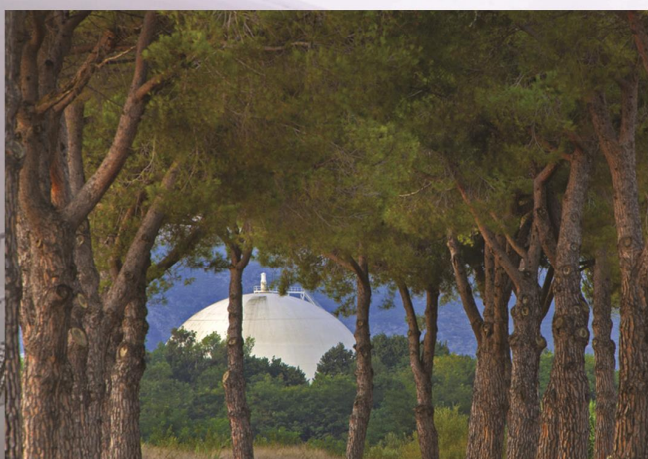




ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Indagine sulla radioattività ambientale nelle aree circostanti la centrale nucleare del Garigliano



RAPPORTI

197/2014



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Indagine sulla radioattività ambientale nelle aree circostanti la centrale nucleare del Garigliano

Informazioni legali

L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), le Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente (ARPA Campania e ARPA Lazio) e le persone che agiscono per loro conto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo rapporto.

ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Via Vitaliano Brancati, 48 00144 Roma
www.isprambiente.gov.it

ISPRA, Rapporti 197/2014
ISBN 978-88-448-0653-8

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica

ISPRA

Grafica di copertina: Alessia Marinelli

Foto di copertina: ISPRA RIS-CON

Coordinamento editoriale:

Daria Mazzella

ISPRA 6 Settore Editoria

Aprile 2014

Autori

L. Matteocci, R. Ocone, (ISPRA ó Servizio Controlli Attività Nucleari)
G. Torri, G. Bidolli, G. Jia, G. Menna M. Blasi, M. Cavaoli, A. Di Lullo, S. Fontani, P. Leone, Sara
Mariani, Luca Ciciani (ISPRA ó Servizio Misure Radiometriche)
P. Bitonti, C. Salierno, (ISPRA ó Servizio Radioprotezione)
G. Guerrasio, P. Mainolfi, (ARPA Campania)
P. Di Legge, G. Evangelisti, T. Fabozzi, S. Paci, R. Sozzi (ARPA Lazio)

Coordinamento: L. Matteocci (ISPRA); **Redazione Rapporto Tecnico:** R. Ocone, G. Menna
(ISPRA); **Verifica dati:** R. Ocone (ISPRA); **Campionamenti:** F. Lavorante (ISPRA);
G. Guerrasio, P. Mainolfi (ARPA Campania); P. Di Legge, A. Cappelli, L. Rinaldi (ARPA Lazio);
Misure: G. Guerrasio, P. Mainolfi (ARPA Campania); P. Di Legge, G. Evangelisti, (ARPA Lazio)

INDICE

Premessa	5
1. Stato dell'impianto	5
2. Obiettivi dell'indagine	6
3. Programma dei campionamenti e delle misure radiometriche	6
4. Campionamenti	11
Sabbia di mare.....	11
Sedimenti fluviali	12
Acqua di fiume.....	12
Acqua di mare	13
Acqua di falda (interno centrale).....	13
Acqua di falda (esterno centrale).....	13
Terreno (top soil) ed erba.....	14
Pesce di mare	14
Pesce di fiume	15
Vegetali e frutta.....	15
Latte di bufala	15
Mitili	16
Particolato atmosferico	16
5. Risultati delle misure	17
6. Fondo ambientale regionale e riferimenti a livello nazionale	27
7. Valutazioni e conclusioni	29
8. Riferimenti	30
9. Allegato	31

Premessa

La presente relazione riporta le modalità di svolgimento ed i risultati di una campagna di controlli della radioattività ambientale condotta dall'ASPR, in collaborazione con l'ARPA Campania e l'ARPA Lazio, nelle aree limitrofe alla centrale del Garigliano, nel periodo Giugno 2013-Gennaio 2014.

1. Stato dell'impianto

La centrale elettronucleare del Garigliano, sita in Sessa Aurunca (CE) e dotata di un reattore nucleare ad acqua bollente General Electric del tipo BWR da 506 MWt (150 MWe), entrò in esercizio commerciale nel giugno 1964, con una produzione elettrica complessiva, fino all'arresto definitivo, di circa 12 miliardi di kilowattora.

La centrale fu fermata nell'agosto 1978 per l'esecuzione di rilevanti interventi di adeguamento, che però, a seguito di valutazioni economiche, fu deciso di non attuare. Con delibera CIPE del 4/3/1982 fu quindi disposta la chiusura definitiva della centrale e furono avviate le operazioni per porre l'impianto in una condizione di custodia protettiva passiva (CPP).

Le attività più significative effettuate da allora, oltre alla manutenzione ordinaria, sono state l'allontanamento del combustibile irraggiato, in larga parte trasferito in Inghilterra a fini di riprocessamento ed in quantità limitate oggi stoccato nel deposito "Avogadro" di Saluggia, la caratterizzazione radiologica preliminare, la decontaminazione e copertura della piscina e del canale del combustibile, la decontaminazione e chiusura del vessel, il drenaggio e isolamento del circuito primario e dei circuiti idraulici, il trattamento e condizionamento dei rifiuti di processo, e la trasformazione/costruzione di depositi temporanei per lo stoccaggio dei rifiuti prodotti (ex-Diesel e D1).

Nel 1997 fu presentata la istanza di disattivazione basata sulla strategia di smantellamento differito (o di custodia protettiva passiva), in linea con la licenza di esercizio emessa con decreto del Ministero dell'Industria del 1985. Con i successivi indirizzi del Ministero dell'Industria del 1999, confermati con i decreti del 7/5/2001 e del 2/12/2004, la strategia di smantellamento differito è stata abbandonata a favore della disattivazione in una fase. La istanza di autorizzazione delle operazioni di disattivazione ex art.55 del D.Lvo n. 230/1995 è stata presentata nel dicembre 2001 e successivamente integrata con l'Addendum del settembre 2003. La relativa istruttoria tecnica dell'ASPR (allora APAT) si è conclusa nel 2006 con l'emissione del parere tecnico ex art.56 del citato decreto legislativo. Nel dicembre 2009, a conclusione della relativa procedura VIA, è stato emanato il decreto di pronunciamento di compatibilità ambientale. L'autorizzazione alla disattivazione, rimasta in sospeso in attesa di detto pronunciamento di compatibilità ambientale, ha ripreso il suo iter con la richiesta, da parte del Ministero dello Sviluppo Economico, di una verifica del parere dell'ASPR del 2006. A tale riguardo l'ASPR ha richiesto alla SO.G.I.N. l'aggiornamento del Piano di Disattivazione con particolare riferimento alla strategia di deposito in sito dei rifiuti radioattivi. La SO.G.I.N. ha pertanto prodotto un nuovo documento di aggiornamento e il 28 settembre 2012, a seguito di Conferenza di Servizi e di un parere dell'ASPR aggiornato, è stato emanato dal Ministero dello Sviluppo Economico il decreto di autorizzazione delle operazioni di disattivazione [7].

Tra le attività svolte presso la centrale, finalizzate al miglioramento delle condizioni di sicurezza dell'impianto e connesse alla disattivazione, si citano l'adeguamento dell'edificio ex-Diesel a deposito temporaneo di rifiuti radioattivi con il relativo avvio all'esercizio, il completamento della rimozione amianto nell'edificio reattore e la realizzazione del Deposito temporaneo D1.

Le principali attività in corso, o previste per il prossimo futuro, sono:

- l'avvio all'esercizio del citato deposito temporaneo D1 per i rifiuti radioattivi;
- l'adeguamento del sistema elettrico e del sistema di approvvigionamento idrico;
- lo smantellamento del camino di centrale con la realizzazione di un nuovo punto di scarico degli effluenti aeriformi;
- la bonifica delle trincee;
- la realizzazione del nuovo sistema per la gestione degli effluenti liquidi.

Con riferimento ai rilasci nell'ambiente di effluenti liquidi ed aeriformi le prescrizioni per la disattivazione che costituiscono parte integrante del suddetto decreto di autorizzazione del 28/09/2012, stabiliscono limiti di concentrazione di attività dei radionuclidi, oltre che di attività totale, tali da rispettare, per la dose alla popolazione, il criterio di non rilevanza radiologica fissato nella normativa vigente in un valore di dose efficace di 10 microSv/anno.

2. Obiettivi dell'indagine

In vista dell'avvio delle più significative operazioni previste dal programma di disattivazione del sito, l'ISPRA ha deciso di effettuare un monitoraggio indipendente della radioattività ambientale del sito della centrale nucleare con il duplice scopo di:

- disporre di un preventivo punto zero di riferimento;
- vigilare sulle modalità di effettuazione della sorveglianza della radioattività ambientale che la SO.G.I.N., in qualità di esercente, deve garantire ai sensi dell'art. 54 del D.Lvo n. 230/1995.

3. Programma dei campionamenti e delle misure radiometriche

Il suddetto monitoraggio è stato effettuato programmando una campagna di misure radiometriche condivisa ed attuata con le Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente di pertinenza territoriale: ARPA Campania ed ARPA Lazio. Le matrici ambientali ed alimentari su cui effettuare le relative misure sono state scelte tenendo anche conto del Programma di sorveglianza ambientale della SO.G.I.N. [8, 9], approvato dall'ISPRA ai sensi del DM del 28 settembre 2012 di autorizzazione delle operazioni di disattivazione.

I campionamenti si sono svolti da giugno 2013 a gennaio 2014 e sono stati effettuati da personale del Dipartimento nucleare, rischio tecnologico ed industriale dell'ISPRA, con la partecipazione di personale dell'ARPA Campania e dell'ARPA Lazio che, a seconda della competenza territoriale, ha acquisito una propria aliquota dei campioni da sottoporre a misure. Alle operazioni di campionamento ha partecipato anche personale della SO.G.I.N. acquisendo un'aliquota dei campioni prelevati per le proprie misure. Alcuni campionamenti sono stati effettuati alla presenza di ispettori ISPRA ex. art. 10 del D.Lvo n. 230/1995.

Il programma dell'indagine radiometrica si è articolato come riportato nella seguente tabella:

Matrice	N. punti prelievo	Misure	Istituto/Agenzie
Acqua di superficie	3	Spettrometria gamma, alfa totale, beta totale, ^3H	ISPRA, ARPA Campania
Sabbia di mare	4	Spettrometria gamma	ISPRA, ARPA Campania, ARPA Lazio
Acqua di mare	2	Spettrometria gamma	ISPRA, ARPA Campania, ARPA Lazio
Sedimenti	6	Spettrometria gamma, spettrometria alfa (isotopi Pu), alfa totale	ISPRA, ARPA Campania, ARPA Lazio
Acqua di falda	4	Spettrometria gamma, spettrometria alfa (isotopi Pu), ^3H , alfa totale, beta totale, ^{90}Sr	ISPRA, ARPA Campania
Pesce di fiume	1	Spettrometria gamma	ISPRA
Terreno (Top soil)	2	Spettrometria gamma	ISPRA, ARPA Campania, ARPA Lazio
Erba	2	Spettrometria gamma	ISPRA, ARPA Campania, ARPA Lazio
Vegetali e frutta	1+1	Spettrometria gamma	ISPRA, ARPA Campania
Pesce di mare	1	Spettrometria gamma	ISPRA
Mitili	1	Spettrometria gamma	ARPA Lazio
Aria (partic. atm.)	3	Spettrometria gamma, beta totale, alfa totale	ISPRA, ARPA Campania
Latte	1	Spettrometria gamma, ^{90}Sr	ISPRA

Nella mappa di seguito riportata sono indicati i punti di campionamento per le specifiche matrici e nella successiva tabella sono riportati, per ogni matrice, i codici dei campioni prelevati e le tipologie di misura effettuate dai diversi soggetti partecipanti.

Sono state inoltre effettuate circa 30 misure di rateo di dose gamma in aria in un raggio di circa 8 km dalla centrale.



A: Sabbia di mare **B:** Acqua di falda **C:** Sedimenti fluviali **D:** Erba e terreno **E:** Acqua e pesce di mare **F:** Pesce di fiume **G:** Acqua di fiume **H:** Vegetali
I: Frutta **L:** Latte di bufala **M:** Aria

Misure indagine radiometrica centrale Garigliano

Matrice	Codice campione (punto mappa)	ISPRA	ARPA Campania	ARPA Lazio
Sabbia di mare spettrometria	S5FL (A1)			
	S15FL (A1)			
	S5NFL (A2)			
	S15NFL (A2)			
	S5FC (A3)			
	S15FC (A3)			
	S5NFC (A4)			
	S15NFC (A4)			
Acqua di falda spettrometria , Pu-238, Pu-(239+240), tot, tot, Sr-90, H-3	POZZO8 (B1)	, tot, Pu, Sr-90	, tot, tot, H-3	
	POZZO5 (B2)	, tot, Pu, Sr-90	, tot, tot, H-3	
	POZZO4 (B3)	, tot, Pu, Sr-90	, tot, tot, H-3	
	H2OFALG1 (B4)	Cs-137	, tot, tot, H-3	
	H2OFALG2 (B4)	Pu, tot, Sr-90		
Sedimenti fluviali spettrometria , Pu238, Pu (239+240), tot	SEDG001 (C1)	, tot, Pu		
	SEDF002 (C2)	, tot, Pu		
	SEDD003 (C3)	, tot, Pu		
	SEDB004 (C4)	, tot, Pu		
	SEDE005 (C5)	, tot, Pu		
	SEDN006 (C6)	, tot, Pu		
Terreno spettrometria	TOPSGAR1 (D1)			
	TOPSGAR2 (D2)			
Erba spettrometria	ERBGAR1 (D1)			
	ERBGAR2 (D2)			

Misure indagine radiometrica centrale Garigliano				
Matrice	Codice campione (punto mappa)	ISPRA	ARPA Campania	ARPA Lazio
<u>Pesce di mare</u> spettrometria	PESMGAR (E)			
<u>Pesce di fiume</u> spettrometria	PESFGAR (F)			
<u>Acqua di mare</u> spettrometria	H2OMGAR1 (E)	Cs-137		
	H2OMGAR2 (fuori mappa, Mondragone)	Cs-137		
<u>Acqua di fiume</u> spettrometria , tot, tot, H-3	H2OFGAR1 (G1)	Cs-137	, tot, tot, H-3	
	H2OFGAR2 (G2)	Cs-137	, tot, tot, H-3	
	H2OFGAR3 (G3)	Cs-137	, tot, tot, H-3	
<u>Vegetali e frutta</u> spettrometria	VEGAR1 melanzane (H)			
	FRUGAR2 pesche (I)			
<u>Latte</u> spettrometria , Sr90	LATGAR1 (L)			
<u>Mitili</u> spettrometria	MITGAR1 (fuori mappa, Gaeta)			
<u>Aria</u> spettrometria , tot, tot	AIRGAR1 (M)	tot, tot		
	AIRGAR2 (M)	tot, tot		
	AIRGAR3 (M)	tot, tot		
	AIRGAR4 (M)	tot, tot		
	AIRGAR5 (M)	tot, tot		
	AIRGAR6 (M)	tot, tot		
	AIRGAR7 (M)	tot, tot		
	AIRGAR8 (M)	tot, tot		
	AIRGAR totale mensile (M)			
<u>Aria</u> spettrometria	1-17 totale mensile (fuori mappa, Sessa Aurunca)			
<u>Aria</u> spettrometria	1-21 totale mensile (fuori mappa, Cellole)			
<u>Aria</u> spettrometria	fondo ambientale totale mensile (fuori mappa, Salerno)			
<u>Terreno</u> spettrometria	fondo ambientale (fuori mappa, Cervinara)			
<u>Terreno</u> spettrometria	fondo ambientale (fuori mappa, Sarno)			

4. Campionamenti

Di seguito si riporta la descrizione delle modalità di campionamento per le matrici acqua di falda (interno centrale), sabbia di mare, sedimenti fluviali, acqua di fiume, acqua di mare, acqua di falda (esterno centrale), terreno, erba, pesce di fiume, pesce di mare, vegetali e frutta, latte di bufala, mitili, particolato atmosferico.

La georeferenziazione esatta dei punti si evince dalle coordinate geografiche presenti sulle schede di campionamento [5].

Nelle succitate schede sono altresì riportati ulteriori dettagli sulle modalità di campionamento.

Sabbia di mare

I campioni di sabbia di mare sono stati prelevati con le seguenti modalità:

- sono stati individuati quattro punti di prelievo: due punti (uno a destra e uno a sinistra del fiume) immediatamente a ridosso della foce; altri due punti (uno a destra e uno a sinistra del fiume) a circa 700 metri dai primi due.
- Per ogni punto di prelievo, tramite apposita attrezzatura, sono stati prelevati due campioni: il primo corrispondente allo strato di sabbia compreso tra zero e cinque centimetri ed il secondo corrispondente allo strato di sabbia compreso tra cinque e venti centimetri. Il campione relativo ad un determinato punto di prelievo e ad un determinato strato è stato omogeneizzato in campo e quindi ripartito in quattro aliquote [5].



Sedimenti fluviali

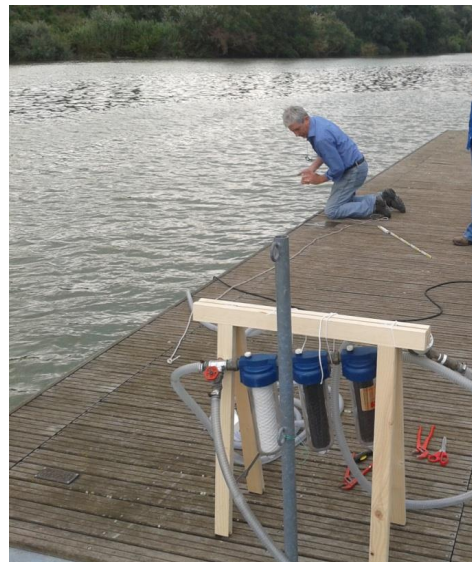
I campioni di sedimento fluviale sono stati prelevati lungo il corso del fiume Garigliano. Tali punti si riferiscono a zone sommerse e di bassa profondità in prossimità dell'argine del fiume nelle quali è particolarmente accentuata la fase di sedimentazione. I campionamenti sono stati effettuati con l'ausilio di due barche ed adottando le seguenti modalità:

- per ogni punto di prelievo, con appositi campionatori in plexiglass (aventi diametro e altezza pari a 10 centimetri), sono stati prelevati in totale circa 10 chilogrammi (n° 20 prelievi) di sedimento che veniva raccolto all'interno di un contenitore più grande per essere poi omogeneizzato. Come riportato nelle relative schede di campionamento [5], il campione così costituito è stato ripartito in quattro aliquote.



Acqua di fiume

La centrale del Garigliano è situata all'interno di un'ansa del fiume. Il campionamento dell'acqua è stato effettuato in tre punti: il primo a circa 15 km (come lunghezza di fiume) a monte dalla centrale; il secondo immediatamente a valle dell'opera di scarico della centrale; il terzo, sempre a valle della centrale a circa 10 km dalla centrale e ad una distanza dalla foce di circa 2 km. Il campionamento è avvenuto prelevando l'acqua tramite un pompa idraulica ad immersione. Il sistema prevede che l'acqua (circa 1000 litri) transiti attraverso tre filtri specifici posizionati in serie, il primo dei quali utilizzato per trattenere il particolato in sospensione e gli altri due, identici, utilizzati per l'estrazione selettiva del solo Cs-137. In ogni punto di prelievo l'ARPA Campania ha prelevato un proprio campione di circa 50 litri. La SO.G.I.N. ha prelevato un proprio campione di circa 100 litri.



Acqua di mare

Sono stati scelti 2 punti: uno in prossimità della foce del fiume e l'altro, tenendo conto della prevalenza delle correnti, a un miglio dalla costa verso sud a fronte della località Mondragone. Le modalità di campionamento per l'acqua di mare sono le stesse dell'acqua di fiume. In ogni punto di prelievo l'ARPA Campania ha prelevato un proprio campione di circa 50 litri. La SO.G.I.N. ha prelevato un proprio campione di circa 100 litri.



Acqua di falda (interno centrale)

Nell'area della centrale sono situati una serie di pozzi per il controllo dell'acqua di falda. Tenendo in considerazione l'andamento della falda acquifera sono stati scelti tre pozzi: il primo (pozzo 8) a monte della centrale (corrispondente al punto P8 del Programma sorveglianza ambientale della SO.G.I.N.) [8]; il secondo (pozzo 4) e il terzo (pozzo 5) a valle della centrale (corrispondenti rispettivamente ai punti P4 e P5 del Programma sorveglianza ambientale della SO.G.I.N.) [8]. Per ogni pozzo si è proceduto, tramite un contenitore di plastica zavorrato, al prelievo di circa 13,4 litri di acqua di falda. Il campione complessivo è stato inizialmente messo in un contenitore di capacità opportuna, quindi, per mezzo del rubinetto di cui il contenitore era dotato, ripartito agli Enti presenti secondo la relativa scheda di campionamento [5]. I tre campioni di ISPRA (composti ognuno da due taniche in plastica di 3 litri) sono stati, al termine del campionamento, acidificati tramite l'aggiunta, in ogni tanica, di acido cloridrico.

Acqua di falda (esterno centrale)

Questo campionamento di acqua di falda si differenzia da quello descritto nel paragrafo precedente in quanto il punto di campionamento è situato esternamente e non internamente al perimetro della centrale del Garigliano ed è corrispondente ad un pozzo sotterraneo (con prelievo a circa 50 metri sotto il livello del suolo) di una casa privata i cui proprietari hanno concesso la propria disponibilità a tale prelievo. Il prelievo è stato effettuato sia con le modalità descritte per l'acqua di fiume (campione H2OFALG1) ai fini della misura del Cs-137, sia prelevando un campione tal quale di circa 100 litri (campione H2OFALG2), ai fini delle misure di alfa totale, Sr-90, isotopi del plutonio (Pu-238 e Pu-(239+240)). ARPA Campania ha prelevato un campione di 50 litri e SO.G.I.N. un campione di 100 litri.



Terreno (top soil) ed erba

Il terreno è stato campionato individuando due zone relativamente indisturbate di terreno e prelevando, da una superficie quadrata con lato pari ad un metro, i primi cinque centimetri in profondità di suolo. Il suolo è stato miscelato e quindi suddiviso nelle varie aliquote [5]. In prossimità dei punti di prelievo sono stati quindi individuati dei punti dai quali prelevare erba sempre a partire da un quadrato di un metro di lato.



Pesce di mare

Il pesce di mare è stato campionato pescando a traina con canne e filaccioni. Sono state pescate quattro specie di pesci: sugarello (*T. trachurus*), sgombro (*S. scombrus*), palamita (*S. sarda*), leccia stella (*T. ovatus*). Subito dopo la cattura i pesci sono stati eviscerati e conservati in luogo refrigerato fino alla consegna al laboratorio radiometrico dell'ISPRA per i successivi trattamenti ed analisi.



Pesce di fiume

Il pesce di fiume è stato campionato utilizzando una rete stanziale (lunghezza circa 100 m) collocata in acqua per circa una notte; il punto di pesca è stato individuato a circa 10 km (di tratto di fiume) a valle della centrale e a una distanza dalla foce di circa 2 km.

La specie pescata è stata di soli cefali (*M. cephalus*), con l'unica eccezione di un cavedano (*S. squalus*).

Subito dopo la cattura i pesci sono stati eviscerati e conservati in luogo refrigerato fino alla consegna al laboratorio radiometrico dell'ISPRA per il successivo trattamento ed analisi.

Vegetali e frutta

Il campione di vegetali, nello specifico melanzane, è stato prelevato presso un orto privato situato a circa 3 Km in direzione sud-est dalla centrale nella frazione di Campo Felice, mentre il campione di frutta, nello specifico pesche, è stato prelevato presso una azienda produttrice situata a circa 1 km dalla centrale, in prossimità del sistema di prelievo del particolato atmosferico.



Latte di bufala

Il latte di bufala è stato prelevato presso una azienda produttrice situata sulla via Appia a circa 3 km dalla centrale.



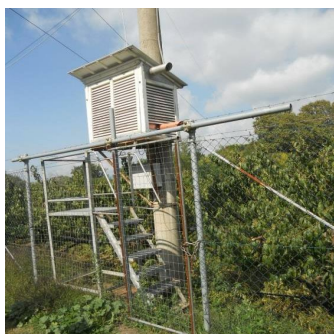
Mitili

I mitili sono stati acquistati a Latina presso un mercato di vendita al dettaglio di prodotti ittici. I mitili acquistati provengono da una filiera che prevede la nascita del mollusco in Spagna e il successivo trasferimento in zone marine antistanti Gaeta per la crescita fino alle dimensioni adatte alla vendita.



Particolato atmosferico

Il particolato atmosferico è stato prelevato all'interno di una della capannine utilizzate dalla stessa SO.G.I.N. nell'ambito del programma di sorveglianza ambientale a circa 1km a sud della centrale. È stato utilizzato un sistema simile a quello adottato dalla SO.G.I.N. . Il campionamento è stato effettuato dal 01/10/2013 al 25/10/2013, utilizzando dei filtri in carta da 47 mm di diametro, sostituiti due volte a settimana (il martedì e il venerdì) per un totale di quattro settimane. Su ogni singolo filtro è stata effettuata la misura di alfa totale e beta totale, mentre la misura di spettrometria gamma è stata effettuata sul pacchetto degli otto filtri.



5. Risultati delle misure

I risultati delle misure effettuate, per ciascuna matrice campionata, sono riportati nelle tabelle 1-15. I valori delle misure sono riferiti alla data di campionamento delle relative matrici.

Per sedimenti, sabbie e terreni i valori delle misure sono riferiti a "peso secco", dopo essiccazione fino a peso costante con residuo di umidità inferiore allo 0,1%; per matrici alimentari ed erba i valori delle misure sono riferiti a "peso fresco".

Dove è presente il solo valore della MDC (Minimum Detectable Concentration) significa che il valore della misura è minore della stessa MDC.

Per completezza è stato riportato anche il valore di K-40, radionuclide naturale abbondantemente presente nelle matrici ambientali.

Ulteriori dettagli sulle misure sono riportati sui rapporti di prova prodotti dall'ISPRA [1], ARPA Campania [3] e ARPA Lazio [2].

Dagli stessi rapporti è emerso che le misure non hanno evidenziato la presenza di altri radionuclidi artificiali differenti da quelli riportati nelle succitate tabelle.

Le misure di rateo di dose gamma in aria hanno mostrato una variabilità fra 62 nanoSievert/h e 198 nanoSievert/h.

Codice campione	Nuclide	ISPRA			ARPA Campania			ARPA Lazio		
		Act (Bq/Kg)	Unc (Bq/Kg)	MDC (Bq/Kg)	Act (Bq/Kg)	Unc (Bq/Kg)	MDC (Bq/Kg)	Act (Bq/Kg)	Unc (Bq/Kg)	MDC (Bq/Kg)
S5FL	Cs-137	0,219	0,019	0,12				0,30	0,20	0,35
	Cs-134			0,12						0,12
	Co-60			0,11						0,076
	K-40	316	13	1,7				386	14	6,5
S15FL	Cs-137	0,267	0,024	0,16				0,29	0,13	0,18
	Cs-134			0,15						0,11
	Co-60			0,14						0,062
	K-40	464	19	1,9				475	14	7,1
S5NFL	Cs-137	0,189	0,019	0,13						0,18
	Cs-134			0,12						0,14
	Co-60			0,13						0,11
	K-40	352	15	1,8				307	12	7,1
S15NFL	Cs-137	0,300	0,026	0,16				0,43	0,24	0,36
	Cs-134			0,15						0,17
	Co-60			0,14						0,19
	K-40	555	23	1,7				575	20	7,5
S5FC	Cs-137	0,181	0,023	0,17	0,218	0,071	0,093			
	Cs-134			0,17			0,078			
	Co-60			0,13			0,078			
	K-40	144,3	6,1	2,0	190,27	14,93	0,909			
S15FC	Cs-137	0,327	0,023	0,10	0,417	0,104	0,131			
	Cs-134			0,10			0,112			
	Co-60			0,086			0,137			
	K-40	420	18	1,5	504,88	39,62	1,275			
S5NFC	Cs-137	0,175	0,016	0,10	0,271	0,106	0,114			
	Cs-134			0,10			0,104			
	Co-60			0,079			0,117			
	K-40	176,2	7,4	1,3	293,72	23,31	1,391			
S15NFC	Cs-137	0,232	0,020	0,11	0,321	0,099	0,139			
	Cs-134			0,11			0,116			
	Co-60			0,11			0,097			
	K-40	346	15	1,7	459,65	36,1	1,464			

Tabella 1- Misure sabbia di mare

Codice campione	Nuclide	ISPRA			ARPA Campania			ARPA Lazio		
		Act (Bq/l)	Unc (Bq/l)	MDC (Bq/l)	Act (Bq/l)	Unc (Bq/l)	MDC (Bq/l)	Act (Bq/l)	Unc (Bq/l)	MDC (Bq/l)
POZZO8	Cs-137			0,10			0,073			
	Cs-134			0,13			0,069			
	Co-60			0,10			0,030			
	K-40			3,3			1,540			
	H-3						3			
	Pu-238			0,000010						
	Pu-(239+240)			0,0000074						
	Sr-90	0,00122	0,00039	0,00051						
	- tot	0,0577	0,0070	0,0050			0,0134			
- tot	0,209	0,010	0,0070	0,0843	0,0183	0,0229				
POZZO5	Cs-137			0,12			0,112			
	Cs-134			0,11			0,088			
	Co-60			0,11			0,087			
	K-40	2,48	0,74	2,4			0,894			
	H-3						3			
	Pu-238			0,000010						
	Pu-(239+240)			0,0000068						
	Sr-90			0,00051						
	- tot	0,0848	0,0087	0,0060	0,0292	0,0268	0,0226			
- tot	0,233	0,011	0,0080	0,1971	0,0347	0,0385				
POZZO4	Cs-137			0,096			0,065			
	Cs-134			0,11			0,063			
	Co-60			0,095			0,063			
	K-40	10,68	0,60	2,0			1,195			
	H-3						3			
	Pu-238			0,0000090						
	Pu-(239+240)			0,0000066						
	Sr-90			0,00055						
	- tot	0,137	0,011	0,0060			0,1718			
- tot	0,938	0,033	0,0090	0,7783	0,2164	0,2928				
H2OFALG1	Cs-137			0,00010			0,0417			
	Cs-134						0,0409			
	Co-60						0,0265			
	K-40				43,870	4,169	1,065			
	H-3						3			
	- tot				0,0141	0,0048	0,0093			
	- tot						0,0238			
H2OFALG2	Pu-238			0,00000082						
	Pu-(239+240)			0,00000048						
	Sr-90	0,00043	0,00013	0,00019						
	- tot	0,127	0,012	0,0070						
	- tot	0,687	0,026	0,0090						

Tabella 2 ó *Misure acqua di falda*

Codice campione	Nuclide	ISPRA			ARPA Campania			ARPA Lazio		
		Act (Bq/Kg)	Unc (Bq/Kg)	MDC (Bq/Kg)	Act (Bq/Kg)	Unc (Bq/Kg)	MDC (Bq/Kg)	Act (Bq/Kg)	Unc (Bq/Kg)	MDC (Bq/Kg)
SEDG001	Cs-137	8,55	0,58	0,28	9,845	0,801	0,103	7,66	0,62	0,39
	Cs-134			0,26			0,086			0,34
	Co-60			0,27			0,087			0,30
	K-40	518	22	3,6	682,04	53,34	0,992	551	23	8,0
	Pu-238	0,0096	0,0024	0,0017						
	Pu-(239+240)	0,261	0,024	0,0017						
	- tot	331	24	7,3						
SEDF002	Cs-137	1,89	0,12	0,22	2,051	0,237	0,168	1,14	0,44	0,38
	Cs-134			0,20			0,137			0,32
	Co-60			0,22			0,148			0,40
	K-40	774	32	3,2	920,4	72,08	1,585	563	23	8,0
	Pu-238			0,0017						
	Pu-(239+240)	0,0193	0,0032	0,00090						
	- tot	316	24	8,2						
SEDD003	Cs-137	1,280	0,080	0,17	1,517	0,196	0,153	1,20	0,38	0,38
	Cs-134			0,17			0,130			0,31
	Co-60			0,15			0,097			0,27
	K-40	522	22	2,7	657,28	51,65	1,540	580	23	7,5
	Pu-238			0,0015						
	Pu-(239+240)	0,0278	0,0039	0,0013						
	- tot	243	20	9,4						
SEDB004	Cs-137	3,38	0,21	0,21	5,395	0,468	0,141	3,44	0,38	0,36
	Cs-134			0,20			0,117			0,28
	Co-60			0,17			0,096			0,73
	K-40	491	21	3,3	620,32	48,71	1,397	527	20	7,2
	Pu-238			0,0014						
	Pu-(239+240)	0,0298	0,0040	0,0010						
	- tot	252	20	9,0						
SEDE005	Cs-137	0,880	0,063	0,26	1,025	0,188	0,217	2,30	0,44	0,46
	Cs-134			0,25			0,185			0,34
	Co-60			0,22			0,192			0,34
	K-40	545	23	3,5	619,02	40,23	1,918	805	29	7,5
	Pu-238			0,0015						
	Pu-(239+240)	0,0275	0,0038	0,0011						
	- tot	232	19	10						
SEDN006	Cs-137	2,42	0,15	0,26	2,622	0,26	0,129	1,69	0,44	0,36
	Cs-134			0,25			0,109			0,24
	Co-60			0,22			0,113			0,28
	K-40	426	18	3,5	537,39	42,27	1,372	484	20	7,5
	Pu-238			0,0015						
	Pu-(239+240)	0,0608	0,0073	0,0013						
	- tot	267	21	7,5						

Tabella 3- Misure sedimenti fluviali

Codice campione	Nuclide	ISPRA			ARPA Campania			ARPA Lazio		
		Act (Bq/Kg)	Unc (Bq/Kg)	MDC (Bq/Kg)	Act (Bq/Kg)	Unc (Bq/Kg)	MDC (Bq/Kg)	Act (Bq/Kg)	Unc (Bq/Kg)	MDC (Bq/Kg)
TOPSGAR1	Cs-137	5,79	0,36	0,32	8,258	0,811	0,117	6,80	0,40	0,32
	Cs-134			0,26			0,092			0,25
	Co-60			0,30			0,084			0,25
	K-40	573	24	5,2	808,59	72,54	1,429	805	24	6,5
TOPSGAR2	Cs-137	7,21	0,44	0,29	9,880	0,937	0,084	8,46	0,40	0,35
	Cs-134			0,29			0,080			0,18
	Co-60			0,24			0,075			0,21
	K-40	521	22	3,5	645,27	56,65	1,130	619	19	6,6

Tabella 4 ó *Misure terreno*

Codice campione	Nuclide	ISPRA			ARPA Campania			ARPA Lazio		
		Act (Bq/Kg)	Unc (Bq/Kg)	MDC (Bq/Kg)	Act (Bq/Kg)	Unc (Bq/Kg)	MDC (Bq/Kg)	Act (Bq/Kg)	Unc (Bq/Kg)	MDC (Bq/Kg)
ERBGAR1	Cs-137			0,27			0,216			0,97
	Cs-134			0,26			0,205			0,77
	Co-60			0,31			0,144			0,57
	K-40	287	13	6,4	241,96	19,80	5,36	476	31	7,2
ERBGAR2	Cs-137			0,19			0,238			0,25
	Cs-134			0,20			0,197			0,59
	Co-60			0,24			0,248			0,66
	K-40	222,7	9,8	4,5	299,06	24,28	5,360	485	28	7,1

Tabella 5 ó *Misure erba*

Codice campione	Nuclide	ISPRA			ARPA Campania			ARPA Lazio		
		Act (Bq/Kg)	Unc (Bq/Kg)	MDC (Bq/Kg)	Act (Bq/Kg)	Unc (Bq/Kg)	MDC (Bq/Kg)	Act (Bq/Kg)	Unc (Bq/Kg)	MDC (Bq/Kg)
PESMGAR	Cs-137	1,101	0,024	0,079						
	Cs-134			0,055						
	Co-60			0,055						
	K-40	94,8	4,0	1,6						

Tabella 6 ó *Misure pesce di mare*

Codice campione	Nuclide	ISPRA			ARPA Campania			ARPA Lazio		
		Act (Bq/l)	Unc (Bq/l)	MDC (Bq/l)	Act (Bq/l)	Unc (Bq/l)	MDC (Bq/l)	Act (Bq/l)	Unc (Bq/l)	MDC (Bq/l)
H2OMGAR2	Cs-137	0,00171	0,00017	0,00011			0,055			0,0079
	Cs-134						0,053			0,0050
	Co-60						0,055			0,0044
	K-40				102,31	9,21	1,158	12,13	0,47	0,042
H2OMGAR1	Cs-137	0,00232	0,00023	0,000053			0,329			
	Cs-134						0,319			
	Co-60						0,203			
	K-40				309,85	27,49	5,162			

Tabella 7 ó *Misure acqua di mare*

Codice campione	Nuclide	ISPRA			ARPA Campania			ARPA Lazio		
		Act (Bq/Kg)	Unc (Bq/Kg)	MDC (Bq/Kg)	Act (Bq/Kg)	Unc (Bq/Kg)	MDC (Bq/Kg)	Act (Bq/Kg)	Unc (Bq/Kg)	MDC (Bq/Kg)
PESFGAR	Cs-137			0,054						
	Cs-134			0,054						
	Co-60			0,056						
	K-40	76,4	3,2	1,1						

Tabella 8 ó *Misure pesce di fiume*

Codice campione	Nuclide	ISPRA			ARPA Campania			ARPA Lazio		
		Act (Bq/Kg)	Unc (Bq/Kg)	MDC (Bq/Kg)	Act (Bq/Kg)	Unc (Bq/Kg)	MDC (Bq/Kg)	Act (Bq/Kg)	Unc (Bq/Kg)	MDC (Bq/Kg)
VEGGAR1 melanzane	Cs-137			0,020			0,183			
	Cs-134			0,019			0,135			
	Co-60			0,023			0,179			
	K-40	100,6	4,2	0,38	54,20	5,47	1,436			
FRUGAR1 pesche	Cs-137			0,019			0,074			
	Cs-134			0,020			0,059			
	Co-60			0,021			0,064			
	K-40	50,3	2,1	0,39	58,86	5,12	1,536			

Tabella 9 ó *Misure vegetali e frutta*

Codice campione	Nuclide	ISPRA			ARPA Campania			ARPA Lazio		
		Act (Bq/l)	Unc (Bq/l)	MDC (Bq/l)	Act (Bq/l)	Unc (Bq/l)	MDC (Bq/l)	Act (Bq/l)	Unc (Bq/l)	MDC (Bq/l)
H2OFGAR1	Cs-137			0,00011			0,045			
	Cs-134						0,042			
	Co-60						0,033			
	K-40				6,88	1,46	0,975			
	H-3						3			
	- tot				0,0301	0,0065	0,0083			
	- tot				0,0604	0,0174	0,0238			
H2OFGAR2	Cs-137			0,000055			0,0219			
	Cs-134						0,0228			
	Co-60						0,0227			
	K-40						0,606			
	H-3						3			
	- tot				0,0353	0,0066	0,0083			
	- tot				0,0605	0,0165	0,0174			
H2OFGAR3	Cs-137			0,000078			0,072			
	Cs-134						0,062			
	Co-60						0,060			
	K-40						0,742			
	H-3						3			
	- tot				0,0401	0,0069	0,0083			
	- tot				0,0730	0,0182	0,0180			

Tabella 10 ó *Misure acqua di fiume*

Codice campione	Nuclide	ISPRA			ARPA Campania			ARPA Lazio		
		Act (Bq/Kg)	Unc (Bq/Kg)	MDC (Bq/Kg)	Act (Bq/Kg)	Unc (Bq/Kg)	MDC (Bq/Kg)	Act (Bq/Kg)	Unc (Bq/Kg)	MDC (Bq/Kg)
MITGAR1 (Gaeta 10 gen 2014)	Cs-137									0,11
	Cs-134									0,14
	Co-60									0,13
	K-40							19,96	1,48	4,07

Tabella 11 ó *Misure mitili*

Codice campione	Nuclide	ISPRA			ARPA Campania			ARPA Lazio		
		Act (Bq/l)	Unc (Bq/l)	MDC (Bq/l)	Act (Bq/l)	Unc (Bq/l)	MDC (Bq/l)	Act (Bq/l)	Unc (Bq/l)	MDC (Bq/l)
LATGAR1	Cs-137			0,054						
	Cs-134			0,047						
	Co-60			0,047						
	K-40	45,8	1,9	1,1						
	Sr-90	0,0176	0,0027	0,0029						

Tabella 12 ó *Misure latte di bufala*

Codice campione	misura	ISPRA		
		Act (Bq/m ³)	Unc (Bq/m ³)	MDC (Bq/m ³)
AIRGAR1	- tot (in termini di U-236 equivalente)	0,0000515	0,0000049	0,0000013
	- tot (in termini di K-40 equivalente)	0,000538	0,000037	0,0000043
AIRGAR2	- tot (in termini di U-236 equivalente)	0,0000145	0,0000022	0,0000016
	- tot (in termini di K-40 equivalente)	0,000366	0,000025	0,0000053
AIRGAR3	- tot (in termini di U-236 equivalente)	0,0000223	0,0000026	0,0000013
	- tot (in termini di K-40 equivalente)	0,000348	0,000024	0,0000042
AIRGAR4	- tot (in termini di U-236 equivalente)	0,0000123	0,0000026	0,0000025
	- tot (in termini di K-40 equivalente)	0,000306	0,000022	0,0000081
AIRGAR5	- tot (in termini di U-236 equivalente)	0,0000264	0,0000031	0,0000021
	- tot (in termini di K-40 equivalente)	0,000522	0,000036	0,0000045
AIRGAR6	- tot (in termini di U-236 equivalente)	0,0000303	0,0000036	0,0000018
	- tot (in termini di K-40 equivalente)	0,000622	0,000042	0,0000059
AIRGAR7	- tot (in termini di U-236 equivalente)	0,0001137	0,0000095	0,0000013
	- tot (in termini di K-40 equivalente)	0,000561	0,000038	0,0000044
AIRGAR8	- tot (in termini di U-236 equivalente)	0,000239	0,000019	0,000017
	- tot (in termini di K-40 equivalente)	0,000738	0,000050	0,0000056
AIRMONTH1(pacchetto 8 filtri: 25 gg - dal 1/10 al 25/10)	Cs-137			0,0000016
	Cs-134			0,0000019
	Co-60			0,0000021
	K-40			0,000033

Tabella 13 ó *Misure particolato aria*

ARPA Campania Sessa Aurunca

	misura	Act (Bq/m3)	Unc (Bq/m3)	MDC (Bq/m3)			Act (Bq/m3)	Unc (Bq/m3)	MDC (Bq/m3)
1	Cs-137			4,277E-05	10	Cs-137			4,241E-05
	Cs-134			1,342E-05		Cs-134			5,439E-05
	Co-60			1,999E-05		Co-60			6,510E-05
	K-40			1,149E-03		K-40			1,452E-03
2	Cs-137			1,099E-04	11	Cs-137			5,621E-05
	Cs-134			8,541E-05		Cs-134			4,102E-05
	Co-60			1,142E-04		Co-60			2,766E-05
	K-40			2,846E-03		K-40			1,396E-03
3	Cs-137			4,380E-05	12	Cs-137			8,255E-05
	Cs-134			3,046E-05		Cs-134			1,031E-04
	Co-60			2,692E-05		Co-60			1,425E-04
	K-40			1,446E-03		K-40			2,795E-03
4	Cs-137			4,375E-05	13	Cs-137			6,73E-05
	Cs-134			3,841E-05		Cs-134			7,24E-05
	Co-60			4,051E-05		Co-60			1,00E-04
	K-40			1,252E-03		K-40			2,82E-03
5	Cs-137			4,916E-05	14	Cs-137			7,42E-05
	Cs-134			4,384E-05		Cs-134			6,65E-05
	Co-60			4,642E-05		Co-60			1,12E-04
	K-40			1,422E-03		K-40			2,12E-03
6	Cs-137			4,830E-05	15	Cs-137			7,60E-05
	Cs-134			4,362E-05		Cs-134			7,97E-05
	Co-60			6,610E-05		Co-60			7,49E-05
	K-40	1,815E-03	8,93E-04	3,59E-04		K-40			2,23E-03
7	Cs-137			8,999E-05	16	Cs-137			5,70E-05
	Cs-134			8,337E-05		Cs-134			4,95E-05
	Co-60			6,944E-05		Co-60			5,43E-05
	K-40			2,229E-03		K-40			1,32E-03
8	Cs-137			4,421E-05	17	Cs-137			4,05E-05
	Cs-134			3,914E-05		Cs-134			2,11E-05
	Co-60			5,882E-05		Co-60			4,78E-05
	K-40			1,568E-03		K-40			1,30E-03
9	Cs-137			4,043E-04	Totale	Cs-137			3,04E-06
	Cs-134			1,418E-04		Cs-134			5,02E-06
	Co-60			3,454E-04		Co-60			3,28E-06
	K-40			6,237E-03		K-40			1,23E-04

Tabella 14 *6* Misure particolato aria

ARPA Campania Celole

	misura	Act (Bq/m3)	Unc (Bq/m3)	MDC (Bq/m3)		misura	Act (Bq/m3)	Unc (Bq/m3)	MDC (Bq/m3)
1	Cs-137			1,154E-04	12	Cs-137			1,855E-05
	Cs-134			9,724E-05		Cs-134			1,720E-05
	Co-60			7,156E-05		Co-60			1,781E-05
	K-40			2,937E-03		K-40			6,85E-03
2	Cs-137			9,392E-05	13	Cs-137			1,146E-04
	Cs-134			7,690E-05		Cs-134			9,534E-05
	Co-60			8,037E-05		Co-60			1,049E-04
	K-40			2,452E-03		K-40			3,031E-03
3	Cs-137			6,668E-05	14	Cs-137			1,375E-04
	Cs-134			2,754E-05		Cs-134			1,166E-04
	Co-60			7,827E-05		Co-60			1,086E-04
	K-40			8,505E-04		K-40			3,041E-03
4	Cs-137			4,821E-05	15	Cs-137			1,135E-04
	Cs-134			4,451E-05		Cs-134			7,666E-05
	Co-60			5,637E-05		Co-60			9,287E-05
	K-40			5,770E-04		K-40			2,953E-03
5	Cs-137			3,223E-05	16	Cs-137			8,972E-05
	Cs-134			8,297E-06		Cs-134			3,689E-05
	Co-60			2,564E-05		Co-60			6,834E-05
	K-40			7,760E-04		K-40			2,574E-03
6	Cs-137			1,020E-04	17	Cs-137			8,633E-05
	Cs-134			8,515E-05		Cs-134			2,910E-05
	Co-60			4,910E-05		Co-60			6,873E-05
	K-40			2,276E-04		K-40			1,239E-03
7	Cs-137			1,373E-04	18	Cs-137			3,180E-05
	Cs-134			2,773E-04		Cs-134			7,304E-05
	Co-60			1,744E-04		Co-60			8,370E-05
	K-40			8,039E-03		K-40			1,965E-04
8	Cs-137			1,180E-04	19	Cs-137			6,982E-05
	Cs-134			3,526E-05		Cs-134			6,027E-05
	Co-60			7,282E-05		Co-60			7,390E-05
	K-40			2,995E-03		K-40			2,384E-03
9	Cs-137			1,070E-04	20	Cs-137			7,133E-05
	Cs-134			1,253E-04		Cs-134			4,635E-05
	Co-60			6,615E-05		Co-60			7,077E-05
	K-40			3,600E-03		K-40			1,859E-03
10	Cs-137			6,173E-05	21	Cs-137			7,603E-05
	Cs-134			5,686E-05		Cs-134			6,874E-05
	Co-60			4,167E-05		Co-60			9,578E-05
	K-40			1,442E-03		K-40			1,833E-03
11	Cs-137			6,810E-05	Totale	Cs-137			4,24E-06
	Cs-134			1,199E-04		Cs-134			5,82E-06
	Co-60			9,515E-05		Co-60			4,40E-06
	K-40			3,410E-03		K-40			1,26E-04

Tabella 15 *6 Misure particolato aria*

6. Fondo ambientale regionale e riferimenti a livello nazionale

Per analisi di tipo comparativo dei risultati delle misure effettuate nella presente indagine sono stati presi a riferimento sia valori di fondo ambientale regionale, sia valori a livello nazionale della Rete nazionale di Sorveglianza della RADioattività ambientale (RESORAD). Tale rete discende dagli adempimenti derivanti dal Trattato Euratom del 1957 in materia di monitoraggio della radioattività nell'ambiente e negli alimenti, ed è regolamentata dall'art. 104 del D.Lgs. n. 230/95 e successive modifiche. Le disposizioni di tale articolo, tra l'altro, affidano all'ISPRA compiti di coordinamento tecnico delle reti di monitoraggio della radioattività ambientale, tra cui la raccolta dei relativi dati. Essa risponde altresì all'esigenza di potenziare il sistema dei controlli emerso a fronte dell'incidente di Chernobyl del 1986.

La rete RESORAD è attualmente costituita dalle Agenzie regionali e provinciali per la protezione dell'ambiente (ARPA/APPA) ed altri istituti ed enti idoneamente attrezzati, quali la Croce Rossa Italiana (CRI) e gli Istituti Zooprofilattici Sperimentali (IZZSS) [10].

Fondo ambientale regionale: la scelta dei siti di campionamento è stata indirizzata dalla distanza, circa 100 km, dalla centrale del Garigliano, e dall'assenza di interferenze da ricadute da sorgenti locali, privilegiando aree esenti da ricadute causate da fogliame. Le matrici campionate sono l'aria (particolato atmosferico) ed il terreno (top soil). I valori delle misure effettuate sono riportate rispettivamente in tabella 16 e tabella 17.

Riferimenti a livello nazionale: le tabelle 18-31, in allegato, riportano, per ciascuna specifica matrice, una elaborazione dei dati presenti nella banca dati DBRad della rete RESORAD relativa alle misure del triennio 2010-2012. In particolare sono riportati per ogni matrice: radionuclide di interesse, numero di misure, valore minimo e il valore massimo della MDC, valore minimo e il valore massimo delle misure al di sopra della MDC, valore medio delle misure al di sopra della MDC, località del campionamento della matrice ove sono stati riscontrati i valori massimi e minimi. Per alcuni radionuclidi tutte le misure non eccedono mai il valore della MDC più alta. Per altri radionuclidi (ad esempio gli isotopi del plutonio nei sedimenti e nelle acque di falda) non sono presenti misure in quanto non previste dai piani di campionamento nazionale o regionali. Relativamente ai sedimenti, dati di letteratura [11] riportano per il plutonio un intervallo di concentrazioni comprese tra 0,01Bq/kg e 0,65 Bq/kg. Per quanto riguarda l'acqua di falda va tenuto presente il valore, indicato nella Direttiva 2013/51/EURATOM del 22/10/2013 che stabilisce requisiti per la salute umana relativamente alle sostanze radioattive presenti nelle acque destinate al consumo umano, pari a 0,6Bq/l [12]. In merito al rateo di dose gamma in aria i dati riscontrati rientrano nella variabilità dei dati a livello nazionale i quali, nel quinquennio 2007-2011 [13], sono compresi nell'intervallo 50 ó 320 nanoSievert/h, con un valore di picco pari a circa 460 nanoSievert/h. Inoltre, data l'esiguità delle misure relative alla matrice latte di bufala, sono state riportate le informazioni anche per la matrice latte vaccino sebbene non campionata in questa indagine.

ARPA Campania Salerno (Fondo Ambientale mese)				
	misura	Act (Bq/m ³)	Unc (Bq/m ³)	MDC (Bq/m ³)
Gennaio/Marzo 2013	Cs-137			7,11E-06
	Cs-134			6,89E-06
	Co-60			8,26E-06
	K-40			2,53E-04

Tabella 16 ó Misure particolato aria (Fondo Ambientale)

ARPA Campania Cervinara					ARPA Campania Sarno				
	Nuclide	Act (Bq/Kg)	Unc (Bq/Kg)	MDC (Bq/Kg)		Nuclide	Act (Bq/Kg)	Unc (Bq/Kg)	MDC (Bq/Kg)
17/12/2013	Cs-137	19,59	1,70	0,341	19/12/2013	Cs-137	6,628	0,620	0,370
	Cs-134			0,190		Cs-134			0,210
	Co-60			0,170		Co-60			0,349
	K-40	1368	108	4,65		K-40	1101,7	87,65	5,22

Tabella 17 ó Misure terreno Campania (Fondo Ambientale)

7. Valutazioni e conclusioni

Ai fini di una valutazione delle concentrazioni di radioattività riscontrate nelle matrici campionate nel corso della presente indagine va tenuta in considerazione la contaminazione da radionuclidi artificiali presente sul territorio italiano a seguito del fallout conseguente all'incidente nucleare di Chernobyl del 1986. Come è noto, le condizioni meteo-climatiche influenzarono inizialmente la distribuzione di tale contaminazione; in particolare la concentrazione di Cs-137 nel terreno, ancora oggi presente, mostra non solo una variabilità su scala nazionale (a secondo della latitudine, dell'orografia del terreno, etc.), ma anche una variabilità su scala locale (zone limitrofe possono presentare differenze in concentrazione, anche se contenute, in funzione della costituzione del terreno, della copertura vegetativa, di processi di smottamento o dissodamento eventualmente subiti, etc.) ed una variabilità sul profilo verticale dovuto ad un lento processo di migrazione. I valori riscontrabili nei terreni del territorio nazionale variano, pertanto, da alcune unità a alcune centinaia di Bq/kg.

Dall'analisi comparativa fra i risultati delle misure effettuate nella presente indagine e i valori di fondo ambientale regionale nonché i valori di riferimento a livello nazionale o internazionale non emergono anomalie. La variabilità dei valori rilevati nell'indagine rientra nell'ambito di quella, precedentemente descritta, riscontrabile su scala regionale nonché nazionale e non si evidenziano situazioni di rilevanza radiologica.

8. Riferimenti

[1] - Rapporti di prova delle misure effettuate dal servizio RIS-LAB ISPRA: Prot . interno ISPRA 444/2014 del 25/2/2014

1370, 1371, 1372, 1373, 1374, 1375, 1376, 1377, 1381, 1382, 1383, 1384, 1385, 1386, 1387, 1388, 1389, 1390, 1391, 1392, 1393, 1394, 1395, 1396, 1397, 1398, 1399, 1400, 1401, 1402, 1403, 1404, 1405, 1406, 1407, 1408, 1409, 1410, 1411, 1412, 1413, 1414, 1415, 1416, 1417, 1418, 1419, 1420, 1421, 1422, 1423, 1424.

[2] - Rapporti di prova delle misure effettuate da ARPA Lazio: Prot. Interno ISPRA 443/2014 del 25/2/2014

SVT 2013/ 02035/01710, SVT 2013/ 02041/01881, SVT 2013/ 02037/01712, SVT 2013/ 02040/01535, SVT 2013/ 02042/01927, SVT 2013/ 02039/01508, SVT 2013/ 02428/01867, SVT 2013/ 02043/01866, SVT 2013/ 02038/01863, SVT 2013/ 02036/01711, SVT 2013/ 02380/02080, SVT 2013/ 02381/02081, SVT 2013/ 02379/02079, SVT 2013/ 02044/02078, SVT 2013/ 02382/02082, SLT 2014/00030/00001

[3] - Rapporti di prova delle misure effettuate da ARPA Campania: Prot. ISPRA: PEC 7967 del 20/02/2014, PEC 8334 del 21/02/2014, Prot. Interno ISPRA 431/2014 del 24/2/2014.

[4] - Resoconti di riunione: Prot 437/2014 del 25/2/2014

[5] ó Schede di campionamento: Prot 438/2014 del 25/2/2014

[6] ó Trattato EURATOM

[7] - Decreto del Ministero dello Sviluppo economico del 28/09/2012 di autorizzazione delle operazioni di disattivazione

[8] - Programma sorveglianza ambientale SO.G.I.N. GR RS 00610 ó rev. 01 del 25/03/2013

[9] - Corografia punti di prelievo rete ambientale Elaborato SO.G.I.N. GR-RS-0131

[10] - ISPRA, Linee guida per il monitoraggio della radioattività, Manuali e linee guida 83/2012

[11] ó A. Komosa, River Sediment Contamination with Plutonium Isotopes and Heavy Metals in Lublin Agglomeratum (Poland). *Polish Journal of Environmental Studies*, Vol. 8, N° 3 (1999), 155-160

[12] ó Direttiva 2013/51/EURATOM del 22/10/2013 che stabilisce requisiti per la tutela della salute della popolazione relativamente alle sostanze radioattive presenti nelle acque destinate al consumo umano

[13] ó ISPRA - Annuario Dati Ambientali, Edizione 2013

9. Allegato

Tabelle (18-31): dati di riferimento a livello nazionale (RESORAD 2010-2012)

Nuclide	N° misure	Minima Concentrazione Rilevabile (MDC)		Intervallo valori rilevati		Regione di campionamento dei valori di min e max
		Min	Max	Min	Max	
Cs-137	64**	Min	0,102 Bq kg ⁻¹	Min	0,05 Bq kg ⁻¹	CALABRIA
		Max	0,31 Bq kg ⁻¹	Max	0,50 Bq kg ⁻¹	CALABRIA
Cs-134	6	Min	0,054 Bq kg ⁻¹	Min	*	
		Max	0,094 Bq kg ⁻¹	Max		
Co-60	6	Min	0,051 Bq kg ⁻¹	Min	*	
		Max	0,10 Bq kg ⁻¹	Max		
K-40	45**	Min	**	Min	69 Bq kg ⁻¹	CALABRIA
		Max		Max	890 Bq kg ⁻¹	CALABRIA

Tabella 18 *ó* Misure sabbia di mare

* misure minori delle MDC e non superiori alla MDC più alta

** misure integrate con dati relativi ad una indagine straordinaria effettuata dall'ISPRA presso le coste della regione Calabria

Nuclide	N° misure	Minima Concentrazione Rilevabile (MDC)		Intervallo valori rilevati		Regione di campionamento dei valori di min e max
		Min	Max	Min	Max	
Cs-137	116	Min	0,0563 Bq kg ⁻¹	Min	0,136 Bq kg ⁻¹	BASILICATA
		Max	9 Bq kg ⁻¹	Max	34,83 Bq kg ⁻¹	LOMBARDIA
Cs-134	18	Min	0,064 Bq kg ⁻¹	Min	*	
		Max	1,38 Bq kg ⁻¹	Max		
Co-60	16	Min	0,056 Bq kg ⁻¹	Min	*	
		Max	0,20 Bq kg ⁻¹	Max		
K-40	2	Min	**	Min	57 Bq kg ⁻¹	SICILIA
		Max		Max	780 Bq kg ⁻¹	CAMPANIA

Tabella 19 *ó* Misure sedimenti fluviali (RESORAD 2010-2012)

* misure minori della MDC e non superiori alla MDC più alta

** MDC dell'ordine di qualche decina di Bq kg⁻¹

Nuclide	N° misure	Minima Concentrazione Rilevabile (MDC)		Intervallo valori rilevati		Regione di campionamento dei valori di min e max
		Min	Max	Min	Max	
Cs-137	36	Min	0,00154 Bq l ⁻¹	Min	*	
		Max	0,15 Bq l ⁻¹	Max		
Cs-134	9	Min	0,0026 Bq l ⁻¹	Min	*	
		Max	0,1 Bq l ⁻¹	Max		
Co-60	9	Min	0,00134 Bq l ⁻¹	Min	*	
		Max	0,0045 Bq l ⁻¹	Max		
K-40	9	Min	8 Bq l ⁻¹	Min	0,685 Bq l ⁻¹	CAMPANIA
		Max		Max	29,8 Bq l ⁻¹	CAMPANIA
Alfa totale	32	Min	0,0107 Bq l ⁻¹	Min	0,0128 Bq l ⁻¹	PIEMONTE
		Max	9 Bq l ⁻¹	Max	0,4 Bq l ⁻¹	TOSCANA

Tabella 20 *6 Misure acqua di falda (RESORAD 2010-2012)*

* misure minori della MDC e non superiori alla MDC più alta

Nuclide	N° misure	Minima Concentrazione Rilevabile (MDC)		Intervallo valori rilevati		Regione di campionamento dei valori di min e max
		Min	Max	Min	Max	
Cs-137	182	Min	0,000143 Bq l ⁻¹	Min	*	
		Max	0,7 Bq l ⁻¹	Max		
Cs-134	74	Min	0,00054 Bq l ⁻¹	Min	*	
		Max	0,29 Bq l ⁻¹	Max		
Co-60	30	Min	0,000428 Bq l ⁻¹	Min	*	
		Max	0,218 Bq l ⁻¹	Max		
K-40	21	Min	0,00088 Bq l ⁻¹	Min	0,06 Bq l ⁻¹	BASILICATA
		Max	2,9 Bq l ⁻¹	Max	94 Bq l ⁻¹	CAMPANIA

Tabella 21 ó Misure acqua di fiume (RESORAD 2010-2012)

* misure minori delle MDC e non superiori alla MDC più alta

Nuclide	N° misure	Minima Concentrazione Rilevabile (MDC)		Intervallo valori rilevati		Regione di campionamento dei valori di min e max
		Min	Max	Min	Max	
Cs-137	53	Min	0,003 Bq l ⁻¹	Min	*	
		Max	0,2 Bq l ⁻¹	Max		
Cs-134	26	Min	0,00184 Bq l ⁻¹	Min	*	
		Max	0,12 Bq l ⁻¹	Max		
Co-60	6	Min	0,000428 Bq l ⁻¹	Min	*	
		Max	0,218 Bq l ⁻¹	Max		
K-40	14	Min	**	Min	9 Bq l ⁻¹	LAZIO
		Max	**	Max	262 Bq l ⁻¹	LAZIO

Tabella 22 ó Misure acqua di mare (RESORAD 2010-2012)

* misure minori delle MDC e non superiori alla MDC più alta

** MDC dell'ordine di qualche unità di Bq l⁻¹

Nuclide	N° misure	Minima Concentrazione Rilevabile (MDC)		Intervallo valori rilevati		Regione di campionamento dei valori di min e max
		Min	Max	Min	Max	
Cs-137	43	Min	0,172 Bq kg ⁻¹	Min	0,22 Bq kg ⁻¹	BASILICATA
		Max	0,175 Bq kg ⁻¹	Max***	595 Bq kg ⁻¹	UMBRIA
Cs-134	6	Min	0,132 Bq kg ⁻¹	Min	*	
		Max	0,204 Bq kg ⁻¹	Max		
Co-60	5	Min	0,0834 Bq kg ⁻¹	Min	*	
		Max	0,175 Bq kg ⁻¹	Max		
K-40	25	Min	**	Min	77 Bq kg ⁻¹	UMBRIA
		Max		Max	685 Bq kg ⁻¹	UMBRIA

Tabella 23 ó Misure terreno (RESORAD 2010-2012)

* misure minori della MDC e non superiori alla MDC più alta

** MDC dell'ordine di qualche decina di Bq kg⁻¹

*** solo 6 valori superiori a 100 Bq kg⁻¹

Nuclide	N° misure	Minima Concentrazione Rilevabile (MDC)		Intervallo valori rilevati		Regione di campionamento dei valori di min e max
		Min	Max	Min	Max	
Cs-137	51	Min	0,000363 Bq kg ⁻¹	Min	0,3 Bq kg ⁻¹	VALLE D'AOSTA
		Max	6,3 Bq kg ⁻¹	Max	33 Bq kg ⁻¹	PIEMONTE
Cs-134	44	Min	0,000401 Bq kg ⁻¹	Min	*	
		Max	1,23 Bq kg ⁻¹	Max		
Co-60	5	Min	0,4 Bq kg ⁻¹	Min	*	
		Max	0,5 Bq kg ⁻¹	Max		
K-40	5	Min	**	Min	98 Bq kg ⁻¹	UMBRIA
		Max		Max	527 Bq kg ⁻¹	UMBRIA

Tabella 24 ó Misure erba (RESORAD 2010-2012)

* misure minori della MDC e non superiori alla MDC più alta

** MDC dell'ordine di qualche decina di Bq kg⁻¹

Nuclide	N° misure	Minima Concentrazione Rilevabile (MDC)		Intervallo valori rilevati		Regione di campionamento dei valori di min e max
		Min	Max	Min	Max	
Cs-137	460	Min	0,00279 Bq m ⁻³	Min	0,00000108 Bq m ⁻³	LOMBARDIA
		Max	0,00000201 Bq m ⁻³	Max	0,000072 Bq m ⁻³	LAZIO
Cs-134	78	Min	0,00000277 Bq m ⁻³	Min	*	
		Max	0,00038 Bq m ⁻³	Max		
Co-60	33	Min	0,0000016 Bq m ⁻³	Min	*	
		Max	0,00022 Bq m ⁻³	Max		
K-40	35	Min	0,004 Bq m ⁻³	Min	*	
		Max	0,01 Bq m ⁻³	Max		
Alfa totale	9	Min	0,000012 Bq l ⁻¹	Min	0,000012 Bq m ⁻³	MARCHE
		Max		Max	0,00765 Bq m ⁻³	CALABRIA
Beta totale	100	Min	0,0003 Bq m ⁻³	Min	0,000032 Bq m ⁻³	BASILICATA
		Max	0,00071 Bq m ⁻³	Max	0,0044 Bq m ⁻³	TRENTINO ALTO ADIGE

Tabella 25 ó Misure particolato atmosferico (RESORAD 2010-2012)

* misure minori delle MDC e non superiori alla MDC più alta

Nuclide	N° misure	Minima Concentrazione Rilevabile (MDC)		Intervallo valori rilevati		Regione di campionamento dei valori di min e max
		Min	Max	Min	Max	
Cs-137	37	Min	0,04 Bq kg ⁻¹	Min	0,68 Bq kg ⁻¹	TRENTINO ALTO ADIGE
		Max	0,4992 Bq kg ⁻¹	Max	1,13 Bq kg ⁻¹	TRENTINO ALTO ADIGE
Cs-134	4	Min	0,1 Bq kg ⁻¹	Min	*	
		Max	0,11 Bq kg ⁻¹	Max		
K-40	12	Min	6 Bq kg ⁻¹	Min	45,2 Bq kg ⁻¹	UMBRIA
		Max		Max	131 Bq kg ⁻¹	UMBRIA
Co-60	**					

Tabella 26 ó Misure pesce di fiume (RESORAD 2010-2012)

* misure minori della MDC e non superiori alla MDC più alta

** non presente nella rete nazionale

Nuclide	N° misure	Minima Concentrazione Rilevabile (MDC)		Intervallo valori rilevati		Regione di campionamento dei valori di min e max
		Min	Max	Min	Max	
Cs-137	299	Min	0,00043 Bq kg ⁻¹	Min	0,082 Bq kg ⁻¹	FRIULI VENEZIA GIULIA
		Max	1,18 Bq kg ⁻¹	Max	1,22 Bq kg ⁻¹	FRIULI VENEZIA GIULIA
Cs-134	145	Min	0,000288 Bq kg ⁻¹	Min	*	
		Max	1,25 Bq kg ⁻¹	Max		
Co-60	1	Min	0,093 Bq kg ⁻¹			
		Max				
K-40	206	Min	7,3 Bq kg ⁻¹	Min	0,08 Bq kg ⁻¹	CAMPANIA
		Max	22 Bq kg ⁻¹	Max	452 Bq kg ⁻¹	SICILIA

Tabella 27 ó *Misure pesce di mare (RESORAD 2010-2012)*

* misure minori delle MDC e non superiori alla MDC più alta

Nuclide	N° misure	Minima Concentrazione Rilevabile (MDC)		Intervallo valori rilevati		Regione di campionamento dei valori di min e max
		Min	Max	Min	Max	
Cs-137	13	Min	0,03 Bq kg ⁻¹	Min	*	
		Max	0,05 Bq kg ⁻¹	Max		
Cs-134	8	Min	0,04 Bq kg ⁻¹	Min	*	
		Max	0,4 Bq kg ⁻¹	Max		
Co-60	1	Min	0,0849 Bq kg ⁻¹			
		Max				
K-40	7	Min	19,2 Bq kg ⁻¹	Min	19 Bq kg ⁻¹	CAMPANIA
		Max		Max	86 Bq kg ⁻¹	CAMPANIA

Tabella 28 ó *Misure melanzane (RESORAD 2010-2012)*

* misure minori delle MDC e non superiori alla MDC più alta

Nuclide	N° misure	Minima Concentrazione Rilevabile (MDC)		Intervallo valori rilevati		Regione di campionamento dei valori di min e max
		Min	Max	Min	Max	
Cs-137	117	Min	0,016 Bq kg ⁻¹	Min	*	
		Max	1,33 Bq kg ⁻¹	Max		
Cs-134	47	Min	0,045 Bq kg ⁻¹	Min	*	
		Max	1,08 Bq kg ⁻¹	Max		
K-40	276	Min	**	Min	35 Bq kg ⁻¹	SARDEGNA
		Max		Max	210 Bq kg ⁻¹	LAZIO
Co-60	***					

Tabella 29 ó Misure pesche (RESORAD 2010-2012)

* misure minori della MDC e non superiori alla MDC più alta

** MDC dell'ordine di qualche unità di Bq kg⁻¹

*** non presente nelle misure della rete nazionale

Nuclide	N° misure	Minima Concentrazione Rilevabile (MDC)		Intervallo valori rilevati		Regione di campionamento dei valori di min e max
		Min	Max	Min	Max	
Cs-137	2	Min	0,11 Bq l ⁻¹	Min	*	
		Max	0,12 Bq l ⁻¹	Max		
Cs-134	2	Min	0,13 Bq l ⁻¹	Min	*	
		Max	0,13 Bq l ⁻¹	Max		
K-40	2	Min	**	Min	16 Bq l ⁻¹	LAZIO
		Max		Max	23 Bq l ⁻¹	LAZIO
Co-60	***					

Tabella 30 ó Misure latte di bufala (RESORAD 2010-2012)

* misure minori delle MDC e non superiori alla MDC più alta

** MDC dell'ordine di qualche unità di Bq l⁻¹

*** non presente nelle misure della rete nazionale

Nuclide	N° misure	Minima Concentrazione Rilevabile (MDC)		Intervallo valori rilevati		Regione di campionamento dei valori di min e max
		Min	Max	Min	Max	
Cs-137	859	Min	0,0048 Bq l ⁻¹	Min	0,06 Bq l ⁻¹	LOMBARDIA
		Max	1,27 Bq l ⁻¹	Max	7,2 Bq l ⁻¹	TRENTINO ALTO ADIGE
Cs-134	308	Min	0,0078 Bq l ⁻¹	Min	*	
		Max	1,23 Bq l ⁻¹	Max		
Co-60	52	Min	0,016 Bq l ⁻¹	Min	*	
		Max	0,27 Bq l ⁻¹	Max		
K-40	725	Min	4,49 Bq l ⁻¹	Min	15 Bq l ⁻¹	PIEMONTE
		Max	13,4 Bq l ⁻¹	Max	111 Bq l ⁻¹	PIEMONTE
Sr-90	25	Min	0,00302 Bq l ⁻¹	Min	0,016 Bq l ⁻¹	PIEMONTE
		Max	0,013 Bq l ⁻¹	Max	0,7 Bq l ⁻¹	BASILICATA

Tabella 31 *6* Misure latte vaccino (RESORAD 2010-2012)

* misure minori delle MDC e non superiori alla MDC più alta