

## RADIAZIONI IONIZZANTI

### CAPITOLO 15

**Autori:** Giovanni AGNESOD<sup>(3)</sup>, Mario DIONISI<sup>(1)</sup>, Leandro MAGRO<sup>(1)</sup>, Giuseppe MENNA<sup>(1)</sup>, Rita OCONE<sup>(1)</sup>, Carmelina SALIERNO<sup>(1)</sup>, Francesco SALVI<sup>(1)</sup>, Roberto SOGNI<sup>(2)</sup>, Giancarlo TORRI<sup>(1)</sup>, Flavio TROTTI<sup>(4)</sup>, Chiara ZAMPIERI<sup>(4)</sup>, Paolo ZEPPA<sup>(1)</sup>, Joanne WELLS<sup>(1)</sup>

**Curatore:** Silvia IACCARINO<sup>(1)</sup>

**Referente:** Giancarlo TORRI<sup>(1)</sup>

1) APAT, 2) ARPA Emilia Romagna, 3) ARPA Valle d'Aosta, 4) ARPA Veneto



Le radiazioni ionizzanti sono particelle e/o energia di origine naturale o artificiale in grado di modificare la struttura della materia con la quale interagiscono. Nel caso dei

tessuti biologici tale interazione può portare a un possibile danneggiamento delle cellule. Nella maggior parte dei casi il danno viene riparato dai normali meccanismi di difesa dell'organismo ma, in alcuni casi, in funzione anche dell'entità e della durata dell'esposizione, le cellule interessate possono risultare compromesse, e possono dar luogo, sugli individui esposti, a conseguenze sanitarie evidenziabili sul piano clinico. Tra questi tipi di effetti alcuni, detti "deterministici", si manifestano al di sopra di soglie di esposizione molto elevate quali, ad esempio, quelle ricevute a seguito dell'incidente di Chernobyl dagli operatori dell'impianto e inducono lesioni anatomiche e perdita di funzionalità d'organi e tessuti. Per questo tipo di effetti la cui gravità clinica aumenta con la dose, viene impiegata una specifica grandezza denominata "dose assorbita" la cui unità di misura è il gray (Gy); la soglia di comparsa di questi effetti è dell'ordine del gray. L'altro tipo di effetti, denominati "stocastici", in quanto possono colpire in modo casuale gli individui esposti o i loro discendenti, si suppone che possano conseguire anche da dosi basse, quali quelle che tipicamente si ricevono nella vita comune. Allo scopo di quantificare il rischio di incorrere in questo tipo di effetti viene usata una specifica grandezza denominata "Dose efficace" la cui unità di misura è il sievert (Sv).

Questo tipo di effetti comprende gli effetti stocastici "somatici", che ricadono eventualmente sull'individuo esposto, e gli effetti stocastici "genetici" o meglio "ereditari", che ricadono eventualmente sulla discendenza dell'individuo esposto.

L'obiettivo principale del capitolo è di presentare, nel rispetto del modello DPSIR, alcuni indicatori che rappresentino, attraverso le relative serie di dati, lo stato attuale del controllo dell'esposizione della popolazione italiana alle radiazioni ionizzanti. Devono, tuttavia, essere evidenziati alcuni aspetti peculiari di questa tematica. Nonostante in Italia l'opzione della produzione di energia da processi di fissione nucleare sia stata accantonata dal 1987, a seguito del referendum popolare, dopo un relativo

disimpegno dalle attività nucleari in genere (a eccezione della medicina nucleare), negli ultimi anni sta emergendo la necessità di allargare il fronte degli impegni riguardo alla protezione dell'ambiente, della popolazione e dei lavoratori. Il nuovo quadro normativo di riferimento determinato dall'entrata in vigore del D.Lgs. 241/00 (che modifica il D.Lgs. 230/95) ha preso in considerazione alcune problematiche che da tempo stavano emergendo come potenziali fonti di esposizione per la popolazione e per i lavoratori. Tra queste, particolare rilevanza ha l'esposizione a radiazioni di origine naturale (in particolare radon e attività con materiali radioattivi di origine naturale). Il decreto assegna compiti e doveri agli esercenti delle attività soggette al campo di applicazione, ma anche a istituzioni locali (Regioni e Province autonome) e nazionali (Enti e Ministeri). In secondo luogo, la crescente produzione e circolazione a livello mondiale di materiale radioattivo richiedono un crescente impegno per attività di controllo e di monitoraggio e il mantenimento di competenze radioprotezionistiche, anche in un paese dove non vi sono centrali nucleari in attività. Un'attenzione particolare meritano, inoltre, tutte le future attività di *decommissioning* degli impianti nucleari attualmente esistenti in Italia. Molti degli aspetti dell'esposizione a radiazioni ionizzanti riguardano, altresì, particolari e ristretti gruppi della popolazione, ad esempio nelle immediate vicinanze di impianti o determinati luoghi di lavoro o, ancora, specifiche attività; tali peculiarità richiedono interventi e monitoraggi studiati caso per caso. Sono stati selezionati 10 indicatori che rappresentano quanto attualmente ottenibile in termini di rappresentatività e di disponibilità di dati sul territorio italiano. Si nota un'insufficiente presenza di indicatori di risposta. In realtà il grande sforzo e l'attenzione rivolti all'emanazione di normative che tendono, tutte, a prevenire fenomeni di esposizione accidentale o non giustificata, rappresenta la principale risposta per questa tematica. La legislazione sulla protezione dei lavoratori e della popolazione è tra le più curate e approfondite. Rimangono ancora da definire e sviluppare indicatori adeguati alle nuove problematiche citate, in particolare, indicatori di risposta, allo scopo di controllare l'andamento del fenomeno nel tempo. Tale fase richiederà ancora tempo, sia per gli aspetti metodologici, sia di raccolta dati. Lo stato e il *trend* degli indicatori forniscono un quadro sostanzialmente stazionario della situazione.




## Q15: QUADRO SINOTTICO INDICATORI

| Tema<br>SINAnet       | Nome<br>Indicatore   | DPSIR | Qualità<br>Informazione | Copertura    |                            | Stato e<br>Trend | Rappresentazione |           |
|-----------------------|--|-------|-------------------------|--------------|----------------------------|------------------|------------------|-----------|
|                       |  |       |                         | S            | T                          |                  | Tabelle          | Figure    |
| Radiazioni ionizzanti | Attività lavorative con uso di materiali contenenti radionuclidi naturali (NORM)   | D     | ★★                      | I            | 2004                       | ☹                | 15.1             | -         |
|                       | Strutture autorizzate all'impiego di radioisotopi  | D     | ★★★                     | R 11/20      | 2003                       | ☹                | 15.2-15.3        | 15.1      |
|                       | Impianti per trattamento dei rottami metallici (raccolta, deposito, fusione)   | D     | ★★                      | I<br>R       | 2003                       | ☹                | 15.4             | 15.2      |
|                       | Impianti nucleari: attività di radioisotopi rilasciati in aria e in acqua  | P     | ★★★                     | I            | 2003                       | ☹                | 15.5             | -         |
|                       | Quantità di rifiuti radioattivi detenuti   | P     | ★★★                     | I<br>R 10/10 | 2003                       | ☺                | 15.6             | -         |
|                       | Concentrazione di attività di radon <i>indoor</i>  | S     | ★★★                     | I<br>R       | 1989 - 1997                | ☹                | 15.7             | 15.3-15.4 |
|                       | Dose gamma assorbita in aria per esposizioni a radiazioni cosmica e terrestre  | S     | ★★★                     | I<br>R       | 1970 - 1971<br>1986 - 2003 | ☹                | 15.8-15.9        | 15.5      |
|                       | Concentrazione di attività di radionuclidi artificiali in matrici ambientali e alimentari (particolato atmosferico, deposizioni umide e secche, latte) | S     | ★★                      | I            | 1986 - 2003                | ☹                | 15.10-15.12      | 15.6-15.8 |
|                       | Dose efficace media individuale in un anno   | I     | ★★                      | I            | 2003                       | ☹                | 15.13            | 15.9      |
|                       | Stato di attuazione delle reti di sorveglianza sulla radioattività ambientale  | R     | ★★★                     | I<br>R       | 1997-2003,<br>2004         | ☹                | 15.14-15.16      | -         |

L'indicatore Dose efficace media individuale in un anno (da ora in poi denominata dose efficace) rappresenta una stima approssimata della dose dovuta ai principali contributi di origine naturale e antropica. Essa è anche una grandezza con cui si valuta il rischio, per gli individui e per la popolazione, di effetti avversi. A parte la possibilità, come già accennato, di notevoli scostamenti dalla media per particolari gruppi di popolazione o per singoli individui, la maggior parte dell'esposizione proviene da sorgenti naturali (73%) e, tra queste, il radon *indoor* si stima contribuisca mediamente per circa il 40% del totale della dose efficace. L'esposizione al radon è tra quelle più variabili con dosi efficaci che possono anche essere, per singoli individui, alcune decine di volte superiori alla media nazionale. Nonostante sia possibile ridurre le esposizioni da radon tramite azioni di bonifica degli edifici che presentano alte concentrazioni

(meno di 1%, secondo i livelli di azione che saranno eventualmente scelti dal legislatore), si prevede che per i prossimi anni la situazione media non subirà sostanziali modifiche. La principale fonte di esposizione da sorgenti artificiali è quella medica (27%). La stima del suo contributo alla dose efficace, però, è ancora soggetta a forti incertezze in relazione agli scarsi dati raccolti a livello nazionale. Nel presente capitolo è stato infatti adottato un valore stimato sulla base di parametri legati allo sviluppo industriale e civile del nostro Paese. Deve essere comunque ricordato che le esposizioni mediche sono giustificate sulla base di un bilancio rischi-benefici derivante dalle esperienze, di oltre un secolo, nell'impiego delle radiazioni in tale settore di attività. Infine, le esposizioni dovute alle attività industriali nucleari residue nel nostro Paese, si stima, contribuiscano in modo molto ridotto (0,004%) alla dose.

## QUADRO RIASSUNTIVO DELLE VALUTAZIONI

| Trend   | Nome indicatore                         | Descrizione  |
|---|---|--|
|  | -                                       | -  |
|  | Concentrazione di attività radon indoor | Costituisce la principale fonte di esposizione alle radiazioni |
|  | -                                       | -  |

### 15.1 RADIAZIONI IONIZZANTI

Le sorgenti di radiazioni ionizzanti possono essere suddivise in due principali categorie: sorgenti naturali e artificiali. In assenza di specifici eventi (esplosioni nucleari o incidenti) la maggior parte dell'esposizione della popolazione a radiazioni ionizzanti è di origine naturale, le cui componenti principali sono dovute ai prodotti di decadimento del radon, ai raggi cosmici e alla radiazione terrestre. Un caso particolare di esposizione a radiazioni naturali riguarda le attività lavorative con uso-stoccaggio di materiali, o produzione di residui, contenenti radionuclidi naturali che, proprio per le caratteristiche del tipo di lavorazione, possono comportare una non trascurabile esposizione a radiazioni dei lavoratori e della popolazione. La radiazione che proviene da dette sorgenti (ad eccezione dei raggi cosmici) deriva essenzialmente dalle trasformazioni spontanee (o disintegrazioni) che avvengono nel nucleo atomico; i nuclei che spontaneamente vanno incontro a tale processo di disintegrazione vengono genericamente indicati col termine di "radionuclidi". Si parla in questo caso di "radioattività". Per quantificare tale fenomeno fisico viene usata la grandezza "attività", la cui unità di misura è il becquerell (Bq), corri-

spondente a una disintegrazione al secondo. Tra le esposizioni dovute a sorgenti artificiali, la principale è legata alla diagnostica medica. Riguardo agli indicatori selezionati, si sottolinea la difficoltà di equilibrare la loro scelta al fine di offrire un quadro completo rispetto al modello DPSIR. Al momento, infatti, su dieci indicatori sviluppati, è presente solo uno di risposta. Ciò è dovuto al fatto che alcune cause primarie o alcune pressioni sono difficilmente controllabili in termini di risposta (esposizione a raggi cosmici, a radiazioni terrestri e a seguito del *fallout* di esplosioni negli anni '60), mentre per altre fonti di pressione (radon e NORM) la recente introduzione nella normativa delle problematiche rende, al momento, non identificabili o popolabili opportuni indicatori.

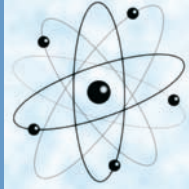
In generale, come obiettivo conoscitivo generale, si è cercato di quantificare, monitorare, documentare e stimare le possibili fonti di radiazioni ionizzanti, la loro incidenza sulla popolazione e le strategie per affrontare le situazioni a rischio; infatti, il controllo della radioattività ambientale e delle fonti di radiazioni deve garantire un sufficiente grado di protezione e prevenzione, sia della popolazione, sia dei lavoratori.

## Q15.1: QUADRO DELLE CARATTERISTICHE INDICATORI RADIAZIONI IONIZZANTI

| Codice Indicatore | Nome Indicatore  | Finalità  | DPSIR | Riferimenti Normativi  |
|-------------------|--|---|-------|--|
| A06.001           | Attività lavorative con uso di materiali contenenti radionuclidi naturali (NORM)   | Censire le fonti di pressione ambientale relative ai NORM   | D     | D.Lgs. 230/95 e s.m.i.   |
| A06.002           | Strutture autorizzate all'impiego di radioisotopi  | Documentare il numero di strutture, suddivise per tipologia d'impianto, autorizzate all'impiego di sorgenti di radiazioni, limitatamente all'impiego di categoria A (per la cui definizione si rimanda al D.Lgs. 230/95 e s.m.i.), e loro distribuzione sul territorio nazionale  | D     | D.Lgs. 230/95 e s.m.i.<br>Direttiva 1996/29/Euratom<br>D.Lgs. 241/00<br>D.Lgs. 257/01  |
| A06.003           | Impianti per trattamento dei rottami metallici (raccolta, deposito, fusione)   | Monitorare il numero di impianti per il trattamento dei rottami metallici e valutare la quantità trattata   | D     | D.Lgs. 230/95 e s.m.i.   |
| A06.004           | Impianti nucleari: attività di radioisotopi rilasciati in aria e in acqua  | Monitorare l'emissione di radioattività, in aria e in acqua, nelle normali condizioni di esercizio degli impianti nucleari  | P     | D.Lgs. 230/95 e s.m.i.   |
| A06.005           | Quantità di rifiuti radioattivi detenuti   | Documentare tipologia e quantità di rifiuti radioattivi secondo la distribuzione nei siti di detenzione   | P     | D.Lgs. 230/95 e s.m.i.   |
| A06.006           | Concentrazione di attività di radon <i>indoor</i>  | Monitorare una delle principali fonti di esposizione alla radioattività per la popolazione  | S     | Raccomandazione europea 1990/143/Euratom 21/02/1990<br>D.Lgs. 230/95 e s.m.i.  |
| A06.007           | Dose gamma assorbita in aria per esposizioni a radiazioni cosmica e terrestre  | Documentare entità e distribuzione della dose efficace per esposizione a radiazione gamma di origine cosmica e terrestre (due delle fonti di esposizione alla radioattività naturale), al fine di valutarne l'impatto sulla popolazione italiana. Documentare eventi o situazioni incidentali che possano comportare un aumento dell'esposizione della popolazione a radiazioni | S     | D.Lgs. 230/95 e s.m.i.   |
| A06.008           | Concentrazione di attività di radionuclidi artificiali in matrici ambientali e alimentari (particolato atmosferico, deposizioni umide e secche, latte) | Valutare la concentrazione media annua di attività di radionuclidi artificiali nel particolato atmosferico, nella deposizione al suolo e nel latte, finalizzata al controllo della radiocontaminazione ambientale   | S     | D.Lgs. 230/95 e s.m.i.<br>Raccomandazione europea 2000/473/Euratom 08/06/2000<br>Regolamento CEE 737/90 e successive proroghe<br>Circolare 2/87 del Ministero della sanità |
| A06.009           | Dose efficace media individuale in un anno   | Stimare i contributi delle fonti di esposizione alla radioattività (di origine naturale e antropica) della popolazione  | I     | D.Lgs. 230/95 e s.m.i.<br>D.Lgs. 187/00 (art. 12)  |
| A06.010           | Stato di attuazione delle reti di sorveglianza sulla radioattività ambientale  | Valutare lo stato di attuazione dell'attività di sorveglianza sulla radioattività ambientale in Italia, relativamente alle reti esistenti, in conformità con programmi di assicurazione di qualità nazionali e internazionali   | R     | D.Lgs. 230/95 e s.m.i.   |

## BIBLIOGRAFIA

- UNSCEAR 2000-United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, *Sources and effects of ionizing radiation*. Vol. I: Sources, New York: United Nations; E.00.IX.3, 2000.
- UNSCEAR, *Sources and Effects of Ionising Radiation*, United Nations, New York, 1982-2000.
- Assopiastrelle, *CerAnnuario*, ed.Cer. S.p.A, 2003/2004.
- [http://www.italiatiles.com/cti/home.nsf/Home\\_ita?OpenForm](http://www.italiatiles.com/cti/home.nsf/Home_ita?OpenForm).
- Decreto Legislativo 230/1995 e s.m.i.
- Allegato IX del Decreto Legislativo 230/1995.
- ANPA, *Rapporto annuale delle Reti Nazionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale in Italia*, 1991, 1992, 1993, 1994-97, 1998.
- F. Trotti et al., *The inventory and radiological impact of Naturally Occurring Radionuclides in some Italian non-nuclear industries*, NORM IV Conference – Szczyrk (Poland) 2004, May 16th - 21th.
- C. Zampieri et al., *A study concerning NORM in refractories industries*, NORM IV Conference – Szczyrk (Poland) 2004, May 16th - 21th.
- F. Bochicchio, G. Campos Venuti, S. Piermattei, G. Torri, C. Nuccetelli, S. Risica, L. Tommasino, *Results of the national survey on radon indoors in the all the 21 italian regions*, Proceedings of Radon in the Living Environment Workshop, Atene, Aprile 1999.
- A. Cardinale, L. Frittelli, G. Lembo, G. Gera, O. Ilari, *Studies on the Natural Background in Italy*, Health Phys. 20, 285, 1971.
- A. Cardinale, G. Cortellessa, F. Gera, O. Ilari, G. Lembo, *Absorbed Dose Distribution in the Italian Population Due to the Natural Background Radiation*, Proceedings of the Second International Symposium on the Natural Radiation Environment, J.A.S. Adams, W.M. Lowder and T.F. Gesell eds. Pag. 421, 1972.



# ATTIVITÀ LAVORATIVE CON USO DI MATERIALI CONTENENTI RADIONUCLIDI NATURALI (NORM)

INDICATORE - A06.001

## DESCRIZIONE

L'indicatore, qualificabile come indicatore di causa primaria, descrive la presenza nel territorio nazionale delle attività lavorative con uso-stoccaggio di materiali, o produzione di residui, che contengono radionuclidi naturali (NORM - *Naturally Occurring Radioactive Materials*) in quantità non trascurabili dal punto di vista dell'esposizione della popolazione alle radiazioni ionizzanti. L'approfondimento "Esempio di pressione ambientale sulla popolazione relativamente all'impiego dei NORM nell'industria dei materiali refrattari" presenta i risultati di un'indagine che ARPA Veneto, Università di Urbino e APAT hanno eseguito in un'azienda leader produttrice di refrattari.

## UNITÀ di MISURA

Numero (n.)

## FONTI dei DATI

APAT/CTN\_AGF

## PERIODICITÀ di AGGIORNAMENTO

Annuale

## QUALITÀ dell'INFORMAZIONE

| Rilevanza | Accuratezza | Comparabilità nel tempo | Comparabilità nello spazio |
|-----------|-------------|-------------------------|----------------------------|
| 1         | 2           | 2                       | 2                          |

L'indicatore è rilevante ai fini della domanda di informazione proveniente dalla normativa nazionale. Dovrebbe essere migliorata la completezza dell'informazione attraverso la ricerca di ulteriori fonti. La recente introduzione della problematica nella normativa rende la comparabilità temporale limitata (dal 1999). Anche la comparabilità spaziale presenta delle riserve in quanto i dati non sono sufficientemente omogenei.

Disomogeneità dei dati relativi a diverse unità territoriali e diversa qualità dei dati; relativa difficoltà di aggiornamento dei dati stessi.

★ ★

## SCOPO e LIMITI

Censire le fonti di pressione ambientale relative ai NORM.

## OBIETTIVI FISSATI dalla NORMATIVA

Il D.Lgs. 230/95 e s.m.i. estende il campo di applicazione alle attività lavorative che comportano la produzione di residui, l'uso o lo stoccaggio di materiali abitualmente non considerati radioattivi, ma che contengono radionuclidi naturali e provocano un aumento significativo dell'esposizione dei lavoratori e del pubblico.

## STATO e TREND

Lo stato e il trend attribuibili all'indicatore evidenziano una situazione di sostanziale stazionarietà, anche se i dati presentati sono ancora incompleti e non aggiornati alla stessa data. Si prevede nei prossimi anni un miglioramento del contenuto informativo dell'indicatore, con l'ottimizzazione del censimento specifico e della banca dati da parte del CTN\_AGF.

## **COMMENTI a TABELLE e FIGURE**

---

Il lavoro di censimento delle attività lavorative interessate dalla presenza di NORM condotto nell'ambito del CTN\_AGF è tuttora in corso e vanno completate la raccolta dati presso le aziende e le stime d'impatto radiologico sull'ambiente. Alcuni commenti sintetici possono, comunque, già essere fatti in merito alla significatività dal punto di vista ambientale delle lavorazioni. Attenzioni vanno rivolte alle discariche di fosfogessi, alle polveri di fusione e altri residui rinvenibili nella produzione di refrattari, alla gestione dei residui contaminati nell'attività estrattiva di petrolio e gas naturale; di minor rilievo appaiono gli apporti dovuti alle centrali a carbone (emissioni di ceneri da camino), a produzione e uso dei fertilizzanti; approfondimenti sono, nondimeno, necessari, particolarmente per la manifattura delle piastrelle e dei prodotti ceramici, per le acciaierie integrate, per la gestione dei sottoprodotti dell'estrazione di allumina.



**Tabella 15.1: Attività lavorative con uso/produzione di NORM**

| Tipologia attività (impianto)                            | N. attività   | Fonte dati  | Disponibilità        |      | Potenziale pressione sull'ambiente   |
|--|---|---|----------------------|------|--|
|  |   |   | Aggiornamento dati   |      |  |
| Produzione di silicati di zirconio macinati <sup>1</sup> | 10 stabilimenti   | Comunicazione produttori                              | Nazionale            | 2004 | I minerali di partenza hanno elevati contenuti di U-238 e Th-232. Problemi per dispersione delle polveri, irradiazione in trasporto e stoccaggio e per la gestione residui (processi a umido). |
| Produzione di materiali refrattari <sup>2</sup>          | 10 stabilimenti   | Assopiastreffe  | Per singola attività | 2004 | Immissione parziale in atmosfera di Pb-210 e Po-210 durante la combustione delle sabbie.   |
| Produzione di piastre <sup>3</sup>                       | 50 principali stabilimenti  | Assopiastreffe  | Per singola attività | 2004 | Sono potenziali NORM le polveri raccolte dai depuratori e i fanghi dei reparti di produzione smalti, smaltatura e levigatura grès porcellanato.  |
| Lavorazione dei minerali fosfatici                       | 3 aziende a produzione di superfosfati, 17 principali produttori di fertilizzanti composti e fosfatici semplici | Assofertilizzanti                                     | Per singola attività | 2004 | Il minerale di partenza (fosforite) ha elevate concentrazioni di U-238. Problemi per esposizione dei lavoratori dell'industria di fosfati e fertilizzanti e degli utilizzatori in agricoltura. |
| Lavorazione della bauxite <sup>4</sup>                   | 1 stabilimento  | Assomet, contatti diretti                             | Per singola attività | 2004 | Percentuali non trascurabili di U-238, Ra-226 e Th-232 nella bauxite e nei residui del processo. Possibili problemi derivanti dalle polveri.   |
| Estrazione gas e petrolio (AGIP) <sup>5</sup>            | 7.619 pozzi<br>34 campi a terra<br>38 piattaforme<br>53 centrali  | Comunicazione AGIP                                    | Per singola attività | 2001 | Possibili problemi per smaltimento incrostazioni di parti dell'impianto (potenziale presenza di Ra-226, Pb-210, Po-210) e delle acque di formazione (potenziale presenza di Ra-226).           |
| Raffinerie di petrolio <sup>6</sup>                      | 18 stabilimenti   | Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio | Per singola attività | 2002 | Possibili problemi per smaltimento incrostazioni di parti dell'impianto.   |
| Miniere di uranio <sup>7</sup>                           | 2 siti  | APAT  | Provinciale          | 2002 | Problemi per eventuale accesso della popolazione e riutilizzo dell'area.   |

continua

segue

| Tipologia attività (impianto)                    | N. attività   | Fonte dati                                      | Disponibilità                |  | Potenziale pressione sull'ambiente  |
|--|---|---|------------------------------|--|---|
|  |   |   | Aggiornamento dati           |  |   |
| Acciaierie a ciclo integrale <sup>8</sup>        | 4 stabilimenti,<br>2 dei quali con impianti<br>di agglomerazione minerale | Federacciai, siti web<br>dei gruppi industriali | Per singola attività<br>2002 |  | Nella combustione dei minerali (sinterizzazione, soprattutto)<br>immissione parziale in atmosfera di Pb-210 e Po-210.<br>Possibili problemi per lo smaltimento e il riciclaggio dei residui.  |
| Centrali termoelettriche a carbone (Gruppo ENEL) | 13 stabilimenti   | Società Gruppo Enel                             | Per singola attività<br>2002 |  | La combustione del carbone porta all'immissione parziale<br>in atmosfera di Pb-210 e Po-210. Problemi per il riutilizzo in edilizia<br>delle ceneri leggere (irradiazione esterna ed esalazione di radon),<br>e lo smaltimento in discarica delle ceneri pesanti. |
| Discariche di fosfogessi <sup>9</sup>            | 5 siti  | Comunicazione referenti locali<br>Enichem       | Per singola attività<br>2002 |  | Elevati contenuti di Ra-226, Pb-210 e Po-210.<br>Possibile rilascio in fiumi e mari.  |

Fonte: APAT/CTN\_AGF

**LEGENDA:**

- 1 - Si tratta di attività che, a partire da sabbie ad alto contenuto di zirconio, producono polveri di silicati di zirconio destinate all'industria delle ceramiche, dei refrattari, alla produzione di smalti, vetri speciali, mattonelle. Il dato deriva da una comunicazione personale ed è probabilmente deficitario
- 2 - Il 50% di queste aziende utilizza sabbie zirconifere o loro derivati
- 3 - Il 70% circa di queste aziende ha il ciclo produttivo completo (che include la preparazione degli smalti spesso contenenti composti dello zirconio), il 50% produce grès porcellanato (il grès porcellanato bianco contiene le sabbie zirconifere nell'impasto)
- 4 - Si tratta di attività che a partire dalla bauxite (roccia la cui composizione è prevalentemente fatta di ossidi idrati di alluminio e di ferro) producono allumina per le relative raffinerie
- 5 - I dati si riferiscono unicamente agli impianti AGIP per la non disponibilità di dati relativi a Edison Gas e Società Petroliera Italiana
- 6 - Si tratta di raffinerie soggette a notifica secondo l'art. 6 del D.Lgs. 334/99 sugli stabilimenti a rischio di incidente rilevante
- 7 - Le miniere, entrambe chiuse, si trovano in Val Seriana (provincia di Bergamo) e Val Vedello (provincia di Sondrio)
- 8 - Il ciclo integrale parte dalle materie prime, costituite principalmente da minerali di ferro e *carbon coke*, e copre il 40% della produzione complessiva di acciaio in Italia. La restante produzione avviene con forno elettrico a partire dal rottame di ferro
- 9 - Si tratta di siti (tutti di proprietà Enichem) in cui venivano depositati i fosfogessi, quali residui delle attività finalizzate alla produzione di fertilizzanti o detersivi (Venezia, Crotone, Porto Torres, Gela)



Le fonti di pressione ambientale relative ai NORM sono le attività lavorative che implicano l'impiego, lo stoccaggio oppure la produzione di materiali e/o di residui che, a causa del contenuto di radioattività naturale, provocano un aumento dell'esposizione della popolazione. Queste attività sono diventate anche oggetto della normativa italiana di protezione dalle radiazioni ionizzanti (Decreto Legislativo 230/95 come modificato dal Decreto Legislativo 241/00); in particolare nell'Allegato I-bis del D.Lgs. 241/00 si trova l'elenco delle suddette attività:

- industria che utilizza minerali fosfatici e depositi per il commercio all'ingrosso dei fertilizzanti;
- lavorazione di minerali nella estrazione di stagno, ferro-niobio da pirocloro e alluminio da bauxite;
- lavorazione di sabbie zirconifere e produzione di materiali refrattari;
- lavorazione di terre rare;
- lavorazione e impiego di composti del torio (elettrodi per saldatura, produzione di lenti, reticelle per lampade a gas);
- produzione di pigmento al biossido di titanio;
- estrazione e raffinazione di petrolio ed estrazione di gas.

Nel corso del biennio 2002-2003 ARPA Veneto ha svolto un'indagine dettagliata in un'azienda produttrice di refrattari. I campioni di materie prime, prodotti finiti e residui, prelevati presso l'azienda, sono stati analizzati da tre laboratori e con due metodiche diverse: ARPA Veneto ha eseguito analisi di spettrometria gamma, l'Università di Urbino e APAT hanno condotto analisi di radiochimica (con determinazione dell'U-238 e del Po-210 attraverso spettrometria alfa e del Pb-210 attraverso conteggio beta).

La tabella 15a mostra i risultati delle misure: nei casi di singole analisi sui campioni sono riportate le incertezze di misura al livello di confidenza del 68%; ove si abbiano coppie di analisi sugli stessi campioni, sono indicate le deviazioni percentuali tra i due valori (che in media sono 14% per l'U-238, 14% per il Pb-210 e 10% per il Po-210), che rappresentano una stima dell'incertezza. Dalla lettura della tabella 15a si evincono i valori di concentrazione di attività dei vari radionuclidi ed è possibile fare un confronto tra i contributi dei diversi radionuclidi.

### **Stima di dose alla popolazione (produzione di materiali refrattari)**

Con i dati dell'azienda considerata (tabella 15a), è stata fatta una stima della dose collettiva efficace alla popolazione nei dintorni dell'impianto, dovuta alle emissioni dei camini di fusione e di macinazione, attraverso un modello che considera due fasi di esposizione: 1) l'inalazione diretta durante il passaggio della nube; 2) l'introduzione (intesa come ingestione di cibo contaminato e inalazione di materiale risospeso) e l'irraggiamento esterno dopo la deposizione al suolo. Nel primo caso, la dose da inalazione per la popolazione che vive nell'area dell'impianto è calcolata in base all'integrazione nel tempo delle concentrazioni in aria di attività di tutti i radionuclidi rilasciati. Le attività in uscita dai due camini dell'azienda sono state calcolate moltiplicando le concentrazioni d'attività misurate nelle polveri (tabella 15a) per i quantitativi emessi dai camini in un anno (191 e 198 kg/anno, rispettivamente). Nel caso del Rn-222, il contributo alla dose dovuta al rilascio dall'impianto è calcolato per comparazione con la dose da inalazione dovuta all'emanazione naturale del suolo: si assume che tutto il radon contenuto nelle sabbie zirconifere usate (2.320 t/anno) sia rilasciato in aria. Nel calcolo della dose, sono stati aggiornati alcuni parametri indicati nel Rapporto dell'UNSCEAR del 1982 usando i dati del Rapporto dell'UNSCEAR del 2000: i coefficienti di dose efficace da inalazione e i ratei di respirazione, entrambi pesati sull'età. Nel secondo caso, il modello calcola la dose dovuta all'attività delle polveri emesse e depositate al suolo, comparandola con la dose risultante dalla presenza dei radionuclidi naturali nel suolo.

# ESEMPIO DI PRESSIONE AMBIENTALE SULLA POPOLAZIONE RELATIVAMENTE ALL'IMPIEGO DEI NORM NELL'INDUSTRIA DEI MATERIALI REFRAATTARI

BOX DI APPROFONDIMENTO

Tabella 15a: Concentrazioni di attività in materie prime, prodotti finiti e residui per un'azienda produttrice di refrattari

| Campioni                                      | U-238 <sup>a</sup> | Ra-226 <sup>b</sup> | Pb-210 <sup>c</sup> | Po-210 <sup>c</sup> | U-235 <sup>b</sup> | Th-232 <sup>b</sup> | K-40 <sup>b</sup> |
|---|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|-------------------|
|   | Bq/kg              |                     |                     |                     |                    |                     |                   |
| Sabbie zirconifere                            | 3.613<br>(10,2)    | 3.219<br>(6)        | 2.707<br>(7,4)      | 2.748,0<br>(23,3)   | 137<br>(7)         | 517<br>(6)          | 0<br>(36)         |
| Polveri di abbattimento<br>forno di fusione   | 358,5<br>(17,6)    | 147<br>(6)          | 21.050<br>(18,8)    | 35.000<br>(5,7)     | 20<br>(10)         | 27<br>(6)           | 10<br>(17)        |
| Filtro forno di fusione                       | -                  | -                   | -                   | 28.000(25)          | -                  | -                   | -                 |
| Polveri di abbattimento<br>macinazione scarti | 1.191<br>(21,7)    | 1.046<br>(6)        | 1.033,5<br>(4,0)    | 1.293,5<br>(12,3)   | 59<br>(9)          | 178<br>(6)          | 255<br>(6)        |
| Filtro macinazione scarti                     | -                  | -                   | -                   | 6.100<br>(25)       | -                  | -                   | -                 |
| Prodotto 1                                    | 1.701,5<br>(2,9)   | 1.400<br>(6)        | 951,5<br>(7,3)      | 1.088,5<br>(7,7)    | 82<br>(9)          | 310<br>(6)          | 9<br>(18)         |
| Prodotto 2                                    | 1.751<br>(13,9)    | 1.638<br>(6)        | 752,5<br>(8,7)      | 684,5<br>(2,4)      | 91<br>(8)          | 262<br>(6)          | 0<br>(38)         |
| Prodotto 3                                    | 1.714,5<br>(7,2)   | 1.481<br>(6)        | 1.343,5<br>(10,8)   | 1.352,5<br>(24,9)   | 82<br>(9)          | 250<br>(6)          | 23<br>(13)        |
| Prodotto 4                                    | 19,5<br>(35,9)     | 8<br>(6)            | 31,3<br>(43,8)      | 46,0<br>(2,0)       | 1<br>(31)          | 2<br>(7)            | 81<br>(6)         |
| Fanghi di depurazione                         | 1.635<br>(3,3)     | 1.496<br>(6)        | 1.166,5<br>(14,3)   | 1.176,5<br>(2,7)    | 88<br>(7)          | 238<br>(6)          | 27<br>(11)        |
| Acque reflue                                  | -                  | <0,38               | -                   | 0,0044<br>(25)      | <0,50              | <0,15               | <1,89             |

Fonte: APAT/CTN\_AGF

**LEGENDA:**

a - I valori rappresentano la media dei risultati delle analisi di spettrometria gamma svolte da ARPA Veneto e di radiochimica svolte da APAT (tra parentesi la deviazione percentuale dalla media dei due valori)

b - Analisi di spettrometria gamma svolte da ARPA Veneto (tra parentesi l'incertezza percentuale al 68% del livello di confidenza)

c - I valori rappresentano la media dei risultati delle analisi di radiochimica svolte dall'Università di Urbino e da APAT (tra parentesi la deviazione percentuale dalla media dei due valori)

Oltre ai parametri fissi, i dati più significativi usati nella stima sono: le concentrazioni naturali nel suolo del K-40 (400 Bq/kg) e delle catene dell'U-238 (35 Bq/kg) e del Th-232 (30 Bq/kg), la dose efficace impegnata da fondo naturale per inalazione e ingestione di vari radionuclidi e pesata sull'età, il rateo di dose da irraggiamento esterno pesato sull'età e dovuto al contenuto naturale della serie dell'U-238 e del K-40 nel suolo, la dose efficace impegnata da fondo naturale per inalazione di Rn-222 (470 µSv/anno). La tabella 15b e le figure 15a e 15b mostrano i risultati. La dose efficace collettiva totale è di circa 1,2 mSv persona/anno. Dividendo questo valore per il numero di abitanti del comune in cui si trova l'azienda, risulta una dose efficace impegnata *per caput* di 0,3 µSv/anno (valore molto inferiore al livello d'azione di 300 µSv/anno previsto dalla normativa nazionale).

# ESEMPIO DI PRESSIONE AMBIENTALE SULLA POPOLAZIONE RELATIVAMENTE ALL'IMPIEGO DEI NORM NELL'INDUSTRIA DEI MATERIALI REFRAZZARI

BOX DI APPROFONDIMENTO



Tabella 15b: Dose collettiva efficace impegnata (Sv\*persona/anno) dovuta a un impianto di produzione di refrattari

| Radionuclidi  | Passaggio della nube | Deposizione     |                 |                       | TOTALE          |
|---------------|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------|
|               |                      | Ingestione      | Inalazione      | Irraggiamento esterno |                 |
| U-238         | 3,57E-06             | 7,39E-08        | 6,21E-09        | 3,03E-05              | 1,12E-05        |
| U-234         | 4,29E-06             | 8,28E-08        | 7,69E-09        | n/a                   | 1,19E-05        |
| Th-230        | 1,61E-05             | 1,72E-07        | 1,42E-08        | n/a                   | 2,39E-05        |
| Ra-226        | 3,34E-06             | 1,83E-06        | 5,94E-09        | n/a                   | 1,27E-05        |
| Rn-222        | 1,70E-04             | n/a             | 1,07E-04        | n/a                   | 2,78E-04        |
| Pb-210        | 1,87E-05             | 1,15E-04        | 1,64E-05        | n/a                   | 1,50E-04        |
| Po-210        | 9,30E-05             | 5,73E-04        | 8,09E-06        | n/a                   | 6,74E-04        |
| Th-232        | 3,70E-06             | 1,65E-08        | 3,85E-09        | 5,27E-06              | 5,48E-06        |
| Ra-228        | 4,66E-07             | 9,62E-07        | 9,62E-10        | n/a                   | 3,18E-06        |
| Th-228        | 6,53E-06             | 1,14E-08        | 1,33E-08        | n/a                   | 8,31E-06        |
| Rn-228        | n/a                  | n/a             | 1,60E-06        | n/a                   | 1,60E-06        |
| U-235         | 1,95E-07             | 3,60E-09        | 3,27E-10        | n/a                   | 1,98E-07        |
| K-40          | n/a                  | n/a             | n/a             | 4,84E-07              | 4,84E-07        |
| <b>TOTALE</b> | <b>3,20E-04</b>      | <b>6,91E-04</b> | <b>1,34E-04</b> | <b>3,60E-05</b>       | <b>1,18E-03</b> |

Fonte: APAT/CTN\_AGF

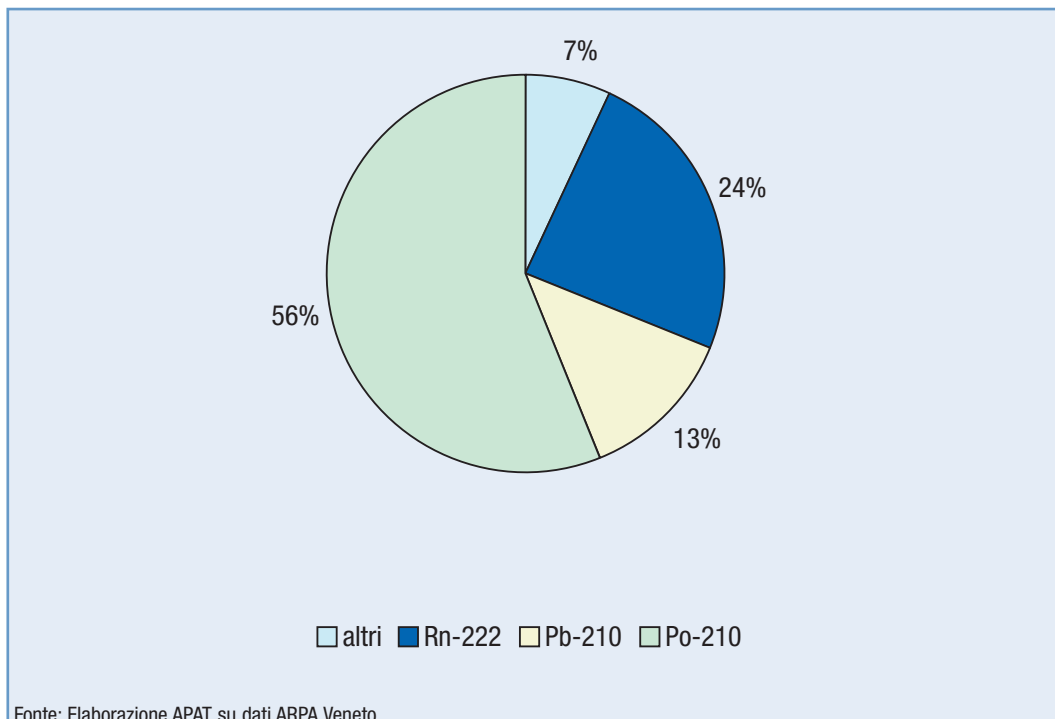
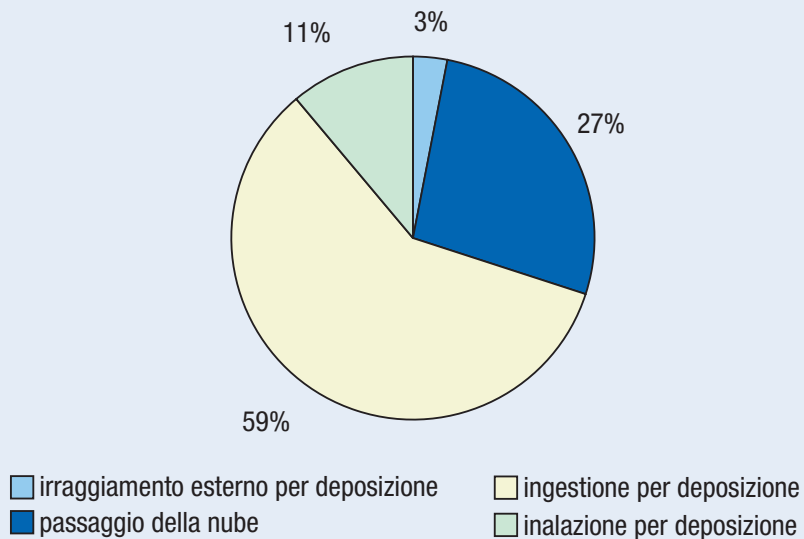


Figura 15a: Radionuclidi al suolo a maggior contenuto contaminante

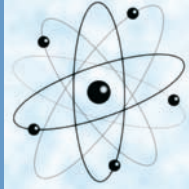
## ESEMPIO DI PRESSIONE AMBIENTALE SULLA POPOLAZIONE RELATIVAMENTE ALL'IMPIEGO DEI NORM NELL'INDUSTRIA DEI MATERIALI REFRAATTARI

BOX DI APPROFONDIMENTO



Fonte: Elaborazione APAT su dati ARPA Veneto

Figura 15b: Vie di esposizione maggiormente coinvolte



# STRUTTURE AUTORIZZATE ALL'IMPIEGO DI RADIOISOTOPI

INDICATORE - A06.002

## DESCRIZIONE

L'indicatore, classificabile come indicatore di causa primaria, documenta il numero e la distribuzione sul territorio delle strutture autorizzate (categoria A) all'utilizzo di sorgenti di radiazioni (materie radioattive e macchine generatrici di radiazioni ionizzanti), fornendo una descrizione delle attività svolte e delle sorgenti utilizzate.

## UNITÀ di MISURA

Numero (n.)

## FONTE dei DATI

APAT

## PERIODICITÀ di AGGIORNAMENTO

Annuale

## QUALITÀ dell'INFORMAZIONE

| Rilevanza | Accuratezza | Comparabilità nel tempo | Comparabilità nello spazio |
|-----------|-------------|-------------------------|----------------------------|
| 1         | 1           | 1                       | 1                          |

L'indicatore risponde alla domanda di informazione. Buona accuratezza, comparabilità nel tempo e nello spazio.



## SCOPO e LIMITI

Documentare il numero di strutture, suddivise per tipologia d'impianto, autorizzate all'utilizzo di sorgenti di radiazioni, limitatamente all'impiego di categoria A (per la cui definizione si rimanda al D.Lgs. 230/95 e successive modifiche e integrazioni), e la loro distribuzione sul territorio nazionale.

## OBIETTIVI FISSATI dalla NORMATIVA

Gli articoli 27 e 28 del D.Lgs. 230/95, e successive modifiche e integrazioni, prevedono l'obbligo di nullaosta preventivo per gli impianti, stabilimenti, istituti, gabinetti medici, laboratori da adibire ad attività comportanti, a qualsiasi titolo, la detenzione, l'utilizzazione, la manipolazione di materie radioattive, prodotti o apparecchiature contenenti dette materie, i depositi di rifiuti radioattivi nonché l'utilizzo di apparecchi generatori di radiazioni ionizzanti. A seguito dell'attuazione della Direttiva 1996/29/Euratom, è stato emanato il D.Lgs. 241/00, successivamente modificato dal D.Lgs. 257/01; le nuove soglie e modalità di computo ai fini della concessione del nullaosta all'impiego di categoria A sono fissate nell'Allegato IX del D.Lgs. 230/95 e s.m.i., che prevede, tra l'altro, un procedimento di conversione dei provvedimenti autorizzativi già rilasciati.

## STATO e TREND

Per effetto delle modifiche normative intervenute a seguito del recepimento della Direttiva 1996/29/Euratom, che hanno comportato una rimodulazione delle soglie per le quali è necessaria l'autorizzazione, in particolare di categoria A, si è verificata, rispetto agli anni precedenti, una tendenza al decremento nel numero delle installazioni soggette ad autorizzazione in sede centrale all'impiego (Categoria A). Conseguentemente, è stata adottata una diversa suddivisione delle tipologie di impianto.

## COMMENTI a TABELLE e FIGURE

Rispetto allo scorso anno sono stati modificati i codici delle tipologie di impianto.

La normativa ha ristretto il campo delle applicazioni soggette a nullaosta di categoria A; tuttavia si nota un incremento delle strutture per la produzione di radioisotopi a breve vita (ciclotroni per PET) (tabella 15.3).

**Tabella 15.2: Strutture autorizzate all'utilizzo di sorgenti radioattive (categoria A)**

| Codice | Tipologia impianto                             | Attività svolte/caratteristiche  | Sorgenti di radiazioni   | Caratteristiche delle sorgenti  |
|--------|--|--|--|---|
| A      | Ciclotroni per PET                             | A essi è associata di regola una medicina nucleare, per la somministrazione dei radioisotopi ai pazienti. Alcuni impianti per ciclotroni sono anche autorizzati al commercio di F-18, prodotto per altre strutture | Ciclotroni che accelerano protoni e deutoni                        | Energia da 10 a 40 MeV  |
| B      | Impianti di irraggiamento                      | Sterilizzazione di vari materiali, in particolare attrezzature medicali come siringhe, protesi, ecc.   | Sorgenti di Co-60  | Attività da circa 10 <sup>13</sup> a circa 10 <sup>16</sup> becquerel |
| C      | Acceleratori per usi industriali e di ricerca  | Caratterizzazione di materiali e scopi di ricerca scientifica diversi  | Particelle, energie e potenze molto variabili                      | Produzione di fasci di radiazioni                                     |
| D      | Impianti e laboratori con sorgenti radioattive | Grandi installazioni a scopi industriali, per deposito, caratterizzazione di materiali, prospezioni di minerali  | Radioisotopi in elevata quantità, anche con produzione di neutroni |   |
| E      | Depositi di rifiuti radioattivi                | Rifiuti provenienti dalle attività di cui sopra  |  |   |

Fonte: APAT

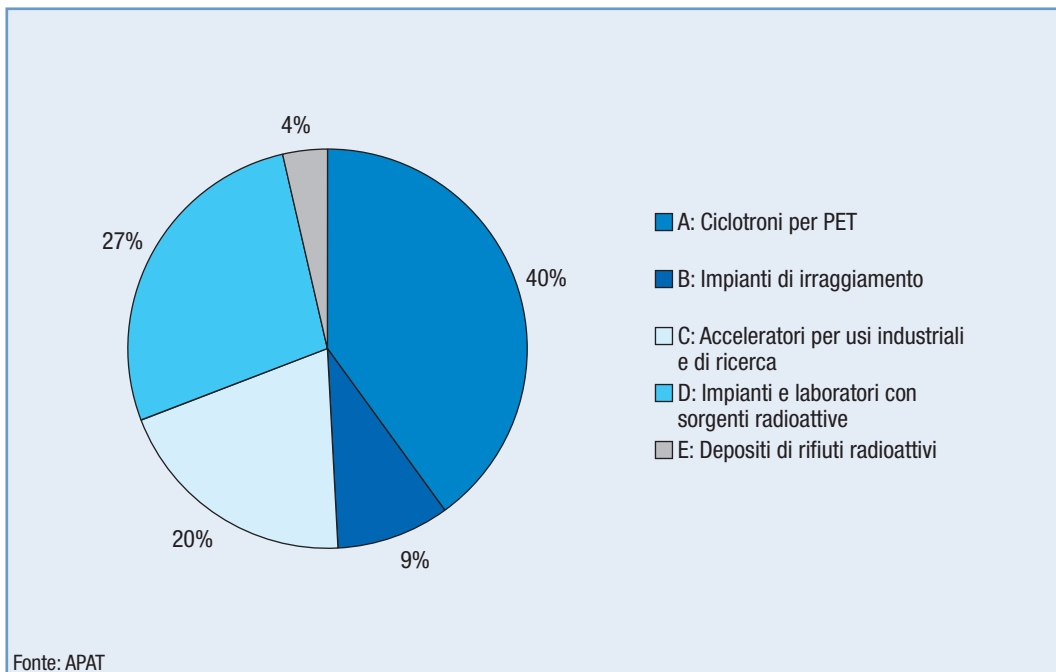
**Tabella 15.3: Strutture autorizzate all'impiego di sorgenti radioattive, per regione di ubicazione e tipologia di impianto (2003)**

| Regione/Provincia autonoma | Codice tipologia impianto |          |           |           |          | TOTALE    |
|----------------------------|---------------------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|
|                            | A                         | B        | C         | D         | E        |           |
| Piemonte                   | 1                         |          |           | 1         | 1        | 3         |
| Valle d'Aosta              |                           |          |           |           |          | -         |
| Lombardia                  | 8                         | 1        | 2         | 9         |          | 20        |
| Trentino Alto Adige        |                           |          |           |           |          | -         |
| <i>Trento</i>              |                           |          |           |           |          | -         |
| <i>Bolzano-Bozen</i>       |                           |          |           |           |          | -         |
| Veneto                     | 1                         |          | 1         |           |          | 2         |
| Friuli Venezia Giulia      |                           |          | 1         |           |          | 1         |
| Liguria                    |                           |          |           |           |          | -         |
| Emilia Romagna             | 2                         | 1        | 1         | 2         |          | 6         |
| Toscana                    | 1                         |          |           |           |          | 1         |
| Umbria                     |                           |          |           |           |          | -         |
| Marche                     | 1                         | 1        |           |           |          | 2         |
| Lazio                      | 1                         | 2        | 5         | 1         | 1        | 10        |
| Abruzzo                    |                           |          |           | 2         |          | 2         |
| Molise                     |                           |          |           |           |          | -         |
| Campania                   | 3                         |          |           |           |          | 3         |
| Puglia                     |                           |          |           |           |          | -         |
| Basilicata                 |                           |          |           |           |          | -         |
| Calabria                   |                           |          |           |           |          | -         |
| Sicilia                    | 4                         |          | 1         |           |          | 5         |
| Sardegna                   |                           |          |           |           |          | -         |
| <b>ITALIA</b>              | <b>22</b>                 | <b>5</b> | <b>11</b> | <b>15</b> | <b>2</b> | <b>55</b> |

Fonte: APAT

**LEGENDA:**  
A - Ciclotroni per PET; B - Impianti di irraggiamento; C - Acceleratori per usi industriali e di ricerca;  
D - Impianti e laboratori con sorgenti radioattive; E - Depositi di rifiuti radioattivi





**Figura 15.1: Strutture autorizzate all'impiego di sorgenti radioattive a livello nazionale, suddivise per tipologia (2003)**



# IMPIANTI PER TRATTAMENTO DEI ROTTAMI METALLICI (RACCOLTA, DEPOSITO, FUSIONE)

INDICATORE - A06.003

## DESCRIZIONE

L'indicatore, qualificabile come indicatore di causa primaria, costituisce una delle informazioni necessarie al dimensionamento del problema afferente all'eventuale ritrovamento di sorgenti radioattive o di metalli contaminati nel riciclo dei rottami metallici.

L'introduzione di sorgenti radioattive dismesse e di rottame contaminato nel ciclo produttivo di un impianto di riciclaggio (grande acciaieria o fonderia) può comportare conseguenze sanitarie (lavoratori e popolazione) e/o ambientali (territorio circostante l'impianto). Il rottame è una materia prima fondamentale per la produzione di acciaio, infatti, il fabbisogno di rottame delle acciaierie italiane ammonta a circa 17,9 milioni di tonnellate, reperiti per circa 13 milioni sul mercato nazionale e i restanti 4,9 milioni da importazioni. La raccolta nazionale passa attraverso i depositi dei commercianti, mentre l'importazione avviene tramite agenti e rappresentanti di case estere. Per i metalli non ferrosi la produzione di metalli grezzi da rottame (quasi 1 milione di tonnellate) ammonta a circa l'83% del totale. Misure radiometriche effettuate negli anni 1994 - 1996 all'esterno dei contenitori per il trasporto ferroviario, stradale o marittimo, hanno permesso di rilevare come l'1% circa dei carichi fosse contaminato da materiale radioattivo.

## UNITÀ di MISURA

Numero (n.)

## FONTI dei DATI

Assofermet; Federacciai; Assofond; Assomet.

## PERIODICITÀ di AGGIORNAMENTO

Annuale

## QUALITÀ dell'INFORMAZIONE

| Rilevanza | Accuratezza | Comparabilità nel tempo | Comparabilità nello spazio |
|-----------|-------------|-------------------------|----------------------------|
| 1         | 2           | 2                       | 2                          |

L'indicatore risponde alla domanda di informazione e deve essere completato in termini di quantità trattate negli impianti e stoccate nei depositi.

★ ★

## SCOPO e LIMITI

Monitorare il numero di impianti per il trattamento dei rottami metallici e valutare la quantità trattata.

## OBIETTIVI FISSATI dalla NORMATIVA

L'attività di sorveglianza radiometrica su rottami o altri materiali metallici di risulta è prevista dal D.Lgs. 230/95 e s.m.i., specificatamente al Capo XII, art. 157, ancorché non disciplinata compiutamente in carenza del decreto applicativo previsto.

## STATO e TREND

Lo stato e il trend evidenziano una situazione di sostanziale stazionarietà rispetto ai dati presentati nel 2002. Variazioni del numero di impianti presenti in ambito nazionale possono essere dovute, ad esempio, a mutate esigenze di mercato.

## **COMMENTI a TABELLE e FIGURE**

---

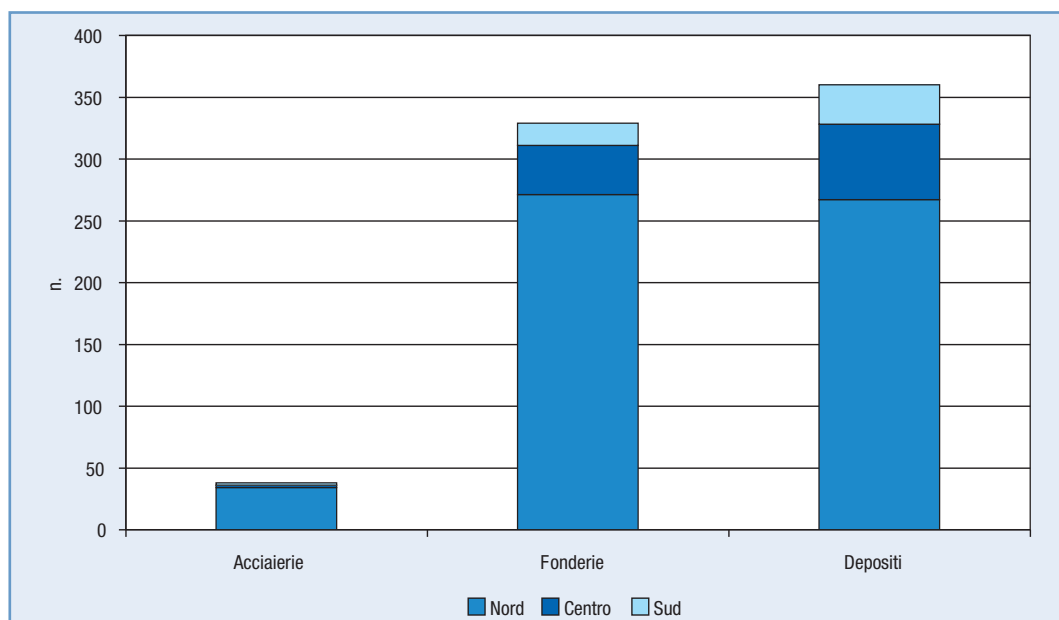
Nella tabella 15.4 è riportato il numero di fonderie in cui si utilizza rottame. Poiché, nel caso specifico delle fonderie che operano sui rottami “non ferrosi”, gli associati di Assomet risultano altresì associati ad Assofond, il numero delle fonderie, riportate nella precedente edizione dell’Annuario (2003), è sensibilmente superiore a quello effettivo.

Gli impianti per il trattamento dei rottami metallici (raccolta, deposito e fusione) sono ubicati principalmente nel Nord Italia (figura 15.2), con percentuali superiori al 70% per ogni tipologia di impianto. La regione con la maggior presenza di impianti (34%) è la Lombardia (tabella 15.4).

Tabella 15.4: Numero di impianti per il trattamento dei rottami metallici nelle regioni italiane (2003)

| Regione               | Fusione    |            | Depositi   |
|-----------------------|------------|------------|------------|
|                       | Acciaierie | Fonderie   |            |
|                       | n.         |            |            |
| Piemonte              | 2          | 38         | 28         |
| Valle d'Aosta         | 1          | 1          | 1          |
| Lombardia             | 20         | 125        | 104        |
| Trentino Alto Adige   | 2          | 0          | 12         |
| Veneto                | 5          | 45         | 51         |
| Friuli Venezia Giulia | 2          | 16         | 15         |
| Liguria               | 1          | 6          | 11         |
| Emilia Romagna        | 1          | 40         | 45         |
| Toscana               | 1          | 13         | 28         |
| Umbria                | 1          | 5          | 4          |
| Marche                | 0          | 8          | 6          |
| Lazio                 | 0          | 7          | 17         |
| Abruzzo               | 0          | 3          | 5          |
| Molise                | 0          | 2          | 0          |
| Campania              | 0          | 10         | 10         |
| Puglia                | 1          | 5          | 14         |
| Basilicata            | 1          | 0          | 2          |
| Calabria              | 0          | 1          | 0          |
| Sicilia               | 0          | 2          | 6          |
| Sardegna              | 0          | 2          | 1          |
| <b>ITALIA</b>         | <b>38</b>  | <b>329</b> | <b>360</b> |

Fonte: Elaborazione APAT su dati trasmessi da Assofermet, Federacciai, Assofond, Assomet

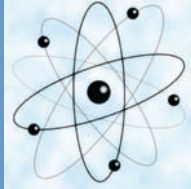


Fonte: Elaborazione APAT su dati trasmessi da Assofermet, Federacciai, Assofond, Assomet

**LEGENDA:**

L'Italia è stata suddivisa nelle seguenti macroregioni (come riportato nella norma ISO 3166/4217): Nord: Emilia Romagna, Friuli Venezia Giulia, Liguria, Lombardia, Piemonte, Province di Bolzano e Trento, Valle d'Aosta e Veneto; Centro: Abruzzo, Lazio, Marche, Molise, Toscana, Umbria e Sardegna; Sud: Basilicata, Calabria, Campania, Puglia e Sicilia

Figura 15.2: Numero di impianti per il trattamento dei rottami metallici, dati aggregati per macroregioni (2003)



# IMPIANTI NUCLEARI: ATTIVITÀ DI RADIOISOTOP RILASCIATI IN ARIA E IN ACQUA

INDICATORE - A06.004

## DESCRIZIONE

L'indicatore, classificabile come indicatore di pressione, documenta la quantità di radioattività rilasciata annualmente nell'ambiente in qualità di scarichi liquidi e aeriformi, confrontandola con i limiti di scarico autorizzati.

## UNITÀ di MISURA

Becquerel (Bq)

## FONTE dei DATI

APAT

## PERIODICITÀ di AGGIORNAMENTO

Annuale

## QUALITÀ dell'INFORMAZIONE

| Rilevanza | Accuratezza | Comparabilità nel tempo | Comparabilità nello spazio |
|-----------|-------------|-------------------------|----------------------------|
| 1         | 2           | 1                       | 1                          |

L'indicatore risponde alla domanda di informazione. Alcune riserve vanno poste sulla non completa documentazione dell'indicatore.

★ ★ ★

## SCOPO e LIMITI

Monitorare l'emissione di radioattività, in aria e in acqua, nelle normali condizioni di esercizio degli impianti nucleari.

## OBIETTIVI FISSATI dalla NORMATIVA

Gli scarichi nell'ambiente di effluenti radioattivi da parte degli impianti nucleari, sono soggetti ad apposita autorizzazione. In essa sono stabiliti, tramite prescrizione tecnica allegata all'autorizzazione e all'esercizio dell'impianto, i limiti massimi di radioattività rilasciabile nell'ambiente e le modalità di scarico (formula di scarico).

## STATO e TREND

L'indicatore è pressoché stabile; infatti, a fronte di un aumento registrato per il Centro Casaccia dell'ENEA e nel deposito Avogadro della FIAT AVIO di Saluggia, gli altri impianti sono in condizioni di stabilità o addirittura si registra una leggera diminuzione di scarichi, come per la Centrale di Latina e per il Centro EURATOM di Ispra.

## COMMENTI a TABELLE e FIGURE

Nella tabella 15.5 sono riportati per ciascun impianto, per il 2003, il valore dell'impegno annuale delle formule di scarico, le massime quantità di radioattività e le modalità di scarico autorizzate per il rilascio nell'ambiente.

Con il referendum del 1987 e la successiva decisione del CIPE del 1990 di annullamento del programma energetico nucleare in Italia, si è determinata sia la chiusura definitiva delle quattro centrali di potenza e degli impianti di fabbricazione del combustibile a esse collegate, sia l'abbandono delle attività di ricerca nel campo del ciclo del combustibile che, anche in questo caso, ha comportato la chiusura dei relativi impianti. Oggi, in Italia, sono in esercizio solo quattro reattori di ricerca: il reattore AGN 201 "Costanza" installato presso il Politecnico dell'Univer-

sità di Palermo utilizzato a scopo didattico; i reattori TRIGA RC-1 e TAPIRO, con potenza rispettivamente di 1 MW e 5 kW, impiegati per ricerche nel campo della fisica dei solidi e della fisica nucleare e per applicazioni nel campo medico-biologico; infine un reattore TRIGA MARK II presso l'Università di Pavia, della potenza termica di 250 kW in regime stazionario e 250 MW in regime pulsato, utilizzato per irraggiamenti neutronici di materiali e, in qualche caso, a scopo medico.

Diversi impianti di ricerca erano già stati chiusi, ma solo per aver esaurito i loro programmi sperimentali; si fa riferimento ad alcuni reattori dell'ENEA installati presso il Centro della Casaccia e presso i laboratori di Montecuccolino. Alcuni impianti del ciclo del combustibile, eserciti da società private, erano stati parimenti chiusi per motivi legati essenzialmente al riassetto di tali società. La situazione della gestione degli impianti di potenza, di fabbricazione e di riprocessamento del combustibile, nell'ultimo anno è leggermente cambiata; infatti, non solo le quattro centrali di potenza, ma anche gli impianti di Fabbricazioni Nucleari, EUREX e ITREC, sono attualmente gestiti dalla SOGIN e non più da ENEA. Nel deposito Avogadro, della FIAT AVIO, ubicato nel sito di Saluggia sono immagazzinati tutti gli elementi di combustibile irraggiato provenienti dalla Centrale del Garigliano e una parte di quelli provenienti dalla Centrale di Trino. Gli impianti di potenza sono attualmente in fase di disattivazione più o meno avanzata o di cessato esercizio; l'impianto di Fabbricazioni Nucleari è attualmente in corso di disattivazione.

Tabella 15.5: Quantità di radioattività scaricata negli effluenti liquidi e aeriformi (2003)

| Centrale di Caorso (PC)                           |                                    |                       |                             |            |                |          |          |          |  |
|---|------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|------------|----------------|----------|----------|----------|--|
| <b>Scarichi liquidi</b>                           |                                    |                       |                             |            |                |          |          |          |  |
| Nuclide   | Co-60                              | Cs-137                | H-3                         | Fe-55      | % F. d. S.     |          |          |          |  |
| Attività (Bq)                                     | 2,62E+07                           | 3,02E+06              | 2,60E+08                    | 3,80E+05   | 1,13E-03       |          |          |          |  |
| <b>Scarichi aeriformi</b>                         |                                    |                       |                             |            |                |          |          |          |  |
| Nuclide   | Co-60                              | Cs-137                | H-3                         | % F. d. S. |                |          |          |          |  |
| Attività (Bq)                                     | 1,11E+05                           | 0,00E+00              | 1,25E+09                    | 6,35E-03   |                |          |          |          |  |
| Centrale di Trino Vercellese (VC)                 |                                    |                       |                             |            |                |          |          |          |  |
| <b>Scarichi liquidi</b>                           |                                    |                       |                             |            |                |          |          |          |  |
| Nuclide   | Co-60                              | Cs-134                | Cs-137                      | Sr-90      | Fe-55          | H-3      | % F.d.S. |          |  |
| Attività (Bq)                                     | 3,40E+07                           |                       | 6,10E+07                    | 3,30E+06   |                | 8,30E+08 | 2,02     |          |  |
| <b>Scarichi aeriformi</b>                         |                                    |                       |                             |            |                |          |          |          |  |
| Nuclide   | Co-60                              | Cs-134                | Cs-137                      | Sr-90      | Pu-239         | Kr-85    | H-3      | % F.d.S. |  |
| Attività (Bq)                                     | 3,45E+04                           | *                     | 4,15E+04                    | 7,18E+02   | *              | *        | 5,02E+09 | 1,24     |  |
| Centrale di Latina (LT)                           |                                    |                       |                             |            |                |          |          |          |  |
| <b>Scarichi liquidi</b>                           |                                    |                       |                             |            |                |          |          |          |  |
| Nuclide   | Co-60                              | Cs-134                | Cs-137                      | Sr-90      | Pu-239         | H-3      | % F.d.S. |          |  |
| Attività (Bq)                                     | 5,39E+06                           | 6,06E+06              | 2,45E+08                    | 1,96E+08   | 2,69E+05       | 1,48E+08 | 1,22E-01 |          |  |
| <b>Scarichi aeriformi</b>                         |                                    |                       |                             |            |                |          |          |          |  |
| Nuclide   | Co-60 equiv.                       |                       |                             |            |                |          |          | % F.d.S. |  |
| Attività (Bq)                                     | 7,35E+03                           |                       |                             |            |                |          |          | 0,010    |  |
| Centrale del Garigliano (CE)                      |                                    |                       |                             |            |                |          |          |          |  |
| <b>Scarichi liquidi</b>                           |                                    |                       |                             |            |                |          |          |          |  |
| Nuclide   | Co-60                              | Cs-134                | Cs-137                      | Sr-90      | $\alpha$       | H-3      | % F.d.S. |          |  |
| Attività (Bq)                                     | 2,26E+07                           | *                     | 1,31E+09                    | 3,43E+07   | *              | 1,69E+07 | 0,45     |          |  |
| <b>Scarichi aeriformi</b>                         |                                    |                       |                             |            |                |          |          |          |  |
| Nuclide   | Co-60                              | Cs-134                | Cs-137                      | Sr-90      | H-3            |          | % F.d.S. |          |  |
| Attività (Bq)                                     | *                                  | *                     | *                           | *          | *              |          | -        |          |  |
| Centro EURATOM di Ispra (VA)                      |                                    |                       |                             |            |                |          |          |          |  |
| <b>Scarichi liquidi</b>                           |                                    |                       |                             |            |                |          |          |          |  |
| Nuclide   | $\alpha$ totale                    | $\beta$ totale        | Co-60                       | Cs-137     | Sr-90          | HTO      | altri    | % F.d.S. |  |
| Attività (Bq)                                     | N.A.                               | N.A.                  | N.S.                        | 3,45E+02   | N.A.           | 4,08E+11 | N.A.     | 0,55     |  |
| <b>Scarichi aeriformi</b>                         |                                    |                       |                             |            |                |          |          |          |  |
| Nuclide   | $\alpha$ totale                    | $\beta$ totale        | Co-60                       | Cs-137     | Sr-90          | HTO      | altri    | % F.d.S. |  |
| Attività (Bq)                                     | 6,20E+05                           | 8,82E+06              | 3,50E+05                    | 6,01E+06   | 3,85E+06       | 1,2E+09  | 8,70E+05 | 0,24     |  |
| Centro Casaccia dell'ENEA (RM)                    |                                    |                       |                             |            |                |          |          |          |  |
| <b>Scarichi liquidi</b>                           |                                    |                       |                             |            |                |          |          |          |  |
| Nuclide   | $\alpha$ totale                    | $\beta/\gamma$ totale | I-131                       | Cs-137     | Sr-90          | Pu       | % F.d.S. |          |  |
| Attività (Bq)                                     | 5,80E+05                           | 1,50E+10              | *                           | 4,70E+07   | 3,3E+07        | 7,53E+02 | 91,1     |          |  |
| <b>Scarichi aeriformi</b>                         |                                    |                       |                             |            |                |          |          |          |  |
| Nuclide   | Ar-41                              | Kr-88                 | I-131                       | Pu         | $\beta/\gamma$ |          | % F.d.S. |          |  |
| Attività (Bq)                                     | 1,3E+12                            | *                     | *                           | <1.03E+02  | <7.60E+05      |          | **       |          |  |
| Impianto ENEA ITREC della Trisaia Rotondella (MT) |                                    |                       |                             |            |                |          |          |          |  |
| <b>Scarichi liquidi</b>                           |                                    |                       |                             |            |                |          |          |          |  |
| Nuclide   | $\alpha$ totale                    |                       | $\beta/\gamma$ totale       | H-3        | % F.d.S.       |          |          |          |  |
| Attività (Bq)                                     | 5,10E+06                           |                       | 3,15E+09                    | 1,02E+10   | 4,01E+00       |          |          |          |  |
| <b>Scarichi aeriformi</b>                         |                                    |                       |                             |            |                |          |          |          |  |
| Nuclide   | Attività scaricata pulviscolo (Bq) | % F.d.S               | Attività scaricata gas (Bq) | % F.d.S.   |                |          |          |          |  |
|   | 2,15E+06                           | 7,00E-02              | 1,25E+13                    | 8,45       |                |          |          |          |  |

continua

| Reattore TRIGA LENA dell'Università di Pavia (PV)        |  |                 |                |                 |                       |                 |  |                       |                 |                                 |
|--|--|-----------------|----------------|-----------------|-----------------------|-----------------|--|-----------------------|-----------------|---------------------------------|
| <b>Scarichi liquidi</b>                                  |  |                 |                |                 |                       |                 |  |                       |                 |                                 |
| Nuclide  | Co-60  | Cs-137          |                | Zn-65           | % F.d.S.              |                 |  |                       |                 |                                 |
| Attività (Bq)  | *  | *               |                | *               | -                     |                 |  |                       |                 |                                 |
| <b>Scarichi aeriformi</b>                                |  |                 |                |                 |                       |                 |  |                       |                 |                                 |
| Nuclide  |  |                 | Ar-41          |                 | % F.d.S.              |                 |  |                       |                 |                                 |
| Attività (Bq)  |  |                 | 2,90E+10       |                 | -                     |                 |  |                       |                 |                                 |
| Deposito Avogadro della FIAT-AVIO, Saluggia (VC)         |  |                 |                |                 |                       |                 |  |                       |                 |                                 |
| <b>Scarichi liquidi</b>                                  |  |                 |                |                 |                       |                 |  |                       |                 |                                 |
| Nuclide  | Co-60  | Cs-134          | Cs-137         | Sr-90           | H-3                   | $\alpha$ totale | altri $\beta/\gamma$                               | % F.d.S.              |                 |                                 |
| Attività (Bq)  | 5,30E+05   | 5,50E+05        | 2,50E+09       | 8,60E+04        | 6,90E+06              | 8,20E+04        | 5,00E+06   | 6,71                  |                 |                                 |
| <b>Scarichi aeriformi</b>                                |  |                 |                |                 |                       |                 |  |                       |                 |                                 |
| Nuclide  | Kr-85  | Co-60           | Cs-134         | Cs-137          | Sr-90                 | $\alpha$ totale | % F.d.S.   |                       |                 |                                 |
| Attività (Bq)  | $\leq 54.39E+09$   | $\leq 11.6E+02$ | $\leq 5.8E+02$ | $\leq 2.50E+02$ | $\leq 4.14E+02$       | $\leq 7.39E+03$ | a) $\leq 0.59$<br>b) $\leq 0.16$<br>c) $\leq 1.38$ |                       |                 |                                 |
| Impianto della Fabbricazioni Nucleari Bosco Marengo (AL) |  |                 |                |                 |                       |                 |  |                       |                 |                                 |
| <b>Scarichi liquidi</b>                                  |  |                 |                |                 |                       |                 |  |                       |                 |                                 |
| Nuclide  | Uranio   | % F.d.S.        |                |                 |                       |                 |  |                       |                 |                                 |
| Attività (Bq)  | 0,0184   | 0,09            |                |                 |                       |                 |  |                       |                 |                                 |
| <b>Scarichi aeriformi</b>                                |  |                 |                |                 |                       |                 |  |                       |                 |                                 |
| Nuclide  | Uranio   | % F.d.S.        |                |                 |                       |                 |  |                       |                 |                                 |
| Attività (Bq)  | 1,62E+05   | <3,8            |                |                 |                       |                 |  |                       |                 |                                 |
| Impianto EUREX C.R. ENEA, Saluggia (VC)                  |  |                 |                |                 |                       |                 |  |                       |                 |                                 |
| <b>Scarichi liquidi</b>                                  |  |                 |                |                 |                       |                 |  |                       |                 |                                 |
| Nuclide  | Cs-134   | Cs-137          | H-3            | Sr-90           | $\beta/\gamma$ totale | $\alpha$ totale | % F.d.S.   |                       |                 |                                 |
| Attività (Bq)  | 0,00E+00   | 0,00E+00        | 0,00E+00       | 0,00E+00        | 0,00E+00              | 0,00E+00        | 0,00E+00   |                       |                 |                                 |
| <b>Scarichi aeriformi</b>                                |  |                 |                |                 |                       |                 |  |                       |                 |                                 |
| Nuclide  | Kr-85  | Cs-134          | Cs-137         | I-129           | Sr-90                 | H-3             | Pu   | $\beta/\gamma$ totale | $\alpha$ totale | % F.d.S.                        |
| Attività (Bq)  | *  | < 2.49E+03      | < 1.62E+04     | 1,35E+04        | < 1.58E+03            | 3,40E+08        | < 4.57E-03   | < 4.2E+04             | $\leq 5,74E+02$ | a) 0,0<br>b) <0,004<br>c) <0,04 |
| Fonte: APAT  |  |                 |                |                 |                       |                 |  |                       |                 |                                 |
| <b>LEGENDA:</b>  |  |                 |                |                 |                       |                 |  |                       |                 |                                 |
| a  | - formula di scarico per i gas nobili;   |                 |                |                 |                       |                 |  |                       |                 |                                 |
| b  | - formula di scarico per i particolati b/g;  |                 |                |                 |                       |                 |  |                       |                 |                                 |
| c  | - formula di scarico per i particolati a   |                 |                |                 |                       |                 |  |                       |                 |                                 |
| *  | - valori inferiori alla minima attività rilevabile   |                 |                |                 |                       |                 |  |                       |                 |                                 |
| **   | - per il Centro Casaccia non è stata definita una formula di scarico                                 |                 |                |                 |                       |                 |  |                       |                 |                                 |
| ***  | - per il reattore TRIGA LENA non è stata definita una formula di scarico per gli effluenti aeriformi |                 |                |                 |                       |                 |  |                       |                 |                                 |
| N.A.   | - misura non applicabile   |                 |                |                 |                       |                 |  |                       |                 |                                 |
| N.S.   | - non scaricato  |                 |                |                 |                       |                 |  |                       |                 |                                 |
| HTO  | - acqua triziata   |                 |                |                 |                       |                 |  |                       |                 |                                 |
| % F.d.S.   | - percentuale di utilizzo della formula di scarico   |                 |                |                 |                       |                 |  |                       |                 |                                 |





# QUANTITÀ DI RIFIUTI RADIOATTIVI DETENUTI

INDICATORE - A06.005

## DESCRIZIONE

L'indicatore documenta la distribuzione dei siti dove sono detenuti rifiuti radioattivi con informazioni su tipologia e quantità dei medesimi. Si tratta di un indicatore di pressione.

## UNITÀ di MISURA

Becquerel (Bq); metro cubo (m<sup>3</sup>).

## FONTE dei DATI

APAT

## PERIODICITÀ di AGGIORNAMENTO

Annuale

## QUALITÀ dell'INFORMAZIONE

| Rilevanza | Accuratezza | Comparabilità nel tempo | Comparabilità nello spazio |
|-----------|-------------|-------------------------|----------------------------|
| 1         | 2           | 1                       | 1                          |

L'indicatore risponde alla domanda di informazione; alcune riserve vanno poste sull'accuratezza dei dati relativi ad alcuni siti; nessuna riserva sulla comparabilità nel tempo e nello spazio.

★ ★ ★

## SCOPO e LIMITI

Documentare tipologia e quantità di rifiuti radioattivi secondo la distribuzione nei siti di detenzione.

Difficoltà ad avere tutte le informazioni sui contenuti di attività nei rifiuti radioattivi da parte degli esercenti.

## OBIETTIVI FISSATI dalla NORMATIVA

L'attività di allontanamento/raccolta/deposito di rifiuti radioattivi è disciplinata dal D.Lgs. 230/95 e successive modifiche e integrazioni, specificatamente al Capo VI.

## STATO e TREND

Lo stato dell'indicatore è sufficientemente descritto, anche se esistono alcune tipologie di rifiuti radioattivi per i quali gli esercenti non posseggono informazioni complete, in particolare in termini di contenuto radiologico. Il *trend* attuale dell'indicatore è da considerarsi sostanzialmente stazionario, in quanto, in termini quantitativi, non sussiste una produzione di rifiuti radioattivi, fatta eccezione per i rifiuti ospedalieri. Si prevede nei prossimi anni una consistente crescita della quantità dei rifiuti radioattivi con l'avvio delle attività di smantellamento delle installazioni nucleari italiane.

## COMMENTI a TABELLE e FIGURE

I dati riportati in tabella 15.6 costituiscono una fotografia della quantità e qualità dei rifiuti radioattivi detenuti nei siti italiani.

**Tabella 15.6: Inventario dei rifiuti radioattivi, delle sorgenti dismesse e del combustibile irraggiato per regione di ubicazione (2003)**

| Regione        | Rifiuti radioattivi |                | Sorgenti dismesse  | Combustibile irraggiato | TOTALE              |
|----------------|---------------------|----------------|--------------------|-------------------------|---------------------|
|                | Attività            | Volume         | Attività           | Attività                | Attività            |
|                | 10 <sup>9</sup> Bq  | m <sup>3</sup> | 10 <sup>9</sup> Bq | 10 <sup>12</sup> Bq     | 10 <sup>12</sup> Bq |
| Piemonte       | 5.794.931           | 4.656          | 4.779              | 502.931                 | 508.731             |
| Lombardia      | 121.091             | 2.980          | 130.417            | 3.694                   | 3.945               |
| Emilia Romagna | 2.851               | 3.584          | 195                | 1.460.000               | 1.460.003           |
| Lazio          | 91.700              | 7.544          | 816.839            | 160.057                 | 160.965             |
| Campania       | 466.834             | 2.578          |                    |                         | 467                 |
| Toscana        | 14.503              | 350            | 419.000            | 0                       | 434                 |
| Basilicata     | 742.465             | 3.179          | 42                 | 4.853                   | 5.595               |
| Molise         | 39                  | 104            | 0                  |                         | 0,04                |
| Puglia         | 238                 | 1.140          | 1                  |                         | 0,24                |
| Sicilia        | 8                   | 22             | 0                  |                         | 0,008               |
| <b>TOTALE</b>  | <b>7.234.661</b>    | <b>26.137</b>  | <b>1.371.273</b>   | <b>2.131.534</b>        | <b>2.140.140</b>    |
| Fonte: APAT    |                     |                |                    |                         |                     |



# CONCENTRAZIONE DI ATTIVITÀ DI RADON *INDOOR*

INDICATORE - A06.006

## DESCRIZIONE

L'indicatore, qualificabile come indicatore di stato, fornisce la stima della concentrazione media di Rn-222 in aria nelle abitazioni. Esso rappresenta il parametro di base per la valutazione del rischio/impatto sulla popolazione e per la pianificazione delle risposte da adottare, anche in relazione alla normativa sull'esposizione negli ambienti di lavoro. In accordo a quanto richiesto da quest'ultima, infatti, l'indicatore comprende informazioni relative all'individuazione delle aree a maggiore probabilità di alte concentrazioni di radon, provenienti da studi e campagne di misura effettuate o in corso di svolgimento a livello regionale.

## UNITÀ di MISURA

Becquerel per metro cubo (Bq/m<sup>3</sup>); percentuale (%).

## FONTE dei DATI

Bochicchio, F., Campos Venuti, G., Piermattei, S., Torri, G., Nuccetelli, C., Risica, S., Tommasino, L. "Results of the national survey on radon indoors in the all the 21 italian regions" *Proceedings of Radon in the Living Environment Workshop*, Atene, Aprile 1999; APAT/ CTN\_AGF.

## PERIODICITÀ di AGGIORNAMENTO

Le concentrazioni di radon *indoor* sono ritenute costanti nel tempo. Gli aggiornamenti a livello regionale, anche in relazione alle richieste della normativa, riguardano l'affinamento del dettaglio spaziale dell'informazione.

## QUALITÀ dell'INFORMAZIONE

| Rilevanza | Accuratezza | Comparabilità nel tempo | Comparabilità nello spazio |
|-----------|-------------|-------------------------|----------------------------|
| 1         | 1           | 1                       | 1                          |

L'indicatore è indispensabile per quantificare la problematica. Il tipo di indagine effettuata rende i dati accurati e comparabili nel tempo e nello spazio.

★ ★ ★

## SCOPO e LIMITI

Monitorare una delle principali fonti di esposizione alla radioattività per la popolazione.

Tempo dell'ordine di anni per l'acquisizione di dati e la predisposizione di informazioni ambientali, legato al tempo intrinseco necessario per i rilievi e all'organizzazione logistica delle campagne.

## OBIETTIVI FISSATI dalla NORMATIVA

La Raccomandazione europea 90/143/Euratom del 21/02/90 ha fissato due livelli di riferimento, superati i quali, sono raccomandate azioni di risanamento: 400 Bq/m<sup>3</sup> per edifici esistenti e 200 Bq/m<sup>3</sup> (quale parametro di progetto) per edifici da costruire. In Italia, il D.Lgs. 230/95 e s.m.i. fissa in 500 Bq/m<sup>3</sup> il livello di azione per la concentrazione di radon in alcuni ambienti, definiti di lavoro. Prevede inoltre che le regioni, entro il 31 agosto 2005, dovranno individuare le zone a elevata probabilità di alte concentrazioni di attività di radon.

## STATO e TREND

L'indicatore rappresenta la situazione media nazionale e delle regioni. La concentrazione di radon *indoor* è molto variabile e, a livello di singola abitazione, può arrivare fino a decine di volte il valore medio riportato. Sono possi-

bili azioni di risanamento che possono ridurre notevolmente la concentrazione. Se adottate in modo sistematico sul territorio potrebbero ridurre il valore medio nazionale. Al momento, non sono, però, prevedibili sensibili miglioramenti.

### COMMENTI a TABELLE e FIGURE

In tabella 15.7 sono riportate, le medie regionali della concentrazione di attività di radon *indoor* (figura 15.3) e la frazione di abitazioni che in ogni regione supera i due livelli di riferimento indicati dalla Commissione Europea: 200 Bq/m<sup>3</sup> e 400 Bq/m<sup>3</sup>. I valori medi nazionali sono stati ottenuti pesando le medie regionali per il numero degli abitanti di ogni regione: la media aritmetica è risultata  $70 \pm 1$  Bq/m<sup>3</sup>, la media geometrica è 52 Bq/m<sup>3</sup>, la deviazione standard geometrica è 2,1, la percentuale media di abitazioni che eccedono i due livelli di riferimento sono rispettivamente 4,1% e 0,9%.

La concentrazione media di attività di radon *indoor* in Italia è circa 70 Bq/m<sup>3</sup>. Tale valore è superiore alla media mondiale pari a circa 40 Bq/m<sup>3</sup>. Si nota (tabella 15.7, figura 15.3), inoltre, una notevole differenza tra le medie delle regioni. Tale distribuzione, in linea con i risultati degli altri paesi, è da mettere in relazione alla naturale variabilità spaziale del fenomeno, dovuta principalmente al diverso contenuto di uranio nelle rocce e nei suoli e alla loro differente permeabilità. Per effetto del D.Lgs. 230/95 e s.m.i. sull'esposizione da attività lavorative con particolari sorgenti naturali di radiazioni, le regioni e le province autonome di Trento e Bolzano dovranno effettuare una prima individuazione delle zone a maggiore probabilità di alte concentrazioni di radon (mappature radon) entro il 31 agosto 2005. Tale data è subordinata alla costituzione della Sezione speciale della Commissione tecnica per la sicurezza nucleare e la protezione sanitaria, di cui all'art. 10 septies del D.Lgs. 230/95 e s.m.i., che dovrà stabilire i criteri per l'individuazione delle zone e fornire pareri per la validazione delle mappature. In Italia, nel 2001, risultano censite una cinquantina di campagne e attività di monitoraggio di radon in aria *indoor* per abitazioni e scuole, ultimate o in corso di svolgimento, significative ai fini della caratterizzazione del territorio. Da queste attività di mappatura territoriale, effettuate dalle ARPA/APPA, si conferma la notevole variabilità della concentrazione di attività di radon e della percentuale di edifici che superano determinati valori di concentrazione di radon. In figura 15.4 sono rappresentate le regioni nelle quali sono stati avviati, a cura delle ARPA/APPA, studi per l'individuazione delle zone a maggiore probabilità di alte concentrazioni di radon ai sensi del D.Lgs. 230/95 e s.m.i. con l'indicazione dell'anno dell'inizio delle attività. Nel Veneto, Provincia autonoma di Bolzano e Friuli Venezia e Giulia, è già disponibile una mappatura regionale, a seguito di azioni di monitoraggio territoriale a tal fine appositamente progettate. La Provincia autonoma di Trento, Emilia Romagna, Toscana e Abruzzo hanno già intrapreso campagne di misura di radon estese all'intero territorio regionale. In Piemonte e Lombardia sono state condotte indagini approfondite su aree già note a priori per gli elevati livelli di radon.

**Tabella 15.7: Quadro riepilogativo dei risultati dell'indagine nazionale sul radon nelle abitazioni, per regione e provincia autonoma (1989 - 1997)**

| Regione/Provincia autonoma                         | Rn-222 Media aritmetica $\pm$ STD ERR | Abitazioni >200 Bq/m <sup>3</sup> | Abitazioni >400 Bq/m <sup>3</sup> |
|--|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|  | (Bq/m <sup>3</sup> )                  | %                                 | %                                 |
| Piemonte   | 69 $\pm$ 3                            | 2,1                               | 0,7                               |
| Valle d'Aosta                                      | 44 $\pm$ 4                            | 0,0                               | 0,0                               |
| Lombardia  | 111 $\pm$ 3                           | 8,4                               | 2,2                               |
| Trentino Alto Adige                                |                                       |                                   |                                   |
| <i>Bolzano - Bozen<sup>a</sup></i>                 | 70 $\pm$ 8                            | 5,7                               | 0,0                               |
| <i>Trento<sup>a</sup></i>                          | 49 $\pm$ 4                            | 1,3                               | 0,0                               |
| Veneto   | 58 $\pm$ 2                            | 1,9                               | 0,3                               |
| Friuli Venezia Giulia                              | 99 $\pm$ 8                            | 9,6                               | 4,8                               |
| Liguria  | 38 $\pm$ 2                            | 0,5                               | 0,0                               |
| Emilia Romagna                                     | 44 $\pm$ 1                            | 0,8                               | 0,0                               |
| Toscana  | 48 $\pm$ 2                            | 1,2                               | 0,0                               |
| Umbria   | 58 $\pm$ 5                            | 1,4                               | 0,0                               |
| Marche   | 29 $\pm$ 2                            | 0,4                               | 0,0                               |
| Lazio  | 119 $\pm$ 6                           | 12,2                              | 3,4                               |
| Abruzzo  | 60 $\pm$ 6                            | 4,9                               | 0,0                               |
| Molise   | 43 $\pm$ 6                            | 0,0                               | 0,0                               |
| Campania   | 95 $\pm$ 3                            | 6,2                               | 0,3                               |
| Puglia   | 52 $\pm$ 2                            | 1,6                               | 0,0                               |
| Basilicata   | 30 $\pm$ 2                            | 0,0                               | 0,0                               |
| Calabria   | 25 $\pm$ 2                            | 0,6                               | 0,0                               |
| Sicilia  | 35 $\pm$ 1                            | 0,0                               | 0,0                               |
| Sardegna   | 64 $\pm$ 4                            | 2,4                               | 0,0                               |
| <b>MEDIA (pesata per la popolazione regionale)</b> | <b>70 <math>\pm</math> 1</b>          | <b>4,1</b>                        | <b>0,9</b>                        |

Fonte: Bochicchio, F. et al. "Results of the national survey on radon indoors in the all the 21 italian regions", Proceedings of Radon in the Living Environment Workshop, Atene, Aprile 1999

**LEGENDA:**

<sup>a</sup> - Il Trentino Alto Adige è costituito dalle province autonome di Bolzano e di Trento, amministrativamente indipendenti

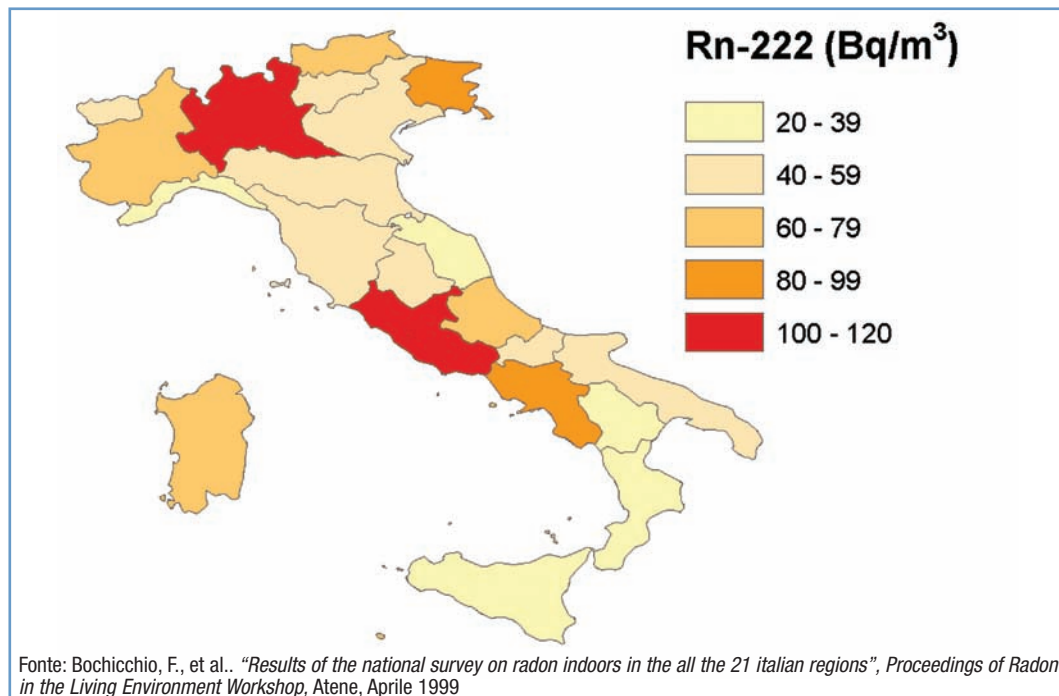


Figura 15.3: Carta tematica delle concentrazioni di attività di Rn222 nelle abitazioni, per regione e provincia autonoma (la scelta degli intervalli ha valore esemplificativo) (1989-1997)

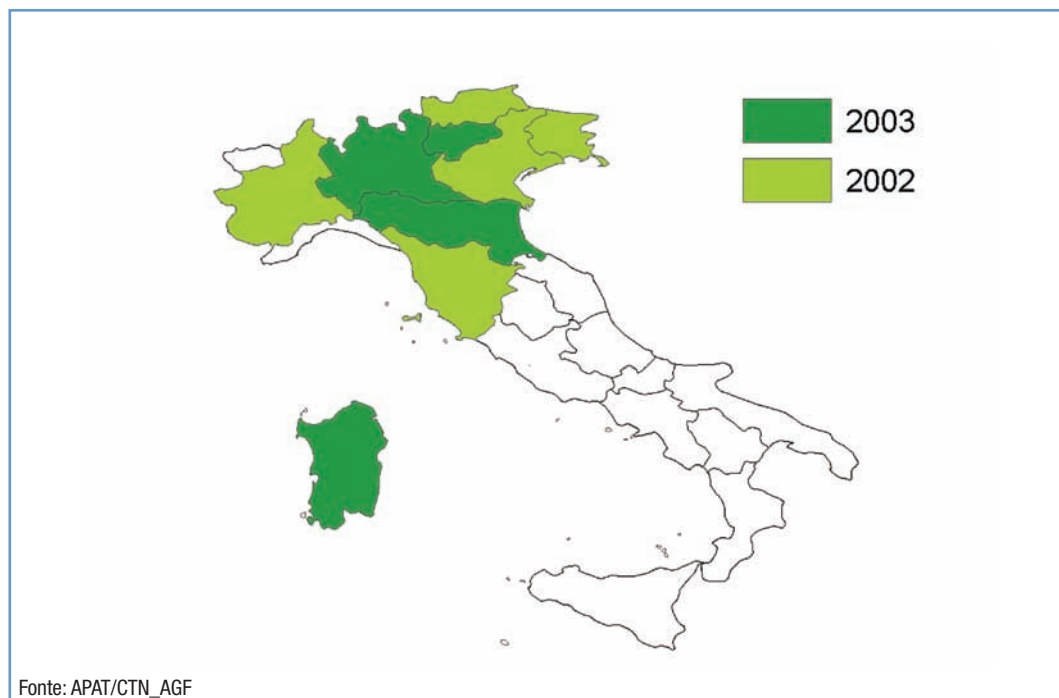
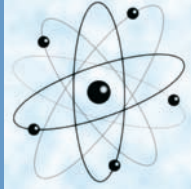


Figura 15.4: Regioni in cui sono stati sviluppati studi/iniziative mirate all'identificazione delle aree soggette a rischio radon



# DOSE GAMMA ASSORBITA IN ARIA PER ESPOSIZIONI A RADIAZIONI COSMICA E TERRESTRE

INDICATORE - A06.007

## DESCRIZIONE

L'indicatore, qualificabile come indicatore di stato, è ricavato dalla misura delle radiazioni gamma in aria. La dose gamma assorbita in aria è dovuta a due contributi principali: la radiazione cosmica e quella terrestre. La componente terrestre varia in funzione del luogo in cui avviene l'esposizione: all'esterno (*outdoor*) o all'interno (*indoor*) degli edifici. In quest'ultimo caso vi è una componente aggiuntiva dovuta alla radioattività naturale contenuta nei materiali da costruzione.

## UNITÀ di MISURA

Nanogray/ora (nGy/h)

## FONTE dei DATI

Elaborazione APAT su dati A. Cardinale, *et al.*, "Absorbed Dose Distribution in the Italian Population Due to the Natural Background Radiation", *Proceedings of the Second International Symposium on the Natural Radiation Environment*, J.A.S. Adams, W.M. Lowder and T.F. Gesell eds. Pag. 421, 1972.

Per l'esposizione gamma *indoor*: elaborazione APAT su dati dei Centri Regionali di riferimento per la Radioattività ambientale relativi all'indagine nazionale sulla radioattività naturale nelle abitazioni.

## PERIODICITÀ di AGGIORNAMENTO

In tempo reale

## QUALITÀ dell'INFORMAZIONE

| Rilevanza | Accuratezza | Comparabilità nel tempo | Comparabilità nello spazio |
|-----------|-------------|-------------------------|----------------------------|
| 1         | 1           | 1                       | 1                          |

L'indicatore risponde bene alla domanda di informazione. La rete GAMMA è una rete di allarme non predisposta per la valutazione della dose alla popolazione, bensì per segnalare eventuali anomalie dovute a rilasci in atmosfera. Tuttavia, i dati della rete sono confrontabili con i dati dell'indagine svolta nel 1972.

★★★

## SCOPO e LIMITI

Documentare entità e distribuzione della dose efficace per esposizione a radiazione gamma di origine cosmica e terrestre (due delle fonti di esposizione alla radioattività naturale), al fine di valutarne l'impatto sulla popolazione italiana. Documentare eventi o situazioni incidentali che possano comportare un aumento dell'esposizione della popolazione a radiazioni.

## OBIETTIVI FISSATI dalla NORMATIVA

Il monitoraggio dell'intensità di dose gamma in aria è condotto nell'ambito delle attività previste dal D.Lgs. 230/95 e successive modifiche e integrazioni, sia per scopi di controllo della radioattività ambientale (art. 104), sia a supporto della gestione delle emergenze radiologiche (art. 123).

## STATO e TREND

Lo stato e il *trend* attribuiti all'indicatore evidenziano una situazione stazionaria, in accordo con la natura stessa dell'indicatore. L'eventuale variazione del valore della dose gamma assorbita in aria, infatti, potrebbe essere con-

sequenza, essenzialmente, di eventi incidentali. La natura e portata di tali eventi, inoltre, escluderebbe il coinvolgimento degli impianti nucleari italiani e le attività di smantellamento a essi associate.

## COMMENTI a TABELLE e FIGURE

L'esposizione gamma *indoor* (tabella 15.8) deriva dall'elaborazione APAT dei dati prodotti dai CRR relativi all'indagine nazionale sulla radioattività naturale nelle abitazioni. La media pesata per la componente di origine terrestre *indoor* è stata ottenuta attribuendo alla regione per la quale i dati non sono disponibili, un valore ottenuto dividendo la componente terrestre *outdoor* della regione stessa per il rapporto medio tra componente *outdoor* e *indoor* di tutte le regioni di cui si dispongono dati. In tabella 15.9, i valori delle deviazioni standard (S.D.) percentuali si riferiscono alla distribuzione spaziale dei dati delle rispettive macroregioni. Per quanto riguarda, invece, le variazioni temporali dell'intensità di dose gamma, le deviazioni standard delle medie giornaliere di ciascuna stazione di monitoraggio risultano, su base annua, dell'ordine del 3%.

In tabella 15.8 sono riportate le stime dei contributi medi delle diverse componenti della dose gamma assorbita in aria. I dati dei contributi di origine cosmica e terrestre *outdoor* sono stati elaborati dai risultati di un'indagine effettuata tra gli anni 1970-1971 su un reticolo di oltre 1000 punti di misura. I dati della dose gamma di origine terrestre *indoor* sono stati ottenuti nell'ambito dell'indagine nazionale sulla radioattività nelle abitazioni, su campioni di abitazioni rappresentativi a livello regionale. Dall'analisi dei dati si evidenzia la sostanziale uniformità del contributo della radiazione cosmica, mentre il contributo della radiazione terrestre è fortemente dipendente dalla geologia del sito. La dose gamma totale annuale dipende dai tempi di permanenza *indoor* e *outdoor* che sono rispettivamente il 79% e il 21%. La rete GAMMA dell'APAT è costituita da 50 centraline di monitoraggio automatico distribuite sul territorio nazionale, come illustrato nella figura 15.5, che forniscono in tempo reale una misura del rateo di dose gamma assorbita in aria. Nella tabella 15.9 sono fornite le medie annuali del rateo di dose gamma assorbita in aria (2000 – 2003), aggregate per macroregioni. Tali valori sono stati ottenuti dalle medie annuali delle singole stazioni. Relativamente alle fluttuazioni temporali, esse sono dell'ordine del 3%, desumibile dalla deviazione standard delle misure giornaliere delle singole stazioni. Sono evidenziati, inoltre, i valori massimi e minimi per ciascuna macroregione. Il valore medio pesato per la popolazione delle tre macroregioni è pari a 104 nGy/h, dato da confrontare con 112 nGy/h ottenuto dalla tabella 15.8 sommando i contributi cosmico e terrestre *outdoor*.



**Tabella 15.8: Dose gamma assorbita in aria per esposizione a radiazioni cosmica e terrestre**

| Regione                                  | Origine cosmica | Origine terrestre |                        |
|--|-----------------|-------------------|------------------------|
|  |                 | outdoor           | indoor                 |
| nGy/h                                    |                 |                   |                        |
| Piemonte                                 | 40              | 57                | 95                     |
| Valle d'Aosta                            | 46              | 10                | -                      |
| Lombardia                                | 35              | 57                | 82                     |
| Trentino Alto Adige                      | 49              | 49                | 88                     |
| Veneto                                   | 38              | 53                | 46                     |
| Friuli Venezia Giulia                    | 40              | 51                | 69                     |
| Liguria                                  | 39              | 49                | 116                    |
| Emilia Romagna                           | 38              | 54                | 50                     |
| Toscana                                  | 40              | 53                | 44                     |
| Umbria                                   | 45              | 59                | 128                    |
| Marche                                   | 39              | 58                | 58                     |
| Lazio                                    | 39              | 136               | -                      |
| Abruzzo                                  | 42              | 51                | 63                     |
| Molise                                   | 35              | 43                | 64                     |
| Campania                                 | 37              | 162               | 298                    |
| Puglia                                   | 38              | 61                | 46                     |
| Basilicata                               | 41              | 89                | -                      |
| Calabria                                 | 40              | 65                | -                      |
| Sicilia                                  | 39              | 68                | -                      |
| Sardegna                                 | 37              | 31                | 98                     |
| <b>MEDIA (pesata per la popolazione)</b> | <b>38</b>       | <b>74</b>         | <b>104<sup>a</sup></b> |

Fonte: Elaborazione APAT su dati A. Cardinale, et al., *Absorbed Dose Distribution in the Italian Population Due to the Natural Background Radiation, Proceedings of the Second International Symposium on the Natural Radiation Environment*, J.A.S. Adams, W.M. Lowder and T.F. Gesell eds. Pag. 421, 1972.

Esposizione gamma *indoor*: Elaborazione APAT su dati dei Centri Regionali di riferimento per la Radioattività ambientale relativi all'indagine nazionale sulla radioattività naturale nelle abitazioni

**LEGENDA:**

<sup>a</sup> - La media pesata per la componente di origine terrestre *indoor* è stata ottenuta attribuendo alle regioni per le quali i dati non sono disponibili, un valore ottenuto dividendo la componente terrestre *outdoor* della regione per il rapporto medio tra componente *outdoor* e *indoor* di tutte le regioni con dati

**Tabella 15.9: Intensità di dose assorbita in aria *outdoor* (cosmica e terrestre) da rete GAMMA**

| Anno | Nord        |                     |            |           | Centro      |                     |            |           | Sud         |                     |            |           |
|------|-------------|---------------------|------------|-----------|-------------|---------------------|------------|-----------|-------------|---------------------|------------|-----------|
|      | Media nGy/h | S.D. <sup>a</sup> % | Min. nGy/h | Max nGy/h | Media nGy/h | S.D. <sup>a</sup> % | Min. nGy/h | Max nGy/h | Media nGy/h | S.D. <sup>a</sup> % | Min. nGy/h | Max nGy/h |
| 2000 | 103         | 14,3                | 78         | 130       | 109         | 52,8                | 61         | 309       | 93          | 26,9                | 59         | 131       |
| 2001 | 101         | 14,6                | 77         | 128       | 109         | 49,7                | 61         | 302       | 103         | 31,7                | 63         | 173       |
| 2002 | 105         | 14,9                | 71         | 143       | 106         | 58,1                | 58         | 322       | 112         | 36,1                | 66         | 179       |
| 2003 | 103         | 14,9                | 72         | 150       | 112         | 63,8                | 57         | 329       | 98          | 33,2                | 56         | 184       |

Fonte: APAT (Banca dati rete GAMMA)

**LEGENDA:**

<sup>a</sup> - I valori si riferiscono alla variazione spaziale. Le variazioni temporali delle medie giornaliere sono dell'ordine del 3%



Fonte: APAT (Banca dati Rete Gamma)

**Figura 15.5: Centraline di misura della rete GAMMA dell'APAT**



# CONCENTRAZIONE DI ATTIVITÀ DI RADIONUCLIDI ARTIFICIALI IN MATRICI AMBIENTALI E ALIMENTARI (PARTICOLATO ATMOSFERICO, DEPOSIZIONI UMIDE E SECHE, LATTE) INDICATORE - A06.008

## DESCRIZIONE

Il controllo della radioattività ambientale in Italia nasce in seguito alle esplosioni nucleari in atmosfera degli anni '50, che hanno comportato ricadute al suolo di materiale radioattivo. Attualmente tale controllo è esercitato dalle Reti nazionali, il cui obiettivo principale è il rilevamento dell'andamento della radioattività in matrici ambientali e alimentari. La presenza di radionuclidi artificiali in campioni di particolato atmosferico corrispondenti a volumi di aria noti, di deposizione umida e secca e di latte vaccino consente di "monitorare" lo stato della contaminazione radiometrica. La radiocontaminazione dell'atmosfera è generalmente il primo segnale della dispersione nell'ambiente di radionuclidi artificiali; la presenza di Cs-137 nel latte è rilevabile quale residuo della contaminazione di eventi su scala globale (test bellici degli anni '60, incidente di Chernobyl).

## UNITÀ di MISURA

Microbecquerel per metro cubo ( $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ); Becquerel per metro quadrato ( $\text{Bq}/\text{m}^2$ ); Becquerel per litro ( $\text{Bq}/\text{l}$ ).

## FONTE dei DATI

APAT/ARPA/APPA

## PERIODICITÀ di AGGIORNAMENTO

Annuale

## QUALITÀ dell'INFORMAZIONE

| Rilevanza | Accuratezza | Comparabilità nel tempo | Comparabilità nello spazio |
|-----------|-------------|-------------------------|----------------------------|
| 1         | 3           | 1                       | 2                          |

L'indicatore risponde alla domanda di informazione. Buona la comparabilità nel tempo, mentre la comparabilità nello spazio è garantita in modo differente, secondo la matrice considerata. I dati forniti suggeriscono la necessità di proseguire nel processo di revisione dell'attività della Rete nazionale.



## SCOPO e LIMITI

Valutare la concentrazione media annua di attività di radionuclidi artificiali nel particolato atmosferico, nella deposizione al suolo e nel latte, finalizzata al controllo della radiocontaminazione ambientale. La concentrazione di attività di radionuclidi nel latte fornisce altresì un'informazione utile per due aspetti: dietetico - sanitario, in relazione all'importanza di tale alimento quale componente della dieta, e ambientale, in relazione al rapido trasferimento della contaminazione dai foraggi al latte.

Disomogeneità metodologiche per le misure eseguite dai diversi istituti, enti, organismi delle reti.

## OBIETTIVI FISSATI dalla NORMATIVA

L'art. 104 del D.Lgs. 230/95 e successive modifiche e integrazioni, individua le Reti nazionali di sorveglianza della radioattività ambientale come strumento per la stima dell'esposizione della popolazione, dovuta a sorgenti diffuse. La Raccomandazione europea 2000/473/Euratom dell' 8 giugno 2000 fornisce indicazioni agli Stati membri sulla realizzazione del monitoraggio della radioattività ambientale. Il Regolamento CEE 737/90 e successive proroghe è relativo alla commercializzazione di prodotti fra gli Stati membri conseguente alla contaminazione di Chernobyl.

## STATO e TREND

---

Lo stato dell'indicatore è sufficientemente descritto, anche se sussistono disomogeneità a livello di campionamenti e misure eseguite dai diversi enti. Il *trend* attuale dell'indicatore è da considerarsi sostanzialmente stazionario, in quanto la presenza di Cs-137 è rilevabile pressoché esclusivamente quale residuo della contaminazione di eventi su scala globale (test bellici degli anni '60, incidente di Chernobyl).

## COMMENTI a TABELLE e FIGURE

---

L'andamento temporale (con cadenza mensile) della concentrazione di Cs-137 nel particolato atmosferico per tutte le stazioni italiane è visualizzato in figura 15.6. Il valore della concentrazione nel latte per macroregione, riportato nella tabella 15.12, è la media aritmetica dei dati regionali, rappresentativi a livello locale del territorio interessato. La figura 15.8 rappresenta il confronto nel tempo del valore medio nazionale, a partire dal 1987, anno successivo all'incidente di Chernobyl.

I dati relativi alle misure raccolte a intervalli mensili sul particolato atmosferico evidenziano una certa disomogeneità nella copertura territoriale (tabella 15.10), in particolare il Sud Italia non risulta "coperto" da alcuna stazione di monitoraggio. Nelle misure effettuate, l'attività è generalmente inferiore a quella minima rilevabile. Si osservano (figura 15.6) i picchi di contaminazione relativi all'arrivo in Italia della "nube di Chernobyl", nonché quello, rilevato in modo più evidente nel Nord Italia, dovuto a un incidente in una fonderia spagnola presso Algeciras. Anche dai dati relativi alle misure di deposizione al suolo (tabella 15.11) si osserva una disomogeneità significativa nella copertura territoriale, in particolare il Sud Italia, non "coperto" da alcuna stazione di monitoraggio. In figura 15.7 si evidenziano, nello specifico, gli eventi di ricaduta associati ai test in atmosfera degli anni '60 e l'incidente alla centrale nucleare di Chernobyl, a partire dal quale l'andamento dei valori di contaminazione segna una sistematica diminuzione.

Nelle analisi effettuate sui campioni mensili di latte vaccino (tabella 15.12), svolte secondo appositi protocolli, l'attività è spesso inferiore a quella minima rilevabile. Dal confronto nel tempo del valore medio nazionale (figura 15.8) si evince, ad oggi, un abbattimento dei livelli di contaminazione nel latte vaccino di circa un ordine di grandezza rispetto al dato medio del 1987, anno successivo alla ricaduta di Chernobyl. Futuri approfondimenti potranno prevedere elaborazioni e strategie di campionamento più mirate a rappresentare il dato di contaminazione rispetto al consumo macroregionale.

**Tabella 15.10: Concentrazione di attività di Cs-137: media mensile e deviazione standard nel particolato atmosferico (2003)**

| Mese                  | Nord               | Centro   | Sud      |
|-----------------------|--------------------|----------|----------|
|                       | µBq/m <sup>3</sup> |          |          |
| Gennaio               | 12 ± 18            | 45 ± 25  | -        |
| Febbraio              | 15 ± 22            | 42 ± 27  | -        |
| Marzo                 | 9 ± 9              | 67 ± 43  | -        |
| Aprile                | 16 ± 25            | 30 ± 24  | -        |
| Maggio                | 7 ± 7              | 60 ± 67  | -        |
| Giugno                | 12 ± 13            | 51 ± 37  | -        |
| Luglio                | 10 ± 14            | 28 ± 22  | -        |
| Agosto                | 8 ± 7              | 23 ± 32  | -        |
| Settembre             | 13 ± 18            | 34 ± 17  | -        |
| Ottobre               | 7 ± 9              | 28 ± 12  | -        |
| Novembre              | 12 ± 16            | 20 ± 0   | -        |
| Dicembre              | 12 ± 22            | 47 ± 47  | -        |
| <b>n. di stazioni</b> | <b>8</b>           | <b>3</b> | <b>0</b> |

Fonte: Elaborazione APAT/CTN\_AGF su dati APAT/ARPA/APPA

**Tabella 15.11: Concentrazione di attività di Cs-137: media mensile e deviazione standard nelle deposizioni umide e secche (2003)**

| Mese               | Nord              | Centro      | Sud      |
|--------------------|-------------------|-------------|----------|
|                    | Bq/m <sup>2</sup> |             |          |
| Gennaio            | 0,10 ± 0,10       | 0,29 ± 0,28 | -        |
| Febbraio           | 0,10 ± 0,09       | 0,17 ± 0,20 | -        |
| Marzo              | 0,15 ± 0,15       | 0,28 ± 0,28 | -        |
| Aprile             | 0,20 ± 0,14       | 0,24 ± 0,32 | -        |
| Maggio             | 0,21 ± 0,14       | < 0,50      | -        |
| Giugno             | 0,28 ± 0,30       | 0,34 ± 0,37 | -        |
| Luglio             | 0,29 ± 0,26       | 0,34 ± 0,37 | -        |
| Agosto             | 0,33 ± 0,50       | 0,34 ± 0,37 | -        |
| Settembre          | 0,22 ± 0,27       | 0,37 ± 0,46 | -        |
| Ottobre            | 0,19 ± 0,26       | 0,37 ± 0,32 | -        |
| Novembre           | 0,11 ± 0,11       | 0,33 ± 0,38 | -        |
| Dicembre           | 0,11 ± 0,11       | 0,37 ± 0,33 | -        |
| <b>n. stazioni</b> | <b>13</b>         | <b>3</b>    | <b>0</b> |

Fonte: Elaborazione APAT/CTN\_AGF su dati APAT/ARPA/APPA

**Tabella 15.12: Concentrazione di attività di Cs-137 nel latte vaccino: media annua e numero di regioni/province autonome che hanno effettuato misure (2003)**

| Macroregione        | Cs-137             | Regioni/Province autonome |
|---------------------|--------------------|---------------------------|
|                     | Bq/l               | n.                        |
| Nord                | 0,19 ± 0,09        | 9                         |
| Centro              | 0,18 ± 0,17        | 7                         |
| Sud                 | 0,12 ± 0,02        | 2                         |
| <b>MEDIA ITALIA</b> | <b>0,17 ± 0,11</b> |                           |
| <b>ITALIA</b>       |                    | <b>18</b>                 |

Fonte: Elaborazione APAT/CTN\_AGF su dati APAT/ARPA/APPA

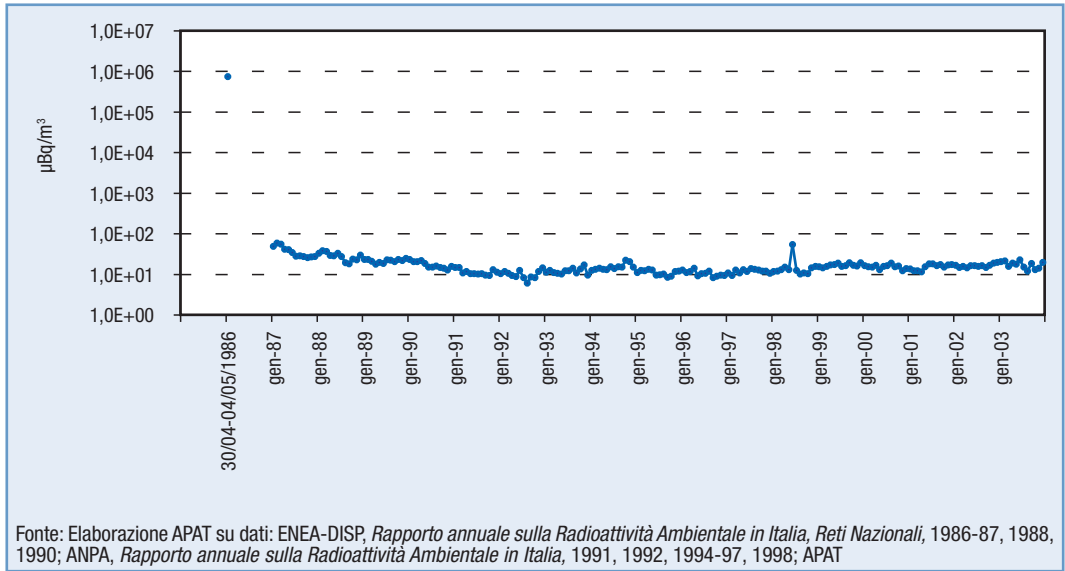


Figura 15.6: Andamento della concentrazione di attività mensile media in Italia di Cs-137 nel particolato atmosferico

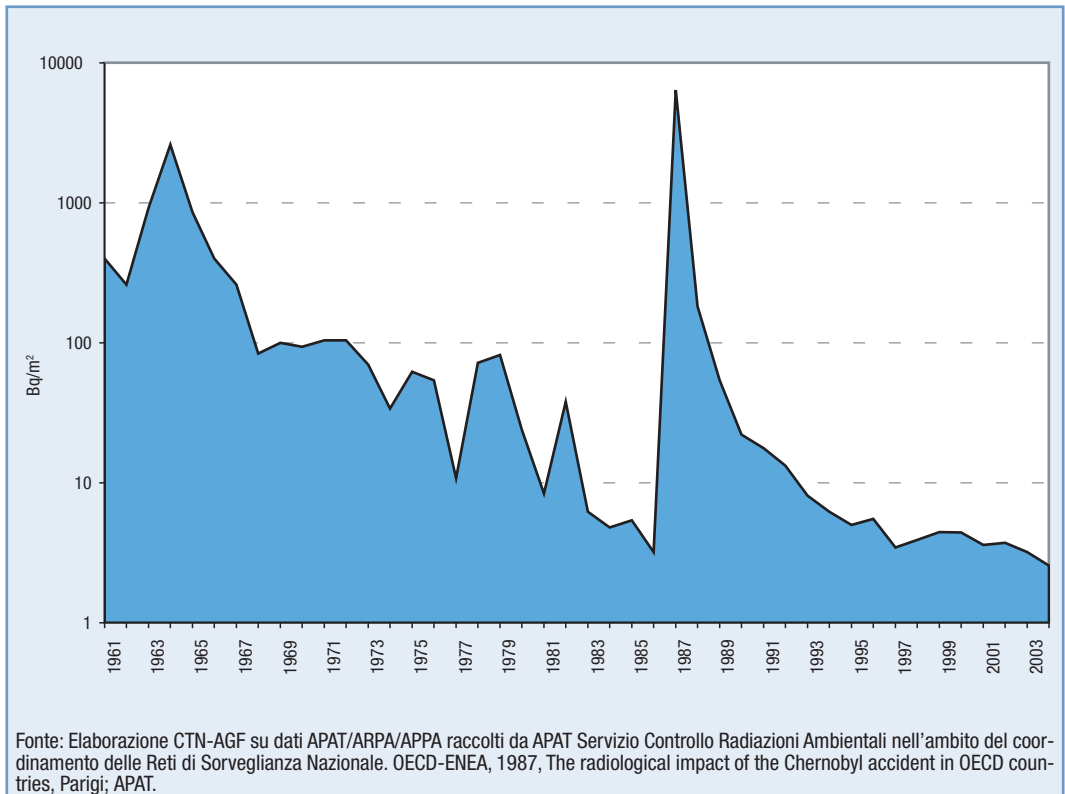
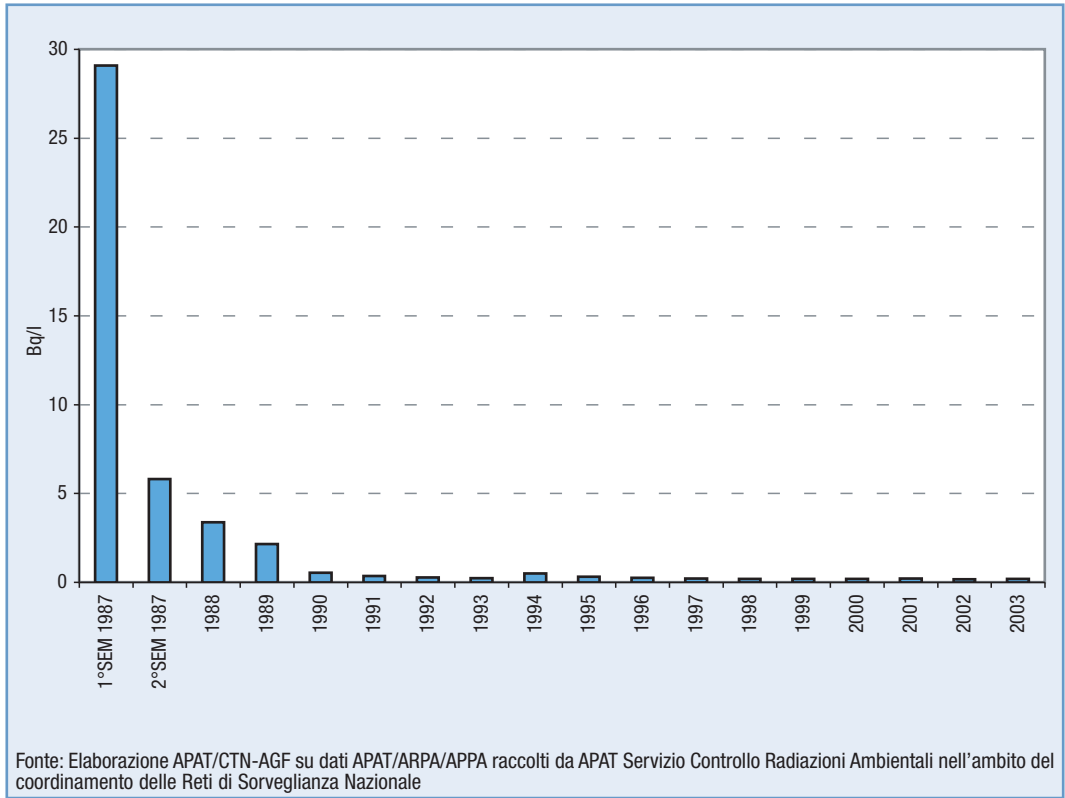


Figura 15.7: Andamento annuale della deposizione totale di Cs-137 in Italia



**Figura 15.8: Andamento della concentrazione media nazionale di Cs-137 nel latte vaccino**



# DOSE EFFICACE MEDIA INDIVIDUALE IN UN ANNO

INDICATORE - A06.009

## DESCRIZIONE

L'indicatore è qualificabile come indicatore di impatto. La dose efficace media individuale in un anno (da ora in poi denominata anche dose efficace) rappresenta una stima dell'esposizione di ciascun membro della popolazione alla radioattività dovuta ai diversi contributi di origine naturale e antropica. Essa è anche una grandezza con cui si valuta il rischio, per gli individui e per la popolazione, di effetti "stocastici".

## UNITÀ di MISURA

Millisievert/anno (mSv/anno)

## FONTI dei DATI

Non è necessaria una raccolta sistematica di tutti i dati di riferimento. Per alcuni di essi (radon, radioattività artificiale ambientale) i dati sono prodotti dalle ARPA/APPA e raccolti dall'APAT; UNSCEAR 2000.

## PERIODICITÀ di AGGIORNAMENTO

Quinquennale (a meno di incidenti che comportino incrementi di esposizioni non trascurabili e di ulteriore quantificazione del contributo dell'esposizione media).

## QUALITÀ dell'INFORMAZIONE

| Rilevanza | Accuratezza | Comparabilità nel tempo | Comparabilità nello spazio |
|-----------|-------------|-------------------------|----------------------------|
| 1         | 2           | 2                       | 2                          |

L'indicatore risponde alla domanda di informazione. Alcune riserve vanno poste sull'accuratezza dei dati in quanto ottenuti da estrapolazioni di dati su base mondiale. Relativamente alla comparabilità nel tempo, la continua evoluzione dei modelli di calcolo delle dosi comporta variazioni trascurabili, mentre la comparabilità nello spazio necessita di ulteriori dati regionali.



## SCOPO e LIMITI

Stimare i contributi delle fonti di esposizione alla radioattività (di origine naturale e antropica) della popolazione. Alcune delle informazioni sono ricavate da valutazioni effettuate sulla base di dati medi mondiali, a causa della carenza di quelli nazionali.

## OBIETTIVI FISSATI dalla NORMATIVA

Il D.Lgs. 230/95 e s.m.i. fissa un limite di dose efficace per le persone del pubblico pari a 1 mSv/anno per esposizione dovute alle pratiche lavorative. La normativa prevede che qualora venga superato il valore di 0,3 mSv/anno per le persone del pubblico in presenza di attività lavorative comportanti esposizione a sorgenti naturali o il valore di 3 mSv/anno per lavoratori che prestano la propria opera in presenza di sorgenti naturali, debbano essere intraprese delle azioni volte a ridurre i livelli di esposizione al di sotto di detti valori. L'art. 12 del D.Lgs. 187/00 richiede che le regioni provvedano a valutare le esposizioni a scopo medico per la popolazione regionale e a gruppi di riferimento della stessa, e che tale valutazione sia effettuata periodicamente e inviata al Ministero della salute.

## STATO e TREND

Lo stato e il trend indicano una situazione di stazionarietà. Tale considerazione è valida nella misura in cui l'indicatore è associato alla stima del valore medio di dose per individuo. Per i singoli individui, la dose efficace può variare fino



decine di volte rispetto al valore medio, in funzione della variabilità delle diverse componenti, ad esempio della concentrazione di radon *indoor*. Sono escluse considerazioni su eventuali incidenti nucleari o su esplosioni atomiche.

## COMMENTI a TABELLE e FIGURE

La dose efficace individuale media annuale per la popolazione italiana risente del contributo della esposizione al radon *indoor* (superiore alla media mondiale) e dell'esposizione a radiazioni gamma terrestri, legate entrambe alla presenza di radionuclidi di origine naturali presenti nella crosta terrestre. L'industria nucleare contribuisce in minima parte alla dose totale, mentre il contributo residuo dell'incidente di Chernobyl è anch'esso notevolmente ridotto rispetto al periodo immediatamente seguente l'incidente. Circa il 73% della dose deriva da esposizioni di tipo naturale e circa il 44% dall'esposizione al radon, che rappresenta quindi la principale fonte di esposizione alla radioattività. A causa della grande variabilità della concentrazione di radon *indoor* la dose efficace individuale può raggiungere valori molto superiori, fino a diverse decine di mSv/anno, anche in relazione agli spostamenti dei luoghi di residenza e di lavoro degli individui. Le altre sorgenti possono invece considerarsi relativamente costanti nel tempo. In relazione alla dose da esposizioni mediche il valore riportato si riferisce a una dose media. A tale scopo è stato adottato il dato ricavato dalle valutazioni dell'UNSCEAR per le aree industrializzate come l'Italia. Benché alcune pratiche mediche esponano a dosi rilevanti le persone interessate, deve essere tenuto presente il beneficio derivante da questo tipo di pratiche. Per stimare più precisamente il valore medio nazionale dovuto all'esposizione medica sarebbe necessario disporre di una base dati più dettagliata e rappresentativa della situazione italiana.

Nella tabella 15.13 sono riportate le stime dei principali contributi, sia di origine naturale sia artificiale, alla dose efficace media individuale in un anno, per la popolazione italiana. Nella figura 15.9 è riportata la distribuzione delle varie componenti considerate. Il contributo alla dose dovuto al radon avviene principalmente per inalazione e, in modo secondario, per ingestione di acqua. L'inalazione in aria è stata calcolata a partire dai dati di concentrazione di radon ricavati dall'indagine nazionale sulla radioattività nelle abitazioni e sulla base dei tempi di permanenza (60% in casa, 19% in altri luoghi chiusi, 21% all'aperto) ricavati nell'ambito della suddetta indagine; si è assunta, per gli altri luoghi chiusi, una concentrazione pari a quella nelle abitazioni e, per il radon all'esterno, il dato dell'UNSCEAR 2000 pari  $10 \text{ Bq/m}^3$ . Sono stati utilizzati un fattore di equilibrio pari a 0,4 e due coefficienti di conversione riportati dall'UNSCEAR 2000, rispettivamente di  $9 \text{ nSv (Bqhm}^{-3}\text{)}^{-1}$  per esposizione ai polmoni e  $0,17 \text{ nSv (Bqhm}^{-3}\text{)}^{-1}$  per esposizione su altri organi. Il contributo del radon in acqua per ingestione è stato stimato assumendo un valore medio di concentrazione di radon in acqua pari a  $10 \text{ Bq/l}$  e un coefficiente di conversione pari a  $3,5 \text{ nSv/Bq}$  (dati UNSCEAR 2000) e un consumo di acqua direttamente ingerita pari a 0,6 litri al giorno (dati *National Research Council*). Il contributo della radiazione cosmica (componente direttamente ionizzante) è stato calcolato sulla base dei dati riportati nella descrizione dell'indicatore "Dose gamma assorbita in aria per esposizione a radiazioni cosmica e terrestre", applicando i tempi di permanenza *indoor* e *outdoor* sopra riportati, un fattore di schermatura di 0,8 per esposizioni *indoor* e un coefficiente di conversione pari a  $1 \text{ SvGy}^{-1}$  (UNSCEAR 2000). Il contributo della radiazione terrestre è stato stimato sulla base dei dati riportati nella descrizione dell'indicatore "Dose gamma assorbita in aria per esposizione a radiazioni cosmica e terrestre", applicando i tempi di permanenza *indoor* e *outdoor* sopra riportati e un coefficiente di conversione di  $0,7 \text{ SvGy}^{-1}$  (UNSCEAR 2000).

I dati sull'esposizione medica sono piuttosto scarsi e limitati a due rapporti delle regioni Emilia Romagna e Lombardia, pervenuti tramite il Ministero della salute. Da un'elaborazione dei risultati risulta una stima conservativa della media pesata per la popolazione delle due regioni di  $0,7 \text{ mSv/anno}$ , relative a prestazioni di radiodiagnostica e medicina nucleare con esclusione della radiodiagnostica odontoiatrica e di altre prestazioni, per le quali si è valutato un contributo aggiuntivo massimo del 20%. Ciò porterebbe a una stima della dose efficace per esposizione medica di circa  $0,9 \text{ mSv/anno}$ . Anche se la popolazione delle due regioni rappresenta circa il 23% della popolazione italiana si è ritenuto non sufficientemente rappresentativo il dato e, pertanto, si è adottato il valore stimato dall'UNSCEAR 2000 pari a  $1,2 \text{ mSv/anno}$ . Per quanto riguarda i contributi relativi alla componente neutronica della radiazione cosmica, all'esposizione al toron, all'ingestione di radionuclidi naturali, all'esposizione per inalazione non causata da radon e toron, all'esposizione a seguito dell'incidente di Chernobyl, al *fallout* dovuto alle esplosioni nucleari in atmosfera e all'esposizione causata dall'industria nucleare, sono stati utilizzati i dati dell'UNSCEAR 2000.

**Tabella 15.13: Stima dei contributi alla dose efficace media individuale in un anno per la popolazione italiana**

| Sorgente                  |                                       | Dose efficace media individuale |
|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
|                           |                                       | mSv/anno                        |
| Naturale                  | Esposizione esterna:                  |                                 |
|                           | Raggi cosmici                         | 0,4                             |
|                           | Radiazione gamma terrestre            | 0,6                             |
|                           | Esposizione interna:                  |                                 |
|                           | Inalazione (radon e toron)            | 2                               |
|                           | Inalazione (diversa da radon e toron) | 0,006                           |
|                           | Ingestione                            | 0,3                             |
| <b>TOTALE NATURALE</b>    |                                       | <b>3,3</b>                      |
| Artificiale               | Diagnostica medica                    | 1,2                             |
|                           | Incidente di Chernobyl                | 0,002                           |
|                           | Test nucleari                         | 0,005                           |
|                           | Industria nucleare                    | 0,002                           |
| <b>TOTALE ARTIFICIALE</b> |                                       | <b>1,2</b>                      |
| <b>TOTALE</b>             |                                       | <b>4,5</b>                      |

Fonte: Elaborazione APAT da:

Cardinale G., Cortellessa F., Gera O., Ilari G., Lembo G., *Absorbed Dose Distribution in the Italian Population Due to the Natural Background Radiation*, Proceedings of the Second International Symposium on the Natural Radiation Environment, J.A.S. Adams, W.M. Lowder and T.F. Gesell eds. Pag. 421, 1972

Bochicchio F., Campos Venuti G., Piermattei S., Nuccetelli C., Risica S., Tommasino L., Torri G., *Indagine nazionale sulla radioattività naturale nelle abitazioni* Rapporto ISTISAN Congressi 34 (ISSN 0393-5620), Roma, Giugno 1994

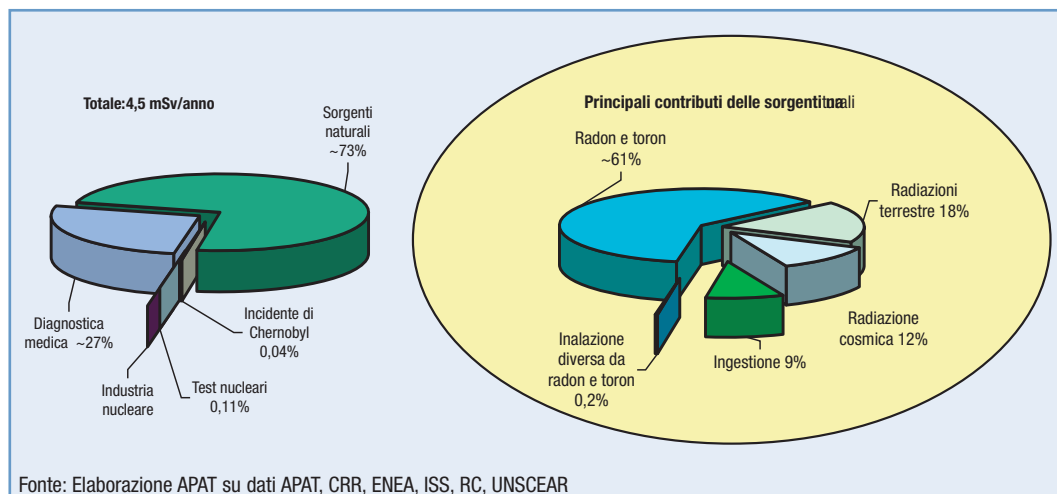
Bochicchio F., Campos Venuti G., Piermattei S., Torri G., Nuccetelli C., Risica S., Tommasino L. *Results of the National Survey on Radon Indoors in the all the 21 Italian Regions* Proceedings of Radon in the Living Environment Workshop, Atene, Aprile 1999

UNSCEAR 2000, *Sources and effects of ionizing radiation. Vol. I: Sources*, New York: United Nations; E.00.IX.3, 2000

Ministero della salute

ENEA; *Dossier 1999 – La radioprotezione in Italia – La salvaguardia della popolazione e dell'ambiente* Rapporto ISBN 88-8286-074-4

National Research Council: *Risk Assessment of Radon in Drinking Water*, National Academy Press Washington D.C. 1999



**Figura 15.9: Distribuzione dei contributi alla dose media individuale in un anno**



# STATO DI ATTUAZIONE DELLE RETI DI SORVEGLIANZA SULLA RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE

INDICATORE - A06.010

## DESCRIZIONE

Indicatore di risposta che riepiloga la situazione dell'attività di sorveglianza attuata dalle reti nazionali/regionali/locali. L'organizzazione attuale (in condizioni ordinarie) prevede, infatti, tre livelli di monitoraggio/controllo ambientale, in ottemperanza a disposizioni normative: le reti locali, attraverso le quali si esercita il controllo dell'ambiente attorno alle centrali nucleari e altri impianti di particolare rilevanza (*source related*); le reti regionali, delegate al monitoraggio e controllo generale dei livelli di radioattività sul territorio regionale (*source related/person related*); le reti nazionali, con il compito di fornire il quadro di riferimento generale della situazione italiana ai fini della valutazione della dose alla popolazione, prescindendo da particolari situazioni locali (*person related*).

## UNITÀ di MISURA

Classi di qualità. Punteggio (0 – 25 punti).

## FONTE dei DATI

ARPA/APPA; CISAM; CCR Ispra; ENEA; FIAT; Sogin; Università di Palermo; Università di Pavia.

## PERIODICITÀ di AGGIORNAMENTO

Annuale

## QUALITÀ dell'INFORMAZIONE

| Rilevanza | Accuratezza | Comparabilità nel tempo | Comparabilità nello spazio |
|-----------|-------------|-------------------------|----------------------------|
| 1         | 2           | 1                       | 2                          |

L'indicatore risponde alla domanda di informazione, alcune riserve sull'accuratezza in relazione alla densità del monitoraggio e alle diverse matrici; nessuna riserva sulla comparabilità nel tempo, mentre la comparabilità nello spazio è garantita in modo disomogeneo tra le diverse macroregioni. I dati forniti, utili alla valutazione dell'indicatore, suggeriscono la necessità di proseguire nel processo di revisione dell'attività della Rete nazionale.

★ ★ ★

## SCOPO e LIMITI

Valutare lo stato di attuazione dell'attività di sorveglianza sulla radioattività ambientale in Italia, relativamente alle reti esistenti, in conformità con programmi di assicurazione di qualità nazionali e internazionali. L'indicatore fornisce una valutazione della bontà del monitoraggio rispetto all'adeguamento a standard qualitativi definiti in termini di: matrici sottoposte a monitoraggio, frequenza di campionamento, densità spaziale, sensibilità di monitoraggio e partecipazione a interconfronti.

Il processo di revisione delle reti nazionali, tuttora in corso, impedisce di adottare quale riferimento per la valutazione dello stato di attuazione del monitoraggio (assegnazione punteggio/giudizio) i criteri fissati dalla Raccomandazione europea dell'8 giugno 2000 sull'applicazione dell'art.36 del Trattato Euratom. Non esistono criteri di valutazione per le reti regionali e locali.

## OBIETTIVI FISSATI dalla NORMATIVA

La normativa che regola l'istituzione delle reti di monitoraggio della radioattività ambientale è attualmente il D.Lgs. 230/95 "Attuazione delle Direttive Euratom 80/836, 84/467, 84/466, 89/618, 90/641 e 92/3 in materia di radia-

zioni ionizzanti”, Capo IX “Protezione sanitaria popolazione”, art. 104 “Controllo sulla radioattività ambientale” e la circolare n. 2/87 del Ministero della sanità “Direttive agli Organi Regionali per l’esecuzione di controlli sulla radioattività ambientale”.

### **STATO e TREND**

Lo stato dell’indicatore è sufficientemente descritto, relativamente alle reti nazionali. Il *trend* dell’indicatore è da considerarsi sostanzialmente stazionario, anche se esistono carenze a livello di programmi e misure effettuate nelle realtà “macroregionali”, inoltre, è prioritaria la revisione delle reti nazionali, in ottemperanza a quanto delineato a livello europeo. Occorre altresì completare il quadro delle reti regionali esistenti.

### **COMMENTI a TABELLE e FIGURE**

La tabella 15.14 riepiloga lo stato di attuazione del monitoraggio della radioattività ambientale (reti nazionali e reti regionali) ottenuto attraverso una consultazione di alcuni dei soggetti della rete nazionale sulla base dei dati trasmessi ad APAT nel 2004. Nello specifico, lo stato di attuazione del monitoraggio per la rete nazionale è considerato esclusivamente tramite il concorso delle diverse regioni alle determinazioni radiometriche eseguite per l’insieme degli indicatori: particolato atmosferico, deposizione al suolo e latte. La tabella 15.15 riporta lo stato di attuazione del monitoraggio della radioattività ambientale a livello delle reti locali. È indicata la presenza o meno della rete del gestore e dell’ente locale/ARPA/APPA. Nella tabella 15.16 vengono presentati, invece, i punteggi attribuiti per la valutazione dello stato di attuazione del monitoraggio a livello nazionale, a partire dal 1997. 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, rispetto alle quali è stata valutata la rispondenza ai seguenti aspetti: densità (in termini di macroregioni); frequenza di misura (rispetto alle matrici considerate); sensibilità di misura (in riferimento ai *reporting levels* fissati per il Cs137); regolarità del monitoraggio; organizzazione/partecipazione a iniziative di inteconfronto a scala nazionale.

Per le reti nazionali sussistono ancora disomogeneità comportamentali a livello di programmi attuati e misure eseguite dai diversi laboratori che partecipano all’organizzazione di tali reti. È prioritaria la revisione delle reti nazionali, in ottemperanza a quanto delineato dalla Raccomandazione europea dell’8 giugno 2000 sull’applicazione dell’art.36 del Trattato Euratom riguardante il controllo del grado di radioattività ambientale allo scopo di determinare l’esposizione dell’insieme della popolazione, in quanto si sta ormai assistendo, ad esempio nel caso dei prelievi di particolato atmosferico, a un progressivo smantellamento delle stazioni “storiche” dell’Aeronautica Militare (il Sud Italia è pertanto “scoperto”).

Tabella 15.14: Stato delle reti regionali, esempi di contribuiti alla rete nazionale al 31/12/2004

| Regione/Provincia autonoma | Esistenza rete regionale | Approvato da Regione/Provincia autonoma | Esempi di dati forniti alla rete nazionale |                            |           |
|----------------------------|--------------------------|---|--|----------------------------|-----------|
|                            |                          |   | particolato atmosferico                    | deposizioni umide e secche | latte     |
| Piemonte                   | Si                       | No                                      | Si   | Si                         | Si        |
| Valle d'Aosta              | Si                       | No                                      | Si   | Si                         | Si        |
| Lombardia                  | Si                       | Si (Ass. Sanità)                        | Si   | Si                         | Si        |
| <i>    Bolzano-Bozen</i>   | <i>Si</i>                | <i>No</i>                               | <i>No</i>                                  | <i>Si</i>                  | <i>Si</i> |
| <i>    Trento</i>          | <i>No</i>                | <i>No</i>                               | <i>Si</i>                                  | <i>Si</i>                  | <i>Si</i> |
| Veneto                     | Si                       | Si (Ass. Sanità)                        | Si   | Si                         | Si        |
| Friuli Venezia Giulia      | Si                       | Si (Ass. Sanità)                        | Si   | Si                         | Si        |
| Liguria                    | Si                       | Si (Ass. Sanità)                        | Si   | Si                         | Si        |
| Emilia Romagna             | Si                       | Si (Ass. Sanità)                        | Si   | Si                         | Si        |
| Toscana                    | Si                       | Si                                      | No   | Si                         | Si        |
| Umbria                     | No                       | No                                      | Si   | Si                         | Si        |
| Marche                     | Si (solo alimenti)       | Si (Ass. Sanità)                        | No   | No                         | Si        |
| Lazio                      | Si                       | Si (Ass. Ambiente)                      | Si   | No                         | Si        |
| Abruzzo                    | Si <sup>a</sup>          | Si                                      | Si   | Si                         | No        |
| Molise                     | Si                       | Si (Ass. Sanità)                        | No   | No                         | No        |
| Campania                   | Si                       | No                                      | No   | No                         | Si        |
| Puglia                     | No                       | No                                      | No   | Si                         | Si        |
| Basilicata                 | No                       | No                                      | No   | No                         | No        |
| Calabria                   | No                       | No                                      | No   | No                         | Si        |
| Sicilia                    | Si                       | Si (Ass. Sanità)                        | No   | No                         | Si        |
| Sardegna                   | Si                       | Si (Ass. Sanità)                        | Si   | Si                         | Si        |

Fonte: APAT/ARPA/APPA  
<sup>a</sup> - l'attività è gestita da ARPA di Pescara e dall'Istituto Zooprofilattico di Teramo

**Tabella 15.15: Stato di attuazione del monitoraggio della radioattività ambientale**

| Impianto  | Stato impianto   | Esistenza rete locale gestore | Esistenza rete locale Ente locale/ARPA |
|---|--|-------------------------------|--|
| Centrale del Garigliano                             | in disattivazione, assenza combustibile, rifiuti condizionati  | Si                            | No                                     |
| Centrale di Latina                                  | in disattivazione, assenza combustibile, rifiuti parzialmente condizionati                                     | Si                            | No                                     |
| Centrale di Trino                                   | in disattivazione, presenza combustibile in piscina, rifiuti parzialmente condizionati                         | Si                            | Si                                     |
| Centrale di Caorso                                  | in disattivazione, presenza di combustibile in piscina, rifiuti parzialmente condizionati                      | Si                            | Si                                     |
| Reattore AGN 201 "Costanza" - Università di Palermo | in esercizio, assenza rifiuti  | No                            | No                                     |
| Impianto ITREC - C.R. Trisaia ENEA                  | in "carico", rifiuti parzialmente condizionati   | Si                            | No                                     |
| Centro ENEA Casaccia:                               |  | Si                            | No                                     |
| Reattore TRIGA RC-1                                 | in esercizio, rifiuti depositati in NUCLECO  |                               |  |
| Reattore RSV TAPIRO                                 | in esercizio, rifiuti depositati in NUCLECO  |                               |  |
| Impianto Plutonio                                   | cessato esercizio, rifiuti sull'impianto e depositati in NUCLECO   |                               |  |
| Reattore RTS 1 - CISAM                              | in disattivazione, assenza combustibile, rifiuti non condizionati  | -                             | No                                     |
| Impianto FN - Bosco Marengo                         | cessato esercizio, presenza combustibile, rifiuti parzialmente condizionati                                    | Si                            | Si                                     |
| Impianto EUREX - C.R.Saluggia ENEA                  | cessato esercizio, presenza combustibile, rifiuti parzialmente condizionati e rifiuti liquidi non condizionati | Si                            | Si                                     |
| Reattore TRIGA MARK II - LENA Università di Pavia   | in esercizio, rifiuti non condizionati   | Si                            | No                                     |
| Reattore ESSOR - CCR Ispra                          | arresto a freddo di lunga durata, presenza combustibile, rifiuti parzialmente condizionati                     | Si                            | No                                     |
| Deposito Avogadro - FIAT AVIO                       | in attività, rifiuti non condizionati  | Si                            | Si                                     |

Fonte: Elaborazione APAT/CTN\_AGF su dati dei gestori impianti e ARPA/APPA

**Tabella 15.16: Stato di attuazione del monitoraggio della radioattività ambientale, relativamente alle reti nazionali**

| Anno | Punteggio | Giudizio      |
|------|-----------|---------------|
| 1997 | 15        | Sufficiente   |
| 1998 | 17        | Sufficiente   |
| 1999 | 13        | Insufficiente |
| 2000 | 17        | Sufficiente   |
| 2001 | 17        | Sufficiente   |
| 2002 | 17        | Sufficiente   |
| 2003 | 17        | Sufficiente   |

Fonte: Elaborazione ARPA Emilia Romagna/APAT

**LEGENDA:**  
 Classi di qualità:  
 insufficiente: 0 - <15  
 sufficiente: 15 - <21  
 buono: 21 - 25