

# **11. RADIAZIONI IONIZZANTI**

## **CAPITOLO 11 – RADIAZIONI IONIZZANTI**

### **Autori:**

Mario DIONISI<sup>1</sup>, Sonia FONTANI<sup>1</sup>, Valeria INNOCENZI<sup>1</sup>, Giuseppe MENNA<sup>1</sup>, Daniela PARISI PRESICCE<sup>1</sup>, Carmelina SALIERNO<sup>1</sup>, Francesco SALVI<sup>1</sup>, Anna Maria SOTGIU<sup>1</sup>, Giancarlo TORRI<sup>1</sup>, Paolo ZEPPA<sup>1</sup>

### **Coordinatore statistico:**

Silvia IACCARINO<sup>1</sup>

### **Coordinatore tematico:**

Giancarlo TORRI<sup>1</sup> con il contributo di Sonia FONTANI<sup>1</sup>, Lamberto MATTEOCCHI<sup>1</sup>, Giuseppe MENNA<sup>1</sup>

1) ISPRA

## Q11: Quadro sinottico indicatori Radiazioni ionizzanti

Tema SINAnet	Nome Indicatore	DPSIR	Periodicità di aggiornamento	Qualità Informazione	Copertura		Stato e Trend	Rappresentazione	
					S	T		Tabelle	Figure
<b>Radiazioni ionizzanti</b>	Attività lavorative con uso di materiali contenenti radionuclidi naturali (NORM) <sup>a</sup>	D	Annuale	★★★★	I	2003	☹️	-	-
	Strutture autorizzate all'impiego di radioisotopi e di macchine radiogene <sup>a</sup>	D	Annuale	★★★★	I	2007	☹️	-	-
	Produzione annuale di fluoro 18 <sup>a</sup>	D	Annuale	★★★★	I	2007	😊	-	-
	Impianti nucleari: attività di radioisotopi rilasciati in aria e in acqua	P	Annuale	★★★★	R	2009	☹️	11.1	-
	Quantità di rifiuti radioattivi detenuti	P	Annuale	★★★★	I R	2009	☹️	11.2	-
	Concentrazione di attività di radon <i>indoor</i>	S	Non definibile	★★★★	I R	1989-2009	😊	11.3	11.1-11.2
	Dose gamma assorbita in aria per esposizioni a radiazioni cosmica e terrestre	S	In tempo reale	★★★★	I R	1970-1971 2000-2009	☹️	11.4-11.5	11.3
	Concentrazione di attività di radionuclidi artificiali in matrici ambientali e alimentari (particolato atmosferico, deposizioni umide e secche, latte)	S	Annuale	★★★★	I	1986-2009	😊	11.6-11.9	11.4-11.6
	Dose efficace media da radioattività in un anno <sup>a</sup>	I	Quinquennale	★★	I	2005	☹️	-	-

Tema SINAnet	Nome Indicatore	DPSIR	Periodicità di aggiornamento	Qualità Informazione	Copertura		Stato e Trend	Rappresentazione	
					S	T		Tabella	Figure
	Stato di attuazione delle reti di sorveglianza sulla radioattività ambientale	R	Annuale	☆☆☆	I R	1997-2009	😊	11.10-11.12	

<sup>a</sup> L'indicatore non è stato aggiornato rispetto all'edizione precedente, o perché i dati sono forniti con periodicità superiore all'anno, e/o per la non disponibilità degli stessi in tempi utili. Pertanto, nella presente edizione, non è stata riportata la relativa scheda indicatore.

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. L'interazione delle radiazioni con il tessuto biologico può causare fenomeni che possono portare a un danneggiamento delle cellule con alterazioni morfologiche e/o funzionali.

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 dell'esposizione, le cellule interessate possono risultare compromesse, fino alla morte o alla loro trasformazione; questo può indurre, negli individui esposti, a conseguenze sanitarie evidenziabili a livello clinico.

Tra questi tipi di effetti, quelli definiti "deterministici", si manifestano a seguito di esposizioni molto elevate, ad esempio quelle ricevute a seguito dell'incidente di Chernobyl dagli operatori dell'impianto, e inducono lesioni anatomiche con perdita di funzionalità d'organi e tessuti. Per gli effetti deterministici, la cui gravità clinica aumenta con la dose, è 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.

Un altro tipo di effetti, detti "stocastici", perché colpiscono in modo casuale gli individui esposti o i loro discendenti, si suppone possano essere causati anche da dosi basse, come quelle tipicamente ricevute nella vita quotidiana. Al fine di quantificare il rischio di incorrere in questo tipo di effetti si utilizza una specifica grandezza, denominata "dose efficace", la cui unità di misura è il Sievert (Sv). Gli effetti stocastici sono definiti "somatici", se danneggiano le strutture cellulari ed extracellulari dell'individuo esposto, o "genetici", se provocano alterazioni dei geni dell'individuo esposto e sono quindi trasmessi alla prole.

L'obiettivo principale del capitolo è presentare, nel rispetto del modello DPSIR, alcuni indicatori che rappresentano, 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 relativi a questa tematica. In Italia, a seguito del referendum popolare del 1987, è stata accantonata la produzione di energia da processi di fissione nucleare. Nel periodo successivo all'incidente di Chernobyl, il monitoraggio e il controllo della radioattività ambientale sono stati particolarmente intensi; in seguito si è registrato un calo di attenzione sulla problematica. Ad oggi, anche se nel nostro Paese non sono presenti centrali nucleari in attività, la possibile ripresa del nucleare, auspicata dal governo attuale, e la crescente produzione e circolazione a livello mondiale di materiale radioattivo richiede che le competenze radioprotezionistiche siano mantenute ad alto livello e si intensifichino le attività di controllo e di monitoraggio della radioattività ambientale e alimentare.

L'attuale 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 produttive che determinano l'accumulo di 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).



Un'attenzione particolare meritano, inoltre, tutte le 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.

Il capitolo è composto da sei indicatori che rappresentano quanto attualmente ottenibile in termini di disponibilità di dati sul territorio italiano. Si nota un'insufficiente presenza di indicatori di risposta; tuttavia il grande sforzo e l'attenzione, rivolti all'emanazione di normative che tendano a prevenire

fenomeni di esposizione accidentale o non giustificata, rappresentano la principale risposta per questa tematica.

Lo stato e il *trend* degli indicatori forniscono un quadro sostanzialmente stazionario della situazione.

### Quadro riassuntivo delle valutazioni

<i>Trend</i>	Nome indicatore	Descrizione
	Concentrazione di attività radon <i>indoor</i>	La concentrazione di radon <i>indoor</i> è molto variabile e, a livello di singola abitazione, può arrivare fino a decine di volte il valore medio riportato. Sono possibili azioni di risanamento e di prevenzione in grado di ridurre notevolmente la concentrazione e, se adottate in modo sistematico sul territorio, potrebbero ridurre il valore medio nazionale. Le regioni che hanno in corso iniziative volte all'individuazione delle zone a maggiore probabilità di alte concentrazioni di attività di radon continuano a incrementare la produzione di dati sul territorio, migliorando di conseguenza le informazioni relative all'indicatore. Si registra un leggero incremento delle attività di risanamento, ma non si dispone ancora di una sistematica raccolta e rappresentazione dei relativi dati.
	Dose gamma assorbita in aria per esposizioni a radiazioni cosmica e terrestre	Si tratta di un indicatore di allarme per eventuali situazioni incidentali. Lo stato dei valori della dose gamma assorbita in aria non è pertanto in discussione. Anche il <i>trend</i> si riporta in relazione al miglioramento della conoscenza in funzione delle nuove stazioni delle regioni.
-		

## 11.1 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. Il radon è un gas naturale radioattivo prodotto dal radio presente ovunque nei suoli e in alcuni materiali impiegati in edilizia e rappresenta in assoluto la principale fonte di esposizione a radiazioni ionizzanti per la popolazione. In aria aperta si disperde rapidamente non raggiungendo quasi mai concentrazioni elevate, mentre nei luoghi chiusi (case, scuole, ambienti di lavoro, ecc.) tende ad accumularsi fino a raggiungere, in particolari casi, concentrazioni ritenute inaccettabili in quanto causa di un rischio eccessivo per la salute.

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, tra quelli sviluppati, è presente solo un indicatore 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, al *fallout* di esplosioni nucleari negli anni '60 e dell'incidente di Chernobyl). 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 potenzialmente rischiose; inoltre sono state individuate nella sorveglianza delle fonti di radiazioni e nel monitoraggio della radioattività ambientale gli strumenti per garantire un sufficiente grado di protezione e di prevenzione sia della popolazione, sia dei lavoratori.

Nel quadro Q.11 sono riportati la finalità, la classificazione nel modello DPSIR e i principali riferimenti normativi.

### Q11.1: Quadro delle caratteristiche indicatori Radiazioni ionizzanti

Nome Indicatore	Finalità	DPSIR	Riferimenti Normativi
Attività lavorative con uso di materiali contenenti radionuclidi naturali (NORM) <sup>a</sup>	Censire le fonti di pressione ambientale relative ai NORM ( <i>Naturally Occurring Radioactive Materials</i> )	D	D.Lgs. 230/95 e s.m.i.
Strutture autorizzate all'impiego di radioisotopi e di macchine radiogene <sup>a</sup>	Documentare il numero di strutture, suddivise per tipologia d'impianto, autorizzate all'utilizzo di sorgenti di radiazioni, limitatamente all'impiego di categoria A e la loro distribuzione sul territorio nazionale	D	D.Lgs. 230/95 e s.m.i.
Produzione annuale di fluoro 18 <sup>a</sup>	Rappresentare la distribuzione sul territorio nazionale del fluoro 18 prodotto dagli impianti autorizzati che impiegano ciclotroni	D	D.Lgs. 230/95 e s.m.i.
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.
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.
Concentrazione di attività di radon <i>indoor</i>	Monitorare una delle principali fonti di esposizione alla radioattività per la popolazione (in assenza di eventi incidentali), in un'ottica di prevenire il rischio di tumori polmonari e di fornire utili strumenti di programmazione territoriale e di intervento	S	Raccomandazione Europea 1990/143/Euratom D.Lgs. 230/95 e s.m.i.
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, 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.
Concentrazione di attività di radionuclidi artificiali in matrici ambientali e alimentari (particolato atmosferico, deposizioni umide e secche, latte)	Riportare la concentrazione media mensile di attività di Cs-137 nel particolato atmosferico e nella deposizione al suolo finalizzata al controllo e alla valutazione della radiocontaminazione ambientale. Fornire la concentrazione media annuale di attività di Cs-137 nel latte al fine di evidenziare una possibile contaminazione rilevante sia per l'aspetto dietetico-sanitario in relazione all'importanza di tale alimento quale componente della dieta, che per quello ambientale in seguito al trasferimento della contaminazione dai foraggi al latte attraverso la catena alimentare	S	D.Lgs. 230/95 e s.m.i. Raccomandazione Europea 2000/473/Euratom; Regolamento CEE 737/90 e successive proroghe



Dose efficace media da radioattività ambientale <sup>a</sup>	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
Stato di attuazione delle reti di sorveglianza sulla radioattività ambientale	Fornire un quadro sintetico sull'operatività delle reti locali/regionali e valutare lo stato di attuazione della 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. Circolare 2/87 Ministero della Sanità

<sup>a</sup> L'indicatore non è stato aggiornato rispetto all'Annuario 2008, o perché i dati sono forniti con periodicità superiore all'anno, e/o per la non disponibilità degli stessi in tempi utili. Pertanto, nella presente edizione, non è stata riportata la relativa scheda indicatore.

## 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)

[http://www.provincia.bz.it/agenzia-ambiente/2908/radon/ondex\\_i.htm](http://www.provincia.bz.it/agenzia-ambiente/2908/radon/ondex_i.htm)

<http://www.arpa.veneto.it/radon/default.asp>

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

APAT, *Rapporto annuale delle Reti Nazionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale in Italia*, 2002

ISPRA (APAT), *Annuario dei dati ambientali*, anni vari

ISS-ANPA, *Indagine nazionale sulla radioattività naturale nelle abitazioni* - Rapporto finale

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

OECD-ENEA, 1987, *The radiological impact of the Chernobyl accident in OECD countries*, Parigi  
 2° Rapporto Nazionale per la Convenzione congiunta sulla sicurezza della gestione dei rifiuti radioattivi e sulla sicurezza della gestione del combustibile irraggiato

<http://www.provincia.bz.it/agenzia-ambiente/radiazioni/radon.asp>,

[http://www.arpa.veneto.it/agenti\\_fisici/htm/radon\\_\\_02.asp](http://www.arpa.veneto.it/agenti_fisici/htm/radon__02.asp),

[http://www.arpa.piemonte.it/upload/dl/Pubblicazioni/2009\\_\\_La\\_mappatura\\_del\\_radon\\_in\\_Piemonte/LibroRadonWeb.pdf](http://www.arpa.piemonte.it/upload/dl/Pubblicazioni/2009__La_mappatura_del_radon_in_Piemonte/LibroRadonWeb.pdf)

Scivyer C., *Radon Guidance on protective measures for new buildings*, IHS BRE Press 2007

World Health Organization, *Handbook on indoor radon. A public health perspective*, edited by Hajo Zeeb and Ferid Shannoun, 2009

ISPRA, *L'analisi di conformità con i valori di legge: il ruolo dell'incertezza associata a risultati di misura*, Linea guida 52/2009

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

### 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.

### QUALITÀ dell'INFORMAZIONE

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

La qualità dell'informazione fornita dagli esercenti attraverso i Rapporti di Sorveglianza ambientale annuali, è qualitativamente soddisfacente poiché l'informazione necessaria è fornita sotto forma di quantità del radionuclide specifico; l'impegno della formula di scarico fornisce, altresì, una misura indiretta dell'impatto ambientale degli scarichi stessi in termini di dose ai gruppi critici della popolazione e in termini di concentrazione nelle principali matrici ambientali.



### 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 può considerarsi mediamente stabile; infatti, per la Centrale di Latina e di Caorso, nonché per l'impianto ITREC della Trisaia Rotondella, gli scarichi liquidi e aeriformi rimangono pressoché invariati sia a livello quantitativo sia qualitativo; per contro, per la Centrale del Garigliano, per gli Impianti di Fabbricazioni Nucleari di Bosco Marengo ed Eurex di Saluggia nonché per il deposito Avogadro, si è registrato un leggero incremento sia per gli scarichi liquidi sia per quelli aeriformi. Nel caso del Garigliano ciò è dovuto alle attività di messa in esercizio dei nuovi impianti di ventilazione; nel caso dell'impianto di FN l'aumento è dovuto all'avanzamento delle attività di *decommissioning* programmato; per quanto riguarda il deposito Avogadro, infine, l'aumento, in particolare per gli scarichi liquidi, è dovuto al fatto che è stato effettuato uno scarico nel corso del 2009, mentre l'anno precedente si erano scaricate solo acque bianche. Si registrano, infine, valori pressoché costanti relativamente al Centro Casaccia dell'ENEA (RM), per il quale non vengono effettuati scarichi liquidi da maggio 2003.

### COMMENTI a TABELLE e FIGURE

La Tabella 11.1 riassume qualitativamente, in termini di radionuclidi, e quantitativamente, in termini di attività e di massa, la situazione degli scarichi liquidi e aeriformi degli impianti nucleari collocati sul territorio nazionale.

**Tabella 11.1: Quantità di radioattività scaricata negli affluenti liquidi e aeriformi degli impianti nucleari italiani (2009)**

<b>Centrale di Caorso (PC)</b>										
Scarichi liquidi										
Nuclide	Co60	Cs137	H <sub>3</sub>	Fe55	Sr90	% F.d.S.				
	2,89E+07	9,32E+06	1,17E+08	1,16E+04	5,74E+03	2,77E-03				
Scarichi aeriformi										
Nuclide	Co60	Cs137	H <sub>3</sub>		Sr90	% F.d.S.				
Attività (Bq)	8,62E+04	8,55E+03	1,79E+08		2,74E+04	G=9.09E-04				
						P=6.98E-03				
<b>Centrale di Trino Vercellese (VC)</b>										
Scarichi liquidi										
Nuclide	Co60	Cs134	Cs137	Sr90	Fe55	H <sub>3</sub>	Mn54	% F.d.S.		
Attività (Bq)	6,18E+07	7,27E+04	1,04E+07	3,58E+05	3,16E+06	2,09E+07	7,54E+04	0,46		
Scarichi aeriformi										
Nuclide	Co60	Cs134	Cs137	Sr90+Sr90eq	Pu239	Kr85+Kr85eq	H <sub>3</sub>	% F.d.S.		
Attività (Bq)	2,65E+05	(*)	2,83E+05	1,67E+05	(*)		3,15E+09	0,79		
<b>Centrale di Latina (LT)</b>										
Scarichi liquidi										
Nuclide	Co60	Cs134	Cs137	Sr90	Pu239	H <sub>3</sub>	% F.d.S.			
Attività (Bq)	2,83E+07		7,43E+07	7,15E+07	5,63E+05	1,40E+08	1,90E-01			
Scarichi aeriformi										
Nuclide	Co60equiv.						% F.d.S.			
Attività (Bq)	1,83E+05						0,005			
<b>Centrale del Garigliano (CE)</b>										
Scarichi liquidi										
Nuclide	Co60	Cs134	Cs137	Sr90	α	H <sub>3</sub>	% F.d.S.			
Attività (Bq)	6,26E+06	(*)	4,61E+08	2,62E+06	(*)	4,78E+06	0,15			
Scarichi aeriformi										
Nuclide	Co60	Cs134	Cs137	Sr90		H <sub>3</sub>	% F.d.S.			
Attività (Bq)	3,82E+03	(*)	3,75E+04	(*)		8,97E+08	0,24			
<b>Centro EURATOM di Ispra (VA)</b>										
Scarichi liquidi										
Nuclide	α totale	β totale	Co60	Cs137	Sr90	Ra228	Ra226	HTO	altri	% F.d.S.
Attività (Bq)										

Scarichi aeriformi										
Nuclide	$\alpha$ totale	$\beta$ totale	Co60	Cs137	Sr90	Ra228	Ra226	HTO	altri	% F.d.S.
Attività (Bq)										
Centro Casaccia dell'ENEA (RM)										
Scarichi liquidi (ultimo scarico effettuato nel maggio 2003)										
Nuclide	$\alpha$ totale	$\beta/\gamma$ totale	I131	Cs137	Sr90	Pu	% F.d.S.			
Attività (Bq)										
Scarichi aeriformi										
Nuclide	Ar41	Kr88	I131	Pu	$\beta/\gamma$	% F.d.S.				
Attività (Bq)	(*)	(*)	<1.00E+06	<2.29E+04	<1.98E+05	(**)				
Impianto ENEA ITREC della Trisaia Rotondella (MT)										
Scarichi liquidi										
Nuclide	$\alpha$ totale	$\beta/\gamma$ totale	H <sub>3</sub>	% F.d.S.						
Attività (Bq)	4,82E+06	6,02E+08	9,60E+08	1,17						
Scarichi aeriformi										
	Attività scaricata pulviscolo (Bq)	% F.d.S.	Attività scaricata gas (Bq)	% F.d.S.						
	2,24E+06	7,6E-02	5,99E+12	4,05						
Reattore TRIGA LENA dell'Università di Pavia (PV)										
Scarichi liquidi										
Nuclidi	Co60	Cs137		Zn65	% F.d.S.					
Attività (Bq)	2,16E+04	9,00E+03		(*)	1,00E-06					
Scarichi aeriformi										
Nuclidi			Ar41	% F.d.S.						
Attività (Bq)			3,68E+10	(+)						
Deposito Avogadro della FIAT-AVIO, Saluggia (VC)										
Scarichi liquidi										
Nuclidi	Co60	Cs134	Cs137	Sr90	H <sub>3</sub>	$\alpha$ totale	altri $\beta-\gamma$	% F.d. S.		
Attività (Bq)	3,3E+05	2,1E+04	9,5E+07	3,6E+05	4,6E+06	2,7E+04	7,4E+06	0,26		
Scarichi aeriformi										
Nuclidi	Kr85	Co60	Cs134	Cs137	Sr90	$\alpha$ totale	Pu239	% F.d.S.		
Attività (Bq)	< 12.39E+09	<11616	<5808	<5808	≤ 1680.8	<10310.12	6,60E+03	a) ≤ 0.13		
								b) ≤ 0.19		



## QUANTITÀ DI RIFIUTI RADIOATTIVI DETENUTI

### 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.

### 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.



### 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 11.2 costituiscono una fotografia dei quantitativi di rifiuti radioattivi (volume e attività) delle sorgenti dismesse (attività) e del combustibile irraggiato (attività) detenuti nei siti nucleari e ripartiti nelle diverse regioni.

**Tabella 11.2: Inventario dei rifiuti radioattivi, delle sorgenti dismesse e del combustibile irraggiato per regione di ubicazione (2009)**

Regione	Rifiuti radioattivi		Sorgenti dismesse	Combustibile irraggiato	TOTALE	
	Attività	Volume	Attività	Attività	Attività	%
	GBq	m <sup>3</sup>	GBq	TBq	TBq	
Piemonte	2.332.974	5.133	4.111	257.015	259.352	58,44
Lombardia	113.988	3.031	2.198	3.689	3.805	0,86
Emilia-Romagna	3.012	4.145	130	175.000	175.003	39,43
Lazio	47.844	7.370	779.862	42	870	0,20
Campania	409.915	2.996			410	0,09
Toscana	14.503	350	419.000	0	434	0,10
Basilicata	302.526	3.566	21	3.640	3.943	0,89
Molise	46	86	0,3		0	0,00
Puglia	238	1.140	1		0	0,00
Sicilia	1,2	29,8			0	0,00
<b>TOTALE</b>	<b>3.225.048</b>	<b>27.847</b>	<b>1.205.324</b>	<b>439.386</b>	<b>443.816</b>	

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati degli Esercenti impianti nucleari



## CONCENTRAZIONE DI ATTIVITÀ DI RADON *INDOOR*

### DESCRIZIONE

L'indicatore, qualificabile come indicatore di stato, fornisce la stima della concentrazione media di Rn-222 in aria negli ambienti confinati (abitazioni e luoghi di lavoro). Esso rappresenta il parametro di base per la valutazione del rischio/impatto sulla popolazione, in quanto il Rn-222 è causa di tumori al polmone. È riportata anche un'indicazione sulle indagini svolte a livello territoriale, da parte delle Agenzie regionali e delle province autonome per la protezione dell'ambiente, per l'individuazione di aree a maggiore probabilità di alte concentrazioni di attività radon.

### QUALITÀ dell'INFORMAZIONE

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

L'indicatore soddisfa la domanda di informazione sulla problematica radon *indoor*, ha caratteristiche di accuratezza, manifesta comparabilità dei risultati nel tempo e nello spazio.



### OBIETTIVI FISSATI dalla NORMATIVA

Ambienti di lavoro: il D.Lgs. 230/95 e s.m.i. fissa in  $500 \text{ Bq/m}^3$  di concentrazione di attività di radon media in un anno, un primo livello di azione per la concentrazione di questo gas in alcuni ambienti di lavoro, quali ad esempio tunnel, sottovie, catacombe, grotte e comunque tutti i luoghi di lavoro sotterranei. Tale limite si riferisce ai lavoratori o a persone del pubblico che frequentino questi ambienti. Un secondo livello di azione è fissato in termini di dose efficace ed è pari a 3 mSv. Il superamento dei livelli richiede l'adozione di azioni di rimedio che riducano tali grandezze al di sotto del valore fissato dalla normativa. Inoltre il decreto prevede che le regioni e le province autonome individuino le zone o luoghi di lavoro con caratteristiche determinate a elevata probabilità di alte concentrazioni di attività di radon. Ambienti residenziali: la Raccomandazione europea 90/143/Euratom del 21/02/90 ha stabilito un livello di riferimento di  $400 \text{ Bq/m}^3$  per gli edifici residenziali esistenti superato il quale è necessaria l'adozione di provvedimenti correttivi e come parametro di progetto un livello di  $200 \text{ Bq/m}^3$  per gli edifici residenziali da costruire. Sia negli ambienti di lavoro che negli ambienti residenziali la normativa di riferimento, nella fattispecie il D.Lgs. 230/95 e s.m.i. e la raccomandazione 90/143/Euratom, non indicano regole decisionali per l'interpretazione dei risultati in presenza dell'incertezza di misura associata ai risultati analitici. È opportuno riferirsi in questo caso alla linea guida 52/2009 ISPRA su "L'analisi di conformità con i valori di legge: il ruolo dell'incertezza associata a risultati di misura". Tuttavia, nonostante l'individuazione di livelli di azione negli ambienti di lavoro e di livelli di riferimento negli ambienti residenziali, dagli studi epidemiologici emerge che il rischio di tumori al polmone aumenta linearmente con l'esposizione al gas radon, senza evidenza di una soglia. Quindi, da un punto di vista di sanità pubblica WHO indica che per prevenire rischi alla salute umana associati al radon è giustificato un livello di riferimento di  $100 \text{ Bq/m}^3$ .

### 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 possibili azioni di risanamento e di prevenzione in grado di ridurre, se adottate in modo sistematico sul territorio, l'impatto sulla popolazione e sui lavoratori. Le regioni che hanno in corso iniziative volte all'individuazione delle zone a maggiore probabilità di alte concentrazioni di attività di radon continuano ad ampliare la produzione di dati sul territorio,

migliorando di conseguenza le informazioni relative all'indicatore. Si registra un leggero incremento delle attività di risanamento, ma non si dispone ancora di una sistematica raccolta e rappresentazione dei relativi dati.

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

---

In Tabella 11.3 sono riportati i risultati dell'indagine nazionale sul radon nelle abitazioni condotta negli anni dal 1989 al 1997. Sono evidenti le regioni con le più alte concentrazioni a livello nazionale. La Figura 11.1 relativa alle concentrazioni di radon nelle abitazioni è stata ricavata dai dati della Tabella 11.3. Gli intervalli di concentrazione indicati evidenziano in modo univoco le regioni nelle quali il problema è più importante (Lazio, Lombardia, Campania e Friuli-Venezia Giulia). La Figura 11.2 indica le regioni per le quali sono disponibili dati e valutazioni in relazione alla mappatura del territorio a partire dal 2002.

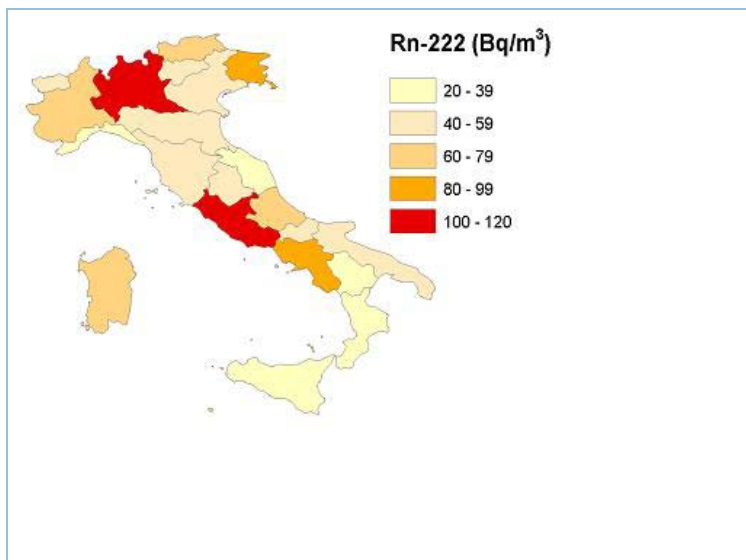
**Tabella 11.3: Quadro riepilogativo dei risultati dell'indagine nazionale sul radon nelle abitazioni, per regione e provincia autonoma (1989 – 1997)**

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
Lombardia	111 $\pm$ 3	8,4	2,2
<i>Bolzano-Bozen<sup>a</sup></i>	70 $\pm$ 8	5,7	0
<i>Trento<sup>a</sup></i>	49 $\pm$ 4	1,3	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
Emilia-Romagna	44 $\pm$ 1	0,8	0
Toscana	48 $\pm$ 2	1,2	0
Umbria	58 $\pm$ 5	1,4	0
Marche	29 $\pm$ 2	0,4	0
Lazio	119 $\pm$ 6	12,2	3,4
Abruzzo	60 $\pm$ 6	4,9	0
Molise	43 $\pm$ 6	0	0
Campania	95 $\pm$ 3	6,2	0,3
Puglia	52 $\pm$ 2	1,6	0
Basilicata	30 $\pm$ 2	0	0
Calabria	25 $\pm$ 2	0,6	0
Sicilia	35 $\pm$ 1	0	0
Sardegna	64 $\pm$ 4	2,4	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., 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

**LEGENDA:**

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



Fonte: 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

**Figura 11.1: Carta tematica delle concentrazioni di attività di Rn-222 nelle abitazioni, per regione e provincia autonoma (la scelta degli intervalli ha valore esemplificativo) (1989-1997)**



Fonte: ISPRA

**Figura 11.2: Regioni in cui sono iniziate indagini volte all'identificazione delle aree soggette a rischio radon (evidenziate in verde)**

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

### 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.

### 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.



### 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 s.m.i., 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 conseguenza, 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

Nella Tabella 11.4 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 1.000 punti di misura. I dati della dose gamma di origine terrestre *indoor* derivano dall'elaborazione APAT dei dati prodotti dai CRR, relativi all'indagine nazionale sulla radioattività naturale nelle abitazioni, su campioni rappresentativi a livello regionale. La media della componente di origine terrestre *indoor*, pesata per la popolazione, 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. I dati in Tabella 11.4 evidenziano 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%. Nella Figura 11.3 è illustrata la rete GAMMA dell'ISPRA, costituita da 55 centraline di monitoraggio automatico, distribuite sul territorio nazionale, che forniscono in tempo reale una misura del rateo di dose gamma assorbita in aria. Nella Tabella 11.5 sono fornite le medie annuali del rateo di dose gamma assorbita in aria (2000 – 2009),

aggregate per macroregioni. Tali valori sono stati ottenuti dalle medie annuali delle misure giornaliere delle singole stazioni. I valori delle deviazioni standard (S.D.), espresse in percentuale, 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% per le zone Centro e Sud Italia, dell'ordine del 5% per la zona Nord Italia. Nella Tabella 11.5 sono evidenziati, inoltre, i valori massimi e minimi per ciascuna macroregione. Il valore medio pesato per la popolazione delle tre macroregioni è pari a 103 nGy/h, dato da confrontare con 112 nGy/h ottenuto dalla Tabella 11.4 sommando i contributi cosmico e terrestre *outdoor*.

**Tabella 11.4: Dose gamma assorbita in aria per esposizione a radiazione cosmica e terrestre**

Regione	Origine cosmica	Origine terrestre	
		<i>outdoor</i>	<i>indoor</i>
	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</b> (pesata per la popolazione)	<b>38</b>	<b>74</b>	<b>104<sup>a</sup></b>

Fonte: Elaborazione ISPRA 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. Lowd

**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 i dati

**Tabella 11.5: Intensità di dose assorbita in aria outdoor (cosmica e terrestre) da rete GAMMA**

Anno	Nord				Centro				Sud			
	Media nGy/h	S.D. %	Min. nGy/h	Max nGy/h	Media nGy/h	S.D. %	Min. nGy/h	Max nGy/h	Media nGy/h	S.D. %	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
2004	104	14,6	64	144	114	57,4	58	324	94	34,0	58	286
2005	101	14,8	53	143	103	57,8	52	329	102	28,4	66	257
2006	105	16,9	65	202	110	53,1	55	393	107	27,1	40	243
2007	103	15,3	66	210	114	52,1	53	458	105	25,6	63	203
2008	102	15,2	71	414	116	56,6	69	314	104	25,7	66	185
2009	98	15,9	55	164	106	36,3	63	234	106	24,1	67	185

Fonte: ISPRA (Banca dati rete GAMMA)

**LEGENDA:**

S.D.: I valori si riferiscono alla variazione spaziale. Le variazioni temporali delle medie giornaliere sono circa il 3% per il Centro e il Sud e il 5% per il Nord



Fonte: ISPRA (Banca dati rete GAMMA)

**Figura 11.3: Stazioni di misura della rete GAMMA dell'ISPRA**



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

### DESCRIZIONE

Il controllo della radioattività ambientale in Italia nasce in seguito ai *test* bellici nucleari degli anni '60 e attualmente è esercitato da Reti nazionali, il cui obiettivo principale è il rilevamento dell'andamento della radioattività in matrici ambientali e alimentari, anche allo scopo di determinare la dose efficace alla popolazione. Ai sensi dell'art. 104 del D.Lgs. 230/95 e s.m.i., ISPRA gestisce la Rete nazionale di sorveglianza della radioattività ambientale (REte di SORveglianza della RADioattività – RESORAD) costituita dai laboratori degli “enti, istituti e organismi idoneamente attrezzati” che effettuano annualmente misure di concentrazione di attività su numerose matrici ambientali e alimentari. La radiocontaminazione dell'atmosfera è generalmente il primo segnale della dispersione nell'ambiente di radionuclidi artificiali cui seguirà la deposizione al suolo di materiale radioattivo e conseguente trasferimento nella catena alimentare. 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, pertanto, di monitorare lo stato della contaminazione radiometrica. La scelta di riportare i dati relativi al Cs-137 è dettata dalla natura di questo radionuclide artificiale, tossico anche in piccole quantità e dalla vita media di 30 anni, quindi temibile a livello sanitario. 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).

### QUALITÀ dell'INFORMAZIONE

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

L'indicatore risponde alla domanda di informazione. Le tecniche di misura e analisi adottate dai diversi istituti, enti, organismi delle reti nazionali non sempre sono omogenee, ciò porta avere delle riserve sul grado di accuratezza delle indicazioni fornite dall'indicatore e sulla comparabilità nello spazio dei dati, mentre la sistematicità di raccolta di quest'ultimi assicura una buona comparabilità nel tempo.



### 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

Il *trend* dell'indicatore mostra che gli obiettivi perseguiti sono ragionevolmente raggiunti nei tempi prefissati.

### COMMENTI a TABELLE e FIGURE

Nelle Tabelle 11.6, 11.7, 11.8 sono riportate le medie delle misure effettuate a intervalli mensili (particolato atmosferico e deposizione al suolo) o annuali (latte vaccino). Le concentrazioni di

attività di Cs-137 rilevate sono per la maggior parte inferiori alla minima attività rilevabile (MAR) dello strumento, per questo i valori sono preceduti dal simbolo di minore (<). I dati relativi alle misure raccolte sul particolato atmosferico (Tabella 11.6) rivelano una copertura territoriale e una qualità dell'informazione buona al Nord (9 stazioni di cui una ad alto volume, con un incremento di due stazioni rispetto all'anno precedente), accettabile al Centro (nonostante la diminuzione da 4 a 3 del numero di stazioni) e non soddisfacente al Sud, dove è presente un'unica stazione di monitoraggio e la sensibilità di misura risulta inferiore a quella delle altre macroaree. L'andamento temporale della concentrazione di Cs-137 nel particolato atmosferico, per tutte le stazioni italiane dal 1986 ad oggi, è visualizzato in Figura 11.4. In essa si osservano i picchi di contaminazione relativi all'arrivo in Italia della "nube di Chernobyl" (aprile 1986), nonché quello dovuto a un incidente in una fonderia spagnola presso Algeciras (giugno 1998), rilevato in modo più evidente nel Nord Italia; i valori registrati negli ultimi anni sono stazionari e ben al di sotto del *reporting level* fissato dalla CE ( $30 \text{ mBq/m}^3$ ). In Tabella 11.7 sono riportati i dati relativi alle medie mensili della concentrazione di Cs-137 nella deposizione totale al suolo nelle tre macroaree; si osserva una disomogeneità significativa nella copertura territoriale: nel Nord sono presenti 12 stazioni che possono considerarsi sufficienti; al Centro sono attive solo 4 stazioni, senza alcun incremento rispetto al 2008 e con una diminuzione del 50% rispetto al 2007; al Sud, rispetto al 2008, è stata attivata una stazione di monitoraggio, comunque insufficiente a garantire la copertura territoriale. La Figura 11.5 mostra l'andamento temporale della concentrazione di Cs-137 nel *fallout* totale, si evidenziano gli eventi di ricaduta associati ai test in atmosfera degli anni '60 e l'incidente alla centrale nucleare di Chernobyl, a partire dal quale i valori di contaminazione presentano una sistematica diminuzione. La Tabella 11.8 riporta la media annuale di concentrazione di attività di Cs-137 nel latte vaccino nelle tre macroaree, i valori delle concentrazioni risultano confrontabili; la copertura del monitoraggio sul territorio nazionale può considerarsi soddisfacente, senza aver subito sostanziali variazioni tra il 2008 e il 2009. Dall'andamento temporale del valore medio nazionale (Figura 11.6) si evince un abbattimento dei livelli di contaminazione nel latte vaccino, ad oggi di circa due ordini di grandezza rispetto al 1987, anno successivo alla ricaduta di Chernobyl, e al di sotto del *reporting level* fissato dalla CE ( $0,5 \text{ Bq/l}$ ). In Tabella 11.9 si riporta il numero delle misure eseguite dai laboratori della rete RESORAD nel 2009 nelle tre macroaree, suddivise sulla base delle matrici e dei diversi radionuclidi analizzati. L'esame della tabella offre un quadro sintetico e immediato sullo stato del monitoraggio nazionale della radioattività ambientale. Si evidenzia l'elevato numero delle misure effettuate e delle matrici analizzate; persistono, tuttavia, marcate differenze tra le tre macroaree, con una copertura spaziale non omogenea.

**Tabella 11.6: Concentrazione di attività di Cs - 137: media mensile nel particolato atmosferico (2009)**

Mese	Nord	Centro	Sud
	$\mu\text{Bq}/\text{m}^3$		
Gennaio	<23	<41	<84
Febbraio	< 19	<21	<197
Marzo	<25	<26	<191
Aprile	< 18	<24	<148
Maggio	< 16	<34	<153
Giugno	< 23	<34	<201
Luglio	< 19	<31	<192
Agosto	<27	<25	<185
Settembre	< 48	<17	<134
Ottobre	<14	<17	
Novembre	<25	<17	
Dicembre	<25	<12	
<b>n. di stazioni</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>1</b>

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ISPRA/ARPA/APPA

**Tabella 11.7: Concentrazione di attività di Cs - 137: media mensile nelle deposizioni umide e secche (2009)**

Mese	Nord	Centro	Sud
	$\text{Bq}/\text{m}^2$		
Gennaio	< 0,13	< 0,63	
Febbraio	< 0,16	< 0,67	
Marzo	< 0,13	< 0,54	0,07
Aprile	< 0,22	< 0,89	0,09
Maggio	< 0,16	< 0,83	0,06
Giugno	< 0,13	< 0,75	0,05
Luglio	< 0,27	< 0,77	0,06
Agosto	< 0,1	< 0,71	0,05
Settembre	< 0,11	< 0,85	0,07
Ottobre	< 0,13	< 0,87	0,06
Novembre	< 0,11	< 0,86	0,06
Dicembre	< 0,07	< 0,96	
<b>n. di stazioni</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>1</b>

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ISPRA/ARPA/APPA

**Tabella 11.8: Concentrazione di attività di Cs - 137 nel latte vaccino: media annua e numero di regioni/province autonome che hanno effettuato misure (2009)**

Macroregione	Cs-137	Regione/Provincia autonoma
	$\text{Bq}/\text{l}$	<b>n.</b>
Nord	<0,23	8
Centro	< 0,23	4
Sud	< 0,08	3
<b>MEDIA ITALIA</b>	<b>&lt;0,22</b>	<b>15</b>

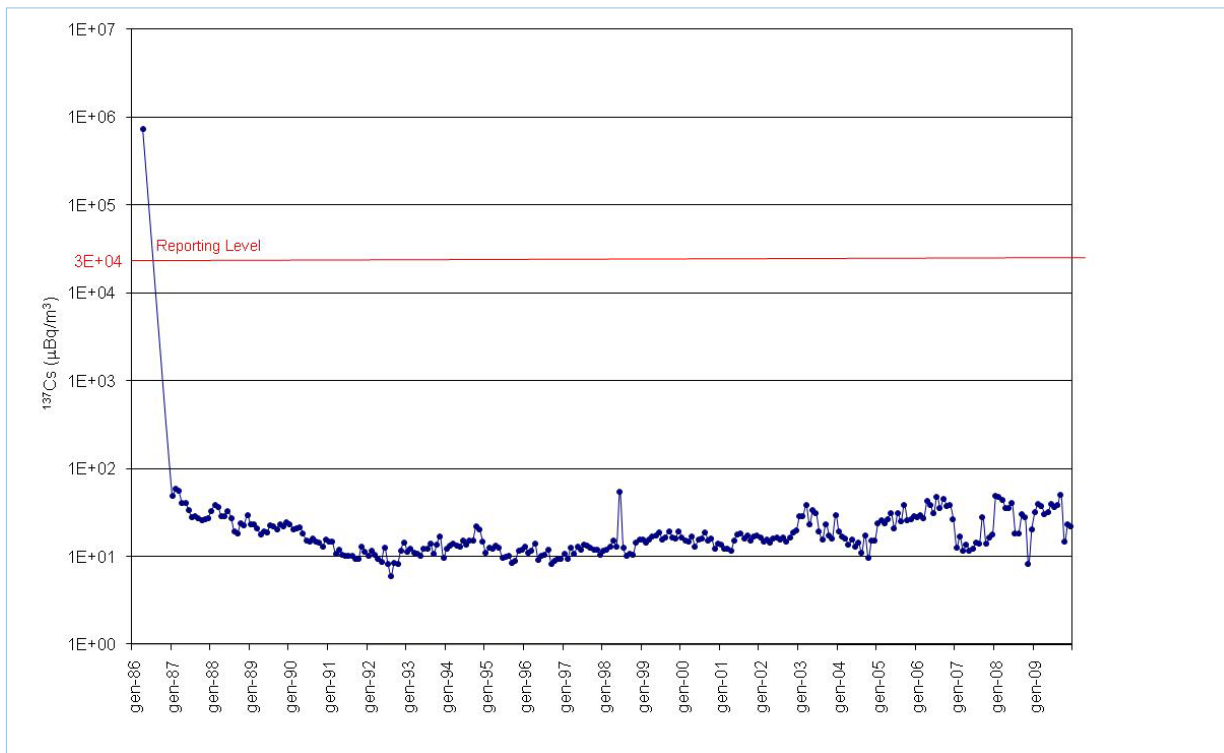
Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ISPRA/ARPA/APPA

**Tabella 11.9: Monitoraggio della radioattività ambientale – misure eseguite dalla rete RESORAD (2009)**

Matrici	Radionuclide	Nord	Centro	Sud	TOTALE
		n.			
Particolato atmosferico	CS-137	209	141	16	<b>366</b>
	BE-7	194	20	0	<b>214</b>
	I-131	84	0	0	<b>84</b>
	T-BETA	254	590	156	<b>1000</b>
	T-ALFA	3	106	0	<b>109</b>
Dose gamma in aria	T-GAMMA	104	72	12	<b>188</b>
Acque superficiali	CS-137	53	27	11	<b>91</b>
	CS-134	5	18	0	<b>23</b>
	H-3	1	0	0	<b>1</b>
	T-U	13	0	0	<b>13</b>
	U-234	13	0	0	<b>13</b>
	U-238	13	0	0	<b>13</b>
	PU(239+240)	2	0	0	<b>2</b>
	PU-238	2	0	0	<b>2</b>
	RA-226	13	0	0	<b>13</b>
	CO-60	5	0	0	<b>5</b>
	I-131	29	0	0	<b>29</b>
	SR-90	8	0	0	<b>8</b>
	T-BETA	17	0	0	<b>17</b>
	T-ALFA	13	0	0	<b>13</b>
Acque potabili	CS-137	56	16	4	<b>76</b>
	CS-134	10	4	0	<b>14</b>
	H-3	48	40	0	<b>88</b>
	SR-90	19	0	0	<b>19</b>
	CO-60	10	0	0	<b>10</b>
	I-131	10	0	0	<b>10</b>
	U-234	0	2	0	<b>2</b>
	U-238	0	2	0	<b>2</b>
	RA-226	0	2	0	<b>2</b>
	RN-222	0	11	0	<b>11</b>
	K-40	1	4	0	<b>5</b>
	T-ALFA	62	70	0	<b>132</b>
	T-BETA	62	70	0	<b>132</b>
	Acque d'impianto di depurazione	CS-137	421	178	0
CS-134		0	178	0	<b>178</b>
CO-60		0	158	0	<b>158</b>
MN-54		0	158	0	<b>158</b>
NB-95		0	158	0	<b>158</b>
RE-188		0	13	0	<b>13</b>
SE-75		0	158	0	<b>158</b>
SR-85		0	158	0	<b>158</b>
TL-201		0	13	0	<b>13</b>
CR-51		0	158	0	<b>158</b>
ZR-95		0	158	0	<b>158</b>
IN-111		0	215	0	<b>215</b>
K-40		0	158	0	<b>158</b>
BE-7		18	178	0	<b>196</b>
I-131		405	235	0	<b>640</b>
TC-99M	159	219	0	<b>378</b>	

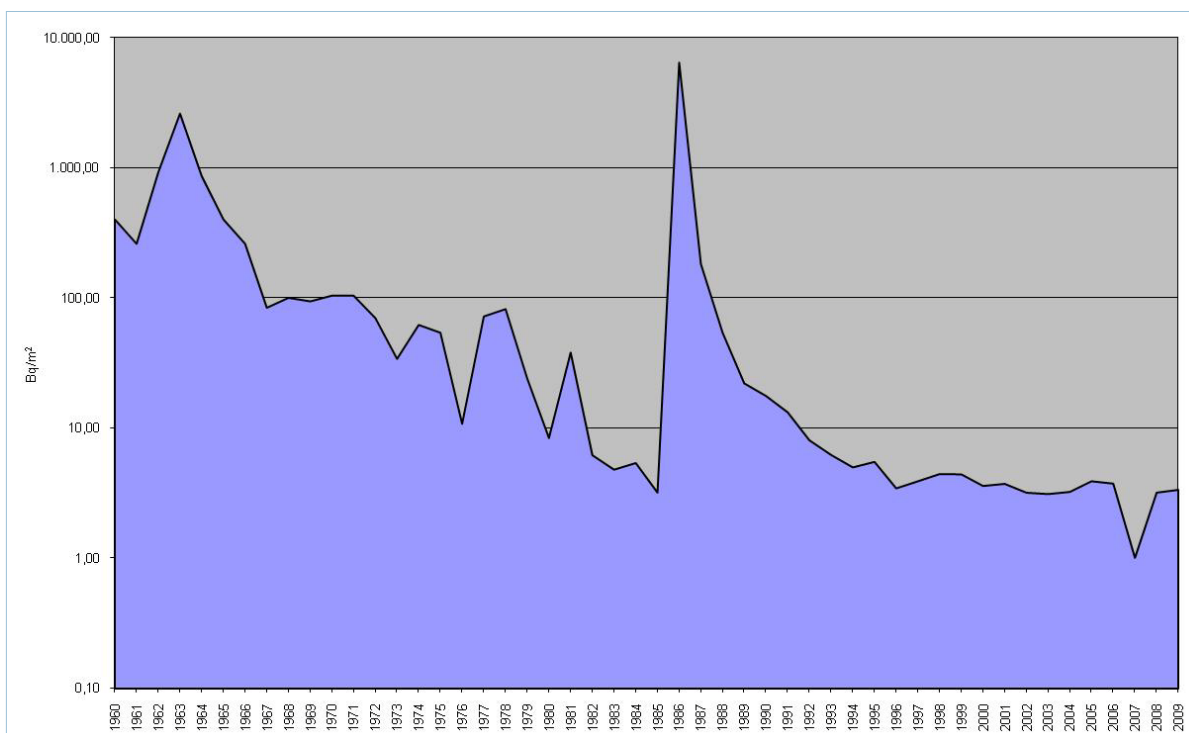
	MO-99+TC-99M	80	0	0	<b>80</b>
Latte	CS-137	569	82	41	<b>692</b>
	CS-134	97	6	2	<b>105</b>
	BI-214	0	15	0	<b>15</b>
	PB-212	0	15	0	<b>15</b>
	PB-214	0	15	0	<b>15</b>
	I-131	12	6	0	<b>18</b>
	K-40	565	82	19	<b>666</b>
	SR-90	23	0	0	<b>23</b>
Alimenti	CS-137	1.555	213	60	<b>1.828</b>
	CS-134	220	59	15	<b>294</b>
	I-131	0	4	0	<b>4</b>
	RA-226	0	0	3	<b>3</b>
	K-40	373	80	34	<b>487</b>
	BE-7	0	32	0	<b>32</b>
	BI-214	0	18	0	<b>18</b>
	SR-90	7	0	0	<b>7</b>
	PB-212	0	18	0	<b>18</b>
	PB-214	0	18	0	<b>18</b>
	T-ALFA	4	0	0	<b>4</b>
	T-BETA	4	0	1	<b>5</b>
Vegetazione acquatica	CS-137	25	0	2	<b>27</b>
	I-131	15	0	0	<b>15</b>
Deposizione	CS-137	158	62	9	<b>229</b>
	CS-134	12	7	0	<b>19</b>
	I-131	12	0	0	<b>12</b>
	PU-(239+240)	4	0	0	<b>4</b>
	PU-238	4	0	0	<b>4</b>
	SR-90	6	0	0	<b>6</b>
	K-40	7	0	0	<b>7</b>
	BE-7	125	60	0	<b>185</b>
Suolo	CS-137	12	11	19	<b>42</b>
	CS-134	12	0	0	<b>12</b>
	CO-60	12	0	0	<b>12</b>
	I-131	12	0	0	<b>12</b>
	PU-(239+240)	2	0	0	<b>2</b>
	PU-238	2	0	0	<b>2</b>
	SR-90	2	0	0	<b>2</b>
Sedimenti	CS-137	83	46	19	<b>148</b>
	CS-134	12	13	0	<b>25</b>
	AM-241	0	13	0	<b>13</b>
	K-40	0	13	0	<b>13</b>
	SR-90	4	0	0	<b>4</b>
	PU-(239+240)	5	0	0	<b>5</b>
	PU-238	5	0	0	<b>5</b>
	BE-7	16	0	0	<b>16</b>
	CO-60	12	0	0	<b>12</b>
	I-131	59	27	0	<b>86</b>
	Pasto completo	CS-137	61	0	0
K-40		32	0	0	<b>32</b>
SR-90		4	0	0	<b>4</b>
<b>TOTALE</b>		<b>6.540</b>	<b>4.603</b>	<b>423</b>	<b>11.566</b>

Fonte: Elaborazione ISPRA/ARPA/APPA



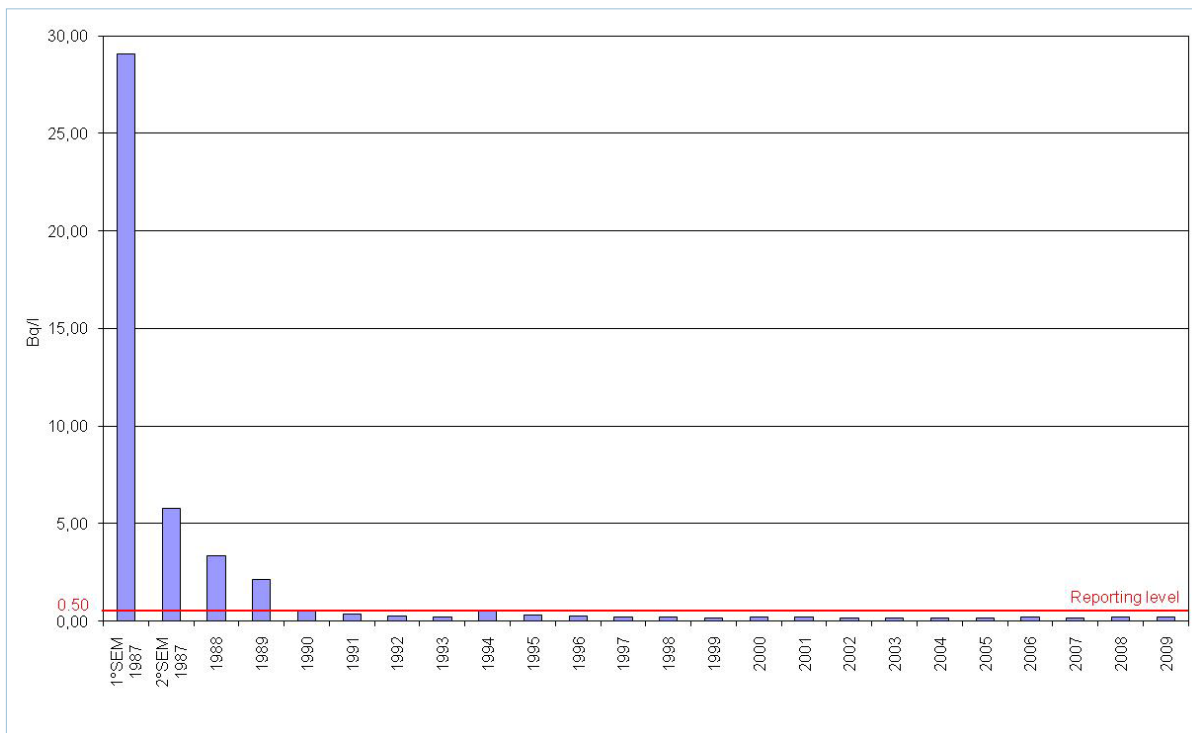
Fonte: Elaborazione ISPRA su dati: ENEA-DISP, *Rapporto annuale sulla radioattività ambientale in Italia*, Reti Nazionali, 1986-87, 1998, 1990; ANPA, *Rapporto annuale sulla radioattività ambientale in Italia*, 1991, 1992, 1994-97, 1998; APAT, *Reti nazionali di sorveglianza della radioattività ambientale in Italia*, 2002; ISPRA

**Figura 11.4: Andamento della concentrazione di attività mensile media in Italia del Cs-137 nel particolato atmosferico**



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ISPRA/ARPA/APPA raccolti da ISPRA; OECD-ENEA, 1987, *The radiological impact of the Chernobyl accident in OECD countries*, Parigi

**Figura 11.5: Andamento annuale della deposizione totale di Cs-137 in Italia**



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ISPRA/ARPA/APPA

**Figura 11.6: Andamento della concentrazione media nazionale di Cs-137 nel latte vaccino**

## STATO DI ATTUAZIONE DELLE RETI DI SORVEGLIANZA SULLA RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE

### 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*).

### QUALITÀ dell'INFORMAZIONE

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

L'indicatore risponde alla domanda di informazione. L'accuratezza presenta un certo grado di limitazioni per la non completa densità del monitoraggio delle matrici analizzate nelle tre macroaree; nessuna riserva sulla comparabilità nel tempo, mentre la comparabilità nello spazio non è sempre garantita per le disomogeneità nei dati forniti dalle regioni presenti nelle diverse macroaree. I dati, utili alla valutazione dell'indicatore, suggeriscono la necessità di proseguire nel processo di revisione dell'attività della rete nazionale.



### OBIETTIVI FISSATI dalla NORMATIVA

La normativa che regola l'istituzione delle reti di monitoraggio della radioattività ambientale è il D.Lgs. 230/95 "Attuazione delle Direttive Euratom 80/836, 84/466, 84/467, 89/618, 90/641, 92/3, 96/29 in materia di radiazioni ionizzanti", art. 54 "Sorveglianza locale della radioattività ambientale", 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". Sono state emanate, inoltre, leggi regionali.

### STATO e TREND

L'obiettivo di fornire un quadro sintetico sullo stato delle reti di sorveglianza della radioattività ambientale è stato raggiunto alle scadenze prefissate, il *trend* dell'indicatore è pertanto positivo.

### COMMENTI a TABELLE e FIGURE

La Tabella 11.10 riepiloga lo stato di attuazione del monitoraggio della radioattività ambientale (rete nazionale e reti regionali) ottenuta attraverso la consultazione dei soggetti della rete nazionale e sulla base dei dati trasmessi a ISPRA. La colonna "operatività" mostra il reale stato di attività della rete, in quanto la delibera regionale, provinciale o degli assessorati non implica lo stato di operatività della stessa. Dalle informazioni riportate si rivela che in alcuni casi (Piemonte, Valle d'Aosta e province autonome di Trento e Bolzano) le reti di monitoraggio regionali sono operative anche in assenza di una delibera regionale/provinciale, in altri (Lazio, Molise, Calabria), pur con l'approvazione degli enti locali, non si registra l'operatività di piani di monitoraggio; questo comporta una copertura non omogenea del territorio nazionale, in particolare nell'area Centro-Sud. È, tuttavia, possibile evidenziare, negli ultimi anni, un *trend* positivo nell'operatività delle reti



regionali, soprattutto nell'area Sud dove le rilevazioni effettuate sono progressivamente aumentate nel numero e migliorate nella qualità. La Tabella 11.11 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 quella dell'ente locale ARPA/APPA. Emerge che, in ottemperanza alla normativa vigente, i gestori degli impianti provvedono alla sorveglianza locale della radioattività ambientale. Si rileva la necessità di incrementare reti di monitoraggio da parte degli enti locali che in alcuni casi, tra il 2008 e il 2009 hanno ridotto il numero delle matrici monitorate. In Tabella 11.12 sono presentati 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 sono state considerate le seguenti matrici: particolato atmosferico, dose gamma in aria, latte vaccino, acqua superficiale e acqua potabile. Per ciascuna di queste matrici sono stati valutati i seguenti aspetti: frequenza di misura; sensibilità di misura (in riferimento ai *reporting levels* raccomandati dalla Commissione Europea per il Cs-137); densità (in termini di distribuzione territoriale dei controlli nelle macroaree); regolarità del monitoraggio; organizzazione e partecipazione a iniziative di interconfronto su scala nazionale. Il punteggio attribuito rispetto al 2008 è diminuito di un punto, in quanto si evidenzia una generale, se pur minima, flessione su alcune matrici fondamentali per quel che riguarda il numero delle misure e i punti di campionamento sul territorio. Il giudizio attribuito rimane, comunque, sufficiente; tuttavia, si segnala una disomogeneità sull'attuazione dei programmi e sulle misure eseguite dai diversi laboratori, con una non completa copertura del territorio nazionale. In ottemperanza a quanto delineato dalla Raccomandazione europea 2000/473/Euratom sull'applicazione dell'art. 36 del Trattato Euratom, riguardante il controllo del grado di radioattività ambientale al fine di valutare l'esposizione dell'insieme della popolazione, è prioritaria la revisione della rete nazionale di sorveglianza della radioattività ambientale in Italia (RESORAD).

**Tabella 11.10: Stato delle reti regionali, esempi di contributi alla rete nazionale (2009)**

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

Fonte: ISPRA/ARPA/APPA

**LEGENDA:**<sup>a</sup> l'attività è gestita da ARPA Pescara e dall'Istituto Zooprofilattico di Teramo

**Tabella 11.11: Stato delle reti locali**

<b>Impianto</b>	<b>Stato impianto</b>	<b>Esistenza rete locale gestore</b>	<b>Esistenza rete locale Ente locale/ARPA</b>
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 Palermo	in esercizio, assenza rifiuti	No	No
Impianto ITREC - C.R. Trisaia ENEA	in “carico”, rifiuti parzialmente condizionati	Si	Si
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 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 ISPRA dei rapporti attività dei gestori impianti e ARPA/APPA

**Tabella 11.12: Valutazione dello stato di attuazione del monitoraggio per le 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
2004	17	sufficiente
2005	17	sufficiente
2006	17	sufficiente
2007	17	sufficiente
2008	17	sufficiente
2009	16	sufficiente

Fonte: Elaborazione ISPRA/ARPA Emilia-Romagna

**LEGENDA:**

Classi di qualità:

insufficiente 0- <15

sufficiente 15- <21

buono 21-25