

11. RADIAZIONI IONIZZANTI

CAPITOLO 11 – RADIAZIONI IONIZZANTI

Autori:

Mario DIONISI¹, Sonia FONTANI¹, Valeria INNOCENZI¹, Giuseppe MENNA¹, Daniela PARISI¹, Carmelina SALIERNO¹, Giancarlo TORRI¹, Paolo ZEPPA¹, Joanne WELLS¹

Curatore statistico:

Silvia IACCARINO¹

Curatore tematico:

Giancarlo TORRI¹ con il contributo di Giuseppe MENNA¹

1) ISPRA

Q11: Quadro sinottico indicatori Radiazioni ionizzanti

Tema SINAnet	Nome Indicatore	DPSIR	Qualità Informazione	Copertura		Stato e Trend	Rappresentazione	
				S	T		Tabelle	Figure
Radiazioni ionizzanti	Attività lavorative con uso di materiali contenenti radionuclidi naturali (NORM) ^a	D	★★★★	I	2003	☹️	-	-
	Strutture autorizzate all'impiego di radioisotopi e di macchine radiogene	D	★★★★	I	2007	☹️	11.1-11.2	11.1-11.2
	Impianti nucleari: attività di radioisotopi rilasciati in aria e in acqua	P	★★★★	R	2007	☹️	11.3	
	Quantità di rifiuti radioattivi detenuti	P	★★★★	I R	2007	☹️	11.4	
	Concentrazione di attività di radon <i>indoor</i>	S	★★★★	I R	1989-2007	😊	11.5	11.3-11.4
	Dose gamma assorbita in aria per esposizioni a radiazioni cosmica e terrestre	S	★★★★	I R 19/20	1970-1971 2000-2007	☹️	11.6-11.7	11.5
	Concentrazione di attività di radionuclidi artificiali in matrici ambientali e alimentari (particolato atmosferico, deposizioni umide e secche, latte)	S	★★★★	I	1986-2007	😊	11.8-11.10	11.6-11.8
	Dose efficace media individuale in un anno ^a	I	★★★	I	2005	☹️	-	-

Tema SINAnet	Nome Indicatore	DPSIR	Qualità Informazione	Copertura		Stato e <i>Trend</i>	Rappresentazione	
				S	T		Tabelle	Figure
	Stato di attuazione delle reti di sorveglianza sulla radioattività ambientale	R	☆☆☆☆	I R	1997-2007	😊	11.11- 11.13	

^a - L'indicatore non è stato aggiornato rispetto all'Annuario 2007, 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 portano a un possibile danneggiamento delle cellule con alterazioni morfologiche e 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 dar luogo, negli individui esposti, a conseguenze sanitarie evidenziabili a livello 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. Un altro tipo di effetti, denominati "stocastici", in quanto possono colpire in modo casuale gli individui esposti o i loro discendenti, si suppone possano essere prodotti anche da dosi basse, quali quelle tipicamente ricevute 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). Gli effetti stocastici si definiscono "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 progenie.

L'obiettivo principale del capitolo è di presentare, nel rispetto del modello DPSIR, alcuni indicatori che rappresenta, 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. 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. Tuttavia, anche se nel nostro Paese non sono presenti centrali nucleari in attività, la crescente produzione e circolazione a livello mondiale di materiale radioattivo richiede che le competenze radioprotezionistiche si mantengano di alto il livello e che si allarghi il fronte delle attività di controllo e 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 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).

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 sette 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>	L'introduzione del D.Lgs. 241/2000 e la crescente consapevolezza dell'impatto sanitario dell'esposizione al radon hanno reso necessario l'avvio di una serie di indagini, in particolare mirate all'individuazione di aree a elevata probabilità di alte concentrazioni di attività di radon. Queste attività tenderanno a migliorare la conoscenza del fenomeno sia dal punto di vista dell'accuratezza sia a livello spaziale.
	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, su sette 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 Q11.1 sono riportati per gli indicatori 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
Strutture autorizzate all'impiego di radioisotopi e di macchine radiogene	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.
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	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 (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.
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. Raccomandazione Europea 2000/473/Euratom; Regolamento CEE 737/90 e successive proroghe Circolare 2/87 Ministero della Sanità
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.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, *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

STRUTTURE AUTORIZZATE ALL'IMPIEGO DI RADIOISOTOPI E DI MACCHINE RADIOGENE

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

ISPRA; Ministero dello sviluppo economico (MSE).

PERIODICITÀ di AGGIORNAMENTO

Annuale

QUALITÀ dell'INFORMAZIONE

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

L'indicatore è rilevante perché fornisce informazioni riguardanti le problematiche ambientali. I dati sono affidabili, validati e comparabili nel tempo e nello spazio. La metodologia di costruzione dell'indicatore è la medesima su tutto il territorio nazionale.



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*

Gli obiettivi perseguiti dall'indicatore sono stati conseguiti e si evidenzia un incremento nel numero degli impianti autorizzati in categoria A, in particolare degli impianti con ciclotroni.

COMMENTI a TABELLE e FIGURE

Si evidenzia l'aumento notevole nel numero di strutture autorizzate in categoria A, in particolare impianti con ciclotroni e impianti con acceleratori per uso industriale e di ricerca.

Tabella 11.1: Strutture autorizzate all'impiego di sorgenti radioattive (categoria A)

Codice	Tipologia impianto	Attività svolte/caratteristiche	Sorgenti di radiazioni	Caratteristiche delle sorgenti
A	Ciclotroni per PET	A essi è di regola associata una medicina nucleare, per la somministrazione dei radioisotopi ai pazienti. Alcuni impianti per ciclotroni sono anche autorizzati al commercio del 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^{13} a circa 10^{16} 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	

Fonte: ISPRA, Ministero dello sviluppo economico

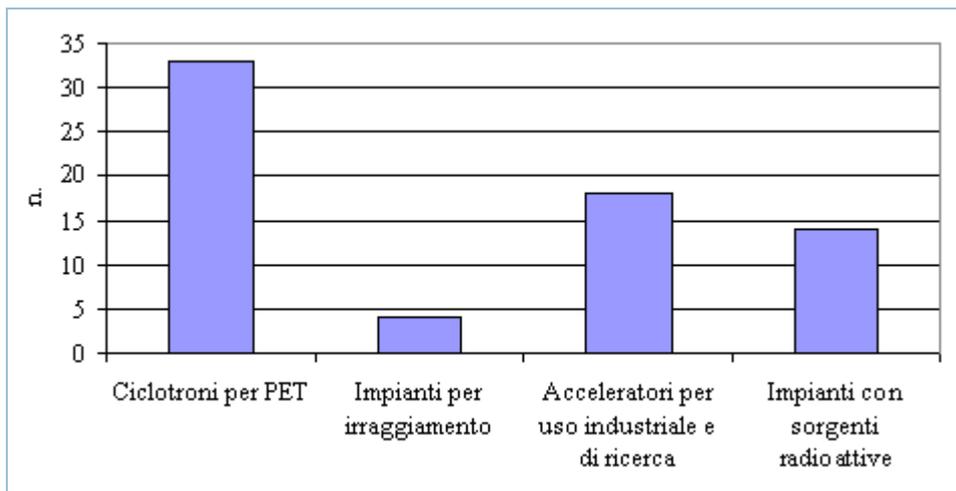
Tabella 11.2: Strutture autorizzate all'impiego di sorgenti radioattive per regione di ubicazione e tipologia di impianto (2007)

Regione/Provincia autonoma	Codice tipologia impianto				
	A	B	C	D	TOTALE
	n.				
Piemonte	2			1	3
Valle d'Aosta					
Lombardia	9	1	3	3	16
Trentino Alto Adige					
Veneto	1		4	1	6
Friuli Venezia Giulia	1		2		3
Liguria	1				1
Emilia Romagna	2	1	2	3	8
Toscana	2				2
Umbria	1			1	2
Marche	1	1		1	3
Lazio	4	1	5	2	12
Abruzzo				2	2
Molise	1				1
Campania	3				3
Puglia					
Basilicata					
Calabria					
Sicilia	4		2		6
Sardegna	1				1
ITALIA	33	4	18	14	69

Fonte: ISPRA, Ministero dello sviluppo economico

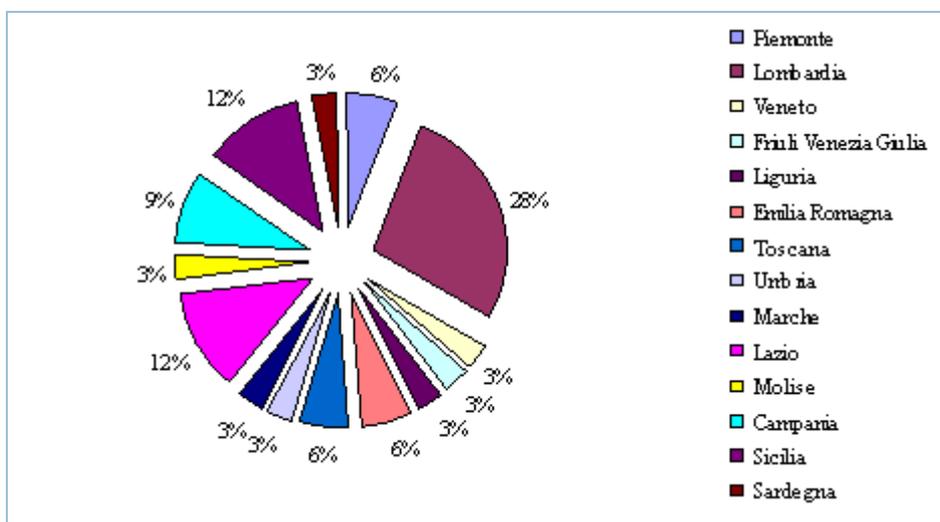
Legenda:

A: Ciclotroni per PET; B: Impianti per irraggiamento; C: Acceleratori per uso industriale e di ricerca; D: Impianti e laboratori con sorgenti radioattive



Fonte: ISPRA, Ministero dello sviluppo economico

Figura 11.1: Impianti autorizzati in categoria A (2007)



Fonte: ISPRA, Ministero dello sviluppo economico

Figura 11.2: Distribuzione regionale dei ciclotroni (2007)

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.

UNITÀ di MISURA

Becquerel (Bq)

FONTE dei DATI

Esercenti

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, per la Centrale di Trino nonché per l'impianto Eurex di Saluggia, le particolari attività svolte nel corso del 2007 hanno portato a un lieve incremento sia per gli scarichi liquidi sia per quelli aeriformi. Per quanto riguarda gli altri impianti le condizioni di scarico sono stabili o addirittura si registra una leggera diminuzione; in particolare si fa riferimento al deposito Avogadro, per il quale non ci sono stati scarichi liquidi nel corso del 2007, e al Centro Casaccia dell'ENEA, per il quale non vengono effettuati scarichi liquidi da maggio 2003.

COMMENTI a TABELLE e FIGURE

La Tabella 11.3 riporta la tipologia e il quantitativo di radionuclidi scaricati nell'ambiente anno dopo anno, nonché l'impegno percentuale delle formule di scarico autorizzate sia per gli scarichi liquidi sia per gli scarichi aeriformi.

Tabella 11.3: Quantità di radioattività scaricata negli affluenti liquidi ed aeriformi degli impianti nucleari italiani (2007)

Centrale di Caorso (PC)											
Scarichi liquidi											
Nuclide	Co60	Cs137	H3	Fe55	Sr90	%F. d. S.					
Attività (Bq)	8,95E+06	3,32E+06	1,91E+07	3,38E+04	2,36E+04	9,87E-04					
Scarichi aeriformi											
Nuclide	Co60	Cs137	H3		Sr90	%F. d. S. Particolati					
Attività Quota 0 (Bq)	6,31E+03	1,96E+04			4,46E+04	1,31E-02					
Attività Quota 60 m (Bq)	5,07E+04	1,32E+05	7,59E+07			%F. d. S. Gas					
						3,86E-04					
Centrale di Trino Vercellese (VC)											
Scarichi liquidi											
Nuclide	Co60	Cs134	Cs137	Sr90	Fe55	H3	Mn54	% F.d.S.			
Attività (Bq)	5,16E+07	3,79E+05	5,00E+07	1,41E+06	5,95E+06	4,60E+07	3,44E+05	1,21			
Scarichi aeriformi											
Nuclide	Co60	Cs134	Cs137	Sr90eq	Sr90	Kr85+Kr85eq	H3	% F.d.S.			
Attività (Bq)	2,88E+05	(*)	3,04E+05	1,78E+05	1,64E+03	(*)	3,06E+09	0,79			
Centrale di Latina (LT)											
Scarichi liquidi											
Nuclide	Co60	Cs134	Cs137	Sr90	Pu239	H3	% F.d.S.				
Attività (Bq)	2,09E+06		8,39E+07	5,05E+07	2,05E+05	2,48E+08	0,04				
Scarichi aeriformi											
Nuclide	Co60equiv.	% F.d.S.									
Attività (Bq)	1,86E+04	0,010									
Centrale del Garigliano (CE)											
Scarichi liquidi											
Nuclide	Co60	Cs134	Cs137	Sr90	α	H3	% F.d.S.				
Attività (Bq)	3,42E+06	(*)	3,93E+08	4,32E+06	(*)	3,24E+04	0,11				
Scarichi aeriformi											
Nuclide	Co60	Cs134	Cs137	Sr90	H3	% F.d.S.					
Attività (Bq)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	<0,00001					
Centro EURATOM di Ispra (VA)											
Scarichi liquidi											
Nuclide	α totale	β totale	Co60	Cs137	Ra228	Am241	Sr90	HTO	Ra226	altri	% F.d.S.
Attività (Bq)	0,0E+000	4,30E+05	3,90E+05	3,00E+04	1,00E+04	3,00E+04	1,30E+05	9,61E+10	3,00E+04	4,20E+05	4,66E-03
Scarichi aeriformi											
Nuclide	α totale	β totale	Co60	Cs137	Ra228		Sr90	HTO		altri	% F.d.S.
Attività (Bq)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	1,97E+11	N.A.	N.A.	1,28E-01

Centro Casaccia dell'ENEA (RM)								
Scarichi liquidi ¹								
Nuclide	α totale	β/γ totale	I131	Cs137	Sr90	% F.d.S.		
Attività (Bq)			(*)			0,00		
Scarichi aeriformi								
Nuclide	Ar41	Kr88	I131	Pu	β/γ	% F.d.S.		
Attività (Bq)	2,9E+11	(*)		<2,38E+04	<1.2E+06	(**)		
¹ ultimo scarico effettuato nel maggio 2003								
Impianto ENEA ITREC della Trisaia Rotondella (MT)								
Scarichi liquidi								
Nuclide	α totale	β/γ totale	H3	% F.d.S.				
Attività (Bq)	4,17E+06	5,96E+08	5,00E+08	1,10				
Scarichi aeriformi								
	Attività scaricata pulviscolo (Bq)	% F.d.S.	% F.d.S.		Attività scaricata gas (Bq)	% F.d.S.		
	2,07E+06	7,0E-02	7,0E-02		5.54E+E12	3,74		
Reattore TRIGA LENA dell'Università di Pavia (PV) (2006)								
Scarichi liquidi								
Nuclidi	Co60	Cs137		Zn65	% F.d.S.			
Attività (Bq)	5000	5000		(*)	0,0025			
Scarichi aeriformi								
Nuclidi			Ar41		% F.d.S.			
Attività (Bq)			3,59E+10		(+)			
Deposito Avogadro della FIAT-AVIO, Saluggia (VC) (2006)								
Scarichi liquidi ²								
Nuclidi	Co60	Cs134	Cs137	Sr90	H3	α totale	altri $\beta-\gamma$	% F.d. S.
Attività (Bq)	***	***	***	***	***	***	***	***
Scarichi aeriformi								
Nuclidi	Kr85	Co60	Cs134	Cs137	Sr90	α totale	% F.d.S.	
Attività (Bq)	< 12.28E+09	\leq 11.616E+03	\leq 5.8E+03	\leq 5.802E+03	\leq 695.2	\leq 7764.60	a) \leq 0.13	
² nel 2006 non sono stati effettuati scarichi liquidi							b) \leq 0.18	
							c) \leq 1.49	
Impianto della Fabbricazioni Nucleari Bosco Marengo (AL)								
Scarichi liquidi								
Nuclide	Uranio	%F.d.S.						
Quantità (kg)	0,4000	1,996						
Scarichi aeriformi								
Nuclide	Uranio	%F.d.S.						

Attività (Bq)	1,62E+05	<3.8									
Impianto EUREX C.R. ENEA, Saluggia (VC)											
Scarichi liquidi											
Nuclide	Cs134	Cs137	H3	Sr90	β/γ totale	α totale	%F.d.S.				
Attività (Bq)	***	***	***	***	***	***	***				
Scarichi aeriformi											
Nuclide	Cs134	Cs137	I129	Sr90	H3	Pu	particolato β/γ	particolato α	Kr85	%F.d.S	
Attività (Bq)	< 13.5E+03	< 17.7E+03	6,54E+03	<0.53E+03	8,54E+04	<3.8E+02	< 3,1E+04	<6.8E+02	0	a) 0,0	
										b) <0,03	
										c) <0,004	

Fonte: ISPRA

Legenda:

a formula di scarico per i gas nobili; b formula di scarico per i particolati β/γ ; c formula di scarico per i particolati α ;

* valori inferiori alla minima attività rilevabile;

** per il Centro Casaccia non è stata definita una formula di scarico;

*** non è stato effettuato nessuno scarico nel corso del 2007

+ 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

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.

UNITÀ di MISURA

Becquerel (Bq); metro cubo (m³).

FONTE dei DATI

ISPRA; Esercenti impianti nucleari.

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 11.4 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 11.4: Inventario dei rifiuti radioattivi, delle sorgenti dismesse e del combustibile irraggiato per regione di ubicazione (2007)

Regione	Rifiuti radioattivi		Sorgenti dismesse	Combustibile irraggiato	TOTALE	
	Attività	Volume	Attività	Attività	Attività	%
	GBq	m ³	GBq	TBq	TBq	
Piemonte	4.606.126	4.473	4.430	272.321	276.932	18,13
Lombardia	53.243	3.245	130.000	3.689	3.872	0,25
Emilia Romagna	1.773	4.091	150	1.240.057	1.240.059	81,18
Lazio	50.540	7.974	684.388	4	739	0,05
Campania	425.040	2.840			425	0,03
Toscana	14.503	350	419.000	0	434	0,03
Basilicata	362.326	3.171	22	4.690	5.052	0,33
Molise	46	86	0,3		0,04	3,0E-06
Puglia	238	1.140	1		0,24	2,0E-05
Sicilia	0,4	0,2			0,001	2,0E-08
TOTALE	5.513.836	27.371	1.237.991	1.520.761	1.527.513	

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati degli Esercenti

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 nelle abitazioni. Esso rappresenta il parametro di base per la valutazione del rischio/impatto sulla popolazione. 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. Quest'ultima azione può essere considerata uno strumento di programmazione territoriale in quanto consente di razionalizzare le risorse, diversificandole in funzione della diversa distribuzione spaziale del fenomeno, oltre ad adempiere un preciso obbligo di legge per le regioni, derivante dal rispetto del D.L.gs. 230/1995 e s.m.i.

UNITÀ di MISURA

Becquerel per metro cubo (Bq/m³); percentuale (%).

FONTE dei DATI

ISPRA/ARPA/APPA

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	2	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

Lo scopo è monitorare una delle principali fonti di esposizione alla radioattività per la popolazione (in assenza di eventi incidentali) e fornire utili strumenti di programmazione territoriale e di intervento. Non sono ancora disponibili dati relativi all'individuazione delle zone a maggiore probabilità di alte concentrazioni di attività di radon secondo il D.Lgs. 230/95 e s.m.i.

OBIETTIVI FISSATI dalla NORMATIVA

Ambienti di lavoro: il D.L.gs. 230/95 e s.m.i. fissa in 500 Bq/m³ un primo livello di azione per la concentrazione di radon in alcuni ambienti di lavoro. Un secondo livello di azione è fissato in termini di dose efficace ed è pari a 3 mSv. Il decreto prevede l'obbligo per le regioni di individuare le aree a maggiore probabilità di alte concentrazioni di attività di radon, al fine di attuare in esse specifici interventi. Ambienti residenziali: la Raccomandazione europea 90/143/Euratom del 21/02/90 ha fissato due livelli di riferimento, superati i quali, sono raccomandate azioni di risanamento atte a ridurre la concentrazione di radon: 400 Bq/m³ per edifici esistenti e 200 Bq/m³ (quale parametro di progetto) per edifici da costruire.

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 che possono ridurre notevolmente la concentrazione e, se adottate in modo sistematico sul territorio, potrebbero ridurre il valore medio nazionale. Il potenziamento degli studi e iniziative mirate all'identificazione delle aree soggette a rischio di radon hanno consentito di aumentare le informazioni relative all'indicatore.

COMMENTI a TABELLE e FIGURE

In Tabella 11.5 sono riportate le medie regionali della concentrazione di attività di radon *indoor* (Figura 11.3) e le percentuali di abitazioni che in ogni regione superano i due livelli di riferimento indicati dalla Commissione Europea: 200 Bq/m³ e 400 Bq/m³. 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 ± 1 Bq/m³. Tale valore è superiore alla media mondiale pari a circa 40 Bq/m³. La media geometrica è 52 Bq/m³, la deviazione standard geometrica è 2,1 e la percentuale media di abitazioni che eccedono i due livelli di riferimento sono rispettivamente 4,1% e 0,9%. Si nota una notevole differenza tra le medie delle regioni. Tale distribuzione, in linea con i risultati di altri paesi, è da mettere in relazione alla naturale variabilità spaziale del fenomeno, dovuta principalmente alle differenti caratteristiche geologiche. In Italia, risultano censite circa sessanta campagne e attività di monitoraggio di attività di radon *indoor* per abitazioni e scuole, significative ai fini della caratterizzazione del territorio. Da queste attività, generalmente 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 11.4 sono rappresentate le regioni nelle quali sono stati avviati studi per l'individuazione delle zone a maggior probabilità di alte concentrazioni di radon. Tale ultima rappresentazione dovrà evolvere verso l'identificazione vera e propria delle zone a maggior probabilità di alte concentrazioni di radon, nel momento in cui le regioni avranno completato la mappatura e le aree a rischio saranno pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale Italiana come da D.Lgs. 230/95 e s.m.i.

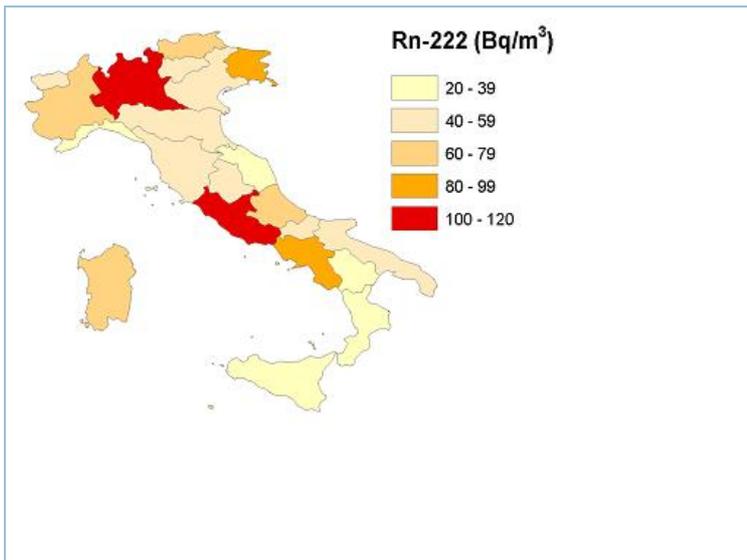
Tabella 11.5: Quadro riepilogativo dei risultati dell'indagine nazionale sul radon nelle abitazioni, per regione e provincia autonoma (1989 – 1997)

Regione/Provincia autonoma	Rn-222 Media aritmetica \pm STD ERR	Abitazioni >200 Bq/m ³	Abitazioni >400 Bq/m ³
	Bq/m ³	%	%
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^a</i>	70 \pm 8	5,7	0
<i>Trento^a</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
MEDIA (pesata per la popolazione regionale)	70 \pm 1	4,1	0,9

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:

^a 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 11.3: 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 11.4: 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.

UNITÀ di MISURA

Nanogray/ora (nGy/h)

FONTE dei DATI

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; ISS-ANPA *Indagine nazionale sulla radioattività naturale nelle abitazioni - Rapporto finale*; A.Cardinale, L.Frittelli, G.Lembo, G.Gera, O.Ilari, *Studies on the Natural Background in Italy*, Health Phys. 20, 285, 1971.

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 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 11.6 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 il 1970-1971 su un reticolo di oltre 1.000 punti di misura. I dati della dose gamma di origine terrestre *indoor* derivano dall'elaborazione ISPRA 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 i dati. I dati (Tabella 11.6) 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 *outdoor* e *indoor*, che sono rispettivamente 79% e 21%. Nella Figura 11.5 è illustrata la rete GAMMA dell'ISPRA, costituita da 47 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 11.7 sono fornite le medie annuali del rateo di dose gamma assorbita in aria (2000-2007), aggregate per macroregioni. Tali valori sono ottenuti dalle medie annuali delle misure giornaliere delle singole stazioni. I valori delle deviazioni standard (S.D.), espresse in 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%. Nella Tabella 11.7 sono evidenziati, inoltre, i valori massimi e minimi per ciascuna macroregione. Il valore medio pesato per la popolazione delle tre macroregioni è pari a 107 nGy/h, dato da confrontare con 112 nGy/h ottenuto sommando i contributi cosmico e terrestre *outdoor* della Tabella 11.6.

Tabella 11.6: 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
MEDIA (pesata per la popolazione)	38	74	104^a

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:

^a 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 11.7: 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

Fonte: ISPRA (Banca dati rete GAMMA)

Legenda:

S.D.: I valori si riferiscono alla variazione spaziale. Le variazioni temporali delle medie giornaliere sono dell'ordine del 3%



Fonte: ISPRA (Banca dati rete GAMMA)

Figura 11.5: Centraline 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. 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).

UNITÀ di MISURA

Becquerel per litro (Bq/l); becquerel per metro quadrato (Bq/m²); microbecquerel per metro cubo (μBq/m³).

FONTE dei DATI

OECD-ENEA, 1987, *The radiological impact of the Chernobyl accident in OECD countries*, Parigi; 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; APAT; ARPA/APPA

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. La comparabilità nel tempo è buona. L'accuratezza e la comparabilità nello spazio rivelano i limiti dell'indicatore connessi alla disomogeneità delle tecniche di misura e analisi adottate dai diversi istituti, enti, organismi delle reti nazionali.



SCOPO e LIMITI

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, sia per quello ambientale in seguito al trasferimento della contaminazione dai foraggi al latte attraverso la catena alimentare. Un limite

dell'indicatore può essere rilevato nelle disomogeneità metodologiche adottate per le misure effettuate 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

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

COMMENTI a TABELLE e FIGURE

Nelle Tabelle 11.8, 11.9, 11.10 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 11.8) rivelano un'omogeneità nella copertura territoriale e nella qualità dell'informazione al Nord e al Centro, mentre al Sud 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 11.6. 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 mBq/m³). In Tabella 11.9 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 Sud, infatti, non è presente alcuna stazione di monitoraggio. La Figura 11.7 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 11.10 riporta la media annuale di concentrazione di attività di Cs-137 nel latte vaccino, per questa matrice si rivela una copertura soddisfacente su tutto il territorio nazionale e valori confrontabili nelle tre macroregioni. Dall'andamento temporale del valore medio nazionale (Figura 11.8) 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 ben al di sotto del *reporting level* fissato dalla CE (0,5 Bq/l).

Tabella 11.8: Concentrazione di attività di Cs - 137: media mensile nel particolato atmosferico (2007)

Mese	Nord	Centro	Sud
	$\mu\text{Bq}/\text{m}^3$		
Gennaio	< 9	< 17	< 200
Febbraio	< 15	< 19	< 200
Marzo	< 8	< 15	< 200
Aprile	< 14	< 13	< 200
Maggio	< 11	< 12	< 200
Giugno	< 11	< 14	< 200
Luglio	< 13	< 16	< 200
Agosto	< 9	< 22	< 200
Settembre	< 29	< 27	< 200
Ottobre	< 10	< 19	< 200
Novembre	< 17	< 16	< 200
Dicembre	< 10	< 24	< 200
n. di stazioni	7	6	1

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati APAT/ARPA/APPA

Tabella 11.9: Concentrazione di attività di Cs - 137: media mensile nelle deposizioni umide e secche (2007)

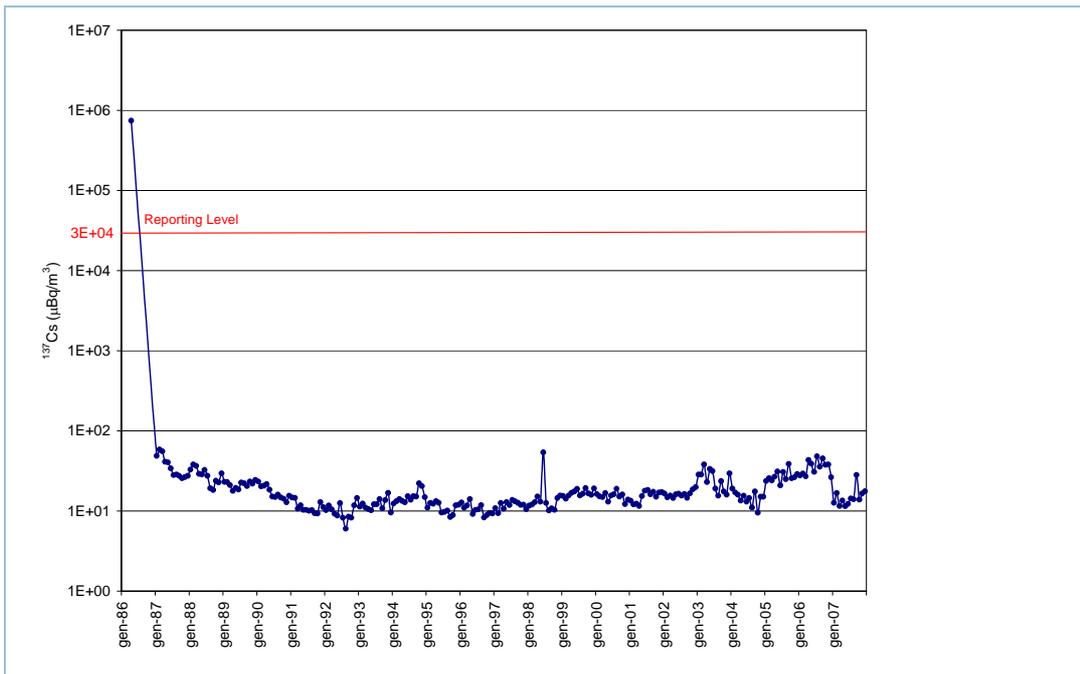
Mese	Nord	Centro	Sud
	Bq/m^2		
Gennaio	< 0,09	< 0,03	
Febbraio	< 0,11	< 0,03	
Marzo	< 0,10	< 0,03	
Aprile	< 0,14	< 0,03	
Maggio	< 0,16	< 0,03	
Giugno	< 0,14	< 0,02	
Luglio	< 0,13	< 0,06	
Agosto	< 0,14	< 0,04	
Settembre	< 0,24	< 0,03	
Ottobre	< 0,12	< 0,02	
Novembre	< 0,10	< 0,03	
Dicembre	< 0,05	< 0,01	
n. di stazioni	8	8	0

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati APAT/ARPA/APPA

Tabella 11.10: Concentrazione di attività di Cs - 137 nel latte vaccino: media annua e numero di regioni/province autonome che hanno effettuato misure (2007)

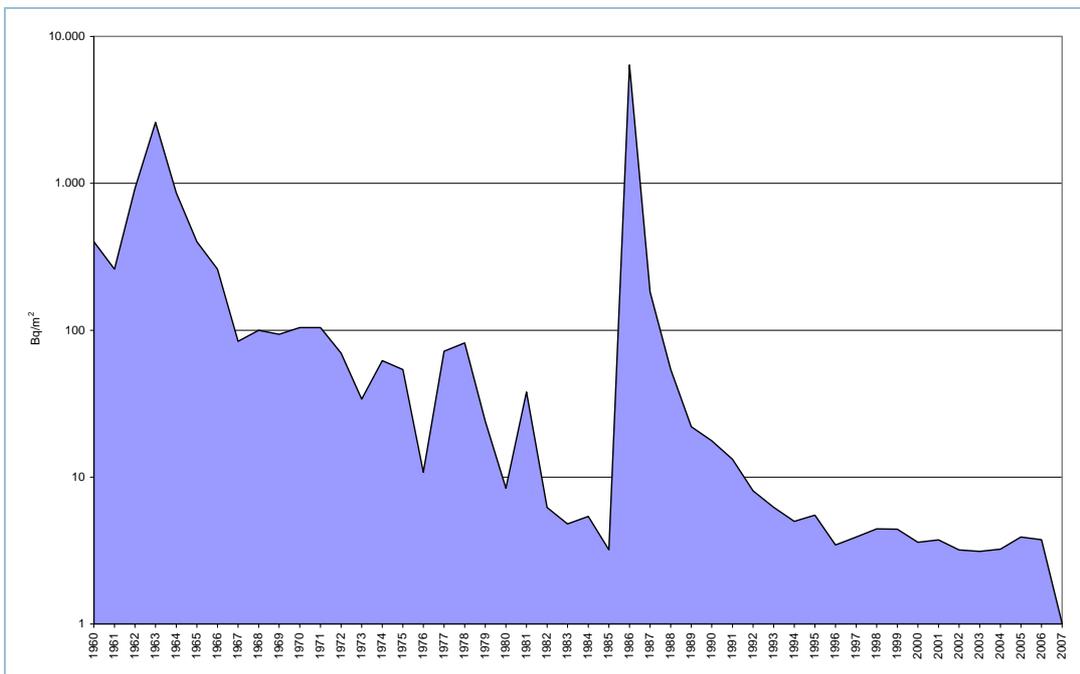
Macroregione	Cs-137	Regioni/Province autonome
	Bq/l	n.
Nord	< 0,18	9
Centro	< 0,10	6
Sud	< 0,08	4
MEDIA ITALIA	<0,16	19

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati APAT/ARPA/APPA



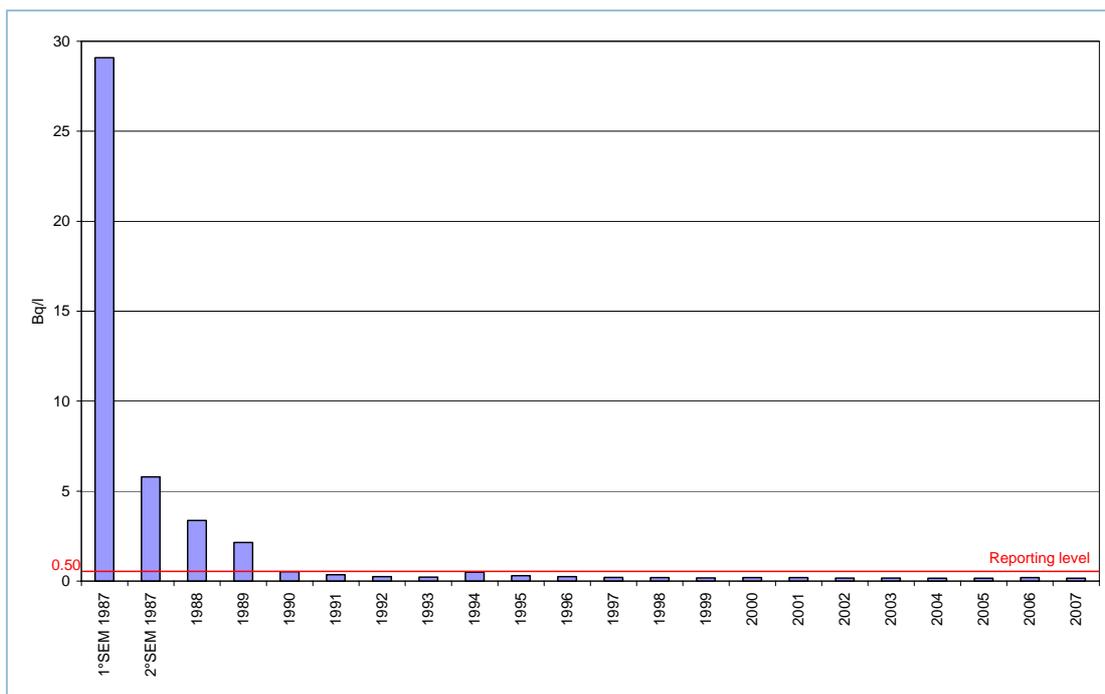
Fonte: Elaborazione ISPRA su dati: ENEA-DISP, *Rapporto annuale sulla radioattività ambientale in Italia*, Reti Nazionali, 1986-87, 1998, 1990; ANPA, *Rapporto annuale sulla radioattività ambientale in Italia*, 1991, 1992, 1994-97, 1998; APAT, *Reti nazionali di sorveglianza della radioattività ambientale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

Figura 11.6: 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 11.7: Andamento annuale della deposizione totale di Cs-137 in Italia



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ISPRA/ARPA/APPA

Figura 11.8: 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*).

UNITÀ di MISURA

Classi di qualità. Punteggio (0 – 25 punti)

FONTE dei DATI

ISPRA/ARPA/APPA

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 delle matrici analizzate nelle tre macroaree; nessuna riserva sulla comparabilità nel tempo, mentre la comparabilità nello spazio è garantita in modo disomogeneo tra le diverse macroaree. 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

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. 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. La rete nazionale di sorveglianza della radioattività ambientale è in fase di revisione, questo 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. Per quel che concerne le reti regionali e locali non esistono criteri di valutazione fissati da normative.

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, 84/466, 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 11.11 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) le reti di monitoraggio regionali sono operative anche in assenza di una delibera regionale/provinciale, in altri (Lazio e Molise), 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. La Tabella 11.12 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. Dai dati riportati 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. In Tabella 11.13 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 macroaree); regolarità del monitoraggio; organizzazione e partecipazione a iniziative di interconfronto su scala nazionale. Il punteggio attribuito dal 2000 ad oggi è stazionario e il giudizio attribuito è sufficiente; per la rete nazionale sussistono ancora disomogeneità sull'attuazione dei programmi e sulle misure eseguite dai diversi laboratori. 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 11.11: Stato delle reti regionali, esempi di contributi alla rete nazionale al 31/12/2007

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

Fonte: ISPRA/ARPA/APPA

Legenda:^a - l'attività è gestita da ARPA Pescara e dall'Istituto Zooprofilattico di Teramo

Tabella 11.12: Stato delle reti locali

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 Palermo	in esercizio, assenza rifiuti	No	No
Impianto ITREC - C.R. Trisaia ENEA	in "carico", rifiuti parzialmente condizionati	Si	Si
Centro ENEA Casaccia: Reattore TRIGA RC-1	in esercizio, rifiuti depositati in NUCLECO	Si	No
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 11.13: 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

Fonte: Elaborazione ISPRA/ARPA Emilia Romagna

Legenda:

Classi di qualità:

insufficiente 0- <15

sufficiente 15- <21

buono 21-25