

# ATTIVITÀ NUCLEARI E RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE

### Introduzione

Nonostante in Italia le centrali nucleari e le altre installazioni connesse al ciclo del combustibile nucleare non siano più in esercizio da anni, sono comunque in corso le attività per la messa in sicurezza dei rifiuti radioattivi derivanti dal pregresso esercizio e quelle connesse alla disattivazione delle installazioni stesse. Permangono, inoltre, in esercizio alcuni piccoli reattori di ricerca presso Università e Centri di ricerca. Continua altresì a essere diffuso l'impiego delle sorgenti di **radiazioni ionizzanti** nelle applicazioni mediche, nell'industria e nella ricerca scientifica, con le necessarie attività di trasporto delle sorgenti stesse e dei rifiuti da esse derivanti. Le pressioni sull'ambiente da radiazioni ionizzanti rimangono pertanto rilevanti e molteplici: la gestione dei rifiuti radioattivi del pregresso programma nucleare e di quelli generati dalla disattivazione delle installazioni, la produzione e il necessario trattamento di rifiuti radioattivi derivanti dalle attività ospedaliere di diagnostica e/o radioterapiche, la produzione e circolazione a livello mondiale di materiale radioattivo, le radiazioni di origine naturale (radon e NORM), che oggi costituiscono la principale fonte di esposizione, esigono che la radioprotezione rimanga elemento centrale della salvaguardia ambientale e della protezione della popolazione e dei lavoratori.

Nel nostro Paese, la protezione della popolazione dalle radiazioni ionizzanti presenti nelle installazioni nucleari e dalla radioattività ambientale è, in particolare, regolamentata dalla Legge 31 dicembre 1962, n. 1860, dal Decreto legislativo del 17 marzo 1995, n. 230 e successive modifiche e dal Decreto legislativo dell'8 febbraio 2007, n. 52. La legislazione nazionale vigente assegna precisi obblighi agli esercenti delle attività che rientrano nel campo di applicazione delle norme stesse, ma anche compiti di controllo alle amministrazioni nazionali (Enti e Ministeri) e alle amministrazioni locali (Prefetture, Regioni e Province autonome).

Il controllo delle attività nucleari e il monitoraggio della radioattività ambientale sono funzioni prioritarie per assicurare un elevato livello di protezione della popolazione e dell'ambiente dai rischi associati all'esposizione a radiazioni ionizzanti.

## ATTIVITÀ NUCLEARI

### Le principali attività

Le attività nucleari comportanti il rischio di esposizione alle radiazioni ionizzanti della popolazione e dell'ambiente, oggi presenti in Italia, riguardano in particolare:

- le installazioni del pregresso programma nucleare, oggi in fase di disattivazione (*decommissioning*) e i reattori di ricerca;

- le strutture di deposito di rifiuti radioattivi, molte delle quali presenti all'interno delle installazioni nucleari;
- le attività d'impiego di sorgenti di radiazioni ionizzanti;
- le attività di trasporto delle materie radioattive.

Le principali installazioni del pregresso programma nucleare, attualmente in fase di disattivazione con diversi stati di avanzamento, sono le quattro centrali nucleari del Garigliano, di Latina, di Trino e di Caorso, gli impianti sperimentali di riprocessamento EUREX e ITREC, l'impianto Plutonio e OPEC 1 del Centro ENEA della Casaccia, l'impianto Fabbricazioni Nucleari, il Deposito Avogadro, le installazioni del Centro Comune di Ricerche di Ispra (VA).

*Le installazioni del pregresso programma nucleare sono in fase di disattivazione.*

La disattivazione delle installazioni consiste in un insieme di operazioni pianificate finalizzate, nel rispetto dei requisiti di sicurezza e di radioprotezione dei lavoratori e dell'ambiente, allo smantellamento finale o, comunque, al rilascio del sito senza vincoli di natura radiologica a essere utilizzato per altri scopi.

*La disattivazione delle installazioni consiste in un insieme di operazioni pianificate*

Le principali operazioni propedeutiche per la disattivazione delle installazioni consistono nell'allontanamento dall'installazione, ove presente, del combustibile nucleare esaurito e il suo trasporto verso un sito autorizzato, ubicato fuori del territorio nazionale, per il suo riprocessamento, e nelle operazioni di trattamento e condizionamento dei rifiuti radioattivi derivanti dal precedente esercizio dell'impianto.

*finalizzate allo smantellamento finale, o comunque al rilascio del sito senza vincoli di natura radiologica a essere utilizzato per altri scopi.*

Per consentire la messa in sicurezza definitiva dei rifiuti radioattivi, nonché il raggiungimento dell'obiettivo finale di rilascio del sito senza vincoli di natura radiologica, è necessario disporre di idonea struttura nazionale destinata allo smaltimento definitivo o allo stoccaggio di lungo termine dei rifiuti. Va da sé che in attesa della disponibilità di un deposito nazionale debbano garantire idonee condizioni di stoccaggio nei siti attraverso la costituzione di strutture di deposito temporaneo, in linea con gli attuali *standard* internazionali.

*È necessario disporre di una struttura nazionale destinata allo smaltimento definitivo o stoccaggio a lungo termine dei rifiuti.*

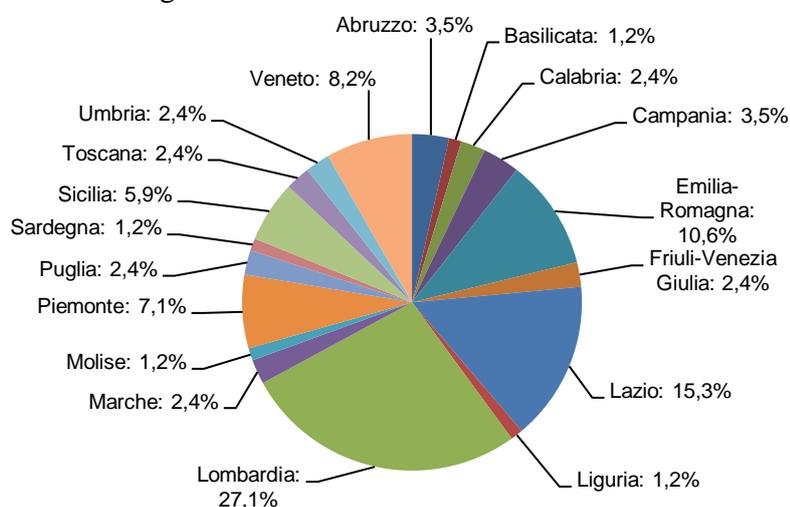
Dalle attività di smantellamento deriva, inoltre, la produzione di diverse tipologie di materiali solidi che possono, nel rispetto di limiti di concentrazione di radioattività, essere allontanati dagli impianti senza vincoli di natura radiologica. Inoltre, nel corso dello svolgimento delle attività è possibile l'eventuale emissione nell'ambiente di effluenti liquidi e gassosi entro limiti specificamente autorizzati. Il criterio stabilito dalla legislazione italiana, alla base della definizione dei livelli di allontanamento per i materiali solidi e per il rilascio di effluenti nell'ambiente, corrisponde al valore internazionalmente riconosciuto di "non rilevanza radiologica", pari a 10 microSv/anno.

*Lo smantellamento comporta la produzione di materiali solidi che possono essere allontanati senza vincoli di natura radiologica.*

L'impiego delle sorgenti di radiazioni ionizzanti continua a essere diffuso nelle applicazioni mediche, nell'industria e nella ricerca scientifica, con le necessarie attività di trasporto per la distribuzione delle sorgenti stesse e per il conferimento a installazioni di deposito dei rifiuti derivanti dalle suddette attività. In campo medico, ad esempio in molti ospedali e in diverse strutture sanitarie, sono utilizzate sorgenti radioattive a scopo diagnostico e terapeutico

*Le sorgenti di radiazioni ionizzanti sono impiegate nelle applicazioni mediche, nell'industria e nella ricerca scientifica.*

(centri di medicina nucleare, terapia metabolica, laboratori di analisi immunologiche, ecc.). Nella diagnostica medica le sorgenti utilizzate sono generalmente in forma non sigillata, esse non sono cioè incorporate in un materiale solido o contenute in un involucro di per sé sigillato che non ne consenta la dispersione. In ambito industriale, invece, l'utilizzo di sorgenti radioattive, prevalentemente in forma sigillata, risulta molto diffuso in vari settori (misuratori di livello e di spessore, impianti di irraggiamento e sterilizzazione, introspezioni geologiche, ecc.); una delle applicazioni più diffusa è la radiografia industriale (conosciuta anche come gammagrafia industriale quando la sorgente di radiazioni impiegata è un radioisotopo), utilizzata per effettuare i controlli non distruttivi, ad esempio, su saldature di tubazioni o di componenti meccanici, tale tecnica è molto simile a quella impiegata negli ospedali con le macchine a raggi X nell'esecuzione di esami radiografici.



*Distribuzione geografica delle sorgenti di radiazioni ionizzanti impiegate nelle applicazioni mediche, nell'industria e nella ricerca scientifica.*

**Figura 7.1: Distribuzione sul territorio nazionale delle installazioni che impiegano sorgenti di radiazioni ionizzanti autorizzate a livello centrale<sup>1</sup>**

Come già accennato, all'utilizzo delle sorgenti radioattive è associata un'attività di trasporto che viene effettuata da ditte appositamente autorizzate, le quali sono anche coinvolte nel ritiro dei rifiuti radioattivi prodotti nel corso delle attività sopra citate e delle sorgenti radioattive dismesse (cioè di quelle di cui non è più previsto l'utilizzo) che devono essere inviate presso depositi autorizzati gestiti da operatori specializzati.

### Le principali problematiche

In relazione alle attività di disattivazione nelle principali installazioni nucleari, per la gran parte del combustibile nucleare irraggiato è in atto la campagna di trasferimento in Francia nel quadro definito dall'accordo intergovernativo stipulato nel 2006. Nell'ambito di tale campagna sono già state trasferite 190 tonnellate di combustibile della centrale di Caorso ed è in corso il trasferimento delle rimanenti 45 tonnellate presenti nel Deposito

*Nell'ambito delle attività di disattivazione delle installazioni nucleari è previsto il trasferimento del combustibile irraggiato in Francia.*

<sup>1</sup> Fonte: ISPRA, Ministero sviluppo economico

Avogadro e nella Centrale di Trino. Vanno poi considerate le 2 tonnellate del combustibile presente nell'impianto ITREC della Trisaia (MT) per le quali, in assenza di un accordo che ne preveda il rientro negli Stati Uniti, è previsto uno stoccaggio a secco sul sito presso un'ideale struttura di deposito da realizzare.

Per quanto attiene ai rifiuti radioattivi attualmente presenti in Italia essi derivano, per la gran parte, dal pregresso programma nucleare e si trovano nelle installazioni gestite dalla Sogin S.p.A. – ex Centrali nucleari di Trino, del Garigliano, di Latina e di Caorso, degli impianti ex ENEA EUREX di Saluggia e ITREC della Trisaia (MT), degli impianti Plutonio e OPEC presso il Centro della Casaccia (Roma), nel Deposito Avogadro di Saluggia (VC) - e nelle installazioni del Centro Comune di Ricerche di Ispra (VA) della Commissione Europea.

Detti rifiuti, classificati in relazione alle caratteristiche e alle concentrazioni dei radionuclidi presenti secondo i criteri di classificazione definiti nella Guida Tecnica n. 26 dell'ENEA-DISP (oggi ISPRA), ammontano a circa 21.600 m<sup>3</sup> per la I e II categoria e 1.700 m<sup>3</sup> per la III.

A tali rifiuti andranno ad aggiungersi circa 30.000 m<sup>3</sup>, prevalentemente di II categoria, derivanti dalle operazioni di disattivazione delle installazioni.

Vi sono poi i rifiuti radioattivi derivanti dal riprocessamento del combustibile nucleare irraggiato nell'esercizio pregresso delle centrali nucleari in gran parte già trasferito all'estero (Regno Unito e Francia); per tali rifiuti è previsto il rientro in Italia e il loro volume ammonta ad alcune decine di m<sup>3</sup> di rifiuti condizionati ad alta attività.

I rifiuti immagazzinati presso i siti sopra citati (centrali nucleari, impianti sperimentali, centri di ricerca) sono, per la gran parte, ancora da sottoporre a operazioni di trattamento e di condizionamento, necessarie per la loro trasformazione in manufatti durevoli che assicurino un idoneo isolamento della radioattività dall'ambiente, atti al trasporto, allo stoccaggio e allo smaltimento definitivo. Tali operazioni, che sono di fatto propedeutiche a quelle di smantellamento dell'impianto, necessitano di un'accelerazione nel loro svolgimento, specialmente per i rifiuti liquidi, presenti soprattutto nell'impianto EUREX di Saluggia (VC) e nell'impianto ITREC della Trisaia (MT), e per i rifiuti collocati negli anni '60 – '70 in strutture interrato, ad esempio nella Centrale del Garigliano e nell'impianto ITREC della Trisaia.

Oltre ai rifiuti radioattivi cosiddetti energetici, derivanti cioè dal pregresso programma nucleare, prosegue la produzione di rifiuti provenienti da applicazioni mediche, industriali e di ricerca, i quali continuano ad accumularsi presso i diversi operatori, immagazzinati senza un adeguato processo di condizionamento presso strutture non idonee dal punto di vista della localizzazione per una gestione di lungo termine. Per tali rifiuti, il cui ammontare a oggi è pari a circa 5.000 m<sup>3</sup>, si registra una produzione di alcune centinaia di metri cubi l'anno. I rifiuti suddetti trovano collocazione presso le installazioni autorizzate di alcuni operatori nazionali, alcuni dei quali

*I rifiuti radioattivi ammontano a circa 21.600 m<sup>3</sup> per la I e II categoria, e 1.700 m<sup>3</sup> per la III. Più altri 30.000 m<sup>3</sup> di II categoria derivanti da operazioni di disattivazione delle installazioni.*

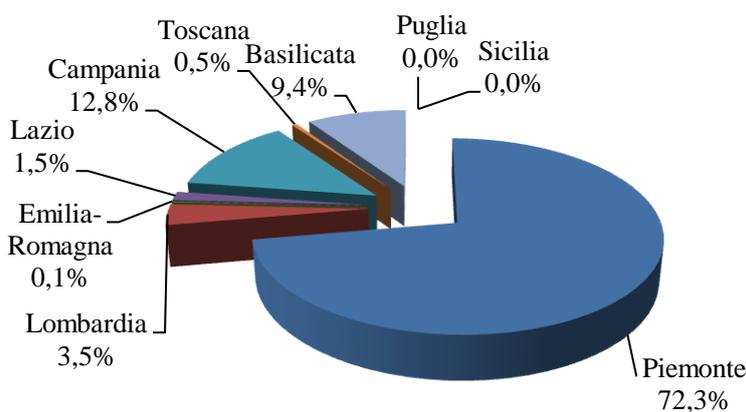
*I rifiuti immagazzinati sono da sottoporre a operazioni di trattamento e condizionamento, per trasformarli in manufatti che assicurino l'isolamento della radioattività e renderli trasportabili, stoccabili e smaltibili.*

*I rifiuti provenienti da applicazioni mediche, industriali e di ricerca (circa 5.000 m<sup>3</sup>) sono collocati presso installazioni autorizzate di operatori nazionali.*

possono esclusivamente ricevere, classificare e stoccare i contenitori dei rifiuti, senza alcuna manipolazione del loro contenuto; altri, invece, sono autorizzati a eseguire semplici manipolazioni.

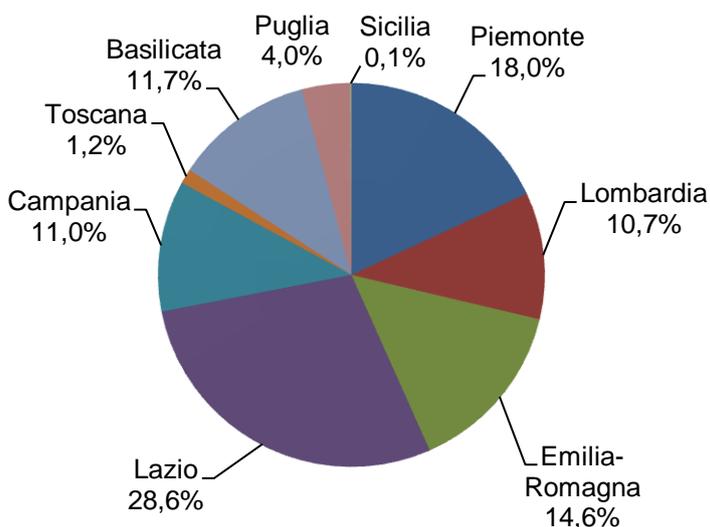
A livello nazionale il Servizio Integrato di gestione delle sorgenti dismesse e dei rifiuti radioattivi, il cui gestore è l'ENEA, garantisce tutte le fasi del ciclo di gestione (raccolta, trattamento, condizionamento e lo stoccaggio provvisorio) delle sorgenti radioattive non più utilizzate e dei rifiuti radioattivi da attività medico-sanitarie, industriali e di ricerca. In particolare, al Servizio Integrato possono aderire tutti gli impianti autorizzati che svolgono attività di raccolta ed eventuale deposito provvisorio di sorgenti radioattive dismesse.

*Il Servizio Integrato di gestione delle sorgenti dismesse e dei rifiuti radioattivi da attività medico-sanitarie, industriali e di ricerca dell'ENEA garantisce tutte le fasi del ciclo di gestione.*



*La maggior parte dei rifiuti radioattivi, in termini di attività, presenti in Italia si trovano in Piemonte (72,3 %). Seguono la Campania con il 12,8 % e la Basilicata con il 9,4%.*

**Figura 7.2: Distribuzione regionale dei rifiuti radioattivi in termini di attività (2010)<sup>2</sup>**



*La distribuzione regionale dei rifiuti radioattivi, in termini di volumi, registra una maggior concentrazione nel Lazio con il 28,6%, seguito dal Piemonte (18%) e dall'Emilia-Romagna (14,6%).*

**Figura 7.3: Distribuzione regionale dei rifiuti radioattivi in termini di volumi (2010)<sup>3</sup>**

Occorre inoltre citare la problematica delle sorgenti orfane, che con

<sup>2</sup> Fonte: Elaborazione ISPRA su dati forniti da Esercenti impianti nucleari

<sup>3</sup> Fonte: Elaborazione ISPRA su dati forniti da Esercenti impianti nucleari

una certa frequenza vengono rinvenute all'interno di rottami metallici provenienti dall'estero. Recente è la vicenda della sorgente di cobalto 60, rinvenuta nel luglio del 2010 presso il porto di Genova, all'interno di un *container* proveniente dall'Arabia Saudita, per la cui messa in sicurezza e smaltimento non è stato possibile applicare la procedura prevista dal D.Lgs. 52/2007, che prevede il rinvio (in condizioni di sicurezza) a spese dello spedizioniere, determinando un ritardo nell'esecuzione delle operazioni; l'intervento è stato comunque disposto dalla Prefettura di Genova e si è concluso nel luglio del 2011.

Per quanto riguarda l'emissione di effluenti liquidi e gassosi dalle installazioni nucleari può considerarsi mediamente stabile. Infatti, per l'impianto di Saluggia, per il reattore LENA di Pavia e per la centrale di Latina si è registrata una lieve diminuzione degli scarichi sia di liquidi sia degli aeriformi; per contro, per gli impianti di Trino, Caorso, Garigliano e CCR Ispra si è registrato un limitato incremento nelle attività scaricate sia qualitativamente sia quantitativamente.

*L'emissione di effluenti liquidi e gassosi dalle installazioni nucleari è stabile e nel rispetto del criterio di non rilevanza radiologica.*

È da precisare, comunque, che detti piccoli incrementi si collocano sempre nell'ambito di un impegno complessivo della formula di scarico - stabilita, come detto, nel rispetto del criterio di non rilevanza radiologica - di alcune unità percentuali.

In particolare, gli incrementi registrati sono da attribuirsi sostanzialmente all'avanzare delle attività propedeutiche alla disattivazione programmata. Per i restanti impianti i valori restano pressoché inalterati.

Il trasporto di materie radioattive può essere suddiviso in due ambiti distinti ma correlati fra loro, tenendo conto delle sole caratteristiche radioattive o delle caratteristiche radioattive e fissili di tali materie:

*Trasporto di materie radioattive.*

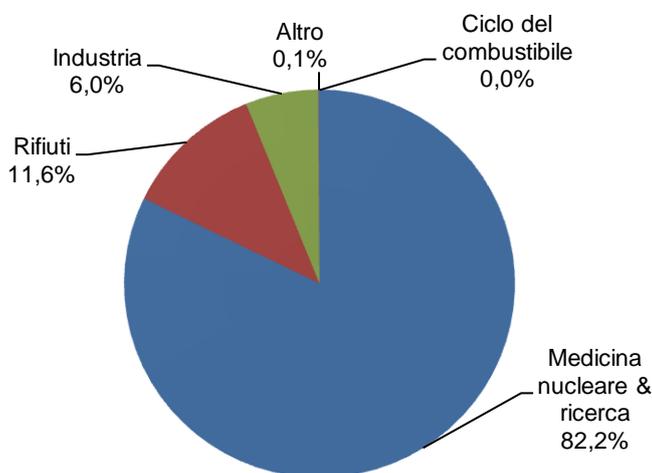
- trasporti che avvengono nell'ambito del ciclo del combustibile nucleare;
- trasporti che avvengono nell'ambito degli usi medici, industriali e di ricerca e che coinvolgono materie quali sorgenti in forma speciale per irraggiamento di prodotti e per gammagrafie in campo, sorgenti per prospezioni geologiche, sorgenti per controllo di processi industriali, sorgenti per uso diagnostico e terapeutico in forma non speciale, rifiuti provenienti dalle relative installazioni.

Tenuto conto della realtà italiana, nella quale le attività di tipo nucleare riguardano la disattivazione delle installazioni e la gestione dei rifiuti radioattivi, i trasporti nell'ambito del ciclo del combustibile sono numericamente molto limitati, essendo riconducibili alle operazioni di trasferimento all'estero del combustibile nucleare irraggiato a fini di ritrattamento o di alienazione del materiale fissile, operazione peraltro in fase di completamento nei prossimi anni. Vi è poi un ristretto numero di operazioni di trasferimento di rifiuti radioattivi di bassa o media attività presso siti di trattamento. Una diversa situazione potrà determinarsi quando sarà disponibile il deposito nazionale dei rifiuti radioattivi.

*I trasporti nell'ambito del ciclo del combustibile sono molto limitati.*

La gran parte dei trasporti di materie radioattive effettuati sul territorio nazionale riguarda pertanto sorgenti utilizzate in campo industriale, nella ricerca e, soprattutto, in campo medico (Figura 7.4).

*Il trasporto di materie radioattive riguarda sorgenti utilizzate in campo medico, industriale e di ricerca.*



*Il trasporto di materie radioattive riguarda soprattutto sorgenti utilizzate in campo medico e ricerca (82,2%), industriale (6%) e una percentuale limitatissima per il ciclo del combustibile.*

**Figura 7.4: Distribuzione percentuale dei colli trasportati in Italia in base all'impiego della materia radioattiva<sup>4</sup>**

I dati disponibili evidenziano, come già detto, che la gran parte dei trasporti di materie radioattive riguarda il loro uso in campo medico. La maggior parte dei radioisotopi utilizzati in campo diagnostico e terapeutico è di provenienza estera, non essendo presenti sul nostro territorio impianti per la produzione di tali isotopi (I-131, Mo-99, Tl-201, ecc.), ad eccezione dell'F-18 prodotto anche in Italia. L'importazione di queste materie radioattive avviene prevalentemente attraverso spedizioni stradali e aeree, aventi come luoghi di destinazione alcuni centri di raccolta e smistamento dei colli. Da questi centri partono le spedizioni stradali per la consegna diretta ai destinatari finali oppure verso altri aeroporti nazionali, per essere poi trasportati alla destinazione finale.

La modalità stradale risulta essere quella più utilizzata per il trasporto di colli contenenti materie radioattive, a seguire quella aerea. Quest'ultima è utilizzata, in particolare, per il trasporto di radioisotopi con tempo di dimezzamento molto breve. Il trasporto di colli radioattivi via mare risulta molto limitato e riguarda sia il trasporto di sorgenti utilizzate su piattaforme petroliere *off-shore* sia i trasporti fra la Penisola e le due isole maggiori Sicilia e Sardegna. Il trasporto ferroviario di colli radioattivi è praticamente inesistente. I trasporti ferroviari effettuati, ad esempio, nel periodo 2006-2010 hanno riguardato unicamente spedizioni di colli contenenti elementi di combustibile irraggiato dagli impianti Sogin agli impianti di riprocessamento di Sellafield (UK) e La Hague (Francia).

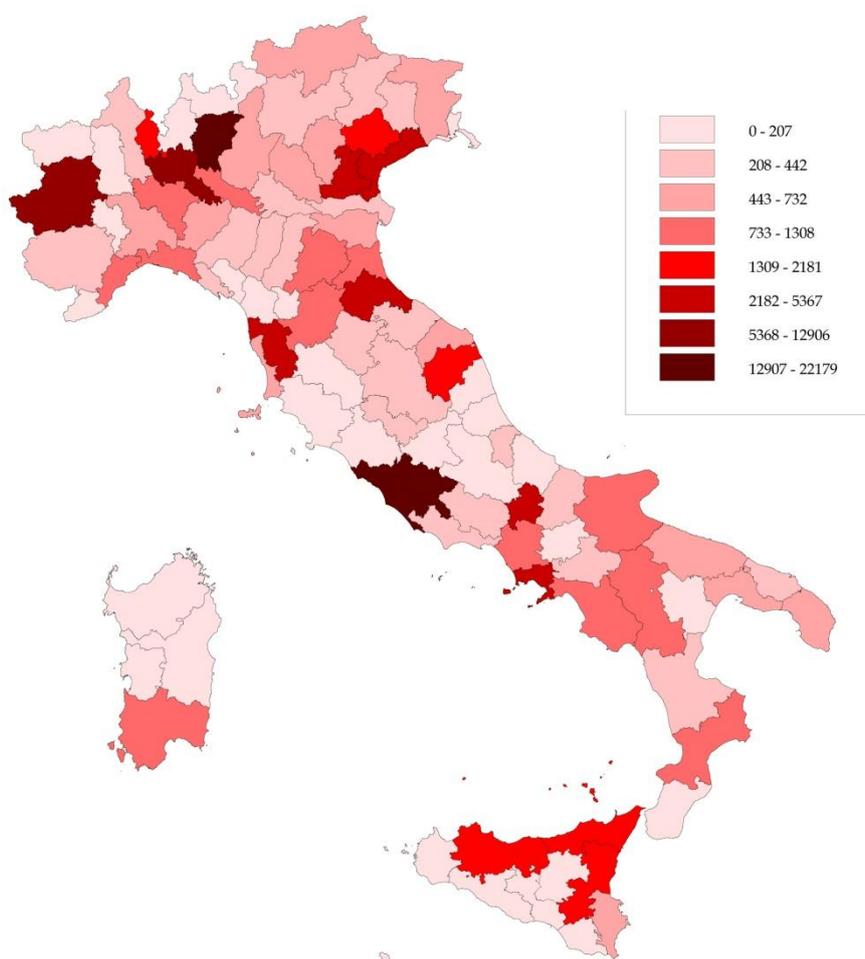
*Il trasporto dei colli contenenti materie radioattive avviene soprattutto su strada.*

La possibile esposizione alle radiazioni ionizzanti associata al

<sup>4</sup> Fonte: ISPRA

trasporto delle materie radioattive si manifesta anche in condizioni normali di trasporto, e cioè in assenza di eventi incidentali. Dopo l'introduzione del sistema di acquisizione telematico dei dati delle spedizioni di materie radioattive effettuate dai vettori autorizzati, avvenuta a partire dal 2009, il *trend*, strettamente legato al numero dei colli trasportati ogni anno, alla loro tipologia e al tipo di radioisotopo trasportato, è piuttosto stabile, anche se negli ultimi anni si manifesta una diminuzione del numero dei colli trasportati, in particolare nel campo della medicina nucleare.

Gli intervalli assunti dall'indicatore sul trasporto delle materie radioattive (Figura 7.5) evidenziano in modo univoco le province che ospitano importanti e numerosi centri ospedalieri e diagnostici (Roma, Milano, Torino, Napoli ecc.), oltre i centri di smistamento dovuti anche al trasporto aereo.



*L'indice di trasporto è un indicatore del livello di radiazione presente nelle vicinanze dell'imballaggio che contiene il materiale radioattivo. È usato per predisporre le misure di radioprotezione da attuare, da parte del vettore, per minimizzare le dosi da radiazione durante il trasporto.*

**Figura 7.5: Carta tematica della somma degli indici di trasporto per provincia (2010)<sup>5</sup>**

#### **Le azioni di controllo e monitoraggio**

Il controllo sulle attività nucleari che possono comportare un'esposizione della popolazione italiana alle radiazioni ionizzanti è, in particolare, regolamentato dalla Legge 31 dicembre 1962, n.

*Normativa per il controllo sulle attività nucleari.*

<sup>5</sup> Fonte: ISPRA

1860, dal Decreto legislativo del 17 marzo 1995, n. 230 e successive modifiche e dal Decreto legislativo dell'8 febbraio 2007, n. 52.

Tali controlli si attuano, in via preventiva, attraverso la formulazione di pareri tecnici vincolanti da parte dell'autorità di sicurezza nucleare e di altre amministrazioni, ove previsto dalla legislazione vigente, alle amministrazioni procedenti per il rilascio delle autorizzazioni (Ministero dello sviluppo economico, Prefetture, ecc.). Per le installazioni nucleari, in relazione al loro attuale stato, i pareri riguardano le autorizzazioni per eventuali modifiche o particolari operazioni, anche connesse alla disattivazione, in attesa dell'autorizzazione alla disattivazione stessa. In tal caso essi sono rilasciati dall'ISPRA. Le autorizzazioni si riferiscono, in particolare, alla fattibilità di modifiche o operazioni, nel rispetto dei criteri generali di sicurezza nucleare e di radioprotezione e normalmente condizionano l'avvio della fase realizzativa all'approvazione da parte dell'ISPRA di un progetto particolareggiato o di un piano operativo.

I pareri e le approvazioni sono formulati dall'ISPRA sulla base delle risultanze delle attività di revisione e valutazione indipendente svolte sulla documentazione presentata dall'esercente, e possono comprendere eventuali prescrizioni.

Nel caso delle procedure per le autorizzazioni alla disattivazione, le norme vigenti prevedono che da parte delle amministrazioni competenti vengano formulate osservazioni sulla documentazione presentata dagli esercenti a supporto delle istanze di autorizzazione e trasmesse all'ISPRA che, sulla base della propria istruttoria e delle osservazioni ricevute, formula il proprio parere fissando eventuali prescrizioni.

In fase operativa e di svolgimento delle operazioni i controlli, finalizzati alla verifica della conformità con la legislazione vigente e del rispetto delle prescrizioni fissate dagli atti autorizzativi, sono effettuati tramite ispezioni condotte da ispettori dell'ISPRA che sono Ufficiali di Polizia Giudiziaria.

*I controlli si attuano attraverso valutazioni e verifiche per il rilascio delle autorizzazioni e ispezioni nella fase operativa.*

*I pareri e le approvazioni sono formulati dall'ISPRA sulla base delle risultanze delle attività di revisione e valutazione indipendente svolte sulla documentazione presentata dall'esercente.*

## RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE

### Il problema

Al termine "radioattività" è spesso associato, nell'opinione pubblica, il timore degli effetti che questa provoca sulla salute. La prima evocazione che suscita tale parola riguarda effetti diretti, simili a ustioni, riconducibili a esposizioni acute; un esempio è quello delle esplosioni nucleari di Hiroshima e Nagasaki. Tali effetti sono tecnicamente definiti "deterministici" e si hanno a seguito di esposizioni molto intense. Altri timori sono legati agli effetti di esposizioni meno intense, effetti che "non si vedono" subito, ma che si evidenziano a distanza di tempo o sulle generazioni future e che sono spesso associati al rischio di insorgenza di tumori. Un esempio è rappresentato dalle conseguenze dell'esposizione della popolazione a seguito dell'incidente alla centrale sovietica di Chernobyl. Tali effetti sono definiti "stocastici", ossia probabilistici, con una probabilità che dipende dall'intensità e dalla durata

*Le radiazioni ionizzanti sono quasi sempre associate alla sola produzione di energia nucleare, eppure vi sono casi di esposizione a radiazioni ionizzanti a scopo medico, diagnostico o terapeutico. In tali casi i rischi che ne derivano sono ampiamente giustificati dai benefici per le*

dell'esposizione. Da non sottovalutare anche la preoccupazione sociale in occasione di eventi che, seppur con nessuna conseguenza di tipo sanitario - ci si riferisce ad esempio all'incidente della centrale di Fukushima - comunque richiede, oltre a un adeguato sistema monitoraggio ambientale, una corretta e trasparente comunicazione.

Occorre, inoltre, sottolineare che nell'immaginario collettivo la radioattività è essenzialmente associata alla produzione di energia nucleare, incluso il trattamento e il deposito delle scorie, e tali timori costituiscono spesso un preconcetto per altre attività o situazioni che sono fonti di radiazioni ionizzanti.

Vi sono, viceversa, casi di esposizione alla radioattività generalmente accettati, ad esempio le esposizioni a scopo medico, diagnostico o terapeutico. In tali casi i rischi che ne derivano sono giustamente avvertiti come ampiamente giustificati dai benefici per le persone che si sottopongono a questi trattamenti.

Quello della "giustificazione" è uno dei principi fondamentali della protezione radiologica della popolazione e dei lavoratori. Un'attività che preveda un'esposizione della popolazione e dei lavoratori deve, infatti, essere giustificata sulla base di un bilancio costi-benefici, tenendo conto anche delle possibili alternative; l'esposizione, inoltre, deve essere "ottimizzata" ovvero ridotta ai livelli più bassi ragionevolmente ottenibili.

Un'ulteriore considerazione riguarda l'entità delle esposizioni naturali alle quali la popolazione è generalmente esposta in confronto con le esposizioni sopra descritte. Occorre evidenziare che, se si escludono le esplosioni atomiche e gli incidenti nucleari, le esposizioni derivanti dalle attività produttive sono di gran lunga inferiori rispetto alle esposizioni a sorgenti naturali. Sia nel cosmo sia nel suolo terrestre, nell'aria e anche nel nostro stesso organismo, sono presenti radionuclidi responsabili in grandissima parte dell'esposizione alla radioattività.

La principale esposizione avviene tra le mura domestiche, nei luoghi di lavoro e negli altri ambienti chiusi, detti "indoor", nei quali si trascorre la maggior parte del tempo. In tali luoghi è presente nell'aria un gas naturale, il **radon**, responsabile, mediamente, della principale fonte di rischio per la popolazione. In alcuni casi, il gas può raggiungere concentrazioni tali per cui, sulla base delle considerazioni costo-beneficio di cui sopra, si ritiene inaccettabile il rischio associato all'esposizione e si raccomandano, o addirittura s'impongono, risanamenti degli ambienti. L'esposizione al gas radon negli ambienti residenziali e nei luoghi di lavoro è stata associata all'insorgenza di tumori polmonari. Il rischio di contrarre un tumore per esposizione a radon per i fumatori è circa venti/venticinque volte superiore rispetto ai non fumatori. Poiché non è nota una soglia al di sotto della quale l'esposizione al radon sia priva di rischi, si assume che a una diminuzione di concentrazione di radon corrisponda un'equivalente diminuzione del rischio. Questo tipo di esposizione è in qualche misura controllabile, è infatti possibile adottare strategie e provvedimenti atti a ridurre l'esposizione della popolazione nel suo insieme e in

*persone che si sottopongono a questi trattamenti.*

*Da queste considerazioni emerge la necessità di approfondire e di diffondere la conoscenza sull'impatto delle esposizioni a sorgenti di radiazioni ionizzanti, con l'obiettivo di rendere meno difficile e più consapevole una valutazione dei rischi e dei benefici associati a tutte le fonti di radiazioni.*

particolare nei casi di più elevata concentrazione.

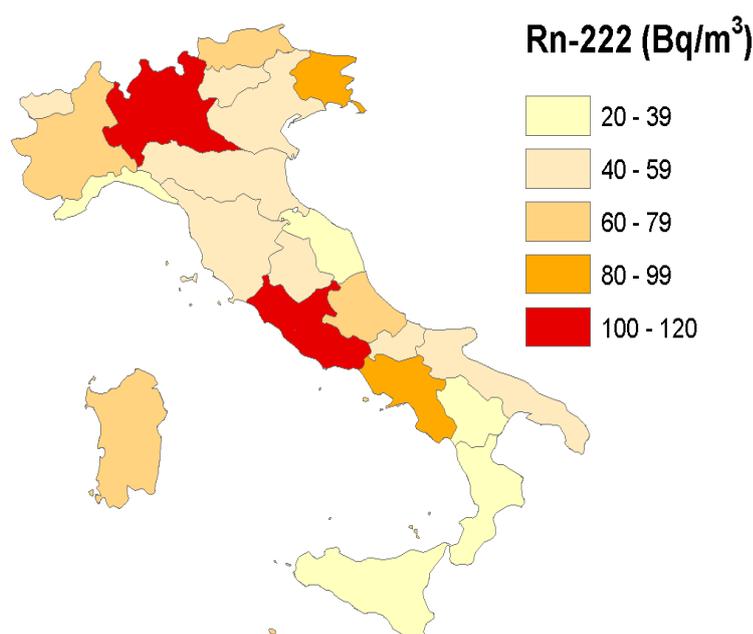
La scelta delle strategie di prevenzione e di riduzione del rischio corrispondente dipende da molti fattori, quali la diffusione sul territorio, l'impatto globale delle eventuali azioni correttive, tutte, a loro volta, pesate sui fattori socio economici.

La comunicazione dei rischi relativi all'esposizione al radon assume un ruolo fondamentale e rappresenta una "sfida" per gli *stakeholders* coinvolti in tale problematica, poiché l'esistenza di questo gas e dei rischi per la salute umana spesso non sono conosciuti alla popolazione.

Da queste considerazioni emerge la necessità di approfondire e di diffondere la conoscenza sull'impatto delle esposizioni a sorgenti di radiazioni ionizzanti, con l'obiettivo di rendere più comprensibile e più consapevole una valutazione dei rischi e dei benefici associati a tutte le fonti di radiazioni.

### L'esposizione al radon

In relazione all'esposizione al radon, una rappresentazione del territorio nazionale viene dai risultati di un'indagine effettuata nel corso degli anni '80 e '90, ma ancora valida per le caratteristiche del fenomeno, con una copertura nazionale completa (Figura 7.6).



*Nel Lazio e nella Lombardia si evidenzia un'elevata concentrazione di radon (Rn-222). La differenza con le altre regioni è dovuta al diverso contenuto di uranio nelle rocce e nei suoli e alla loro differente permeabilità.*

**Figura 7.6: Carta tematica delle concentrazioni di attività di Rn-222 nelle abitazioni, per regione e provincia autonoma (la scelta degli intervalli ha valore esemplificativo) (1989-1997)<sup>6</sup>**

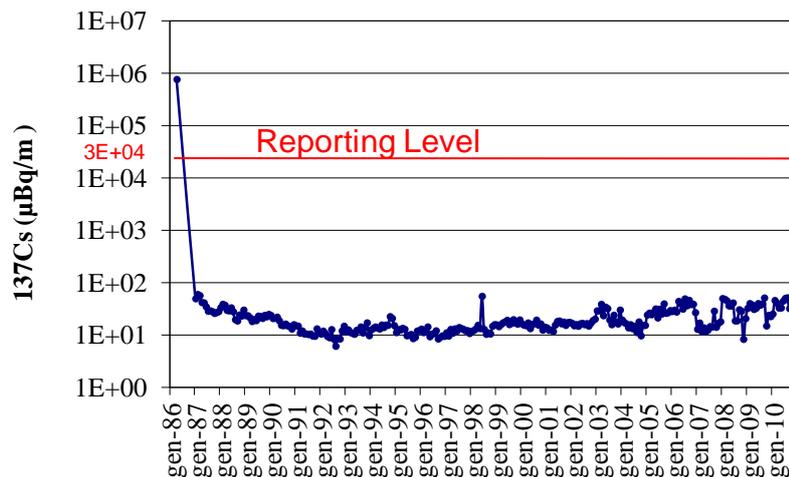
In termini di risposta, la protezione dall'esposizione al radon nei luoghi di lavoro è stata introdotta nella normativa con il D.Lgs. n. 241 del 2000 che modifica e integra il D.Lgs. n. 230 del 1995. Il decreto prevede obblighi per gli esercenti dei luoghi di lavoro e per le regioni. In particolare, a quest'ultime è affidato il compito di

<sup>6</sup> Fonte: Bochicchio, F. et al., *Results of the national survey on radon indoors in the all the 21 italian region, Proceedings of Radon in the Living Environmental Workshop*, Atene, Aprile 1999



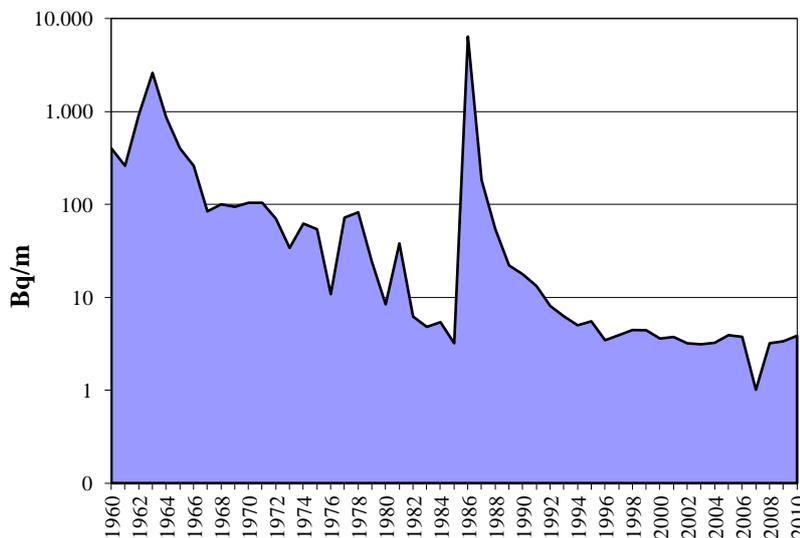
reti regionali sono incaricate del monitoraggio della radioattività ambientale sul territorio regionale e le reti nazionali raccolgono i dati al fine di rappresentare la situazione, appunto, a livello nazionale, anche in occasione di eventi anomali.

Sono di seguito riportati gli andamenti negli anni della concentrazione di cesio-137 nel particolato atmosferico, nelle deposizioni umide e secche e nel latte vaccino che rappresentano indicatori storici della presenza di radionuclidi nell'ambiente (Figure. 7.8 - 7.10).



*Si possono osservare i picchi di contaminazione relativi all'arrivo in Italia della "nube di Chernobyl" (aprile 1986), nonché quello dovuto a un incidente in una fonderia spagnola presso Algeciras (giugno 1998), rilevato in modo più evidente nel Nord Italia; i valori registrati negli ultimi anni sono stazionari e ben al di sotto del reporting level fissato dalla CE (30 μBq/m³).*

**Figura 7.8: Trend della concentrazione di Cs-137 nel particolato atmosferico in Italia<sup>8</sup>**

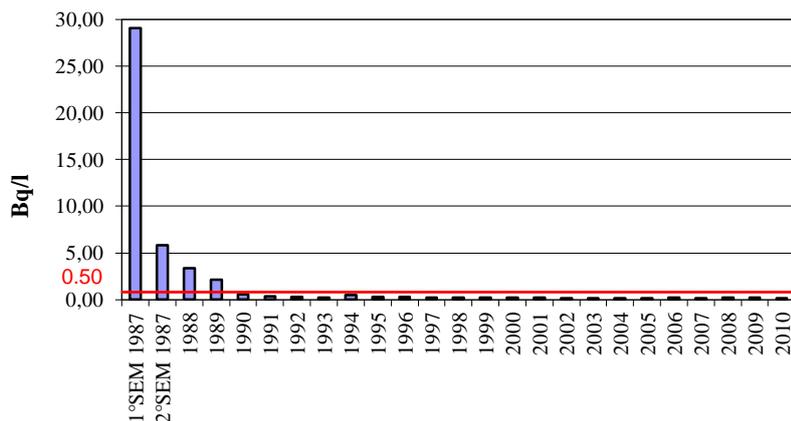


*Si evidenziano gli eventi di ricaduta associati ai test effettuati in atmosfera negli anni '50-'60 e il picco relativo all'incidente di Chernobyl nel 1986, a partire dal quale l'andamento dei valori di contaminazione presenta tendenziale diminuzione. Per questa matrice non esiste un reporting level.*

**Figura 7.9: Trend delle deposizioni umide e secche di Cs-137 in Italia<sup>9</sup>**

<sup>8</sup> Fonte: Elaborazione ISPRA sui dati ISPRA/ARPA/APPA raccolti da ISPRA Servizio laboratorio radiazioni ambientali; OECD-ENEA, 1987, *The Radiological impact the Chernobyl accident in OECD countries*, Parigi; ISPRA

<sup>9</sup> Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ISPRA/ARPA/APPA raccolti da ISPRA Servizio laboratorio radiazioni ambientali; OECD-ENEA, 1987, *The Radiological impact the Chernobyl accident in OECD countries*, Parigi; ISPRA



*Si evince la riduzione dei livelli di contaminazione nel latte vaccino, negli anni successivi all'incidente di Chernobyl e la sostanziale costanza negli anni successivi con valori inferiori al reporting level fissato dalla CE (0,5 Bq/l).*

**Figura 7.10: Trend della deposizione della concentrazione di Cs-137 nel latte vaccino in Italia<sup>10</sup>**

L'incidente di Fukushima del marzo 2011 non ha comportato alcun significativo contributo aggiuntivo della presenza di radionuclidi nelle matrici coinvolte, dati i valori estremamente bassi riscontrati per i soli periodi immediatamente posteriori l'incidente.

Tuttavia, al fine di rispondere alla domanda di informazione del pubblico, sono state effettuate nel solo periodo marzo-maggio 2011 circa 1.500 misurazioni in più rispetto al normale programma di monitoraggio.

In termini di indicatori di risposta, il quadro della situazione italiana è monitorato attraverso l'attuazione del programma di monitoraggio delle reti.

In tabella 7.1 sono presentati i punteggi attribuiti per la valutazione del monitoraggio nazionale, a partire dal 1997, sulla base di una metodologia elaborata in occasione del progetto ECOEHIS - *Development of Environment and Health indicators for EU countries*.

Per l'attribuzione del punteggio annuale si sono considerate le seguenti matrici: particolato atmosferico, dose gamma in aria, latte vaccino, acqua superficiale e acqua potabile.

Per ciascuna di queste matrici sono stati valutati i seguenti aspetti: frequenza di misura, sensibilità di misura, distribuzione territoriale dei controlli, regolarità del monitoraggio, organizzazione e partecipazione a iniziative di interconfronto su scala nazionale.

<sup>10</sup> Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ISPRA/ARPA/APPA raccolti da ISPRA Servizio laboratorio radiazioni ambientali, OECD-ENEA, 1987, *The Radiological impact the Chernobyl accident in OECD countries*, Parigi, ISPRA

**Tabella 7.1: Valutazione dello stato di attuazione del monitoraggio per le reti nazionali <sup>11</sup>**

Anno	Punteggio	Giudizio
1997	15	sufficiente
1998	17	sufficiente
1999	13	insufficiente
2000	17	sufficiente
2001	17	sufficiente
2002	17	sufficiente
2003	17	sufficiente
2004	17	sufficiente
2005	17	sufficiente
2006	17	sufficiente
2007	17	sufficiente
2008	17	sufficiente
2009	16	sufficiente
2010	17	sufficiente

*L'analisi sull'attuazione del piano di monitoraggio ha evidenziato una non completa copertura del territorio nazionale che richiede pertanto interventi correttivi.*

**Legenda:**

Classi di qualità: insufficiente 0-14 sufficiente 15-20 buono 21-25

Nonostante lo stato di attuazione dei programmi dei rilevamenti radiometrici sia adeguato agli obiettivi del monitoraggio ambientale si rileva una disomogeneità sull'attuazione dei programmi stesi e sulle misure eseguite dai diversi laboratori, con una copertura del territorio nazionale non omogenea, che richiede, pertanto, interventi correttivi.

## GLOSSARIO

### **Decommissioning:**

Fase di declassamento, decontaminazione e smantellamento di un impianto nucleare, che ha lo scopo di giungere alla demolizione dell'impianto e alla rimozione di ogni vincolo dovuto alla presenza di materiale radioattivo nel sito.

### **Effetti deterministici:**

Lesioni anatomiche con perdita di funzionalità d'organi e tessuti, indotte da esposizioni molto elevate, ad esempio quelle ricevute a seguito dell'incidente di Chernobyl dagli operatori dell'impianto. La gravità clinica aumenta con la dose, è impiegata una specifica grandezza denominata "dose assorbita" la cui unità di misura è il Gray (Gy).

### **Effetti stocastici:**

Effetti che colpiscono in modo casuale gli individui esposti o i loro discendenti, si suppone possano essere causati anche da dosi basse di radioattività, come quelle tipicamente ricevute nella vita quotidiana. Al fine di quantificare il rischio di incorrere in questo tipo di effetti si utilizza una specifica grandezza, denominata "dose efficace", la cui unità di misura è il Sievert (Sv).

<sup>11</sup> Fonte: Elaborazione ISPRA/ARPA Emilia-Romagna

**Fallout:**

Ricaduta di materiale radioattivo a seguito di un'esplosione nucleare.

**Intensità di dose gamma:**

Si intende l'energia ceduta dalla radiazione gamma all'unità di massa di tessuto in un intervallo di tempo, e si misura in Sievert/ora (Sv/h).

La dose gamma assorbita in aria è dovuta a due contributi principali: la radiazione cosmica e quella terrestre. In particolare la componente terrestre varia in funzione delle caratteristiche del suolo circostante e se all'esterno (*outdoor*) o all'interno (*indoor*) degli edifici.

**Radiazioni ionizzanti:**

Particelle e/o energia di origine naturale o artificiale in grado di modificare la struttura della materia con la quale interagiscono.

**Radiocontaminazione:**

Presenza in una sostanza o nell'ambiente di radioelementi indesiderati e nocivi.

**Radionuclide:**

Nuclide instabile che decade emettendo energia sotto forma di radiazioni ionizzanti.

**Radon:**

Gas naturale radioattivo prodotto dal radio presente ovunque nei suoli e in alcuni materiali impiegati in edilizia. In assenza di incidenti nucleari rilevanti rappresenta la principale fonte di esposizione a radiazioni ionizzanti per la popolazione. In aria aperta si disperde rapidamente non raggiungendo quasi mai concentrazioni elevate, mentre nei luoghi chiusi (case, scuole, ambienti di lavoro, ecc.) tende ad accumularsi fino a raggiungere, in particolari casi, concentrazioni ritenute inaccettabili per la salute.

## BOX DI APPROFONDIMENTO

### L'INCIDENTE NUCLEARE DI FUKUSHIMA DAIICHI

#### L'evento incidentale e le conseguenze radiologiche

Le conseguenze disastrose che i due fenomeni naturali, violenza inattesa del sisma e il conseguente tsunami, succedutisi in stretta sequenza temporale, hanno determinato sui sistemi di sicurezza della centrale di Fukushima - che ha sei reattori nel sito - hanno indotto i tecnici giapponesi ad adottare soluzioni tecniche di emergenza per far fronte all'evento, anche improvvisate e inusuali, ingaggiando una defaticante lotta per portare l'impianto in uno stato di sicurezza.

In un reattore nucleare, uno scenario caratterizzato dalla perdurante assenza di alimentazione elettrica determina serie difficoltà ad assicurare la primaria funzione di sicurezza della rimozione del calore residuo dal reattore e dalle piscine dove si trova immagazzinato il combustibile nucleare esaurito. Non poter mantenere un idoneo battente d'acqua e un'adeguata refrigerazione attraverso il funzionamento di un circuito di raffreddamento ha determinato il surriscaldamento degli elementi di combustibile che costituiscono il nocciolo del reattore, la conseguente parziale fusione degli stessi (per le unità 1, 2 e 3), il rilascio dei radionuclidi più volatili (*in primis* gas nobili, iodio e cesio), prima all'interno del recipiente in pressione dove è alloggiato il reattore, poi nella struttura del contenimento primario e da qui all'ambiente esterno, a seguito delle naturali perdite dovute alle condizioni di sovrappressione venutesi a creare e per il rilascio deliberato nell'ambiente dalle strutture di contenimento stesse, reso necessario al fine di salvaguardarne l'integrità. Il tutto è stato aggravato dal fenomeno di produzione d'idrogeno conseguente al surriscaldamento del combustibile e dalle successive esplosioni verificatesi nell'edificio reattore che, per le unità 1 e 3 hanno determinato la distruzione delle strutture superiori. Nell'unità 2, a seguito di un'esplosione dovuta alla generazione di idrogeno, si è verificata una falla nella parte bassa della struttura di contenimento. Ulteriore elemento di complicazione è stato determinato dal surriscaldamento del combustibile esaurito nelle piscine del combustibile, in particolare nell'unità 4, con associato rilascio di radioattività in ambiente.

In questo quadro di sviluppo dell'incidente, di per sé molto grave, gli interventi di emergenza posti in atto dai tecnici dell'impianto si sono indirizzati a cercare di limitare il danneggiamento del combustibile e degradazioni significative delle strutture di contenimento delle unità 1, 2 e 3, cercando di mantenere per tali fini una continua iniezione d'acqua tramite mezzi alternativi (generatori di alimentazione elettrica portatili, pompe antincendio ecc.). Nella prima fase si è addirittura fatto ricorso all'iniezione d'acqua di mare, essendo state danneggiate tutte le riserve d'acqua presenti sul sito. In maniera analoga si è cercato di mantenere il battente d'acqua nelle piscine di combustibile, tramite operazioni di spruzzamento d'acqua dall'alto.

L'utilizzo di grandi quantitativi d'acqua per assicurare le condizioni di refrigerazione ha determinato un complesso problema di gestione della stessa, soprattutto in relazione alla sua contaminazione, anche molto elevata, conseguente al contatto avuto con il combustibile danneggiato dei reattori e di quello esaurito stoccato nelle piscine. Pertanto, si è reso necessario reperire sul sito idonei serbatoi di stoccaggio, ricorrendo anche allo svuotamento di quelli già presenti, contenenti acqua debolmente contaminata derivante dall'esercizio dell'impianto. A tali fini è stato autorizzato un rilascio in mare programmato.

La presenza di notevoli quantitativi d'acqua contaminata, unita a probabili danni alle strutture di contenimento, ha determinato, nel caso dell'unità 2, un prolungato rilascio in mare di liquido altamente radioattivo che ha indotto i tecnici giapponesi ad adottare specifici provvedimenti tesi, prima a individuare e intercettare la via di fuga e, successivamente, ad arginare la sua dispersione al largo, disponendo setti protettivi e barriere nelle acque immediatamente antistanti l'impianto.

Questo incidente, al di là del fatto che, per gli effetti di malfunzionamento determinati dal verificarsi sequenziale di un terremoto e di uno tsunami, ha visto coinvolti con lo stesso livello di gravità più reattori, si è caratterizzato per una lenta evoluzione e per la generazione di grandi quantitativi d'acqua contaminata. Volendo azzardare un parallelismo con l'incidente di Chernobyl, mentre quest'ultimo si contraddistinse per un'evoluzione molto rapida - esplosione conseguente a un'incontrollata escursione di potenza che ha determinato la frammentazione del combustibile e l'istantanea vaporizzazione dell'acqua di raffreddamento - e l'incendio della grafite, con trasporto in quota di gran parte della radioattività, nel caso di Fukushima l'evoluzione è stata come detto diluita nel tempo e caratterizzata dalla generazione di grandi quantitativi d'acqua contaminata. Ciò ha determinato rilasci di radioattività in aria inferiori - pur se, nel suo complesso, l'incidente è stato classificato al livello 7 della scala INES, come quello di Chernobyl - limitando l'estensione del territorio interessato da significative ricadute alle aree nelle più immediate vicinanze dell'impianto. Tra queste aree è ovviamente compreso il tratto di mare antistante alla costa, per il quale si può prevedere che, per gli effetti di diluizione e di dispersione indotti dalle correnti oceaniche, terminati i rilasci, si avrà una graduale e continua diminuzione delle concentrazioni di radioattività.

Da una prima analisi dell'incidente nucleare nell'impianto di Fukushima Daiichi e in relazione ai vari eventi che si sono contestualmente verificati e susseguiti, ne derivano elementi che ne caratterizzano una sua specifica connotazione sia dal punto di vista della sua gestione, sia dell'evoluzione delle conseguenze radiologiche nel sito nucleare e all'esterno dello stesso.

Per quanto riguarda il sito e per gli aspetti concernenti la radioprotezione dei lavoratori coinvolti nelle operazioni di intervento d'emergenza, va in particolare rilevato che l'esercente dell'impianto non si è trovato a far fronte alle problematiche, tutt'altro che

semplici, connesse con la gestione di un incidente nucleare che coinvolge un'unica sorgente (intesa come un'unica unità, reattore e relativa piscina di decadimento del combustibile esaurito) ma, con la degradazione contestuale dello stato di più unità e dello stato di refrigerazione delle piscine di decadimento del combustibile esaurito dislocate in più unità, che hanno pesantemente influito sulla gestione dell'evento incidentale e sulle operazioni pianificate di recupero dell'impianto nel loro complesso e di mitigazione dei rilasci nell'ambiente all'esterno del sito. Tutto ciò anche in relazione alla presenza di elevati livelli di intensità di dose rilevati, non solo all'interno delle singole unità, ma anche all'esterno degli edifici, tra gli stessi e nel sito a distanza dalle unità, nonché della presenza di acqua altamente contaminata in diverse zone dell'impianto, ad esempio nell'edificio turbina. Da segnalare che già nei primi giorni dell'incidente sono stati registrati, all'interno del sito, picchi dell'intensità di dose gamma notevolmente superiori al fondo ambientale, ad esempio tra il 14 e il 18 marzo 2011 ai confini della centrale si è rilevato un valore di picco, associato agli eventi significativi occorsi alle unità 2 e 4, di circa 12 mSv/h, mentre tra le unità 3 e 4 si è raggiunto anche un valore massimo di 400 mSv/h.

Per quanto riguarda l'impatto radiologico sulla popolazione e sull'ambiente, va evidenziato che, oltre al rilascio in atmosfera dei comuni radionuclidi emessi in incidenti di questa natura (quali ad esempio gas nobili, alogeni quali lo iodio e il tellurio, il cesio e lo stronzio), ciò che ha maggiormente caratterizzato l'incidente dell'impianto di Fukushima Daiichi è stata la contaminazione dell'acqua marina nel tratto di mare di fronte alla centrale, derivante dal rilascio di liquidi radioattivi dagli impianti danneggiati, dalla ricaduta atmosferica sulla superficie del mare e dal trasporto per lisciviazione dal terreno contaminato. In particolare, i rilasci di liquidi radioattivi dagli impianti sono stati determinati, nelle immediate vicinanze, dalla perdita di acqua ad alto contenuto di radioattività dall'unità 2; perdita successivamente interrotta a seguito di interventi specifici. Ulteriori rilasci programmati di acqua a più bassa contaminazione (derivante dal normale esercizio degli impianti e destinata a essere smaltita secondo la tempistica ed entro i limiti prescritti dalle autorità giapponesi nella licenza di esercizio) sono stati poi effettuati al largo, per rendere disponibili dei volumi di stoccaggio dell'acqua a più elevata contaminazione accumulatasi nel corso della gestione dell'incidente.

Già nella settimana successiva all'11 marzo, sulla base dei dati di monitoraggio ambientale, forniti a partire dal 16 marzo dal Ministero dell'Educazione, della Cultura, dello Sport, della Scienza e della Tecnologia giapponese (MEXT), è stato rilevato l'andamento dell'intensità di dose in aria nelle varie prefetture del territorio giapponese, e alcune di esse hanno presentato valori nettamente superiori al fondo ambientale locale; inoltre il Ministero della salute giapponese ha confermato la presenza di iodio radioattivo nei prodotti alimentari misurati nell'area intorno alla centrale. Sulla base delle indagini radiometriche effettuate, le Autorità giapponesi hanno adottato i seguenti provvedimenti: evacuazione della popolazione nel

raggio di 20 km dalla centrale; riparo al chiuso nel raggio tra 20 e 30 km; fornitura di iodio stabile ai centri di distribuzione, pronto per la somministrazione; assunzione di iodio stabile per le persone che ancora si trovavano all'interno della zona di evacuazione.

A seguito delle risultanze delle misure dell'intensità di dose in aria, della deposizione al suolo e della contaminazione dei prodotti alimentari (è stata rilevata oltre la presenza dello iodio 131 anche quella del cesio 137 superiori ai limiti stabiliti dalla legislazione giapponese in situazioni di emergenza per l'adozione di contromisure), sono state introdotte in alcune Prefetture la prime misure restrittive sulla distribuzione e sul consumo di alcuni alimenti (quali latte e vegetali a foglia larga) e dell'acqua potabile. La contaminazione entro breve termine dell'acqua potabile rappresenta un ulteriore aspetto specifico delle conseguenze dell'incidente di Fukushima e la causa andrebbe ricercata tra le modalità di approvvigionamento utilizzate in Giappone.

Il controllo su cibi e acqua potabile è stato effettuato con continuità e prosegue sino a oggi; va inoltre evidenziato che ai primi di aprile 2011 il Ministero della salute giapponese ha reso pubblici i criteri per aggiornare, con cadenza settimanale, la lista degli alimenti di cui è stata vietata la distribuzione e il consumo. I provvedimenti di messa al bando e revoca, attuati a livello delle prefetture o di singola città, hanno riguardato la distribuzione e il consumo, in particolare, di latte fresco, acqua potabile, verdure a foglie larghe (ad es. spinaci, lattuga), cavolfiori, broccoli, funghi e alcuni tuberi.

### Misure di radioattività ambientale in Italia

Dal giorno successivo all'incidente l'ISPRA ha chiesto al sistema delle Agenzie Regionali e delle Province Autonome per la Protezione dell'Ambiente inizialmente l'intensificazione delle misure di particolato atmosferico nell'ambito della rete nazionale di sorveglianza della radioattività ambientale (RESORAD), allo scopo di monitorare l'eventuale presenza di radioattività in aria riconducibile all'incidente, con particolare attenzione agli isotopi iodio-131, cesio-137 e cesio-134. Dopo i primi riscontri positivi delle misure è stato richiesto di controllare la presenza di radionuclidi nella deposizione al suolo, nei vegetali e nel latte, al fine di seguire eventuali fenomeni di trasferimento dei radionuclidi nell'ambiente e alle matrici alimentari.

I dati sono stati caricati immediatamente, dopo la loro validazione, nella banca dati DBRad di ISPRA, al fine di consentire una rapida valutazione dell'evoluzione del fenomeno. Gli stessi dati sono stati diffusi giornalmente attraverso il sito ISPRA e i siti delle Agenzie ambientali regionali e provinciali.

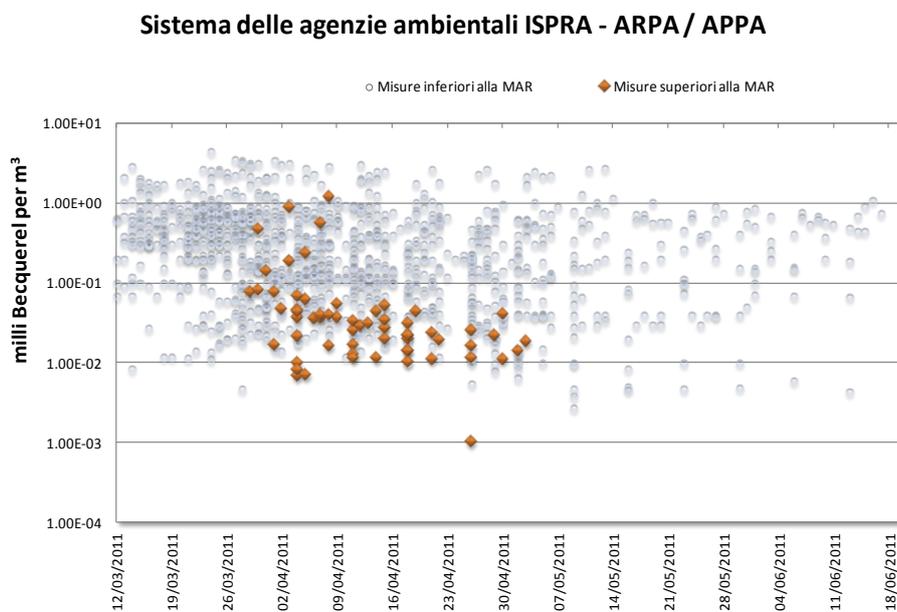
Le misure effettuate sul particolato atmosferico hanno evidenziato, per il periodo immediatamente successivo al 25 marzo, la presenza di tracce di iodio-131 variabili tra 0,0021 e 3,10 mBqm<sup>-3</sup> e di cesio-137 variabili tra 0,001 mBqm<sup>-3</sup> e 1,20 mBqm<sup>-3</sup>. In alcune misure sono state individuate tracce di cesio-134, variabili tra 0,00061 mBqm<sup>-3</sup> e 0,25 mBqm<sup>-3</sup>. Nei campioni in cui sono stati rilevati sia il cesio-137 sia il cesio-134, la media dei rapporti isotopici tra i due

radionuclidi è risultata di circa 0,86, in linea con quanto riscontrato negli altri paesi europei. La presenza di cesio-134 e il valore del rapporto con il cesio-137 hanno confermato la correlazione con l'incidente giapponese. Anche misure finalizzate alla rilevazione di iodio in forma gassosa hanno confermato la presenza di tracce di questo isotopo, variabili tra 0,061 e 3,90 mBqm<sup>-3</sup>. Sono state, inoltre, riscontrate tracce di iodio-131 nella deposizione al suolo, variabili tra 0,058 e 25,4 mBqm<sup>-2</sup> e di cesio-137 con valori compresi tra 10,0 e 76 mBqm<sup>-2</sup>. I risultati delle misure effettuate sul latte e sui vegetali a foglia larga, hanno evidenziato, a partire dal 30 marzo, minime tracce di iodio-131 e di cesio-137, quest'ultimo non direttamente correlabile all'incidente in Giappone a causa dei bassi valori e della presenza degli stessi radionuclidi nell'ambiente, precedente l'incidente, dovuta alle ricadute ricollegabili agli esperimenti nucleari degli anni '60 e all'incidente di Chernobyl, nonché per l'assenza di rilevazione di cesio-134 (o almeno inferiore ai limiti di sensibilità della strumentazione).

Nelle Figure 1 e 2 sono riportati gli andamenti delle concentrazioni di attività di iodio-131 e di cesio-137 durante il periodo successivo all'incidente.

A partire dal mese di maggio i valori sono tutti rientrati al di sotto delle sensibilità strumentali, o risultati in linea con le rivelazioni precedenti l'incidente e normalmente riscontrate nelle matrici esaminate.

I valori riscontrati in Italia sono stati in linea con quelli degli altri Paesi europei, non hanno avuto alcuna rilevanza dal punto di vista radiologico e sono tali da non aver costituito alcun rischio di tipo sanitario.



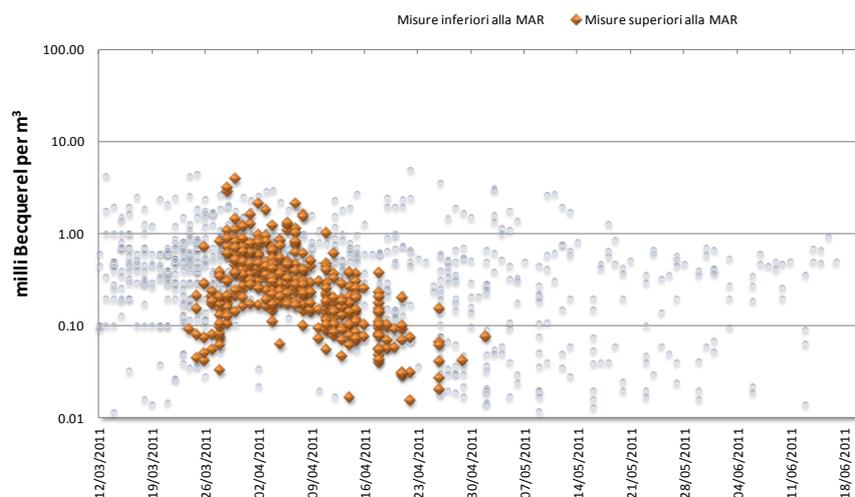
Le misure sono riportate alla data di fine campionamento. Le durate dei singoli campionamenti possono essere diverse

*L'incidente di Fukushima del marzo 2011 non ha comportato alcun significativo contributo aggiuntivo della presenza di radionuclidi nelle matrici coinvolte, dati i valori estremamente bassi riscontrati per i soli periodi immediatamente successivi all'incidente.*

**Figura 1: Andamento della concentrazione di cesio-137 nel particolato atmosferico<sup>12</sup>**

<sup>12</sup> Fonte: ISPRA

## Sistema delle agenzie ambientali ISPRA - ARPA / APPA



Le misure sono riportate alla data di fine campionamento. Le durate dei singoli campionamenti possono essere diverse.

**Figura 2: Andamento della concentrazione di iodio-131 nel particolato atmosferico<sup>13</sup>**

### Iniziative e riflessioni

Nei prossimi anni l'incidente di Fukushima sarà analizzato in tutti i dettagli. La gravità delle conseguenze e le peculiarità dell'origine e dell'evoluzione dell'incidente hanno stimolato in ambito internazionale l'avvio di molte iniziative per condurre delle rivalutazioni di sicurezza sugli impianti oggi in esercizio, mirate a verificare i margini a fronte di scenari analoghi a quelli verificatisi a Fukushima e a individuare eventuali provvedimenti migliorativi (in termini di nuovi sistemi di sicurezza da introdurre o di rafforzamento della qualificazione di quelli esistenti, nuove procedure di gestione degli incidenti, ecc.).

Vanno al riguardo citate le iniziative assunte dall'Unione Europea per l'esecuzione di "stress test" sulle centrali oggi in esercizio in Europa e il varo da parte dell'AIEA, sulla base del mandato ricevuto dalla riunione ministeriale degli Stati membri tenutasi nel mese di giugno a Vienna, di uno specifico piano per il rafforzamento del regime della sicurezza nucleare a livello mondiale.

Un fatto è comunque certo, l'incidente alla centrale nucleare di Fukushima ha drammaticamente confermato l'inaccettabilità di scenari che comportano gravi conseguenze per l'uomo e per l'ambiente e l'assoluta necessità di una continua rimodulazione degli obiettivi di sicurezza delle installazioni, accompagnata da una sempre più rigorosa verifica dei livelli di sicurezza raggiunti, nonché di un efficace monitoraggio della radioattività nell'ambiente. È questa la sfida alla quale sono chiamati a rispondere gli esercenti, che hanno la responsabilità primaria della gestione in sicurezza delle installazioni; i governi cui competono lo sviluppo e il mantenimento di un adeguato quadro legislativo e istituzionale, fondato su di un sistema di regolamentazione e controllo effettivamente indipendente;

*Nel periodo marzo – maggio 2011 sono state effettuate circa 1.200 misurazioni in più rispetto al normale programma di monitoraggio della radioattività ambientale.*

<sup>13</sup> Fonte: ISPRA

le autorità di sicurezza cui spetta la regolamentazione e la verifica delle installazioni in tutte le fasi della loro vita, nell'ambito di chiare procedure autorizzative e attraverso rigorosi controlli.