



## SICUREZZA NUCLEARE: INSEGNAMENTI DOPO FUKUSHIMA

*The nuclear accident at Fukushima Daiichi plant brings back to global attention an issue which should have already been addressed: the safety of nuclear power plants. The aim of this article is to examine the concept of nuclear safety and the main aspects of which it is composed. Furthermore, it aims to explore the historical evolution of nuclear safety through the positive and negative experiences acquired over time by the nuclear industry, ending with an outline of desirable changes in light of the events in Japan.*

*L'incidente nucleare in Giappone riporta all'attenzione mondiale una questione che sembrava essere data per assodata: la sicurezza degli impianti nucleari. Questo articolo si propone, pertanto, di esaminare il concetto di sicurezza nucleare e gli aspetti rilevanti che lo compongono, nonché la sua evoluzione storica a seguito dell'esperienza, sia positiva che negativa, acquisita nel tempo dall'industria nucleare per cercare, da ultimo, di delinearne gli auspicabili cambiamenti alla luce degli eventi giapponesi.*

**L**e stime dei più autorevoli studi internazionali sulla probabilità che un incidente nucleare degno di nota – da 1 su 10.000 anni-vita dei reattori fino a 1 su 1 milione per i reattori più avanzati <sup>(1)</sup> – possa accadere sono state stravolte e messe in discussione dalla grave situazione in cui si trova la centrale nucleare di Fukushima Daiichi (a 250 km da Tokyo). A seguito del terremoto e del successivo maremoto (con onde alte sino a 14 metri) abbattutosi l'11 marzo 2011 sulla costa nord orientale del Giappone, i

sistemi di raffreddamento dei reattori sono stati messi fuori uso creando quella condizione di emergenza che le autorità giapponesi non hanno, al momento in cui scriviamo (maggio 2011), ancora stabilizzato <sup>(2)</sup>. L'evento, che segue di 25 anni quello di Chernobyl e di 32 quello di Three Mile Island, ha riacceso il dibattito sulla sicurezza (*safety*) delle centrali nucleari che sembrava essere stato scalzato da temi ancora irrisolti come la gestione delle scorie e la sicurezza (*security*) contro rischi di proliferazione nucleare e terrorismo <sup>(3)</sup>.

La sicurezza degli impianti torna ora a rappresentare quella *conditio sine qua non* che gli avanzamenti tecnologici e regolatori successivi ai passati incidenti sembravano aver dato per acquisita e assodata. La vicenda giapponese ha ricordato che esistono numerosi aspetti che condizionano un sicuro sviluppo del nucleare (come di qualunque tecnologia) che fanno capo alla sfera tecnica e a quella regolatoria, fino a toccare il campo più strettamente connesso ai comportamenti umani e alle scelte soggettive che si riversano sul modo di applicare sia una tecnologia quanto una norma.

Di seguito cercheremo di approfondire tali campi in modo da comprenderne e definirne le caratteristiche attuali e verosimilmente prospettiche

\* Laureata in Scienze Internazionali e Diplomatiche, collaboratrice di RIE s.r.l., Bologna [chiaraps@email.it](mailto:chiaraps@email.it)

alla luce degli insegnamenti che, come ogni vicenda rovinosa, Fukushima lascia alla Storia.

## 1. LA DIMENSIONE TECNOLOGICA

Gli aspetti tecnici sono preponderanti per rendere la tecnologia nucleare più sicura e quindi più sostenibile per le società che ne accettano l'utilizzo.

I sistemi di sicurezza si basano su tre principi fondamentali che devono (dovrebbero) necessariamente entrare in funzione nei casi di emergenza (previsti dalla valutazione probabilistica del rischio)<sup>(4)</sup>: controllare, raffreddare, contenere. A tal fine, le centrali sono state dotate di sistemi di protezione multipli che hanno il compito di prevenire un incidente ma anche di contenerne i danni qualora la fase di prevenzione fallisse. Questo fondamentale approccio – definito «difesa in profondità» (*defence in depth*) – è alla base della sicurezza di tutti i reattori oggi in esercizio<sup>(5)</sup>.

Quelli di seconda generazione – costruiti negli anni 1970-1980 e in prevalenza ancora operanti – hanno tre livelli di sicurezza o barriere che contrastano la fuoriuscita di radioattività nell'ambiente esterno; mentre nei reattori di terza generazione – lanciati negli anni 1990, il cui prototipo fu costruito in Giappone nel 1996 – le barriere sono estese a cinque<sup>(6)</sup>. Nuove migliorie tecniche sono state apportate alla cosiddetta terza generazione avanzata, di cui fanno parte i reattori franco-tedeschi *European Pressurized Reactor* (EPR) e quelli americani AP1000, che hanno introdotto sistemi di sicurezza passivi che entrano in funzione senza la necessità di un intervento umano<sup>(7)</sup>. Inol-

tre, tali impianti hanno due edifici di contenimento in cemento, il più interno dei quali dotato di un rivestimento in acciaio con il doppio scopo di isolare il nocciolo e di contribuire a rendere l'edificio resistente a terremoti e all'impatto con un aereo.

La sicurezza nucleare, nel corso del tempo, ha fatto molti passi avanti in campo tecnologico, specie dopo le lezioni tratte dai due gravi incidenti americano e sovietico che abbiamo sopra richiamato. A seguito di questi eventi, i sistemi di sicurezza sono stati rivisti e già negli ultimi reattori di seconda generazione furono apportate migliorie tecniche fondamentali per rendere la probabilità di un incidente sempre più bassa<sup>(8)</sup>.

Dopo Three Mile Island, è emerso per la prima volta il concetto di «errore umano» e si è approfondito il rapporto uomo-macchina. Inoltre, furono studiati sistemi organizzativi in caso di mal funzionamento che portarono all'istituzione di piani di emergenza. Con Chernobyl, si è definitivamente affermato il concetto di *Safety Culture* inteso come atteggiamento profondamente insito nei comportamenti umani e nell'intera organizzazione che sovrintende ogni progetto nucleare. In particolare, si iniziarono a considerare, nella progettazione di nuovi impianti, strumenti di prevenzione e di mitigazione contro incidenti severi<sup>(9)</sup>.

Negli ultimi anni, ulteriori sforzi sono stati compiuti per ridurre la possibilità della fusione del nocciolo attraverso l'introduzione di maggiori protezioni; è emersa, inoltre, una crescente considerazione verso i rischi posti dal terrorismo internazionale. La terza generazione più avanzata di reattori, attualmente in fase di costruzione in alcuni Paesi<sup>(10)</sup>,

ha un sistema di sicurezza e controllo basato sul principio della ridondanza e della automaticità. Nel caso dell'EPR francese – un reattore ad acqua in pressione della filiera *Pressurized Water Reactor* (PWR) – la presenza di quattro generatori diesel di emergenza separati fra di loro e, in caso di malfunzionamento, di altri due generatori per l'alimentazione elettrica rende evidente come la ridondanza operi nei sistemi di sicurezza.

Se analizziamo i meccanismi che hanno manifestato criticità nell'incidente di Fukushima e li confrontiamo con i sistemi innovativi dei nuovi reattori di terza generazione, si possono rilevare alcuni aspetti importanti. Innanzitutto, la caratteristica della ridondanza, che ha innalzato il numero dei generatori di emergenza tra loro separati, avrebbe probabilmente protetto l'impianto dai danni dell'onda anomala, garantendo l'elettricità necessaria per far funzionare i sistemi di raffreddamento ed evitare la fusione del nocciolo. Certo, questo non avrebbe impedito all'onda di travolgere i generatori posti ad un'altezza inferiore ad essa, ma avrebbe aumentato le probabilità di funzionamento di almeno alcuni dei generatori, essendo questi separati e posizionati in zone diverse dell'impianto.

L'altro grande problema palesatosi a Fukushima è dato dalle esplosioni di idrogeno che hanno danneggiato gravemente la struttura di contenimento. Negli EPR, per evitare un simile scenario, sono stati installati dei ricombinatori catalitici che, favorendo la ricombinazione chimica tra idrogeno e ossigeno, mantengono la presenza dell'idrogeno all'interno dell'impianto al di sotto del 10%, così evitando il rischio di detonazione<sup>(11)</sup>.

## 2. IL FATTORE UMANO

La sicurezza, come detto, non ha solo una dimensione tecnologica, verso cui ci si è sinora massimamente concentrati, ma ha anche una dimensione relativa alla gestione dell'impianto concernente l'organizzazione e le procedure operative.

Questa componente della sicurezza è di fondamentale importanza per il corretto funzionamento di un impianto nucleare in ogni suo momento di attività, ora per ora, giorno per giorno. L'incidente di Chernobyl ne è il più chiaro drammatico esempio. I comportamenti umani sono una variabile essenziale affinché un impianto raggiunga elevati standard di sicurezza e, pertanto, i gestori dell'impianto dovranno investire sempre di più (incentivati magari da controlli più stringenti) nel fattore umano, nella selezione del personale qualificato, nella formazione continua, nella pratica della prevenzione degli incidenti.

È importante rilevare come le tendenze attuali mirino, da un lato, a ridurre l'intervento umano sulla tecnologia attraverso lo sviluppo di sistemi di sicurezza passivi e, dall'altro, a rendere il fattore umano sempre più essenziale strumento di sicurezza. Sebbene tali trend



possano a prima vista confliggere tra loro, in realtà questo andamento è frutto di una grande esperienza (anche negativa) e ricerca degli operatori nucleari e delle autorità competenti per radicare una cultura della sicurezza sempre più all'avanguardia che lavori sui due fronti tecnico e umano.

## 3. LA DIMENSIONE ECONOMICA

Al di là degli apporti tecnologici di cui disporremo in futuro e sebbene sia lecito pensare che, se la centrale di Fukushima fosse stata di terza generazione, il disastro che abbiamo sotto gli occhi si sarebbe evitato o avrebbe avuto minori proporzioni, ciò non cancella la drammaticità degli eventi in corso e le conseguenze che ne potranno derivare sulle persone, sull'ambiente e, in prospettiva, sul futuro del nucleare. Risulta pertanto evidente come l'unico dibattito realmente utile da strutturare non può che riguardare gli insegnamenti traibili da tale vicenda, attraverso uno studio attento e non pregiudizievole delle dinamiche e delle criticità emerse.

È rilevante, inoltre, sottolineare come l'avanguardia raggiunta in termini di sicurezza si traduca verosimilmente in costi maggiori sopportati dalle imprese che investono nel nucleare a fronte di un guadagno di lungo periodo. Ciò non solo rende tale tecnologia meno *appealing* rispetto ad altre tecnologie energetiche ma incentiva anche pratiche scorrette da parte di quegli operatori che preferiscono costi più bassi al prezzo di una sicurezza meno solida. Ciò è ancor più vero oggi in un contesto di sviluppo del nucleare fortemente modificato dalle liberalizzazioni dei mercati energe-

tici e dove i costi degli impianti sono (in teoria più che in pratica) sostenuti solo dagli operatori (12).

Riguardo la presunta incompatibilità tra la liberalizzazione del mercato dell'energia e la sicurezza nucleare vi sono pareri discordanti. Ad esempio, il *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) ha affermato che, sebbene tale questione sia stata sollevata da molti analisti in seguito ad alcune ispezioni della *Nuclear Regulatory Commission* (NRC) ad impianti rivelatisi a rischio, è economicamente vantaggioso per l'operatore investire nella sicurezza dell'impianto poiché i rischi di un incidente, che sono entro un certo tetto coperti dal solo gestore (13), sarebbero drammaticamente elevati e avrebbero conseguenze finanziarie pesanti. Tali rischi rappresenterebbero quindi un grande incentivo per gli investimenti nella sicurezza (14).

Per altro verso, c'è chi sostiene che la *deregulation* del mercato elettrico possa portare le imprese a spingere verso un gioco al ribasso, diminuendo gli investimenti e limitando lo staff, da una parte, e potenziando le performance dei reattori – ma così facendo accelerandone l'invecchiamento – dall'altra (15).

A parere di chi scrive, per quanto possa essere effettivo l'incentivo degli operatori a lavorare in condizioni di massima sicurezza per evitare il lievitare dei costi in caso di incidente, non si può trascurare il fatto che i comportamenti umani non seguono, in genere, un ragionamento così nitido e di lungo respiro. Più spesso, l'eventualità dell'incidente catastrofico viene considerata remota e comunque evitabile anche senza un cospicuo investimento nella sicurezza.

Il caso giapponese fa ancora, e purtroppo, scuola. Fuku-



shima, infatti, è una volta in più riprova di come comportamenti orientati al solo profitto siano compromissori del livello di sicurezza raggiunto. Nell'impianto giapponese, secondo quanto sta emergendo da interviste a lavoratori della struttura, l'80% circa dei dipendenti sono contrattisti mal pagati e a contatto spesso con materiale radioattivo senza il giusto equipaggiamento. Ingegnerati quindi per lavorare in condizioni di sicurezza minori rispetto all'*élite* dei lavoratori specializzati che rappresentano solo il restante 20% dei dipendenti (16). Condizioni del genere sono non solo riprovevoli a livello umano, visto che sfruttano la disperazione di persone in cerca di un lavoro, ma sono anche deleterie per la sicurezza affidata a personale non qualificato e per di più costretto a lavorare in condizioni di pericolo.

L'elemento economico, pertanto, è un fattore che spesso alimenta anche il rischio di inefficiente gestione degli impianti e/o di bassi investimenti che colpiscono in particolare il settore della sicurezza. Inoltre, valutazioni economiche sono spesso alla base delle decisioni di prolungamento della vita dei reattori (17); è lecito pensare che ciò sia avvenuto anche a Fukushima dove, poche settimane prima dell'11 marzo, la centrale ha superato i test di controllo, ottenendo il permesso di estensione della licenza per il reattore 1 – il più vecchio dei sei di cui è composta la centrale – di altri 10 anni (18). Tali controlli non sono stati evidentemente basati su un'appropriate e attenta analisi dei rischi – nonostante i moniti del Comitato regolatorio mettessero in guardia proprio da quelli conseguenti a terremoti e maremoti – che, altrimenti, avrebbe determinato la chiusura della centrale.

Oltre a quanto già evidenziato, è rilevante ai fini di una maggiore comprensione degli eventi sottolineare la difficoltà dimostrata dall'operatore, la *Tokyo Electric Power Corporation* (Tepco), e dalle autorità giapponesi nella gestione delle operazioni di contenimento, prima, e di mitigazione, poi, delle conseguenze dei danni ai reattori. Questo dice molto sul grado di affidabilità dei controlli, sull'efficienza e indipendenza di chi li effettua, sulle motivazioni economiche che verosimilmente li hanno condizionati.

#### 4. IL RUOLO DELLE AUTORITÀ DI REGOLAZIONE

A questo punto emerge l'importanza di un'altra dimensione della sicurezza nucleare: la regolazione e, soprattutto, le autorità competenti alla definizione delle regole e al controllo della loro applicazione.

Queste agenzie sono, o dovrebbero essere, enti indipendenti con il ruolo di supervisori e controllori di tutte le fasi di progettazione, costruzione, funzionamento, dismissione degli impianti. L'Autorità per la sicurezza nucleare rappresenta l'organo preposto alla regolazione delle dette fasi: definire, cioè, le regole del gioco nonché essere il garante della loro applicazione.

Il ruolo fondamentale di questa Autorità fa sì che essa non si esponga a dichiarazioni favorevoli o contrarie al nucleare, quasi ne fosse il sostenitore o l'avversario, e che, al contrario di quanto spesso avviene (ripetutamente nel nostro Paese) (19), dimostri la sua natura *super partes* (20) e persegua il solo scopo di garantire all'opinione pubblica che la regolazione in materia nucleare sia rispettata sulla base del

principio *As Low As Reasonable Achievable* (ALARA). Tale principio non si limita a sostenere la necessità del rispetto dei limiti imposti, ma prevede altresì che gli sforzi compiuti garantiscano un «ragionevole» grado di sicurezza superiore a quello stabilito dalla regolazione (21).

A questo punto, alla luce degli eventi di Fukushima, si delinea una domanda: «È bene lasciare il controllo ad un unico soggetto che, peraltro, non sempre dimostra di essere così indipendente dal potere politico ed economico?». La *Nuclear and Industrial Safety Agency* (NISA), l'Autorità per la sicurezza nucleare giapponese, non sembra aver svolto adeguatamente il compito di garante che la legge le affida (22). Considerando, inoltre, che l'operatore dell'impianto è un'impresa privata – che per sua natura risponde solo al proprio interesse privatistico – può un solo organismo essere preposto a supervisionare il funzionamento di una tecnologia che, come stiamo constatando oggi ma non era certo un segreto neanche prima, ha conseguenze che prescindono dai confini nazionali?

A parere di chi scrive, la vicenda giapponese evidenzia le lacune del concetto stesso di sicurezza nucleare così come espresso dalla «Convenzione sulla Sicurezza Nucleare» (23) che afferma la centralità della responsabilità nazionale nel garantire la sicurezza dell'impianto per la salute pubblica e l'ambiente circostante.

La portata internazionale delle conseguenze di incidenti nucleari impone, al contrario, di rivalutare nella gestione della sicurezza il ruolo rivestito da altri soggetti che, pur disponendo delle necessarie competenze tecniche, non hanno ottenuto quel riconoscimento politico e quella legittimità di

cui ogni organismo necessita per operare con efficacia. Alla regolazione nazionale dovrebbe essere affiancata una regolazione internazionale (nel nostro caso anche europea) che monitori costantemente la situazione dei reattori sparsi per il mondo attraverso il reperimento diretto delle informazioni necessarie e l'esercizio di un'azione ispettiva e, se del caso, sanzionatoria. In altre parole, un'azione di governo.

Come si è potuto constatare nel caso di Fukushima, la *International Atomic Energy Agency* (IAEA) di Vienna non è potuta intervenire sul posto se non dopo una settimana dall'11 marzo e a seguito di un'autorizzazione del governo nipponico per l'invio di esperti internazionali per il controllo dei livelli delle radiazioni. L'Agenzia ha dovuto e potuto monitorare la situazione solo attraverso le informazioni – parziali e spesso insufficienti e tardive – della NISA, delle Autorità di governo e della società Tepco (24).

L'IAEA di Vienna gode di poteri ispettivi ma solo nell'ambito della sicurezza militare e secondo i limiti stabiliti dal Trattato di Non Proliferazione (TNP) (25). Sebbene il regime istituito dal TNP abbia evidenziato delle debolezze, soprattutto in relazione alla mancanza di un reale potere sanzionatorio e alla base volontaria dei protocolli addizionali con cui gli Stati ne riconoscono l'azione (26), sarebbe comunque un passo considerevole conferire un simile ruolo all'IAEA anche in materia di sicurezza degli impianti.

La strada verso tali sviluppi è sicuramente piena di ostacoli, uno fra tutti la debolezza finanziaria in cui versa l'IAEA a causa dei magri contributi dei suoi Stati membri (27). Certo è che il potere finanziario di una qualsivoglia agenzia riflette in

gran parte la rilevanza politica di cui è investita; pertanto, appare evidente che il principale deficit dell'IAEA riguarda la sua scarsa investitura politica che non le permette di rafforzare i propri poteri anche nel campo della *nuclear safety*. È essenziale, come è stato ribadito dal suo direttore (28), ripensare il ruolo dell'Agenzia nel campo della sicurezza nucleare con l'auspicio che possa avere riconosciuti poteri, non solo consultivi e di supporto, ma anche di supervisione e controllo (*watchdog*).

Forse la tragedia di Fukushima potrà far valere a livello nazionale, meglio di molte parole, le ragioni di un controllo internazionale in materia di energia nucleare. Nel frattempo l'Agenzia di Vienna mantiene un ruolo fondamentale in questa fase della vicenda in cui si cerca di comprendere quali sono state le effettive dinamiche dell'incidente e, soprattutto, qual è la situazione attuale nei reattori danneggiati. Per fare maggiore chiarezza si dovrà attendere la fine di giugno quando la missione internazionale, organizzata dall'IAEA e composta di 20 esperti provenienti da tutto il mondo, esporrà le valutazioni preliminari sulla sicurezza della centrale di Fukushima (29).

Altro organismo a dover essere ripensato è l'Euratom. Nato nel 1957 come fondamento della politica di integrazione degli Stati europei, questa istituzione non gioca attualmente un ruolo di primo piano nel controllare e regolare lo sviluppo del nucleare in Europa. Le problematiche di ordine politico e industriale che emersero durante la sua discussione e ratifica sono ancora oggi un forte ostacolo per un ruolo di primo piano nelle decisioni degli Stati membri. Come osserva Alberto Clô, «Nella strategia energetica eu-

ropea, se di questa si può parlare, il nucleare [è] di fatto lasciato alla discrezionalità dei singoli Stati, senza alcun tentativo di pervenire a una politica comune, nonostante il trattato Euratom [...]» (30). Una riforma del Trattato è pertanto auspicabile, sebbene ogni tentativo sia stato affondato dalla necessità di disporre dell'unanimità per qualsivoglia decisione in questa materia (31). Una riforma del Trattato presupporrebbe, quindi, un consenso degli Stati membri, oggi più che mai divisi nel rispondere alle pressioni delle opinioni pubbliche nazionali successive all'incidente in Giappone (32).

## 5. CONCLUSIONI

In definitiva, le lezioni che l'incidente di Fukushima lascia sono utili strumenti che gli Stati e la comunità internazionale, politica e scientifica, non possono non tenere in considerazione. Le criticità emerse nella gestione dell'impianto e nell'operato di controllo delle Autorità sono punti su cui è necessario riflettere in vista di un miglioramento della sicurezza delle centrali ancora in funzione.

Ben vengano allora gli stress test decisi dal Consiglio europeo dei Capi di Stato e di Governo (33) per tutte le centrali costruite nell'Unione e non solo (si auspica la collaborazione di Russia, Svizzera, Turchia) con lo scopo di verificarne la sicurezza e di creare le condizioni per un sistema di sicurezza nucleare europeo basato su standard comuni (34). Bisogna tuttavia sottolineare che, sebbene gli Stati membri si siano detti favorevoli ai test, queste misure saranno adottate su base volontaria, in quanto non esistono norme europee che consenta-

no di imporre la loro obbligatorietà. A ciò va aggiunto il disaccordo degli Stati membri – manifestatosi durante l'incontro dell'*European Nuclear Safety Regulators Group* (ENSREG), tenutosi il 13 maggio, in tema di scenari da includere nei test di resistenza, dove non tutti erano concordi nel considerare anche l'attacco terroristico – quale elemento di incertezza circa il futuro degli stessi (35).

Sebbene molti Paesi dopo Fukushima stiano ripensando e rivedendo la propria politica nucleare (36), non è realistico, ad oggi, sostenere che tale fonte energetica possa essere del tutto e rapidamente abbandonata. L'arresto del suo rilancio, a parere di chi scrive, non pregiudicherà comunque il suo utilizzo in Paesi come la Francia, dove il nucleare copre il 70% circa della domanda di elettricità, o la Cina e l'India, dove si concentrerà nei prossimi anni la maggior parte dell'aumento della domanda mondiale di energia elettrica (37).

Pertanto è necessario fare memoria degli insegnamenti di Fukushima per irrobustire la sicurezza nucleare, in tutti i suoi aspetti vitali; una presa di coscienza resa ancor più necessaria dalle globali ricadute che l'energia nucleare produce e che rende ormai tutti i Paesi, anche quelli che non dispongono di impianti, nuclearizzati (38).

In conclusione, preme sottolineare l'essenzialità di due elementi imprescindibili per raggiungere l'obiettivo appena espresso: per un verso, un'attenta valutazione dei rischi da parte dei regolatori e dei tecnici che permetta di prevedere non tanto quando un evento accadrà – come richiesto a gran voce da tanti nel caso di Fukushima – bensì se la probabilità che un evento possa accadere sia sufficientemente realistica da necessitare obbligatoriamente di misure tecnologiche protettive; per altro verso, la responsabilità politica è un elemento tanto essenziale quanto più sarà necessario fare i conti con i pro e i contro di un pro-

gresso che deve essere regolato e gestito con una consapevolezza e una responsabilità (nei confronti anche delle future generazioni) che possano consentire una fiducia perdurante verso tale tecnologia energetica.

Consci che il rischio zero non è attualmente perseguibile, la sicurezza nucleare si rivela non tanto per essere un concetto statico che si identifica con la totale assenza di rischi, ma bensì un concetto dinamico che si basa sul grado di avanzamento tecnologico acquisito dalla scienza, regolato dalla politica e accettato dalla società. In tal senso, non può che risultare centrale il modo in cui la politica sarà in grado di gestire le opportunità che la scienza è capace di aprire, combattendone però le vulnerabilità; questo è l'unico elemento che potrà permettere al progresso di ottenere quella accettazione pubblica senza la quale né il nucleare né altra tecnologia, per quanto sicura, potrà avere un futuro.

Bologna, Maggio 2011

## NOTE

(1) WNA (2011), *Safety of Nuclear Power Reactors*, aggiornato ad aprile, disponibile a <http://www.world-nuclear.org/info/inf06/html>

(2) Ansa, *Giappone: Kan difficile dire fine crisi*, 1 aprile 2011; Reuters, *Fukushima reactor water leak risks delaying crisis plan*, 12 maggio 2011.

(3) Per ulteriori approfondimenti della tematica dei rifiuti radioattivi, della proliferazione e del terrorismo nucleare si consiglia: WNA (2011), *Radioactive Waste Management*, aggiornato ad aprile, disponibile a <http://www.world-nuclear.org/info/inf04.html>; IAEA, *Managing Radioactive Waste*, Fact Sheet, disponibile a <http://www.iaea.org/Publications/Factsheets/English/manradwa.html>; IAEA (2006), *Storage and Disposal of Spent Fuel and High Level Radioactive Waste*, disponibile a [http://www.iaea.org/About/Policy/GC/GC50/GC50InfDocuments/English/gc50inf-3-att5\\_en.pdf](http://www.iaea.org/About/Policy/GC/GC50/GC50InfDocuments/English/gc50inf-3-att5_en.pdf); IAEA (2004), *Developing multinational radioactive waste repositories: Infrastructural framework and scenarios of cooperation*, TECDOC-1413, Vienna, ottobre; HECKER S. (2008), *Preventing Nuclear Weapon Proliferation as Nuclear Power Expands*, in «MRS Bulletin» vol. 33, aprile, disponibile a <http://www.physics.ohio-state.edu/~wilkins/energy/Resources/harnessing-mtl-energy/nuc-profilerate.pdf>; WNA (2011), *Processing of Used Nuclear Fuel*, gennaio, disponibile a <http://www.world-nuclear.org/info/inf69.html>; CORTRIGHT D., VAYRYNEN R. (2010), *Toward Nuclear Zero*, Routledge, International

Institute for Strategic Studies, Londra, aprile; FERGUSON C. (2006), *Preventing Catastrophic Nuclear Terrorism*, Council of Foreign Relations, Council Special Report n. 11, marzo.

(4) Per maggiori informazioni sulla valutazione probabilistica del rischio si veda: NRC, *Fact Sheet on Probabilistic Risk Assessment*, disponibile a <http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/probabilistic-risk-asses.html>

(5) Cfr. INSAG-10 (1996), *Defence in Depth in Nuclear Safety*, Rapporto della International Nuclear Safety Advisory Group, IAEA, disponibile a [http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1013e\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1013e_web.pdf); JNES (2008), *Safety Design of Nuclear Power Plant*, settembre (Rev-1), disponibile a [http://www.ansn-jp.org/jneslibrary/textbook2\\_e.pdf](http://www.ansn-jp.org/jneslibrary/textbook2_e.pdf); WNA (2011), *Safety of Nuclear Power Reactors*, op. cit.

(6) Più nello specifico, il primo livello di azione è la prevenzione e quindi è relativo alla progettazione e realizzazione dell'impianto secondo il principio di prudenza, di elevata qualità e rispetto dei protocolli; il secondo è la sorveglianza il cui scopo è di rilevare ogni anomalia e gestire le modalità di arresto; il terzo è rappresentato dai mezzi di azione, ovvero tutti i sistemi di salvaguardia e contenimento per evitare la fusione del nocciolo; il quarto è relativo alle misure complementari che permettono il controllo dell'impianto anche in condizioni molto gravi non considerate in fase di progettazione; il quinto livello concerne le risposte di emergenza che gestiscono il contenimento dei danni provocabili da eventuali fughe radioattive.

(7) Un esempio sono le barre di controllo che in situazione di emergenza e di arresto dell'impianto cadono, per la semplice forza di gravità, tra le barre di combustibile per fermare la reazione di fissione. Vedi ENEA (2009), *Impianti Nucleari di III Generazione*, Technology Briefs, gennaio; Enel ed EDF (2010), *La tecnologia nucleare*, Fact Sheet, aprile, disponibile a [http://www.sni.enel-edf.com/it-IT/doc/tecnologia\\_nucleare\\_it.pdf](http://www.sni.enel-edf.com/it-IT/doc/tecnologia_nucleare_it.pdf)

(8) Tali avanzamenti furono registrati in diversi elementi dei design dei reattori: maggiore protezione contro possibilità di incendi, rafforzamento dei sistemi delle tubature e dell'alimentazione ausiliare di acqua, aumento dell'isolamento dell'edificio di contenimento, aggiunta di dispositivi elettronici nelle sale di controllo, meccanismi per lo *shutdown* automatico dei reattori. Vedi NRC (2011), *Background on the Three Mile Island Accident*, aggiornato a marzo, disponibile a <http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/3mile-isle.html>

(9) Safety Forum (2009), *L'evoluzione della sicurezza nucleare*, Workshop AIN, disponibile a <http://www.assonucleare.it/Convegni/AIFOS%209%20maggio%202009/L'evoluzione%20della%20sicurezza%20nucleare.pdf>

(10) Reattori nucleari di tipo EPR sono in costruzione in Francia (Flamanville), Finlandia (Olkiluoto) e due ulteriori unità in Cina (Taishan). Reattori nucleari di tipo AP1000 sono in fase di costruzione in Cina. Vedi WNA (2011), *Advanced Nuclear Power Reactors*, aggiornato a marzo, disponibile a <http://www.world-nuclear.org/info/inf08.html>

(11) SPEZIA U., TRIPPUTI I. (a cura di) (2008), *L'evoluzione della tecnologia nucleare e il reattore EPR*, Osservatorio sulla politica energetica, Fondazione Einaudi, Quaderni OPEF – Laboratori, maggio, p. 53.

(12) Per un maggiore approfondimento del tema della economia del nucleare e sul rapporto tra il mercato e il nucleare si veda: CLÒ A. (2008), *Il Rebus Energetico. Tra Politica Economia e Ambiente*, Il Mulino, Bologna; CLÒ A. (2010), *Si Fa*

*Presto a Dire Nucleare*, Il Mulino, Bologna; MIT (2009), *The Future of Nuclear Power - Update to the 2003 Report*, disponibile a <http://web.mit.edu/nuclearpower/pdf/nuclearpower-update2009.pdf>

(13) Per ulteriori approfondimenti del tema della responsabilità civile in caso di incidente, si veda: WNA (2011), *Liability for nuclear damage*, aggiornato ad aprile, disponibile a <http://www.world-nuclear.org/info/inf67.html>; Convenzione di Vienna sulla responsabilità civile consultabile a <http://www.iaea.org/Publications/Documents/Conventions/liability.html>

(14) MIT (2003), *The Future of Nuclear Power*, disponibile a <http://web.mit.edu/nuclearpower/pdf/nuclearpower-ch4-9.pdf>, p. 47.

(15) FROGATT A. (2005), *Nuclear Reactor Hazards*, Nuclear Issues Papers, n. 2, Heinrich Böll Foundation, dicembre.

(16) TABUCHI H. (2011), *Less pay, fewer benefits, more radiation*, in «International Herald Tribune», 11 aprile.

(17) Il nucleare, infatti, è una tecnologia *capital-intensive* con bassi costi di produzione e, pertanto, con una resa economica di lungo periodo.

(18) Il reattore n. 1, il più vecchio tra i reattori della centrale di Fukushima Daiichi, aveva raggiunto i 40 anni di vita. Questo è considerato il termine naturale di funzionamento di un reattore, fatta salva la possibilità di estensione della sua operatività a seguito di controlli che ne attestino la sicurezza. Gli altri 5 reattori sono entrati in funzione rispettivamente nel 1974, 1976, 1978, 1978, 1979. Vedi «The New York Times» (2011), *Japan extended reactor's life, despite warning*, 21 marzo.

(19) Il Presidente dell'Agenzia per la sicurezza nucleare italiana, Umberto Veronesi, si è spesso speso apertamente a favore del nucleare, a volte con dichiarazioni particolarmente colorite. Una fra tutte, la dichiarazione rilasciata a margine del Forum Food & Nutrition nel novembre 2010 in cui sostenne: «Potrei tranquillamente dormire in camera con le scorie radioattive». Vedi «Corriere della Sera» (2010), *Veronesi: scorie nucleari? Le terrei in casa*, 1 dicembre.

(19) Come ha bene spiegato Luigi De Paoli, «l'Autorità di sicurezza deve essere un competente cane da guardia indipendente senza stati d'animo, preoccupata solo di garantire un ragionevole grado di sicurezza». Vedi DE PAOLI L. (2011), *Nucleare e Sicurezza*, in «Staffetta Quotidiana», 22 marzo.

(21) Vedi WNA (2011), *Environmental, Health and Safety in Electricity Generation*, aggiornato in marzo, disponibile a <http://world-nuclear.org/education/ehs.html>

(22) È rilevante notare come la NISA non sia in realtà una Agenzia indipendente poiché afferisce ad un dipartimento del Ministero dell'Economia, del Commercio e dell'Industria (METI) e pertanto risulta essere in pieno conflitto di interesse. Mentre, infatti, il METI si fa promotore dell'energia nucleare, la NISA dovrebbe esserne il garante della sicurezza e pertanto in posizione neutrale rispetto a chi è favorevole o contrario a tale tecnologia. Vedi «The Wall Street Journal» (2011), *Crisis revises doubts on regulation*, 15 marzo; VACCARI L. (2011), *Errori, bugie, inefficienze Tokyo e la sicurezza perduta*, in «Corriere della Sera», 30 marzo.

(23) Il testo completo è consultabile a <http://www.iaea.org/Publications/Documents/Infcircs/Others/inf449.shtml>

(24) «Staffetta Quotidiana» (2011), *AIEA, mancano informazioni su Fukushima*, 23 marzo.

(25) REYNERS P., JANKOWITSCH-PREVOR O. (2007), *No Development of a Nuclear Program without a Suitable Legal Fra-*



mework, Gulf Research Center, Insights - Issue n. 7, dicembre; FISCHER D. (1997), *The History of the International Atomic Energy Agency - The First Forty Years*, Vienna; IAEA (2002), *Regulatory Control of Nuclear Power Plants. Part A*, Training Course Series n. 15, Vienna.

(<sup>26</sup>) RAFFAELLI S. (2009), *Lo Stato di attuazione del Trattato di Non Proliferazione Nucleare. Problematiche e Prospettive*, Documenti IAI - IAI0925.

(<sup>27</sup>) FERGUSON C. (2007), *Nuclear Energy: Balancing Benefits and Risks*, Council of Foreign Relations n. 28, aprile.

(<sup>28</sup>) Discorso del Direttore Generale della IAEA Yukiya Amano, *Introductory Statement to Board of Governors*, Vienna, 21 marzo 2011, disponibile a <http://www.iaea.org/newscenter/statements/2011/amsp2011n007.html>

(<sup>29</sup>) IAEA Press Releases, *IAEA sends international fact-finding expert mission to Japan*, 17 maggio 2011.

(<sup>30</sup>) CLÓ A. (2010), *op. cit.*, p. 43.

(<sup>31</sup>) European Parliament, Directorate-General for Research (2001), *The European Parliament and the Euratom Treaty: past, present and future*, Working Paper, dicembre, disponibile a <http://www.europarl.eu.int/studies>; NUTTALL W. (2009), *Euratom Reform has part to play in EU's energy policy plans*, novembre, disponibile a <http://www.energy policyblog.com/2009/11/20/euratom-reform-has-part-to-play-in-eu%E2%80%99s-energy-policy-plans/>

(<sup>32</sup>) A riprova della divisione all'interno dell'Unione Europea su questa materia sono le disparate dichiarazioni dei Capi di Stato e di Governo degli Stati membri susseguites dopo l'incidente. Il Cancelliere austriaco Faymann si è unito, il 25 aprile 2011, ad alcuni attivisti anti-nucleare per invocare una campagna politica con lo scopo di eliminare l'energia nucleare dall'Europa. Di segno opposto le affermazioni del Presidente francese Nicolas Sarkozy che, sostenendo l'assenza di alternative energetiche, ha confermato la scelta nucleare del Paese e ha aggiunto che il vero punto su cui dibattere è

quello di rendere sempre più sicure le centrali francesi. Altri Paesi, come Belgio, Spagna, Gran Bretagna, hanno annunciato di aspettare le valutazioni degli stress-test prima di decidere la loro posizione in merito. In Italia e Polonia, invece, era stato chiesto il referendum popolare (che probabilmente in Italia non si farà a seguito della decisione governativa di abrogare tutta la normativa oggetto del quesito referendario) mentre Repubblica Ceca, Finlandia e Svezia sembrano decise nel mantenere le loro posizioni pro nucleare.

(<sup>33</sup>) La proposta degli stress test è stata lanciata dal Commissario europeo all'energia, Gunther Oettinger, martedì 15 marzo 2011 ed ha trovato un vasto consenso al Consiglio straordinario dei Ministri dell'energia tenutosi il 21 marzo. La decisione formale è stata presa dal Consiglio europeo dei Capi di Stato e di Governo tenutosi il 24 e 25 marzo.

(<sup>34</sup>) Vedi Euractiv (2011), *Oettinger pushes for stress tests of Europe's nuclear plants*, 16 marzo.

(<sup>35</sup>) Vedi Euractiv (2011), *EU Countries divided over nuclear stress tests*, 13 maggio.

(<sup>36</sup>) Il 10 maggio 2011 il Premier giapponese, Naoto Kan, ha dichiarato che i piani di costruzione di 14 centrali nucleari entro il 2030 saranno abbandonati. Anche negli Stati Uniti gli ordini di nuovi impianti sono a rischio, a tal punto che la *Energy Information Administration* (EIA) statunitense ha dichiarato a Reuters che la crescita futura del nucleare, prospettata intorno a 9 GWe di nuova capacità entro il 2035, sarà probabilmente rivista. Vedi Reuters, *Japan Crisis to limit US Nuclear Revival*, 26 aprile 2011.

(<sup>37</sup>) EIA (2010), *International Energy Outlook*, Washington DC, luglio, disponibile a <http://www.eia.gov/oiarf/ieo/index.html>; Emirates Center for Strategic Studies and Research (2008), *China, India and the United States. Competition for Energy Resources*, Abu Dhabi, 2008; CLÓ A. (2010), *op. cit.*

(<sup>38</sup>) Vedi CLÓ A. (2011), *L'Italia e l'incubo nucleare*, in «Affari Internazionali», 24 marzo.