sopravvivere ai cambiamenti politici.

Ecco perché l'indipendenza degli enti regolatori, i fondi per lo smantellamento, le misure di salvaguardia e la politica in materia di rifiuti non dovrebbero essere ridefiniti dopo ogni elezione.

Un programma nucleare sostenibile richiede un nucleo istituzionale stabile, anche se le maggioranze politiche continuano a essere in disaccordo sulle dimensioni della flotta o sulla sua tempistica.

Cosa il lettore può aspettarsi dai capitoli che seguono

I capitoli procedono dalla legge all'attuazione.

Essi esaminano:

- la ricostruzione giuridica della politica nucleare italiana;
- governo multilivello e autorità regionale;
- fattibilità del sito;
- la base industriale nucleare italiana;
- Realtà globale dei reattori modulari di piccole dimensioni e dei reattori avanzati;
- carburante e rifiuti;
- vincoli ambientali, di rete e di sicurezza;
- rischi del programma;
- sequenza di dispiegamento;
- opzioni strategiche;
- la storia politica del ritiro e del ritorno dell'Italia al nucleare;
- finanziamento;
- architettura istituzionale;

- approvvigionamento e gestione della flotta;
- il controfattuale completo nucleare contro quello non nucleare.

Il risultato è volutamente più ampio di un semplice rapporto tecnologico.

Si tratta di una valutazione sulla capacità dell'Italia di costruire un **sistema nucleare completo** .

Il principio guida dell'intero studio

Lo studio può essere in definitiva ricondotto a un'unica regola analitica:

Nessuna singola caratteristica positiva dovrebbe essere consentita per compensare un fallimento fondamentale del programma.

Un reattore economico senza possibilità di ottenere licenze non è una soluzione praticabile.

Un reattore maturo senza un sito idoneo non è una soluzione praticabile.

Un reattore sicuro senza finanziamenti bancari non è fattibile.

Un reattore finanziabile senza un combustibile sicuro non è realizzabile.

Un reattore tecnologicamente avanzato che crea un'inaccettabile dipendenza strategica non è automaticamente auspicabile.

Un progetto politicamente attraente i cui rifiuti non possono essere gestiti non è sostenibile.

Pertanto, il programma italiano deve superare contemporaneamente tutte le principali prove.

LEGGE

↓

ISTITUZIONI

↓

TECNOLOGIA

↓

SITO

↓

SICUREZZA

↓

CARBURANTE

↓

SCIUPARE

↓

GRIGLIA

↓

FINANZA

↓

APPROVVIGIONAMENTO

↓

OPERATORE

↓

FID

Lo scopo di questo libro è rendere visibile ciascuna di queste porte.

Tale visibilità costituisce di per sé una forma di protezione strategica.

Consente ai decisori politici di distinguere:

- ciò che è già noto;
- ciò che resta incerto;
- cosa si può accelerare;
- ciò che non può essere compresso in sicurezza;
- dove l'Italia possiede autentici vantaggi strategici;
- dove l'ambizione politica supera le prove attuali.

L'obiettivo dello studio non è quindi quello di dire allo Stato italiano quale conclusione debba raggiungere.

Si tratta di rendere sostanzialmente più difficile per lo Stato giungere a tale conclusione sulla base di informazioni incomplete.

Questo è il criterio in base al quale va letto ogni capitolo che segue.

Chi è l'autore

Charlye Ghezzi è un analista geopolitico e consulente strategico specializzato in tecnologie emergenti, sicurezza nazionale, affari istituzionali e dinamiche economiche internazionali.

Il suo lavoro si concentra sull'intersezione tra geopolitica, sovranità tecnologica, difesa, infrastrutture critiche, strategia industriale e affari internazionali. Fornisce consulenza a dirigenti, istituzioni e media su questioni strategiche complesse, trasformando informazioni frammentate, sviluppi geopolitici ed evoluzioni tecnologiche in valutazioni strutturate volte a supportare i processi decisionali ai massimi livelli.

Le sue attività attuali comprendono l'analisi dei rischi geopolitici e strategici, la market intelligence, la due diligence industriale, la ricerca nei settori difesa e telecomunicazioni, l'intelligenza artificiale, le infrastrutture critiche, i sistemi OSINT e le piattaforme analitiche basate sull'IA. Elabora inoltre report per il top management, pubblicazioni istituzionali e modelli di supporto alle decisioni, oltre a sostenere lo sviluppo di business transfrontaliero e il coinvolgimento degli stakeholder.

I suoi incarichi hanno riguardato sviluppi in Europa e nell'area del Mediterraneo, con particolare attenzione a Italia, Francia, Germania, Regno Unito, Balcani, Nord Africa e Medio Oriente. I rapporti con i clienti e gli incarichi di consulenza rimangono riservati.

Prima di avviare la propria attività di consulenza indipendente, Ghezzi ha ricoperto ruoli di crescente responsabilità presso un importante gruppo europeo attivo nei settori delle telecomunicazioni e della tecnologia. La sua esperienza professionale ha spaziato dalla pianificazione aziendale e operativa ai servizi tecnologici e di telecomunicazione, dal coordinamento di programmi e progetti all'ottimizzazione dei processi, allo sviluppo organizzativo, alla gestione commerciale e alla collaborazione interfunzionale tra aree tecniche e di business.

Questo background gli ha fornito un'esperienza diretta in settori complessi e regolamentati, nella trasformazione tecnologica, nelle strutture aziendali di grandi dimensioni e nelle realtà operative di organizzazioni di rilievo.

La sua attività di ricerca e consulenza è caratterizzata da un approccio interdisciplinare che coniuga intelligence geopolitica, analisi tecnologica, strategia industriale, valutazione economica e analisi dei rischi istituzionali.