

Disattivazione e Smantellamento degli Impianti Nucleari

Stato dell'arte, strategie, problematiche



Disattivazione e Smantellamento degli Impianti Nucleari

Stato dell'arte, strategie, problematiche

ORGANIZZAZIONE PER LA COOPERAZIONE E LO SVILUPPO ECONOMICO

Conformemente all'Articolo 1 della Convenzione firmata a Parigi il 14 dicembre 1960, ed entrata in vigore il 30 settembre 1961, l'Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico (OCSE) ha l'obiettivo di promuovere una serie di politiche aventi i seguenti scopi:

- realizzare la massima crescita sostenibile dell'economia e dell'occupazione nonché un miglioramento del livello di vita all'interno dei Paesi Membri, mantenendo la stabilità finanziaria e contribuendo allo sviluppo dell'economia mondiale;
- contribuire a una stabile espansione economica, sia nei Paesi Membri sia in altri in via di sviluppo economico;
- contribuire all'espansione del commercio mondiale su base multilaterale e non discriminatoria, conformemente agli obblighi internazionali.

I Paesi che per primi hanno aderito all'OCSE sono: Austria, Belgio, Canada, Danimarca, Francia, Germania, Grecia, Islanda, Irlanda, Italia, Lussemburgo, Olanda, Norvegia, Portogallo, Spagna, Svezia, Svizzera, Turchia, Regno Unito e Stati Uniti. I seguenti Paesi sono divenuti Membri tramite adesione nelle date di seguito riportate: Giappone (28 aprile 1964), Finlandia (28 gennaio 1969), Australia (7 giugno 1971), Nuova Zelanda (29 maggio 1973), Messico (18 maggio 1994), Repubblica Ceca (21 dicembre 1995), Ungheria (7 maggio 1996), Polonia (22 novembre 1996), Corea (12 dicembre 1996), Repubblica Slovacca (14 dicembre 2000). La Commissione delle Comunità Europee partecipa ai lavori dell'OCSE (Articolo 13 della Convenzione dell'OCSE).

AGENZIA PER L'ENERGIA NUCLEARE

L'Agenzia dell'OCSE per l'Energia Nucleare (AEN) è stata istituita il 1° febbraio 1958 con il nome di Agenzia Europea per l'Energia Nucleare dell'OCSE. Ha adottato la propria denominazione attuale il 20 aprile 1972, nel momento in cui il Giappone è divenuto il primo Paese Membro non europeo. Attualmente fanno parte dell'Agenzia 28 Paesi Membri dell'OCSE: Australia, Austria, Belgio, Canada, Repubblica Ceca, Danimarca, Finlandia, Francia, Germania, Grecia, Ungheria, Islanda, Irlanda, Italia, Giappone, Lussemburgo, Messico, Olanda, Norvegia, Portogallo, Repubblica di Corea, Repubblica Slovacca, Spagna, Svezia, Svizzera, Turchia, Regno Unito, Stati Uniti. La Commissione delle Comunità Europee partecipa ai lavori dell'Agenzia.

La missione dell'AEN è la seguente:

- assistere i Paesi Membri nel mantenere ed approfondire, tramite la cooperazione internazionale, le basi scientifiche, tecnologiche e giuridiche indispensabili per un uso sicuro, compatibile con l'ambiente ed economico dell'energia nucleare a fini pacifici;
- fornire valutazioni autorevoli e sviluppare intese comuni su questioni chiave come contributo ai governi per definire la propria politica nucleare e contribuiranno alle analisi più generali delle politiche realizzate dall'OCSE in merito ad aspetti quali l'energia e lo sviluppo sostenibile.

Le aree specifiche di competenza dell'AEN comprendono la sicurezza e la regolamentazione delle attività nucleari, la gestione dei rifiuti radioattivi, la protezione radiologica, le scienze nucleari, l'analisi economica e tecnica del ciclo del combustibile nucleare, il diritto e la responsabilità nucleari e l'informazione alla popolazione. La banca dati della AEN fornisce ai Paesi partecipanti una serie di servizi scientifici concernenti i dati nucleari e i programmi informatici.

Per tali attività, così come per altre a queste collegate, l'AEN lavora in stretta collaborazione con l'Agenzia Internazionale dell'Energia Atomica di Vienna, con la quale ha stipulato un accordo di cooperazione, e con altre organizzazioni internazionali nel settore dell'energia nucleare.

© OCSE 2002

Traduzione dall'originale in lingua inglese a cura di SOGIN S.p.A. I permessi di riproduzione parziale per uso non commerciale o destinato alla formazione devono essere inviati al *Centre français d'exploitation du droit de copie (CCF)*, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 - Paris, France, tel. (33-1) 44 07 47 70. Fax (33-1) 46 34 67 19, per tutti i Paesi, fatta eccezione per gli Stati Uniti. Negli Stati Uniti, l'autorizzazione deve essere ottenuta tramite il *Copyright Clearance Center, Customer Service* (508)750-8400, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA, oppure CCC Online: <http://www.copyright.com/>. Tutte le altre richieste di autorizzazione o di traduzione totale o parziale della presente pubblicazione devono essere inviate a *OECD Publications*, 2, rue André-Pascal, 75775 Paris Cedex 16, France.

PREMESSA

Man mano che gli impianti nucleari di tutto il mondo continuano a invecchiare, molti Paesi sono chiamati a interromperne il funzionamento (disattivazione) e a smantellarli. Questi Paesi dovranno affrontare in particolare le problematiche connesse alla disattivazione e allo smantellamento (D&S), quali il rilascio e/o il riutilizzo dei materiali, degli edifici e dei siti, così come la gestione dei rifiuti radioattivi. Sarà quindi necessario adottare disposizioni specifiche in termini di politica, di finanziamento e di gestione. A seconda del percorso prescelto, la disattivazione e lo smantellamento degli impianti nucleari possono richiedere alcuni anni o più decenni, soprattutto per quanto concerne gli impianti di maggiori dimensioni. Questa estensione temporale comporta questioni specifiche nel quadro delle decisioni da adottare, e ha un impatto più ampio in considerazione di problemi quali la sostenibilità dell'energia nucleare e la salvaguardia del benessere delle comunità locali.

Il Comitato dell'AEN per la Gestione dei Rifiuti Radioattivi (*Radioactive Waste Management Committee*, RWMC) riconosce da molto tempo che la disattivazione e lo smantellamento nonché la gestione dei rifiuti radioattivi sono strettamente legati fra loro e, dal 1982, partecipa a vari progetti concernenti questioni tecniche come lo smantellamento degli impianti nucleari e la decontaminazione dei materiali. Tuttavia, man mano che queste tecnologie si sono affinate, sono stati messi in evidenza gli aspetti più globali della gestione della disattivazione e dello smantellamento. Queste attività comportano questioni di sicurezza, sociali, normative ed economiche che esigono un dialogo informato tra le parti istituzionali e non. Il RWMC ha rappresentato tradizionalmente un terreno neutrale per lo svolgimento di tali dibattiti allargati, estendendo il suo impegno al campo della disattivazione e dello smantellamento.

L'obiettivo del presente rapporto è di offrire, utilizzando una terminologia non specialistica, una breve panoramica della situazione della disattivazione e dello smantellamento degli impianti nucleari e di questioni connesse nei Paesi Membri dell'AEN. Il rapporto si sviluppa su un database di schede descrittive in formato standardizzato, alla cui realizzazione ha partecipato ciascun Paese

Membro, e che può essere consultato on-line sul sito web dell'AEN. Nel presente rapporto, il termine "impianto nucleare" comprende tutti gli impianti legati alla produzione di energia nucleare, dall'attività estrattiva dell'uranio alla fabbricazione di combustibile nucleare, al funzionamento delle centrali nucleari, al ritrattamento del combustibile e alla gestione dei rifiuti, inclusi gli impianti di ricerca e sviluppo e i reattori di ricerca e dimostrativi.

Il presente rapporto è stato redatto dal Gruppo di Lavoro dell'RWMC sulle attività di D&S (*Working Party on Decommissioning and Dismantling, WPDD*) ed è stato revisionato da diversi gruppi all'interno e all'esterno dell'AEN. Il WPDD è composto di rappresentanti di agenzie normative, organismi incaricati dell'esecuzione delle attività di D&S e della gestione dei rifiuti, istituzioni di ricerca e sviluppo e organizzazioni incaricate di stabilire le politiche generali.

INDICE

Premessa	3
1. Sommario dei punti chiave	7
2. Introduzione	11
3. Stato dell'arte e problematiche delle attività di D&S	13
4. Scopi e obiettivi delle attività di D&S	17
5. Strategie di D&S	21
6. Ruoli e responsabilità	25
7. Meccanismi di finanziamento	29
8. Aspetti sociali	33
9. Partecipazione della popolazione	37
10. Sicurezza e controllo nelle attività di D&S	39
11. Tecniche di D&S	43
12. Gestione dei rifiuti radioattivi	45
13. Approfondimenti	49

1. SOMMARIO DEI PUNTI CHIAVE

Tutti i soggetti coinvolti nelle attività di D&S degli impianti nucleari concordano in termini generali sui punti chiave di seguito elencati. Fra i soggetti interessati sono inclusi soprattutto gli operatori, le autorità preposte alla regolamentazione, i responsabili politici e i rappresentanti delle comunità locali interessate dalla chiusura degli impianti di maggiori dimensioni.

Scopo delle attività di D&S è quello di consentire la rimozione di alcuni o di tutti i controlli normativi applicati a un sito nucleare.

La disattivazione e lo smantellamento hanno l'obiettivo di consentire la rimozione di alcuni o di tutti i controlli normativi applicati a un sito nucleare, garantendo la sicurezza a lungo termine della popolazione e dell'ambiente e la protezione della salute e della sicurezza dei lavoratori incaricati della disattivazione nel corso delle attività. Accanto ai suddetti obiettivi coesistono quelli che concernono il rilascio dei beni immobili, come ad esempio il sito e gli edifici, affinché possano essere utilizzati per altri fini senza restrizioni, il riciclaggio e il riutilizzo dei materiali e il recupero della qualità ambientale. In tutti i casi l'obiettivo principale è il raggiungimento di una situazione finale stabile dal punto di vista tecnico, sociale e finanziario, che protegga al contempo i lavoratori, la popolazione e l'ambiente e che, in sintesi, rispetti i principi fondamentali dello sviluppo sostenibile.

Non esiste un approccio unico o privilegiato per smantellare e disattivare gli impianti nucleari.

È largamente accettato il concetto che il processo di eliminazione dei controlli normativi dipende da molti fattori e può comportare varie fasi e usi intermedi. Le politiche nazionali differiscono sugli specifici obiettivi da raggiungere nel corso di tale processo. Ogni Paese è influenzato in maniera diversa da questioni come le prospettive future dell'utilizzo di energia nucleare, la continua

disponibilità di personale qualificato, le questioni sociali associate agli effetti della chiusura, disattivazione e smantellamento degli impianti sulle comunità locali, così come da questioni finanziarie più generali quali il metodo migliore e il momento più opportuno per utilizzare i fondi disponibili.

Sono disponibili tecniche di D&S e le esperienze già condotte forniscono importanti indicazioni per le fasi di progettazione e di decommissioning degli impianti.

Sono già disponibili tecniche di decontaminazione e smantellamento degli impianti nucleari. È ormai pratica corrente facilitare l'adozione di queste tecniche già in fase di progettazione degli impianti e di selezione dei materiali. È quindi importante per assicurare che in futuro l'esperienza progressivamente acquisita nell'applicazione di queste tecniche ai grandi impianti sia condivisa all'interno di tutto il settore della disattivazione e dello smantellamento, e che gli insegnamenti che ne derivano continuino a essere integrati nelle nuove concezioni di impianti e nei progetti di D&S.

Molti impianti nucleari sono già stati disattivati e smantellati con successo.

Le tecniche disponibili sono state già applicate con successo alle attività di D&S di molti vecchi impianti finalizzati allo sviluppo e alla dimostrazione dell'energia nucleare. Alcuni siti hanno già ritrovato condizioni che consentono un riutilizzo senza restrizioni. Ciò ha prodotto un considerevole insieme di esperienze in un'ampia gamma di applicazioni complesse che attualmente è impiegato negli impianti industriali di grandi dimensioni. L'obiettivo per il futuro è il miglioramento delle strategie e dei processi al fine di garantire la sicurezza, la salvaguardia ambientale e l'economia delle operazioni.

L'attuale assetto istituzionale nel campo della disattivazione e dello smantellamento risponde alle esigenze operative.

Gli organismi incaricati di elaborare la politica, la legislazione e le norme tecniche per il funzionamento degli impianti nucleari e la gestione dei rifiuti radioattivi e di regolamentare le suddette attività sono adeguati per gestire le attività di D&S. In ciascun Paese, a seconda della particolare situazione locale, può tuttavia risultare conveniente modificare l'assetto operativo creando nuovi organi di gestione, allo scopo di assumere le responsabilità di D&S degli operatori

che hanno cessato l'attività e di conservare e migliorare le competenze acquisite.

I sistemi preposti alla tutela della sicurezza dei lavoratori, della popolazione e dell'ambiente risultano adeguati per la regolamentazione e l'attuazione delle attività di D&S.

Gli effetti delle attività di D&S sulla salute e la sicurezza dei lavoratori e della popolazione, come pure quelli sull'ambiente, sono ben compresi, e i sistemi di protezione esistenti sono in grado di gestirli in maniera corretta. Tuttavia, poiché esistono differenze sostanziali tra la fase di funzionamento e la fase di D&S degli impianti nucleari, è necessario rivedere i suddetti aspetti al fine di proteggere i lavoratori, la popolazione e l'ambiente nell'arco di durata delle attività di D&S, e di assicurare continuità e trasparenza al processo normativo.

Sono già operativi meccanismi di finanziamento delle attività di D&S, ma la valutazione dei costi richiede ulteriore attenzione.

È riconosciuta la necessità che le risorse economiche per le attività di D&S siano accantonate nel corso del periodo d'esercizio dell'impianto. Disposizioni in questo senso sono già adottate nei Paesi Membri dell'OCSE/AEN. Obiettivo preminente è assicurare che i costi delle suddette attività siano calcolati correttamente e che siano disponibili fondi sufficienti al momento necessario. I sistemi di gestione dei fondi variano da un Paese all'altro in funzione delle strategie di D&S vigenti e possono coinvolgere o meno sistemi di gestione del rischio economico del tipo richiamato. I costi per la gestione dei rifiuti rappresentano una componente significativa dell'insieme dei costi di D&S e in alcuni casi possono diventare dominanti, a seconda di come sono valutati i costi stessi (ad esempio, quelli di gestione del combustibile irraggiato). È quindi importante non solo minimizzare le quantità dei rifiuti, ma anche identificare e valutare separatamente i costi imputabili al trattamento, al deposito e allo smaltimento dei rifiuti.

La maggior parte dei rifiuti che provengono dalle attività di D&S è simile ai rifiuti derivanti dal normale esercizio, ma alcuni di essi presentano problematiche particolari delle quali tenere conto.

La gestione e lo smaltimento dei rifiuti radioattivi sono punti chiave per la riuscita delle attività di D&S degli impianti nucleari e rappresentano la parte principale dei costi totali. Molti dei rifiuti prodotti nel corso delle attività di D&S

sono simili a quelli prodotti nel corso della loro vita utile, e le problematiche operative e gestionali sono già note e risolte. L'elemento nuovo, specifico delle attività di D&S, concerne la grande quantità di rifiuti contenenti solo piccole concentrazioni di radionuclidi. Ciò richiede particolare attenzione nello sviluppo e nell'applicazione di criteri di regolazione e controllo sui quali fondare il rilascio dei materiali per la riutilizzazione o il riciclo e la minimizzazione delle esigenze di smaltimento. Anche la gestione dei rifiuti contenenti materiali quali la grafite, il berillio, il sodio, l'amianto ecc. richiede ulteriore attenzione.

Le comunità locali chiedono un maggiore coinvolgimento nella pianificazione delle attività di D&S.

È largamente condivisa la convinzione che l'apertura e la trasparenza siano essenziali per conseguire il consenso della popolazione sui progetti di D&S. Il fatto che la popolazione locale esiga sempre più spesso di essere coinvolta nella pianificazione può motivare l'adozione di concetti quali il "processo decisionale graduale". L'obiettivo da conseguire è la messa a punto di adeguati sistemi di consultazione della popolazione, e in particolare delle comunità locali, e l'istituzione di una base informativa che possa riscuotere la piena fiducia della popolazione stessa.

2. INTRODUZIONE

Il termine “disattivazione”, quando applicato nell’accezione più ampia agli impianti nucleari, copre tutte le attività amministrative e tecniche legate alla cessazione del funzionamento e al ritiro dal servizio. La procedura ha inizio nel momento della chiusura dell’impianto e si estende alla sua eventuale rimozione completa dal sito (operazione chiamata “smantellamento” nel presente rapporto). Le attività possono comportare una parte o l’insieme delle attività associate allo smantellamento dell’impianto e delle attrezzature, la decontaminazione delle strutture e dei componenti, il risanamento del suolo contaminato e lo smaltimento dei rifiuti prodotti. L’obiettivo di queste attività è consentire la rimozione parziale o totale di tutti i controlli normativi cui è soggetto l’impianto nucleare, assicurando al contempo la sicurezza a lungo termine della popolazione e dell’ambiente e la salvaguardia della salute e della sicurezza dei lavoratori incaricati del processo di disattivazione.

In generale, l’obiettivo ultimo di queste attività è il ripristino del sito in condizioni tali da consentirne il rilascio per l’eventuale riutilizzo senza restrizioni. Fra i Paesi Membri esiste tuttavia un’ampia varietà di punti di vista e di politiche sui modi e sui tempi per giungere al risultato finale. Opinioni e politiche sono influenzate dalle posizioni delle singole nazioni – o dalla loro mancanza – per quanto riguarda, per esempio, l’utilizzo futuro dell’energia nucleare, le questioni sociali legate all’impatto sulle comunità locali interessate, i possibili altri usi dell’impianto, le questioni tecniche e normative, le disposizioni relative alla gestione dei rifiuti e le questioni economiche legate ai costi e al flusso di cassa.

Il presente rapporto:

- riassume lo stato delle attività di D&S nei Paesi Membri OCSE/AEN, gli approcci attualmente adottati e le problematiche generali da affrontare;
- descrive le responsabilità derivanti dai primi sviluppi del nucleare e dagli attuali programmi nucleari in campo energetico e il lavoro da compiere in vista della crescita delle attività di D&S prevista subito dopo il 2015;
- descrive gli scopi delle attività di D&S, gli obiettivi e le politiche adotta-

te, e affronta le questioni sociali emergenti e i metodi per coinvolgere le comunità locali;

- identifica gli organismi responsabili per l’elaborazione di politiche e di norme relative alle attività di D&S, della applicazione di queste politiche e della regolamentazione delle attività collegate;

- descrive i punti salienti della normativa sulla sicurezza delle attività di D&S e le soluzioni che mirano a garantire la disponibilità dei fondi necessari per portare a termine le attività;

- descrive, inoltre, le strategie e le tecniche disponibili per condurre le attività di D&S in condizioni di sicurezza, unitamente alla gestione sicura dei rifiuti che ne derivano e agli ulteriori sviluppi richiesti;

- si conclude con alcuni riferimenti alle soluzioni da adottare per fornire una corretta informazione alla popolazione in merito alle attività di D&S e propone alcuni riferimenti bibliografici per l’approfondimento delle problematiche.

3. STATO DELL'ARTE E PROBLEMATICHE DELLE ATTIVITÀ DI D&S

Situazione degli impianti nucleari nei Paesi Membri dell'OCSE/AEN

Fra i Paesi Membri dell'OCSE/AEN sono compresi quelli che hanno lavorato ai primi sviluppi delle tecniche nucleari nel corso degli anni Quaranta e Cinquanta. Questi Paesi dispongono di un'ampia gamma di impianti e apparecchiature che hanno ormai adempiuto ai propri scopi e che devono essere disattivati e smantellati. Fra essi ci sono impianti di ricerca e sviluppo per il trattamento chimico e la produzione di uranio e plutonio, la separazione isotopica, la fabbricazione del combustibile nucleare ecc., oltre a reattori di ricerca, sistemi critici, reattori per la ricerca sui materiali e diversi modelli di reattori sperimentali e dimostrativi, compresi i reattori veloci autofertilizzanti e i reattori ad alta temperatura alimentati con combustibili speciali. L'elenco comprende anche impianti di trattamento legati all'attività estrattiva dell'uranio e impianti di trattamento e stoccaggio di una grande varietà di rifiuti radioattivi. In alcuni Paesi esistono inoltre impianti associati alla produzione di armi nucleari e ai sistemi di propulsione navale nucleare.

Sebbene ciascun impianto possa avere dimensioni relativamente piccole, l'insieme degli impianti storici presenta una serie di complesse problematiche tecniche di tipo nucleare che si combinano, in alcuni casi, con quelle derivanti dalla presenza di sostanze pericolose di tipo convenzionale, come ad esempio l'amianto e i PCB (policlorobifenili). Le problematiche di gestione di questi vecchi impianti sono talvolta complicate dal fatto che la documentazione originale non è facilmente reperibile e che i progettisti e lo staff dedicati per lo più sono già usciti dal mondo del lavoro. Ciononostante, le attività di D&S di questi impianti hanno già compiuto progressi considerevoli ed è stata acquisita una solida esperienza tecnica su una vasta gamma di tecnologie.

Un diverso tipo di sfida deriva dal completamento dei programmi nucleari più recenti e dal progressivo avvicinamento delle centrali nucleari commerciali alla fine della loro vita utile, a causa del progressivo invecchiamento o per moti-

vi economici o in seguito ai cambiamenti delle politiche relative all'uso dell'energia nucleare. La dimensione di questa nuova componente del problema può essere meglio valutata se si considera che in tutto il mondo sono state costruite e messe in funzione oltre 500 centrali nucleari, e che la maggior parte di esse è ubicata in Paesi Membri dell'OCSE/AEN. Queste centrali sono equipaggiate con reattori raffreddati a gas (Gas-Cooled Reactor), ad acqua bollente (Boiling-Water Reactor), ad acqua pressurizzata (Pressurized-Water Reactor), ad acqua pesante pressurizzata (Pressurized Heavy-Water Reactor) e con vari tipi di reattori dimostrativi, come ad esempio i reattori ad alta temperatura (High-Temperature Reactor) e i reattori veloci autofertilizzanti raffreddati con metallo liquido (Fast-Breeder Reactor). Circa 80 centrali di questo tipo sono state messe fuori servizio, incluse le prime centrali dimostrative. In massima parte si tratta di piccole unità (< 200 MWe) mantenute in custodia dopo la rimozione del combustibile o in corso di disattivazione. Alcune centrali nucleari industriali sono state disattivate e smantellate e in alcuni casi i siti sono stati rilasciati senza restrizioni. Oltre alle centrali nucleari vi sono impianti per la fabbricazione del combustibile fresco e per il ritrattamento del combustibile irraggiato, parte dei quali è già stata messa fuori servizio o lo sarà presto.

In Germania, ad esempio, sono già stati chiusi in via definitiva 17 centrali nucleari e reattori prototipali, 31 reattori di ricerca e sistemi critici e 9 impianti del ciclo del combustibile. Di questi, due reattori di potenza, 21 reattori di ricerca e sistemi critici e quattro impianti del ciclo del combustibile sono stati già disattivati, e i siti dei due reattori nucleari sono stati già ripristinati e liberati dai controlli normativi. Gli altri impianti sono attualmente in stato di custodia o in fase di disattivazione, e i siti saranno restituiti a un riutilizzo senza restrizioni.

In Belgio circa la metà delle celle di un grande impianto di ritrattamento del combustibile è già stata vuotata e decontaminata e le medesime attività sono in corso sull'altra metà. Un piccolo PWR prototipale è in fase di decontaminazione e smantellamento e laboratori precedentemente utilizzati per scopi di ricerca e sviluppo sull'energia nucleare sono stati decontaminati, liberati da ogni restrizione radiologica e riconvertiti per ricerche di tipo convenzionale. I primi impianti di trattamento e stoccaggio dei rifiuti radioattivi sono attualmente sottoposti a D&S, e alcuni tra essi sono stati già interamente smantellati.

In Francia e nel Regno Unito i programmi in corso sono simili, per grandi linee, a quelli del Belgio, anche se su scala più ampia. Questi Paesi si caratterizzano per il numero dei reattori del tipo gas-grafite che sono stati spenti (sei in Francia e quattro nel Regno Unito) e per il numero degli impianti di ricerca e svi-

luppo e dimostrativi attualmente in fase di decommissioning, inclusi alcuni reattori veloci autofertilizzanti raffreddati a sodio.

Dal punto di vista della scala dimensionale, tuttavia, il primato è detenuto dagli Stati Uniti. Dal 1960 sono stati posti fuori servizio in via definitiva oltre 70 reattori nucleari di prova, dimostrativi e di potenza, la maggior parte dei quali di piccole dimensioni. La prima disattivazione di una centrale nucleare commerciale risale al 1989 e da allora sono state spente e disattivate altre 14 centrali con potenza maggiore di 100 MWe. Nell'ambito dei programmi militari per lo sviluppo e la produzione di armi nucleari il Governo Federale ha costruito e utilizzato più di 20.000 impianti. Oltre 10.000 di questi sono considerati eccedentari rispetto alle necessità attuali; per 3.000 di essi è stato programmato il decommissioning e oltre 500 sono stati già disattivati.

Al contrario, altri Paesi che hanno avviato solo di recente programmi nucleari, come ad esempio la Finlandia, la Repubblica Ceca e l'Ungheria, non hanno alcun programma di disattivazione e non ne avranno per qualche anno (fatta eccezione, probabilmente, per gli impianti di ricerca).

Le nuove sfide

La situazione attuale dimostra che per quanto riguarda le prime installazioni nucleari è stato già fatto molto, ma molto resta ancora da fare. Il lavoro condotto sugli impianti più vecchi ha fornito un insieme considerevole di conoscenze e di esperienza su una grande varietà di questioni tecniche complesse, ma adesso c'è l'esigenza di applicare le tecniche disponibili al decommissioning degli impianti industriali di maggiori dimensioni. Oltre alle questioni tecniche, tuttavia, i programmi e le procedure devono tenere in considerazione altre questioni fondamentali legate all'impatto sulla società e sull'ambiente, alle esigenze normative e al finanziamento a lungo termine.

Poiché l'età media delle centrali nucleari presenti nei Paesi Membri dell'OCSE/AEN è di circa 15 anni, rispetto ad una vita utile di almeno 30 anni, il tasso di messa fuori servizio culminerà poco oltre il 2015, con una distribuzione statistica piuttosto ampia. È possibile verificare questa situazione in tutti i Paesi Membri, per il fatto che, mentre alcuni di essi hanno già chiuso definitivamente diverse centrali nucleari e ne hanno disattivato e smantellato altre, in altri Paesi lo spegnimento definitivo dei primi impianti è atteso solo fra diversi anni.

4. SCOPI E OBIETTIVI DELLE ATTIVITÀ DI D&S

Scopi delle attività di D&S

Scopo delle attività di D&S è consentire la rimozione parziale o totale dei controlli normativi applicati a un sito nucleare, garantendo al contempo la sicurezza a lungo termine della popolazione e dell'ambiente e la salvaguardia della salute e della sicurezza dei lavoratori incaricati della disattivazione nell'arco dell'intero processo. Accanto al principale vi sono certamente anche altri obiettivi pratici, legati soprattutto al rilascio di beni economici come gli edifici e i siti per altri usi, al riciclaggio e alla riutilizzazione dei materiali e al ripristino dell'equilibrio ambientale. In ogni caso, l'obiettivo fondamentale è di arrivare a una situazione finale stabile dal punto di vista tecnico, sociale e finanziario, che tuteli al contempo i lavoratori, la popolazione e l'ambiente e che, in definitiva, rispetti i principi base dello sviluppo sostenibile.

Rigorosi controlli normativi proteggono la popolazione, l'ambiente e i lavoratori dai pericoli legati agli impianti nucleari. Questi pericoli derivano dall'inventario radiologico associato agli impianti e dal tipo di attività che vi si svolgono. Quando un impianto viene chiuso per obsolescenza, ridondanza o avaria, tutti i rischi associati al funzionamento sono generalmente eliminati o sostanzialmente attenuati, mentre i pericoli legati all'inventario radiologico persistono e rendono necessario il mantenimento di controlli stringenti. Poiché le misure di controllo sono spesso complesse e costose e richiedono personale altamente qualificato, c'è un forte incentivo alla loro eliminazione attraverso la rimozione dei rischi radiologici.

Politiche e obiettivi intermedi

Nei Paesi Membri dell'OCSE/AEN è generalmente condiviso il principio secondo cui il punto di arrivo delle attività di D&S è il ritorno del sito a condizioni che ne consentano il reimpiego per altri fini senza alcuna restrizione. Opinioni e politiche differiscono tuttavia a proposito degli obiettivi intermedi da

conseguire, e quindi sulle attività e sulla tempistica da seguire per raggiungere il punto di arrivo. Ogni Paese Membro è influenzato da diversi fattori. La politica nazionale relativa all'utilizzo futuro dell'energia nucleare può ad esempio orientare le scelte concernenti la futura vocazione del sito. La preoccupazione circa la disponibilità permanente di uno staff competente nel settore delle tecnologie nucleari può influenzare la tempistica delle attività di D&S. Le questioni sociali associate agli effetti della chiusura degli impianti e delle attività di decommissioning sulle realtà locali possono pesare anche sull'utilizzazione del sito e sulla tempistica delle attività di D&S, unitamente alle questioni finanziarie di maggiore rilevanza, come ad esempio l'utilizzazione ottimale dei fondi disponibili e la scelta del momento più opportuno per impiegarli.

Nei Paesi Membri che hanno deciso di abbandonare progressivamente l'energia nucleare l'obiettivo in genere è di arrivare il più rapidamente possibile dopo la disattivazione dell'impianto alla fine della sua vita utile, a utilizzare il sito nucleare per altri fini senza restrizioni né vincoli. Alcuni Paesi sono preoccupati del possibile degrado dell'impianto dopo la chiusura, oltre che della possibile perdita della documentazione tecnica rilevante, delle conoscenze operative e del personale competente dopo l'interruzione dei programmi nucleari. Le preoccupazioni riguardano anche il possibile venire meno degli operatori responsabili o la perdita dei fondi necessari alle attività di D&S in seguito al differimento delle attività. In questi Paesi si prevede di portare a termine le attività di D&S in un periodo di 10 o 20 anni, in dipendenza della disponibilità degli impianti di stoccaggio o di smaltimento dei rifiuti radioattivi. Svezia, Germania, Danimarca e Italia fanno parte di questo gruppo. Altri Paesi Membri appartenenti a questo gruppo sono influenzati dai vantaggi connessi al rinvio delle attività di D&S così da trarre vantaggio dal decadimento naturale dei radionuclidi, che semplifica alcune delle attività e ne riduce o dilaziona i costi: l'Olanda ne è un esempio. Il differimento delle attività è privilegiato nei Paesi Membri che giudicano vantaggioso attendere che siano disponibili adeguate infrastrutture per lo smaltimento dei rifiuti. Qualora si opti per lo smantellamento differito, l'impianto è posto in stato di sicurezza e sottoposto ad attenta supervisione e, in caso di prolungato rinvio dello smantellamento, può essere sigillato e posto in custodia.

I Paesi Membri che continuano a impegnarsi nell'uso dell'energia nucleare, come Giappone e Francia, condividono l'obiettivo di completare il decommissioning nel più breve tempo possibile. Nel loro caso l'obiettivo è quello di favorire la costruzione di nuovi impianti nucleari. Ciò costituisce un esempio di come l'uso delle strutture esistenti possa essere massimizzato, risparmiando le risorse che sarebbero necessarie per trovare nuovi siti nucleari e ottenere l'autorizzazione per svilupparli. In tali casi gli interventi di risanamento del sito posso-

no essere limitati ai requisiti tipici dei siti nucleari, senza tendere agli standard che sono propri dell'uso senza restrizioni.

Altri Paesi Membri, come gli Stati Uniti, il Canada, il Belgio, il Regno Unito e la Svizzera, hanno politiche più flessibili. Ciò consente di esaminare separatamente ogni impianto e di assumere decisioni caso per caso. Negli Stati Uniti, ad esempio, tali decisioni possono comprendere il differimento delle attività di D&S in maniera tale che i fondi governativi disponibili possano essere utilizzati per risolvere questioni prioritarie, come il risanamento dei suoli o delle acque sotterranee, anche se ciò non si applica alle situazioni in cui esiste un fondo specifico per le attività di D&S.

Nella maggior parte dei Paesi, la gamma di opzioni esistenti, almeno a titolo provvisorio, comprende anche la riconversione degli impianti per altri usi industriali convenzionali. Oltre a massimizzare l'utilizzo dei beni, questa politica offre benefici laddove vi sia una necessità sociale, per esempio di stabilità dell'occupazione. Ciò solleva tuttavia la questione del livello di decontaminazione che un impianto deve raggiungere per essere riutilizzato per uno scopo particolare. In alcuni Paesi le norme richiedono che l'impianto sia adeguato allo scopo previsto. In tali casi le esigenze relative al risanamento del sito potrebbero essere più rigide rispetto al caso di riutilizzo come sito nucleare, ma meno rigide rispetto al riutilizzo senza restrizioni.

In alcuni casi può rivelarsi impraticabile la restituzione dei siti a una condizione idonea all'uso senza restrizioni. Questa possibilità è ad esempio prevista in Canada con riferimento alle installazioni per l'estrazione dell'uranio e agli impianti di trattamento collegati. Una impostazione simile può trovare applicazione negli Stati Uniti a terreni molto contaminati, qualora le conseguenze delle stesse attività di risanamento, in termini di effetti sui lavoratori coinvolti, non siano compensate dai benefici. In tali casi l'obiettivo delle attività di D&S sarà di ripristinare il sito in una condizione tale che la sicurezza della popolazione, dell'ambiente e di ogni lavoratore possa essere garantita da una buona gestione a lungo termine e da un controllo istituzionale continuo. Questi casi potranno essere quindi trattati in modo simile a quanto avviene per i siti di smaltimento dei rifiuti radioattivi, con misure di sicurezza analoghe.

Per quanto sopra esposto, si può constatare che esistono diversi percorsi possibili per raggiungere una soluzione soddisfacente in materia di D&S e che essi dipendono dalle condizioni tipiche di ciascun Paese Membro.

5. STRATEGIE DI D&S

I piani dettagliati di D&S dipendono dalle circostanze e dalle politiche di ogni Paese Membro dell'OCSE/AEN, come indicato nel capitolo precedente. Attualmente, tuttavia, la tendenza generale è di prendere in considerazione le strategie di seguito elencate.

Smantellamento immediato

Le attrezzature, gli edifici e le parti dell'impianto e del sito che contengono i contaminanti radioattivi sono decontaminati a un livello tale da permettere la rimozione dei controlli normativi e sono smantellati nelle proporzioni necessarie subito dopo la cessazione delle operazioni. I rifiuti radioattivi residui sono trattati, imballati e trasportati in un sito idoneo allo stoccaggio temporaneo o allo smaltimento definitivo dei rifiuti.

Safe storage

L'impianto è posto in condizioni di sicurezza ed è mantenuto in questo stato fino a quando sia possibile la rimozione dei controlli normativi in seguito alla decontaminazione e allo smantellamento. Nel corso del periodo di custodia l'impianto resta intatto, ma viene allontanato il combustibile e i liquidi contaminati sono estratti da sistemi e componenti e trattati in modo idoneo. Nel corso del periodo di custodia il decadimento naturale riduce la quantità di materiali contaminati e radioattivi da trattare e smaltire nel corso delle successive attività di D&S.

Entombment

Le strutture, i sistemi e i componenti radioattivi sono racchiusi in una struttura resistente e durevole nel lungo periodo, come ad esempio il calcestruz-

zo. La struttura risultante è poi sottoposta a un programma di manutenzione e sorvegliata permanentemente, finché il decadimento delle sostanze radioattive non consente l'eliminazione dei controlli normativi.

Confronti tra le strategie

Lo smantellamento immediato offre il vantaggio di disporre rapidamente dell'impianto e del sito per altri fini e consente di incaricare delle attività di D&S operatori dotati di una notevole conoscenza dell'impianto. Tale soluzione può comportare costi generali inferiori, anche se richiede un impegno finanziario iniziale importante. Una parte di questo impegno può derivare dalla necessità di dotare l'impianto di schermature o di utilizzare apparecchiature di manipolazione a distanza al fine di limitare le dosi assorbite dai lavoratori, dal momento che questa opzione non può contare sui vantaggi del decadimento radioattivo. Possono inoltre manifestarsi maggiori esigenze di stoccaggio e di smaltimento dei rifiuti radioattivi.

Al contrario, il safe storage si giova di una sostanziale riduzione della radioattività, e quindi di una conseguente riduzione dell'esposizione dei lavoratori e della popolazione e di una potenziale riduzione dei rifiuti da smaltire. Questa opzione presenta tuttavia problemi connessi con la possibile perdita di personale qualificato, l'indisponibilità del sito e degli edifici per un periodo di tempo prolungato e le incertezze sui costi futuri di smaltimento dei rifiuti, manutenzione, sicurezza e sorveglianza del sito. L'insieme dei costi non attualizzati associati a questa opzione può risultare maggiore rispetto a quelli dello smantellamento immediato, mentre i costi attualizzati potrebbero anche essere inferiori.

L'entombment si presta in maggior misura alla gestione dei reattori che a quella degli altri impianti nucleari, come ad esempio gli impianti del ciclo di combustibile. Rispetto alle altre strategie, i vantaggi sono collegati alla limitata quantità di lavoro necessaria per incapsulare l'impianto e alla diminuzione delle dosi professionali. Anche l'esposizione della popolazione legata al trasporto dei materiali radioattivi è ridotta al minimo. Tuttavia, dal momento che le concentrazioni di radionuclidi nei reattori nucleari superano anche dopo 100 anni i limiti autorizzati per gli impianti non regolamentati, questa opzione può risultare inapplicabile nel quadro delle normative correnti. In questo caso l'entombment diventa una forma diversa di safe storage prolungato. La strategia è stata utilizzata negli Stati Uniti per tre piccoli reattori dimostrativi, ma nessun operatore industriale l'ha proposta per i reattori di potenza attualmente in corso di disattivazione.

In alcuni Paesi dell'OCSE/AEN, per esempio il Regno Unito, le strategie di D&S possono derivare da una combinazione delle opzioni di smantellamento immediato e safe storage. Ad esempio, la decontaminazione e lo smantellamento dei sistemi e delle apparecchiature periferiche più ingombranti possono consentire di attenuare l'impatto visivo di un impianto; la parte restante può essere mantenuta in condizioni di safe storage.

6. RUOLI E RESPONSABILITÀ

Le principali funzioni associate alle attività di D&S degli impianti nucleari comprendono:

- l’elaborazione di politiche nazionali riguardanti la chiusura degli impianti nucleari e la gestione dei relativi rifiuti;
- l’emanazione di leggi sulla sicurezza nucleare, sulla protezione dalle radiazioni e sulla salvaguardia ambientale, oltre a esigenze normative concernenti il controllo della D&S e la gestione dei rifiuti;
- l’esecuzione delle attività di D&S e di gestione dei rifiuti;
- l’applicazione delle disposizioni normative connesse.

Queste funzioni sono espressamente riconosciute nella “Convenzione internazionale congiunta sulla sicurezza della gestione del combustibile irraggiato e dei rifiuti radioattivi”, che include fra i suoi obiettivi anche la disattivazione degli impianti nucleari. Conseguentemente, le funzioni descritte trovano sistematico riconoscimento in tutti i Paesi Membri dell’OCSE/AEN, anche se la designazione degli organismi incaricati può variare da un Paese all’altro.

Politica e legislazione

L’elaborazione delle politiche nazionali e l’emanazione degli strumenti normativi e regolamentari sono generalmente attuate a livello nazionale dai ministeri o dai dipartimenti competenti. Generalmente questi ultimi comprendono i ministeri dell’Industria e del Commercio, dell’Ambiente, della Salute e dell’Economia. Le procedure utilizzate per sviluppare norme e regolamenti possono variare nel dettaglio in funzione delle disposizioni costituzionali in vigore nei Paesi Membri. In alcuni Paesi Membri, come ad esempio l’Italia, sono in vigore disposizioni per il coinvolgimento di specifici gruppi di stakeholder. Ciononostante, come regola generale, le questioni concernenti l’energia nucleare ricadono principalmente nella sfera di competenza del governo centrale.

I Paesi Membri dell'OCSE/AEN appartenenti all'Unione Europea sono vincolati anche dal Trattato Euratom, che in tema di radiazioni ionizzanti impone ai Paesi della Comunità Europea di “stabilire norme di sicurezza uniformi per la protezione della salute dei lavoratori e della popolazione”. A tale proposito, il Trattato obbliga i governi nazionali all'adozione di direttive e standard. La Commissione Europea svolge in tal modo un ruolo chiave ma, con alcune specifiche eccezioni, le direttive europee, gli standard, le linee guida e le raccomandazioni sono adottati attraverso leggi e regolamenti nazionali. Un esempio importante è dato dalla direttiva del Consiglio del 13 maggio 1996, recante “Basic Safety Standards per la protezione della salute della popolazione e dei lavoratori contro i danni derivanti dalle radiazioni ionizzanti” (Direttiva 96/29/Euratom). Tra le altre cose, la direttiva autorizza il riciclaggio, il riutilizzo o l'eliminazione dei materiali radioattivi senza i controlli imposti dalla direttiva stessa, a condizione che le sostanze siano conformi ai requisiti sulle concentrazioni massime dei singoli radionuclidi. Questi limiti, chiamati comunemente “livelli di *clearance*” devono essere stabiliti dalle autorità nazionali competenti secondo i criteri fondamentali di valutazione delle dosi previsti nella direttiva e tenendo conto delle raccomandazioni tecniche elaborate da un gruppo di esperti istituito nell'ambito del Trattato Euratom.

Attuazione delle attività di D&S

Nella maggior parte dei Paesi Membri dell'OCSE/AEN l'esecuzione delle attività di D&S spetta all'ente incaricato del funzionamento dell'impianto nucleare nel corso della sua fase operativa. Un elemento cardine delle attività di D&S, ovvero gli aspetti relativi al finanziamento, è trattato separatamente nel successivo capitolo 7. Per quanto concerne lo svolgimento operativo delle attività di D&S, diverse opzioni sono state già adottate o sono allo studio nei Paesi Membri dell'OCSE/AEN. Queste opzioni comprendono l'esecuzione delle attività direttamente da parte dell'esercente dell'impianto, il loro affidamento a strutture esterne specializzate, oppure una combinazione delle due soluzioni. Dal momento che gli esercenti degli impianti nucleari sono generalmente delle utility, la tendenza prevalente è di affidare le attività a società specializzate del settore privato. In Svezia, ad esempio, il titolare della licenza di esercizio è il responsabile finale delle attività D&S il quale però, previa autorizzazione del governo, può utilizzare la società specializzata SKB, di proprietà degli operatori elettronucleari, per svolgere attività di pianificazione, ricerca e sviluppo e D&S.

In alcuni Paesi la normativa prevede esplicitamente che, laddove un esercente non sia in grado per qualunque ragione di adempiere al proprio ruolo, la responsabilità venga trasferita, come in Canada, all'autorità di controllo oppure

allo Stato, come in Finlandia. In realtà, per i Paesi Membri che hanno sottoscritto la convenzione congiunta, la sussidiarietà dello stato è già un obbligo, almeno per quanto concerne la gestione sicura del combustibile irraggiato e dei rifiuti radioattivi.

Alcuni Paesi hanno già sperimentato la possibilità che un esercente possa cessare di esistere prima del completamento dei lavori di D&S, e che le relative responsabilità debbano essere trasferite a un altro organismo stabile nel lungo termine. In Spagna, ad esempio, la responsabilità dei lavori di D&S dopo la chiusura di un impianto nucleare passa all'agenzia nazionale ENRESA. A ENRESA è affidata la responsabilità delle attività di D&S, oltre che della gestione e dello smaltimento dei rifiuti radioattivi. È quindi uno dei primi esempi di un organismo adeguatamente strutturato non soltanto per conservare e perfezionare le conoscenze specialistiche necessarie alle attività di D&S degli impianti nucleari, ma anche per assicurare la gestione dei relativi rifiuti, indipendentemente dal fatto che gli operatori dell'impianto nucleare continuino a essere o meno in attività. In Belgio, l'organismo preposto alla gestione e allo smaltimento dei rifiuti è la ONDRAF/NIRAS, che si incarica dei lavori di D&S nel caso in cui manchi il gestore. Nel Regno Unito è stata istituita la *Liabilities Management Authority* che assume le responsabilità nucleari pertinenti allo Stato.

Nel caso specifico della gestione e dello smaltimento dei rifiuti, una questione importante concerne la ripartizione delle responsabilità tra il governo e altri organismi. Alcuni Paesi, come ad esempio la Germania, riconoscono i vantaggi offerti dall'assunzione di responsabilità da parte del governo, tenendo conto dei poteri di cui dispone e della durata del mandato. Altri scelgono di affidarsi a organismi esistenti, altri ancora a organizzazioni create specificatamente. Come indicato in precedenza, Spagna e Belgio hanno creato rispettivamente l'ENRESA e la ONDRAF/NIRAS. Organismi separati dotati di responsabilità specifiche per la ricezione e lo smaltimento dei rifiuti radioattivi, compresi i rifiuti derivanti dall'attività di disattivazione, sono stati costituiti in altri Paesi quali la Francia (ANDRA), l'Olanda (COVRA), il Regno Unito (NIREX), l'Ungheria (PURAM) e la Repubblica Ceca (RAWRA). Queste soluzioni hanno il merito di operare una distinzione tra gli organismi responsabili delle attività di D&S e di liberazione dei siti, da un lato, e coloro che sono incaricati delle attività a lungo termine relative alla ricezione e allo smaltimento dei rifiuti, dall'altro. I poteri e le responsabilità degli organismi incaricati della gestione dei rifiuti variano da un Paese all'altro; alcuni hanno poteri importanti per quanto concerne l'elaborazione dei criteri di accettazione dei rifiuti e l'approvazione dei relativi programmi di gestione, comprese le modalità di finanziamento.

Come nel caso degli scopi e degli obiettivi delle attività di D&S descritti nel capitolo 4, quanto sopra esposto consente di constatare l'esistenza di diversi metodi soddisfacenti per svolgere operativamente le attività D&S nonché quelle di gestione a esse associate, tenendo conto delle circostanze proprie di ogni Paese Membro.

Regolamentazione

La regolamentazione delle attività di D&S nei Paesi Membri dell'OCSE/AEN dipende dall'assetto costituzionale di ciascuno di essi. L'aspetto più influente è forse associato alle caratteristiche centrali o federali del sistema di governo. Nel secondo caso i poteri normativi possono essere condivisi tra il governo nazionale e i governi degli stati che compongono la federazione; specifici organismi normativi possono essere responsabili dei diversi aspetti interessati dalle attività di D&S, quali i progetti di pianificazione territoriale, la salute e la sicurezza dei lavoratori, lo smaltimento dei rifiuti e la protezione della natura.

In alcuni Paesi, come la Corea, l'autorità di controllo risiede nei ministeri centrali, che operano in accordo con Ispettorati incaricati del controllo dei siti, della revisione delle richieste di licenza, della sorveglianza ecc. In altri Paesi, come ad esempio la Svezia e la Spagna, gli organismi di controllo sono incaricati di applicare le leggi sulla sicurezza nucleare, la protezione dalle radiazioni e la salvaguardia dell'ambiente indipendentemente dai ministeri, e riferiscono direttamente al Governo. Nella maggior parte dei Paesi, tuttavia, gli organismi di controllo operano in maniera indipendente nel quadro di attribuzioni ben definite, ma fanno riferimento ai ministeri competenti o ai loro equivalenti negli Stati Federali. I dettagli dell'assetto operativo variano molto da un Paese Membro all'altro, ma in genere si tratta di una combinazione degli esempi citati¹.

1. È attualmente in corso di preparazione una relazione dell'AEN sull'assetto delle autorità di controllo nei Paesi Membri dell'AEN. La sua pubblicazione è prevista per la fine del 2002.
N.d.T.: Il documento è già disponibile sul sito web nea.fr/html/rwm/regulator-forum.html

7. MECCANISMI DI FINANZIAMENTO

Responsabilità finanziaria

La responsabilità del finanziamento delle attività di D&S degli impianti nucleari è in ogni caso affidata al proprietario dell'impianto.

Per quanto concerne gli impianti industriali, nella maggior parte dei Paesi Membri dell'OCSE/AEN è stabilito – direttamente dalla legislazione, come accade in Germania, o dalla licenza di esercizio – che gli operatori istituiscano e alimentino i fondi o le garanzie finanziarie destinati a tal fine.

Nel caso degli impianti nucleari per i quali non era stata inizialmente adottata alcuna disposizione normativa, come i primi impianti di ricerca e sviluppo e le centrali dimostrative, i costi di D&S sono generalmente imputati allo Stato, e i fondi devono essere assicurati attraverso altri mezzi, come ad esempio l'imposizione fiscale. In alcuni Paesi, come il Belgio e la Svezia, può essere richiesto un contributo alle utility commerciali che hanno beneficiato delle prime attività di sviluppo. Questa soluzione è ben illustrata dall'esempio svedese di un impianto di ricerca di proprietà dello Stato facente parte del complesso di Studsvik, la cui proprietà è stata ceduta all'esercente di una centrale elettronucleare. Il prelievo fiscale sull'energia elettrica prodotta dalla centrale comprende una voce che può essere destinata ai lavori di D&S di Studsvik, con riserva di approvazione dell'autorità di controllo.

Gestione dei fondi

Il modo in cui i fondi sono accumulati e gestiti varia a seconda dei Paesi. In generale, i fondi sono generati a partire dalle entrate delle imprese industriali e, nella maggior parte dei casi, l'importo del fondo necessario è rivisto a intervalli regolari che in genere variano da uno a cinque anni. Questo importo è poi approvato dal governo, direttamente o tramite l'autorità di controllo (soprattutto

in Canada, negli Stati Uniti e in Svezia) oppure tramite l'organismo incaricato della gestione dei rifiuti (in Belgio e Spagna). Nel Canada e negli Stati Uniti gli organismi di controllo emanano linee guida ufficiali su questi aspetti. In alcuni Paesi la somma calcolata per i lavori di D&S, corretta a intervalli regolari per tenere conto dell'inflazione e dei progressi tecnologici, è accumulata anno dopo anno nell'arco dell'intera vita utile dell'impianto. In altri Paesi in cui può essere presa in considerazione la chiusura anticipata di un impianto, è fissata una data limite – anteriore alla chiusura – in cui i fondi necessari devono essere disponibili.

Alcuni Paesi consentono agli operatori di accumulare e gestire i propri fondi sotto un'adeguata supervisione, mentre in altri Paesi i fondi sono raccolti dagli operatori ma gestiti da organismi separati e indipendenti. In Spagna, ad esempio, ENRESA percepisce e amministra i fondi, poiché le compete la responsabilità delle attività di D&S, così come precedentemente descritto. In Svezia l'autorità di controllo propone al governo l'importo dei diritti annuali da percepire, il governo stabilisce i diritti e un organismo indipendente, il *Board* del fondo per rifiuti nucleari, gestisce i fondi. In Finlandia il Fondo nazionale per la gestione dei rifiuti nucleari, posto sotto la tutela del ministero dell'Industria e del Commercio, raccoglie, gestisce e investe i fondi. È amministrato da un Consiglio dei Governatori, cui compete la responsabilità di garantire che gli accantonamenti rispettino gli obiettivi fissati dal ministero, che gli operatori facciano fronte ai loro obblighi e che gli stessi fondi siano investiti in maniera fruttuosa e sicura. In Svizzera e in Ungheria il fondo è invece raccolto e amministrato direttamente dal governo nazionale.

Costi delle attività di D&S

La stima dei costi effettivi delle attività di D&S può variare in maniera considerevole per i diversi tipi di impianto. Essa riflette in particolare le diverse ipotesi utilizzate per determinare i costi e il capitolato oneri dei vari stadi della procedura di D&S². La determinazione dei costi comporta, tra l'altro, l'elaborazione di ipotesi concernenti gli aspetti di seguito indicati.

- Definizione della fase di chiusura dell'impianto e del lavoro a essa associato, soprattutto per quanto concerne il post-operational clean-out.

2. Il Gruppo di lavoro dell'AEN/AIEA/CE ha redatto un elenco comune di voci di costo e di definizioni corrispondenti per i progetti di D&S, allo scopo di arrivare a stime di costo più coerenti e precise (consultare la sezione "Approfondimenti" alla fine del presente documento).

- Situazione dell'impianto al termine della procedura di D&S.
- Soluzioni per la gestione o lo smaltimento del combustibile irraggiato.
- Soluzioni per la gestione e lo smaltimento dei rifiuti radioattivi.

È possibile ad esempio formulare diverse ipotesi relative all'attribuzione dei costi associati alla gestione del combustibile irraggiato, a seconda che sia considerato derivante specificamente dalle attività di D&S o piuttosto dal normale funzionamento dell'impianto. Similmente, i costi di gestione dei rifiuti possono dipendere dalla disponibilità e dalla capacità degli impianti già previsti per la gestione dei rifiuti di esercizio. Tutte queste ipotesi hanno un'incidenza importante sui costi stimati e le corrispondenti variazioni rendono difficile stabilire i costi specifici per diversi tipi di impianto.

Secondo l'esperienza attuale, è chiaro che i costi associati alla gestione dei rifiuti radioattivi costituiscono una parte rilevante per quanto riguarda le attività di D&S degli impianti nucleari e possono in alcuni casi divenire predominanti, a seconda di come i costi stessi – soprattutto quelli relativi alla gestione del combustibile irraggiato – sono ripartiti. In Germania è stato stimato che circa il 60% dei costi delle attività di D&S è imputabile alla gestione dei rifiuti, compresi i costi di stoccaggio per 30 anni, anche se i materiali dichiarati come rifiuti radioattivi rappresentano soltanto il 2% di quelli derivanti dalle attività di D&S. Ciò mostra l'importanza di un'accurata caratterizzazione radiologica dei materiali e della massimizzazione del riciclo e del riutilizzo, al fine di ridurre al minimo la quantità di materiali da trattare, immagazzinare e smaltire come rifiuti radioattivi. In questo contesto è anche importante che i costi di D&S siano dettagliati in maniera tale che le quote relative al trattamento, immagazzinamento e smaltimento possano essere identificate separatamente e attribuite agli organismi preposti.

Per esemplificare la rilevanza dei costi di D&S, l'autorità di controllo degli Stati Uniti esige che gli esercenti dispongano di almeno 164 milioni di dollari (valore del 2000) per disattivare un reattore ad acqua pressurizzata di grandi dimensioni e di 211 milioni di dollari (valore del 2000) per disattivare un reattore ad acqua bollente equivalente.

8. ASPETTI SOCIALI

Questioni di attualità

Fino a oggi la maggior parte dei progetti di D&S ha riguardato impianti nucleari di dimensioni minori, appartenenti a vasti complessi che continuano ad essere operativi. Tuttavia, man mano che un numero crescente di centrali elettro-nucleari di grandi dimensioni, costruite su siti dedicati, giungerà al termine della vita utile, sarà necessario affrontare una nuova serie di problematiche sociali e ambientali legate alla chiusura dei siti. Fortunatamente, questa situazione non si limita al solo settore nucleare; in tal modo almeno le questioni di ordine generale sono ben comprese, e nella maggior parte dei Paesi Membri OCSE/AEN è in corso un'attività preparatoria.

Le questioni sociali e ambientali di maggiore interesse per le popolazioni che vivono in prossimità dei siti con progetti di disattivazione possono variare in maniera considerevole. Ci sono tuttavia problematiche comuni ad un'ampia gamma di impianti nucleari. Tra esse figurano le preoccupazioni comuni concernenti gli impatti delle emissioni sulla salute durante e dopo i lavori di disattivazione. Oltre alle emissioni di routine, rivestono grande interesse presso le comunità locali i rischi associati a possibili incidenti, durante e dopo la disattivazione. Tra gli impatti ambientali di maggiore rilevanza vi sono gli effetti sulla qualità dell'acqua e sulla fauna, come ad esempio i pesci che vivono in corpi idrici in cui potrebbero defluire liquidi provenienti dal sito disattivato.

Il ruolo delle comunità locali

Grande interesse assume la possibilità che la comunità locale in cui è situato l'impianto nucleare accetti la permanenza in sito dei materiali radioattivi derivanti dallo smantellamento dell'impianto ed eventualmente anche materiali provenienti da altri impianti. È tuttavia probabile che la comunità locale tema che lo stoccaggio temporaneo diventi uno smaltimento definitivo e che sia pertanto contraria all'idea di trasferirvi i rifiuti provenienti da altri luoghi. Questo atteggiamento

giamento potrebbe indurre alla creazione di una rete di impianti relativamente piccoli destinati alla gestione e allo stoccaggio temporaneo dei soli rifiuti radioattivi esistenti in loco. La sicurezza a lungo termine e le implicazioni ambientali e sociali di questa soluzione devono essere prese in considerazione in maniera attenta, soprattutto in quei Paesi che hanno deciso di eliminare gradualmente l'energia nucleare e che rischiano in maggior misura di perdere le competenze tecniche necessarie alla manutenzione degli impianti in condizioni di sicurezza.

Nella maggior parte dei Paesi Membri dell'OCSE/AEN sono stati sviluppati efficaci meccanismi di coinvolgimento delle parti interessate e delle autorità locali nella pianificazione delle attività che coinvolgono aspetti sociali e ambientali. I Paesi Membri che fanno parte dell'Unione Europea sono già chiamati ad applicare le direttive sulla Valutazione dell'Impatto Ambientale (Direttiva 85/337/CEE) e sulla Valutazione Ambientale Strategica (Direttiva 2001/42/CE). Tali disposizioni prevedono la valutazione approfondita di una grande varietà di fattori generali (impatto paesaggistico, rumore, problemi associati al trasporto, disagi, effetti di incidenti e di eventi indesiderati, sostegno allo sviluppo sostenibile) e questioni più puntuali concernenti la gestione dei rifiuti e l'impatto sull'ambiente. Le direttive europee dettano norme specifiche per quanto riguarda l'informazione e la partecipazione della popolazione e delle comunità limitrofe. In Svezia, ad esempio, la popolazione è sistematicamente coinvolta in incontri pubblici con operatori, autorità, mass-media ecc. Lo stesso governo svedese è stato influenzato anche dal punto di vista espresso dai Paesi confinanti, come nel caso delle decisioni concernenti la chiusura dell'impianto nucleare di Barsebäck, che hanno tenuto conto della raccomandazione della Danimarca di chiudere l'impianto, mentre la popolazione locale avrebbe preferito continuasse a operare in condizioni sicure³.

Vi sono tuttavia altri impatti sociali derivanti dalla chiusura di un impianto che non sono coperti dai meccanismi esistenti e che devono essere attentamente analizzati a livello locale. Questi impatti rischiano di colpire in maniera maggiore le comunità piccole o isolate la cui economia dipendeva dall'esistenza e dal-

3. Il caso dell'uso finale del sito di Barsebäck mostra bene il genere di questioni che possono essere sollevate nel momento in cui un impianto viene completamente smantellato. Dal momento che sul sito esistono già le linee elettriche e le altre infrastrutture necessarie, le autorità governative avrebbero preferito utilizzarlo per la produzione di energia elettrica non nucleare. La popolazione di Barsebäck, in virtù della legge svedese che stabilisce che ogni comune ha il diritto di decidere in merito all'utilizzo del suolo all'interno del proprio territorio, ha invece deciso che il sito fosse riservato per costruirvi abitazioni costiere.

l'operatività dell'impianto. Essi includono la possibile perdita di occupazione, la riduzione delle opportunità educative e formative, dei valori immobiliari ecc. Le autorità locali possono essere portate a credere di avere poca influenza diretta sulle decisioni riguardanti l'impianto, che di solito sono prese a livello nazionale. Ma queste stesse autorità hanno in genere svolto un ruolo chiave nello sviluppo delle infrastrutture locali e dei servizi sanitari e sociali che hanno accompagnato la costruzione e l'esercizio dell'impianto. In questo contesto le autorità locali rivestono una posizione idonea a formulare utili consigli sulla pianificazione e la tempistica dei lavori di D&S, soprattutto per quanto concerne le conseguenze sociali di una attuazione immediata o differita di tali attività e le possibili utilizzazioni del sito, quali un'industria convenzionale, un'attrazione turistica oppure un nuovo impianto per la produzione di energia elettrica. Esse considereranno come loro ruolo quello di proteggere gli interessi della comunità locale, e si troveranno nella posizione migliore per garantire che la popolazione riceva una corretta informazione così da prevenire malumori, manipolazioni dell'opinione pubblica e demotivazione. Nel Regno Unito, ad esempio, le autorità locali incaricate della pianificazione lavorano di concerto con l'*Atomic Energy Authority* del Paese per riconvertire i siti di ricerca e sviluppo in parchi commerciali e tecnologici allo scopo di offrire nuovi posti di lavoro. La necessità di tenere in considerazione la vita e l'economia delle comunità locali assume importanza crescente. In Europa, ad esempio, opera da alcuni anni una rete che raggruppa i comuni a vocazione nucleare (*Group of European Municipalities with Nuclear Facilities, GMF*) per tentare di far riconoscere ufficialmente gli interessi delle comunità locali nelle decisioni concernenti l'energia nucleare. In generale, questi e altri stakeholder ritengono che troppe decisioni concernenti gli investimenti su vasta scala nel settore dell'energia nucleare vengano "dall'alto" secondo il principio del "decidere, annunciare e difendere" (DAD). È auspicabile che in futuro i responsabili dell'attuazione delle attività di D&S stabiliscano un dialogo sostanziale con le comunità locali, al fine di garantire che, nei limiti del possibile, i loro interessi vengano soddisfatti.

Processo decisionale graduale

Con il crescere della scala degli interventi, è probabile che la partecipazione delle comunità locali e della popolazione al dialogo concernente le attività di D&S degli impianti nucleari nei rispettivi territori possa divenire una questione sempre più importante. Lo è già divenuta in tema di gestione dei rifiuti radioattivi e di realizzazione dei depositi, ed è evidente, sulla base della dinamica dei movimenti di opposizione, che la popolazione esige di poter partecipare in maggior misura alle decisioni. Nonostante le due situazioni non siano direttamente

paragonabili, è possibile applicare gli insegnamenti tratti dalla gestione dei rifiuti ad alcuni aspetti delle attività di D&S. Riscuotono crescente interesse concetti “processo decisionale graduale” e “avanzamento adattativo”, secondo cui la popolazione, e soprattutto la popolazione locale, partecipa attivamente alla pianificazione. La caratteristica principale di questi concetti è la formulazione di un progetto fatto di fasi reversibili, nei limiti della praticabilità. La popolazione partecipa a ogni fase e all’esame dei risultati della fase precedente. Questo approccio ha l’obiettivo di far comprendere che le decisioni non sono irrevocabili e possono essere cambiate ove l’esperienza evidenzia effetti indesiderati. Certamente, nel contesto della D&S il concetto di reversibilità delle scelte potrà riguardare il differimento dell’avvio delle attività oppure il riutilizzo del sito, ma non la successione delle operazioni una volta che la strategia sia stata decisa e avviata.

Una questione fondamentale riguarda l’identificazione della “popolazione” e quale sia la sede di confronto più opportuna per adottare e riesaminare le decisioni. A tale proposito la Convenzione di Aarhus del 1998 sull’accesso all’informazione e sulla partecipazione della popolazione al processo decisionale fornisce le seguenti definizioni. “*La popolazione*” è definita come “*una o più persone fisiche o giuridiche e, conformemente alla legislazione o pratica nazionale, associazioni, organizzazioni o gruppi costituiti da tali persone*”. L’espressione “*popolazione interessata*” indica la “*popolazione colpita o che rischia di essere colpita dalle decisioni adottate in materia ambientale o che ha un interesse nel processo decisionale a tale riguardo. Ai fini della presente definizione, le organizzazioni non governative che promuovono la protezione ambientale e che rispettano i requisiti richiesti ai sensi della legislazione nazionale, dovranno essere considerate come aventi un interesse*”. Vi è ancora poca esperienza nell’applicazione di questi principi, ma le disposizioni adottate in Svezia e in Finlandia, ad esempio, potrebbero offrire una utile guida.

9. PARTECIPAZIONE DELLA POPOLAZIONE

Tutti i Paesi Membri dell'OCSE/AEN dispongono di meccanismi per informare la popolazione in merito ai progetti di D&S, al loro progresso e alle loro fasi future. Queste disposizioni variano da Paese a Paese, ma si basano in genere su un insieme di definizioni normative concernenti l'accesso della popolazione all'informazione, come nel caso della legge che garantisce la "libertà di informazione", e altre disposizioni liberamente concordate fra le parti interessate, compresi gli operatori degli impianti nucleari.

In molti Paesi la legge prevede anche che i processi autorizzativi siano aperti alla popolazione, che quest'ultima sia consultata dalle autorità di controllo e che siano tenuti confronti pubblici in caso di decisioni importanti. Queste esigenze sono rafforzate in alcuni casi dai trattati o dagli accordi internazionali, come la "*Convenzione internazionale congiunta sulla sicurezza della gestione del combustibile irraggiato e dei rifiuti radioattivi*" e la "*Convenzione di Espoo*" (1991), che prevedono anche disposizioni relative all'informazione dei Paesi confinanti che potrebbero essere interessati dalle attività di D&S.

In molti Paesi è ormai divenuta pratica corrente tra gli esercenti degli impianti nucleari assicurare su base volontaria l'informazione della popolazione e diffondere bollettini periodici attraverso siti web, pubblicazioni e altri mezzi. È frequente inoltre che le autorità normative pubblichino documenti che descrivono i sistemi, le procedure e i criteri tecnici sui quali si basano per applicare le decisioni normative.

Oltre alle informazioni fornite dalle fonti nazionali, la popolazione può consultare quanto contenuto nelle pubblicazioni e sul sito web dell'OCSE/AEN (www.nea.fr). Nelle schede descrittive sulla disattivazione, alcuni Paesi dell'OCSE/AEN hanno già fornito liste di fonti informative nazionali sulle attività di D&S e la gestione dei rifiuti, soprattutto per quanto concerne i seguenti aspetti:

- Questioni di ordine generale;
- Politiche e strategie della disattivazione;
- Considerazioni sulla gestione dei rifiuti e riutilizzazione dei materiali;
- Rilascio autorizzato dei siti e degli impianti;
- Finanziamento a lungo termine e relativa responsabilità;
- Quadro normativo che garantisca la sicurezza della disattivazione;
- Aspetti sociali, comprese le relazioni con la popolazione e con le strutture istituzionali;
- Tecniche di disattivazione.

10. SICUREZZA E CONTROLLO NELLE ATTIVITÀ DI D&S

L'esperienza acquisita ha mostrato che le esigenze di D&S e la gestione dei rifiuti devono essere prese in considerazione sin dalla prima fase di vita di un impianto nucleare e tenute sotto continuo controllo. È la ragione per la quale i progetti e le procedure di D&S entrano ormai come elementi chiave nella progettazione degli impianti nucleari, nella fase di autorizzazione e nelle attività di esercizio. Nella maggior parte dei Paesi Membri dell'OCSE/AEN, i progetti di D&S devono essere predisposti prima dell'autorizzazione all'esercizio, e successivamente sottoposti a regolare revisione durante il ciclo di vita dell'impianto, come parte integrante del regime di ispezione.

Situazione corrente

La maggior parte dei Paesi Membri dell'OCSE/AEN regola le attività di D&S degli impianti nucleari tramite disposizioni simili a quelle che si applicano durante la fase di esercizio degli impianti stessi. Esse prevedono in genere, come condizione della licenza d'esercizio, l'obbligo di predisporre piani di disattivazione soddisfacenti.

L'attenzione internazionale è attualmente rivolta a chiarire se le disposizioni correnti siano o meno adeguate per garantire la sicurezza nel periodo di transizione tra l'esercizio e la chiusura, oppure in caso di D&S differiti. Nell'ultimo caso la transizione può coinvolgere questioni di ordine regolamentare, come l'esenzione pianificata di alcune parti dell'impianto dai controlli normativi prima del completamento del processo di decommissioning nella sua globalità. Queste possibilità sono già riconosciute nei criteri normativi internazionali. È attualmente in corso la revisione delle esigenze in materia di criteri normativi complementari e di supervisione normativa. Per entrambe le fasi di disattivazione e di smantellamento si riconosce la necessità di meccanismi di consultazione e di comunicazione efficace con la popolazione e con le comunità locali.

Punti chiave di gestione della sicurezza in fase di D&S

I primi stadi del processo di D&S di un impianto nucleare comportano, per le centrali, la rimozione del combustibile irraggiato o non utilizzato e, in ogni caso, la rimozione di qualunque altro stock di materiali radioattivi associati specificatamente al precedente esercizio. A ciò si aggiunge la decontaminazione superficiale degli edifici e degli impianti. In tal modo risulta notevolmente ridotto il rischio di gravi incidenti dovuti all'irradiazione dei lavoratori o di rilasci incontrollati di radioattività nell'ambiente nel corso delle attività di D&S. Ciononostante, la natura di queste attività può comportare rischi di esposizione dei lavoratori superiori a quelli tipici del normale esercizio dell'impianto e un aumento del rischio di incidenti minori o di situazioni inattese. Si possono anche determinare condizioni di maggiore esposizione ai rischi industriali convenzionali e un rischio più elevato di rilascio accidentale di alcune sostanze tossiche o pericolose, radioattive o no. Ciò significa che le operazioni di D&S devono essere attuate con cura e solo dopo aver elaborato un piano di lavoro e di preparazione dettagliato.

Per una gestione sicura delle attività di D&S di un impianto nucleare vanno considerati molti aspetti. Essi comprendono il tipo di impianto (ad es., centrale nucleare, impianto del ciclo del combustibile ecc.), l'età, la condizione degli edifici e del materiale, i radionuclidi che vi si trovano, compresa la loro concentrazione e la loro quantità, così come numerosi altri fattori. Includono anche altre condizioni importanti, come la strategia di D&S, compresa la scelta tra D&S immediato e safe storage. Per i suddetti motivi, i metodi per garantire una gestione sicura delle attività di D&S non possono essere generalizzati e devono essere affrontati individualmente. L'obiettivo comune è tuttavia ottenere un giusto equilibrio tra la salute e la sicurezza, l'ambiente e i fattori economici, conforme ai requisiti normativi, alle politiche e agli obiettivi nazionali per quanto concerne la tempistica, il riutilizzo degli impianti ecc., così come descritto nel capitolo 4.

Si ammette in generale che il rapporto di sicurezza in vigore durante l'esercizio di un impianto nucleare possa non essere adeguato alla fase di D&S e che possa rendersene necessario uno diverso. A tale proposito, i punti chiave sono l'analisi degli incidenti potenziali e le loro conseguenze nel corso dei lavori di D&S, oltre alla possibilità di adattare i criteri di sicurezza secondo l'evoluzione delle circostanze. La natura dei rilasci e le conseguenze di incendi, interruzioni di funzionamento dei sistemi ausiliari, sismi, impatti aerei ecc., sono verosimilmente diverse a seconda che questi fenomeni si producano durante l'esercizio di una centrale nucleare oppure nel corso della fase di D&S. Le conse-

guenze di questi eventi dipendono inoltre dal tempo trascorso dallo spegnimento dell'impianto e differiscono se lo smantellamento è immediato o se interviene dopo un lungo periodo di safe storage. Inoltre, poiché la D&S di un impianto nucleare è un'attività industriale di vaste dimensioni, è ugualmente importante, ai fini della sicurezza, tenere conto del rischio di incidenti convenzionali o non radiologici, e assicurare un giusto equilibrio nella protezione contro i rischi radiologici e quelli convenzionali. Nel contesto di questo equilibrio, il rapporto di sicurezza in vigore in fase di D&S costituisce un elemento fondamentale per trattare e valutare gli effetti sull'ambiente, come richiesto per legge in numerosi Paesi Membri dell'OCSE/AEN.

Alcune problematiche emergenti

Come già rilevato, il rapporto di sicurezza in condizioni di D&S dovrebbe essere sviluppato caso per caso, ma è possibile che i singoli elementi del rapporto di sicurezza siano simili, così come accade tra diversi progetti di D&S. Tale situazione offre un'occasione per condividere le esperienze e tentare l'armonizzazione delle pratiche a livello internazionale. Una delle questioni in sospeso per le quali tale approccio potrebbe rivelarsi vantaggioso è il giusto equilibrio da raggiungere tra i rischi radiologici e quelli non radiologici. Un diverso problema concerne la relazione tra la valutazione di impatto ambientale e il rapporto di sicurezza. È auspicabile che questi aspetti entrino nelle valutazioni in corso volte a stabilire l'adeguatezza nel lungo termine delle prassi attualmente seguite.

A fronte della decisione di alcuni Paesi Membri di abbandonare il ricorso all'energia nucleare al termine della vita utile degli impianti in esercizio, le attività dell'OCSE/AEN sull'analisi dei bisogni in materia di normative complementari e di supervisione normativa rischiano di includere i mezzi per conservare le competenze degli organismi responsabili dell'esecuzione e del controllo delle attività di D&S. Per quanto riguarda i lavori di D&S, è necessario che gli organismi regolatori dispongano di un appropriato sistema di controllo del rispetto delle prescrizioni. Ciò implica non solo la disponibilità di uno staff formato e qualificato (dotato di conoscenza ed esperienza diretta dell'esercizio dell'impianto), ma anche una corretta gestione dei cambiamenti e dell'adeguamento dello staff nel corso dell'intero processo; presuppone altresì una corretta gestione dei problemi associati al ricorso a personale temporaneo o regolato da contratti a termine. L'esperienza acquisita dagli organismi responsabili delle attività di D&S nell'affrontare con successo tali questioni nel lungo termine si rivelerà estremamente utile ai lavori dell'OCSE/AEN.

Il regime normativo dovrà riflettere l'evoluzione fisica dell'impianto e i rischi emergenti nel corso della disattivazione. Ciò potrebbe richiedere normative nuove o modificate, oppure una diversa maniera di applicare quelle esistenti. In Germania è possibile un processo di autorizzazione progressiva applicato caso per caso. Un approccio simile potrebbe essere attuato in Francia. Dovranno essere inoltre prese in esame idonee strutture organizzative di lungo termine e, nella misura in cui i responsabili dovranno essere dotati di esperienza di esercizio, si porranno le medesime questioni già esaminate a proposito del mantenimento delle competenze necessarie. Il problema, tuttavia, non si limita alla normativa delle attività di D&S, ma concerne anche in larga misura la normativa degli impianti destinati allo smaltimento dei rifiuti radioattivi, indipendentemente dal fatto che l'energia nucleare continui o meno a essere utilizzata.

11. TECNICHE DI D&S

Le tecniche di D&S sono già ben sviluppate e, in realtà, molte di esse si basano su attrezzature convenzionali, semplicemente adattate, ove ciò si riveli necessario, all'applicazione nucleare. L'esperienza in merito al loro uso è sistematicamente condivisa e confrontata tra i diversi Paesi Membri, soprattutto nel quadro del *Programma internazionale di cooperazione dell'OCSE/AEN sullo scambio di informazioni scientifiche e tecniche sui progetti di disattivazione degli impianti nucleari (CPD)*.

Le principali tecniche necessarie all'esecuzione di una vasta gamma di interventi di D&S sono indicate di seguito.

- **Tecniche di decontaminazione**, utilizzate per eliminare la contaminazione dai metalli, dal cemento e da altre superfici, al fine di:
 - Facilitare l'accesso alle aree di lavoro e la manipolazione dei componenti e delle attrezzature da smantellare;
 - Ridurre la radioattività dell'impianto e delle attrezzature al fine di facilitare i lavori di taglio;
 - Rispettare le norme sullo smaltimento dei rifiuti o consentire il reimpiego dei materiali.

Queste tecniche coinvolgono generalmente diversi processi chimici, meccanici o elettrici, o una loro combinazione.

- **Tecniche di taglio**, utilizzate per smantellare le installazioni, incluse le strutture in metallo o cemento, gli impianti e le attrezzature di tutti i tipi. Esse si basano su processi meccanici, termici, esplosivi ecc.
- **Tecniche di misurazione della radioattività**, utilizzate per:
 - Redigere l'inventario radioattivo all'interno dell'impianto;
 - Selezionare i processi di decontaminazione e/o di smantellamento;

- Classificare i materiali e i rifiuti in categorie allo scopo di trattarli, immagazzinarli e smaltirli;
 - Raggruppare e confezionare i rifiuti;
 - Adottare le disposizioni necessarie per proteggere i lavoratori;
 - Verificare che i materiali, gli edifici e il sito possano essere esentati dal controllo radiologico.
- **Tecniche di operazione a distanza**, utilizzate per lavorare a distanza o in ambienti schermati, che includono:
 - Telemanipolatori;
 - Strumenti semiautomatici che consentono agli operatori di lavorare a distanza dalle fonti di radiazione;
 - Sistemi di elevazione e movimentazione dei telemanipolatori fino alle aree di lavoro e di accesso alle aree radioattive proteggendo l'integrità del contenimento.
 - **Tecniche per la protezione dei lavoratori e dell'ambiente**, comprendenti l'uso di:
 - Schermi mobili temporanei;
 - Passaggi a tenuta stagna e celle temporanee;
 - Sistemi mobili di ventilazione e di filtrazione;
 - Vestiti speciali (scafandri ventilati, maschere ecc.).
 - **Tecniche di trattamento, condizionamento e condizionamento dei rifiuti**, affinché essi siano conformi alla normativa sul trasporto e alle specifiche di smaltimento. Comprendono i processi di trattamento dei liquidi e di filtrazione degli effluenti gassosi.

Le tecniche e le procedure di controllo e ispezione di un impianto nucleare nel corso delle attività di D&S si ispirano generalmente al regime adottato nel corso della fase operativa. Oltre a garantire che le operazioni di D&S siano conformi ai requisiti per la protezione dei lavoratori e, nel caso di smaltimento dei rifiuti e di scarico degli effluenti, alle condizioni di permesso di smaltimento dei relativi rifiuti, esse riguardano anche il confronto dell'avanzamento dei lavori con i piani di D&S autorizzati.

12. GESTIONE DEI RIFIUTI RADIOATTIVI

La gestione dei rifiuti radioattivi derivanti dalle attività di D&S degli impianti nucleari è un punto fondamentale da prendere in considerazione nella pianificazione e nella tempistica di tali attività. La disponibilità di impianti di smaltimento dei rifiuti rappresenta un fattore importante nel decidere quando avviare lo smantellamento di un impianto e la conseguente produzione di quantità importanti di rifiuti. Ove non esista una infrastruttura di smaltimento, può essere giudicato appropriato il differimento delle attività di D&S finché non sia disponibile un sistema di smaltimento. Tuttavia, ove le circostanze o le politiche descritte nel capitolo 4 portino alla scelta della strategia di D&S immediato senza che esistano ancora impianti di smaltimento, l'unica alternativa è quella di smantellare l'impianto e trasferire i rifiuti prodotti in un impianto di stoccaggio temporaneo.

Principi base

Nella maggior parte dei Paesi OCSE/AEN si inizia a considerare le esigenze di D&S e di gestione dei rifiuti già a partire dalla fase di progettazione dell'impianto, con la scelta di materiali e tecniche di costruzione adeguati. Ciò riflette il primo principio di base della gestione dei rifiuti, il quale stabilisce che "la generazione di rifiuti radioattivi deve essere ridotta al minimo praticabile", così come descritto nella pubblicazione dell'AIEA intitolata "The Principles of Radioactive Waste Management" (IAEA Safety Series N. 111F, 1995). Oltre a ciò, e in considerazione delle problematiche ambientali che richiamano allo "sviluppo sostenibile", si pone l'accento sul riutilizzo e sul riciclaggio dei materiali radioattivi all'interno dell'industria nucleare, e sulla eliminazione del controllo normativo (o "*clearance*") sui materiali a più bassa attività per il riutilizzo o il riciclaggio convenzionale. Permane naturalmente la necessità di adottare disposizioni idonee a gestire in sicurezza i rifiuti radioattivi residui, incluso il loro smaltimento, nel quadro di un regime normativo adeguato.

Tipi di rifiuti

I rifiuti radioattivi solidi derivanti dalle attività di D&S di un impianto nucleare dopo la sua chiusura sono per la maggior parte gli stessi prodotti nel corso dell'esercizio. A seconda della natura dell'impianto, questi rifiuti comprendono:

- **I rifiuti di alta attività e i rifiuti di bassa e media attività a lunga vita**, sotto forma di combustibile irraggiato, di prodotti del suo ritrattamento o di materiali contaminati da radionuclidi di lunga vita. (Si noti, tuttavia, che tali rifiuti sono classificati come rifiuti di D&S poiché vengono prodotti nel corso delle attività di decontaminazione che seguono la fase operativa e la chiusura dell'impianto. Ai fini pratici, si tratta di rifiuti di esercizio che non sono in genere associati allo smantellamento vero e proprio dell'impianto);
- **I rifiuti di bassa e media attività a breve vita**, sotto forma di oggetti irraggiati e materiali contaminati con radionuclidi di breve vita. Essi comprendono parti di impianto e attrezzature o materiali strutturali, come l'acciaio e il calcestruzzo, che contengono soltanto piccole concentrazioni di radionuclidi. Possono anche comprendere terra contaminata derivante dal risanamento dei suoli contaminati da radioattività e che viene considerata come rifiuto.

In generale, gli effluenti liquidi e gassosi prodotti nel corso delle attività di D&S somigliano a quelli prodotti nel corso del normale esercizio, fatta eccezione, forse, per il caso in cui la decontaminazione abbia coinvolto l'uso di prodotti chimici speciali.

Nei Paesi Membri dell'OCSE/AEN la maggior parte dei rifiuti di alta attività, di bassa e media attività a lunga vita e di bassa e media attività a breve vita è gestita secondo la prassi attuata per rifiuti simili derivanti dal normale esercizio. I sistemi di gestione sono generalmente ben sviluppati e i loro costi ben noti. Alcuni tipi di rifiuti sono tuttavia propri delle attività di D&S, pur potendo derivare anche da operazioni di importante ristrutturazione di un impianto nucleare in esercizio. Il presente capitolo riguarda principalmente questo tipo di rifiuti. Essi comprendono oggetti molto voluminosi – come scambiatori di calore e, in alcuni casi, quantità importanti di grafite contenente radionuclidi a lunga vita – che possono essere esposti a rischio di incendio. Includono anche alcuni rifiuti speciali (detti “esogeni”) contenenti materie tossiche o pericolose, come il sodio, il berillio, il piombo o l'amianto. I rifiuti di questo tipo consistono in quantità ele-

vate di materiale in cui le concentrazioni di radionuclidi sono vicine alle soglie che consentirebbero di dispensarli dal controllo normativo e di allontanarli, con o senza restrizioni, per l'uso futuro. Possono comprendere materiali come ad esempio l'acciaio, il cemento o altri materiali utili che sono stati decontaminati tramite le tecniche descritte brevemente nel capitolo 11. Inoltre, esistono grandi quantità di rifiuti che, pur non essendo radioattivi, sono ugualmente soggetti a controlli normativi poiché sono stati prodotti su un sito nucleare autorizzato. Talvolta questi rifiuti sono definiti "rifiuti sospetti" poiché esiste la possibilità che siano stati contaminati da altri materiali presenti sul sito.

Nonostante siano state sviluppate, sia pure su scala ridotta, le procedure per assicurare la gestione degli oggetti più voluminosi e i rifiuti "esogeni" o speciali, è necessario prestare maggiore attenzione al loro sviluppo prima che le attività di D&S aumentino nel corso del prossimo decennio. Per quanto concerne le grandi quantità di rifiuti contenenti basse concentrazioni di radionuclidi e i rifiuti sospetti, vi sono notevoli vantaggi nel massimizzare l'applicazione del principio di *clearance*. In primo luogo, gli argomenti in favore dello sviluppo ecologico e sostenibile esigono il massimo riutilizzo delle risorse non rinnovabili, riutilizzando direttamente il materiale, riconvertendo gli edifici o riciclando i materiali utili. Inoltre, poiché le quantità di questi rifiuti sono notevoli, i costi legati al loro smaltimento e le difficoltà associate alla scelta di un sito di smaltimento sono tutt'altro che trascurabili.

Come indicato nel capitolo 7, i costi di trattamento, stoccaggio e smaltimento dei rifiuti derivanti dalle attività di D&S rappresentano la componente principale dei costi totali. È quindi importante caratterizzare accuratamente i materiali radioattivi e massimizzare il loro riutilizzo o il loro riciclaggio, al fine di ridurre al minimo la quantità di materiali da gestire come rifiuti radioattivi e di identificare i metodi di gestione più sicuri ed economici.

Clearance

Il principio di *clearance* è già stato utilizzato con successo in alcuni Paesi Membri OCSE/AEN, soprattutto in Germania e Spagna e in misura minore in Paesi come il Belgio e il Regno Unito. In seno all'Unione Europea, la Commissione Europea ha elaborato linee guida in merito all'applicazione pratica del principio, ma gli Stati Membri dell'Unione sono liberi di stabilire i propri livelli di *clearance* e qualunque tipo di incoerenza in questo ambito rischierebbe di complicare il commercio internazionale o il trasporto transfrontaliero. È anche interessante notare che il contenuto massimo di radionuclidi fissato per rilasciare

i materiali in base alla normativa nucleare è molto inferiore rispetto a quello stabilito per l'uso o lo smaltimento libero dei materiali provenienti da fonti industriali convenzionali contenenti livelli di radionuclidi innalzati rispetto ai livelli naturali per effetto delle lavorazioni. Il tasso di produzione e le quantità accumulate di questi materiali raggiungono ordini di grandezza superiori a quelli dei materiali rimossi in occasione delle attività di D&S e in alcuni casi i radionuclidi hanno vite medie più elevate.

Per tutte queste ragioni, questo argomento è un importante tema di riflessione per gli studi e le valutazioni in corso presso l'AEN e la comunità internazionale nel suo insieme.

13. APPROFONDIMENTI

OECD/NEA, *The NEA Co-operative Programme on Decommissioning: The First 10 years, 1985–1995*, Parigi, 1996.

OECD/NEA, *Recycling and Reuse of Scrap Metals*, Parigi, 1996.

OECD/NEA, *Nuclear Decommissioning: A Proposed Standardised List of Items for Costing Purposes*, Parigi, 1999, (pubblicato congiuntamente con la Commissione Europea e l'Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica).

OECD/NEA, *Nuclear Decommissioning: Decontamination Techniques used in Decommissioning Activities*, Parigi, 1999.

ANPA, *Joint NEA/IAEA/EC Workshop on the Regulatory Aspects of Decommissioning* (19-21 maggio 1999 – Roma), Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ANPA), Roma, 2000.

OECD/NEA, *Nuclear Education and Training: Cause for Concern?*, Parigi 2000.

OECD/NEA, *Regulatory Practices for Decommissioning of Nuclear Facilities with Special Regard of Regulatory Inspection Practices*, Relazione NEA/CNRA/R(99)4, Parigi 2000.

OECD/NEA, *Topical Session on the Decommissioning and Dismantling Safety Case* – 5 dicembre 2001, Relazione NEA/RWM/WPDD(2002)2, Parigi 2002.

OECD/NEA, *Future Financial Liabilities of Nuclear Activities*, Parigi, 1996.

Commissione Europea, *Environmental Impact Assessment for the Decommissioning of Nuclear Installations* (Volumi 1, 2 e 3), Relazione EUR 20051, Lussemburgo, 2002.

National Research Council, *The Disposition Dilemma: Controlling the Release of Solid Materials from Nuclear Regulatory Commission – Licensed Facilities*, National Academy Press, Washington, D.C., 2002.

P. Moding, articolo su “Barsebäck in Topical Session on The Release and Reuse of Buildings and Sites”, OCSE/AEN, Relazione NEA/RWM/WPDD(2002), Parigi 2002.

J. Barceló Vernet, *Socio-economic Impact of Commercial NPP's Decommissioning Projects*, Atti della Conferenza Internazionale dell'AIEA sulla Disattivazione Sicura delle Attività Nucleari, Berlino, 14-18 ottobre 2002.

AIEA, WS-G-2.1, *Decommissioning of Nuclear Power Plants and Research Reactors*, Vienna, 1999.

AIEA, WS-G-2.2, *Decommissioning of Medical, Industrial and Research Facilities*, Vienna, 1999.

AIEA, WS-G-2.4, *Decommissioning of Nuclear Fuel Cycle Facilities*, Vienna, 2001.

SONO INOLTRE DISPONIBILI

Pubblicazioni dell'AEN di interesse generale

Relazione Annuale 2001 (2002)

Gratuito: cartaceo o web.

News AEN

ISSN 1605-9581

Abbonamento annuale: € 37 US\$ 45 GBP 26 ¥ 4 800

Geologic Disposal of Radioactive Waste in Perspective (2000)

ISBN 92-64-18425-2

Prezzo: € 20 US\$ 20 GBP 12 ¥ 2 050

Gestione dei Rifiuti Radioattivi

Establishing and Communicating Confidence in the Safety of Deep Geologic Disposal (2002)

ISBN 92-64-09782-1

Prezzo: € 45 US\$ 40 £ 28 ¥ 5 150

Radionuclide Retention in Geologic Media (2002)

ISBN 92-64-19695-1

Prezzo: € 55 US\$ 49 £ 34 ¥ 5 550

The Process of Stepwise Decision Making in Finland for the Disposal of Spent Nuclear Fuel (2002)

ISBN 92-64-19941-1

In preparazione

An International Peer Review of the Yucca Mountain Project TSPA-SR (2002)

ISBN 92-64-18477-5

Gratuito: cartaceo o web.

GEOTRAP: Radionuclide Migration in Geologic Heterogeneous Media (2002)

ISBN 92-64-18479-1

Gratuito: cartaceo o web.

Using Thermodynamic Sorption Models for Guiding Radioelement Distribution Coefficient (KD) Investigations – A Status Report (2001)

ISBN 92-64-18679-4

Prezzo: € 50 US\$ 45 £ 31 ¥ 5 050

Gas Generation and Migration in Radioactive Waste Disposal – Safety-relevant Issues (2001)

ISBN 92-64-18672-7

Prezzo: € 45 US\$ 39 £ 27 ¥ 4 300

Confidence in Models of Radionuclide Transport for Site-specific Assessment (2001)

ISBN 92-64-18620-4

Prezzo: € 96 US\$ 84 £ 58 ¥ 9 100

The Role of Underground Laboratories in Nuclear Waste Disposal Programmes (2001)
ISBN 92-64-18472-4 *Gratuito: cartaceo o web.*

Nuclear Waste Bulletin – Update on Waste Management Policies and Programmes,
N. 14, 2000 Edizione (2001)
ISBN 92-64-18461-9 *Gratuito: cartaceo o web.*

Il modulo di ordinazione è disponibile sul retro.

EDIZIONI OCSE 2 rue André-Pascal 75775 PARIS CEDEX 16
Stampato in Italia.

Settembre 2004

Arti Grafiche Tilligraf S.r.l.
Via del Forte Bravetta,182
00164 Roma



Disattivazione e Smantellamento degli Impianti Nucleari

Il presente rapporto, avente finalità di ampia divulgazione, contiene una sintetica panoramica delle problematiche associate alla disattivazione e allo smantellamento delle installazioni nucleari nei Paesi Membri dell'OCSE/AEN. È basata su una raccolta di schede descrittive in formato standard prodotte dai Paesi Membri e accessibile on-line nel sito web dell'AEN.

ISBN 92-64-02088-8

OECD Nuclear Energy Agency
Le Seine Saint-Germain - 12, boulevard des Îles
F-92130 Issy-les-Moulineaux, France
Tel.: +33 (0)1 45 24 10 15 - Fax: +33 (0)1 45 24 11 10
E-mail: nea@nea.fr - Internet: www.nea.fr