

IL DILEMMA DELLA PROPULSIONE NUCLEARE MERCANTILE TRA INNOVAZIONE TECNOLOGICA, TRANSIZIONE ENERGETICA E POLITICA DEL RISCHIO

ANDREA CRISMANI

Prof. Ordinario di Diritto Amministrativo Dipart. di Scienze Politiche e Sociali Univ. degli Studi di Trieste

Abstract. Il saggio analizza il regime giuridico della propulsione nucleare delle navi mercantili come paradigma del diritto amministrativo dell'innovazione tecnologica. La ricerca muove dal paradosso fra una tecnologia in rapida maturazione, attestata dagli sviluppi sui reattori modulari di IV generazione, e una cornice normativa internazionale ferma agli anni Sessanta-Ottanta del secolo scorso, segnata dalla mancata entrata in vigore della Convenzione di Bruxelles del 1962 sulla responsabilità degli operatori di navi nucleari e dall'obsolescenza del Codice IMO del 1981, oggi formalmente in revisione. Su questo sfondo, il lavoro ricostruisce la cornice internazionale (UNCLOS e SOLAS Capitolo VIII) e quella europea (direttive Euratom, FuelEU Maritime, EU ETS, studio EMSA); analizza in chiave comparata il modello britannico delle Merchant Shipping (Nuclear Ships) Regulations 2022, fondato su valutazione preventiva di sicurezza e controllo speciale, e il modello norvegese dell'apprendimento normativo pubblicamente finanziato attraverso il progetto NuProShip; ricostruisce la stratificazione delle fonti italiane, dall'art. 12 della legge n. 1860/1962 fino all'art. 34 del D.P.R. n. 435/1991 e all'art. 185 del d.lgs. n. 101/2020; e affronta la dimensione industria-diritto, mettendo a fuoco il nodo dell'assicurabilità del rischio nucleare navale. La ricerca evidenzia, in conclusione, che nel rapporto fra tecnica e norma il giurista può trovarsi tanto a precedere quanto a seguire l'innovazione tecnologica, ma non a esserne spettatore; e che la sostenibilità giuridica del nucleare mercantile resta condizionata, oltre che dai profili autorizzatori e assicurativi qui ricostruiti, dalla capacità del procedimento amministrativo di accogliere e canalizzare l'opposizione delle collettività rivierasche al rischio percepito.

Abstract. *The essay analyses the legal regime of nuclear propulsion for merchant ships as a paradigm of the administrative law of technological innovation. The research moves from the paradox between a rapidly maturing technology, as attested by developments in Generation IV modular reactors, and an international regulatory framework essentially frozen in the 1960s-1980s, marked by the never-ratified Brussels Convention of 1962 on the liability of operators of nuclear ships and by the obsolescence of the 1981 IMO Code of Safety, now formally under revision. Against this background, the work reconstructs the international framework (UNCLOS and SOLAS Chapter VIII) and the European one (Euratom Directives, FuelEU Maritime, EU ETS, the EMSA study); compares the British model of the Merchant Shipping (Nuclear Ships) Regulations 2022, based on preventive safety assessment and special control, with the Norwegian model of publicly funded regulatory learning through the NuProShip project; reconstructs the stratified Italian sources, from Article 12 of Law no. 1860/1962 to Article 34 of Presidential Decree no. 435/1991 and Article 185 of Legislative Decree no. 101/2020; and addresses the industry-law dimension, focusing on the insurability of the nuclear maritime risk. In closing, the research shows that, in the relationship between technology and the legal order, the jurist may either precede or follow technological innovation, but cannot remain a mere observer; and that the legal sustainability of merchant nuclear propulsion remains conditioned, beyond the authorisation and insurance profiles reconstructed here, by the capacity of the administrative procedure to receive and channel the opposition of coastal communities to the perceived risk.*

Parole chiave: innovazione; nucleare; mercantile; procedimento; precauzione; ragionevolezza; proporzionalità; affidamento; prudenza; analogia; sandbox regolatorie; sperimentazione; discrezionalità; sicurezza; assicurabilità; responsabilità; comparazione; dissenso; SMR; reattori.

Keywords: *innovation; nuclear; merchant; procedure; precaution; reasonableness; proportionality; expectation; prudence; analogy; regulatory sandboxes; experimentation; discretion; safety; insurability; liability; comparison; dissent; SMR; reactors.*

SOMMARIO: 1. La propulsione nucleare mercantile come paradigma del diritto amministrativo dell'innovazione. - 2. Gli strumenti adattivi del diritto dell'innovazione. - 3. La cornice internazionale. - 4. La cornice europea. - 5. (*Segue*): Casi di studio comparati. - 5.1. Il modello britannico. - 5.2. Il modello norvegese. - 5.3. Il confronto. - 6. Il regime italiano. - 7. La prospettiva industria-diritto. - 8. Conclusioni.

1. La propulsione nucleare mercantile come paradigma del diritto amministrativo dell'innovazione

Il presente articolo muove da una premessa ormai consolidata nella scienza del diritto amministrativo: questa disciplina non si limita solo a registrare o ad attuare scelte già compiute dal legislatore, ma offre gli strumenti giuridici attraverso cui i pubblici poteri assumono decisioni in condizioni di incertezza, soprattutto in quella zona di confine - sempre più estesa - nella quale la tecnica precede la norma. Si tratta di una premessa sistematica che la dottrina più recente ha progressivamente elaborato, denunciando la storica «fragilità» del giurista di fronte all'innovazione tecnologica e proponendo una rilettura della stessa innovazione come «funzione amministrativa» autonoma¹.

La propulsione nucleare applicata alle navi mercantili costituisce, in questa prospettiva metodologica, un terreno di indagine particolarmente fecondo, sebbene di nicchia, per verificare la capacità del diritto amministrativo di confrontarsi con innovazioni tecnologiche ad alto contenuto tecnico, ancora prive di una compiuta stabilizzazione normativa. In effetti, si può notare come la maturità della tecnica - attestata dagli studi industriali sui reattori modulari di IV generazione, con orizzonti di prototipazione fra il 2030 e il 2040 – si confronta con un quadro normativo internazionale e nazionale fermo agli anni Sessanta e Ottanta del secolo scorso. La Convenzione di Bruxelles del 25 maggio 1962 sulla responsabilità degli operatori di navi nucleari² non è mai entrata in vigore,

¹ Per un'elaborazione sistematica del concetto di «innovazione» come oggetto giuridico autonomo, e in particolare come funzione amministrativa, cfr. A. BARTOLINI, *Diritto amministrativo dell'innovazione tecnologica*, Torino, 2025, in *Sistema del diritto amministrativo italiano* (a cura di F.G. SCOCA e F.A. ROVERSI MONACO). Sulla denuncia della «fragilità» del giurista di fronte all'innovazione tecnologica, S. RODOTÀ, *Tecnologie e diritti*, Bologna, 2021, II ed. (a cura di G. ALPA, M.R. MARELLA, G. MARINI, G. RESTA), p. 23 ss. Sul rapporto tra incertezza tecnica, valutazioni specialistiche e procedimento amministrativo, v. D. DE PRETIS, *Valutazione amministrativa e discrezionalità tecnica*, Padova; F. CINTIOLI, *Giudice amministrativo, tecnica e mercato. Poteri tecnici e "giurisdizionalizzazione"*, Milano, 2005; per la lettura sistemica delle istituzioni di fronte alle nuove tecnologie, M. CLARICH, *Istituzioni, nuove tecnologie, sviluppo economico*, in *Dir. pubbl.*, 2017, p. 75 ss.; B.G. MATTARELLA, *Burocrazia e riforme. L'innovazione nella pubblica amministrazione*, Bologna, 2017, spec. p. 94 ss.; per la dimensione digitale, L. TORCHIA, *Lo Stato digitale. Una introduzione*, Bologna, 2023.

² Convenzione sulla responsabilità degli operatori di navi nucleari (*Convention on the Liability of Operators of Nuclear Ships / Convention sur la responsabilité des exploitants de navires nucléaires*), fatta a Bruxelles il 25 maggio 1962 in occasione dell'undicesima sessione della Conferenza diplomatica di diritto marittimo, accompagnata da Protocollo addizionale di pari data; convenzione *free-standing*, non adottata sotto l'egida dell'OECD/NEA né dell'IAEA. La Convenzione, ai sensi dell'art. XXIV, sarebbe entrata in vigore tre mesi dopo il deposito di uno strumento di ratifica da parte di almeno uno Stato licenziatario e di un altro Stato. Il *quorum* non

mancando le ratifiche necessarie; il Codice IMO di sicurezza per le navi mercantili nucleari, adottato con la Risoluzione A.491(XII) del 1981, è oggetto di una revisione formalmente avviata in sede IMO. Nella 110^a sessione del *Maritime Safety Committee* del giugno 2025, il Comitato ha incaricato il *Sub-Committee on Ship Design and Construction* (SDC) di aggiornare il Codice alla luce degli sviluppi tecnologici; le sottomissioni tecniche e le analisi di settore hanno evidenziato che il Codice del 1981, modellato sui reattori ad acqua pressurizzata di concezione tradizionale, non è idoneo a sostenere il dispiegamento commerciale delle nuove tecnologie nucleari navali³.

È proprio nel divario tra la maturazione della tecnica e l'assenza di una disciplina positiva aggiornata che emerge l'utilità del paradigma del «diritto amministrativo dell'innovazione» recentemente elaborato da Antonio Bartolini nella sua monografia. Non si tratta di un nuovo settore dell'ordinamento, bensì di un metodo che richiede di leggere insieme tre piani: la regolazione tecnica ultranazionale, le competenze pubbliche statali e sub-statali, e gli strumenti integrativi - principi generali, analogia, *sandbox regolatorie*, *soft law* - che operano nelle ipotesi in cui la disciplina normativa puntuale manca⁴.

L'indagine si articola, nel seguito, su tre direttrici. Sul piano metodologico, si propone una rilettura della categoria della prudenza amministrativa quale criterio guida del bilanciamento. Sul piano del diritto positivo italiano, si ricostruisce la stratificazione delle fonti dalla legge sull'impiego pacifico dell'energia nucleare del 1962 fino all'art. 185 del d.lgs. n. 101/2020. Sul piano comparato, si analizzano i due modelli che, a fronte della medesima lacuna internazionale, hanno seguito strade diverse: il modello regolamentare britannico, il modello dell'apprendimento normativo norvegese, riletti alla luce dello studio EMSA del 4 dicembre 2024.

2. Gli strumenti adattivi del diritto dell'innovazione

Il punto di partenza di una riflessione metodologica è la categoria della «prudenza amministrativa», quale recentemente riproposta come criterio guida del diritto dell'innovazione. La prudenza, nella tradizione classica, è la facoltà di discernere il comportamento rischioso; nel diritto romano essa fu trasfusa nella *iuris prudentia* e, nei contemporanei, viene risolta nel canone della ragionevolezza. Per

è mai stato raggiunto: la Convenzione, a oltre sessant'anni dall'adozione, non è in vigore. Sulle ragioni storiche e dottrinali del fallimento ratificatorio - riconducibili a tre fattori convergenti, ossia (i) l'estensione anche al naviglio militare, sgradita alle grandi potenze nucleari militari, (ii) l'inadeguatezza del massimale risarcitorio, fissato in 1.500 milioni di franchi-oro Poincaré, e (iii) la sostanziale inesistenza di flotte mercantili nucleari commerciali nel periodo successivo all'adozione - v. J. HANDRLICA, *Facing Plans for Multiplying Nuclear-Powered Vessels: Lessons Gained from the Brussels Convention on the Liability of Operators of Nuclear Ships of 1962*, in *Int. J. Nucl. L.*, 2(4), 2009, spec. p. 358 ss.; e, sotto il profilo istituzionale, IAEA, *International Nuclear Liability Regime - The Liability Regime*, Vienna, 2017, e OECD/NEA, *Convention on the Liability of Operators of Nuclear Ships and Additional Protocol*, Paris, 2021, in [@oecd-neo.org](https://www.oecd-neo.org), sez. nuclear law.

³ Sull'incompletezza del regime convenzionale internazionale e sulla mancata entrata in vigore della Convenzione di Bruxelles del 1962 cfr. M. ROSCINI, *The Navigational Rights of Nuclear Ships*, in *Leiden J. Int. L.*, XV, 2002, p. 251 ss.; J. HANDRLICA, *op.cit.*; Per i lavori IMO in corso, MARITIME SAFETY COMMITTEE, *Report of the 110th session*, giugno 2025, e SUB-COMMITTEE ON SHIP DESIGN AND CONSTRUCTION, *Outcome of SDC 12*, gennaio 2026, sottoposto al MSC 111 nel maggio 2026 per l'endorsement, con adozione del nuovo Codice prevista entro il 2030. Sulla ratio della revisione, IAEA, *Civil Liability for Nuclear Damage. Advantages and Disadvantages of Joining the International Nuclear Liability Regime*, Vienna, 2024, p. 17 ss.

⁴ La sistemazione concettuale dell'«innovazione come funzione amministrativa» è in BARTOLINI, *Il diritto amministrativo dell'innovazione tecnologica*, cit., capp. III e IV.

Bartolini, la prudenza, ovvero la ragionevolezza, costituisce «il primo baluardo che il diritto si offre come antidoto ai pericoli e rischi insiti nell'innovazione»⁵.

Il diritto dell'innovazione conosce, quanto a tipologie di disciplina, quattro modelli: la regolamentazione per principi, la regolazione per esperimenti (*regulatory sandbox*), la regolazione condizionale e quella etica. Il dilemma di fondo - se la regolazione limiti lo spazio evolutivo dell'innovazione, oppure se l'innovazione senza regole crei danni maggiori dei benefici - si risolve nella formula per cui la tecnologia va regolata, se necessario, ma in modo da non soffocare l'innovazione, richiedendo dunque la predisposizione di regole dinamiche e adattabili al mutamento tecnologico⁶.

Quanto al primo modello, il giurista che incontra una fattispecie nuova si interroga sulla possibilità di un'applicazione analogica delle norme esistenti, ai sensi dell'art. 12 delle Preleggi. L'applicazione analogica soffre tuttavia di due limiti decisivi. Il primo è di rango sistematico: le norme che limitano la libertà dei privati o che incidono sul potere autorizzatorio non sono di regola suscettibili di applicazione analogica, vigendo in materia di restrizioni la riserva di legge. Il secondo è di rango sostanziale: l'analogia presuppone una somiglianza significativa fra le fattispecie poste a confronto, e i reattori modulari di nuova generazione (SMR) e i reattori avanzati (AMR) presentano profili di rischio così diversi dai reattori ad acqua pressurizzata di derivazione militare degli anni Sessanta del secolo scorso che la stessa nozione di somiglianza appare difficilmente sostenibile⁷.

La via maggiormente percorribile è dunque il ricorso ai principi generali, i quali non si esauriscono nel solo principio di precauzione, ma operano in una pluralità di direzioni e richiedono un bilanciamento concreto. Il principio di precauzione (art. 191 TFUE) impone di non subordinare la tutela della salute pubblica all'assenza di certezza scientifica assoluta sui rischi, ma vale come argine, non come divieto generalizzato. Il principio di ragionevolezza, di matrice costituzionale, esige che la decisione pubblica sia coerente con i fatti, internamente non contraddittoria e proporzionata nei suoi presupposti. Il principio di proporzionalità opera con il classico test trifasico di idoneità, necessità,

⁵ Sulla riproposizione della prudenza come categoria del diritto amministrativo cfr. BARTOLINI, *Dilemmi amministrativi e innovazione tecnologica*, cit., spec. pp. 687-690, il quale richiama R. BODEI, *Prudenza*, in BODEI, GIORELLO, MARZANO, VECA, *Le virtù cardinali*, Roma-Bari, 2018; G. ZAGREBELSKY, *Il diritto mite*, Torino, 1992, pp. 168-169, che efficacemente sintetizza l'equivalenza fra ragionevolezza e prudenza nella trattazione del diritto; F. ASTONE, *Il principio di ragionevolezza*, in M. RENNA, F. SAITTA (cur.), *Studi sui principi del diritto amministrativo*, Milano, 2012, p. 347 ss.; S. CIVITARESE MATTEUCCI, *Ragionevolezza (dir. amm.)*, in *n Treccani – Diritto on line*.

⁶ Sulla classificazione dei quattro modelli di regolamentazione dell'innovazione cfr. BARTOLINI, *Dilemmi amministrativi*, cit., pp. 685-686, che richiama l'insufficienza del determinismo «code is law!» di L. LESSIG, *Code, Version 2.0*, New York, 2006, p. 1 ss., e la posizione di T. SCHREPEL, *Law + Technology (May 20, 2022)*. *Stanford University CodeX Research Paper Series 2022*, *The Journal of Law and Technology at Texas*, 2023, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4115666> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4115666>. Nella stessa prospettiva G. FINOCCHIARO, *Intelligenza artificiale: quali regole*, Bologna, 2024.

⁷ Sui limiti dell'analogia in materia di norme restrittive della libertà cfr., per tutti, N. BOBBIO, *Analogia*, in *Noviss. dig. it.*, I, Torino, 1957, p. 601 ss.; F. MERUSI, *Il sogno di Diocleziano. Il diritto nelle crisi economiche*, Torino, 2013. Per la specifica applicazione al diritto della navigazione, L. TULLIO, *Manuale di diritto della navigazione*, 17a ed., Milano, 2023, p. 38 ss. La differenza ontologica fra reattori PWR di derivazione navale militare e reattori SMR/AMR di IV generazione - essenziale al venir meno della somiglianza analogica - è descritta in J. EMBLEMSVÄG (cur.), *Final Report of the Nuclear Propulsion for Merchant Ships I (NuProShip I) project*, Trondheim, NTNU, 2025, § 2 (Nuclear Island and infrastructure on land), che individua tre tecnologie più adatte alla propulsione mercantile: il Molten Salt Reactor con TRISO della Kairos Power, il Micro Modular Reactor a gas-elio della Ultra Safe Nuclear Corporation, e il reattore al piombo SEALER-55 della Blykalla.

adeguatezza in senso stretto del mezzo rispetto al fine. A questi si aggiungono il principio del legittimo affidamento - particolarmente delicato quando l'armatore investe oggi sapendo che il quadro tecnico-regolatorio definitivo arriverà solo nel 2030 - e il principio del coinvolgimento procedimentalizzato, consolidato in materia nucleare a partire dalla sentenza della Corte costituzionale n. 278 del 2010⁸.

Raramente questi principi operano in via autonoma. In effetti l'interprete è chiamato a un bilanciamento concreto fra interessi parimenti tutelati: la salute pubblica e l'ambiente, da un lato; la libertà di iniziativa economica, la decarbonizzazione del trasporto marittimo e la sicurezza degli approvvigionamenti energetici, dall'altro. È in questo quadro che ritorna lo strumento amministrativistico classico - la cosiddetta «riserva di procedimento amministrativo», che la Corte costituzionale, nella sentenza n. 121 del 2022, ha ricondotto alla funzione di «comporre gli interessi pubblici coinvolti» garantendo loro una corretta valorizzazione - quale esito procedurale di quella «signoria della prudenza» nei termini in cui è stata postulata dalla dottrina più recente: il procedimento amministrativo è il luogo nel quale la prudenza pratica si organizza, si articola in pareri, sintetizza apporti istruttori plurimi, conduce a una decisione motivata e giustiziabile⁹.

Quanto al modello dell'«esperimento normativo», l'istituto del *sandbox* regolatorio - principalmente generatosi in ambito britannico alcuni decenni fa con la *Project Innovate* della *Financial Conduct Authority* - costituisce uno spazio protetto, virtuale o fisico, nel quale soggetti innovatori possono sperimentare prodotti, servizi o tecnologie per un tempo determinato, in deroga a specifiche regole settoriali, sotto la vigilanza di un'autorità competente. La dottrina italiana lo ha qualificato come «temporanea disapplicazione delle regole amministrative» nel quadro di una «regolazione sperimentale»¹⁰.

⁸ Sulla pluralità dei principi e sul bilanciamento come tecnica decisoria del diritto dell'innovazione cfr., per la sintesi più recente, BARTOLINI, *Dilemmi amministrativi*, cit., pp. 689-690 e 725-726. In dottrina amministrativistica generale, D.-U. GALETTA, *Il principio di proporzionalità fra diritto nazionale e diritto europeo (e con uno sguardo anche al di là dei confini dell'Unione Europea)*, in *Riv. it. dir. pubbl. com.*, 2019, n. 6, p. 903 ss.; S. DE NITTO, *La proporzionalità nel diritto amministrativo*, Torino, 2023. Sul principio del coinvolgimento procedimentalizzato delle Regioni in materia nucleare, Corte cost., 23 giugno 2010, n. 278, in *giurcost.org*.

⁹ Sulla «riserva di procedimento amministrativo» nella giurisprudenza costituzionale v. Corte cost., 27 maggio 2022, n. 121, in *giurcost.org*. La complementarità fra la «signoria della prudenza» (BARTOLINI, op. ult. cit., pp. 738-739) e la «riserva di procedimento» (Corte cost. n. 121/2022) costituisce, nella prospettiva qui sostenuta, il punto di sintesi del diritto amministrativo dell'innovazione: la prudenza è la virtù del decisore, il procedimento è la sua forma istituzionale. Per la lettura del procedimento come «forma istituzionale» di una funzione amministrativa che si fa relazionale v. da ultimo D. D'ORSOGNA, *Coalescenze della funzione amministrativa*, in *Riv. interdisc. dir. amm. pubbl.* (CERIDAP), 2/2024.

¹⁰ Sulle *regulatory sandboxes*, quali spazi controllati di sperimentazione normativa diretti a consentire il test di tecnologie, prodotti o servizi innovativi sotto vigilanza pubblica e per un periodo limitato, v. Consiglio dell'Unione europea, *Conclusioni sugli spazi di sperimentazione normativa e le clausole di sperimentazione*, doc. 13026/20, 16 novembre 2020; European Commission, *Better Regulation Toolbox*, 2023; M.T. PARACAMPO, *Dalle regulatory sandboxes al network dei facilitatori di innovazione tra decentramento sperimentale e condivisione europea*, in *Rivista di Diritto Bancario*, 2019, 219 ss.; FINANCIAL CONDUCT AUTHORITY, *Regulatory Sandbox*, London, 2015 (in part. si v. <https://www.fca.org.uk/publication/forms/project-innovate-criteria.pdf>). Sul tentativo (poi cassato) di introduzione di una sandbox amministrativa nell'art. 223 dello Schema definitivo del Codice dei contratti pubblici 2023, M. MILANESI, *Lo sviluppo delle sandbox regolatorie italiane tra dubbi e opportunità. Requiem per l'art. 223*, in *Federalismi.it*, 28 giugno 2023; A. ATTREY, M. LESHER, C. LOMAX, *The role of sandboxes in promoting flexibility and innovation in the digital age*, OECD, Paris, 2020; B. KNIGHT, T. MITCHELL, *The Sandbox Paradox: Balancing the Need to Facilitate Innovation with the Risk of Regulatory Privilege*, in *South Carolina Law Review*, 2020, 445 ss.; A. MERLINO, *Il regulatory sandbox. Una nuova*

L'ordinamento italiano conosce tre *sandbox* di portata settoriale. Il primo è il sandbox FinTech, introdotto con l'art. 36, comma 2-bis, del d.l. 30 aprile 2019, n. 34, convertito con l. 28 giugno 2019, n. 58, e attuata con il decreto del Ministro dell'economia e delle finanze 30 aprile 2021, n. 100¹¹. Il secondo è la cosiddetta «Sperimentazione Italia», disciplinata dall'art. 36 del d.l. 16 luglio 2020, n. 76, convertito con l. 11 settembre 2020, n. 120¹². Il terzo è il sandbox in materia di intelligenza artificiale, previsto direttamente dal Regolamento (UE) 2024/1689 («AI Act»), il cui art. 57 obbliga ogni Stato membro a istituire almeno un sandbox AI a livello nazionale entro il 2 agosto 2026¹³.

Un sandbox nucleare-navale è ipotizzabile ma non come deroga ai presidi di sicurezza, vincolati dalla riserva di legge e dai vincoli convenzionali (le *safeguards* IAEA ai sensi dell'art. III del Trattato di non proliferazione, le previsioni della Convenzione sulla protezione fisica dei materiali nucleari del 1980 e i suoi emendamenti del 2005); piuttosto come spazio procedurale per la sperimentazione di prototipi sotto autorizzazione speciale, con monitoraggio rafforzato e finalità di formazione del nuovo Codice IMO 2030.

Accanto a principi e *sandbox*, la materia è attraversata da un terzo binario, costituito dalla *soft law* tecnico-regolatoria: linee guida IMO, raccomandazioni IAEA, standard delle società di certificazione¹⁴. Pur non avendo natura formalmente vincolante, queste fonti sono destinate a riempire

prospettiva ordinamentale, Napoli, Editoriale Scientifica, 2022; G. LO SAPIO, *La regulatory sandbox tra principi dell'attività amministrativa e rischio di illusione normativa*, in *Federalismi.it*, 2022, n. 30; S. RANCHORDAS, V. VINCI, *Regulatory sandboxes and innovation-friendly regulation: between collaboration and capture*, in *Italian Journal of Public Law*, 2024, vol. 16, n. 1; D. IMMORDINO, *Innovazione e regole: una sandbox ci salverà?*, in *lavoce.info*, 2023; E. CIRONE, *Gli spazi di sperimentazione normativa nell'Unione europea: regolamentare l'innovazione tra principi e prassi applicative*, in *Rivista italiana di informatica e diritto*, 2025, n. 1. Per il versante fintech, cfr. L. BROMBERG, A. GODWIN, I. RAMSAY, *Fintech sandboxes: achieving a balance between regulation and innovation*, in *Journal of Banking and Finance Law and Practice*, 2017, 314 ss.; E. CORAPI, *Regulatory Sandbox nel Fintech?*, in E. CORAPI, R. LENER - a cura di -, *I diversi settori del FinTech. Problemi e prospettive*, Milano, Wolters Kluwer, 2019, 13 ss.; W.G. RINGE, C. RUOF, *Regulating Fintech in the EU: the Case for a Guided Sandbox*, in *European Journal of Risk Regulation*, 2020, 604 ss.; L. FAHY, *Fostering regulator-innovator collaboration at the frontline: A case study of the UK's regulatory sandbox for fintech*, in *Law & Policy*, 2022, 162 ss. Nei settori con rischi elevati per salute, ambiente e sicurezza, resta tuttavia essenziale evitare una trasposizione automatica del modello fintech, come osserva W.G. JOHNSON, *Caught in quicksand? Compliance and legitimacy challenges in using regulatory sandboxes to manage emerging technologies*, in *Regulation & Governance*, 2023, vol. 17, n. 3.

¹¹ D.L. 30 aprile 2019, n. 34, recante *Misure urgenti di crescita economica e per la risoluzione di specifiche situazioni di crisi* (Decreto Crescita), in *Gazz. Uff.* 30 aprile 2019, n. 100, conv., con modificazioni, dalla L. 28 giugno 2019, n. 58, in *Gazz. Uff.* 29 giugno 2019, n. 151, S.O. n. 26; la disciplina della sandbox FinTech, introdotta dall'art. 1, c. 2, del medesimo provvedimento e dall'art. 36, comma 2-bis, del decreto, è stata attuata con D.M. 30 aprile 2021, n. 100, del Ministro dell'economia e delle finanze, recante *Disciplina del Comitato Fintech, nonché le condizioni e le modalità di svolgimento di una sperimentazione relativa alle attività di tecno-finanza (FinTech)*, in *Gazz. Uff.* 1° luglio 2021, n. 156, in vigore dal 17 luglio 2021.

¹² D.L. 16 luglio 2020, n. 76, recante *Misure urgenti per la semplificazione e l'innovazione digitale* (Decreto Semplificazioni), in *Gazz. Uff.* 16 luglio 2020, n. 178, S.O. n. 24, conv., con modificazioni, dalla L. 11 settembre 2020, n. 120, in *Gazz. Uff.* 14 settembre 2020, n. 228, S.O. n. 33; l'art. 36, rubricato *Misure di semplificazione amministrativa per l'innovazione*, costituisce la base normativa della c.d. «Sperimentazione Italia», sotto la regia della Presidenza del Consiglio dei Ministri.

¹³ Sulla sandbox FinTech v. BARTOLINI, op. cit. Per l'AI Act, art. 57 del Regolamento (UE) 2024/1689, in *GUUE*, L del 12 luglio 2024.

¹⁴ Sul *soft law* nel diritto amministrativo, quale forma di regolazione flessibile collocata nella crisi del sistema tradizionale delle fonti e nella crescita di strumenti amministrativi atipici, cfr. E. MOSTACCI, *La soft law nel sistema delle fonti: uno studio comparato*, Padova, 2008; A. SOMMA (a cura di), *Soft law e hard law nelle società postmoderne*, Torino, 2009; L. SENDEN, *Soft Law in European Community Law*, Oxford, 2004; L. DE

concretamente lo spazio lasciato dalla norma puntuale e in molti casi sono incorporate per rinvio nelle convenzioni di *hard law*. La revisione attualmente avviata in IMO segue esplicitamente l'approccio dei goal-based standards: regole che fissano l'obiettivo di sicurezza e lasciano al progettista la scelta della soluzione tecnica, valutata caso per caso¹⁵.

3. La cornice internazionale

Sul piano internazionale, tre sono gli strumenti di base del regime applicabile alla propulsione nucleare delle navi mercantili; il loro impianto, tuttavia, risente del contesto tecnico e regolatorio nel quale furono elaborati. Il primo è la Convenzione delle Nazioni Unite sul diritto del mare (UNCLOS, 1982), i cui artt. 22 e 23 disciplinano il passaggio inoffensivo delle navi nucleari nel mare territoriale. UNCLOS regola il transito; non regola - dato importante - l'accesso al porto, che resta espressione della sovranità piena dello Stato territoriale. Il diritto internazionale generale non riconosce un diritto di scalo: lo Stato del porto può condizionarlo, limitarlo o vietarlo per ragioni di sicurezza, ordine pubblico o tutela ambientale¹⁶.

Il secondo strumento è la Convenzione SOLAS del 1974, che dedica al naviglio nucleare il Capitolo VIII e rinvia al *Code of Safety for Nuclear Merchant Ships*, adottato dall'Assemblea IMO con la Risoluzione A.491(XII) del 1981 e costruito attorno alla sola tecnologia dei reattori ad acqua pressurizzata. La revisione, formalmente avviata, prevede l'adozione del nuovo Codice entro il 2030: la 12^a sessione del Sub-Committee on Ship Design and Construction (SDC 12, Londra, 19-23 gennaio

BERNARDIN, *Soft law*, in S. Cassese (a cura di), *Dizionario di diritto pubblico*, Milano, 2006, vol. VI, 5603 ss.; G. MORBIDELLI, *Degli effetti giuridici della soft law*, in *Rivista della regolazione dei mercati*, 2016, n. 2; M.E. BUCALO, *Autorità indipendenti e soft law. Forme, contenuti, limiti e tutele*, Torino, 2018; R. BIN, *Soft law, no law*, in A. Somma, cit.; A. ALGOSTINO, *La "soft law" comunitaria e il diritto statale: conflitto fra ordinamenti o fine del conflitto democratico?*, in *Costituzionalismo.it*, 2016, n. 3; M. MANETTI, *Fonti senza forma e presunto soft law, con particolare riguardo alle linee-guida ANAC*, in *Diritto costituzionale*, 2019, n. 1, 55 ss.

¹⁵ Sull'approccio dei goal-based standards in materia marittima cfr. IMO, *MSC.1/Circ.1394/Rev.1, Generic Guidelines for Developing IMO Goal-Based Standards*. Sulla soft law amministrativa, B.G. MATTARELLA, *Le regole dell'onestà. Etica, politica, amministrazione*, Bologna, 2007; A. POLICE, *La terra, l'aria, il fuoco. Spigolature sulle innovazioni per l'effettività della tutela*, in CAVALLO PERIN, LIPARI, RACCA (cur.), *Contratti pubblici e innovazioni nel nuovo codice*, cit.

¹⁶ Sull'assenza di un «diritto di scalo» nel diritto internazionale del mare cfr. ROSCINI, op. cit., p. 254 ss.; per l'interpretazione degli artt. 22 e 23 UNCLOS in materia di passaggio inoffensivo di navi nucleari, T. SCOVAZZI, *Elementi di diritto internazionale del mare*, 4a ed., Milano, 2018, p. 142 ss. La casistica storica del rifiuto di accesso si è consolidata nel «modello dell'autorizzazione discrezionale» applicato alle quattro navi mercantili nucleari della storia: la NS Savannah statunitense (1962-1972), che dovette negoziare visiting agreements bilaterali con ciascuno Stato di approdo e si scontrò con divieti di accesso in numerosi porti europei e australiani; la NS Otto Hahn della Repubblica federale di Germania (1968-1979), che effettuò centoventisei viaggi su trentatré porti in ventidue paesi grazie a *indemnity agreements* bilaterali, ma terminò il programma per la progressiva chiusura dei porti d'accesso; la NS Mutsu giapponese (1972-1992), che dopo l'incidente di criticità del 1° settembre 1974 rimase oltre cinquanta giorni alla deriva per il rifiuto del proprio porto di registrazione di Mutsu City; la NS Sevmorput sovietica e poi russa (1988-2024), che si vide negare l'accesso a Nakhodka, Vostochny, Magadan e Vladivostok per proteste popolari post-Chernobyl. Sul versante opposto, la Nuova Zelanda con il *Nuclear Free Zone, Disarmament, and Arms Control Act* del 1987 ha sancito il divieto totale di ingresso nelle proprie acque interne entro le dodici miglia marine, al costo della sospensione de facto del trattato ANZUS con gli Stati Uniti. Nella pratica italiana, una posizione affine si rinviene nell'ordinanza n. 20/2019 della Capitaneria di porto di Augusta, che in occasione della visita di un'unità nucleare NATO ha vietato il transito e l'attracco di altre unità entro un raggio di settecento metri dalla banchina militare per tutta la durata della sosta.

2026) ha finalizzato un piano di lavoro destinato a essere sottoposto al Maritime Safety Committee nella sessione MSC 111 del maggio 2026 per l'approvazione¹⁷.

Il terzo strumento - il più fragile - riguarda la responsabilità civile nucleare. Le grandi convenzioni in materia escludono espressamente le navi nucleari dal proprio ambito di applicazione. La Convenzione di Bruxelles del 1962 non è mai entrata in vigore. Anche la Convenzione di Londra del 1976 sulla limitazione della responsabilità per i crediti marittimi (LLMC) esclude i danni nucleari, e le tradizionali coperture di *Protection & Indemnity* non assumono il rischio nucleare. Ne deriva che, allo stato, una nave mercantile a propulsione nucleare difficilmente potrebbe accedere alle ordinarie coperture assicurative marittime, mancando un regime di responsabilità e garanzia idoneo a rendere il rischio nucleare giuridicamente e commercialmente sostenibile¹⁸.

4. La cornice europea

Sul versante europeo e dell'Unione il Trattato Euratom ha generato un *corpus* normativo che ruota attorno a due assi: la direttiva 2009/71/Euratom, come modificata dalla direttiva 2014/87/Euratom, sulla sicurezza degli impianti nucleari, e la direttiva 2013/59/Euratom sulla radioprotezione¹⁹. Entrambe definiscono però l'«impianto nucleare» con riferimento a installazioni terrestri; le navi a propulsione nucleare ne sono escluse per definizione, salva l'applicazione trasversale della disciplina sulla radioprotezione.

Sul versante della pressione regolatoria a favore della decarbonizzazione, l'Unione è attiva: la Direttiva (UE) 2023/959 estende al settore marittimo lo schema ETS²⁰, e il Regolamento (UE) 2023/1805 - FuelEU Maritime, operativo dal 1° gennaio 2025 - impone una progressiva riduzione dell'intensità carbonica dei combustibili. Si crea un'asimmetria che è il punto giuridico decisivo:

¹⁷ Sul punto di recente si v. Western European Nuclear Regulators Association, *WENRA calls for a regulatory framework allowing a robust and consistent safety assessment across countries of potential new nuclear propulsion modes for merchant ships*, 13 maggio 2026; nonché *WENRA says regulatory framework needed for nuclear shipping*, in *World Nuclear News*, 14 maggio 2026. WENRA - Western European Nuclear Regulators Association - è l'associazione che riunisce i responsabili delle autorità nazionali europee di regolazione della sicurezza nucleare, istituita nel 1999 per favorire un approccio comune e armonizzato alla nuclear safety. Nel documento citato, WENRA segnala la necessità di un quadro regolatorio idoneo a consentire una valutazione di sicurezza robusta, coerente e transnazionale delle nuove forme di propulsione nucleare applicate al naviglio mercantile, anche in ragione della revisione in sede IMO del Code of Safety for Nuclear Merchant Ships, in <https://www.world-nuclear-news.org/articles/wenra-says-regulatory-framework-needed-for-nuclear-shipping>.

¹⁸ Sull'architettura convenzionale internazionale della responsabilità nucleare e sulla mancata entrata in vigore della Convenzione di Bruxelles 1962 v. HANDRLICA, op. cit., p. 354 ss., e IAEA, *Civil Liability for Nuclear Damage*, cit. Sull'esclusione dei danni nucleari dalla LLMC 1976, M. GRIGOLI, *Profili del diritto della navigazione*, 4a ed., Milano, 2018, p. 312 ss. Le grandi convenzioni richiamate sono la Convenzione di Parigi del 1960 (in ambito OECD/NEA), la Convenzione di Vienna del 1963 (in ambito IAEA) e la *Convention on Supplementary Compensation* del 1997.

¹⁹ Direttiva 2009/71/Euratom del Consiglio, del 25 giugno 2009, recante un quadro comunitario per la sicurezza nucleare degli impianti nucleari, in GUUE, L 172 del 2 luglio 2009, p. 18 ss., come modificata dalla Direttiva 2014/87/Euratom del Consiglio, dell'8 luglio 2014, in GUUE, L 219 del 25 luglio 2014, p. 42 ss.; Direttiva 2013/59/Euratom del Consiglio, del 5 dicembre 2013, recante norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, in GUUE, L 13 del 17 gennaio 2014, p. 1 ss.

²⁰ Direttiva (UE) 2023/959 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 10 maggio 2023, recante modifica della direttiva 2003/87/CE sull'EU ETS e della decisione (UE) 2015/1814 sulla market stability reserve, in GUUE, L 130 del 16 maggio 2023, p. 134 ss.

l'Unione mette l'industria sotto pressione perché trovi alternative ai combustibili fossili, ma non predisporre l'infrastruttura giuridica per una delle alternative tecnologicamente più mature²¹.

L'atto più recente sul versante europeo è il rapporto della *European Maritime Safety Agency Potential Use of Nuclear Power for Shipping*, pubblicato il 4 dicembre 2024 sotto il *framework contract* EMSA/OP/43/2020 e affidato a un gruppo di studio guidato da *American Bureau of Shipping* con la collaborazione di Texas A&M University e Arcsilea. Il documento costituisce un ampio studio istituzionale europeo sulla materia e chiude la serie EMSA dedicata alle alternative ai combustibili fossili (biofuels nel 2022, ammoniaca, idrogeno, sintetici e *wind-assisted* nel 2023-2024). Si tratta dell'atto di *soft law* europeo più articolato sul nucleare navale²².

Il messaggio politico-istituzionale chiave del rapporto, contenuto nell'*Executive Summary*, è che a livello europeo l'energia nucleare è stata identificata come fonte sostenibile di energia in grado di assistere il raggiungimento dell'obiettivo di zero emissioni dell'Unione e, pertanto, è ammissibile al *green sustainable financing*. Si tratta di una formula che richiama la qualificazione europea dell'energia nucleare come fonte sostenibile e potenzialmente eleggibile al *green sustainable financing*. Ciò non comporta tuttavia, di per sé, l'inclusione automatica della propulsione nucleare navale o della cantieristica nucleare fra le attività tassonomiche eleggibili: la concreta ammissibilità degli investimenti in cantieristica nucleare dovrà essere verificata alla luce dei criteri tecnici applicabili previsti dal Regolamento delegato (UE) 2022/1214²³.

Particolare rilievo sistemico assume la *gap analysis* sviluppata al § 3.5 dello studio (Tabella 10), che presenta una sinossi della disciplina UE e internazionale rispetto al nucleare navale, classificata per ampiezza della lacuna in quattro gradazioni (assente, piccola, media, grande). Sei strumenti presentano gap maggiori: la *FuelEU Maritime*, dove il nucleare non è esplicitamente indicato fra le tecnologie zero-emission; il sistema EU ETS, dove il nucleare non è menzionato direttamente e l'analisi è limitata alle emissioni tank-to-wake; la *EU Energy Taxation Directive*, dalla quale lo shipping è oggi esente; la *IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions* del 2023, che non disciplina specificamente i reattori nucleari; gli strumenti MARPOL Annex VI (EEDI, EEXI, CII, DCS), nei

²¹ Sul rapporto fra obblighi di decarbonizzazione marittima e neutralità tecnologica del legislatore europeo cfr. F. MUNARI, *Il diritto comunitario dei trasporti*, Milano, 2018, p. 421 ss. La direttiva (UE) 2022/2555 (NIS2) è stata recepita con d.lgs. 4 settembre 2024, n. 138. Il Regolamento (UE) 2021/821 sui controlli all'esportazione di prodotti a duplice uso costituisce, per la cantieristica nucleare, lo strumento attraverso il quale i materiali e i componenti del reattore sono sottoposti agli impegni del Nuclear Suppliers Group e del Wassenaar Arrangement.

²² European Maritime Safety Agency (EMSA), *Potential Use of Nuclear Power for Shipping*, Lisbon, 2024 (doc. EMSA/OP/43/2020). Il rapporto analizza i profili tecnologici, regolatori e di risk assessment relativi all'impiego della propulsione nucleare nel settore marittimo, con specifico riferimento ai reattori avanzati di IV generazione (PWR, GFR, LFR, MSR, SFR e VHTR/HTGR). Sul quadro Euratom richiamato dal rapporto, v. Council Directive 2006/117/Euratom; Council Directive 2011/70/Euratom; Council Directive 2013/59/Euratom; Council Directive 2014/87/Euratom; Commission Delegated Regulation (EU) 2022/1214.

²³ EMSA, *Potential Use of Nuclear Power for Shipping*, cit., *Executive Summary*: «at European level, nuclear energy has been identified as a sustainable source of energy able to assist in meeting the zero-emission goal of the EU and therefore is eligible to green sustainable financing». Sul rilievo politico-istituzionale dell'atto, va osservato che l'EMSA è agenzia europea della sicurezza marittima, istituita con Regolamento (CE) 1406/2002 e successivamente riformata, con sede a Lisbona, e che il rapporto richiamato chiude una serie di studi tecnologicamente neutri promossi dall'Agenzia per supportare gli stakeholders marittimi in sede di decisione tecnica. La precedente serie comprende: *Potential of Biofuels for Shipping*, 2022; *Potential of Ammonia as Fuel for Shipping*, 2022; *Potential of Hydrogen as Fuel for Shipping*, 2023; *Potential of Wind-Assisted Propulsion for Shipping*, 2023; *Potential of Synthetic Fuels for Shipping*, 2024.

quali manca un fattore di carbonio per il nucleare; e infine i *nuclear fuel standards*, dove la disciplina di costruzione, fornitura, riciclo e smaltimento è pensata per impianti terrestri²⁴.

Le conclusioni regolatorie del rapporto invocano una “*active partnership*” fra industria, autorità nazionali e internazionali, e società di certificazione nel ruolo di supporto tecnico per la definizione degli standard a livello internazionale ed europeo. Vi si articolano quattro indirizzi: il primo è la modernizzazione dei quadri regolatori per promuovere sicurezza, protezione ambientale, integrazione tecnologica e un regime di responsabilità esaustivo; il secondo è che, nei Paesi con bassa tolleranza per le applicazioni nucleari, l'accettazione sociale richiederà regolamentazioni precise e una vigilanza internazionale; il terzo è che gli interventi devono articolarsi su più livelli (industria, regione, nazione); il quarto è che le società di certificazione, in qualità di “*first movers*”, possono influenzare la creazione delle nuove soluzioni²⁵.

Sul piano operativo, il contributo più originale dello studio EMSA consiste nello svolgimento di tre *Hazard Identification Studies* (HAZID), dedicati ad altrettante tipologie di nave: una *cruise ship* dotata di *Lead-cooled Fast Reactor*; una *bulk carrier* con reattore VHTR/HTGR; e una *container ship* equipaggiata con la medesima tecnologia VHTR/HTGR. Le sessioni di lavoro, alle quali hanno preso parte armatori, cantieri navali, costruttori di apparati propulsivi e operatori portuali, hanno fatto emergere un insieme articolato di questioni tecnico-regolatorie: il controllo delle perdite di radiazione; gli scenari di *flooding*, affondamento e *capsizing*; le collisioni e gli arenamenti; la formazione del personale; il *technology licensing*; gli obblighi derivanti dal Trattato di non proliferazione; le minacce esterne, quali pirateria, dirottamento e terrorismo; le competenze tecniche dei cantieri; nonché gli effetti delle variazioni del carico operativo della nave sul funzionamento del reattore. Per il giurista, questa ricognizione non ha soltanto valore tecnico, ma assume una precisa funzione ordinante: individua, infatti, le principali materie sulle quali il legislatore italiano sarà chiamato a intervenire, in attuazione della delega del 2 ottobre 2025, ove la legge sia approvata. Ciascuna di esse corrisponde a

²⁴ EMSA, *Potential Use of Nuclear Power for Shipping*, cit., § 3.5 (Gap Analysis), Tab. 10 (*Synopsis on regulatory gap analysis for nuclear power as an alternative power for shipping*). Le formulazioni testuali per ciascuno strumento sono le seguenti. Per la FuelEU Maritime: «not explicitly listed as a technology considered as zero-emissions». Per l'EU ETS: «nuclear power as energy source is not directly mentioned; only focused on tank-to-wake emissions, does not incorporate emissions from production». Per la EU Energy Taxation Directive: «shipping sector is fully exempt from directive; member states independently implement national policy». Per la IMO Strategy 2023: «does not specifically apply to nuclear reactors or enforce their use on vessels; may need to be modified or updated to consider nuclear energy». Per MARPOL Annex VI EEDI/EEXI/CII/DCS: «no explicit provision in IMO regulations and guidelines for the direct use of a nuclear carbon factor in EEDI, EEXI, CII and DCS; provision for well-to-wake emissions considerations should be accounted for in these instruments». Per gli standard di combustibile nucleare la disciplina richiamata copre supply chain, manufacturing, recycling and disposal solo per impianti terrestri. Le Regulation Conclusions del § 3.6 affermano: «Substantial regulatory work is required for the adoption of nuclear power on merchant vessels. ... The inclusion of nuclear power may require the modernisation of regulatory frameworks to promote safety, environmental protection and the efficient integration of technology. There will be also the need to reflect on an adequate liability regime to ensure wider acceptance of these technology. ... In countries with a low tolerance for nuclear applications, addressing the public perception surrounding nuclear power is paramount to the continuance of the technology's trajectory».

²⁵ EMSA, *Potential Use of Nuclear Power for Shipping*, cit., § 3.6 (Regulation Conclusions): «Active participation from industry and regulatory bodies is imperative to continue creating and updating regulations. Class societies can help in this regard by offering a variety of expertise and knowledge of marine applications and can prove instrumental to aid the deployment of nuclear technology in the maritime industry. Combined with industry, regional and national involvement in aligning regulations and the assistance of class, first movers and promotional incentives for nuclear power could influence the establishment of new solutions that are sustainable and efficient».

un autonomo ambito regolatorio che, allo stato, nell'ordinamento vigente risulta assente, incompleto o frammentato²⁶.

Il rilievo sistemico del rapporto EMSA, dal punto di vista del giurista italiano, è di tre ordini. Sul piano delle fonti, è un atto di *soft law* europeo che, pur non essendo formalmente vincolante, costituisce un punto di riferimento autorevole dell'Agenzia europea della sicurezza marittima e che, attraverso il sistema dei rinvii previsti dalle direttive Euratom 2009/71 e 2013/59, può entrare per via interpretativa nelle istruttorie nazionali. Sul piano del metodo, fornisce una griglia di *gap analysis* utilizzabile come schema di riferimento per la valutazione d'impatto della delega italiana sul nucleare sostenibile. Sul piano delle prospettive, segnala che la prossima iniziativa europea di rilievo non sarà probabilmente una direttiva, ma - sulla scorta del modello *FuelEU Maritime* - un aggiornamento della tassonomia per includere espressamente la propulsione nucleare fra le tecnologie *zero-emission*.

5. (Segue): casi di studio comparati

Il quadro internazionale ed europeo, nei termini fin qui ricostruiti, lascia ampio spazio alle scelte degli ordinamenti nazionali. Due i modelli che, di fronte alla medesima lacuna, si sono sviluppati in direzioni opposte e per certi versi complementari: quello britannico, fondato sull'adozione di una disciplina specifica sotto forma di *Regulation*; quello norvegese, fondato sul finanziamento pubblico di un programma di ricerca in materia regolatoria.

5.1. Il modello britannico

Il Regno Unito ha adottato uno dei quadri nazionali più strutturati e specifici in materia: le *Merchant Shipping (Nuclear Ships) Regulations 2022 (Statutory Instrument 2022/1169)*, entrate in vigore l'8 dicembre 2022. La disciplina si applica alle navi nucleari britanniche, ovunque esse si trovino, e alle navi nucleari di bandiera estera mentre si trovino in acque britanniche; sono escluse le navi militari e le navi statali in servizio non commerciale. Il regolamento dà esecuzione interna al Capitolo VIII della SOLAS e al Codice IMO 1981 e attribuisce alla *Maritime and Coastguard Agency* il potere di trattenere in porto britannico una nave nucleare non conforme. Si tratta di un quadro nazionale particolarmente strutturato, articolato in sei Parti e trentaquattro articoli²⁷.

²⁶ EMSA, *Potential Use of Nuclear Power for Shipping*, cit., § 4 (*Risk Assessment Using Nuclear Power in Merchant Vessels*) e § 4.5.1 (*Main Gaps Identified in the Regulatory Framework*): «The analyses highlighted a list of major concerns related to: radiation leaks and control; flooding, vessels sinking, capsizing; collision; grounding; manning and training; technology licences; compliance with non-proliferation treaty requirements; external risk (such as piracy, hijacking, terrorist attacks, etc.); shipyard licencing and technical capabilities; marine load variation and impact on nuclear reactor, material issue and regulatory requirements». Il rapporto qualifica come più promettenti per il segmento mercantile i Pressurised Water Reactors (PWR), i Very High-Temperature Reactor / High-Temperature Gas-cooled Reactors (VHTR/HTGR) e i Molten Salt Reactor (MSR) basati su SMR (cap. 2.4): «PWRs offer a high level of maturity and proven reliability, making them an attractive choice for integration into merchant fleets, though they require adaptation for optimised marine use. MSR and VHTR/HTGR-based SMRs, with their extended refuelling cycles, load-following capabilities passive safety, waste management advantages and compact designs, are ideal for long-haul vessels, such as bulk carriers and tankers». Sulla difesa in profondità (*defence-in-depth*) come principio fondante della sicurezza nucleare navale v. § 4 (*Risk Assessment Using Nuclear Power in Merchant Vessels*), introduzione al capitolo: «to compensate for human and component failures ... to maintain the effectiveness of the barriers by averting damage to the facilities and the barriers themselves, and to protect the public and the environment from harm if these barriers prove not to be fully effective».

²⁷ UK Statutory Instruments 2022, n. 1169, *The Merchant Shipping (Nuclear Ships) Regulations 2022*, Made 15 November 2022, Laid before Parliament 16 November 2022, Coming into force 8 December 2022. La struttura:

L'architettura del Regolamento si fonda su quattro cardini, che meritano di essere richiamati separatamente per la loro rilevanza sul piano comparato.

Il primo è la *safety assessment* preventiva prevista dal reg. 7: nessuna nave nucleare britannica può essere costruita senza una valutazione di sicurezza predisposta e approvata dal *Secretary of State*. Tale valutazione deve riguardare sia l'impianto nucleare sia la sicurezza complessiva della nave, al fine di escludere - secondo la formula testuale del Regolamento - *unreasonable radiation or other hazards* per l'equipaggio, i passeggeri e il pubblico.

Il secondo cardine è rappresentato dalla certificazione annuale disciplinata dai regs. 21-22: ogni nave nucleare deve avere a bordo un valido *Nuclear Ship Safety Certificate*, la cui durata non può eccedere un anno.

Il terzo è il controllo speciale previsto dal reg. 32, affidato a funzionari autorizzati dal *Secretary of State* e svolto prima dell'ingresso in un porto britannico, nonché durante la permanenza della nave. Tale controllo è diretto a verificare la presenza a bordo di un certificato valido, la corrispondenza tra le condizioni effettive della nave e quelle certificate, il rispetto degli obblighi gravanti sul proprietario e sul comandante, nonché l'assenza di *unreasonable radiation or other hazards*.

Il quarto cardine, infine, è costituito dal potere di *detention* previsto dal reg. 33. La nave nucleare che non rispetti i requisiti del Regolamento, del Capitolo I o VIII della SOLAS o del Codice IMO può essere trattenuta in un porto britannico mediante notifica scritta al comandante, con indicazione dei motivi del trattenimento. Nel caso di nave straniera, è inoltre prevista l'immediata informazione della *flag administration*²⁸.

Parte 1 *Preliminary* (regs. 1-6) - Citation, Interpretation, Application, Ambulatory reference, Equivalents, Approvals; Parte 2 *Special requirements for nuclear ships* (regs. 7-11) - Safety assessment, Design and construction, Suitability of reactor installation, Approval of reactor installation, Radiation safety; Parte 3 *Operating requirements* (regs. 12-19) - General operating requirements, Safety assessment operational, Operating manual, Additional documentation, Emergency operation procedures, Maintenance and repair, Manning and training; Parte 4 *Survey and certification* (regs. 20-27) - Surveys, Certification, Duration and validity, Responsibilities of owner and master, Procedure when deficient, Cancellation, Arbitration, Prohibition on proceeding without certificate; Parte 5 *Miscellaneous* (regs. 28-30) - Quality assurance programme, Decommissioning, Loss of nuclear ships; Parte 6 *Control and enforcement* (regs. 31-34) - Offences and penalties, Special control, Detention, Review of the Regulations.

²⁸ Citazioni testuali. Reg. 7 (*Safety assessment*): «A United Kingdom nuclear ship must not be constructed unless a safety assessment has been prepared and approved by the Secretary of State. The safety assessment referred to in paragraph (1) must ... evaluate the nuclear power plant and safety of the ship in order to ensure that there are no unreasonable radiation or other hazards, at sea or in port, to the crew, passengers or public, or to waterways, food or water resources». Regs. 21-22 (*Certification e Duration and validity*): «The following certificates must be held on board a nuclear ship - in the case of a United Kingdom nuclear ship or a non-United Kingdom nuclear ship flying the flag of a Convention country, a valid Nuclear Ship Safety Certificate. ... A Nuclear Ship Safety Certificate must be issued, extended or further extended, as the case may be, for a period of validity of not more than one year». Reg. 32 (*Special control*): «Nuclear ships are subject to the control of officers authorised by the Secretary of State before entering a United Kingdom port and when in a United Kingdom port for the purposes referred to in paragraph (2). The officers ... may exercise such control in order to verify that there is on board a nuclear ship a valid Nuclear Ship Safety Certificate ... the condition of the ship and its equipment correspond substantially with the particulars shown on the certificate ... the requirements of regulation 23 (responsibilities of owner and master) are being complied with ... and there are no unreasonable radiation or other hazards». Reg. 33 (*Detention*): «Any nuclear ship which does not comply with the requirements of these Regulations, Chapter I, Chapter VIII or the Nuclear Code applicable to that ship, may be detained. ... Where a nuclear ship is liable to be detained under this regulation, the person detaining the ship must serve on the master a detention notice which states the grounds for the detention and requires the terms of the notice to be complied with until the ship is released».

Sul piano applicativo, la guida principale è la *Marine Guidance Note 679 (M) Nuclear Ships*, pubblicata dalla *Maritime and Coastguard Agency* il 1° dicembre 2022 come strumento di *guidance* applicativa rivolto a *shipowner, operator, master, port authorities* e *Recognised Organisations*. Si tratta di un atto di soft law amministrativa che ne costituisce la principale chiave interpretativa e contiene indicazioni operative rilevanti anche in prospettiva comparata²⁹.

Sei sono i punti del MGN 679 - *Marine Guidance Note 679 (M) Nuclear Ships* che meritano segnalazione. Il primo è il riparto fra *Maritime and Coastguard Agency* e *Office for Nuclear Regulation*: fintanto che il reattore è in costruzione a terra, esso è soggetto al *Nuclear Installations Act* 1965 e alla licenza di sito rilasciata dall'ONR; nel momento in cui il reattore viene installato in un *means of transport* - cioè a bordo della nave - il 1965 Act cessa di applicarsi e diventa applicabile il regime delle *Regulations* 2022, di cui è *enforcing authority* il *Secretary of State* per il tramite della MCA. Si tratta di una linea di demarcazione tecnica molto precisa fra disciplina nucleare di terra (ONR, 1965 Act) e disciplina nucleare di mare (MCA, *Regulations* 2022). Nell'ordinamento italiano una distinzione altrettanto netta non esiste: la stessa autorità ISIN, e prossimamente la nuova autorità indipendente prevista dal disegno di legge delega del 2 ottobre 2025, copre tendenzialmente entrambi i fronti. La pulizia istituzionale del modello britannico merita di essere studiata³⁰.

Il secondo punto è la notifica preventiva di dodici mesi. Una previsione di rilievo industriale immediato è quella del § 4.5 e del § 9.4 del MGN, in coerenza con la *Regulation* 13(3) delle 2022 *Regulations*: la *safety assessment* e il *voyage plan* di una nave nucleare di bandiera estera devono essere notificati alla MCA almeno dodici mesi prima dell'arrivo della nave in acque britanniche. È una finestra temporale lunga, costruita per consentire alla MCA, all'ONR e alle autorità portuali di valutare in modo approfondito la documentazione tecnica, attivare la disciplina dell'emergenza radiologica e coordinare le diverse autorità coinvolte. Sul piano comparato, anche l'art. 34 D.P.R. 435/1991 italiano richiede un'autorizzazione preventiva, ma non fissa un termine procedimentale di tale ampiezza: una previsione equivalente, in sede di adeguamento normativo italiano, sarebbe a mio avviso opportuna³¹.

Il terzo punto è l'apertura *case-by-case* alle tecnologie diverse dal reattore ad acqua pressurizzata. Il MGN riconosce esplicitamente che il Codice IMO del 1981 è *restricted to conventional types of*

²⁹ MARITIME AND COASTGUARD AGENCY, *Marine Guidance Note 679 (M) - Nuclear Ships*, London, 1° dicembre 2022. Il testo della MGN 679 è strutturato in dodici sezioni: 1. Introduction/background; 2. Approvals and surveys; 3. Approval of reactor installation; 4. Safety Assessment; 5. Quality Assurance Programme; 6. Operating Manual; 7. Radiation Safety; 8. Manning and Training; 9. Ports; 10. Decommissioning of nuclear-powered ships; 11. Offences and penalties; 12. Control and detention. Cui si aggiunge l'Annex I, che tabella ventidue distinte fattispecie di reato.

³⁰ MGN 679 (M), §§ 1.10-1.11 e 3.5-3.6: «The UK regulator for the nuclear energy sector is the Office for Nuclear Regulation (ONR). ... The role of ONR is to ensure the safety and security of nuclear installations on sites in the United Kingdom. ... Starting with the construction of the nuclear reactor, if this is to take place in the UK, it will be subject to the Nuclear Installations Act 1965. ... At the point that the reactor installation (or “nuclear reactor”) is installed in a “means of transport”, the 1965 Act ceases to apply (see section 1(1)(a) of the Act), and the 2022 Regulations become the principal regulatory regime for the nuclear ship, with the Secretary of State as the enforcing authority».

³¹ MGN 679 (M), § 4.5: «The safety assessment and the voyage plan of a nuclear-powered ship must be notified to the MCA at least 12 months before the arrival of the ship in United Kingdom waters, including a United Kingdom port». § 9.4: «Under the 2022 Regulations, a foreign-flagged nuclear ship intending to visit a UK port must currently provide the port with a safety assessment 12 months before its arrival in UK waters (see regulation 13(3) of the 2022 Regulations)».

ships propelled by nuclear propulsion plants with pressurised light water type reactors e che other type of reactors will require special considerations and may be approved by the MCA on a case-by-case basis. Si tratta della traduzione operativa, sul piano amministrativo, dei *goal-based standards* in fase di formazione presso l'IMO: il regolatore non chiude la porta agli SMR, agli AMR, ai reattori al piombo o ai sali fusi, ma li sottopone a un esame caso per caso³².

Il quarto punto è il ruolo delle società di certificazione come *Recognised Organisations*. Il § 2.9 del MGN prevede che, nel processo di certificazione, la MCA può autorizzare una *Recognised Organisation* con esperienza in navi nucleari a svolgere - per conto della MCA stessa - *statutory surveys, design appraisal, safety assessment appraisal e certification*. Si tratta del modello tradizionale del rapporto fra autorità di bandiera e *classification societies*, qui esteso alla materia nucleare. Per RINA, ABS, Lloyd's Register e DNV - i quattro maggiori protagonisti del settore - significa la possibilità di operare come terzo verificatore qualificato sotto l'ombrello della disciplina pubblica. È un meccanismo che, nel diritto italiano, trova solo un parallelo parziale nel ruolo dell'ente tecnico previsto dall'art. 34 D.P.R. 435/1991, e che potrebbe essere esteso e sistematizzato nel quadro dei decreti delegati attesi entro dodici mesi dall'entrata in vigore della legge delega³³.

Il quinto punto è REPPIR 2019 e la disciplina dell'emergenza radiologica in porto. Quando una nave nucleare è ormeggiata, attraccata o impegnata in lavori che comportano radiazioni ionizzanti, il MGN richiama l'applicabilità - in Gran Bretagna - delle *Radiation (Emergency Preparedness and Public Information) Regulations- REPPIR 2019* (SI 2019/703) e - in Irlanda del Nord - delle parallele REPPIR NI 2019 (SI 2019/185). È cruciale rilevare che, dove vi è sovrapposizione tra le 2022 *Regulations* e REPPIR, prevalgono le REPPIR. I requisiti minimi consistono in una *hazard evaluation* (regulation 4 REPPIR), una *consequences assessment* (regulation 5), un *consequences report* (regulation 7), un *operator's emergency plan* (regulation 10) e un *off-site emergency plan* (regulation 11).

È il parallelo britannico - costruito su una specifica disciplina settoriale antecedente al 2022 - di ciò che in Italia è governato dall'art. 185 del d.lgs. 101/2020. La differenza non è di sostanza ma di tecnica legislativa: il Regno Unito separa la disciplina della sicurezza tecnica della nave (*Regulations 2022*) dalla disciplina dell'emergenza radiologica (REPPIR), mentre l'Italia le tratta in un'unica fonte amministrativa³⁴.

³² MGN 679 (M), § 1.6: «While the Nuclear Code is based upon established and accepted ship-building, marine and nuclear engineering principles, it is recognised that the Code should be reviewed as necessary to ensure it captures technological progress. The Nuclear Code is currently restricted to conventional types of ships propelled by nuclear propulsion plants with pressurised light water type reactors». § 3.4: «It should be noted that the Nuclear Code is based on pressurised light water type reactors. Other type of reactors will require special considerations and may be approved by the MCA on a case-by-case basis».

³³ MGN 679 (M), § 2.9: «When evaluating the proposal, the MCA may engage the experience and resources of Certifying Authorities (ROs), UK Departments or Agencies specialised in nuclear safety. The UK authorises Classification Societies to act as Recognised Organisations (ROs) for the survey and inspection of UK ships. Throughout the certification process, the MCA may authorise an RO with the expertise in nuclear powered ships to undertake statutory surveys, design appraisal, safety assessment appraisal and certification on its behalf».

³⁴ MGN 679 (M), §§ 7.3-7.4: «Where a nuclear ship is at a fixed-point mooring or alongside a berth, and where there is work on the ship involving ionising radiation, the Radiation (Emergency Preparedness and Public Information) Regulations 2019 (SI 2019/703) apply in Great Britain; in Northern Ireland, the Radiation (Emergency Preparedness and Public Information) (Northern Ireland) Regulations 2019 (SI 2019/185) will apply. ... For nuclear ships to which the provisions of REPPIR apply, the following minimum requirements should be met: Hazard evaluation (regulation 4); Consequences assessment (regulation 5); Consequences report (regulation

Il sesto punto è il rigore sanzionatorio. Le 2022 *Regulations* prevedono - per la maggior parte delle violazioni - una sanzione massima di due anni di reclusione (*custodial sentence*), eventualmente cumulabile con una sanzione pecuniaria, in base al potere di cui all'art. 85(7)(b) del *Merchant Shipping Act* 1995. L'Annex I del MGN tabella ventidue distinte fattispecie di reato: dalla mancata safety assessment all'operare senza certificato, dalla violazione delle disposizioni sulla *radiation safety* alla falsificazione del certificato, dal mancato rispetto degli obblighi del proprietario e del comandante alla violazione delle disposizioni di *decommissioning*. Sul piano italiano, una disciplina sanzionatoria altrettanto specifica e organizzata in materia di nucleare navale civile semplicemente non esiste: il sistema attuale rinvia alle clausole generali del Codice della navigazione e del d.lgs. 101/2020³⁵.

In sintesi, il sistema britannico - frutto della combinazione SI 2022/1169 + MGN 679 + REPPPIR 2019 - costituisce un modello multi-livello che separa con nitidezza le competenze di terra e di mare; impone una notifica preventiva di dodici mesi che consente l'istruttoria coordinata; lascia spazio alle nuove tecnologie attraverso un esame caso per caso; coinvolge formalmente le società di classifica come terzi verificatori; integra una specifica disciplina dell'emergenza radiologica con primato sull'atto generale; prevede sanzioni severe e tipizzate. Costituisce, ad oggi, uno dei modelli di riferimento più articolati per chi - come l'Italia - debba interrogarsi su come strutturare la propria disciplina in vista del nuovo Codice IMO 2030.

5.2. Il modello norvegese

Diverso, ma per certi versi complementare, è il modello adottato dalla Norvegia. La Norvegia non dispone, oggi, di una disciplina nazionale specifica sul nucleare navale: secondo il *Final Report NuProShip*, il SOLAS Capitolo VIII non risulta essere stato incorporato nella disciplina nazionale norvegese con rilievo operativo per la flotta nazionale, pur disponendo la *Norwegian Maritime Authority* della competenza per il recepimento. Tuttavia, il Governo norvegese, attraverso il *Research Council of Norway*, ha finanziato un programma di ricerca pubblico-privato denominato *NuProShip (Nuclear Propulsion in Shipping)*, il cui Final Report del 31 dicembre 2024 costituisce - ad oggi - la mappatura più completa e sistematica delle barriere normative al dispiegamento del nucleare mercantile. Si tratta di un esempio interessante di come uno Stato europeo, in assenza di una disciplina, scelga di costruire la propria preparazione ordinamentale attraverso il finanziamento della ricerca regolatoria³⁶.

7); Operator's emergency plan (regulation 10); Off-site emergency plan (regulation 11)». § 7.7: «Where there is any overlap between the requirements of the 2022 Regulations and REPPPIR ..., the requirements of REPPPIR take precedence».

³⁵ MGN 679 (M), § 11.1 e Annex I: «The 2022 Regulations contain provision for offences and penalties, many of which include the maximum penalty of a two year custodial sentence available under the Merchant Shipping Act 1995, but which may alternatively, or in addition, be subject to a fine. ... The custodial sentence of two years is the maximum custodial penalty available under the power in section 85(7)(b) of the Merchant Shipping Act 1995 and may be combined with a fine».

³⁶ J. EMBLEMSVÅG (cur.), *Final Report of the Nuclear Propulsion for Merchant Ships I (NuProShip I) project*, Trondheim, NTNU, 15 January 2025 (Research Council of Norway, project ID 336539). Project Owner: Hans Petter Hildre (NTNU). Il consorzio comprende: Norwegian University of Science and Technology (NTNU); DNV come società di classifica; IDOM come *consultancy* specializzata; Knutsen OAS Shipping come armatore; Vard Group / Vard Design come cantiere; Norwegian Maritime Authority (NMA) come autorità marittima; KTH ed ENIDH (Lisbon); Nyhill Shipping. Il rapporto è cleared for free distribution.

NuProShip I ha coperto il biennio 2023-2024 ed è stato organizzato in tre work package, ciascuno affidato a un diverso soggetto capofila. Il primo, guidato da IDOM, ha riguardato i requisiti del nucleo nucleare e delle infrastrutture a terra necessarie al suo impiego; il secondo, affidato a DNV, si è concentrato sulla sicurezza della nave, sul quadro regolatorio applicabile e sulle relative implicazioni tecniche; il terzo, coordinato da ENIDH, ha esaminato i profili della sicurezza operativa, della composizione e formazione dell'equipaggio, nonché della manutenzione.

La struttura del progetto è significativa perché non si limita a un'analisi tecnologica del reattore, ma ricostruisce l'intero ecosistema necessario al possibile impiego della propulsione nucleare nel trasporto mercantile: infrastrutture portuali e terrestri, sicurezza della nave, regole applicabili, competenze degli operatori, gestione dell'equipaggio e continuità manutentiva. In questo senso, *NuProShip* assume il valore di un laboratorio regolatorio in scala di ricerca e sviluppo, nel quale si incontrano soggetti pubblici e privati, autorità di regolazione e operatori industriali, competenze accademiche e know-how tecnico. A questa prima fase ha fatto seguito *NuProShip II*, avviato nel gennaio 2025, che sposta progressivamente l'attenzione dalla mappatura delle condizioni normative e tecniche alla possibile preparazione di progetti dimostrativi, con un orizzonte temporale collocato tra il 2030 e il 2035.³⁷

Va notato dalla lettura della ricerca che il maggior ostacolo alla transizione alla propulsione nucleare mercantile non risiede tanto nella dimensione ingegneristica, ma nella costruzione di un quadro regolatorio capace di rendere quella tecnologia autorizzabile, assicurabile, controllabile e accettabile sul piano pubblico. Il problema, dunque, non consiste soltanto nella progettazione del reattore, ma nella capacità di governare un sistema complesso di fonti, autorità e interessi: Stati di bandiera, Stati portuali, società di certificazione, Stati di transito o di canale, autorità nucleari, assicuratori, IMO, controlli sulle esportazioni e opinione pubblica.

Questa diagnosi trova una conferma particolarmente significativa nella prefazione del *project manager* al *Final Report NuProShip*, che individua con chiarezza il punto critico della transizione al nucleare mercantile non nella tecnologia in sé, ma nel “navigare” il vasto panorama di leggi, regole e regolamenti applicabili. Il rilievo è tanto più importante perché proviene da un progetto a forte contenuto tecnico-industriale: proprio chi dispone della competenza ingegneristica necessaria per valutare la fattibilità del reattore riconosce che la questione decisiva si sposta sul piano della regolazione. In questa prospettiva, il rapporto NuProShip offre un'indicazione metodologica netta: la propulsione nucleare mercantile non può essere governata attraverso interventi settoriali isolati, ma richiede una costruzione regolatoria integrata, nella quale sicurezza nucleare, sicurezza marittima, responsabilità civile, disciplina portuale, controlli internazionali e gestione dell'accettazione pubblica siano trattati come componenti di un unico sistema decisionale³⁸.

³⁷ NuProShip I, cit., § 5.0 (*Closure remarks*): «The NuProShip I project is now commencing into the NuProShip II project where all the questions that are not addressed fully in this report will be researched further. ... Provided that we are able to secure the right amount of funding in years to come, we foresee that demonstration projects should be launched sometimes between 2030 and 2035».

³⁸ NuProShip I, cit., Preface (J. Emblemståg, Project manager): «I think I speak for us all when I say that I truly believe that nuclear propulsion is just a matter of time. Sure, there are many hurdles to overcome, but mostly they are not technical. I find the engineering aspect of nuclear propulsion far from difficult - it requires financing to be developed, tested and proven - but that is it. The most difficult part is navigating the large landscape of laws, rules and regulations among flag states, port states, class societies, canal states, nuclear regulatory bodies, insurance, the International Maritime Organization, export control, the concerns of the general public and possibly more. This is where the future of nuclear propulsion will be settled».

Il Final Report mostra, già nella fase di selezione delle tecnologie di reattore più idonee alla propulsione navale, un dato di particolare rilievo per il diritto amministrativo dell'innovazione: non esiste una soluzione tecnologica unica, suscettibile di essere assunta come modello generale per l'intero settore marittimo³⁹. La scelta regolatoria è dunque chiamata a confrontarsi non con una tecnologia omogenea, ma con una pluralità di opzioni tecniche, ciascuna coerente con differenti esigenze operative della navigazione mercantile⁴⁰.

La propulsione nucleare navale si configura come fenomeno di confine, irriducibile tanto al diritto marittimo quanto al diritto nucleare e collocato piuttosto all'intersezione di due matrici regolatorie strutturalmente eterogenee: in tale ricostruzione si coglie uno dei profili di maggior rilievo sistematico posti in luce dal rapporto. La prima, quella marittima, si è formata storicamente attraverso l'esperienza operativa della navigazione, la progressiva sedimentazione degli standard tecnici e il ruolo delle società di classifica come soggetti terzi di verifica. La seconda, quella nucleare, si fonda invece su una logica preventiva di autorizzazione, controllo e valutazione probabilistica del rischio, nella quale la sicurezza viene costruita attraverso scenari incidentali, modelli previsionali e criteri *ex ante* di accettabilità. È questo il profilo più rilevante del § 3.2.3 del *Final Report NuProShip*. Le due discipline non divergono soltanto per oggetto, ma per metodo: utilizzano basi di verifica differenti, attribuiscono un diverso peso all'esperienza operativa e alla valutazione preventiva, e presuppongono modelli istituzionali non sempre sovrapponibili. La questione giuridica, pertanto, non consiste nel ricondurre la propulsione nucleare navale dentro le categorie tradizionali del diritto marittimo, né nel trasferire meccanicamente alla nave le regole elaborate per gli impianti nucleari terrestri. Si tratta, piuttosto, di costruire un'interfaccia regolatoria praticabile tra due sistemi normativi che finora hanno seguito direzioni distinte.

Il dato comparato conferma la centralità di questa impostazione. In Norvegia, secondo il rapporto, il Capitolo VIII della SOLAS non risulta recepito nell'ordinamento interno con effettiva portata operativa per la flotta nazionale, pur rientrando tale recepimento nelle competenze della *Norwegian Maritime Authority*. Al tempo stesso, la Norvegia ha assunto una posizione favorevole alla revisione complessiva del Codice IMO sulle navi nucleari mercantili, proprio nella prospettiva di costruire un quadro regolatorio aggiornato.

³⁹ Il capitolo 2 del Final Report è dedicato alla selezione delle tecnologie di reattore più idonee alla propulsione navale. Muovendo da oltre ottanta concept disponibili nel 2022, il rapporto applica dapprima undici criteri di esclusione preliminare, riducendo il campo a otto soluzioni candidate; su queste vengono poi applicati ventisei ulteriori criteri di valutazione. L'esito della selezione individua tre tecnologie: il Molten Salt Reactor con combustibile TRISO sviluppato da Kairos Power negli Stati Uniti, KP-FHR; il Micro Modular Reactor raffreddato a elio della statunitense Ultra Safe Nuclear Corporation, MMR; e il reattore raffreddato al piombo SEALER-55 della svedese Blykalla. Le soluzioni selezionate rispondono a esigenze operative diverse: il reattore a sali fusi appare più adatto alle grandi navi che richiedono turbine a vapore; il reattore raffreddato a gas si presta alla propulsione elettrica; il reattore raffreddato al piombo risulta invece più coerente con operazioni caratterizzate da carichi stabili.

⁴⁰ NuProShip I, cit., Summary: «We have selected reactors among all the known reactor concepts by yearend 2022, some 80+ of them. ... The end result is three reactor concepts; 1) molten-salt reactor using TRISO fuel designed by Kairos Power (USA), 2) a helium gas-cooled reactor using TRISO fuels designed by Ultra Safe Nuclear Corporation (USA), and 3) a lead-cooled reactor designed by Blykalla (Sweden). ... One single reactor technology cannot address the entire shipping industry. ... The MSR will work best with large ships that need steam turbines. The helium gas-cooled reactor will work best with ships that need electric propulsion system. The lead-cooled reactor will work best in situations where the load is more stable situations such as baseload operation».

Il confronto con l'Italia è significativo: l'ordinamento italiano dispone di una base formale più consolidata, avendo recepito la SOLAS con la l. n. 313/1980 e dato attuazione alla convenzione con il D.P.R. n. 435/1991; tuttavia, tale recepimento non è stato seguito da uno sviluppo specifico della disciplina sul versante della propulsione nucleare navale.

Ne deriva una differenza di metodo: la Norvegia muove da un quadro interno meno strutturato, ma investe in un percorso di apprendimento regolatorio; l'Italia dispone di una cornice normativa formalmente più stabile, ma ancora non aggiornata rispetto alle nuove tecnologie nucleari navali⁴¹.

Un risultato di metodo del *NuProShip* che merita segnalazione - e che ha potenziale rilievo immediato anche per il sistema italiano - è l'individuazione del meccanismo del SOLAS Reg. I/5 quale strumento operativo per accogliere tecnologie non previste dal Codice del 1981. La SOLAS Reg. I/5, in combinato con la Reg. II-I/55, ammette *equivalent solutions* purché sia provato - attraverso *un risk-based certification process* disciplinato dalla MSC.1/Circ.1455 - che la soluzione equivalente è *as safe, or safer, than the conventional solution*.

Il *Final Report* ne descrive la dinamica come un processo iterativo, basato su procedura di identificazione e analisi dei rischi (HAZID), con stretta cooperazione fra armatore, progettista, fornitori di equipaggiamento, il *system integrator*⁴², società di certificazione e autorità. Si può constatare che SOLAS Reg. I/5 sia il canale convenzionale internazionale che permette, già oggi, di costruire un percorso autorizzativo per i reattori SMR e AMR pur in assenza di un Codice IMO aggiornato, a condizione che il rigore probatorio dell'equivalenza sia rispettato⁴³.

Il § 3.3 del *Final Report* propone due distinte *regulatory roadmaps*.

La prima riguarda le *Floating Nuclear Power Plants* (FNPP): i tempi di produzione e commercializzazione sono stimati in circa dieci anni, e il caso di riferimento è il *Prodigy* canadese, *in pre-licensing* presso l'autorità nucleare nazionale.

La seconda riguarda i *Nuclear Propulsion Systems* (NPS): i tempi sono stimati in cinque-dieci anni se la tecnologia è nota e familiare, ma in quindici-venti anni se la tecnologia è nuova e mancano risorse e competenza nazionali.

La differenza è sostanziale: per le NPS - il segmento che ci interessa - la procedura autorizzatoria (c.d. licensing) richiede l'armonizzazione fra regime nucleare e regime marittimo, con una chiara

⁴¹ NuProShip I, cit., § 3.2.3 (*Differences in approaches and perception*): «The licensing of ships has evolved over a century based on the experiences made in all parts of the world, with the class systems slowly evolving, as the empirical basis for design, safety features and safety assessments has expanded. On the other hand, the nuclear licensing basis for commercial power plants ... are based on a strong analytical foundation, with probabilistic safety assessments at the core of the methodological approach. ... The two most striking differences between the maritime and nuclear framework is the difference in a) approach and b) methodological basis». § 3.2.1.2: «SOLAS Chapter VIII is yet to be implemented in Norwegian legal order. ... The Norwegian Maritime Authority (NMA) has the competence necessary for implementing the provisions ... Norway's position before the upcoming meeting [MSC 110] is that we are positive to support a new output that targets a completely new revision of the Code».

⁴² Si intende per "integratore di Sistema" la persona giuridica che assume in capo a sé l'integrazione del reattore nel sistema-nave, modello ad es. nel contesto italiano Newcleo-Fincantieri-RINA.

⁴³ NuProShip I, cit., § 3.2.1.3 (*IMO SOLAS Reg. I/5, Alternative design*): «Modern nuclear technology will in most cases challenge the present requirements because the present nuclear regulations are based on nuclear technology available at the time it was written. ... To not hinder technological advancement, SOLAS Reg. I/5 allows for equivalent solutions to be used to meet the requirements of the Convention given that it can be proven, through trial, that the equivalent solution is as effective as the solution required by the regulation. ... The alternative design process is complex and relies on risk assessments. It is hence a risk-based certification process, rather than a prescriptive and rule-based certification process, with the governing principle that the equivalent solution shall be as safe, or safer, than the conventional solution».

perimetrazione delle competenze di ciascuna autorità - quella nucleare, quella marittima e le società di certificazione - sia sul piano dei poteri istruttori, sia su quello degli atti finali.

Sul piano italiano, né l'ISIN né la prossima nuova autorità indipendente prevista dal disegno di legge delega hanno oggi un mandato esplicito sul nucleare navale: è una delle lacune che la legge delega in attuazione potrebbe colmare⁴⁴.

Particolarmente utile, sul piano dell'analisi giuridica, è la classificazione adottata dal *NuProShip* - mutuata dall'esperienza statunitense sugli SMR (*Small Modular Reactors*) - fra *licensing barriers* e *licensing challenges*. Il Report individua cinque barriere sistemiche - (i) la rigidità del quadro legale e regolatorio esistente; (ii) il suo carattere prevalentemente prescrittivo; (iii) la novità intrinseca della tecnologia; (iv) la frammentazione regolatoria fra ordinamento marittimo e ordinamento nucleare; (v) l'assenza di una certificazione «di tipo», in fabbrica, per i nuovi reattori modulari - e tre sfide circoscritte - (a) gli oneri istruttori imposti dai regolatori (le fee); (b) le carenze di capacità regolatoria delle autorità (i gap di competenze tecniche e di organico); (c) la durata complessiva del procedimento autorizzativo (*licensing*).

È una tassonomia che il legislatore italiano potrebbe utilmente adottare come griglia di lavoro per i decreti delegati attuativi della delega in materia di energia nucleare sostenibile (A.C. 2669)⁴⁵.

Da segnalare, infine, l'*Annex I* del *Final Report*, dedicato ai requisiti di ingresso in porto delle navi equipaggiate con reattori a sali fusi. Il documento prospetta la necessità di un accordo tra tutti gli Stati coinvolti nell'operazione: lo Stato fornitore del reattore, lo Stato dell'armatore, lo Stato ospitante il porto e lo Stato il cui territorio sia interessato dal transito della nave.

Ne deriva l'esigenza di aggiornare la disciplina internazionale vigente, affinché essa possa tenere conto della pluralità delle tecnologie reattoriali oggi ipotizzabili e non soltanto del modello tradizionale di nave nucleare. Il rilievo è significativo perché prefigura un modello operativo a quattro poli statali - fornitore, armatore, porto e transito - che si discosta dallo schema classico fondato sul rapporto tra Stato di bandiera e Stato del porto, sperimentato dalle navi mercantili nucleari storiche - segnatamente dagli accordi di indennizzo che la *Bundesregierung* negoziò, fra il 1968 e il 1979, per la NS Otto Hahn⁴⁶.

⁴⁴ NuProShip I, cit., § 3.3.2 (*Establishing roadmaps for the licensing process*): «Given the possible large differences between FNPP and NPS ... the licensing process may vary between 5-10 years on one hand, if the technology and concept is well-known and familiar, to 15-20 years if the technology and concept is new, the national resources and competence is lacking and there has been no agreement on how to harmonize the nuclear and the maritime licensing regime. This must address the roles, responsibilities and interaction between the regulatory authorities and the classification societies, to streamline the process to finalize the main elements, such as safety assessments and environmental impact assessments».

⁴⁵ NuProShip I, cit., § 3.3 (*Regulatory roadmaps*): «Licensing efforts have been analyzed, with obstacles divided into 'licensing challenges' and 'licensing barriers.' ... The licensing barriers are: (1) existing legal and regulatory framework; (2) prescriptive regulatory framework; (3) novelty in the technology; (4) regulatory fragmentation; and (5) absence of in-factory certification. The licensing challenges are: (1) fees charged by regulators; (2) regulatory capability gaps; and (3) lengthy licensing duration. The identified barriers and challenges have implications on the project timeline and cost, consequently affecting the overall economics of the SMR».

⁴⁶ NuProShip I, cit., Annex I (*Proliferation risk and safety, the MSR case and port entry requirements*): «An agreement between all involved parties should be considered: the supplier State of the reactor, the State owner of the ship, the host State, and the State owner of the territory where the ship transits. The current state of international regulations needs to be updated to consider all nuclear reactor technologies and the weather disturbances that a ship could experience».

5.3. Il confronto

Mettendo a confronto i due casi, emerge un quadro articolato. Il Regno Unito ha scelto la strada della disciplina positiva: regolamento nazionale dedicato (SI 2022/1169), guida applicativa (MGN 679), regime sanzionatorio specifico, integrazione con REPPiR, riparto chiaro fra MCA e ONR. La Norvegia, in attesa di una possibile disciplina nazionale futura, ha scelto invece la strada dell'apprendimento regolatorio attraverso un programma di ricerca pubblico finanziato (NuProShip I e II), che ha prodotto una mappatura sistematica delle barriere, una selezione tecnica delle tecnologie compatibili e una proposta metodologica di *regulatory roadmap*. Sono due risposte diverse alla stessa lacuna: regolamentare per anticipare, oppure ricercare per preparare.

Per l'Italia, le due esperienze sono complementari: il modello britannico fornisce la struttura istituzionale di riferimento per i decreti delegati attesi entro dodici mesi dalla legge delega del 2 ottobre 2025; il modello norvegese fornisce la metodologia di apprendimento regolatorio che potrebbe orientare l'istruttoria delle scelte nazionali.

La combinazione delle due - regolamentazione anticipata e ricerca finanziata - è il modello che, a mio avviso, dovrebbe ispirare il legislatore italiano in vista della revisione del Codice IMO 2030.

6. Il regime italiano

L'ordinamento italiano - contrariamente a una percezione diffusa - contiene una disciplina positiva specifica sull'accesso delle navi nucleari estere ai porti nazionali. La disciplina è tuttavia stratificata su più livelli, e la sua intelligibilità richiede una ricostruzione sistematica delle fonti⁴⁷.

La base resta la l. 31 dicembre 1962, n. 1860, sull'impiego pacifico dell'energia nucleare⁴⁸. È in questo testo che si rinviene il primo, e pressoché unico, riferimento normativo italiano specifico al nucleare navale civile: l'art. 12 prevede gli impianti nucleari destinati a essere installati su navi e la futura emanazione, con D.P.R. su proposta del Ministro per la marina mercantile, di concerto con i Ministri della difesa e dell'industria e sentito il CNEN, delle norme tecniche e amministrative relative alla navigazione con mezzi nucleari. Il regolamento attuativo non è mai stato adottato. Si tratta di una lacuna sessantennale: il tipo di vuoto al quale, per quanto detto sul metodo, non si può supplire con la pura analogia⁴⁹.

⁴⁷ Per la raccolta sistematica e aggiornata della legislazione italiana in materia nucleare cui si rinvia, anche allo scopo di facilitarne la consultazione integrata da parte del lettore di questa Rivista, *Norme in materia di nucleare. Legislazione sul nucleare. Giurisprudenza. Diritto nucleare*, in ambientediritto.it/Legislazione/nucleare/nucleare.htm#Leggi%20Nazionali; sulla letteratura in tema di evoluzione del diritto dell'energia nucleare in Italia v., per la fase del ritorno al nucleare 2009-2010, A. DI MARTINO, A. SILEO, *L'Italia ritorna al nucleare? Alla Corte costituzionale l'«ardua» sentenza. Brevi considerazioni sul d.lgs. n. 31/2010, in attesa di responso della Consulta*, in Questa Rivista, 2010, sui passaggi della delega ex art. 25 l. 23 luglio 2009, n. 99 e sul ruolo della giurisprudenza costituzionale nei rapporti Stato-Regioni; per la prospettiva comparatistica con la Francia v. L. COLELLA, *Energia nucleare ed emergenze ambientali. Profili comparativi tra Italia e Francia*, in Questa Rivista fasc. 3/2019, sui caratteri genetici del «droit nucléaire» e sulla disciplina italiana incompiuta; e V. PEPE, *Energia nucleare, ambiente e democrazia: Italia e Francia a confronto*, in *Federalismi.it*, n. 2/2019, sulla democrazia nucleare e sul rapporto fra principio di partecipazione ambientale, *débat public* francese e deposito nazionale dei rifiuti radioattivi.

⁴⁸ Legge 31 dicembre 1962, n. 1860, recante *Impiego pacifico dell'energia nucleare*, in *Gazz. Uff.* 30 gennaio 1963, n. 27, S.O.; in particolare, l'art. 12 prevede l'emanazione, con D.P.R. su proposta del Ministro per la marina mercantile, delle *norme tecniche e amministrative relative alla navigazione con mezzi nucleari*, regolamento mai adottato. Il decreto è stato in parte abrogato dal D.lgs. 31 luglio 2020, n. 101, art. 244.

⁴⁹ Sulla l. 31 dicembre 1962, n. 1860 (in *Gazz. Uff.* 30 gennaio 1963, n. 27, S.O.) e sulla sua mancata attuazione regolamentare nella parte navale: l'art. 12 prevede l'emanazione di un D.P.R. recante le norme tecniche e

Il Codice della navigazione⁵⁰ non contiene disposizioni specifiche sul naviglio nucleare. Le sue clausole generali - gli artt. 80 e 81 - affidano però al comandante del porto poteri ordinatori molto ampi sulla sicurezza e la polizia portuale. L'art. 81 attribuisce al comandante «tutto quanto concerne in generale la sicurezza e la polizia del porto o dell'approdo e delle relative adiacenze»: clausola generale che, nella prassi, fonda l'emanazione di ordinanze di settore⁵¹.

Il dato da rilevare è invece l'art. 34 del D.P.R. 8 novembre 1991, n. 435, recante il Regolamento per la sicurezza della navigazione e della vita umana in mare⁵². Una precisazione sul rango della fonte è doverosa, e ha ricadute non secondarie sulla tenuta giuridica della disciplina. Il D.P.R. 435/1991 è un regolamento di esecuzione adottato ai sensi dell'art. 17, comma 1, lettera a), della l. 23 agosto 1988, n. 400, che dà attuazione interna alle norme tecniche della Convenzione SOLAS 1974, resa esecutiva con la l. 23 maggio 1980, n. 313, e del relativo Protocollo 1978, reso esecutivo con la l. 4 giugno 1982, n. 438⁵³. Il rilievo non è meramente formale: l'art. 34, sul controllo speciale alle navi nucleari, dà esecuzione anche al Capitolo VIII della SOLAS e al Codice IMO 1981, incorporati per rinvio attraverso le richiamate leggi di adesione. Le prescrizioni dell'autorizzazione ministeriale preventiva e del controllo speciale collegiale sono norme di esecuzione di obblighi convenzionali internazionali.

L'art. 34 stabilisce tre regole essenziali.

La prima: «Le navi di bandiera estera a propulsione nucleare per accedere nei porti nazionali devono essere preventivamente autorizzate dal Ministero». Si tratta di un'autorizzazione ministeriale preventiva, atto amministrativo discrezionale vincolato nei presupposti tecnici, senza la quale il porto è precluso.

La seconda: prima dell'ingresso, le navi nucleari sono sottoposte a un «controllo speciale» finalizzato a verificare la presenza a bordo del certificato valido di sicurezza per nave a propulsione nucleare e l'assenza di un livello irragionevole di radiazioni o di altri pericoli di origine nucleare.

amministrative relative alla navigazione con mezzi nucleari, regolamento mai adottato.

⁵⁰ Per la disciplina della polizia portuale rileva in particolare l'art. 81 («*Altre attribuzioni di polizia*»), clausola generale di competenza del comandante del porto; per la costruzione della nave, gli artt. 232-244; per la compravendita, gli artt. 247 e seguenti.

⁵¹ Sul ruolo della clausola generale dell'art. 81 cod. nav. v. F. PELLEGRINO, *La sicurezza della navigazione marittima*, Milano, 2009, p. 188 ss.; A. LEFEBVRE D'OIDIO, G. PESCATORE, L. TULLIO, *Manuale di diritto della navigazione*, 14a ed., Milano, 2017, p. 287 ss.

⁵² D.P.R. 8 novembre 1991, n. 435, recante *Approvazione del regolamento per la sicurezza della navigazione e della vita umana in mare*, in *Gazz. Uff.* 22 gennaio 1992, n. 17, S.O. n. 11. Il decreto sostituisce il previgente D.P.R. 14 novembre 1972, n. 1154, ed è stato modificato da ultimo con D.P.R. 19 luglio 2022, n. 148, in *Gazz. Uff.* 30 settembre 2022, n. 229. L'art. 34 («Controllo speciale a navi nucleari») dispone, ai commi 1-3: «1. Le navi di bandiera estera a propulsione nucleare per accedere nei porti nazionali devono essere preventivamente autorizzate dal ministero. 2. Prima di entrare nei porti le navi a propulsione nucleare devono essere sottoposte, dalle competenti autorità governative, a controllo speciale allo scopo di verificare che vi sia a bordo un certificato valido di sicurezza per navi a propulsione nucleare e che i livelli di radiazione e altri pericoli di origine nucleare in mare e in porto, per le persone, le acque, gli alimenti, non siano irragionevoli»; il comma 3 disciplina la composizione della commissione.

⁵³ Legge 23 maggio 1980, n. 313, recante *Adesione alla convenzione internazionale per la salvaguardia della vita umana in mare, con allegato, adottata a Londra il 1° novembre 1974, e sua esecuzione*, in *Gazz. Uff.* 12 luglio 1980, n. 190, S.O.; Legge 4 giugno 1982, n. 438, recante *Adesione al protocollo del 1978 relativo alla convenzione internazionale del 1974 per la salvaguardia della vita umana in mare, fatto a Londra il 17 febbraio 1978, e sua esecuzione*, in *Gazz. Uff.* 15 luglio 1982, n. 193, S.O. Quanto alla l. 5 giugno 1962, n. 616, recante *Sicurezza della navigazione e della vita umana in mare*, in *Gazz. Uff.* 27 ottobre 1962, n. 274, S.O. - sul versante interno della disciplina di sicurezza marittima - gli artt. 7 e 35, comma 1, lettera a), costituiscono la base legale interna dei regolamenti tecnici.

La terza: il controllo è effettuato da una commissione composta da Capitaneria di porto, rappresentanti delle amministrazioni di protezione civile, antincendio e sanità, esperto designato dall'ENEA e rappresentante dell'ente tecnico, con verifica delle condizioni di sicurezza per tutta la durata della sosta. L'art. 34 fissa, dunque, una disciplina puntuale e cogente per l'accesso delle navi nucleari ai porti italiani, articolata in due passaggi sequenziali e cumulativi: a monte, l'autorizzazione ministeriale preventiva (atto monocratico di competenza dell'amministrazione centrale); al momento dell'arrivo, il controllo speciale tecnico-collegiale (atto della commissione composta da Capitaneria, protezione civile, sanità, ENEA, ente tecnico).

A questo regime si aggiunge l'art. 185 del d.lgs. 31 luglio 2020, n. 101, di attuazione della direttiva 2013/59/Euratom⁵⁴, rubricato «Piano di emergenza esterna per le aree portuali». La norma stabilisce che le sue disposizioni «si applicano alle aree portuali interessate dalla presenza di naviglio a propulsione nucleare», locuzione testualmente estesa a ogni naviglio nucleare. Il Prefetto predispone il piano provinciale di emergenza esterna avvalendosi di un Comitato misto cui partecipano l'ISIN, il Ministero della difesa, l'AdSP, la Regione, gli enti locali e il Dipartimento della protezione civile. La previsione testuale secondo cui «l'ingresso di naviglio a propulsione nucleare nelle aree portuali soggette alle disposizioni del presente articolo avviene in osservanza di quanto previsto dal piano di emergenza esterna» si rinviene tuttavia non già nell'art. 185 del d.lgs. 101/2020, bensì nel previgente D.P.C.M. 10 febbraio 2006⁵⁵, che disciplinava i piani di emergenza esterna per le aree portuali interessate dal naviglio a propulsione nucleare. Il combinato disposto delle due fonti configura comunque una sorta di «autorizzazione indiretta»: l'atto autorizzatorio non è formalizzato come provvedimento autonomo, ma deriva dal combinato disposto fra esistenza del piano e osservanza concreta delle sue prescrizioni operative⁵⁶.

Il quadro normativo italiano sta per essere ulteriormente trasformato.

Il Consiglio dei Ministri, il 2 ottobre 2025, ha approvato in via definitiva lo schema di disegno di legge delega in materia di energia nucleare sostenibile, poi presentato alla Camera come A.C. 2669⁵⁷,

⁵⁴ D.lgs. 31 luglio 2020, n. 101, recante *Attuazione della direttiva 2013/59/Euratom, che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, e che abroga le direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom e 2003/122/Euratom e riordino della normativa di settore in attuazione dell'articolo 20, comma 1, lettera a), della legge 4 ottobre 2019, n. 117*, in *Gazz. Uff.* 12 agosto 2020, n. 201, S.O. n. 29. L'art. 185 («Piano di emergenza esterna per le aree portuali») disciplina al comma 1 l'ambito applicativo, ai commi 2-6 le competenze prefettizie e del Comitato misto ex art. 175, al comma 7 il monitoraggio radiometrico a cura dell'AdSP, al comma 8 gli obblighi di comunicazione del comandante della nave.

⁵⁵ D.P.C.M. 10 febbraio 2006, recante *Linee guida per la pianificazione di emergenza nelle aree portuali interessate dalla presenza di naviglio a propulsione nucleare, in attuazione dell'articolo 124 del decreto legislativo 17 marzo 1995, n. 230 e successive modifiche ed integrazioni*. La previsione si trova nel testo del decreto, oggi parzialmente assorbito dalla disciplina dell'art. 185 d.lgs. 31 luglio 2020, n. 101.

⁵⁶ Sulla figura dell'«autorizzazione indiretta» e sul valore preclusivo della clausola condizionale dell'art. 185 d.lgs. n. 101/2020. Per la disciplina della *security*, l. 28 aprile 2015, n. 58, di ratifica degli emendamenti del 2005 alla Convenzione sulla protezione fisica dei materiali nucleari del 1980; per la dimensione cibernetica, d.lgs. 4 settembre 2024, n. 138, di recepimento della direttiva (UE) 2022/2555 (NIS2).

⁵⁷ Camera dei deputati, A.C. 2669, *Delega al Governo in materia di energia nucleare sostenibile*, presentato il 17 ottobre 2025 ed assegnato alle Commissioni VIII (Ambiente, territorio e lavori pubblici) e X (Attività produttive); per il dossier dei Servizi studi, Servizio studi del Senato e della Camera, *Delega al Governo in materia di energia nucleare sostenibile - A.C. 2669*, Dossier n. 623 / Progetti di legge n. 545, 16 gennaio 2026, in *documenti.camera.it*. Il testo è ancora in corso di esame parlamentare al momento della pubblicazione del presente saggio; le considerazioni che seguono sono pertanto formulate de iure condendo.

che prevede - in caso di approvazione parlamentare - l'adozione entro dodici mesi di decreti legislativi recanti la disciplina organica del nucleare di nuova generazione e l'istituzione di una nuova autorità amministrativa indipendente, destinata a succedere all'ISIN. Il testo è ancora in corso di esame parlamentare ed è centrato sul nucleare terrestre - segnatamente sui reattori modulari di piccola taglia (SMR) e sui reattori avanzati (AMR) - e non contiene disposizioni specifiche sulla propulsione navale. Si tratta, ad avviso di chi scrive, di un'occasione che il Parlamento dovrebbe cogliere: una norma di delega aggiuntiva che incarichi il Governo di disciplinare, in coerenza con la revisione del Codice IMO 2030 e con il modello britannico, il regime giuridico del naviglio mercantile nucleare.

7. La prospettiva industria-diritto

Il dibattito sulla propulsione nucleare mercantile si concentra spesso sull'ingresso in porto e spesso non considera che la prima questione giuridica si pone già nel cantiere. Il Codice della navigazione disciplina la costruzione della nave agli artt. 232-244, prevedendo tre passaggi essenziali: la dichiarazione preventiva al competente ufficio nel luogo in cui si costruisce lo scafo; la forma scritta a pena di nullità del contratto di costruzione; la pubblicità mediante iscrizione nel Registro delle navi in costruzione. Su questa cornice generale si innestano, per il nucleare, ulteriori prescrizioni: il cantiere deve essere autorizzato secondo la normativa di sicurezza nucleare; la nave deve essere classificata da una società di certificazione con regole specifiche per il naviglio nucleare; i materiali e i componenti del reattore sono soggetti al Regolamento (UE) 2021/821 sui controlli all'export di prodotti a duplice uso⁵⁸; ogni progetto è soggetto a Valutazione di Impatto Ambientale e a verifica tecnica preventiva dell'ISIN⁵⁹.

Il primo dato da considerare è che la propulsione nucleare mercantile non nasce come questione puramente teorica, ma come domanda industriale rivolta al diritto: se e a quali condizioni una tecnologia disponibile possa diventare nave costruibile, autorizzabile, assicurabile e finanziabile. In questa prospettiva, il problema si articola in cinque questioni giuridiche operative: il quadro normativo vigente, dato dall'interazione tra SOLAS Capitolo VIII, Codice IMO del 1981 e discipline nazionali di recepimento; il riconoscimento ambientale della propulsione nucleare, ancora non espressamente inclusa nella FuelEU Maritime e nell'EU ETS; i requisiti pratici e di sicurezza, condizionati anche dalla percezione pubblica del rischio nucleare dopo Three Mile Island, Chernobyl e Fukushima; l'assicurabilità del rischio nucleare navale; e, infine, la sostenibilità finanziaria degli investimenti⁶⁰.

⁵⁸ Regolamento (UE) 2021/821 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 20 maggio 2021, che istituisce un regime dell'Unione di controllo delle esportazioni, dell'intermediazione, dell'assistenza tecnica, del transito e del trasferimento di prodotti a duplice uso (rifusione), in *GUUE*, L 206 dell'11 giugno 2021, p. 1 ss.

⁵⁹ Sul ruolo delle società di certificazione (RINA, ABS, Lloyd's Register, DNV) quali *Recognised Organisations* nel processo di certificazione, il MGN 679 (M), § 2.9, prescrive che «the MCA may authorise an RO with the expertise in nuclear powered ships to undertake statutory surveys, design appraisal, safety assessment appraisal and certification on its behalf»: trattasi di modello di tecnica giuridica direttamente trasponibile nell'ordinamento italiano in sede di attuazione della delega del 2 ottobre 2025.

⁶⁰ T. WALTERS, A. SBRAGA, J. OHLMAN, *Shipping's nuclear option in the move towards net zero: is it viable?*, Holman Fenwick Willan LLP, London, nov 2023. Il report articola la materia in cinque punti «(1) How is nuclear shipping currently regulated? (2) How would nuclear shipping be recognised in environmental regulations? (3) What are the practical requirements and safety concerns? (4) Can a nuclear ship be adequately insured? (5) Can nuclear shipping work financially?». La conclusione di sintesi è che il nucleare mercantile è «a credible contender alongside other alternative fuel options such as methanol, hydrogen and ammonia», ma ciascuna opzione «faces its own challenges».

Il punto critico del quadro è l'assicurabilità. Gli operatori delle centrali nucleari sono sottoposti a responsabilità oggettiva per il danno nucleare e in molti Paesi devono dotarsi di un'assicurazione obbligatoria per la responsabilità civile verso terzi. Tuttavia, i *P&I Clubs - Protection & Indemnity Clubs* escludono in via generale la copertura della responsabilità per danni derivanti da combustibile nucleare, scorie nucleari o combustione di combustibile nucleare. La conseguenza è che allo stato attuale una nave mercantile a propulsione nucleare non può essere assicurata sul mercato dell'assicurazione convenzionale e dovrebbe ricorrere a un'assicurazione speciale, e che la mancanza di opzioni assicurative e di riconoscimento da parte degli assicuratori commerciali avrebbe effetti a cascata sulla viabilità finanziaria delle navi nucleari. Si tratta, prima ancora dei limiti del Codice IMO o della mancanza di un quadro convenzionale di responsabilità, di uno dei principali ostacoli industriali all'operatività del nucleare mercantile⁶¹.

Sul piano della sostenibilità finanziaria, il dato centrale riguarda il rapporto tra costi iniziali e costi operativi. Secondo le analisi richiamate, la propulsione nucleare mercantile potrebbe risultare economicamente praticabile soltanto ove il costo annuale del reattore si collochi nella fascia bassa delle stime, indicativamente tra trentacinque e quaranta milioni di dollari l'anno. La logica industriale sottesa a tale valutazione è quella di un equilibrio asimmetrico tra *capex* e *opex*: elevati costi iniziali di investimento, compensati però da costi operativi tendenzialmente più stabili nel tempo, in ragione della lunga durata del combustibile nucleare, della rarefazione delle operazioni di *refuelling* e della minore volatilità del prezzo dell'uranio rispetto ai combustibili fossili. La conclusione che se ne trae è prudente: il nucleare mercantile può essere considerato un concorrente credibile rispetto ad altre opzioni di combustibile alternativo, quali metanolo, idrogeno e ammoniaca, ma non è una soluzione priva di ostacoli propri.

Per il giurista, il punto decisivo non è dunque stabilire in astratto se la tecnologia sia economicamente preferibile, ma individuare le condizioni normative che possono renderla bancabile, assicurabile e giuridicamente sostenibile⁶².

8. Conclusioni

La propulsione nucleare delle navi mercantili non può essere trattata come una semplice variante tecnologica della propulsione navale, né come una mera applicazione mobile della disciplina nucleare

⁶¹ T. WALTERS, A. SBRAGA, J. OHLMAN, *Shipping's nuclear option*, cit., cit., Issue 4 (*Can a nuclear ship be adequately insured?*): «As noted above, operators of nuclear power plants are strictly liable for nuclear damage and in many countries operators are therefore required to take out compulsory third party liability insurance. Most P&I clubs will exclude cover for liability for damage arising from nuclear fuel, nuclear waste or from combustion of nuclear fuel. At present, a merchant nuclear ship cannot be insured on the conventional insurance market and would need to obtain specialty insurance. Lack of insurance options and recognition by commercial insurers would have knock-on effects on the financial viability of nuclear vessels». Il riferimento normativo richiamato dal report sull'esclusione del rischio nucleare nelle Rules dei principali P&I Clubs è alle Rules 2023 di Gard, NorthStandard, Skuld e UK P&I. Sull'esclusione dei danni nucleari dall'art. 3 della Convenzione di Londra del 1976 (LLMC) v. supra, § 3, e GRIGOLI, op. cit., p. 312 ss.

⁶² T. Walters, A. Sbraga, J. Ohlman, *Shipping's nuclear option*, cit., cit., Issue 5 (*Can nuclear shipping work financially?*): «Classification society DNV recently published their industry insight Maritime Impact, which assessed the economic case for nuclear vessels and concluded that they could be financially viable if the price point of reactors reached the lower end of their estimates (around an annual cost of USD 35-40 million). ... Even though the upfront cost will remain high compared to other alternative fuels, the benefit of nuclear propulsion is that running costs remain steady and are not subject to price fluctuations as nuclear vessels can run for years without needing to refuel».

terrestre. Essa si colloca in un'area di intersezione tra sicurezza marittima, sicurezza nucleare, protezione ambientale, responsabilità civile, disciplina portuale, controlli internazionali e sostenibilità industriale. Proprio questa collocazione multistrato rende il tema particolarmente adatto a misurare la capacità del diritto amministrativo dell'innovazione di governare tecnologie mature sul piano tecnico, ma non ancora stabilizzate sul piano normativo.

Il primo dato che emerge è metodologico. In presenza di una disciplina positiva incompleta, il giurista non può confidare nella sola applicazione analogica delle norme esistenti. L'analogia incontra limiti evidenti quando si tratta di poteri autorizzatori, restrizioni all'attività dei privati e tecnologie radicalmente diverse da quelle considerate dal legislatore storico. La risposta più solida va cercata, piuttosto, nella combinazione tra principi generali, procedimento amministrativo e strumenti di regolazione adattiva. Precauzione, ragionevolezza, proporzionalità, legittimo affidamento e coinvolgimento procedimentalizzato non forniscono soluzioni automatiche, ma costruiscono il perimetro entro cui la decisione pubblica può essere istruita, motivata e controllata. In questo senso, la «prudenza amministrativa» non coincide con l'immobilismo: è il metodo attraverso cui l'amministrazione decide in condizioni di incertezza senza abdicare alla propria responsabilità.

Il secondo dato riguarda l'ordinamento nazionale. Il sistema vigente non parte da zero. Esiste una catena normativa riconoscibile, che muove dalla l. n. 1860/1962, attraversa il Codice della navigazione, trova un punto specifico nell'art. 34 del D.P.R. n. 435/1991 e si completa, sul piano dell'emergenza radiologica portuale, con l'art. 185 del d.lgs. n. 101/2020. A questa base si aggiungono la disciplina della protezione fisica dei materiali nucleari, i controlli sui beni a duplice uso e, oggi, la sicurezza cibernetica delle infrastrutture critiche. Il problema, dunque, non è l'assenza assoluta di diritto, ma la presenza di un apparato stratificato, pensato per scenari diversi: visite occasionali di naviglio militare, reattori ad acqua pressurizzata, logiche di controllo non calibrate sul possibile impiego commerciale di SMR e AMR nel trasporto mercantile. Indubbiamente serve un importante aggiornamento.

Il terzo dato è comparato. Il Regno Unito e la Norvegia mostrano due strategie differenti, ma entrambe utili. Il modello britannico offre una disciplina positiva già strutturata: regolamento dedicato, valutazione preventiva di sicurezza, certificazione annuale, controllo speciale, potere di trattenimento in porto, coinvolgimento delle società di certificazione e raccordo con la disciplina dell'emergenza radiologica. Il modello norvegese, al contrario, non muove da un quadro nazionale già compiuto, ma da un investimento pubblico in conoscenza regolatoria, attraverso il progetto *NuProShip*. Il primo modello insegna come anticipare la regolazione; il secondo come prepararla in modo tecnicamente informato. Per l'Italia, la soluzione più ragionevole non sta nella scelta secca tra i due modelli, ma nella loro combinazione: una disciplina positiva essenziale, accompagnata da un programma pubblico di ricerca regolatoria e sperimentazione amministrativa.

Il quarto dato riguarda il livello europeo e internazionale. La revisione del Codice IMO del 1981, l'analisi EMSA del 4 dicembre 2024 e la progressiva pressione europea verso la decarbonizzazione del trasporto marittimo indicano una traiettoria ormai chiara: il tema del nucleare navale non è più confinato alla storia delle poche navi sperimentali del Novecento. È entrato nell'agenda regolatoria della transizione energetica. Tuttavia, resta una contraddizione di fondo: l'ordinamento europeo spinge il settore marittimo verso soluzioni a basse o nulle emissioni, ma non ha ancora costruito un'infrastruttura giuridica pienamente adeguata per valutare, autorizzare e finanziare la propulsione nucleare mercantile. La tassonomia, la *FuelEU Maritime*, l'EU ETS e gli strumenti IMO devono

ancora misurarsi espressamente con questa tecnologia, evitando tanto l'esclusione implicita quanto l'inclusione non governata.

Il quinto dato è industriale. Una nave mercantile nucleare non diventa operativa solo perché tecnicamente costruibile. Deve essere autorizzabile, certificabile, accettabile nei porti, assicurabile e finanziabile. Qui si colloca il nodo più concreto: senza un regime di responsabilità civile e di garanzia assicurativa, la tecnologia «resta sulla carta». L'esperienza storica della *Otto Hahn*, fondata su accordi bilaterali di indennizzo, mostra che il problema non è nuovo; è nuovo, però, il possibile salto di scala verso un impiego commerciale e non meramente dimostrativo. Per questo il legislatore italiano, ove intenda prendere sul serio la prospettiva del nucleare sostenibile, dovrà affrontare non solo il profilo autorizzatorio, ma anche quello della responsabilità, dell'assicurazione, della garanzia pubblica e della bancabilità degli investimenti.

Il sesto dato è sociale e territoriale, e la ricognizione storica impone di non eluderlo. L'esperienza delle quattro navi mercantili nucleari entrate in servizio negli ultimi sessant'anni del secolo scorso mostra che il diniego d'accesso ai porti non è quasi mai disceso da carenze tecniche, bensì da una resistenza politico-sociale dei territori interessati, la quale ha finito per saldarsi - in difetto di un procedimento autorizzatorio chiaro e partecipato - con la decisione amministrativa di non aprire l'accesso. Il tour mondiale della *NS Savannah*, nel 1964, registrò il rifiuto formale di Australia, Nuova Zelanda e Giappone, costringendo gli Stati Uniti a operare nel regime della *special permit basis* - autorizzazione caso per caso, richiesta con mesi di anticipo e accompagnata da accordi bilaterali ad hoc. La *NS Otto Hahn*, fra il 1968 e il 1979, riuscì a costruire una rete di trentatré scali in ventidue Paesi soltanto al prezzo di una catena di *indemnity agreements* stipulati dalla *Bundesregierung* con gli Stati del porto; quella rete, però, si assottigliò progressivamente, sicché la cessazione del programma maturò proprio sull'antieconomicità derivante dal numero decrescente di porti disposti ad accogliere la nave.

Il caso più istruttivo per il giurista resta tuttavia quello della *NS Mutsu*: nell'agosto 1974, durante le prove di criticità del reattore al largo della prefettura di Aomori, una fuga di radiazioni di entità trascurabile e contenuta nello scafo provocò il rifiuto della comunità di *Mutsu City* e dell'associazione locale dei pescatori di accogliere il rientro della nave nel proprio porto di registrazione, sicché per oltre cinquanta giorni l'unità rimase alla deriva. L'episodio dimostra che, nel nucleare navale, anche un evento tecnicamente irrilevante può tradursi in una crisi di accettabilità sociale tale da rendere impossibile l'operatività della nave, ove manchi un procedimento amministrativo robusto, trasparente e partecipato.

Il dato si conferma, infine, con la *NS Sevmorput*, alla quale, nel 1988, fu negato l'accesso ai porti di *Nakhodka*, *Vostochny*, *Magadan* e *Vladivostok* per effetto delle proteste popolari maturate nell'immediato post-Chernobyl. Ne discende un ammaestramento di metodo per la disciplina italiana in costruzione: il regime di accesso non può ridursi al solo controllo tecnico-radiologico, ma deve istituzionalizzare la partecipazione delle autonomie territoriali e l'informazione preventiva alle popolazioni rivierasche, nelle sedi della conferenza di servizi e del comitato misto di cui all'art. 185 del d.lgs. n. 101/2020, secondo lo schema della «riserva di procedimento amministrativo». Soltanto un procedimento trasparente, in cui le ragioni del diniego possano essere esposte *ex ante* e quelle del consenso possano formarsi progressivamente, è in grado di disinnescare il circuito - storicamente documentato - per cui l'opposizione sociale si traduce in un veto materiale all'attracco, vanificando l'autorizzazione e, con essa, il complesso ordinamentale costruito per consentirla.

Le opposizioni delle popolazioni rivierasche al naviglio nucleare ripropongono, sul terreno marittimo, la sequenza ben nota nel settore delle infrastrutture strategiche - dal LULU (*Locally Unwanted Land Uses*) al NIMBY (*Not In My Back Yard*) e ai suoi epigoni più radicali, NIABY (*Not In Any Back Yard*) e BANANA (*Build Absolutely Nothing Anywhere Near Anything*) e altr⁶³ - in cui l'assenza di un procedimento amministrativo trasparente determina lo scivolamento dal «non qui» al «in nessun luogo», vanificando in radice l'opzione tecnologica prima ancora che essa sia valutata nel merito.

In definitiva, la propulsione nucleare mercantile mostra con particolare chiarezza che il problema dell'innovazione tecnologica non è soltanto quello della sua possibilità tecnica, ma quello della sua governabilità giuridica. Il diritto, e in modo specifico il diritto amministrativo, non deve esprimere un giudizio aprioristico sull'opzione nucleare navale, ma costruire le condizioni affinché tale opzione, ove si presenti, possa essere valutata secondo competenze definite, procedimenti adeguati, responsabilità individuabili e garanzie effettive. È questo il punto conclusivo dell'indagine: quando la tecnica precede la disciplina positiva, l'ordinamento non può limitarsi ad attendere; deve attrezzarsi.

⁶³ Sul punto, con riferimento alle dinamiche di opposizione alle infrastrutture strategiche e alla progressiva emersione delle formule NIMBY, BANANA, LULU, NIABY, NIMTOO, NOPE, PIMBY e YIMBY, sia consentito il rinvio al mio: *Strategic Infrastructure and Administrative Challenges: From NIMBY to BANANA and other extremes*, in *CERIDAP*, fasc. 2/2025, 16 giugno 2025, in <https://ceridap.eu/strategic-infrastructure-and-administrative-challenges-from-nimby-to-banana-and-other-extremes/>. Si esamina il dissenso infrastrutturale come fenomeno complesso, nel quale resistenze locali, interessi ambientali e interessi strategici nazionali si intrecciano, mostrando come l'etichetta NIMBY possa talora operare come dispositivo retorico di delegittimazione del dissenso e come fattore di occultamento delle fragilità del sistema decisionale amministrativo.