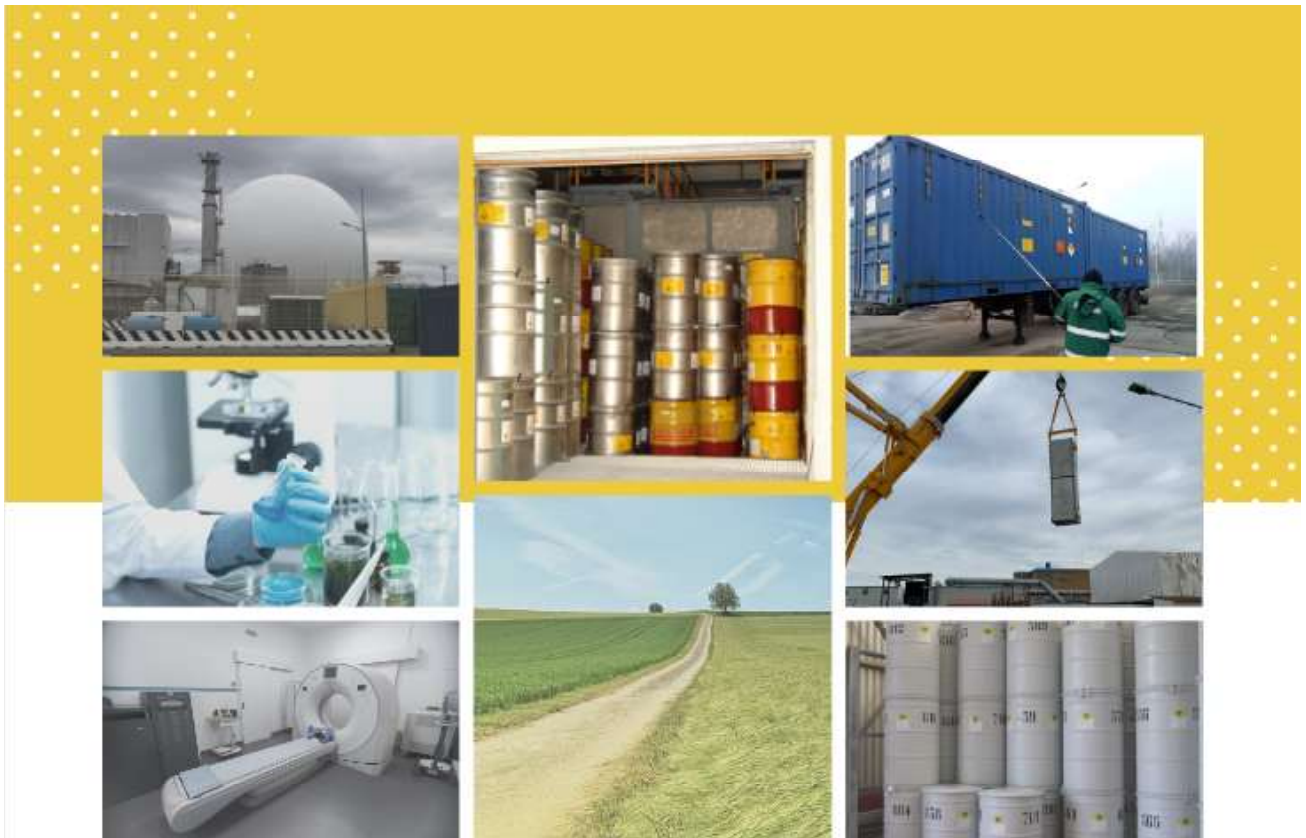


ATTIVITA' NUCLEARI E RADIOATTIVITA' AMBIENTALE

RAPPORTO ISIN SUGLI INDICATORI
EDIZIONE 2020



INDICE

Presentazione		3
Informazioni generali su contenuti e autori		4
Introduzione		7
Excursus storico		8
Normativa di riferimento		9
Indicatore 1	Strutture autorizzate all'impiego di radioisotopi e di macchine radiogene	12
Indicatore 2	Produzione annuale di Fluoro 18	18
Indicatore 3	Impianti nucleari: attività di radioisotopi rilasciati in aria e in acqua	24
Indicatore 4	Quantità di rifiuti radioattivi detenuti	66
Indicatore 5	Trasporti materie radioattive	70
Indicatore 6	Concentrazione di attività di radon <i>indoor</i>	86
Indicatore 7	Rateo di dose gamma in aria per esposizioni a radiazioni cosmica e terrestre	96
Indicatore 8	Concentrazione di attività di radionuclidi artificiali in matrici ambientali e alimentari (particolato atmosferico, deposizioni umide e secche, latte)	104
Indicatore 9	Stato di attuazione delle reti di sorveglianza sulla radioattività ambientale	116
Riferimenti bibliografici generali e sitografia		124

Presentazione

L'Ispettorato nazionale per la sicurezza nucleare e la radioprotezione (ISIN), è l'autorità nazionale di regolamentazione competente in materia.

È stato istituito in attuazione delle direttive europee 2009/71/EURATOM, 2011/70/EURATOM e 2014/87/EURATOM., in base alle quali dette funzioni devono essere affidate ad un'autorità indipendente. Dopo una prima fase transitoria avviata il 1 agosto 2018, ISIN è divenuto operativo, e svolge le proprie funzioni in autonomia, dal 1 gennaio 2019.

Da tale data è infatti subentrato nei compiti e nelle funzioni già attribuite al CNEN, all'ENEA-Disp, all'ISPRA, all'Agenzia per la sicurezza nucleare e previsti da tutte le altre disposizioni normative di settore vigenti in materia di sicurezza nucleare e radioprotezione (art.9 del DPR 45/2014).

Ha assicurato anche continuità alle attività, già avviate nel 2000 dall'ISPRA, di raccolta di dati per l'elaborazione di specifici indicatori¹ in grado di fornire elementi che, seppure non esaustivi, sono tuttavia utili per aggiornare il quadro dello stato del controllo dell'esposizione della popolazione italiana alle radiazioni ionizzanti, derivanti dalle attività nucleari e dalla presenza di radioattività nell'ambiente.

Questo documento, basato sui dati relativi al 2018, elaborati nel rispetto dello sperimentato modello DPSIR (Determinanti-Pressioni-Stato-Impatto-Risposte), costituisce la prima edizione del Rapporto che, d'ora in poi, verrà emesso con cadenza almeno annuale, riportando e commentando l'andamento degli indicatori elaborati dai tecnici dell'Ispettorato.

L'ISIN in tal modo intende avviare un'attività periodica regolare di pubblicazione di tali indicatori che, unitamente ai risultati delle attività di monitoraggio, istruttoria e controllo ordinario e straordinario contribuiranno a rappresentare in modo diretto e comprensibile lo stato della sicurezza nucleare.

I risultati dell'elaborazione degli indicatori riferiti alla sicurezza nucleare ed alla radioprotezione possono essere utilizzati dai portatori di interesse nazionali come ausilio nei processi di *governance*, come valido riferimento scientifico o come informazione rivolta ai cittadini e alla base sociale per aumentare il grado di consapevolezza sul rischio nucleare e radiologico.

Avv. Maurizio Pernice
Direttore ISIN

¹ Regolarmente pubblicati in specifica sezione degli Annuari dei dati ambientali dell'ISPRA.

Informazioni generali su contenuti e autori

Obiettivo

L'obiettivo principale del Rapporto ISIN sugli Indicatori per le attività nucleari e la radioattività ambientale - Edizione 2020 è di aggiornare gli *stakeholder* sull'esposizione della popolazione italiana alle radiazioni ionizzanti come derivanti dalle attività nucleari e dalla presenza di radioattività nell'ambiente, presentando, nel rispetto del modello DPSIR (Determinanti-Pressioni-Stato-Impatto-Risposte), alcuni indicatori che rappresentano, attraverso le relative serie di dati, lo stato attuale del loro controllo.

Struttura e contenuti

Considerate le tempistiche ristrette ed il grado di maturazione del contributo finora fornito su questi temi dal Centro Nazionale per la sicurezza nucleare e la radioprotezione dell'ISPRA all'Annuario ISPRA, si è mantenuto, per la prima edizione del Rapporto dell'ISIN il *core set* di indicatori utilizzati nell' Annuario ISPRA 2019, verificata la disponibilità dell'aggiornamento al 2018 dei dati necessari, e tenendo conto della complessità e delle tempistiche prevedibili per la raccolta dei dati e l'effettuazione delle elaborazioni richieste per ogni indicatore.

Si è data naturalmente priorità alle elaborazioni già in corso presso alcune unità dell'ISIN (ad es. per la radioattività ambientale), non prendendo in considerazione, per questa prima edizione, gli indicatori per i quali l'aggiornamento era prevedibilmente troppo lungo e complesso rispetto alle tempistiche di emissione del rapporto; in questo modo è stato possibile per l'Ispettorato, grazie all'impegno dei propri tecnici, assicurare un adeguato livello di significatività e rappresentatività al primo Rapporto ISIN sugli indicatori, conservando un giusto equilibrio tra i due ambiti delle Attività nucleari e della Radioattività ambientale.

Il Rapporto Indicatori Edizione 2020 è articolato in 9 parti, ciascuna dedicato ad uno degli indicatori, 5 dei quali sono relativi alle attività nucleari e 4 alla radioattività ambientale.

La seguente tabella riepilogativa riporta la descrizione e le caratteristiche principali di ogni indicatore e gli autori, responsabili e tecnici dell'ISIN che hanno raccolto e verificato i dati necessari alla sua elaborazione e presentazione.

Ambito	Numero indicatore	Nome indicatore	DPSIR	Periodicità di aggiornamento	Qualità informazione	Copertura		Autori
						S	T	
Attività nucleari	1	Strutture autorizzate all'impiego di radioisotopi e di macchine radiogene	D	Annuale	👍👍👍	I R P	2018	Luca TOLAZZI
	2	Produzione annuale di fluoro 18	D P	Annuale	👍👍👍	I R P	2018	Luca TOLAZZI
	3	Impianti nucleari: attività di radioisotopi rilasciati in aria e in acqua	D P	Annuale	👍👍👍	R P C	2018	Carmelina SALIERNO
	4	Quantità di rifiuti radioattivi detenuti	P	Annuale	👍👍👍	I R	2018	Mario DIONISI
	5	Trasporti materie radioattive	P	Annuale	👍👍👍	I R P	2009-2018	Giorgio PALMIERI
Radioattività ambientale	6	Concentrazione di attività di radon indoor	S	Non definibile	👍👍👍	I	1998-2018	Sonia FONTANI Giuseppe MENNA Francesco SALVI Valeria INNOCENZI
	7	Dose gamma assorbita in aria per esposizioni a radiazioni cosmica e terrestre	S	Annuale	👍👍👍	I R (20/20)	1970-1971 2000-2018	Paolo ZEPPA Stefano ZENNARO
	8	Concentrazione di attività di radionuclidi artificiali in matrici ambientali e alimentari (particolato atmosferico, deposizioni umide e secche, latte)	S	Annuale	👍👍👍	I	1986-2018	Sonia FONTANI Giuseppe MENNA Francesco SALVI Valeria INNOCENZI
	9	Stato di attuazione delle reti di sorveglianza sulla radioattività ambientale	R	Annuale	👍👍👍	I	1997-2018	Sonia FONTANI Giuseppe MENNA Francesco SALVI Valeria INNOCENZI

Legenda
DPSIR – Tipo Indicatori (Vedi nota 2)
D= Determinante
P= Pressione
S= Stato
I= Impatto
R= Risposta
S= Copertura spaziale
I= Italia
R= Regionale
P= Provinciale
T= Copertura temporale

I contributi degli autori sono stati organizzati in questo Rapporto da Giuliana Bevilacqua, Andrea Fersuoch e Maria Tedei, con il coordinamento di Alberto Ricchiuti.

Un ringraziamento particolare per gli amichevoli suggerimenti e consigli forniti va a M. Concetta Giunta, dirigente dell'ISPRA, cui si deve il perfezionamento e l'utilizzo negli Annuari dei dati ambientali del modello DPSIR, impiegato in questo Rapporto.

INTRODUZIONE

L'obiettivo della presente pubblicazione è presentare lo stato attuale del controllo dell'esposizione della popolazione italiana alle radiazioni ionizzanti derivanti dalle attività nucleari e dalla presenza di radioattività nell'ambiente.

L'analisi è stata condotta nel rispetto del modello DPSIR (Determinanti – Pressioni – Stato – Impatto – Risposte)². Con questo modello si possono descrivere in modo semplificato, sintetico e sensibile le complesse relazioni tra le attività antropiche, le relative pressioni sull'ambiente e le loro conseguenze sulla salute pubblica. Il modello DPSIR viene utilizzato come strumento di base nelle strategie di gestione del rischio e di prevenzione primaria. I risultati dell'elaborazione degli indicatori indagine possono essere utilizzati dai portatori di interesse come ausilio per i processi di *governance*, nel caso dei decisori politici, come valido riferimento scientifico o come informazione rivolta ai cittadini e alla base sociale per aumentare il grado di consapevolezza sulla sicurezza nucleare e sulla radioprotezione.

² Il modello *Driving Forces*, Pressioni, Stato, Impatti e Risposte (DPSIR), sviluppato dall'AEA (Agenzia Europea per l'Ambiente) presenta i seguenti cinque elementi:

- le *Driving forces* (cause generatrici primarie o anche determinanti) rappresentano il ruolo dei settori economici e produttivi come cause primarie di alterazione degli equilibri ambientali. Spesso si riferiscono ad attività e comportamenti antropici derivanti da bisogni individuali, sociali ed economici, stili di vita, processi economici, produttivi e di consumo che originano pressioni sull'ambiente;
- le Pressioni sull'ambiente sono, come nel modello PSR, gli effetti delle diverse attività antropiche sull'ambiente, quali ad esempio il consumo di risorse naturali e l'emissione di inquinanti nell'ambiente;
- la distinzione tra Stato dell'ambiente e Impatti sull'ambiente permette un approfondimento ulteriore dei rapporti di causa ed effetto all'interno dell'elemento Stato. Nel modello DPSIR si separa infatti la descrizione della qualità dell'ambiente e delle risorse (Stato), dalla descrizione dei cambiamenti significativi indotti (Impatti), che vanno intesi come alterazioni prodotte dalle azioni antropiche negli ecosistemi e nella biodiversità, nella salute pubblica e nella disponibilità di risorse;
- le Risposte sono, come nel modello PSR, le politiche, i piani, gli obiettivi e gli atti normativi messi in atto da soggetti pubblici per il raggiungimento degli obiettivi di protezione ambientale. Le Risposte svolgono un'azione di regolazione delle *Driving Forces*, riducono le Pressioni, migliorano lo Stato dell'ambiente e mitigano gli Impatti.

Secondo il modello DPSIR, gli sviluppi di natura economica e sociale (Determinanti) esercitano Pressioni, che producono alterazioni sulla qualità e quantità (Stato) dell'ambiente e delle risorse naturali. L'alterazione delle condizioni ambientali determina degli Impatti sulla salute umana, sugli ecosistemi e sull'economia, che richiedono Risposte da parte della società. Le azioni di risposta possono avere una ricaduta diretta su qualsiasi elemento del sistema. In senso più generale, i vari elementi del modello costituiscono i nodi di un percorso circolare di politica ambientale che comprende la percezione dei problemi, la formulazione dei provvedimenti politici, il monitoraggio dell'ambiente e la valutazione dell'efficacia dei provvedimenti adottati.

EXCURSUS STORICO

In Italia le centrali nucleari e le altre installazioni connesse al ciclo del combustibile non sono più in esercizio e sono in corso le attività connesse alla disattivazione delle installazioni e alla messa in sicurezza dei rifiuti radioattivi derivanti dal pregresso esercizio. Permangono, tuttavia, in attività alcuni piccoli reattori di ricerca presso Università e Centri di ricerca. Continua, inoltre, a essere sempre più diffuso l'impiego delle sorgenti di radiazioni ionizzanti nelle applicazioni medico-diagnostiche, nell'industria e nella ricerca scientifica, che implica la gestione delle attività di trasporto per la distribuzione delle sorgenti radioattive e dei rifiuti da esse derivanti. In aggiunta a tali attività, va considerata la presenza di radioattività artificiale nell'ambiente dovuta in gran parte ai test atomici della seconda metà del secolo scorso e agli incidenti nucleari, in particolare quello di Chernobyl del 1986.

In assenza di incidenti rilevanti, l'esposizione della popolazione alle radiazioni ionizzanti deriva principalmente dalla radioattività naturale. Si individua una componente di origine cosmica (dovuta ai raggi cosmici) e una di origine terrestre (dovuta ai radionuclidi primordiali presenti nella crosta terrestre fin dalla sua formazione). Tra le fonti di radioattività naturale di origine terrestre sono da annoverare i prodotti di decadimento del radon. Il radon è un gas naturale radioattivo prodotto dal decadimento del radio a sua volta prodotto dal decadimento dell'uranio, presente ovunque nei suoli e in alcuni materiali impiegati in edilizia. In aria aperta si disperde rapidamente, 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. Ogni anno in Italia sono attribuiti all'esposizione al radon circa 3.400 tumori polmonari su un totale di circa 31.000 casi.

Occorre, inoltre, aggiungere tra le fonti di radioattività naturale quella derivante da particolari lavorazioni e attività industriali di materiali contenenti radionuclidi naturali (*naturally occurring radioactive material - NORM*) che possono comportare un significativo aumento dell'esposizione della popolazione e dei lavoratori. A tale proposito, il 17 gennaio 2014 è stata pubblicata la Direttiva 2013/59/EURATOM del Consiglio del 5 dicembre 2013 che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, che introduce nuove attività da annoverare come NORM e regola, per la prima volta, l'esposizione al radon nelle abitazioni.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Ad oggi nel nostro Paese il controllo sulle attività nucleari, nonché sulla radioattività ambientale, che possono comportare un'esposizione della popolazione alle radiazioni ionizzanti è regolamentato dalla Legge 31 dicembre 1962, n. 1860, dal D.Lgs. del 17 marzo 1995, n. 230 e successive modifiche, dal D.Lgs. dell'8 febbraio 2007, n. 52, dal D.Lgs. del 4 marzo 2014, n. 45 e dal D.Lgs. del 15 febbraio 2016, n.28.

La legislazione nazionale vigente assegna compiti e obblighi agli esercenti delle attività che rientrano nel suo campo di applicazione, ma anche alle amministrazioni locali (Prefetture, Regioni e Province autonome) e nazionali (Enti e Ministeri). Di rilevante importanza è il D.Lgs. 4 marzo 2014, n. 45, e sue s.m.i., che istituisce l'Ispettorato nazionale per la sicurezza nucleare e la radioprotezione (ISIN).

Tutte le attività e le funzioni in materia di nucleare e di radioprotezione dell'ISPRA, dal 1° agosto 2018, sono di competenza dell'ISIN.

L'ISIN svolge le funzioni e i compiti di autorità nazionale per la regolamentazione tecnica espletando le istruttorie connesse ai processi autorizzativi, le valutazioni tecniche, il controllo e la vigilanza delle installazioni nucleari non più in esercizio e in disattivazione, dei reattori di ricerca, degli impianti e delle attività connesse alla gestione dei rifiuti radioattivi e del combustibile nucleare esaurito, delle materie nucleari, della protezione fisica passiva delle materie e delle installazioni nucleari, delle attività d'impiego delle sorgenti di radiazioni ionizzanti e di trasporto delle materie radioattive, emanando altresì le certificazioni previste dalla normativa vigente in tema di trasporto di materie radioattive stesse. Emanando guide tecniche e fornisce supporto ai Ministeri competenti nell'elaborazione degli atti di rango legislativo nelle materie di competenza. Fornisce supporto tecnico alle autorità di protezione civile nel campo della pianificazione e della risposta alle emergenze radiologiche e nucleari, partecipa alle attività di controllo della radioattività ambientale definite dalla normativa vigente che prevede reti di sorveglianza regionali e reti di sorveglianza nazionali.

All'ISIN sono affidate le funzioni di coordinamento tecnico delle reti nazionali al fine di assicurare l'omogeneità dei criteri di rilevamento, delle modalità dei prelievi e delle misure, nonché la diffusione dei dati rilevati e la loro trasmissione alla Commissione europea.

L'ISIN assicura gli adempimenti dello Stato italiano agli obblighi derivanti dagli accordi internazionali sulle salvaguardie, la rappresentanza dello Stato italiano nell'ambito delle attività svolte dalle organizzazioni internazionali e dall'Unione Europea nelle materie di competenza e la partecipazione ai processi

internazionali e comunitari di valutazione della sicurezza nucleare degli impianti nucleari e delle attività di gestione del combustibile irraggiato e dei rifiuti radioattivi in altri paesi.

In relazione anche alla recente istituzione dell'ISIN, è evidente che risulti di forte rilevanza mantenere le competenze della sicurezza nucleare e della radioprotezione ad alto livello e condurre le attività di controllo e di monitoraggio della radioattività sull'ambiente e sugli alimenti su tutto il territorio nazionale al fine di prevenire e proteggere i lavoratori, la popolazione e l'ambiente da esposizioni indebite alle radiazioni ionizzanti.

Indicatore 1

**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)³ all'utilizzo di sorgenti di radiazioni ionizzanti (materie radioattive e macchine generatrici di radiazioni ionizzanti), fornendo una descrizione di attività svolte e sorgenti utilizzate.

STATO E TREND

Rispetto al 2017, il numero di impianti di cat. A autorizzati risulta invariato, pari cioè a 95.

SCOPO

Documentare il numero di strutture 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 s.m.i.), e la loro distribuzione sul territorio nazionale.

QUALITÀ DELL'INFORMAZIONE

L'informazione è rilevante perché offre un'indicazione sulla dislocazione degli impianti autorizzati a livello centrale sul territorio nazionale. I dati provengono dal Ministero dello sviluppo economico, che avvia la procedura di autorizzazione richiedendo alle amministrazioni coinvolte, tra cui ISIN, un parere tecnico. L'iter autorizzativo termina con l'emanazione di un decreto di nulla osta in categoria A, dove sono riportate anche le eventuali prescrizioni tecniche delle varie amministrazioni. È comparabile nello spazio e nel tempo essendo una procedura stabilita dal D.Lgs. 230/1995.

³ L'articolo 27 del D.Lgs. 230/95 e s.m.i. (che disciplina l'impiego pacifico dell'energia nucleare e stabilisce le norme per la sicurezza nucleare e per la protezione sanitaria dei lavoratori e delle popolazioni contro i rischi delle radiazioni ionizzanti) prevede l'obbligo di nullaosta preventivo per gli impianti o strutture che intendono utilizzare sorgenti di radiazioni ionizzanti. Il suddetto nullaosta può essere di categoria A o categoria B, a seconda del superamento o meno delle soglie fissate nell'Allegato IX al decreto stesso. Le autorizzazioni di categoria A, che riguardano l'impiego di sorgenti di radiazioni ionizzanti al di sopra di tali soglie, sono autorizzate dal Ministero dello sviluppo economico, sentito il parere dell'ISIN e di altri Ministeri; le strutture classificate in categoria B, di minore impatto sulla popolazione e sull'ambiente, sono autorizzate a livello regionale. Tra le sorgenti di radiazioni in categoria A si trovano principalmente ciclotroni, acceleratori di ricerca e sorgenti sigillate ad alta attività per radioterapia o radiografia industriale.

OBIETTIVI FISSATI DALLA NORMATIVA

Il D.Lgs. 230/95 disciplina l'utilizzo pacifico di sorgenti di radiazioni ionizzanti al fine di garantire la protezione sanitaria dei lavoratori e della popolazione. In particolare, le strutture che rientrano nella categoria A (per la cui definizione si rimanda al D.Lgs. 230/95 e s.m.i.) devono essere autorizzate preventivamente dal Ministero dello sviluppo economico, in modo da garantire che produzione e impiego di radiazioni ionizzanti comportino un'esposizione per i lavoratori e la popolazione al di sotto dei limiti fissati dalla legge.

COMMENTI

La Figura 1.1 evidenzia una forte concentrazione di impianti autorizzati in categoria A in Lombardia e nel Lazio. In Lombardia, la metà degli impianti autorizzati in categoria A sono ciclotroni utilizzati per la produzione di radiofarmaci per esami PET, tra i quali il F-18, installati per la maggior parte nella provincia di Milano. Nel Lazio, invece, circa il 70% degli impianti autorizzati sono presso ENEA e Istituto Nazionale Fisica Nucleare (INFN) e si trovano tutti nella provincia di Roma (Figura 1.2).

Distribuzione regionale degli impianti autorizzati in categoria A

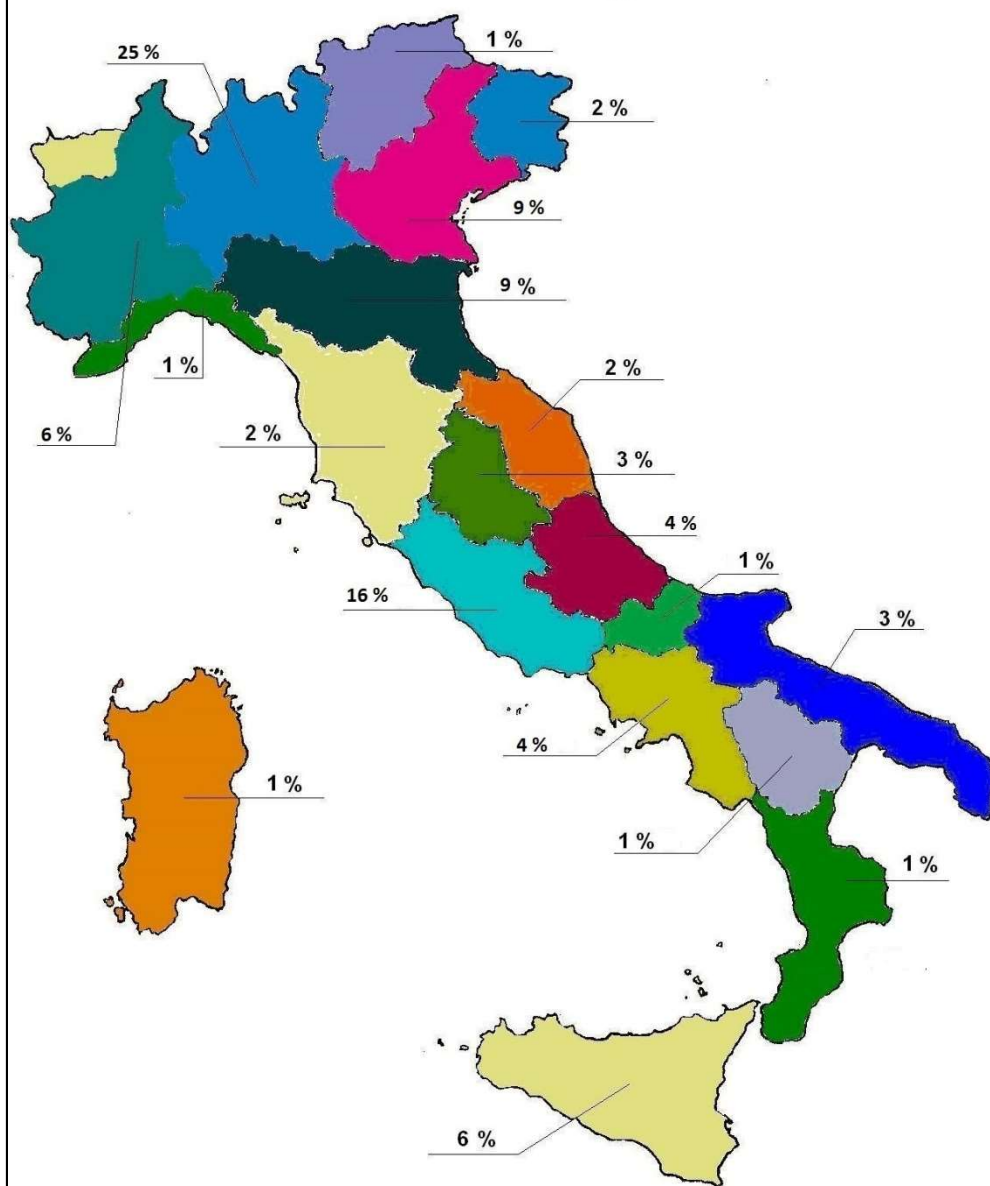


Figura 1.1 – Distribuzione regionale degli impianti autorizzati in categoria A

Distribuzione provinciale degli impianti autorizzati in categoria A

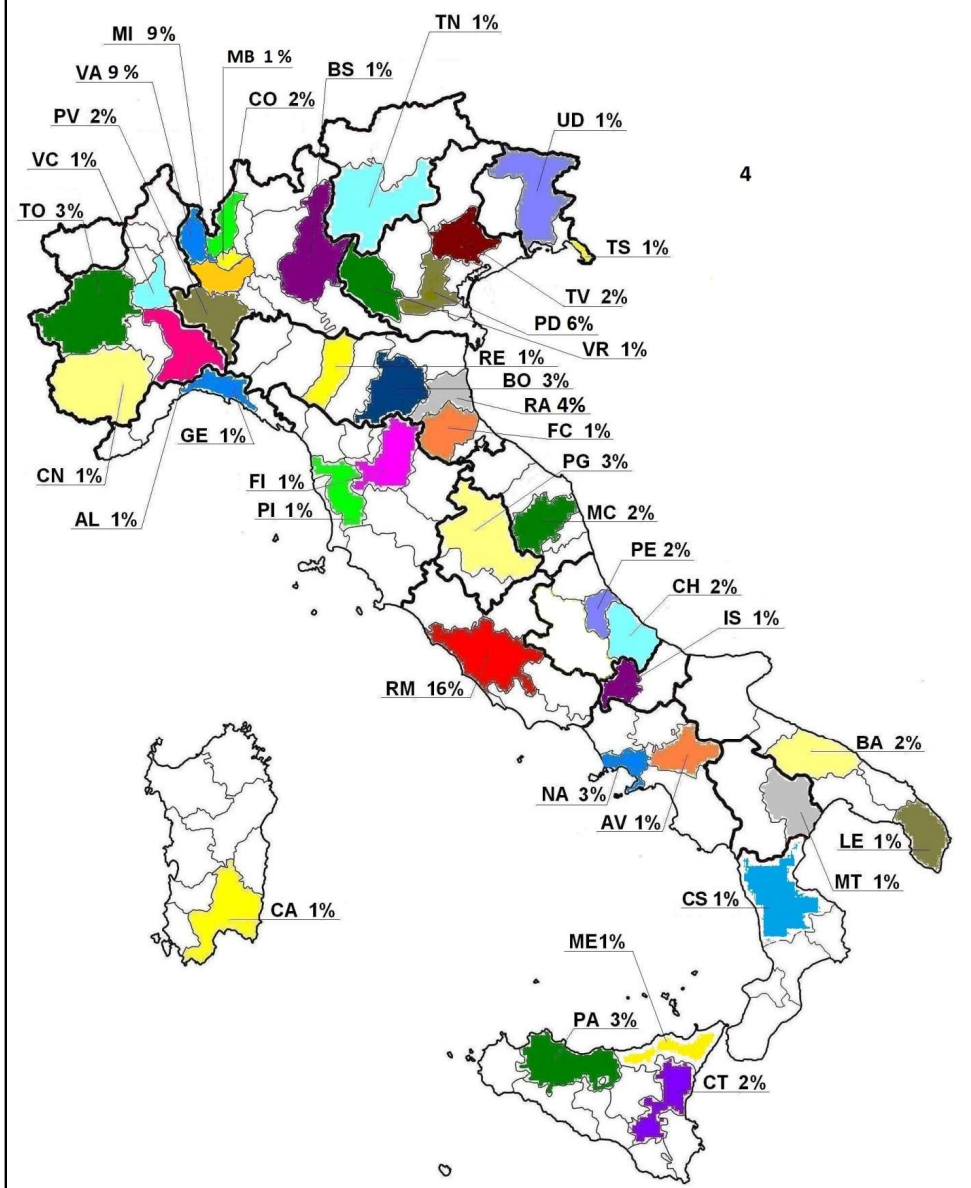


Figura 1.2 - Distribuzione provinciale degli impianti autorizzati in categoria A

Indicatore 2

PRODUZIONE ANNUALE DI FLUORO 18

DESCRIZIONE

L'indicatore, qualificabile come indicatore di causa primaria e di pressione, rappresenta la quantità massima di produzione di fluoro 18 (F-18) autorizzata in ambito nazionale ⁴, espressa in Becquerel⁵.

Il F-18 è un radionuclide che trova largo impiego in ambito medico per la diagnosi di diverse patologie tramite PET⁶. Questo radioisotopo viene prodotto tramite particolari acceleratori di particelle denominati ciclotroni.

SCOPO

Rappresentare la distribuzione sul territorio nazionale del F-18 prodotto dagli impianti autorizzati che impiegano ciclotroni.

STATO E TREND

L'indicatore è sostanzialmente stabile rispetto agli anni precedenti. Si registrano un leggero aumento della produzione in Lombardia e in Sicilia e una diminuzione nel Lazio rispetto al 2017.

QUALITÀ DELL'INFORMAZIONE

L'informazione è rilevante perché rappresenta la distribuzione sul territorio nazionale dei ciclotroni per la produzione del F-18. È comparabile sia nel tempo sia nello spazio in quanto il dato proviene da un processo di autorizzazione ministeriale previsto dalla legislazione nazionale.

4 L'articolo 27 del D.Lgs. 230/95 (che disciplina l'impiego pacifico dell'energia nucleare e stabilisce le norme per la sicurezza nucleare e per la protezione sanitaria dei lavoratori e delle popolazioni contro i rischi delle radiazioni ionizzanti) prevede l'obbligo di nullaosta preventivo per gli impianti o strutture che intendono utilizzare sorgenti di radiazioni ionizzanti. Il suddetto nullaosta può essere di categoria A o categoria B, a seconda del superamento o meno delle soglie fissate nell'Allegato IX al decreto stesso. In particolare i ciclotroni, essendo sorgenti di radiazioni con produzione media nel tempo di neutroni su tutto l'angolo solido superiore a $10E+07$ neutroni al secondo, sono soggetti a nulla osta di categoria A, concesso dal Ministero dello sviluppo economico, sentito il parere tecnico dell'ISIN e di altri organismi preposti. L'indicatore rappresenta la quantità massima di produzione di F18 autorizzata in ambito nazionale, espressa in Becquerel. Non sempre la produzione reale di F-18 coincide con la massima produzione autorizzata, poiché le ore di funzionamento della macchina potrebbero essere inferiori a quelle teoricamente previste.

5 Il becquerel è l'unità di misura dell'attività di un radionuclide ed è definita come l'attività di un radionuclide che ha un decadimento al secondo.

6 La PET (acronimo di Tomografia a emissione di positroni) è una tecnica diagnostica di medicina nucleare che comporta la somministrazione per via endovenosa di una sostanza normalmente presente nell'organismo marcata con una molecola radioattiva (ad es. nel caso del glucosio, il Fluoro 18); il tomografo PET rileva la distribuzione di queste sostanze, indicazione che viene utilizzata a fini diagnostici in ambito oncologico.

OBIETTIVI FISSATI DALLA NORMATIVA

Il D.Lgs. 230/95 disciplina l'utilizzo pacifico di sorgenti di radiazioni ionizzanti al fine di garantire la protezione sanitaria dei lavoratori e della popolazione. In particolare, le strutture che intendono utilizzare tali sorgenti devono essere autorizzate preventivamente dal Ministero dello sviluppo economico, in modo da garantire che produzione e impiego di radiazioni ionizzanti da parte delle strutture autorizzate comportino un'esposizione per i lavoratori e la popolazione al di sotto dei limiti fissati dalla legge.

COMMENTI

La produzione di F-18 deriva dalle quantità massime autorizzate annualmente ed è, quindi, il quantitativo di F-18 che potrebbe al massimo essere prodotto in un anno dall'installazione. Tale valore viene stabilito nelle autorizzazioni, in base alle richieste del produttore, e tenendo conto, in particolare, dell'impatto sui lavoratori e sulla popolazione. Come si evince dalla Figura 2.1, la maggiore produzione si riscontra in Lombardia, Lazio, Puglia ed Emilia-Romagna. A livello provinciale, è Milano, seguita da Roma, Forlì-Cesena e Torino, a detenere la maggiore produzione (Figura 2.2).

Distribuzione regionale della produzione di F-18

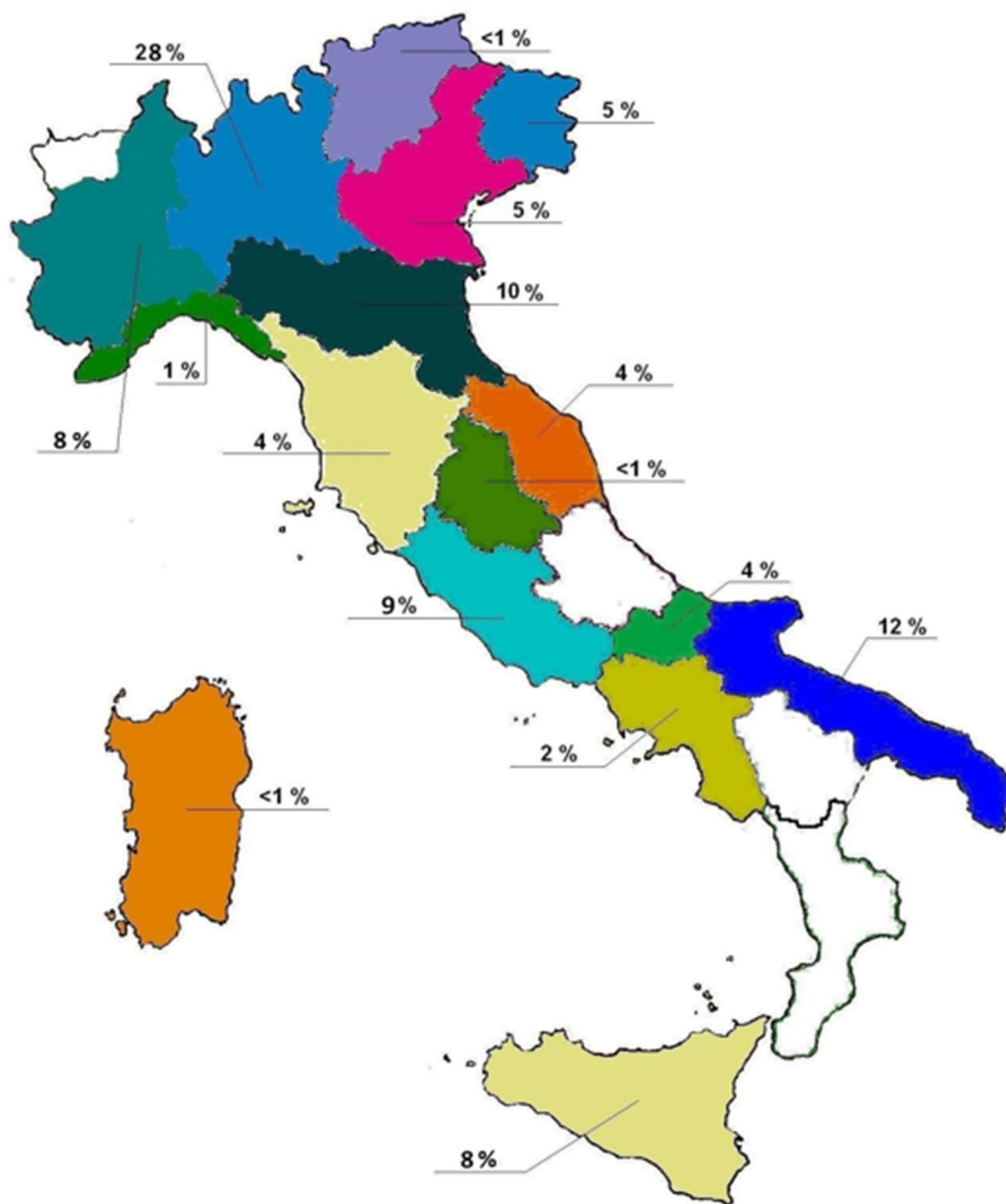


Figura 2.1 - Distribuzione regionale della produzione di fluoro 18

Distribuzione provinciale della produzione di F-18

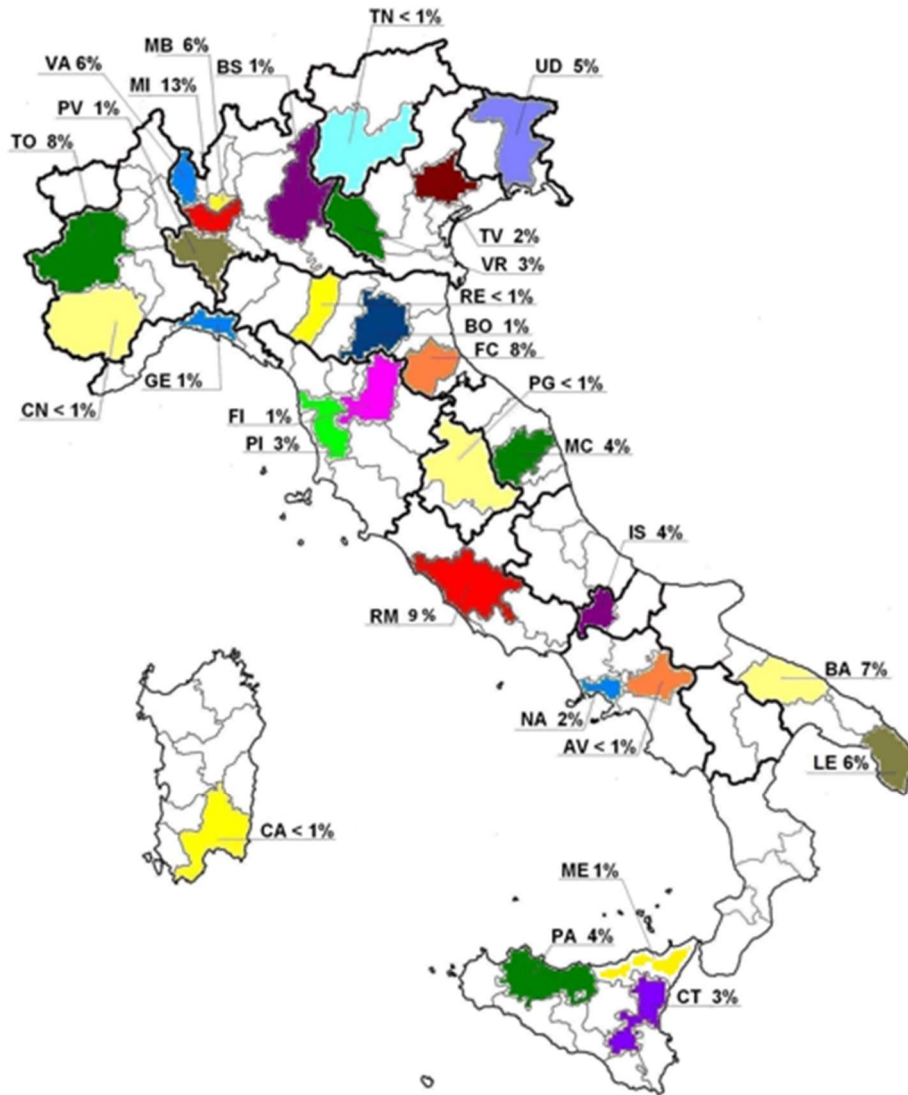


Figura 2.2 - Distribuzione provinciale della produzione di fluoro 18

Indicatore 3

**IMPIANTI NUCLEARI:
ATTIVITA' 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, ponendolo in relazione con i limiti di scarico autorizzati attraverso l'impegno percentuale annuale di formula di scarico.

SCOPO

Monitorare gli scarichi radioattivi al fine di quantificare e controllare l'emissione di radioattività, in aria e in acqua, nelle normali condizioni di gestione delle installazioni nucleari.

QUALITÀ DELL'INFORMAZIONE

La qualità dell'informazione è buona ed è utilizzabile sia per valutare la coerenza con i risultati degli anni precedenti, sia per avallare la non rilevanza radiologica sulla cui base le stesse formule di scarico sono state approvate.

OBIETTIVI FISSATI DALLA NORMATIVA

Lo smaltimento di effluenti radioattivi liquidi ed aeriformi nell'ambiente da parte degli impianti nucleari, nonché da installazioni che utilizzano macchine radiogene o sorgenti radioattive in forma sigillata e non, è soggetto ad apposita autorizzazione. In essa sono stabiliti i limiti massimi di radioattività rilasciabile nell'ambiente e le modalità di scarico (formula di scarico).

STATO E TREND

A fronte dei dati disponibili relativi al 2018 (è da tener presente che gli esercenti sono tenuti ad inviare tali informazioni con periodicità annuale entro il primo semestre dell'anno successivo⁷) lo scarico autorizzato degli effluenti nell'ambiente può considerarsi abbastanza stabile.

⁷Ai sensi dell'art. 54 D.Lgs.230/95 *Sorveglianza locale della radioattività ambientale* il titolare dell'autorizzazione o del nulla osta e l'esercente sono tenuti a provvedere alle attrezzature per la sorveglianza permanente del grado di radioattività dell'atmosfera, delle acque, del suolo e degli alimenti nelle zone sorvegliate e nelle zone limitrofe ed alle relative determinazioni.

Nello specifico, per la centrale di Trino e per l'impianto di Fabbricazioni Nucleari, si registra un leggero incremento dell'impegno della formula di scarico degli effluenti liquidi e aeriformi da imputare prevalentemente all'aumento delle attività propedeutiche al decommissioning ovvero all'avanzamento delle stesse.

Per la centrale del Garigliano e per il Centro ITREC di Rotondella l'impegno della formula di scarico è diminuito. Per l'impianto EUREX, il reattore LENA di Pavia e la centrale di Latina vi è stato un incremento nello scarico dei liquidi mentre restano sostanzialmente costanti o addirittura in diminuzione le emissioni di effluenti aeriformi dal camino.

Per il Centro ENEA della Casaccia si registra una diminuzione negli scarichi, sia liquidi sia aeriformi, con conseguente diminuzione dell'impegno della formula di scarico autorizzata.

Risulta in controtendenza il centro JRC di Ispra per il quale l'impegno della formula di scarico per gli effluenti aeriformi è aumentato di 2 ordini di grandezza, passando dal 2.5E-01% al 5.6%, poiché nel corso del 2018 sono stati effettuati 2 scarichi dall'area 40 il cui peso incide in modo più elevato sul computo totale dell'impegno della formula di scarico.

COMMENTI

I grafici di seguito riportati e commentati mettono a confronto i valori massimi misurati e il limite di rilevabilità della tecnica di misura.

INTRODUZIONE

Il limite di rilevabilità, in termini di MDC (*minimum detectable concentration*) o MDA (*minimum detectable activity*) rappresenta, rispettivamente, il valore di concentrazione di attività (Bq/kg) o di attività (Bq) che ha una specifica possibilità di essere rilevata; sostanzialmente rappresenta una stima della capacità di rilevamento di una tecnica di misura e deve essere calcolata prima di eseguire la misura stessa.

Il limite di rilevabilità è la concentrazione, ovvero l'attività più bassa, che si prevede di misurare con un livello fisso di certezza che è di solito il 95%. Ciò significa che se la concentrazione di attività o l'attività in un campione è uguale alla MDC o alla MDA, esiste una probabilità del 95% che venga rilevato materiale radioattivo nel campione.

Il limite di rilevabilità dipende da numerosi fattori tra cui il tempo di misura (più è lungo il tempo di misura

più sarà piccolo il valore del limite di rilevabilità), l'efficienza della strumentazione e il conteggio del fondo. Essendo l'efficienza di rivelazione dipendente dall'energia della radiazione emessa dal radionuclide in misura, si comprende come, per ogni radioisotopo, si avranno differenti valori di MDC o MDA. Una misura superiore al limite di rilevabilità vuol dire certamente che nel campione è misurabile il radioisotopo che si vuole determinare; ciò tuttavia, per tutti i casi rappresentati di seguito, non è indice di rilevanza radiologica visto che le misure sono sempre all'interno della variabilità statistica dei valori di fondo registrati sul territorio italiano per le matrici corrispondenti.

Tabella 3.1 - Quantità di radioattività scaricata dagli impianti nucleari negli effluenti liquidi e aeriformi (2018)

CENTRALE DEL GARIGLIANO (CE)

Scarichi liquidi								
Nuclide	Co-60	Cs-137	Sr-90	α	H-3	Ni-63	% F.d.S.	Dose all'individuo rappresentativo della popolazione (μSv/anno)
Attività (Bq)	9,51E+04	3,58E+07	3,28E+06	2,05E+04	8,45E+07	2,85E+07	5,87E-02	3,70E-02
Scarichi aeriformi								
Nuclide	Co-60	Cs-137	Sr-90	α	H-3		% F.d.S.	
Attività (Bq)	3,19E+02	2,87E+04		3,31E+03	1,69E+08		1,80E-02	<1

Matrice	Tipo di misura	MDC	Valore più elevato misurato nell'anno
Aria	β totale	5,35 E-04 Bq/m ³	1,00E-03
	Be-7	1,01E-03	1,51E-03
	Co-60	3,01E-06	(*)
	Cs-137	2,88E-06	(*)
	Cs-134	3,22E-06	(*)
Fallout	β totale	7,04E-01 Bq/m ²	9,44E+00
	Be-7	1,66E+00	(*)
	Co-60	9,35E-02	(*)
	Cs-137	1,86E-01	(*)
	Cs-134	1,90E-01	(*)
	K-40	5,72E+00	(*)
	H-3	6,50E+01	(*)
Acqua di superficie	K-40	7,23E-03 Bq/l	1,18E-02
	Co-60	1,11E-04	(*)
	Cs-137	3,39E-04	1,88E-02
	Cs-134	1,27E-04	(*)

Segue

Matrice	Tipo di misura	MDC	Valore più elevato misurato nell'anno
Terreno	Co-60	0,0129 Bq/kg	(*)
	Cs-137	5,00E-02	2,12E+00
	Cs-134	2,19E-02	(*)
	K-40	6,88E-01	2,42E+02
Erba	Co-60	1,67E-02 Bq/kg	(*)
	Cs-137	2,38E-02	(*)
	Cs-134	1,46E-02	(*)
	K-40	1,66E+00	6,12E+01
Acqua di falda	H-3	5,19E+00 Bq/l	(*)
	Co-60	9,06E-03	(*)
	Cs-137	2,22E-02	(*)
	Cs-134	9,04E-03	(*)
	K-40	4,38E-01	(*)
	Sr-90	7,52E-02	(*)
	α totale	3,49E-02	(*)
	Pu-238	6,03E-03	(*)
	Pu-239/240	3,10E-03	(*)
	Am-241	4,17E-03	(*)
	Cm-244	1,42E-03	(*)
Pu-241	1,31E+00	(*)	
Sedimenti fluviali	Co-60	1,08E-02 Bq/kg	(*)
	Cs-137	3,62E-02	1,04 E-01
	Cs-134	1,50E-02	(*)
	K-40	5,55E-01	1,30E+02
	α totale	2,65E+01	7,53E+02
	Pu-238	1,81E-01	(*)
	Pu-239/240	4,19E-02	(*)
	Am-241	8,44E-01	(*)
	Cm-244	3,63E-01	(*)
	Pu-241	2,56E+01	(*)

Segue

Matrice	Tipo di misura	MDC	Valore più elevato misurato nell'anno
Sabbia di mare	Co-60	1,18E-02 Bq/kg	(*)
	Cs-137	4,42E-02	1,03E-01
	Cs-134	1,62E-02	(*)
	K-40	5,57E-01	2,95E+02
Pesce di fiume e di mare	Co-60	4,5E-03 Bq/kg	(*)
	Cs-137	8,02E-03	2,20E-02
	Cs-134	4,62E-03	(*)
	K-40	2,47E-01	2,36E+01
Mitili Golfo di Gaeta	Co-60	1,59E-02 Bq/kg	(*)
	Cs-137	1,63E-02	(*)
	Cs-134	8,40E-03	(*)
	K-40	6,04E-01	1,30E+01
Carne bovina	Co-60	5,061E-03 Bq/kg	(*)
	Cs-137	6,86E-03	(*)
	Cs-134	6,06E-03	(*)
	K-40	2,76E-01	2,03E+01
Mozzarella	Co-60	5,061E-03 Bq/kg	(*)
	Cs-137	6,86E-03	(*)
	Cs-134	6,06E-03	(*)
	K-40	2,76E-01	1,25E+00
Latte di bufala	β totale	2,06-01 Bq/l	3,52E+01
	Sr-90	4,19E-02	E-
	Co-60	6,42E-03	(*)
	Cs-137	1,21E-02	(*)
	Cs-134	1,11E-02	(*)
	K-40	7,35E-01	6,73E+00
Latte di mucca	β totale	2,06-01 Bq/l	2,08E+01
	Sr-90	4,19E-02	(*)
	Co-60	6,42E-03	(*)
	Cs-137	1,21E-02	(*)
	Cs-134	1,11E-02	(*)
	K-40	7,35E-01	8,89E+00

Segue

Matrice	Tipo di misura	MDC	Valore più elevato misurato nell'anno
Acqua di mare	Co-60	8,64E-03 Bq/l	(*)
	Cs-137	1,32E-02	(*)
	Cs-134	8,40E-03	(*)
	K-40	7,28E-01	1,77E+00
Acqua di fiume	Co-60	8,64E-03 Bq/l	(*)
	Cs-137	1,32E-02	(*)
	Cs-134	8,40E-03	(*)
	K-40	7,28E-01	1,03E+00
Vegetali irrigati e frutta	Co-60	3,10E-03 Bq/kg	(*)
	Cs-137	3,03E-03	(*)
	Cs-134	1,87E-03	(*)
	K-40	2,45E-01	2,06E+01
Pozzo centrale	H-3	5,19E+00 Bq/l	(*)
	Co-60	9,06E-03	(*)
	Cs-137	2,22E-02	(*)
	Cs-134	9,04E-03	(*)
	K-40	4,38E-01	(*)
	Sr-90	7,52E-02	(*)
	α totale	3,49E-02	(*)
	Pu-238	6,03E-03	(*)
	Pu-239/240	3,10E-03	(*)
	Am-241	4,17E-03	(*)
	Cm-244	1,42E-03	(*)
	Pu-241	1,31E+00	(*)
Dose integrata gamma	Rateo di dose gamma		124 μSv

Legenda

a) formula di scarico per i gas nobili; b) formula di scarico per i particolati β/g; 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;
 (+) 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



Figura 3.1 – Confronto risultanze misure con il limite di rilevabilità (MDC)

Rispetto alla tabella 3.1 che riassume i risultati delle misure effettuate sulle matrici ambientali previste nell'ambito del programma di sorveglianza approvato, nel grafico di Figura 3.1 sono indicativamente rappresentate le risultanze delle misure non considerando il contributo dovuto ai radioisotopi presenti naturalmente nelle matrici tra cui il K-40 e il Be-7. Per quanto riguarda i valori che risultano superiori al limite di rilevabilità (MDC), essi sono in linea con i valori riscontrati negli anni precedenti e comunque non superiori ai valori della media nazionale e sono quindi non attribuibili alla presenza della centrale sul territorio.

Infatti per quanto riguarda la sabbia di mare, la cui misura è 0,103 Bq/kg il valore più alto registrato in Italia corrisponde alla regione Calabria ed è pari a 0,51 Bq/kg; per la misura dei sedimenti, pari a 0,104 Bq/kg, il valore più alto misurato a livello nazionale è quello della regione Veneto con un valore di 19 Bq/kg; per quanto riguarda il terreno la misura di 2,12 Bq/Kg è perfettamente in linea con il *range* di valori riscontrati sul territorio italiano che varia da 0,2 a 2100 Bq/kg. Anche i valori misurati nel pesce (2,2 E -02 Bq/kg) e nelle acque superficiali (1,88E-02 Bq/Kg) risultano all'interno del *range* di variabilità compreso tra 0,1 e 4,5 e 8E-05 e m 0,8 Bq/kg per pesce ed acque superficiali rispettivamente.

Tabella 3.2 - Quantità di radioattività scaricata dagli impianti nucleari negli effluenti liquidi e aeriformi (2018)

REATTORE TRIGA LENA DELL'UNIVERSITÀ DI PAVIA (PV)

Scarichi liquidi							
Nuclidi	Cs-134	Cs-137	Ru-106	Sr-85	% F.d.S.	Dose all'individuo rappresentativo della popolazione ($\mu\text{Sv}/\text{anno}$)	
Attività (Bq)	3,60E+03	3,37E+04	4,60E+05	9,00E+03	1,36E-01	<1	aumentato
Scarichi aeriformi							
Nuclidi			Ar-41		% F.d.S.	Dose all'individuo rappresentativo della popolazione ($\mu\text{Sv}/\text{anno}$)	
Attività (Bq)			3,51E+10		(+)	<1	stabile

Matrice	Tipo di misura	MDC	Valore più elevato misurato nell'anno
Particolato atmosferico	β totale	5,35 E-04 Bq/m ³	1,00E-03
	Be-7	1,01E-03	1,51E-03
	Co-60	3,01E-06	(*)
	Cs-137	2,88E-06	(*)
	Cs-134	3,22E-06	(*)

Legenda

a) formula di scarico per i gas nobili; b) formula di scarico per i particolati $\beta/$; 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;
 (+) 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;
 N.P. non presente.

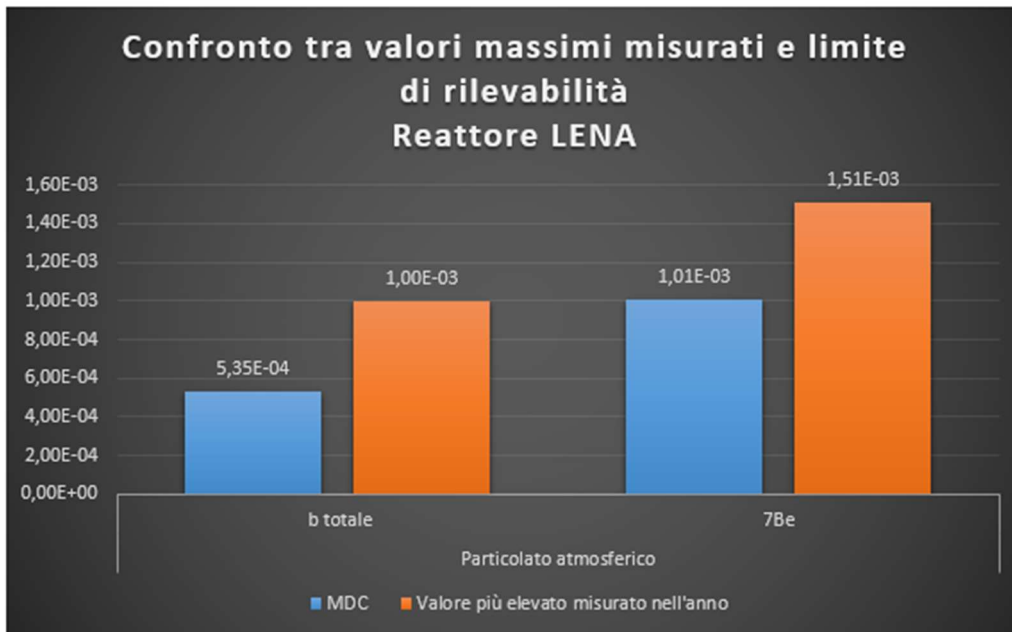


Figura 3.2 – Confronto risultanze misure con il limite di rilevabilità (MDC)

I valori misurati nel particolato atmosferico evidenziano la sola presenza di radioisotopi naturali mentre i valori dei radioisotopi artificiali sono sempre al di sotto della MDC. Ne deriva che l'impatto dell'impianto dal punto di vista della radioprotezione sull'ambiente circostante, è trascurabile.

Tabella 3.3 - Quantità di radioattività scaricata dagli impianti nucleari negli effluenti liquidi e aeriformi (2018)

DEPOSITO AVOGADRO DELLA FIAT - AVIO, SALUGGIA (VC)

Scarichi liquidi											
Nuclide	Co-60	Cs-134	Cs-137	Sr-90	H-3	α totale			% F.d.S.	Dose all'individuo rappresentativo della popolazione (μSv/anno)	
Attività (Bq)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00			0,00E+00	0	stabile
Scarichi aeriformi											
Nuclide	Kr-85	Co-60		Cs-134	Cs-137	Sr-90	α totale	Pu-239	% F.d.S.		stabile
Attività (Bq)	≤1.238E+10	≤2460		≤1628	≤2112	≤122,18	≤7117,10	≤2164,8	a) £0.13	<1	
									b) £0.29	<1	
									c) £1.38	<1	

Matrice	Tipo di misura	Limiti di rilevabilità	Valore più elevato misurato nell'anno
Latte	Co-60	4,00E-02 Bq/l	(*)
	Cs-134	3,00E-02	(*)
	Cs-137	6,00E-02	(*)
Acqua di fiume su liquido	Co-60	3,06E+01 mBq/l	(*)
	Cs-134	2,65E+01	(*)
	Cs-137	3,36E+01	(*)
	Sr-90	2,20E+00	(*)
Limo-sedimenti	Co-60	1,6E-02 Bq/kg secco	(*)
	Cs-134	1,50E-01	(*)
	Cs-137	1,00E+00	7,29E+00
	Sr-90	6,30E-02	(*)
Ortaggi	Sr-90	7,1E-02 Bq/kg	(*)
	Co-60	1,20E-01	(*)
	Cs-134	1,70E-01	(*)
	Cs-137	2,40E-01	(*)

Segue

Matrice	Tipo di misura	Limiti di rilevabilità	Valore più elevato misurato nell'anno
Particolato atmosferico	α totale	4,00E-01 mBq/m3	2,57E+00
	β totale	4,80E-02	1,80E-01
	Co-60	3,00E-02 Bq totali	(*)
	Cs-134	3,00E-02	(*)
	Cs-137	3,00E-02	(*)
Acqua di fiume su residuo secco	Co-60	1,2E+00 mBq/l	(*)
	Cs-134	1,70E+00	(*)
	Cs-137	2,10E+00	(*)

Legenda

a) formula di scarico per i gas nobili; b) formula di scarico per i particolati β/g; 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;
 (+) 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

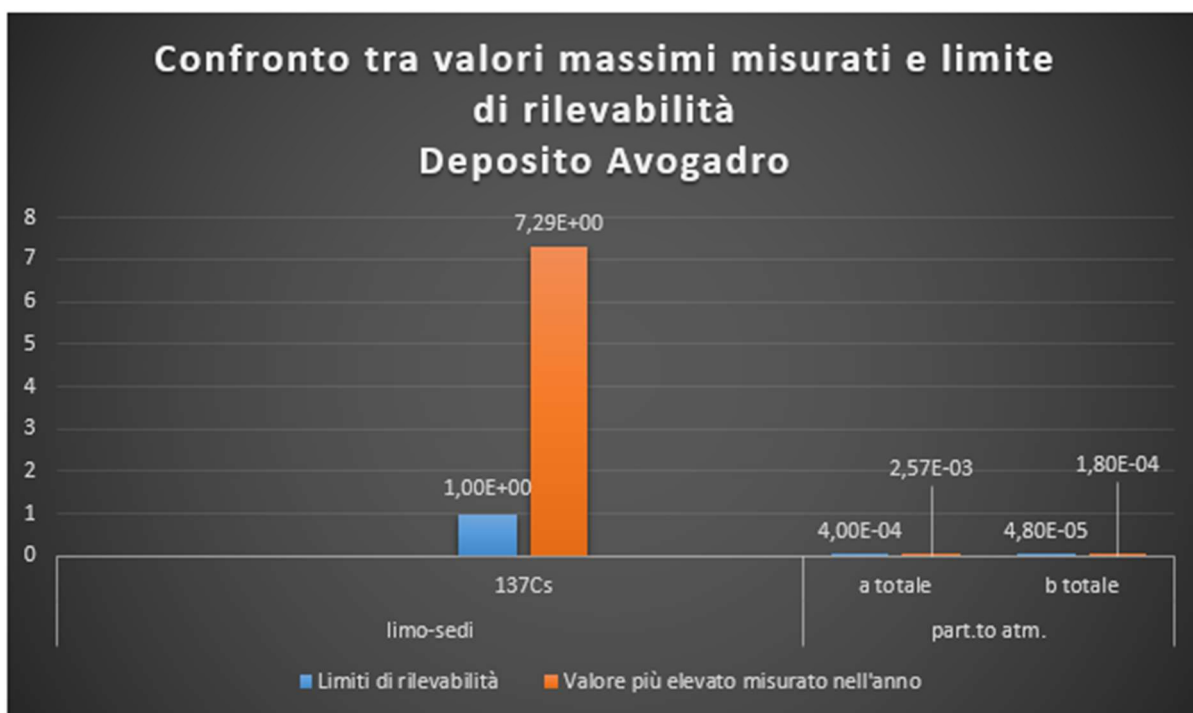


Figura 3.3 – Confronto risultanze misure con il limite di rilevabilità (MDC)

Per tutte le matrici della rete di sorveglianza ambientale si registrano valori corrispondenti al fondo. Per il limo si registrano tracce di Cs-137 in linea con i valori registrati negli anni precedenti; il valore più alto per i 3 campioni effettuati nel corso dell'anno è quello a monte del punto di scarico e, dunque, non direttamente interessato dalla presenza dell'impianto. Il valore registrato di 7,29 Bq/kg nei sedimenti fluviali risulta ampiamente nel *range* di variabilità nazionale compreso tra 0,136 e 28,47 Bq/kg. La registrazione di valori superiori al limite di rilevabilità nel particolato atmosferico per alfa e beta totale è indicativo della sola presenza di radioisotopi naturali.

Tabella 3.4 - Quantità di radioattività scaricata dagli impianti nucleari negli effluenti liquidi e aeriformi (2018)

CENTRO EURATOM DI ISPRA (VA)

Scarichi liquidi							
Nuclide	β/g	Sr-90	α	HTO	% F.d.S.	Dose all'individuo rappresentativo della popolazione (μSv/anno)	
Attività (Bq)	5,81E+05	3,72E+05	3,38E+04	1,63E+07	1,19E-02	<1	stabile
Scarichi aeriformi							
Nuclide				HTO	% F.d.S.		
Attività (Bq)				2,08E+11	5,70E+00	<1	aumentata

Matrice	Tipo di misura	Limiti di rilevabilità	Valore più elevato misurato nell'anno	
Aria (particolato atmosferico)	α totale	8,4E-03 mBq/m3	7.36E-02	
	β totale	1,30E-02	1.44E+00	
	Am-241	1,1E+01 μBq/m3	(*)	
	Cs-137	9,60E-01	2.76E+00	
	Co-60	1,10E+00	(*)	
Vapore acqueo	HTO	1.2E+02 mBq/m3	(*)	
Dose esterna (TLD)	Rateo di dose gamma	5,0E+01 μSv	4,50E+02	Equivalente ad un rateo di dose medio di 0,2 μSv/h
Deposizioni umide e secche	Cs-137	5,2E-02 Bq/m2	9.05E-02	
	α totale	1.3E+00	4.80E+00	
	β totale	3.8E-01	1.43E+01	
	Pu-238	1.4E-04	(*)	
	Pu-239/240	1.4E-04	1.53E-04	
	Sr-90	1.0E-02	(*)	
	HTO	7.5E+02	(*)	
Acque superficiali (depuratore JRC all Novellino)	α totale	1.3E-01 Bq/l	(*)	
	β totale	3.8E-02	1.79E-01	
	Am-241	1.5E-01	(*)	
	Cs-137	1.2E-01	(*)	
	Sr-90	4.9E-02	(*)	
	HTO	2.1E+00	(*)	

Segue

Matrice	Tipo di misura	Limiti di rilevabilità	Valore più elevato misurato nell'anno	
Acque di falda (Interno JRC)	α totale	3.4E-02 Bq/l	(*)	
	β totale	9.6E-03	2.22E+01	
	Cs-137	1.7E-01	(*)	
	Sr-90	4.9E-02	1.15E+01	
	HTO	2.1E+00	6.60E+01	
Acqua di falda (esterno JRC)	α totale	7.2E-02 Bq/l	(*)	
	β totale	2.0E-02	1.67E-01	
	Cs-137	6.2E-02	(*)	
	Sr-90	4.9E-02	(*)	
	HTO	7.1E+00	(*)	
Acque di acquedotto (acquedotto Ispra e acqua potabile interna JRC)	α totale	3.2E-02 Bq/l	1.36E-01	
	β totale	9.0E-03	2.36E-01	
	Cs-137	1.2E-01	(*)	
	Sr-90	4.9E-02	(*)	
	HTO	2.1E+00	(*)	
Acqua superficiali del lago Maggiore	α totale	3.2E-02 Bq/l	(*)	
	β totale	9.0E-03	7.70E-02	
	Am-241	3.5E-02	(*)	
	Cs-137	2.7E-02	(*)	
	Sr-90	4.9E-02	(*)	
	HTO	4.4E+00	(*)	
Acque superficiali fiume Ticino	α totale	3.2E-02 Bq/l	(*)	
	β totale	9.0E-03	7.70E-02	
	Am-241	3.5E-02	(*)	
	Cs-137	2.7E-02	(*)	
	Sr-90	4.9E-02	(*)	
	HTO	2.1E+00	(*)	

Segue

Matrice	Tipo di misura	Limiti di rilevabilità	Valore più elevato misurato nell'anno
Foraggio	Cs-137	2.2E-01 Bq/kg secco	7.06E+00
Verza	Cs-137	2.2E-01 Bq/kg secco	3.95E-01
Funghi	Cs-137	2.2E-01 Bq/kg secco	5.61E+01
Mirtilli	Cs-137	2.2E-01 Bq/kg secco	3.94E+00
Castagne	Cs-137	5.0E-01 Bq/kg secco	3.06E+00
Miele	Cs-137	4.5E-02 Bq/kg fresco	3.32E+00
Pesce del lago Maggiore	Am-241	7.1E-01 Bq/kg secco	(*)
	Cs-137	9.5E-02	7.94E+00
	Sr-90	7.3E-01	(*)
Carne	Cs-137	9.5E-02 Bq/kg secco	3.76E+00
Latte	Am-241	8.5E-01 Bq/l	(*)
	Cs-137	6.3E-02	3.15E-01
	Sr-90	2.0E-01	(*)
Fanghi di depurazione	Cs-137	8.4E-02 Bq/kg secco	1.67E+01
	Pu-238	8.2E-01	(*)
	Pu-239/240	8.2E-01	(*)
	Sr-90	1.3E+02	(*)
Sedimenti del Novellino	Am-241	1.7E+00 Bq/kg secco	(*)
	Cs-137	4.8E-02	1.23E+01
	Sr-90	5.3E+01	(*)
Suolo	Cs-137	4.8E-02 Bq/kg secco	5.43E+01
	Pu-238	8.2E-01	(*)
	Pu-239/240	8.2E-01	(*)
	Sr-90	5.3E+01	(*)

Legenda

a) formula di scarico per i gas nobili; b) formula di scarico per i particolati β/g ; 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;
 (+) 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;
 N.P. non presente

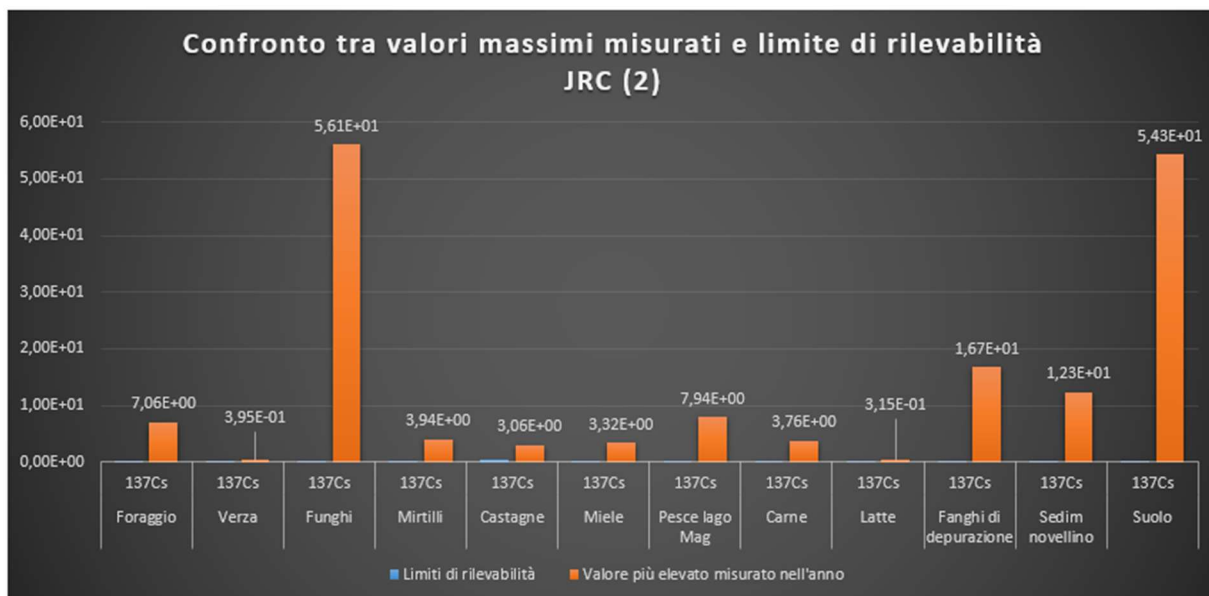
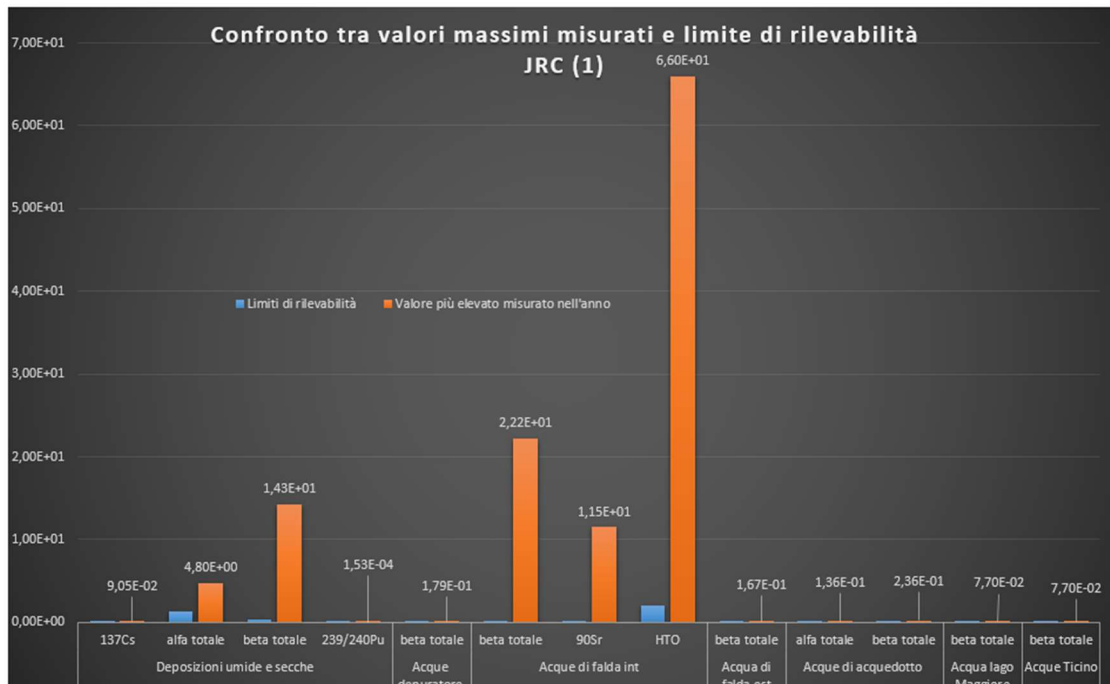


Figura 3.4 – Confronto risultanze misure con il limite di rilevabilità (MDC)

In relazione all'elevato numero di matrici e i diversi radionuclidi considerati, per comodità di presentazione, il grafico che rappresenta l'andamento dei valori massimi misurati nel corso del 2018 nelle matrici rispetto al limite di rilevabilità (MDC) è stato suddiviso in 2 parti.

Per quanto riguarda le concentrazioni di radioattività misurate nel particolato e nelle deposizioni esse sono in linea con quelle degli ultimi anni.

In alcuni pozzi piezometrici si riscontra una estrema variabilità della concentrazione di HTO e in alcuni casi i valori sono superiori a quelli normalmente riscontrati in natura; in ogni caso i valori rimangono in linea con quelli misurati negli ultimi anni e comportano una esposizione trascurabile per la popolazione.

Nonostante non sia stato possibile stabilire una correlazione tra la presenza di rifiuti interrati nell'area SGRR e la presenza di alcuni radioisotopi nei pozzi piezometrici, l'impianto sta mettendo a punto dei progetti per il recupero e il condizionamento dei rifiuti stessi.

Sono state trovate tracce di Cs-137 nei fanghi del depuratore interno al JRC come c'è da aspettarsi. Nei sedimenti del ruscello Novellino è stata rilevata la presenza di tracce di Cs-137 (12 Bq/kg), in concentrazioni coerenti con quelle determinate in punti non correlati con la presenza dell'impianto e, pertanto, sono attribuibili all'incidente di Chernobyl (0,136÷28,47 Bq/kg). Stesse considerazioni possono essere fatte per il Cs-137 riscontrato nei campioni di terreno (54,3 Bq/kg) il cui *range* di variabilità a livello nazionale è compreso tra 0,2 e 2100 Bq/kg.

La presenza di tracce di Cs-137 in alcune matrici alimentari è in linea con i valori misurati negli anni precedenti ma sono confrontabili con i valori misurati in altri punti della regione sulle stesse matrici ed attribuibili all'incidente di Chernobyl. Nello specifico per gli ortaggi il valore misurato è 0,39 che è inferiore al valore max misurato di 0,57 Bq/kg (si tenga presente che la misura potrebbe variare con la tipologia di ortaggio sottoposto a misura caratterizzato anche da diversi fattori di assorbimento radici/pianta); per il foraggio il valore misurato, 7,06 Bq/kg, è in linea con il *range* di valori compreso tra 0,05 e 45,3 Bq/kg; per i funghi la concentrazione di 56,1 Bq/kg è all'interno del *range* 0,2÷31.000 Bq/kg; per i mirtili il valore 3,94 Bq/kg è compreso tra 0,2 e 55 Bq/kg; per le castagne i 3,6 Bq/kg sono entro il *range* 0,2÷82 Bq/kg; per il miele la misura 3,32 Bq/kg è ricompresa nell'intervallo 0,1÷44 Bq/kg; e per la carne, infine, i 3,76 Bq/kg, sono all'interno del *range* 0,04÷15 Bq/kg.

Anche la presenza nel latte di tracce di Cs-137 (0,31 Bq/kg) è ampiamente contenuta nell'intervallo nazionale (0,03÷21,8 Bq/l).

La presenza di Cs-137 nella matrice pesce di lago (7,94 Bq/kg) è confrontata con il *range* ottenuto misurando il Cs nei pesci di fiume (0,1÷4,5 Bq/kg); è da tener presente che la concentrazione di Cs-137 nell'acqua di lago è superiore rispetto a quella delle acque di fiume per la maggiore stagnazione della prima rispetto alla seconda.

Tra l'altro, le misure di Cs-137 effettuate nell'acqua del lago Maggiore risultano inferiori alla MDC così come i valori di beta totale (0,077 Bq/l) risultano ampiamente all'interno del *range* nazionale compreso tra 0,01 e 2,3 Bq/l.

Nell'acqua potabile valori superiori alla MDC per alfa e beta totale (0,13 e 0,23 Bq/l rispettivamente) sono ampiamente contenute negli intervalli di variabilità nazionali (0,0049÷1 Bq/l e 0,23÷0,011 Bq/l rispettivamente per alfa e beta totale).

Tabella 3.5 - Quantità di radioattività scaricata dagli impianti nucleari negli effluenti liquidi e aeriformi (2018)

CENTRO CASACCIA DELL'ENEA (RM)

Scarichi liquidi										
Nuclide	H-3	C-14	Co-60	Sr-89	Sr-90	Ru-106	I-125	%F.d.S.	Dose all'individuo rappresentativo della popolazione ($\mu\text{Sv}/\text{anno}$)	
Attività (Bq)	1,40E+08	2,21E+05	<6,34E+02	<6,82E+06	2,98E+04	<5,28E+03	<4,46E+02	2,80E+00	2,80E-01	
Nuclide	I-131	Cs-134	Cs-137	Eu-152	Ra-226	Th-232	U-235			
Attività (Bq)	<5,26E+02	<5,38E+02	7,10E+04	1,48E+03	<1,49E+04	<2,81E+03	1,01E+02			
Nuclide	U-238	Pu-238	Pu-239	Pu-240	Pu-241	Am-241	Pu-242			
Attività (Bq)	2,09E+03	<1,94E+01	<1,94E+01	<1,94E+01	<6,00E+03	<2,64E+01	<1,94E+01			
Scarichi aeriformi										
Nuclide	Ar-41	Kr-88	I-131	α totale	β/g totale			%F.d.S.		
Attività (Bq)	6,6E+10	(*)	<1,0E+06	1,38E+04	1,69E+06			(**)		

Matrice	Tipo di misura	Limiti di rilevabilità	Valore più elevato misurato nell'anno
Latte	Cs-137	1,00E-02 Bq/l	7,50E-02
	I-131	5,00E-02	1,10E-01
	Sr-90	2,00E-03	1,80E-02
Terreno	α totale	1,00E+02 Bq/kg secco	1,20E+03
	β totale	2,00E+01	2,30E+03
	Co-60	3,00E-01	3,60E-01
	Cs-137	2,00E-01	6,00E+00
	Pu-238	1,00E-02	2,40E-02
	Pu-239/240	1,00E-02	9,70E-02
Acque reflue	Co-60	7,00E-02 Bq/l	1,40E-01
	I-131	1,00E-01	5,50E-01
	Cs-137	7,00E-02	1,40E-01

Segue

Matrice	Tipo di misura	Limiti di rilevabilità	Valore più elevato misurato nell'anno
Acqua del fossetto	α totale	1,00E-02 Bq/l	7,80E-02
	β totale	3,00E-03	9,50E-01
	Co-60	1,00E-03	9,30E-03
	I-131	5,00E-02	1,30E-01
	Cs-137	1,00E-03	9,10E-03
	Pu-238	1,00E-06	1,50E-06
	Pu-239/240	1,00E-06	1,90E-06
Acqua potabile	α totale	1,00E-02 Bq/l	(*)
	β totale	3,00E-03	7,60E-01
	Co-60	1,00E-03	1,00E-02
	I-131	5,00E-02	7,10E-01
	Cs-137	1,00E-03	9,50E-03
Sedimento fluviale	α totale	4,00E+01Bq/kg	9,20E+02
	β totale	1,00E+01	2,00E+03
	Co-60	8,00E-02	2,40E-01
	I-131	6,00E-02	2,30E-01
	Cs-137	5,00E-02	3,10E+00
	Pu-238	1,00E-02	1,40E-02
	Pu-239/240	1,00E-02	6,50E-02
Cereali	α totale	2E+00 Bq/Kgsecco	9,00E+00
	β totale	4,00E-01	4,30E+02
	Co-60	1,00E-01	(*)
	Cs-137	7,00E-02	3,00E-01
	Sr-90	1,00E-01	3,20E-01
	Pu-238	3,00E-04	1,10E-03
	Pu-239/240	3,00E-04	1,10E-03
Acqua di falda	α totale	1,00E-02 Bq/l	5,00E-02
	β totale	3,00E-03	8,00E-01
	Co-60	1,00E-03	1,10E-02
	I-131	5,00E-02	1,10E-01
	Cs-137	1,00E-03	9,90E-03

Segue

Particolato atmosferico	Pu-238	2,00E-09 Bq/m ³	(*)
	Pu-239/240	2,00E-09	9,50E-09
	α totale	3,00E-05	8,30E-04
	β totale	6,00E-05	4,20E-03
	Co-60	3,00E-06	(*)
	I-131	2,00E-04	(*)
	Cs-137	3,00E-06	(*)
Ortaggi	α totale	1E+01 Bq/kgsecco	3,60E+01
	β totale	3,00E+00	1,70E+03
	Co-60	4,00E-01	8,40E-01
	Cs-137	3,00E-01	6,70E-01
	Sr-90	4,00E-01	2,50E+00
	Pu-238	1,00E-03	2,90E-03
	Pu-239/240	1,00E-03	3,30E-03
Erba e foraggio	α totale	1E+01 Bq/kgsecco	5,60E+01
	β totale	2,00E+00	1,40E+03
	Co-60	6,00E-01	9,40E-01
	Cs-137	4,00E-01	1,90E+00
	Sr-90	1,00E-01	9,90E-01
	Pu-238	3,00E-04	2,80E-03
	Pu-239/240	3,00E-04	2,40E-03
Dose esterna (TLD)	rateo di dose gamma	valore medio	230 microSv

Legenda:

a) formula di scarico per i gas nobili; b) formula di scarico per i particolati β/g; 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;

(+) 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

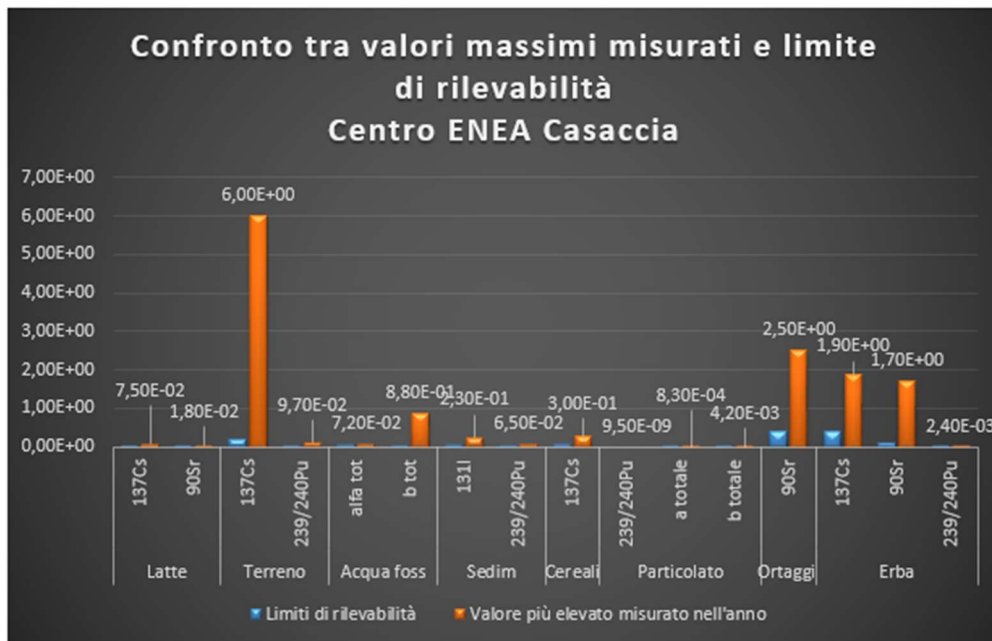


Figura 3.5 - Confronto risultanze misure con il limite di rilevabilità (MDC)

I valori di alfa e beta totale riscontrati nel terreno, nei sedimenti fluviali, nei cereali, negli ortaggi, nell'erba e nel foraggio sono da attribuire alla radioattività naturale mentre la presenza in tracce dello Sr-90, del Cs-137, del Co-60 e del Pu-239/240, sono in linea con i valori misurati negli anni precedenti, da imputare in parte all'evento di Chernobyl (Sr-90, Cs-137) e solo marginalmente ai pochi scarichi effettuati da Nucleco negli anni.

Per il Cs-137 nel terreno (6 Bq/kg), infatti, la variabilità sul territorio nazionale è compresa nel *range* tra 0,2 e 2100 Bq/kg; per i cereali il valore misurato di 0,3 Bq/kg è all'interno dell'intervallo di variabilità (0,06÷0,7 Bq/kg);

Per quanto riguarda la misura di Sr-90 negli ortaggi, essa è stata registrata una sola volta in una matrice campionata nel mese di dicembre; per gli altri mesi e le altre matrici campionate il valore è risultato sempre inferiore alla MDA.

Per la matrice erba e foraggio i valori misurati di Cs-137 (1,90 Bq/kg) e Sr-90 (1,7 Bq/kg), sono all'interno del *range* di variabilità nazionale (0,05÷45,3 Bq/kg e 0,033÷10,17 Bq/kg rispettivamente).

Anche per i valori di Cs-137 e Sr-90 registrati nel latte (Cs-137 7,5E-02 Bq/l e Sr-90 1,8E-02 Bq/l) si può affermare che essi sono all'interno dell'intervallo di variabilità nazionale compreso tra 0,03 e 21,8 e 0,006 e 0,699 Bq/l rispettivamente.

Per i cereali, infine, il valore superiore alla MDC per il Cs-137 (0,3 Bq/kg) è nell'intervallo di variabilità compreso tra 0,06 e 0,7 Bq/kg.

In ogni caso i valori nelle matrici alimentari superiori alla MDC risultano in ogni caso di molto inferiori rispetto ai livelli notificabili riportati nell'allegato III Euratom 2000/473.

Il valore anomalo di I-131 misurato nel sedimento del Fossetto della Casaccia è, invece, da ritenersi derivante dalle evacuazioni di persona sottoposta ad indagine di tipo clinico o terapeutico.

Complessivamente le attività del centro della Casaccia hanno portato a valori che risultano in linea con quelli misurati negli anni precedenti e sono stati tali da avere sulla popolazione circostante il sito un impatto trascurabile dal punto di vista radiologico.

Tabella 3.6 - Quantità di radioattività scaricata dagli impianti nucleari negli effluenti liquidi e aeriformi (2018)

IMPIANTO DELLA FABBRICAZIONI NUCLEARI BOSCO MARENCO (AL)

Scarichi liquidi				
Nuclide	Uranio	%F.d.S.	Dose all'individuo rappresentativo della popolazione ($\mu\text{Sv}/\text{anno}$)	
Quantità (kg)	0,0269	0,45	1,21E-02	aumentata
Scarichi aeriformi				
Nuclide	Uranio	%F.d.S.	Dose all'individuo rappresentativo della popolazione ($\mu\text{Sv}/\text{anno}$)	
Attività (Bq)	2,7E+03	0,04	4,00E-03	aumentata

Matrice	Tipo di misura	Limiti di rilevabilità	Valore più elevato misurato nell'anno
Vegetali	U totale	(***)	6,54E+00
Terreno	U totale	(***)	1,089
Acqua superficiale del Rio Lovassina	U totale	(***)	4,56E-01
Acqua potabile	U totale	(***)	6,31E-01
Sedimenti Rio Lovassina	U totale	(***)	9,69E-01
Particolato atmosferico		(***)	
		(***)	
Dose esterna (TLD)		(***)	560 μSv

Legenda:

a) formula di scarico per i gas nobili; b) formula di scarico per i particolati β/g ; 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;
 (***) il metodo per rilevare l'Uranio è di tipo chimico;
 (+) 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

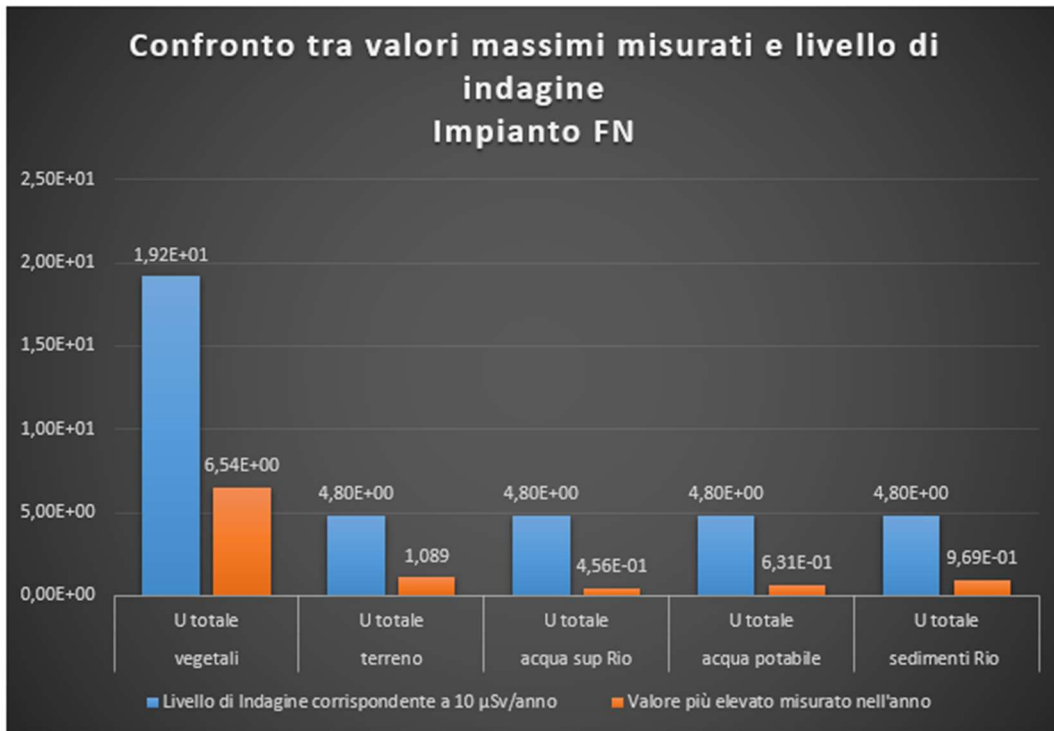


Figura 3.6 - Confronto risultanze misure con il limite di rilevabilità (MDC)

Come si può evincere dal grafico riportato, le concentrazioni di Uranio nelle matrici campionate risultano tutte ampiamente inferiori rispetto al livello di indagine. Tutte le determinazioni, inoltre, non evidenziano valori anomali rispetto alla variabilità caratteristica del fondo ambientale misurato in zone non influenzate dalla presenza dell'impianto.

Tabella 3.7 - Quantità di radioattività scaricata dagli impianti nucleari negli effluenti liquidi e aeriformi (2018)

IMPIANTO EUREX C.R. ENEA, SALUGGIA (VC)

Scarichi liquidi											
Nuclide	β totale	α totale							% F.d.S.	Dose all'individuo rappresentativo della popolazione (μ Sv/anno)	
Attività (Bq)	3,52E+06	3,76E+06							9,00E-03	0,12	Aumentata
Scarichi aeriformi											
Nuclide	Cs-134	Cs-137	I-129	Sr-90	Pu-239	Particolato β /g	Particolato α	% F.d.S.			
Attività (Bq)	$\leq 1,79E+04$	$\leq 1,50E+04$	$1,01E+04$	$\leq 4,03E+03$	$\leq 2,33E+02$	$\leq 3,91E+04$	$\leq 6,86E+03$	a)0,0			
								b)<3,71E-02			
								c)<3,52E-02	Trascurabile	Stabile	

Matrice	Tipo di misura	Limiti di rilevabilità	Valore più elevato misurato nell'anno
Latte	Cs-137	2,55E-01 Bq/l	(*)
	I-129	2,55E-02	(*)
	Sr-90	1,00E-02 Bq/l	(*)
Terreno	Cs-137	8,54 E-04 Bq/kg	1,44E+01
Acqua di falda	Cs-137	1,96E-04 Bq/l	(*)
	Sr-90	6,62E-03 Bq/l	1,68E+00
	Pu-239	3,4E-06 Bq/l	(*)
Acqua di fiume	Cs-137	1,12E-02 Bq/l	(*)
	Pu-239	3,2E-06 Bq/l	(*)
Acqua potabile	Cs-137	1,33E-02 Bq/l	(*)
	Pu-239	6,1E-06 Bq/l	(*)
	Sr-90	1,4E-02 Bq/l	(*)

Segue

Matrice	Tipo di misura	Limiti di rilevabilità	Valore più elevato misurato nell'anno
Limo-sedimenti	Cs-137	5,59E-04 Bq/g	5,30E+00
	Pu-239	7,00E-03 Bq/kg	2,57E-02
Mais	Sr-90	2,13E-01 Bq/kg	(*)
	Cs-137	1,23E-02	(*)
Particolato atmosferico	Sr-90	1,6E-07 Bq/m ³	(*)
	Cs-137	2,26E-06	(*)
Fallout	Cs-137	2,44E+00 Bq/m ²	(*)
	Pu-239	3,00E-06	(*)
	Sr-90	9,00E-02	(*)

Legenda:

a) formula di scarico per i gas nobili; b) formula di scarico per i particolati β/g ; 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;
 (+) per il reattore TRIGA LENA non è stata definita una formula di scarico per gli effluenti aeriformi
 N.A. misura non applicabile

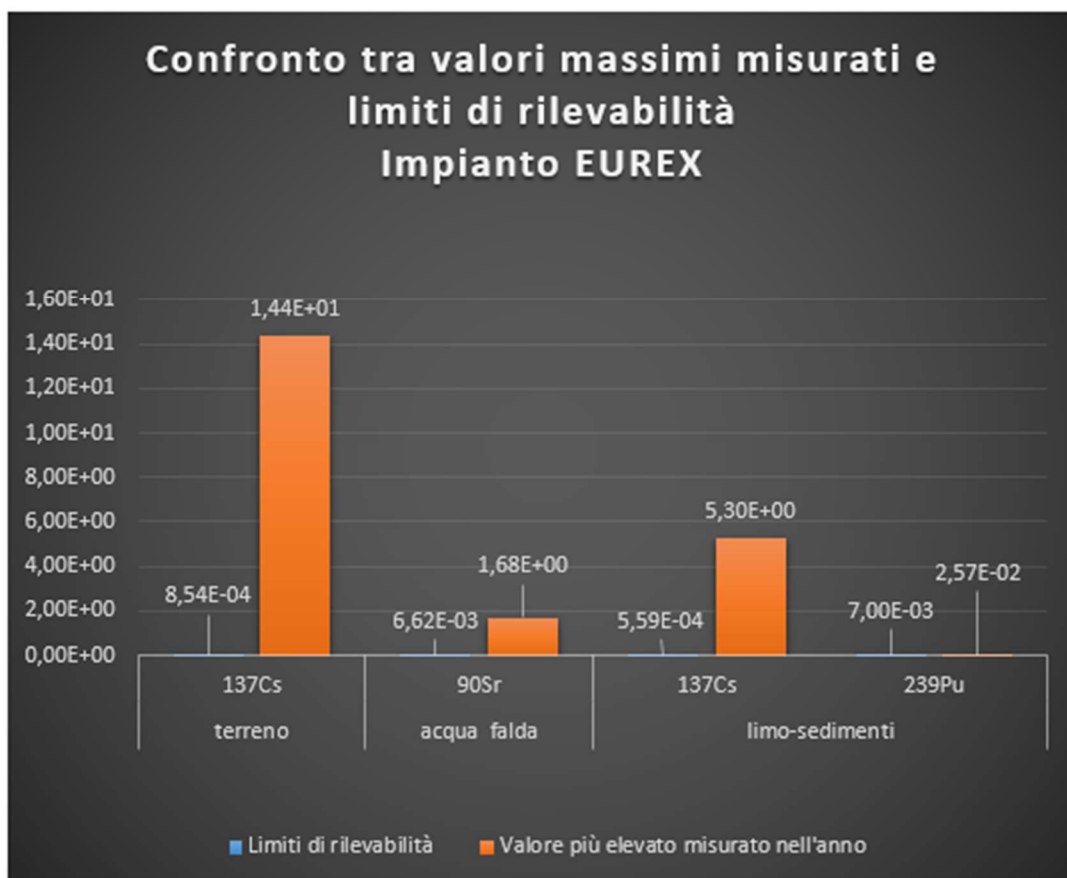


Figura 3.7 - Confronto risultanze misure con il limite di rilevabilità (MDC)

Tutti i valori misurati sono risultati al di sotto della MDC tranne che per i campioni di terreno e limo per i quali si registrano tracce di Cs-137 in linea con i valori degli anni precedenti e coerenti con le concentrazioni dovute all'incidente di Chernobyl; infatti sia per il terreno, il cui valore misurato di 14,4 Bq/kg, che per il limo, la cui determinazione è di 5,3 Bq/kg, sono perfettamente in linea con il *range* di variabilità nazionale compreso tra 0,2 e 2100 Bq/kg e 0,147 e 19 Bq/kg per terreno e limo rispettivamente.

Per quanto riguarda la presenza di Sr-90 nell'acqua di falda va ricordato che il sito di EUREX effettua da alcuni anni un monitoraggio straordinario dell'acqua di falda legato alla presenza di alcune perdite dalla piscina prima che fosse svuotata definitivamente.

I risultati mostrano una stazionarietà delle concentrazioni di Sr-90 rispetto agli anni precedenti; i valori misurati non mostrano correlazioni con concentrazioni anomale di Sr-90 rilevate da ARPA Piemonte all'esterno del sito EUREX.

Tabella 3.8 - Quantità di radioattività scaricata dagli impianti nucleari negli effluenti liquidi e aeriformi (2018)

IMPIANTO ITREC

Scarichi liquidi							
Nuclide	Sr-90	H-3	Emettitori α	Emettitori β /g	% F.d.S. impegnata	Dose all'individuo rappresentativo della popolazione (μ Sv/anno)	
Attività (Bq)	1,23E+08	6,14E+07	7,24E+05	2,20E+08	4,50E-01	1,64E-02	Diminuita
Scarichi aeriformi							
Nuclide	Gas	Particolato			% F.d.S. impegnata	Dose all'individuo rappresentativo della popolazione (μ Sv/anno)	
Attività (Bq)	6,20E+12	2,11E+06			7,00E-02	Trascurabile	Diminuita

Matrice	Tipo di misura	Limiti di rilevabilità	Valore più elevato misurato nell'anno
Aria (particolato atmosferico)	β totale	7,4E-04 Bq/m ³	8,69E-04
	Pu-239	2,22E-06	(*)
	Cs-137	7,40E-05	(*)
Latte	Sr-90	7,04E-02 Bq/l	4,28E-02
	Cs-137	3,70E-01	(*)
Foraggio	Sr-90	7,4E-02 Bq/kg	1,46
	Cs-137	9,25E-01	(*)
Ortaggi	Sr-90	7,4E-02 Bq/kg	2,24E-01
	Cs-137	1,48E-01	(*)
Molluschi	Cs-137	7,4E-02 Bq/kg	(*)
Limo	Cs-137	5,55E-01 Bq/kg	2,20E+01
Pesce	Cs-137	1,48E-01 Bq/kg	7,45E-02
Acqua di mare	Cs-137	3,70E-02 Bq/l	(*)
	Th nat	0,02 (μ g/l)	(*)
	Sr-90	7,40E-02	(*)
	H-3	2,59E+01	(*)

Segue

Matrice	Tipo di misura	Limiti di rilevabilità	Valore più elevato misurato nell'anno
Acqua di falda	β totale	3,33E-01 Bq/l	4,19E-01
	Cs-137	3,70E-02	(*)
Sedimenti	Cs-137	5,55E-01 Bq/kg	9,67E-01
Terreno	Cs-137	5,55E-01 Bq/kg	2,73
Frutta	Sr-90	7,40E-02 Bq/kg	
	Cs-137	1,48E-01	(*)
Dose esterna (TLD)	rateo di dose gamma in aria		200 μ Sv
Fallout	Cs-137	3,33E-01 Bq/m ²	(*)
Sabbia	Cs-137	5,55E-01 Bq/kg	2,79E-01
Sabbia (irraggiamento diretto)		0,01 μ Sv/h	0,072

Legenda:

a) formula di scarico per i gas nobili; b) formula di scarico per i particolati β/g ; 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;
 (+) 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;
 N.P. non presente

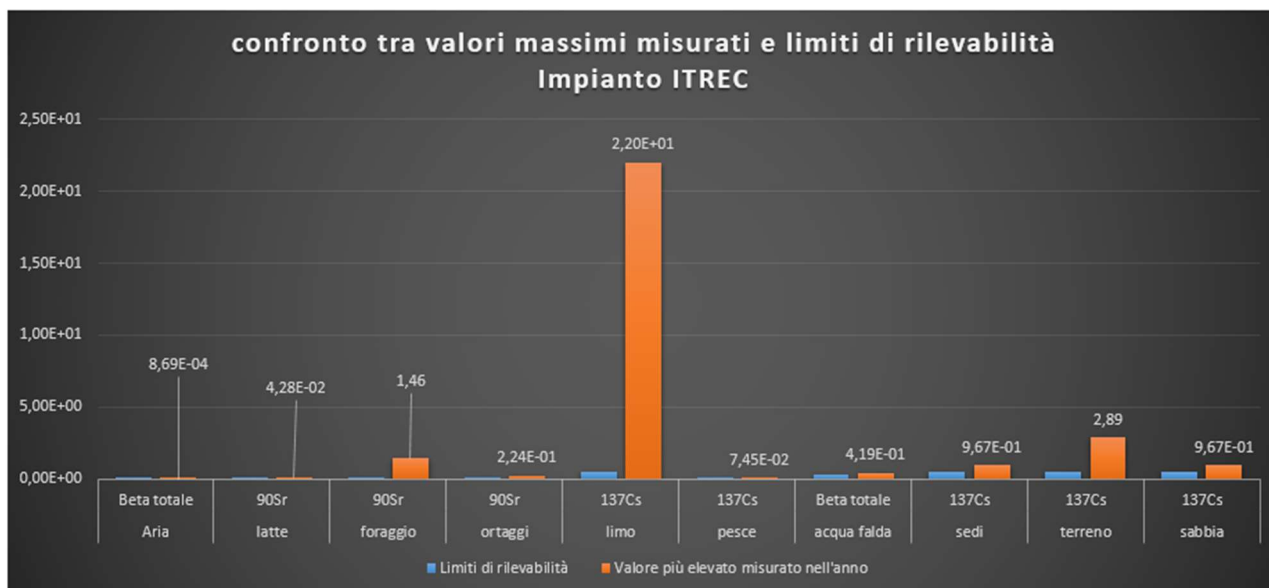


Figura 3.8 - Confronto risultanze misure con il limite di rilevabilità (MDC)

Nonostante siano state trovate tracce di Cs-137 nel terreno (2,89), nel limo (22), nella sabbia (0,967) e nei sedimenti (0,967), esse sono in linea con i valori misurati negli anni precedenti e non risultano attribuibili alla presenza dell'impianto sul territorio anche perché i valori misurati sono ricompresi nel *range* di variabilità nazionale che per il terreno è 0,2÷2100 Bq/kg, per il limo e sedimenti è 0,147÷19 Bq/kg e per la sabbia è 0,119÷51 Bq/kg.

Anche la presenza di tracce di Sr-90 nel foraggio (1,46) è in linea con le determinazioni effettuate negli anni precedenti ed in ogni caso all'interno del *range* nazionale (0,0033÷10,176 Bq/kg).

Il valore di Cs-137 nel pesce (0,0745), sebbene superiore alla MDC, risulta addirittura inferiore rispetto al minimo valore del *range* di variabilità nazionale (0,35÷1,37 Bq/kg). Per l'acqua di falda la misura del beta totale (0,419) è all'interno dell'intervallo di valori nazionali (0,037÷1,95 Bq/l).

Tabella 3.9 - Quantità di radioattività scaricata dagli impianti nucleari negli effluenti liquidi e aeriformi (2018)

CENTRALE DI CAORSO

Scarichi liquidi													
Nuclide	Co-60	Cs-137	Sr-90	Sb-125	Fe-55	Ni-59	H-3	Ni-63	α totale	β totale	%F.d.S impegnata	Dose all'individuo rappresentativo della popolazione (μSv/anno)	
Attività (Bq)	1,68E+07	1,12E+07	4,84E+04	9,09E+08	4,59E+05	2,67E+06	3,42E+08	3,90E+07	4,21E+05	2,20E+07	1,02E-02	5,08E-04	Aumentata
Scarichi aeriformi													
Nuclide	Co-60	Cs-137	Sr-90	Sb-125	Fe-55	Ni-59	H-3	Ni-63	α totale	β totale	%F.d.S impegnata		
Attività (Bq)	4,50E+05		6,46E+03				4,60E+08	7,26E+04	1,01E+05	3,57E+06	2,33E-02	1,89E-03	Costante

Matrice	Tipo di misura	Limiti di rilevabilità	Valore più elevato misurato nell'anno
Aria (particolato atmosferico)	β totale	1,8E-04 Bq/l	1,98E-03
	Cs-137	1,10E-04	(*)
Latte	Sr-90	3,00E-02 Bq/l	5,73E-02
	Co-60	2,00E-02	(*)
	Cs-137	3,00E-02	(*)
Foraggio	Co-60	1,5E-01 Bq/kg	(*)
	Cs-137	3,00E-01	5,25E-01
Insalata	Sr-90	1,00E-01 Bq/kg	7,69E-01
	Co-60	2,00E-01	(*)
	Cs-137	2,00E-01	(*)
Mais	Co-60	1,00E-01 Bq/kg	(*)
	Cs-137	1,00E-01	(*)
Pomodori	Co-60	1,00E-02 Bq/kg	(*)
	Cs-137	1,00E-02	(*)

Segue

Matrice	Tipo di misura	Limiti di rilevabilità	Valore più elevato misurato nell'anno
Carne suina	Co-60	1,00E-01 Bq/kg	(*)
	Cs-137	1,00E-01	(*)
Carne bovina	Co-60	1,00E-01 Bq/kg	(*)
	Cs-137	1,00E-01	(*)
Pesce	Co-60	1,00E-01 Bq/kg	(*)
	Cs-137	1,00E-01	(*)
Acqua di Po	Co-60	3,00E-04 Bq/l	1,29E-04
	Cs-137	1,50E-03	1,86E-04
Acqua potabile	Sr-90	3,00E-04 Bq/l	2,12E-02
	Co-60	1,80E-03	1,17E-03
	Cs-137	7,00E-04	1,69E-03
Sedimenti	Co-60	4,00E-01 Bq/kg	(*)
	Cs-137	5,00E-01	4,89
Terreno	Co-60	4,00E-01 Bq/kg	(*)
	Cs-137	5,00E-01	4,88
Uova	Co-60	1,00E-01 Bq/kg	(*)
	Cs-137	1,00E-01	(*)
Dose esterna (TLD)	rateo di dose gamma in aria		0,123 µGy/h
Fallout	Co-60	0,15 Bq/m ²	(*)
	Cs-137	1,00E-01	(*)
	β totale	1,00E+00	6,65

Legenda:

a) formula di scarico per i gas nobili; b) formula di scarico per i particolati β/g; 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;
 (+) 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

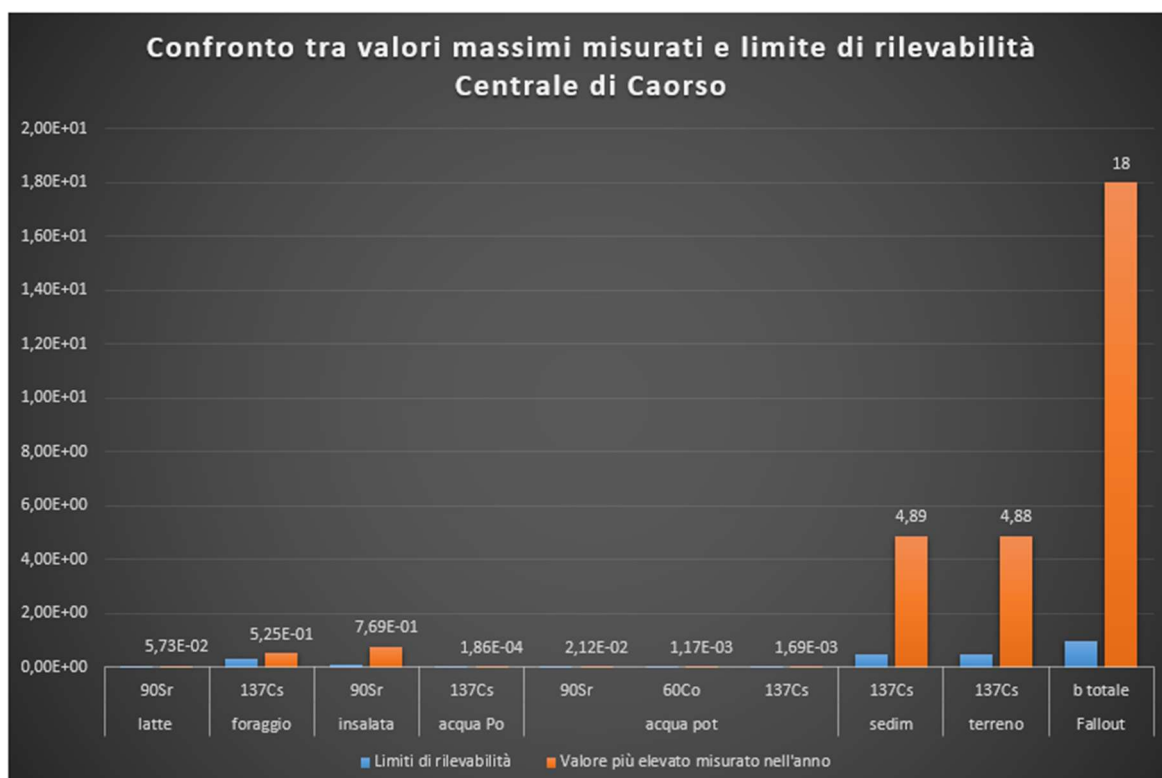


Figura 3.9 - Confronto risultanze misure con il limite di rilevabilità (MDC)

Nel terreno sono state rilevate modeste quantità di Cs-137 (4,88 Bq/kg) che risultano, tuttavia, in linea con il *range* nazionale (0,2 e 2100 Bq/kg).

Anche nei sedimenti fluviali sono state riscontrate tracce di Cs-137 (4,89 Bq/kg); in ogni caso non si evidenziano differenze tra le concentrazioni di Cs-137 misurate a valle e a monte degli scarichi di competenza della Centrale e le stesse risultano coerenti con l'intervallo di variabilità nazionale (0,136 e 28,7 Bq/kg).

Anche nell'insalata si è registrato il superamento del livello di indagine per lo Sr-90; tuttavia i conteggi effettuati in tempi successivi hanno dimostrato che tale attività non era attribuibile a Sr-90 in quanto non veniva rispettato il normale decadimento dell'Y-90. Per questo motivo è possibile che il valore anomalo possa essere causato da radioisotopi naturali presenti nel terreno, non rimosso in modo accurato durante il pretrattamento del campione.

Nel foraggio si è riscontrato un valore insolito per il Cs-137 che sarà oggetto di indagine nei successivi campionamenti anche se la misura è assolutamente compresa nel *range* di variabilità nazionale compreso tra 0,05 e 45,3 Bq/kg.

Il valore di Sr-90 (5,73E-02 Bq/l) riscontrato nel latte è in linea con il *range* di variabilità nazionale compreso tra 0,0060 e 0,699 Bq/l.

Per quanto riguarda l'acqua potabile il valore misurato di Cs-137 (1,69E-03) è ricompreso nell'intervallo di variabilità nazionale (1,3E-04 e 5E-04 Bq/kg); le stesse conclusioni possono essere tratte per le misure di Sr-90 (2,12E-02) e Co-60 (1,17E-03) ricomprese nel *range* nazionale tra 0,011 e 1,3 Bq/kg.

Il valore del Cs-137 nelle acque del Po (1,86 E-04 Bq/l) è all'interno del *range* di variabilità nazionale compreso tra 5E-05 e 0,010 Bq/l.

Tabella 3.10 - Quantità di radioattività scaricata dagli impianti nucleari negli effluenti liquidi e aeriformi (2018)

CENTRALE DI LATINA

Scarichi liquidi									
Nuclide	β	Pu-239	Cs-137	Sr-90	β/g	H-3	% F.d.S impegnata	Dose all'individuo rappresentativo della popolazione ($\mu Sv/anno$)	
Attività (Bq)	2,80E+07	6,03E+07	1,27E+08	2,14E+08	4,55E+06	1,09E+09	1,73E+00	8,01E-01	Aumentata
scarichi aeriformi									
Nuclide	Co-60	Cs-137 come Co-60 equivalente					% F.d.S. Impegnata		
Attività (Bq)	2,86E+02	2,64E+04					<0,1	5,51E-06	
								Stabile	

Matrice	Tipo di misura	Limiti di rilevabilità	Valore più elevato misurato nell'anno
Aria	Co-60	1,00E-05 Bq/m3	(*)
	Cs-137	3,00E-02	(*)
Fallout	Co-60	1,00E-04 Bq/m2	(*)
	Cs-137	1,00E-03	(*)
Periphyton	Co-60	3,00E+00 Bq/kg	NP
	Cs-137	3,00E+00	NP
	Sr-90	3,00E-02	NP
Erba	Co-60	3,00E+00 Bq/kg	(*)
	Cs-137	3,00E+00	(*)
Acqua di falda	H-3	5,5 Bq/l	(*)
	Cs-137	1,00E-02	(*)
Sedimenti di acque dolci	Co-60	1,00E+00 Bq/kg	(*)
	Cs-137	1,00E+00	1,66E+00
	Sr-90	1,00E-01	(*)

Segue

Matrice	Tipo di misura	Limiti di rilevabilità	Valore più elevato misurato nell'anno
Sabbia e sedimenti in ambiente marino	Co-60	1,00E+00 Bq/kg	(*)
	Cs-137	1,00E+00	(*)
	Sr-90	1,00E-01	(*)
Pesce di mare	Co-60	1,00E-01 Bq/kg	(*)
	Cs-137	1,00E-01	(*)
Molluschi bivalvi	Co-60	1,00E+00 Bq/kg	N.P.
	Cs-137	1,00E+00	N.P.
Latte di pecora o di mucca	Sr-90	3,00E-02 Bq/l	(*)
	Co-60	3,00E-02	(*)
	Cs-137	3,00E-02	(*)
Acqua di mare	Co-60	1,00E-02 Bq/l	(*)
	Cs-137	1,00E-02	(*)
	Sr-90	1,00E-02	(*)
	H-3	5,50E+00	(*)
Vegetali	Co-60	3,00E+00 Bq/kg	(*)
	Cs-137	3,00E+00	(*)
	Sr-90	3,00E-02	(*)
Dose integrata gamma	rateo di dose gamma		0,352 µSv/h

Legenda:

a) formula di scarico per i gas nobili; b) formula di scarico per i particolati β/g; 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;
 (+) 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



Figura 3.10 - Confronto risultanze misure con il limite di rilevabilità (MDC)

Per quanto riguarda i risultati delle determinazioni del programma di sorveglianza ambientale della centrale di Latina, tutte le valutazioni hanno confermato che l’impatto della centrale sul territorio circostante è trascurabile dal punto di vista della radioprotezione.

L’unico valore superiore alla MDC relativo al Cs-137 nei sedimenti di acqua dolce è in linea con quanto rilevato negli anni precedenti e comunque nel *range* di variabilità nazionale compreso tra 0,136 e 28,47 Bq/kg) e non rappresenta, dunque, una singolarità.

Tabella 3.11 - Quantità di radioattività scaricata dagli impianti nucleari negli effluenti liquidi e aeriformi (2018)

CENTRALE DI TRINO

Scarichi liquidi										
Nuclide	Co-60	C-14	Cs-134	Cs-137	Eu-152	Eu-154	Sr-90	Sr-90	H-3	54Mn
Attività (Bq)	1,38E+07	2,93E+06	8,70E+05	1,44E+07	2,42E+06	2,18E+06	3,21E+06	6,37E+05	3,42E+07	8,29E+05
Nuclide	Fe-55	Ni-59	Ni-63	Am-241	Pu-239	Pu-241	Sb-125	% F.d.S. impegnata	Dose all'individuo rappresentativo della popolazione (µSv/anno)	
Attività (Bq)	3,73E+06	4,56E+06	8,98E+07	1,79E+05	2,44E+04	2,06E+06	2,34E+07	8,90E-03	7,12E-04	Aumentati sia liquidi che aeriformi
Scarichi aeriformi										
Nuclide	Co-60	Cs-134	Cs-137	Sr-90	Pu-239	H-3	Kr-85	% F.d.S. impegnata	Dose all'individuo rappresentativo della popolazione (µSv/anno)	
Attività (Bq)	4,50E+05	8,24E+04	1,99E+05	3,85E+02	1,19E+06	1,66E+09	(*)	1,23E+00	2,46E-02	

Matrice	Tipo di misura	Limiti di rilevabilità	Valore più elevato misurato nell'anno	
Aria (particolato atmosferico)	β totale	1,00E-03 Bq/m ³	1,60E-03	
	Cs-137	2,00E-05	(*)	
	Cs-134	1,00E-03	(*)	
	Sr-90	1,00E-04	(*)	
	I-131	1,00E-04	(*)	
	α totale	1,00E-03	(*)	
Fallout	Cs-134	3,30E-01 Bq/m ²	(*)	
	Cs-137	4,70E-01	(*)	
	I-131	1,70E+00	(*)	
Terreno di risaia	Co-60	1,2E-01 Bq/kg	(*)	
	Cs-137	1,90E-01	14,9	
	Cs-134	9,50E-02	(*)	

Segue

Matrice	Tipo di misura	Limiti di rilevabilità	Valore più elevato misurato nell'anno	
	U-238	2,70E+01	46	
	Th-232	1,10E+00	48,7	
Erba	I-131	3,1E-02 Bq/kg	(*)	
	Cs-134	4,30E-02	(*)	
	Cs-137	6,80E-02	1,30E+00	
Acqua di falda piezometri di centrale	H-3	1,1E+00 Bq/l	(*)	
Sedimenti fluviali	Co-60	2,2E-01 Bq/kg	(*)	
	Cs-137	2,30E-01	6,69	
	Cs-134	1,30E-01	3,72E-01	
	Mn-54	1,60E-01	(*)	
	U-238	2,10E+01	48	
	Th-232	1,30E+00	41	
Riso, mais, vegetali eduli	Cs-134	5,1E-02 Bq/Kg	(*)	
	Cs-137	7,00E-02	(*)	
	I-131	4,30E-02	(*)	
Pesce	Co-60	3,1E-02 Bq/kg	(*)	
	I-131	1,80E-02		
	Sr-90	1,00E-02	3,13E-01	
	Cs-134	2,10E-02	(*)	
	Cs-137	2,10E-02	6,40E-02	
Latte	Sr-90	1,90E-03	2,44E-02	
	I-131	3,00E-02	(*)	
	H-3	1,20E+00	(*)	
	Cs-134	5,50E-02	(*)	
	Cs-137	4,70E-02	1,27E-01	
Acqua di fiume	Co-60	6,3E-04 Bq/l	(*)	
	Cs-137	1,00E-03	(*)	
	Cs-134	7,30E-04	(*)	
	Sr-90	2,60E-06	1,73E-04	
	I-131	7,40E-04	2,57E-01	Iodio non legato alla presenza della centrale poiché presente anche a monte della stessa
	Gross alfa	4,90E-02	7,20E-02	
	Gross beta	4,80E-02	3,95E-01	
	Pu-239/240	5,40E-03	(*)	
	H-3	1,30E+00	1,6	

Segue

Matrice	Tipo di misura	Limiti di rilevabilità	Valore più elevato misurato nell'anno	
Acqua di pozzo potabile cascine	Co-60	4,8E-04 Bq/l	(*)	
	Cs-137	5,40E-04	(*)	
	Cs-134	4,50E-04	(*)	
	Sr-90	3,10E-05	9,50E-04	
	I-131	3,20E-04	(*)	
	Gross alfa	1,60E-02	1,84E-02	
	Gross beta	4,70E-02	1,50E-01	
	H-3	1,20E+00	(*)	
Dose integrata gamma	rateo di dose gamma		0,118 µGy/h	

Legenda:
<p>a) formula di scarico per i gas nobili; b) formula di scarico per i particolati β/g; 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; (+) 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</p>

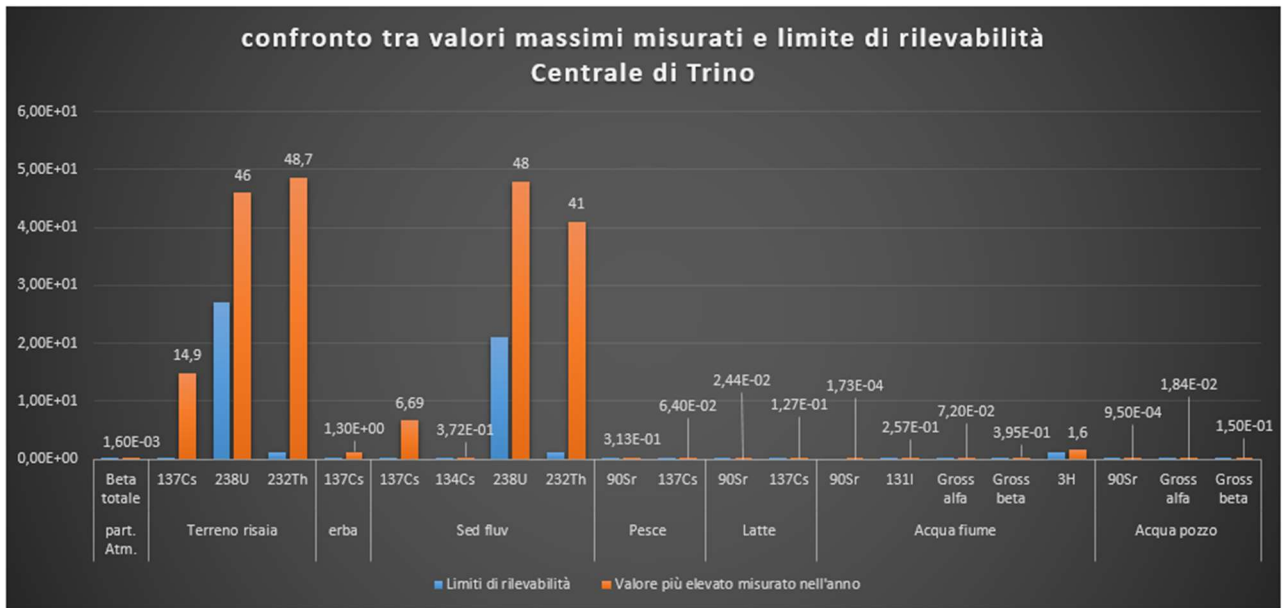


Figura 3.11 - Confronto risultanze misure con il limite di rilevabilità (MDC)

Per quanto riguarda il controllo delle matrici ambientali relative alla sorveglianza ambientale intorno alla centrale di Trino, si è evidenziata la presenza di valori di Cs-137 superiori alla MDC nel terreno di risaia e nei sedimenti fluviali. Per quanto riguarda la prima matrice i valori (14,9 Bq/kg) sono confrontabili con quelli registrati negli anni precedenti ed in linea con quelli derivanti dal *fallout* di Chernobyl (0,2-2100 Bq/kg); per quanto riguarda i sedimenti fluviali si registrano gli stessi valori sia a monte che a valle della centrale (6,69) significando questo che i valori misurati di Cs-137 non sono dovuti alla presenza della Centrale sul territorio; in ogni caso i valori registrati si collocano all'interno del *range* di variabilità nazionale (0,136-28,47).

In alcuni mesi, infine, è stata rivelata la presenza di I-131 nell'acqua di fiume con valori superiori alla MDC sia a monte che a valle dell'impianto; la sua presenza, quindi, non è legata all'esercizio della centrale ma ad altre fonti considerando anche il breve tempo di dimezzamento dello Iodio.

I valori superiori alle MDC nel latte sia per il Cs-137 (0,127) che per lo Sr-90 (0,0244) sono in linea con il *range* nazionale compreso tra 0,030 e 21,8 Bq/kg per il Cs-137 e tra 0,0060 e 0,699 Bq/kg per lo Sr-90. Anche per quanto concerne il valore di Cs-137 riscontrato nella matrice pesce di fiume (6,4E-02) il valore si attesta all'interno del *range* di variabilità nazionale compreso tra 0,1 e 4,5 Bq/kg.

Per l'acqua di pozzo, infine, i valori superiori alle MDC per alfa (1,84E-02) e beta totale (1,5E-01), sono in linea con i valori minimi e massimi misurati sul territorio nazionale (0,0049-1 Bq/kg e 0,011-1,3 Bq/kg rispettivamente per alfa e beta totale).

Indicatore 4

QUANTITÀ DI RIFIUTI RADIOATTIVI DETENUTI

DESCRIZIONE

L'indicatore, qualificabile come indicatore di pressione, 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.

SCOPO

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

QUALITÀ DELL'INFORMAZIONE

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

OBIETTIVI FISSATI DALLA NORMATIVA

L'attività di allontanamento/raccolta/deposito di rifiuti radioattivi è disciplinata dal D.Lgs. 230/95 e s.m.i., specificatamente al Capo VI. La gestione dei rifiuti radioattivi negli impianti nucleari è disciplinata dal D.Lgs. 230/95 al Capo VII.

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 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

I dati riportati in Tabella 4.1 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. Da sottolineare che nella grande maggioranza dei casi si tratta di rifiuti radioattivi ancora da condizionare, i volumi finali da considerare per il loro smaltimento saranno quindi maggiori.

Tabella 4.1- Inventario dei rifiuti radioattivi, delle sorgenti dismesse e del combustibile irraggiato per regione di ubicazione (2018)

Regione	Rifiuti radioattivi				Sorgenti dismesse	Combustibile irraggiato	Totale	
	Attività		Volume		Attività	Attività	Attività	
	GBq	%	m3	%	GBq	TBq	TBq	%
Piemonte	2.165.554	73,53	5.506	17,82	2.300	30.212	32.380	81,06
Lombardia	98.096	3,33	6.060	19,61	13.246	4.282	4.393	11,0
Emilia-Romagna	2.317	0,08	3.000	9,71	182	0	2,5	0,01
Lazio	55.690	1,89	9.311	30,13	925.242	42	1.022,5	2,56
Campania	362.307	12,30	2.965	9,59	362,3	0,91		
Basilicata	261.018	8,86	3.215	10,40	0	1.526	1.787	4,47
Puglia	37	0,001	849	2,75	0	0,04	0,00009	
TOTALE	2.945.019	30.906	940.971	36.061	39.947			
Fonte: Elaborazione ISIN - Inventario nazionale sui rifiuti radioattivi su dati Esercenti impianti nucleari (2018)								
Legenda:								
GBq : 109 Bq								
TBq : 1012 Bq								

Indicatore 5

TRASPORTI MATERIE RADIOATTIVE

INTRODUZIONE

Il trasporto delle materie radioattive è un'attività funzionale sia all'impiego di queste materie in campo industriale, medico e nella ricerca scientifica sia alla produzione di energia elettrica da fonte nucleare sfruttando le proprietà fissili di alcune di queste materie radioattive. Il trasporto delle materie radioattive fa parte del più vasto campo del trasporto delle "merci pericolose", così definite a livello internazionale dalle *"Recommendations on the Transport of Dangerous Goods"* pubblicate dall'ONU. Le merci pericolose sono caratterizzate da potenziali rischi associati alla loro natura quali esplosività, infiammabilità, corrosività, etc., che possono causare danni alle persone e all'ambiente in caso di incidente. Il rischio connesso alle radiazioni ionizzanti, emesse dalle materie radioattive, al contrario di tutte le altre merci pericolose, si manifesta anche in condizioni di trasporto normali, cioè in assenza di incidenti. Questa caratteristica delle materie radioattive, unita al fatto che il loro trasporto avviene nel cosiddetto pubblico dominio ha comportato, fin dall'inizio dell'uso pacifico delle tecnologie nucleari, la necessità di stabilire a livello internazionale *standards* e requisiti di sicurezza in grado di garantire in modo omogeneo, nei diversi paesi attraversati dal trasporto, un adeguato livello di protezione per le persone, i beni e l'ambiente. I requisiti e gli *standards* di sicurezza, applicabili al trasporto internazionale delle materie radioattive, sono stabiliti nella *"Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material (2018 Edition) No. SSR-6 (Rev. 1)"* pubblicata dall'International Atomic Energy Agency (IAEA) di Vienna. La IAEA *Regulations No. SSR-6 (Rev. 1)*, che ha lo status di "raccomandazione" trova applicazione attraverso i regolamenti internazionali ADR (strada), RID (ferrovia), ADN (acque interne), IMDG Code (mare), ICAO TI (aereo) contenenti i requisiti e le disposizioni da rispettare nel trasporto delle merci pericolose per le diverse modalità di trasporto recepiti, con diversi provvedimenti, nella legislazione nazionale.

Oltre ai requisiti e agli standard di sicurezza da rispettare nel trasporto delle materie radioattive sono stabilite, a livello nazionale, norme che prevedono un regime autorizzativo per svolgere questo tipo di attività. Pertanto coloro che intendono trasportare materie radioattive, su tutto il territorio nazionale, devono essere in possesso del decreto di autorizzazione al trasporto rilasciato dal Ministero dello sviluppo economico, di concerto con le altre amministrazioni responsabili per le varie modalità di trasporto, come stabilito all'articolo 5 della Legge 31 dicembre 1962, n. 1860 e rispettare le disposizioni dell'articolo 21 del D.Lgs. 17 marzo 1995, n. 230. Il comma 3 dell'articolo 21 del D.Lgs. 230/95 stabilisce per i vettori autorizzati l'obbligo di inviare, trimestralmente all'ISIN, il riepilogo dei trasporti effettuati secondo le

modalità e nei termini di compilazione riportati nel Decreto del 18 ottobre 2005 del Ministero delle attività produttive.

Dall'elaborazione dei dati contenuti nei riepiloghi trimestrali, contenenti fra l'altro il numero dei trasporti effettuati, le tipologie dei colli utilizzati, le caratteristiche delle materie radioattive contenute nei colli, e il valore dell'indice di trasporto come indicatore del campo di radiazione intorno al collo, si ottengono utili informazioni riguardo il numero e la tipologia dei colli, le materie radioattive trasportate e le rispettive attività, l'indice di trasporto medio dei colli, etc. Alcuni di questi dati, aggregati per ciascuna regione e rispettive provincie, sono riportati nella Tabella 5.1, che riporta rispettivamente, l'IT totale e quello medio in funzione dell'impiego della materia radioattiva (medicina nucleare e ricerca, rifiuti, industria, ciclo del combustibile, altro).

L'insieme delle informazioni ricavabili dai dati sul trasporto consente di avere un quadro esaustivo sulle quantità e sulle caratteristiche delle materie radioattive movimentate in Italia ed in particolare sui flussi in arrivo e in transito per ciascuna provincia italiana (Tabella 5.1). La conoscenza di questi dati può essere di ausilio alle prefetture nella definizione e nell'attuazione dei piani provinciali di emergenza da attivare nel caso di incidenti che avvengano durante il trasporto delle materie radioattive.

La conoscenza dei dati sull'indice di trasporto dei colli radioattivi, sulla tipologia dei colli utilizzati in relazione ai diversi materiali radioattivi trasportati e dell'attività contenuta permettono, di poter stimare la dose da radiazioni alla popolazione dovuta al trasporto delle materie radioattive.

DESCRIZIONE DELL'INDICATORE INDICE DI TRASPORTO (IT)

Le elaborazioni illustrate nelle figure che seguono sono state effettuate prendendo in considerazione principalmente i dati relativi all'indice di trasporto (IT) per ogni singolo collo come indicatore dell'esposizione alle radiazioni ionizzanti dei lavoratori e della popolazione. L'Indice di Trasporto esprime la misura del rateo di dose alla distanza di un metro dall'imballaggio contenente la materia radioattiva. Oltre a fornire l'indicazione del rateo di dose, l'IT è anche usato per stabilire la corretta distanza di segregazione al fine di limitare l'esposizione alle radiazioni ionizzanti dei lavoratori addetti e, più in generale, della popolazione nel corso del trasporto e nell'immagazzinamento in transito delle materie radioattive. La conoscenza dei dati relativi all'Indice di Trasporto consente inoltre la valutazione

dell'efficacia dei dispositivi e degli strumenti di radioprotezione adottati dai vettori autorizzati, allo scopo di limitare le dosi da esposizione alle radiazioni ionizzanti.

QUALITÀ DELL'INFORMAZIONE

L'indicatore consente di ricavare una valida e significativa informazione sull'impatto radiologico relativo al trasporto di materie radioattive e presenta una buona copertura spaziale e temporale. Inoltre la comparabilità nel tempo e nello spazio è garantita dalla sistematicità della raccolta dei dati effettuata dall'ISIN e, prima della sua istituzione, dagli enti che lo hanno preceduto a partire dal 1987. I dati, inviati trimestralmente dai vettori autorizzati in base ad un obbligo normativo, confluiscono in un database denominato TraRad. La buona qualità dell'indicatore è dovuta al fatto che i riepiloghi sono inviati in un formato prestabilito per mezzo di un applicativo web dell'ISIN (TraDaWeb) che adotta una procedura di verifica della coerenza dei dati.

OBIETTIVI FISSATI DALLA NORMATIVA

Il D.Lgs. 27 gennaio 2010, n. 35 "Attuazione della Direttiva 2008/68/CE, relativa al trasporto interno di merci pericolose", che si applica per le modalità di trasporto su strada, per ferrovia o per via navigabile interna, fissa per l'Indice di Trasporto un valore massimo che, per un collo nelle condizioni di trasporto non esclusivo, è pari a 10. Tale valore corrisponde a un rateo di dose di 0,1 mSv/h a un metro di distanza dalla superficie esterna del collo. La sicurezza e la protezione sanitaria devono essere ottimizzate in modo tale che il livello delle dosi individuali, il numero delle persone esposte e la probabilità di incorrere nell'esposizione siano mantenute basse per quanto ragionevolmente ottenibile.

STATO E TREND

Il trend è in generale correlato al numero dei colli trasportati ogni anno, alla loro tipologia e al tipo di radioisotopo trasportato. Nell'arco temporale osservato si può notare fino al 2012 una diminuzione dell'Indice di Trasporto totale dovuta alla diminuzione del numero dei colli trasportati, per tutte le tipologie di impiego delle materie radioattive, mentre a partire dal 2013 si registra un aumento dovuto al maggiore impiego in medicina nucleare del Fluoro-18.

COMMENTI

Come risulta evidente dall'esame delle tabelle e degli elaborati grafici la maggior parte dei colli trasportati (circa il 95%) contiene materiale radioattivo per impieghi in campo medico, industriale e nel settore della ricerca. In diversi settori industriali si utilizzano materie radioattive come ad esempio nell'industria tessile o cartaria per la misura dello spessore dei tessuti e della carta o nell'industria siderurgica per la misura dello spessore dei prodotti di acciaieria. Sorgenti di alta attività sono usate per l'irraggiamento di prodotti agricoli, per il controllo delle saldature (gammagrafie industriali) di opere quali oleodotti o gasdotti.

Il settore medico risulta essere uno dei grandi utilizzatori di materie radioattive per uso diagnostico e per la radioterapia. In questo campo le sorgenti radioattive trasportate spaziano dalle grandi sorgenti di Cobalto-60 per la radioterapia alle sorgenti a vita molto breve come quelle di Fluoro-18 usate nei reparti di medicina nucleare a scopo diagnostico.

Per una migliore comprensione degli elaborati è necessario specificare che il trasporto delle materie radioattive avviene con diversi tipi di imballaggi classificati dalla normativa tecnica in base alle loro caratteristiche di resistenza e alla quantità di radioattività (attività) presente al loro interno. Le tipologie di colli maggiormente trasportate sono quelle identificate come colli esenti e colli di "Tipo A". I colli esenti sono utilizzati per il trasporto di piccole quantità di materie radioattive e presentano caratteristiche di resistenza limitate in relazione alle limitate conseguenze radiologiche a cui possono dar luogo in caso di rottura dell'imballaggio. I colli di "Tipo A" sono utilizzati per il trasporto di quantità di radioattività più elevate e devono soddisfare requisiti di resistenza a fronte di prove di qualificazione atte a simulare piccoli incidenti che possono verificarsi durante il trasporto. Nelle elaborazioni compare la voce numero di colli trasportati seguita dal termine tratte, e questo è dovuto al fatto che il trasporto stradale di uno stesso collo può comportare una o più tratte stradali. In particolare la percorrenza di più di una tratta per lo stesso collo avviene in quelle province dove sono localizzati i principali aeroporti nazionali dove i colli in arrivo vengono movimentati per il successivo inoltro via strada alla destinazione finale. I radioisotopi impiegati in medicina nucleare che per la maggior parte dei casi proviene da produttori esteri ad eccezione del Fluoro-18 che è prodotto in Italia e viene distribuito sull'intero territorio italiano. Anche nel caso di trasporto di sorgenti radioattive impiegate in campo industriale, per esami non distruttivi di apparecchiature o tubazioni, lo stesso collo percorre una tratta stradale dal luogo dove è abitualmente in deposito fino al cantiere/fabbrica dove viene utilizzata la sorgente, e una tratta stradale per il percorso di

ritorno. L'interesse per il numero di tratte percorse, anziché per il numero di colli (distinti) trasportati, scaturisce dal fatto che ogni operazione di carico e scarico di un collo dall'automezzo comporta un'esposizione alle radiazioni ionizzanti, la cui entità è direttamente relazionabile al valore dell'Indice di Trasporto (IT) del collo. In Figura 5.1 sono evidenziate, in colore rosso, le province di Roma, Milano, Bergamo, Torino e Napoli che presentano i valori più alti della somma degli indici di trasporto e ciò è dovuto al fatto che tali province ospitano importanti centri di smistamento (Aeroporti) oltre che importanti centri ospedalieri e diagnostici.

Focalizzando l'attenzione sulla somma degli Indici di Trasporto in relazione all'impiego delle materie radioattive, risulta evidente che il contributo maggiore è dato dall'impiego di queste materie in medicina nucleare (circa il 90%), come si evince dalla serie storica dei dati (Figura 5.4), mentre i trasporti relativi al ciclo del combustibile nucleare, correlati alla disattivazione delle centrali elettronucleari, non contribuiscono in maniera significativa.

La Figura 5.2 pone in evidenza che il trasporto stradale delle materie radioattive è effettuato prevalentemente con colli di "Tipo A" ed "Esenti" impiegati in modo quasi esclusivo per il trasporto di radiofarmaci e radioisotopi per la diagnostica medica. La Tabella 5.2, relativa al trasporto stradale dei materiali radioattivi nel periodo che va dal 2010 al 2018, evidenzia una diminuzione del numero di colli/tratte. Negli ultimi anni l'Indice di Trasporto totale registra un aumento dovuto al trasporto del Fluoro 18, un radioisotopo molto diffuso nella diagnostica medica PET (Tomografia a Emissione di Positroni). A tale riguardo si può osservare nelle Figure 5.5 e 5.6 che il trasporto del Fluoro-18 contribuisce all'Indice di Trasporto totale per un valore prossimo al 50%.

Tabella 5.1 - Colli/tratte nelle regioni e province e indice di trasporto (IT) (2018)

Regione	Provincia	Colli/tratte	Colli/tratte medicina nucleare	Colli/tratte medicina nucleare %	IT medio mSv/h*100
Piemonte	Alessandria	4.072	647	15,9	0,13
	Asti	5	5	100,0	0,18
	Biella	142	136	95,8	1,27
	Cuneo	786	608	77,4	0,44
	Novara	1.318	880	66,8	0,76
	Torino	8.911	8.114	91,1	1,15
	Verbania	8	0	0,0	0,75
	Vercelli	358	213	59,5	0,26
Valle d'Aosta	Aosta	351	316	90,0	0,84
Lombardia	Bergamo	26.844	26.639	99,2	0,57
	Brescia	2.094	1.941	92,7	0,47
	Como	722	660	91,4	1,05
	Cremona	826	779	94,3	1,29
	Lecco	545	516	94,7	0,99
	Lodi	494	21	4,3	0,48
	Mantova	588	436	74,1	0,68
	Milano	45.301	36.904	81,5	0,76
	Monza	3.524	3.378	95,9	1,81
	Pavia	2.036	1.892	92,9	0,94
	Sondrio	283	277	97,9	0,46
	Varese	3.737	3.390	90,7	0,52
Trentino-Alto Adige	Bolzano	591	562	95,1	0,38
	Trento	606	593	97,9	1,26
Veneto	Belluno	276	265	96,0	0,36
	Padova	3.196	2.190	68,5	0,60
	Rovigo	765	532	69,5	0,67
	Treviso	2.218	1.317	59,4	0,41
	Venezia	2.058	808	39,3	0,61
	Verona	2.857	2.574	90,1	0,69
	Vicenza	980	850	86,7	0,51
Friuli-Venezia Giulia	Gorizia	29	3	10,3	0,63
	Pordenone	835	830	99,4	0,41
	Trieste	456	427	93,6	0,33
	Udine	1.681	1.628	96,8	1,53
Liguria	Genova	2.357	1.761	74,7	0,82
	Imperia	1	1	100,0	1,00
	La Spezia	868	752	86,6	1,29
	Savona	1.178	696	59,1	0,81
Emilia-Romagna	Bologna	1.835	1.364	74,3	0,68
	Ferrara	1.563	862	55,2	0,76
	Forlì	11.623	7.888	67,9	1,45
	Modena	1.003	914	91,1	1,22
	Parma	1.002	938	93,6	1,43
	Piacenza	840	351	41,8	0,43
	Ravenna	1.463	541	37,0	0,68
	Reggio Emilia	1.320	1.277	96,7	0,82
Rimini	6	1	16,7	0,48	

Segue

Regione	Provincia	Colli/tratte	Colli/tratte medicina nucleare	Colli/tratte medicina nucleare %	IT medio mSv/h*100
Toscana	Arezzo	514	498	96,9	0,31
	Firenze	1.589	1.385	87,2	0,01
	Grosseto	508	442	87,0	0,27
	Massa Carrara	456	451	98,9	2,13
	Pisa	7.780	7.106	91,3	1,16
	Pistoia	217	215	99,1	2,01
	Prato	901	891	98,9	1,08
	Siena	410	403	98,3	0,49
Umbria	Perugia	1.312	1.277	97,3	0,46
	Terni	1.032	796	77,1	0,48
Marche	Ancona	1.166	845	72,5	0,70
	Ascoli Piceno	493	453	91,9	1,22
	Macerata	2.801	2.668	95,3	0,64
	Pesaro	1.002	930	92,8	1,49
Lazio	Frosinone	295	233	79,0	0,47
	Latina	850	843	99,2	1,12
	Rieti	1	1	100,0	0,00
	Roma	28.425	24.144	84,9	0,69
	Viterbo	325	280	86,2	0,47
Abruzzo	Chieti	974	577	59,2	0,66
	L'Aquila	433	368	85,0	0,34
	Pescara	1.448	1.325	91,5	0,35
	Teramo	161	90	55,9	0,23
Molise	Campobasso	543	398	73,3	0,68
	Isernia	5.770	5.765	99,9	2,13
Campania	Avellino	765	744	97,3	1,27
	Benevento	147	147	100,0	1,35
	Caserta	1.070	1.025	95,8	1,08
	Napoli	8.486	7.721	91,0	1,19
	Salerno	1.763	1.254	71,1	0,77
Puglia	Bari	5.286	4.947	93,6	0,73
	Barletta	887	886	99,9	0,87
	Brindisi	810	762	94,1	0,63
	Foggia	2.166	2.154	99,4	0,85
	Lecce	2.792	2.761	98,9	0,41
	Taranto	1.705	811	47,6	0,46
Basilicata	Matera	495	456	92,1	0,65
	Potenza	1.515	1.399	92,3	0,64
Calabria	Catanzaro	2.318	2.290	98,8	0,40
	Cosenza	1.296	1.199	92,5	0,71
	Crotone	257	257	100,0	0,33
	Reggio Calabria	953	729	76,5	0,72
	Vibo Valentia	26	2	7,7	0,74
Sicilia	Agrigento	536	516	96,3	0,79
	Caltanissetta	537	164	30,5	0,29
	Catania	2.825	2.670	94,5	0,64
	Messina	2.723	1.560	57,3	0,47
	Palermo	2.370	2.270	95,8	0,57
	Ragusa	340	322	94,7	0,81
	Siracusa	1.716	304	17,7	1,12
	Trapani	198	192	97,0	0,63

Segue

Sardegna	Cagliari	3.102	2.309	74,4	0,37
	Carbonia Iglesias	14	0	0,0	0,50
	Nuoro	-	-	-	-
	Olbia Tempio	1.114	1.065	95,6	1,15
	Oristano	1	1	100,0	0,00
	Sanluri Medio Campidano	-	-	-	-
	Sassari	1.731	1.569	90,6	0,90
	Tortoli Ogliastra	-	-	-	-

Tabella 5.2 - Colli/tratte in funzione dell'impiego della materia radioattiva

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Medicina Nucleare & Ricerca	168.467	155913	150597	152688	158418	140.857	137.600	138.503	130.596
Rifiuti	23.855	22622	21829	21999	13529	12456	12695	13403	12.297
Industria	12.342	12026	10927	11366	10955	14210	14129	14428	11.904
Altro	199	191	3476	4066	37	93	250	610	400
Ciclo del combustibile	25	7	15	11	3	7	0	0	0
TOTALE	204.888	190.759	186.844	190.130	182.942	167.623	164.674	166.944	155.197

Fonte: ISIN

Tabella 5.3 - IT totale in funzione dell'impiego della materia radioattiva [mSv/h*100]

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Medicina Nucleare & Ricerca	79.061	89.106	87.623	99.218	109.394	111.381	108.326	114.576	113.132
Rifiuti	170	179	162	264	456	364	382	473	776,5
Industria	7.967	8.128	6.300	6.673	6.523	7.941	8.055	7.590	6.918
Altro	12	34	4	4	5	5	19	15,3	14,8
Ciclo del combustibile	10	6	3	5	0,2	9,7	0	0	0
TOTALE	87.220	97.453	94.092	106.164	116.378	119.701	116.782	122.654	120.841

Fonte: ISIN

Tabella 5.4 - IT medio in funzione dell'impiego della materia radioattiva [mSv/h*100]

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Medicina Nucleare & Ricerca	0,47	0,57	0,58	0,65	0,69	0,79	0,79	0,83	0,87
Rifiuti	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,04	0,06
Industria	0,65	0,68	0,58	0,59	0,60	0,56	0,57	0,53	0,58
Altro	0,06	0,18	0,00	0,00	0,14	0,05	0,08	0,03	0,04
Ciclo del combustibile	0,38	0,86	0,20	0,45	0,07	1,39	0,00	0,00	0,00

Fonte: ISIN

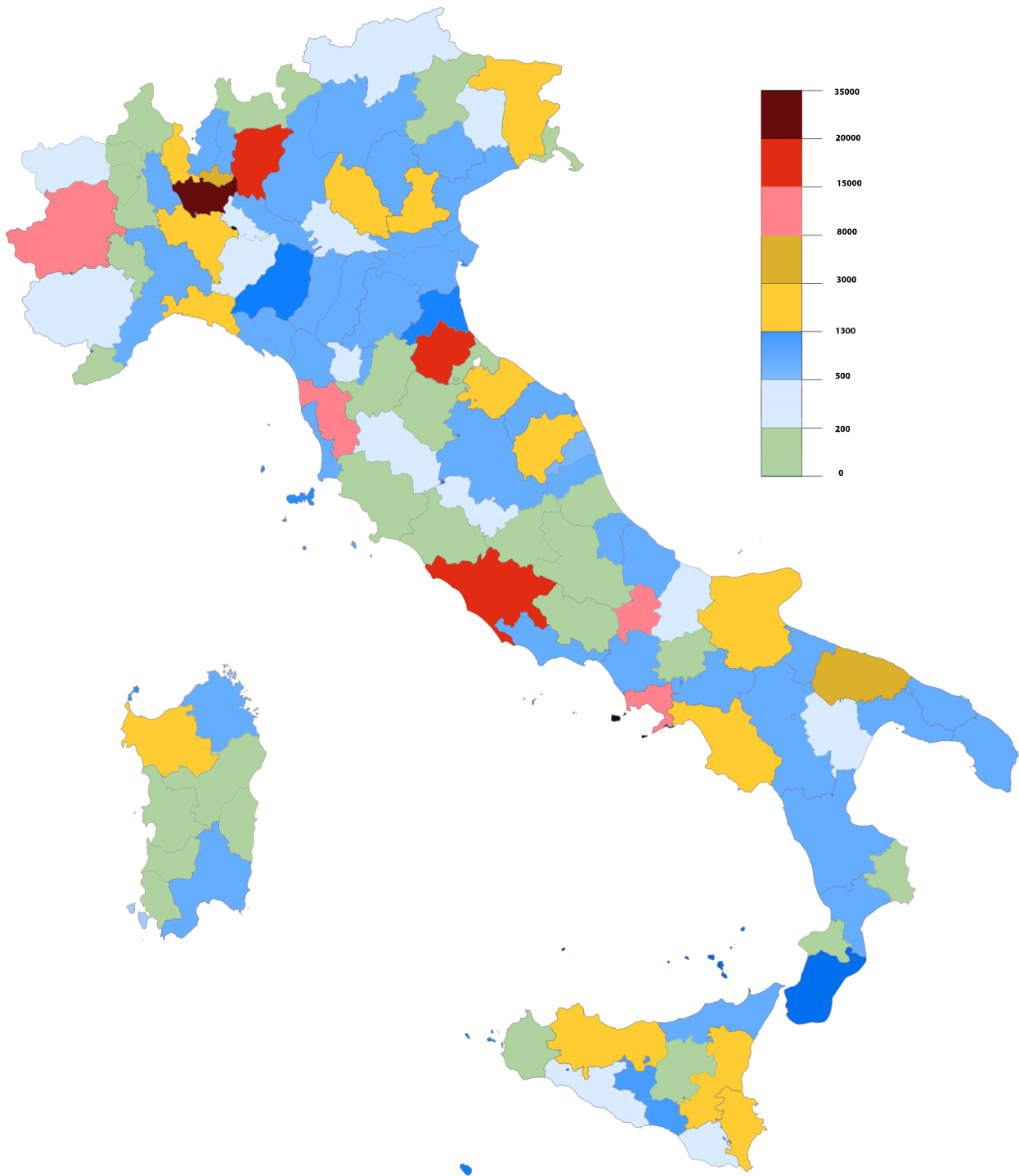


Figura 5.1 - Carta tematica della somma degli Indici di Trasporto per provincia (2018)

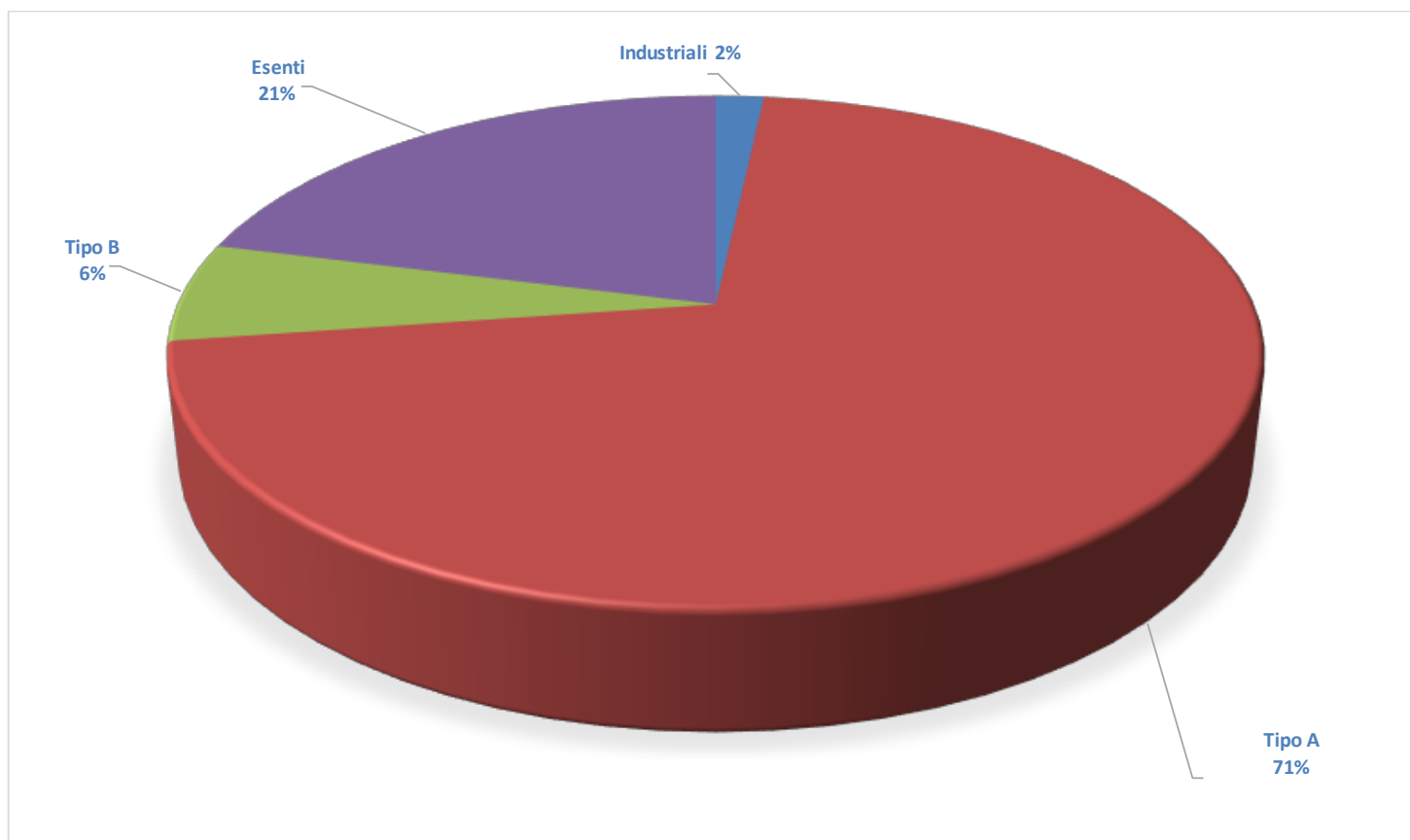


Figura 5.2 - Distribuzione dei colli trasportati in Italia in base alla tipologia (2018)

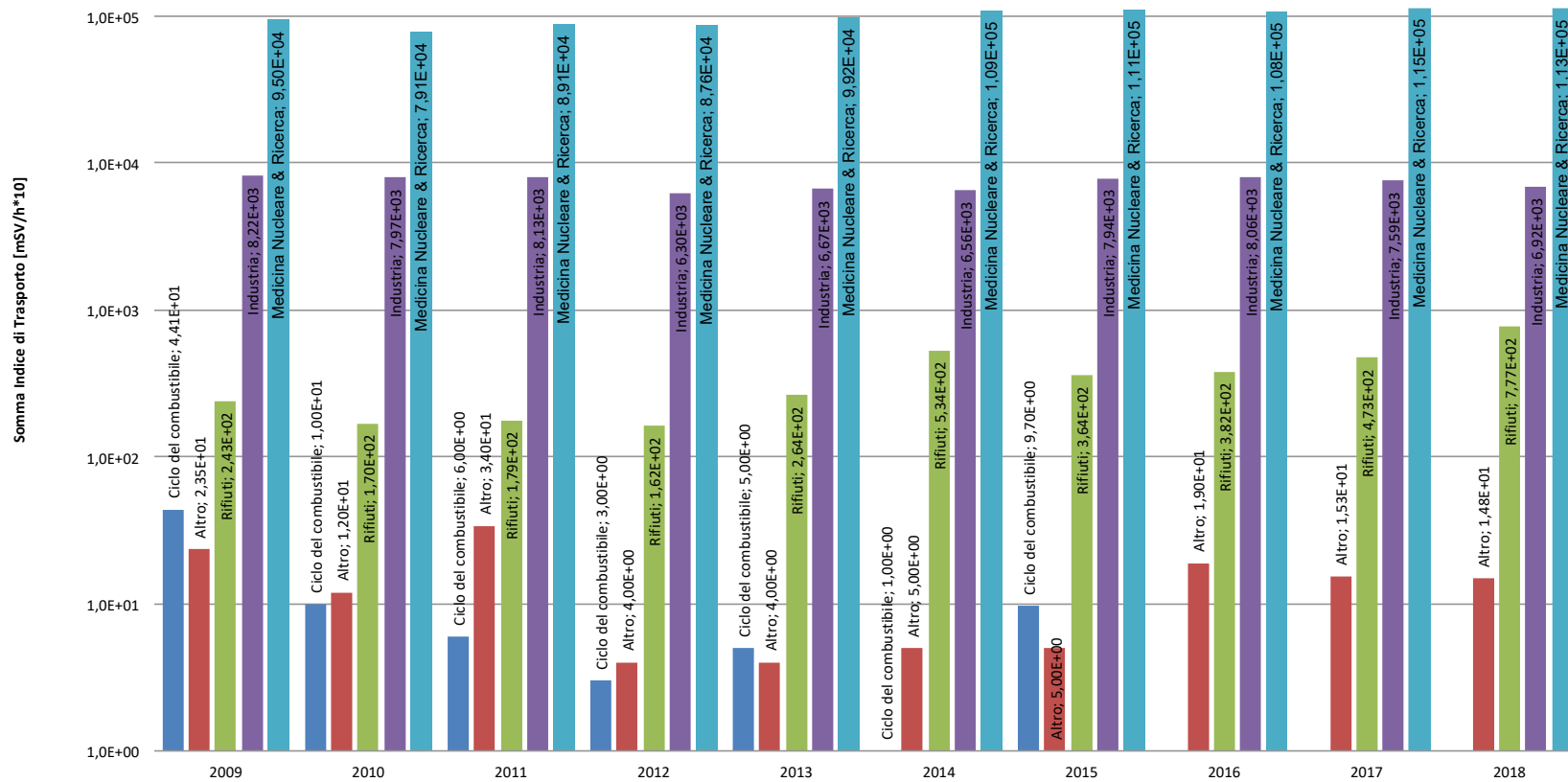


Figura 5.3 - Andamento della somma degli Indici di Trasporto in funzione dell'impiego

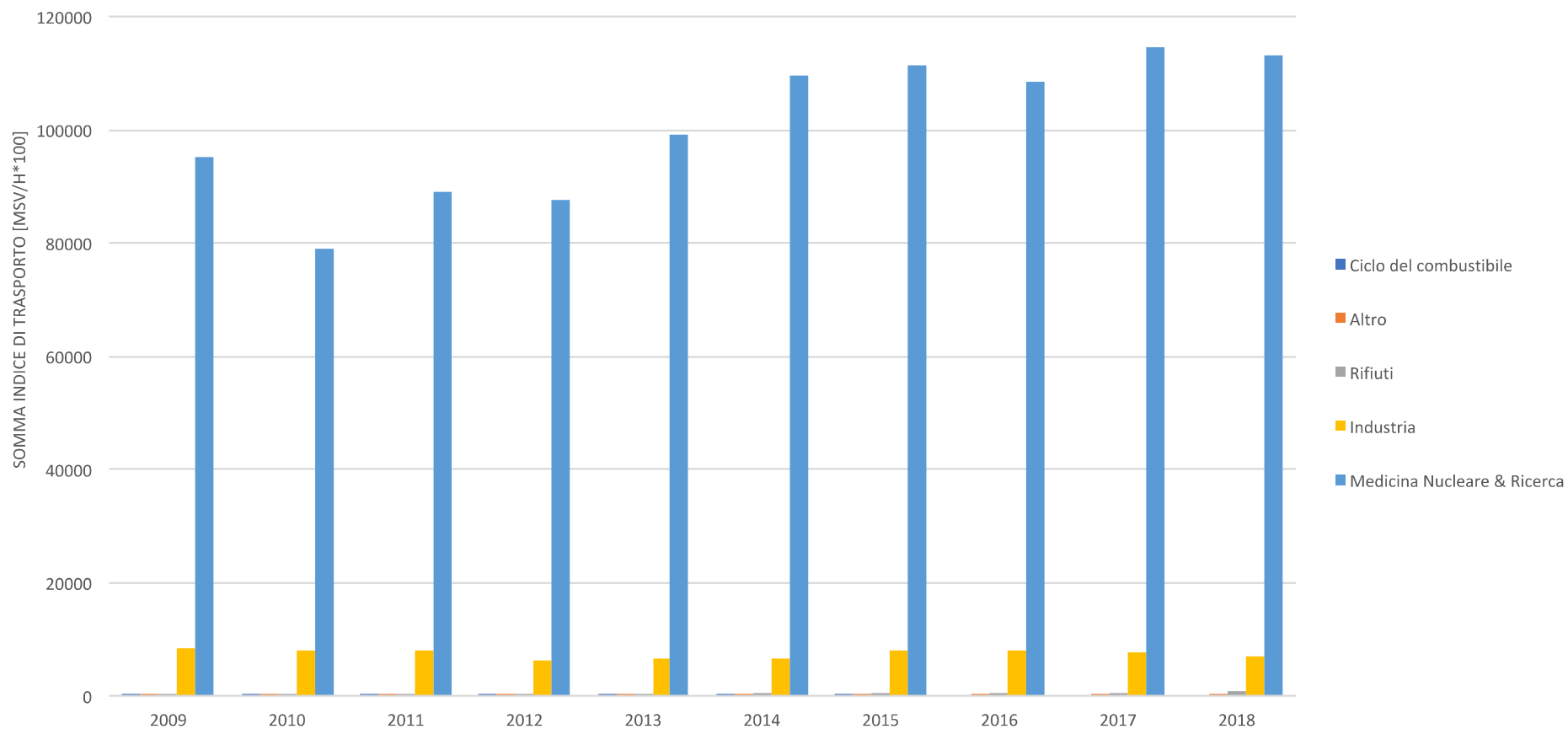


Figura 5.4 - Andamento della somma degli Indici di Trasporto

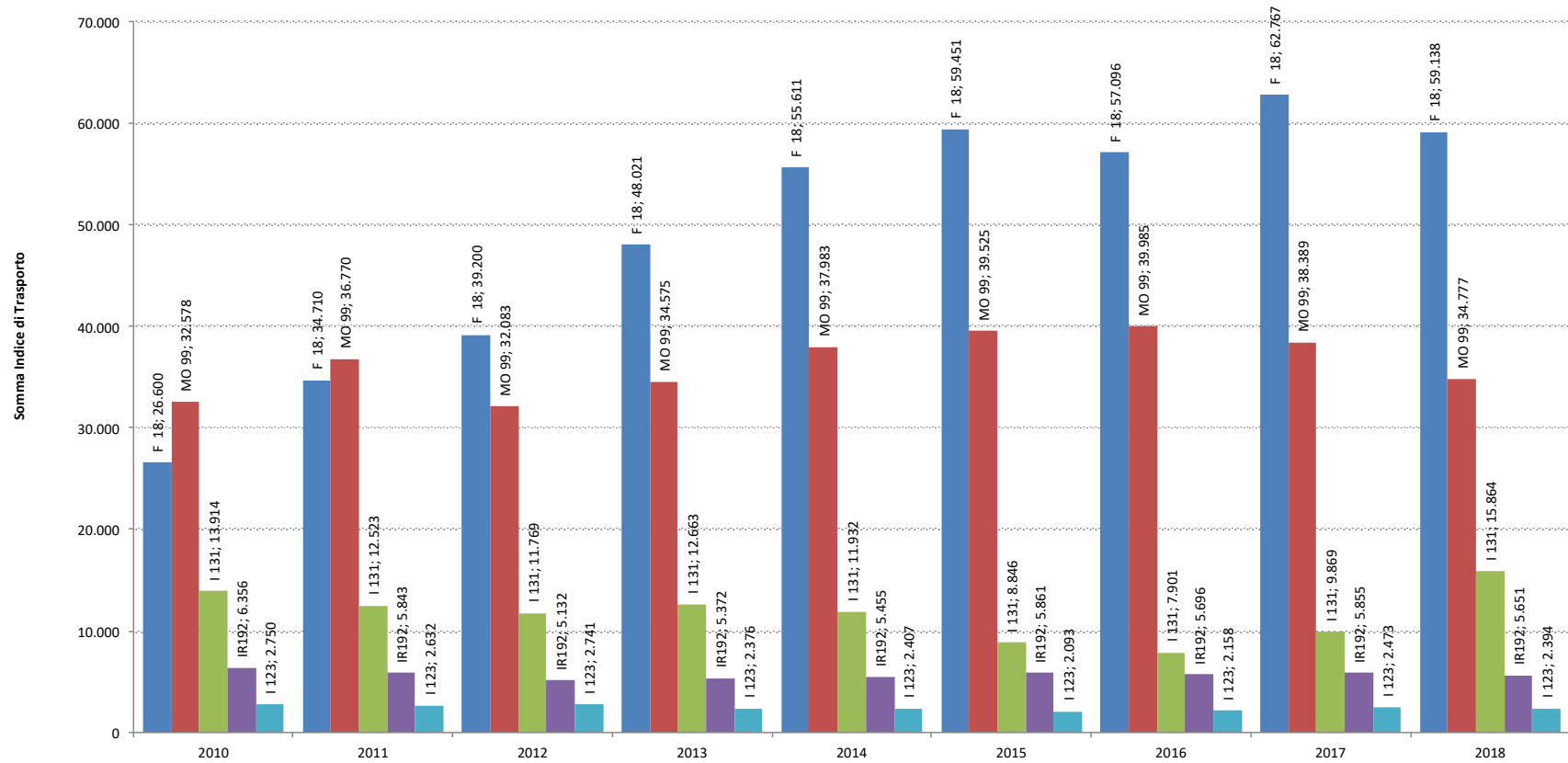


Figura 5.5 - Andamento della somma degli Indici di Trasporto per i 5 radionuclidi che maggiormente contribuiscono al totale (F-18-fluoro 18; I-131-iodio 131; MO-99-molibdeno 99; IR-192-iridio 192; I-123-iodio 123)

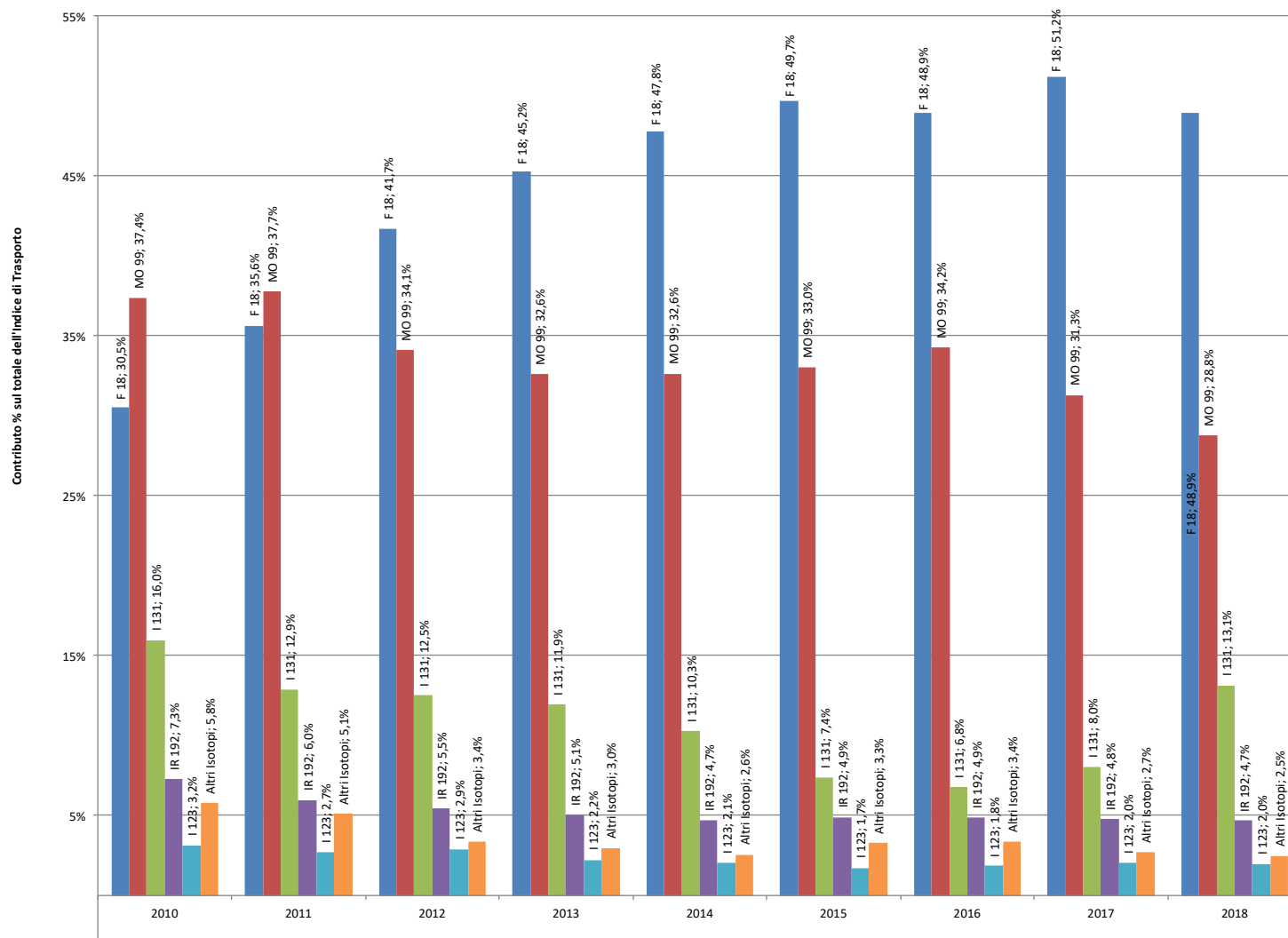


Figura 5.6 - Andamento percentuale della somma degli Indici di Trasporto per i 5 radionuclidi che maggiormente contribuiscono alla somma totale (F-18-fluoro 18; I-131-iodio 131; MO-99-molibdenu 99; IR-192-iridio 192; I-123-iodio 123)

Indicatore 6

CONCENTRAZIONE DI ATTIVITÀ DI RADON INDOOR

DESCRIZIONE

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

SCOPO

Monitorare la principale fonte di esposizione alla radioattività per la popolazione (in assenza di eventi incidentali), nell'ottica di contribuire alla protezione radiologica attraverso la prevenzione e riduzione della esposizione a radiazioni ionizzanti e del conseguente rischio di tumori polmonari.

QUALITÀ DELL'INFORMAZIONE

L'indicatore soddisfa la domanda d'informazione sulla problematica radon indoor a livello nazionale e regionale. I valori di concentrazione media a livello nazionale e regionale sono ritenuti costanti nel tempo anche se è possibile un miglioramento in termini di qualità dell'informazione in ragione di un affinamento del dettaglio spaziale dell'informazione stessa che può comportare variazioni dei valori medi. Tuttavia, per una rappresentazione dell'indicatore a livello sub-regionale (province, comuni o aree definite in altro modo), anche se le fonti dei dati sono affidabili e le metodologie consistenti nel tempo, non si dispone ancora di una buona comparabilità nello spazio.

OBIETTIVI FISSATI DALLA NORMATIVA

Nel 2014 è stata pubblicata la Direttiva 2013/59/EURATOM del Consiglio europeo, che stabilisce le norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti. La direttiva, che l'Italia dovrà recepire aggiornando l'attuale D.Lgs. 230/95, prevede una riduzione dei livelli di riferimento negli ambienti di lavoro e, per la prima volta, prende in considerazione anche gli ambienti residenziali (abitazioni) anche se non sono imposti obblighi particolari. Attualmente il

D.Lgs. 230/95 e s.m.i. definisce come campo di applicazione particolari luoghi di lavoro quali sottovie, catacombe, grotte e tutti i luoghi di lavoro sotterranei. Il decreto prevede, inoltre, che le regioni e le province autonome individuino le zone o luoghi di lavoro con caratteristiche determinate a elevata probabilità di alte concentrazioni di attività di radon. Viene fissato un primo livello di azione in termini di concentrazione di attività media in un anno pari a 500 Bq m^{-3} oltre il quale i datori di lavoro devono attuare particolari adempimenti, ad esempio notifiche a pubbliche amministrazioni e, in particolare, una valutazione della dose efficace. Nel caso in cui tale dose efficace superi il valore di 3 mSv , il datore di lavoro ha l'obbligo di ridurre la concentrazione di radon o la dose efficace al di sotto dei valori sopra riportati. Nel caso non si riesca a ridurre la dose efficace al di sotto dei valori prescritti si applica la disciplina della protezione sanitaria dei lavoratori (capo VIII). Relativamente agli ambienti residenziali non esiste attualmente una normativa. In passato la Raccomandazione europea 90/143/EURATOM del 21/02/90 aveva stabilito un livello di riferimento di 400 Bq m^{-3} per gli edifici esistenti e, come parametro di progetto, un livello di 200 Bq m^{-3} per gli edifici residenziali da costruire, superati i quali era raccomandata l'adozione di provvedimenti correttivi. Nel 2009 l'Organizzazione Mondiale della Sanità ha proposto che le Autorità nazionali adottino un valore di riferimento di 100 Bq m^{-3} . Tuttavia, se particolari condizioni di un Paese non consentissero l'adozione di tale valore, questo non dovrebbe comunque essere superiore a 300 Bq m^{-3} . Con la nuova Direttiva 2013/59/EURATOM sono indicati livelli di riferimento inferiori rispetto ai livelli di azione indicati dalla normativa italiana per gli ambienti di lavoro. Ogni Stato membro dovrà stabilire livelli di riferimento della concentrazione di attività media annua di radon in aria per i luoghi di lavoro, non superiori a 300 Bq m^{-3} a meno che circostanze esistenti a livello nazionale giustificino un livello superiore. Per le abitazioni, lo Stato membro dovrà stabilire livelli di riferimento nazionali, per la concentrazione di attività media annua di radon in aria, non superiori a 300 Bq m^{-3} . La direttiva stabilisce, inoltre, che gli Stati membri individuino le zone in cui si prevede che la concentrazione media annuale di radon superi il livello di riferimento nazionale in un numero significativo di edifici e, all'interno di tali zone, dovranno essere effettuate misurazioni del radon nei luoghi di lavoro e negli edifici pubblici situati al pianterreno o a livello interrato, e promossi interventi volti a individuare le abitazioni in cui la concentrazione media annua supera il livello di riferimento.

STATO E TREND

L'esposizione al radon indoor è un fenomeno di origine naturale, principalmente legato al tipo di suolo sul quale gli edifici sono costruiti, ma anche ai materiali da costruzione, nonché alle modalità di costruzione e gestione degli stessi. I livelli di radon sono molto variabili nel tempo e nello spazio. In una frazione di edifici (ambienti di lavoro o abitazioni) la concentrazione media annuale è tale per cui vi è un obbligo (ambienti di lavoro) o il suggerimento (abitazioni) di adottare interventi di risanamento. Tuttavia, non si registra un numero significativo di interventi di risanamento, pertanto lo stato si considera stabile. Il numero di abitazioni, scuole e luoghi di lavoro oggetto di misurazioni (misure di radon) da parte di ISIN e delle Agenzie regionali e delle province autonome per l'ambiente (ARPA-APPA) aumenta progressivamente nel tempo in maniera variabile a seconda delle regioni e dei periodi. Sono in corso, da parte delle ARPA-APPA indagini di misura nelle abitazioni, scuole o luoghi di lavoro per individuare le aree del territorio a maggiore probabilità di elevate concentrazioni di radon, ovvero quelle in cui un numero significativo di edifici supera un determinato valore. Si fa presente che non esiste una raccolta sistematica dei dati sulle misurazioni previste dalla normativa effettuate dai datori di lavoro. Si evidenzia, infine, che le regioni Puglia e Campania hanno adottato una normativa regionale che prevede l'obbligo di misura in ambienti di lavoro frequentati dal pubblico in virtù della quale sono in corso numerose misurazioni da parte dei datori di lavoro.

COMMENTI

Tra il 1989 e il 1998, è stata realizzata dall'ISIN (allora ENEA-DISP), dall'Istituto Superiore di Sanità (ISS) e dai Centri Regionali di Riferimento della Radioattività Ambientale degli Assessorati Regionali alla Sanità, oggi confluiti nelle ARPA-APPA, un'indagine nazionale rappresentativa sull'esposizione al radon nelle abitazioni.

La Tabella 6.1 riporta le concentrazioni medie annuali di attività di radon indoor nelle abitazioni per regione e provincia autonoma (vedi anche Figura 6.1) e le rispettive percentuali di abitazioni in cui si stima che la concentrazione media annuale superi il valore di 300 Bq m^{-3} . Il valore medio nazionale è stato ottenuto pesando le medie regionali per il numero degli abitanti di ogni regione. La media è risultata 70 Bq m^{-3} , valore superiore alla media mondiale pari a circa 40 Bq m^{-3} . La percentuale stimata di abitazioni che eccedono il livello di 300 Bq m^{-3} è pari a circa 1,7%, corrispondente ad una stima di circa mezzo milione di

abitazioni sul territorio nazionale. La notevole differenza tra le medie delle regioni è dovuta principalmente alle differenti caratteristiche geologiche del suolo che rappresenta la principale sorgente di radon. Si evidenzia che all'interno delle singole regioni sono possibili variazioni locali, anche notevoli, della concentrazione di radon, pertanto il valore della concentrazione media regionale riportato nella Tabella 6.1 non fornisce indicazioni riguardo la concentrazione di radon presente nelle singole abitazioni. Per conoscere tale valore è necessario effettuare una misura diretta.

Negli anni successivi all'indagine nazionale, molte regioni e province autonome hanno continuato a effettuare misure in maniera sistematica, non solo nelle abitazioni ma anche nelle scuole e nei luoghi di lavoro. Tali attività sono state svolte nell'ambito di studi e indagini, su scala regionale o sub-regionale, mirati ad approfondire la conoscenza del fenomeno, o indagini finalizzate a una più dettagliata caratterizzazione del territorio, in alcuni casi anche elaborando carte tematiche che rappresentano le aree con una differenziata incidenza del fenomeno. Tali carte tematiche sono strumenti fondamentali per l'ottimizzazione delle risorse e la definizione delle corrette priorità nel processo di individuazione degli edifici con elevate concentrazioni di radon, tuttavia è importante ricordare che l'unico modo per conoscere la concentrazione presente nei propri ambienti di vita è quello di effettuare una misura. Pertanto, al fine di proteggere la popolazione dalla pressione ambientale derivante dal radon, presente anche al di fuori di tali aree, e per ridurre il conseguente impatto sanitario, è fondamentale estendere le misurazioni a un numero sempre maggiore di abitazioni, scuole e luoghi di lavoro affinché i controlli raggiungano la porzione più ampia possibile di popolazione, in modo da individuare le situazioni che richiedono interventi di mitigazione, e allo stesso tempo di informare correttamente la popolazione sui rischi presenti.

Nella Figura 6.2 sono riportati, per ogni regione e provincia autonoma, il numero di abitazioni oggetto di misure nell'indagine nazionale e il numero di abitazioni, scuole e luoghi di lavoro oggetto di misure nelle successive indagini regionali o sub-regionali svolte da ISIN e dalle ARPA-APPA. Non sono considerate in questa raccolta tutte le misurazioni effettuate nei luoghi di lavoro in ottemperanza degli obblighi previsti dalla normativa sugli ambienti di lavoro effettuate a cura del datore di lavoro. I dati indicano una situazione eterogenea tra le regioni e le province autonome, in termini di numero di ambienti misurati e di approccio adottato nella scelta del tipo di ambienti (abitazioni, scuole, luoghi di lavoro) in cui effettuare misure. Diverse regioni e province autonome hanno approfondito i controlli sul proprio territorio, con una

prevalenza di indagini negli ambienti residenziali. Si osserva che, tendenzialmente, un maggiore numero di misure è stato effettuato nelle regioni e province autonome ove la concentrazione media è risultata più elevata. Sul territorio nazionale sono state raccolte alcune decine di migliaia di dati di concentrazione media annuale di radon e sono in corso ulteriori indagini. Va evidenziato che l'indagine nazionale degli anni '90 è stata programmata allo scopo di conoscere le concentrazioni medie a livello nazionale e regionale ed è stata svolta con i medesimi criteri in ogni regione e provincia autonoma, permettendo una rappresentazione confrontabile dei risultati (Figura 6.1). Le successive indagini sono state pianificate con obiettivi diversi e con approcci e criteri differenti per cui non consentono di avere una comparabilità dei risultati tra regioni.

Uno degli obiettivi principalmente perseguiti, al quale si è precedentemente accennato, è la classificazione del territorio in aree caratterizzate da una maggiore o minore presenza di radon. A causa della mancanza di criteri definiti a livello nazionale, le regioni e le province autonome, in cui tale classificazione è stata studiata, hanno adottato criteri diversi giungendo a conclusioni non direttamente e sicuramente confrontabili tra esse. Nonostante l'elevato numero di indagini, la copertura territoriale dei controlli è ancora piuttosto esigua se si considera il numero totale di abitazioni, scuole e luoghi di lavoro presenti sul territorio nazionale.

A tale proposito, nella Figura 6.3 è mostrata una stima della percentuale di abitazioni oggetto di misure rispetto al totale delle abitazioni occupate presenti in ogni regione e provincia autonoma, con l'indicazione del corrispondente numero assoluto di abitazioni misurate. Considerando la grande variabilità, nelle diverse regioni, del numero assoluto di abitazioni occupate, i dati indicano come le percentuali regionali di abitazioni occupate in cui è nota la concentrazione media annuale di radon siano inferiori a 1,5% e che finora le misurazioni hanno raggiunto, nella maggior parte dei casi, meno dello 0,4% delle abitazioni occupate in ogni regione. Tuttavia, va osservato che alcune regioni e province autonome hanno impegnato risorse anche nei controlli in ambienti non residenziali (soprattutto scuole). Tali risultati, alla luce delle recenti stime di impatto sanitario, spiegano i motivi per cui la pressione ambientale derivante dal radon sia stata oggetto di risposte, tramite dispositivi normativi, anche se per il momento esclusivamente nei luoghi di lavoro. Il recepimento della Direttiva del Consiglio 2013/59 fornirà un contributo in termini di risposte anche per l'esposizione al radon nelle abitazioni.

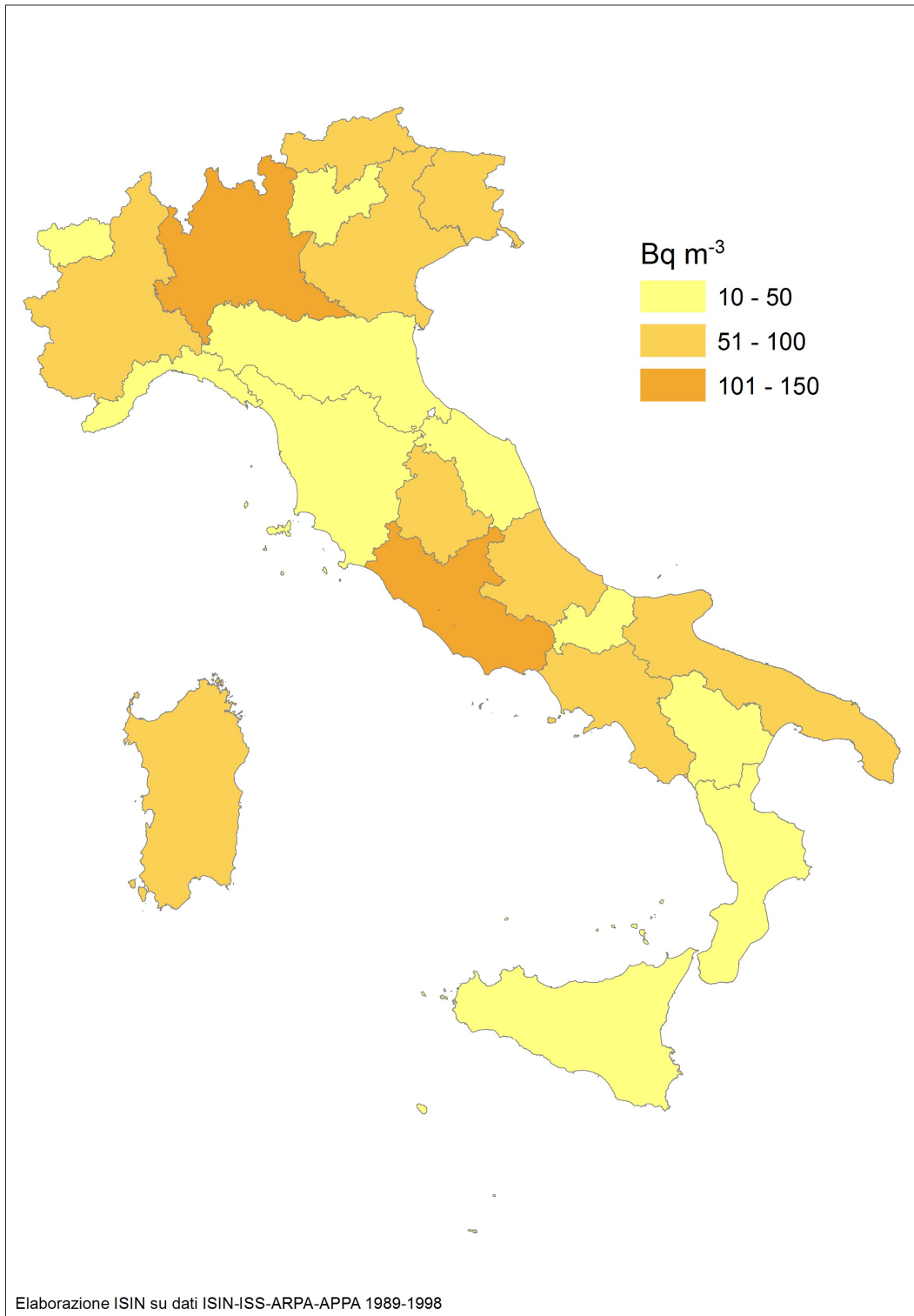


Figura 6.1 - Concentrazioni medie annuali di radon indoor nelle abitazioni, per regione e provincia autonoma (la scelta degli intervalli ha valore esemplificativo) (1989-1998).

Tabella 6.1 - Concentrazione media di radon nelle abitazioni per regione e provincia autonoma e rispettiva percentuale di abitazioni in cui la concentrazione media annuale di radon supera il livello di riferimento massimo indicato dalla Direttiva 2013/59/Euratom (1989-1998).

REGIONE	MEDIA (Bq m ⁻³)	% di abitazioni > 300 Bq m ⁻³
Abruzzo	60 ± 6	2,9%
Basilicata	30 ± 2	0,0%*
Bolzano	70 ± 8	0,0%*
Calabria	25 ± 2	0,0%*
Campania	95 ± 3	1,4%
Emilia Romagna	44 ± 1	0,3%
Friuli Venezia Giulia	99 ± 8	5,7%
Lazio	119 ± 6	6,3%
Liguria	38 ± 2	0,0%*
Lombardia	111 ± 3	4,1%
Marche	29 ± 2	0,0%*
Molise	43 ± 6	0,0%*
Piemonte	69 ± 3	1,2%
Puglia	52 ± 2	0,3%
Sardegna	64 ± 4	0,0%*
Sicilia	35 ± 1	0,0%*
Toscana	48 ± 2	0,3%
Trento	49 ± 4	0,0%*
Umbria	58 ± 5	0,0%*
Valle d'Aosta	44 ± 4	0,0%*
Veneto	58 ± 2	0,8%
Italia (media pesata per la popolazione regionale)	70 ± 1	1,7%
Fonte: elaborazione ISIN su dati ISIN, ISS, ARPA-APPA 1989-1998		

* Le percentuali sono stimate sulla base di un campione di abitazioni, pertanto è possibile che all'interno della regione siano presenti casi di superamento del valore di 300 Bq m⁻³ anche quando la percentuale stimata di abitazioni oltre tale livello è nulla.

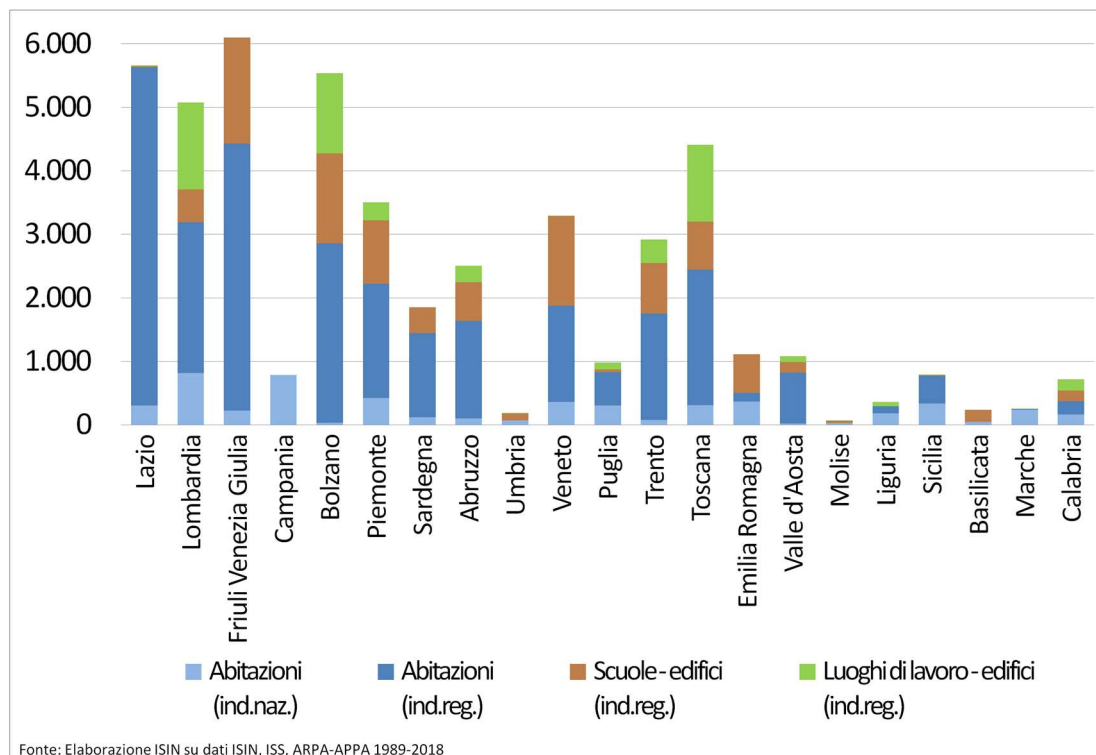


Figura 6.2 - Numero di abitazioni misurate nell'indagine nazionale (1989-1998) e numero di abitazioni, scuole (edifici) e luoghi di lavoro (edifici) misurati in indagini regionali o sub-regionali (1991-2018) nelle regioni e province autonome.

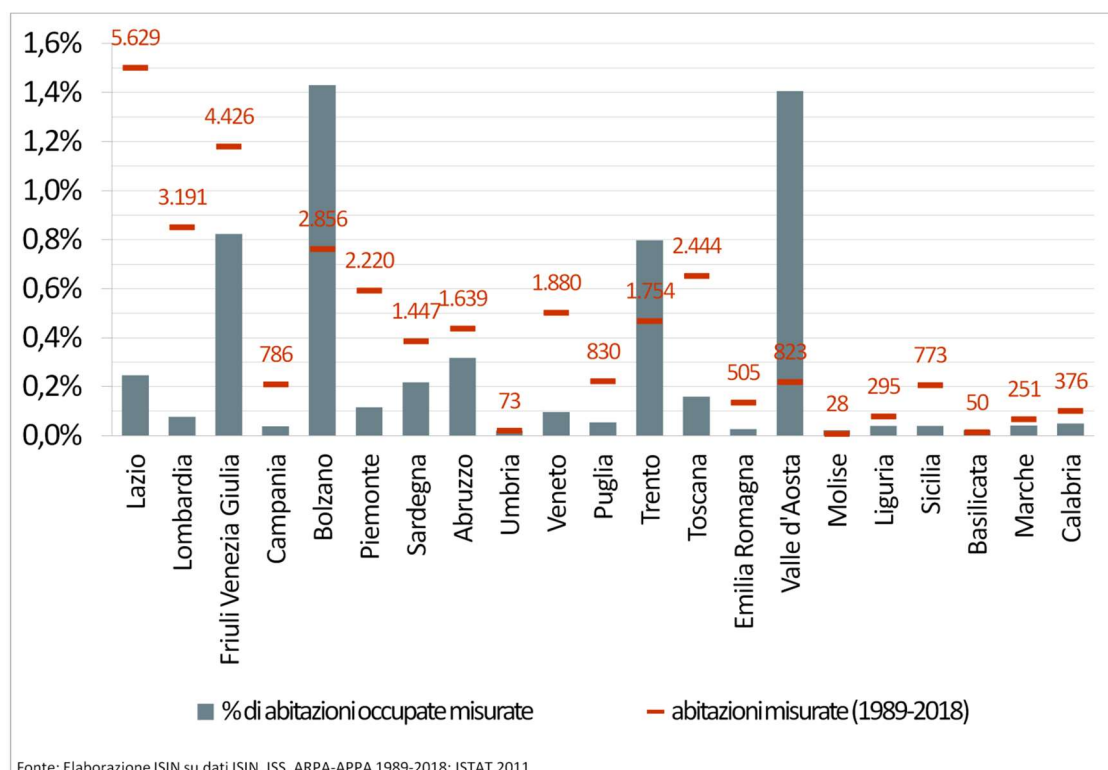


Figura 6.3 - Percentuale di abitazioni occupate in cui è stata misurata la concentrazione media annuale di radon, e corrispondente numero assoluto di abitazioni misurate, per regione e provincia autonoma (1989-2018).

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI SPECIFICI

DIRETTIVA 2013/59/EURATOM DEL CONSIGLIO del 5 dicembre 2013 che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, e che abroga le direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom e 2003/122/Euratom.

D.Lgs. 17 marzo 1995, n. 230. Attuazione delle direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom e 2006/117/Euratom in materia di radiazioni ionizzanti.

D.Lgs. 26 maggio 2000, n. 241. Attuazione della direttiva 96/29/EURATOM in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti.

World Health Organization, 2009. *WHO handbook on indoor radon: a public health perspective*.

F.Bochicchio, G.Campos-Venuti, S.Piermattei, C.Nuccetelli, S.Risica, L.Tommasino, G.Torri, M.Magnoni, G.Agnesod, G.Sgorbati, M.Bonomi, L.Minach, F.Trotti, M.R.Malisan, S.Maggiolo, L.Gaidolfi, C.Giannardi, A.Rongoni, M.Lombardi, G.Cherubini, S.D'Ostilio, C.Cristofaro, M.Pugliese, V.Martucci, A.Crispino, P.Cuzzocrea, A.Sansone Santamaria, M.Cappai. 2005. *Annual average and seasonal variations of residential radon concentration for all the Italian Regions. Radiation Measurements* 40, 686–694.

Indicatore 7

**RATEO DI DOSE GAMMA 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 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.

SCOPO

Documentare l'entità e la distribuzione della dose dovuta all'esposizione a radiazione gamma di origine cosmica e terrestre, nonché associata ad eventi o situazioni incidentali che possano comportare un aumento dell'esposizione della popolazione alle radiazioni ionizzanti.

QUALITA' DELL'INFORMAZIONE

L'indicatore è adeguato a rispondere alla domanda di informazione. I dati sono ricavati dalla Rete GAMMA dell'ISIN, una rete di monitoraggio automatico della radioattività ambientale con finalità di pronto-allarme, costituita da 56 centraline distribuite sul territorio nazionale, che forniscono in tempo reale una misura del rateo di dose gamma in aria. La Rete GAMMA è predisposta per la segnalazione di eventuali anomalie conseguenti a rilasci di radioattività in atmosfera, come ad esempio nel caso di incidenti nucleari, ed è quindi in grado, di seguire l'evoluzione dell'eventuale nube radioattiva e il conseguente *fallout*.

I dati di questa rete sono confrontabili con i dati dell'indagine svolta negli anni '70 per valutare i contributi di origine cosmica e terrestre outdoor (vedi Commenti).

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).

In riferimento alla gestione delle emergenze nucleari e radiologiche, il monitoraggio effettuato risponde a quanto previsto dal DPCM 19 marzo 2010 "Piano nazionale delle misure protettive contro le emergenze

radiologiche”, nonché alla necessità di scambiare rapidamente le informazioni sulle misure ambientali come richiesto in ambito comunitario dalla Decisione del Consiglio 87/600/EURATOM e in ambito internazionale dalla Convenzione internazionale sulla pronta notifica di un incidente nucleare.

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 in aria, infatti, potrebbe essere conseguenza, essenzialmente, di eventi incidentali attribuibili ad impianti transfrontalieri. Gli eventi ipotizzabili a carico degli impianti italiani e delle attività di smantellamento ad essi associate, non sono tali da dare una variazione significativa dell'indicatore.

COMMENTI

Nella Tabella 7.1 sono riportate le stime dei contributi medi dei diversi componenti della dose gamma in aria, presi a riferimento per la comparazione con i dati della rete dell'ISIN.

I dati in Tabella 7.1 evidenziano la sostanziale uniformità del contributo della radiazione cosmica sul territorio nazionale, mentre il contributo della radiazione terrestre è fortemente dipendente dalla geologia del sito.

I dati dei contributi di origine cosmica e terrestre outdoor sono stati elaborati sulla base dei risultati di un'indagine effettuata tra gli anni 1970-1971 su un reticolo di oltre 1.000 punti di misura. I dati della dose gamma di origine terrestre indoor derivano dall'elaborazione effettuata a suo tempo dall'ISPRA dei dati relativi all'indagine nazionale sulla radioattività naturale nelle abitazioni, su campioni rappresentativi a livello regionale. La media della componente di origine terrestre indoor, pesata per la popolazione, è stata ottenuta attribuendo alla regione, per la quale i dati non sono disponibili, un valore ottenuto dividendo la componente terrestre outdoor della regione stessa per il rapporto medio tra componente outdoor e indoor di tutte le regioni di cui si dispongono dati.

La dose gamma annuale dipende dai tempi di permanenza indoor e outdoor, che in questa elaborazione sono stati assunti rispettivamente pari al 79% e al 21%.

Nella Tabella 7.2 sono forniti i dati statistici di base del rateo di dose gamma in aria (periodo 2000–2018), aggregati per macroregioni, ricavate dalla banca dati della rete GAMMA. Tali valori sono stati ottenuti dalle medie annuali delle misure giornaliere delle singole stazioni. I valori delle deviazioni standard (Dev. ST.), espressi in percentuale, si riferiscono alla distribuzione spaziale dei dati delle rispettive macroregioni. Il lieve aumento del valore medio annuale registrato per le stazioni del Nord Italia a partire dal 2014 è conseguente alle attività di aggiornamento condotte sulla strumentazione di misura.

Infatti, nella maggior parte delle stazioni del Nord Italia, tra il 2014 e il 2015, si è proceduto alla sostituzione delle sonde con strumentazione in linea con i più recenti standard tecnici. Quest'ultima, infatti, fornisce una misura dell'intensità dell'equivalente di dose ambientale (espressa in nSv/h), a differenza delle precedenti sonde che restituivano la misura dell'intensità di dose gamma in aria (espressa in nGy/h). Per tali stazioni si è ritenuto significativo, comunque, applicare la metodologia prima descritta sull'insieme dei dati raccolti, sia dalle stazioni dotate di nuova strumentazione, sia da quelle ancora con le precedenti sonde di misura. Il valore medio del rateo di dose gamma in aria pesato sulla popolazione delle tre macroregioni (riferita ai valori Istat 2019) è pari a circa 105 nGy/h. Tale valore, se confrontato con il valore di 112 nGy/h, ottenuto dalla Tabella 7.1 sommando i contributi cosmico e terrestre outdoor (38+74 nGy/h), mostra una sostanziale stazionarietà nel tempo di tale dose.

Nella Tabella 7.1 è illustrata la rete GAMMA dell'ISIN, costituita da 56 centraline di monitoraggio automatico, distribuite sul territorio nazionale, che forniscono in tempo reale una misura del rateo di dose gamma assorbita in aria. La rete, realizzata con compiti di pronto allarme radiologico, non è stata predisposta per la valutazione della dose alla popolazione.

Nella Figura 7.2 sono forniti gli andamenti delle medie mensili, nel 2018, dei ratei di dose gamma assorbita in aria per le tre macroregioni italiane Nord, Centro e Sud. I valori sono ottenuti a partire dalle medie giornaliere delle singole stazioni, le cui variazioni temporali si caratterizzano con una deviazione standard delle medie giornaliere di ciascuna stazione di monitoraggio, su base annua, dell'ordine del 4% per il Nord, del 3% per il Centro e del 3% per il Sud d'Italia. Si evidenzia, inoltre, che per le stazioni che hanno visto lunghi periodi di innevamento, la variazione temporale su base annua delle medie giornaliere oscilla intorno all'11%.

Tabella 7.1 - 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	70	-
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	104a

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

* Esposizione gamma indoor: Elaborazione ISPRA su dati relativi all'indagine nazionale sulla radioattività naturale nelle abitazioni

- Rapporto finale presentato nell'ambito del seminario tenuto presso la Terza Università di Roma, a Roma 8/6/1994

Tabella 7.2 - Dose assorbite in aria outdoor (cosmica e terrestre) da rete GAMMA

Anno	Nord				Centro				Sud			
	Media	Dev. ST	Val. min	Val. max	Media	Dev. ST	Val. min	Val. max	Media	Dev. ST	Val. min	Val. max
	nGy/h	%	nGy/h	nGy/h	nGy/h	%	nGy/h	nGy/h	nGy/h	%	nGy/h	nGy/h
2000	103	14	78	130	109	53	61	309	93	27	59	131
2001	101	15	77	128	109	50	61	302	103	32	63	173
2002	105	15	71	143	106	58	58	322	112	36	66	179
2003	103	15	72	150	112	64	57	329	98	33	56	184
2004	104	15	64	144	114	57	58	324	94	34	58	286
2005	101	15	53	143	103	58	52	329	102	28	66	257
2006	105	17	65	202	110	53	55	393	107	27	40	243
2007	103	15	66	210	114	52	53	458	105	26	63	203
2008	102	15	71	414	116	57	69	314	104	26	66	185
2009	98	16	55	164	106	36	63	234	106	24	67	185
2010	98	17	56	159	105	35	63	227	106	24	66	184
2011	99	17	60	159	106	34	63	234	108	24	66	184
2012	98	16	66	164	104	35	59	224	109	27	58	185
2013	97	18	57	150	107	33	57	222	107	32	55	193
2014	103	17	49	164	109	34	58	219	104	34	55	194
2015	112	25	60	179	108	33	57	215	104	30	57	193
2016	111	23	67	193	109	35	61	226	101	31	58	189
2017	109	22		193	111	38	58	228	103	31	57	194
2018	106	21	61	201	109	35	59	222	107	30	57	206

Fonte: ISIN (Banca dati rete GAMMA)

Legenda:

Dev.ST: I valori si riferiscono alla variazione spaziale. Le variazioni temporali delle medie giornaliere sono circa il 4% per il Nord, il 3% per il Centro e il 3% per il Sud.



Fonte: ISIN (Banca dati rete GAMMA)

Nota:

Il colore di fondo raggruppa le centraline nelle tre macroregioni. Valori medi della radiazione gamma: pallino giallo < 100nGy/h, pallino arancione > 100nGy/h e < 150nGy/h, pallino rosso > 150nGy/h

Figura 7.1 – Andamenti delle medie mensili dei ratei di dose gamma in aria misurati dalle stazioni sul territorio nazionale (2018)

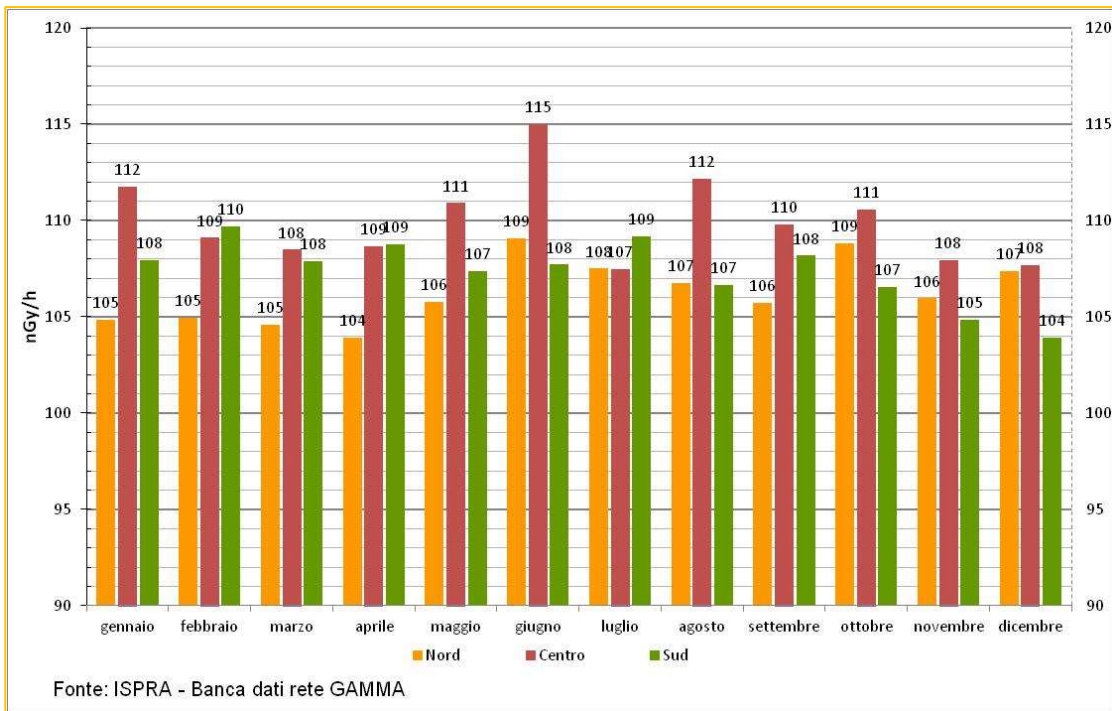


Figura 7.2 - Valori medi mensili del rateo di dose gamma delle 3 macroregioni italiane (2018)

Indicatore 8

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

DESCRIZIONE

L'indicatore, qualificabile come indicatore di stato, fornisce la concentrazione di attività del Cesio 137 (Cs-137) nel particolato atmosferico, nella deposizione al suolo e nel latte ai fini del controllo e della valutazione della radiocontaminazione ambientale.

In genere, la contaminazione dell'atmosfera è il primo segnale della dispersione su larga scala nell'ambiente di radionuclidi artificiali a seguito di incidenti rilevanti, cui seguirà la deposizione al suolo di materiale radioattivo e conseguente trasferimento nella catena alimentare; ad esempio, l'attuale presenza di Cs-137 (radionuclide artificiale non esistente in natura) nel latte è riconducibile alla contaminazione ambientale prodotta a seguito di eventi su scala globale (test bellici degli anni '60, incidente di Chernobyl). Pertanto, la presenza di radionuclidi artificiali in campioni di particolato atmosferico, di deposizione umida e secca e di latte consente di avere un quadro sullo stato della contaminazione radiometrica nell'ambiente e negli alimenti.

La scelta di riportare i dati relativi al Cs-137, è dettata dalla natura di questo radionuclide di origine artificiale, che permane per centinaia di anni a seguito della sua formazione.

SCOPO

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.

Le informazioni sono fornite sia su scala macroregionale (Nord, Centro e Sud) che nazionale per avere un'indicazione e un rapido confronto tra fenomeni locali/regionali e nazionali. Sono forniti anche gli andamenti a partire dai dati disponibili degli anni passati.

QUALITA' DELL'INFORMAZIONE

I dati utilizzati per la costruzione dell'indicatore sono raccolti annualmente nel database nazionale (DBRAD) di ISIN, consolidato da più di 10 anni, popolato ed accessibile via web, tramite credenziali di accesso, a tutti i soggetti produttori dei dati e ai ministeri competenti e agli enti interessati. La sistematicità di raccolta e di produzione dei dati assicura una buona comparabilità e copertura nel tempo e nello spazio, consentendo di effettuare stime a livello regionale, macroregionale e nazionale. Da migliorare, in alcuni casi, la sensibilità delle misure effettuate, le frequenze di campionamento e misura e la copertura territoriale.

Il sistema di sorveglianza della radioattività è stato oggetto di diverse verifiche da parte della Commissione Europea ai sensi del Trattato Euratom. Tutte le verifiche hanno avuto un esito positivo pur se con raccomandazioni e osservazioni.

OBIETTIVI FISSATI DALLA NORMATIVA

Ai sensi degli artt.35 e 36 del Trattato Euratom ciascuno Stato membro deve provvedere ad effettuare il controllo del grado di radioattività dell'atmosfera, delle acque e del suolo ed inviare le informazioni relative ai controlli alla Commissione Europea, per renderla edotta del grado di radioattività di cui la popolazione possa eventualmente risentire. La Raccomandazione europea 2000/473/Euratom dell'8 giugno 2000 fornisce indicazioni agli Stati membri sulla realizzazione del monitoraggio della radioattività ambientale ed individua per alcune specifiche matrici dei "*reporting level*" ovvero livelli di notifica in relazione all'esposizione della popolazione.

Nella legislazione italiana l'art. 104 del D.Lgs. 230/95 e s.m.i. definisce il controllo della radioattività ambientale sul territorio nazionale ed individua reti regionali e nazionali. In tale contesto si inserisce la REte nazionale di SOrveglianza della RADioattività ambientale - RESORAD, il cui coordinamento tecnico è affidato ad ISIN, costituita dai laboratori delle Agenzie Regionali e delle Province Autonome per la protezione dell'ambiente (ARPA/APPA) e dagli Istituti Zooprofilattici Sperimentali (I.I.ZZ.SS.) che rendono operativi piani annuali di monitoraggio della radioattività, il cui obiettivo principale è il rilevamento dell'andamento della radioattività nell'ambiente e negli alimenti. L'indicatore prescelto, focalizzandosi su

alcune delle principali matrici ambientali e alimentari, consente di monitorare gli obiettivi previsti dalla normativa.

STATO E TREND

L'obiettivo principale dell'indicatore è il rilevamento dell'andamento della radioattività in matrici ambientali e alimentari. La concentrazione di attività del Cs-137 nel particolato atmosferico e nella deposizione al suolo è finalizzata alla sorveglianza della radiocontaminazione ambientale, mentre la concentrazione di attività del Cs-137 nel latte è volta ad evidenziare una possibile contaminazione rilevante anche per l'aspetto sanitario in seguito a fenomeni di accumulo nella catena alimentare.

COMMENTI

Le medie macroregionali e nazionali delle concentrazioni di attività di Cs-137 nel particolato atmosferico, nella deposizione al suolo e nel latte vaccino sono riportate nelle Tabelle 8.1, 8.2, 8.3.

I valori sono tutti preceduti dal simbolo di minore (<) che indica che le misure sono in gran parte inferiori alla minima concentrazione di attività rilevabile (MCR) degli strumenti di misura.

Nella Tabella 8.1 sono indicate le medie mensili per le tre macroregioni (Nord, Centro e Sud), le medie annuali per macroregione e la media annuale nazionale pesata per il numero di stazioni di prelievo. Si evidenzia una copertura territoriale completa per le macroaree Nord e Centro (rispettivamente 15 e 7 stazioni), è da migliorare la copertura della macroarea Sud dove è presente una sola stazione.

In Figura 8.1 è visualizzato l'andamento temporale della concentrazione di Cs-137 nel particolato atmosferico per tutte le stazioni italiane dal 1986 ad oggi; 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 avvenuto nel giugno 1998 in una fonderia spagnola presso Algeciras in Spagna, rilevato in modo più evidente nel Nord Italia. Permane, negli ultimi anni, una sostanziale stazionarietà dei livelli misurati che sono ben al di sotto del "*reporting level*" o livello notificabile fissato dalla Raccomandazione 2000/473/Euratom (30 mBq/m³).

Tale livello, pari a una concentrazione corrispondente a una dose efficace di 1 µSv/anno, ha uno scopo puramente redazionale ed è 10 volte inferiore al criterio di non rilevanza radiologica indicato dalla

normativa nazionale vigente pari a 10 $\mu\text{Sv}/\text{anno}$ e pertanto non deve essere confuso o preso a riferimento per considerazioni dosimetriche.

In Tabella 8.2 sono riportate le medie mensili della concentrazione di Cs-137 nella deposizione totale al suolo nelle tre macroregioni, le medie annuali per macroregione e la media annuale nazionale pesata per il numero di punti di prelievo. La copertura territoriale, anche in questo caso, è molto buona sia al Nord che al Centro (rispettivamente con 10 e 5 punti di prelievo) e al Sud è accettabile (2 punti di prelievo) anche se con margine di miglioramento. La Figura 8.2 mostra l'andamento temporale della concentrazione di Cs-137 nella deposizione totale al suolo dagli anni '60 ad oggi, si evidenziano gli eventi di ricaduta associati ai test in atmosfera condotti negli anni '60 e l'incidente alla centrale nucleare di Chernobyl, a partire dal quale i valori di contaminazione presentano prima una sistematica diminuzione e quindi una sostanziale stazionarietà.

La Tabella 8.3 riporta la media annuale macroregionale e nazionale di concentrazione di attività di Cs-137 nel latte vaccino; la copertura territoriale è molto buona e i valori della concentrazione di attività nelle tre macroaree sono confrontabili. La media annuale nazionale si attesta al di sotto di 0,15 Bq/l. La Figura 8.3 riporta l'andamento temporale del valor medio nazionale.

Si evidenzia un abbattimento dei livelli di contaminazione a partire dagli anni immediatamente successivi all'incidente di Chernobyl, fino ad arrivare ad una sostanziale stazionarietà dei valori ben al di sotto del "*reporting level*" fissato dalla Raccomandazione 2000/473/Euratom (0,5 Bq/l) e della non rilevanza radiologica.

In Tabella 8.4 è riportato il numero delle misure eseguite dai laboratori della rete RESORAD nel 2018, suddivise sulla base delle matrici e dei diversi radionuclidi analizzati. L'esame della tabella offre un quadro sintetico e immediato sullo stato del monitoraggio nazionale della radioattività ambientale. Si evidenzia l'elevato numero di matrici analizzate e di misure effettuate; persistono, tuttavia, differenze tra Nord, Centro e Sud soprattutto per la misura di alcuni radionuclidi (quali lo Sr-90) che richiedono analisi radiometriche complesse e tecnologie e strumentazioni non presenti in tutte le regioni.

In conclusione si rileva che a livello nazionale sono rispettate tutte le matrici e le misure indicate dalla Commissione Europea anche se con densità e frequenze non omogenee tra le macroaree.

Tabella 8.1 - Concentrazione di attività di Cs-137 nel particolato atmosferico (2018)

Mese	Nord	Centro	Sud
	µBq/m ³		
Gennaio	< 21	< 16	n.d.
Febbraio	< 16	< 23	n.d.
Marzo	< 19	< 33	< 4
Aprile	< 26	< 18	< 4
Maggio	< 26	< 24	< 4
Giugno	< 12	< 16	< 3
Luglio	< 21	< 45	< 3
Agosto	< 15	< 25	< 4
Settembre	< 14	< 23	< 3
Ottobre	< 13	< 23	< 3
Novembre	< 13	< 23	n.d.
Dicembre	< 13	< 57	n.d.
Media annuale	< 17	< 27	< 4
n. di stazioni	15	7	1
Media annuale nazionale	< 21		
Fonte: Elaborazione ISIN su dati ISIN/ARPA/APPA/II.ZZ.SS.			

Tabella 8.2 - Concentrazione di attività di Cs-137 nelle deposizioni umide e secche (2018)

Mese	Nord	Centro	Sud
	Bq/m ²		
Gennaio	< 0.061	< 0.02	n.d.
Febbraio	< 0.043	< 0.041	< 0.055
Marzo	< 0.043	< 0.049	< 0.106
Aprile	< 0.072	< 0.049	< 0.048
Maggio	< 0.080	< 0.054	< 0.063
Giugno	< 0.021	< 0.035	< 0.058
Luglio	< 0.041	< 0.036	< 0.048
Agosto	< 0.052	< 0.036	n.d.
Settembre	< 0.051	< 0.032	< 0.051
Ottobre	< 0.120	< 0.042	< 0.034
Novembre	< 0.047	< 0.036	< 0.045
Dicembre	< 0.041	< 0.024	n.d.
Media annuale	< 0.74	< 0.47	< 0.78
n. di stazioni	10	5	2
Media annuale nazionale	< 0.67		
Fonte: Elaborazione ISIN su dati ISIN/ARPA/APPA/II.ZZ.SS.			

Tabella 8.3 - Concentrazione di attività di Cs-137 nel latte vaccino: media annua e numero di regioni/province autonome che hanno effettuato misure (2018)

Macroregione	Cs-137	Regioni Province autonome
	Bq/l	n.
Nord	< 0.14	9
Centro	< 0.15	6
Sud	< 0.19	4
Media Italia	< 0.15	19

Fonte: Elaborazione ISIN su dati ISIN/ARPA/APPA/II.ZZ.SS.

Tabella 8.4 - Monitoraggio della radioattività ambientale – misure eseguite dalla rete RESORAD (2018)

Matrice	Radionuclide	Nord	Centro	Sud	TOTALE
		n.			
Particolato atmosferico	Cs-137	960	501	96	1557
	Be-7	911	489	19	1419
	I-131	723	471	87	1281
	T-Beta	1324	420	292	2036
	T-Alfa	1086	31	299	1416
Dose gamma in aria	T-Gamma	632	297	419	1348
Acque superficiali	Cs-137	35	53	33	121
	Cs-134	7	27	17	51
	I-131	7	9	20	36
	Sr-90	3			3
	H-3	8			8
	T-Beta	8	14	31	53
	T-Alfa	16	14	31	61
Acque potabili	Cs-137	88	13	24	125
	Cs-134	35	2	5	42
	H-3	81	2	220	303
	Pu-239/240	7			7
	Pu-238	7			7
	Sr-90	29			29
	Co-60	25	2	3	30
	I-131	25		10	35
	U-234	13			13
	U-235	5			5
	U-238	13			13
	T-Alfa	144	78	222	444
	T-Beta	156	78	222	456
Acque d'impianto di depurazione	Cs-137	76	1	16	93
	In-111	34	151	2	187
	I-131	100	155	16	271
	Tc-99m	19	151	2	172
Latte vaccino	Cs-137	472	115	135	722
	Cs-134	134	83	39	256

Segue

Matrice	Radionuclide	Nord	Centro	Sud	TOTALE
		n.			
	I-131	23	38	32	93
	K-40	473	120	141	734
	Sr-90	63	1	5	69
Alimenti	Cs-137	1390	507	365	2262
	Cs-134	391	443	355	1189
	I-131	98	160	209	467
	K-40	427	399	109	935
	Sr-90	24	2		26
Vegetazione acquatica	Cs-137	14	3	3	20
	I-131	10	3	3	16
Deposizione	Cs-137	123	86	18	227
	Cs-134	22	24	10	56
	I-131	34	12	19	65
	Pu-239/240	3			3
	Pu-238	3			3
	Sr-90	5			5
	K-40	22	13	10	45
	Be-7	103	87	19	209
Suolo	Cs-137	15	4	63	82
	Cs-134	7	4	43	54
	Sr-90	2			2
Sedimenti	Cs-137	25	29	43	97
	Cs-134	2	29	35	66
	Sr-90	4			4
	I-131	7	11	35	53
Pasto completo	Cs-137	57	3	1	61
	Cs-134	5	3	1	9
	Sr-90	8			8
TOTALE		10543	5138	3779	19460

Fonte: Elaborazione ISIN su dati ISIN/ARPA/APP/II.ZZ.SS.

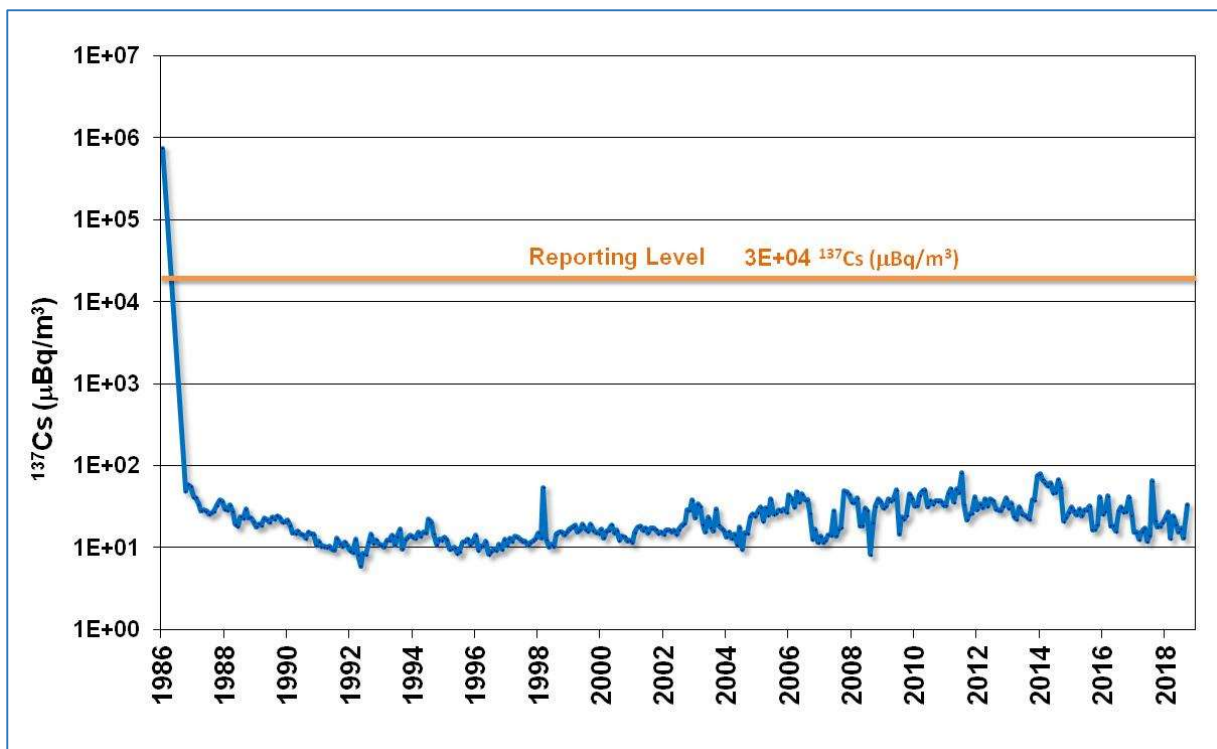


Figura 8.1 - Andamento della concentrazione di Cs-137 nel particolato atmosferico in Italia

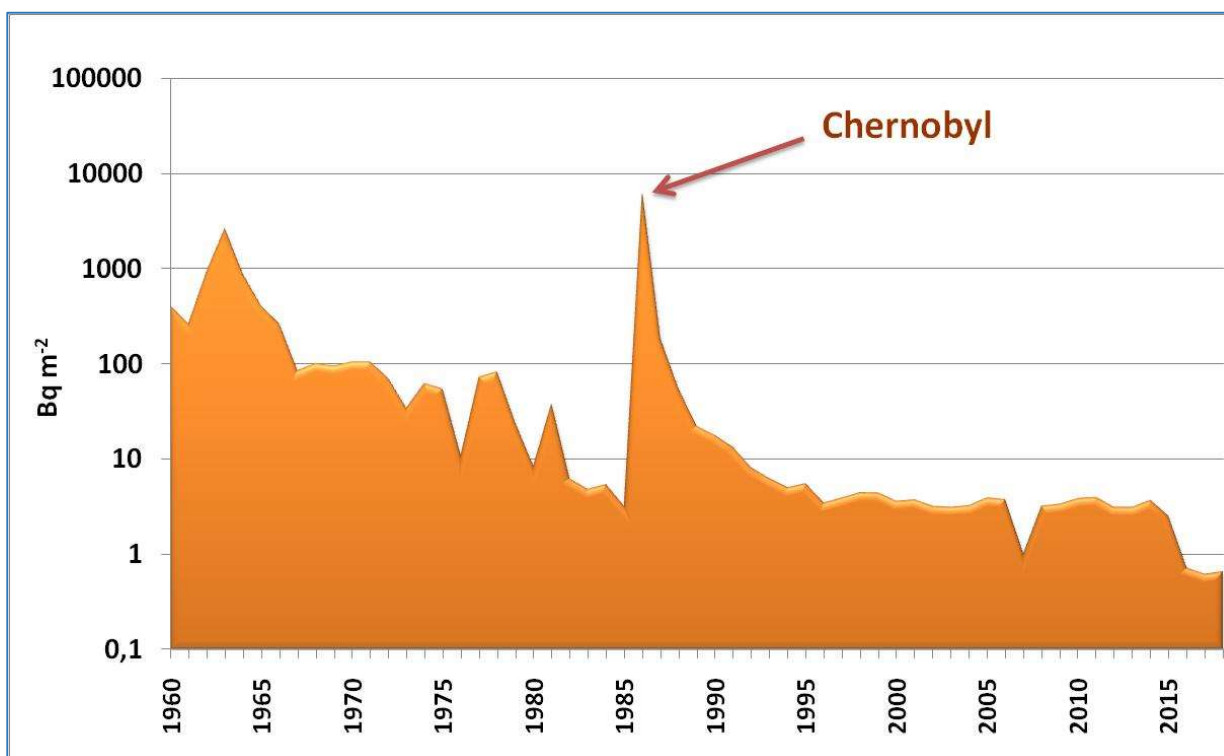


Figura 8.2 - Andamento della concentrazione di Cs-137 nelle deposizioni umide e secche in Italia

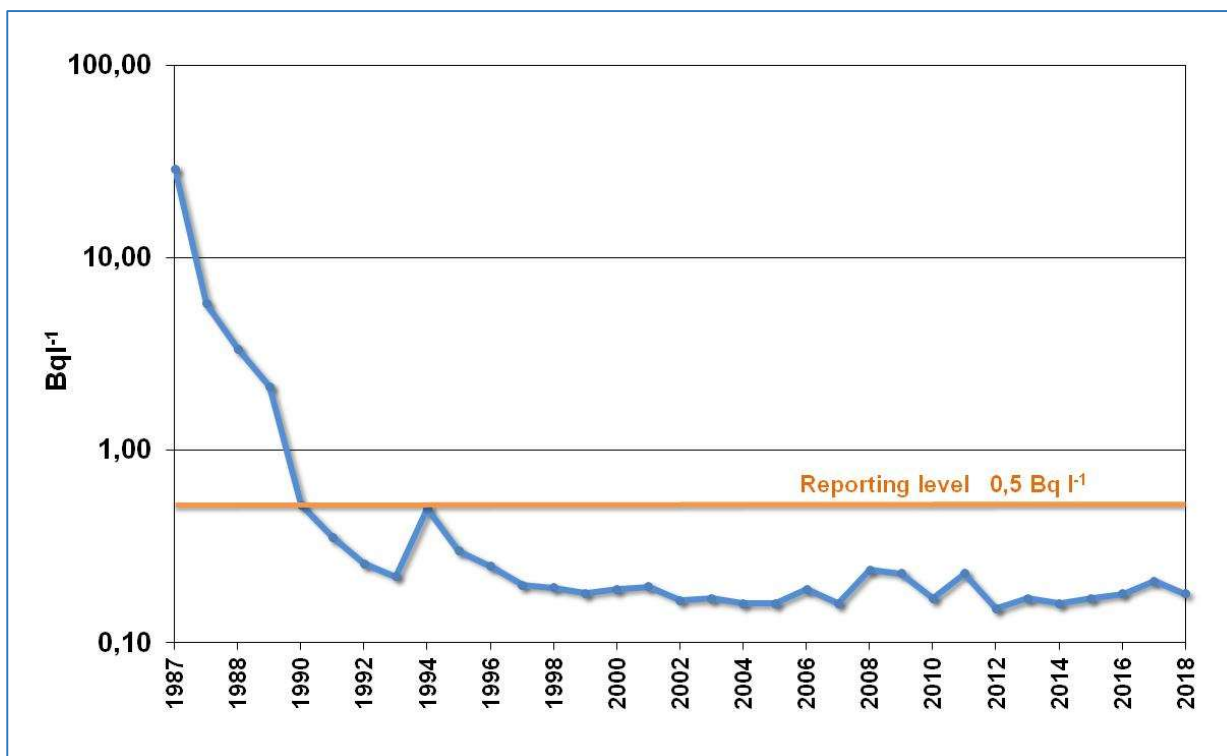


Figura 8.3 - Andamento della concentrazione di Cs-137 nel latte vaccino in Italia

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI SPECIFICI

Torri G., Menna G., Fontani S., Bochicchio F., Bucci S., Chiaravalle E., Magliano A., Magnoni M., Operti C., Pantalone C., Rusconi R., Sabatini P., Verdi L., Vitucci L., 2012 "Linee guida per il monitoraggio della radioattività". Manuali e Linee guida SNPA n°83/2012, ISBN 978-88-448-0582-1, 27 pagine.

Trotti F., Torri G., Bucci S., Magnoni M., Agnesod G., Amendola L., Bussallino M., Caldognetto E., Cappai M., Conti A., Cristofaro C., Di Giosa A., Fontani S. et al. "La rete nazionale di sorveglianza della radioattività ambientale: la sua evoluzione e lo stato dell'arte a 5 anni dall'incidente di Fukushima". Atti del Convegno nazionale di radioprotezione 19-21 ottobre 2016. ISBN 9788888648446, 11 pagine.

SNPA, ENEA-INMRI,CRI, ISS - Manuale della rete RESORAD, Convenzione del 29.12.2006 MATTM-ISPRA "Supporto tecnico alla DSA all'elaborazione di linee guida ed indirizzi metodologici", linea di attività "Prevenzione dai rischi dell'esposizione a radiazioni ionizzanti", tematica "Implementazione di un sistema nazionale di monitoraggio della radioattività ambientale"
https://www.isinucleare.it/sites/default/files/contenuto_redazione_isin/manuale_della_rete_resorad_rev3_2018.pdf

Indicatore 9

STATO DI ATTUAZIONE DELLE RETI DI SORVEGLIANZA SULLA RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE

DESCRIZIONE

Indicatore di risposta che riporta lo stato di attuazione delle reti locali/regionali/nazionale di sorveglianza della radioattività ambientale. L'organizzazione attuale (in condizioni ordinarie) prevede tre livelli di monitoraggio/controllo ambientale, in ottemperanza alle disposizioni normative vigenti: 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 dei livelli di radioattività sul territorio regionale (*source related/person related*); la rete nazionale con il compito di fornire il quadro di riferimento della situazione italiana ai fini della valutazione della dose alla popolazione, prescindendo da particolari situazioni locali (*person related*).

SCOPO

Fornire un quadro sintetico sull'operatività delle reti sia locali sia regionali e valutare lo stato di attuazione della REte nazionale di SOrveglianza della RADioattività ambientale (RESORAD). Inoltre, permette una valutazione sulla bontà del monitoraggio rispetto all'adeguamento a standard qualitativi definiti in termini di: matrici sottoposte a monitoraggio, tipologia di misure effettuate, frequenza di campionamento e di misura, sensibilità di misura, densità spaziale e regolarità del monitoraggio.

QUALITA' DELL'INFORMAZIONE

L'indicatore risponde alla domanda di informazione, è semplice e di facile interpretazione. Le informazioni utilizzate per la costruzione dell'indicatore provengono dai rapporti prodotti a intervalli regolari dagli esercenti per le reti locali e sono raccolti annualmente nel database nazionale (DBRAD) di ISIN per le reti regionali e nazionale. La sistematicità di raccolta e di produzione dei dati assicura una buona comparabilità e copertura sia temporale sia spaziale. L'attribuzione del punteggio sullo stato di attuazione della rete nazionale è stato realizzato secondo standard qualitativi definiti sulla base di informazioni oggettive, affidabili e comparabili nel tempo.

OBIETTIVI FISSATI DALLA NORMATIVA

Ai sensi degli artt. 35 e 36 del Trattato Euratom ciascuno Stato membro deve provvedere ad effettuare il controllo del grado di radioattività dell'atmosfera, delle acque e del suolo e inviare le informazioni relative ai controlli alla Commissione, per renderla edotta del grado di radioattività di cui la popolazione possa eventualmente risentire. La Raccomandazione europea 2000/473/Euratom dell'8 giugno 2000 fornisce indicazioni agli Stati membri sulla realizzazione del monitoraggio della radioattività ambientale. Nella legislazione italiana il D.Lgs. 230/95 e s.m.i. nell'art.54 prescrive che il titolare dell'autorizzazione o del nulla osta e l'esercente di un impianto nucleare provvedano alla sorveglianza locale della radioattività ambientale, nell'art.104 definisce il controllo della radioattività ambientale sul territorio nazionale e individua reti regionali e nazionali.

STATO E TREND

L'obiettivo di fornire un quadro sintetico sullo stato delle reti di sorveglianza della radioattività ambientale a livello locale, regionale e nazionale è stato raggiunto. La valutazione finale è positiva in quanto quasi tutti i parametri oggetto di valutazione (matrici, tipologia di misure, frequenze, sensibilità, densità e regolarità del monitoraggio) sono adeguatamente presenti.

COMMENTI

Le reti regionali risultano tutte operative, in alcuni casi sono approvate dall'Assessorato alla Sanità, in altri dall'Assessorato all'Ambiente (Tabella 9.1). Tenendo conto dei dati forniti nel 2018 dalla REte nazionale di SOrveglianza della RADioattività ambientale (RESORAD) relativamente a tre matrici (particolato atmosferico, deposizione al suolo e latte) si rileva che la copertura spaziale del monitoraggio è soddisfacente sul territorio nazionale essendo pari a circa l'85% per il particolato atmosferico, il 76% per la deposizione al suolo e il 95% per il latte.

Lo stato di attuazione del monitoraggio della radioattività ambientale delle reti locali è riportato nella Tabella 9.2, in cui è indicata la presenza o meno della rete del gestore e quella dell'ente locale ARPA/APPA. I gestori provvedono alla sorveglianza locale della radioattività ambientale in tutti gli impianti ove vige l'obbligo derivante dall'ottemperanza della normativa vigente, mentre nonostante non sia previsto

l'obbligo derivante dalla normativa nazionale, sono attive alcune reti locali di monitoraggio ambientale degli enti locali. Al fine di incrementare i controlli indipendenti nel 2013 e nel 2015 sono state svolte dall'ISIN (allora ISPRA), con la partecipazione di ARPA Campania e ARPA Lazio, due indagini per il monitoraggio della radioattività ambientale connessa alle attività di "decommissioning" della centrale del Garigliano. Sempre nel 2015 è stata effettuata dall'ISIN (allora ISPRA), con la partecipazione di ARPA Lazio, una campagna di monitoraggio ambientale intorno alla centrale di Latina e nel 2018 è stata svolta un'indagine per il monitoraggio della radioattività ambientale, con la collaborazione dell'ARPA Basilicata, intorno all'impianto ITREC - C.R. Trisaia ENEA. Nel 2013 – 2014 in relazione al processo di smantellamento dell'impianto reattore RTS-1 del Centro Interforze Studi per le Applicazioni Militari (CISAM) con sede a San Piero a Grado (Pisa), è stato realizzato un piano di monitoraggio ambientale straordinario da parte di ARPA Toscana ed ENEA.

Nella Tabella 9.3 sono presentati i punteggi attribuiti per la valutazione dello stato di attuazione del monitoraggio a livello nazionale. 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 esse sono stati valutati i seguenti aspetti: tipologie di misure effettuate, frequenza di campionamento e misura, sensibilità di misura (in riferimento alle "Linee guida per il monitoraggio della radioattività" - Manuali e Linee guida SNPA n. 83/2012), densità di monitoraggio (in termini di distribuzione territoriale dei controlli nelle macroaree Nord, Centro e Sud) e regolarità del monitoraggio nel tempo.

Il punteggio attribuito nel 2018 è pari a 20 e indica, pertanto, che lo stato di attuazione del monitoraggio nazionale è sufficiente (classe di qualità 15-20). La sensibilità e il numero delle misure effettuate sulle matrici considerate risultano adeguati e comparabili a quelli degli ultimi anni. Permane la mancanza di alcune tipologie di analisi radiometriche complesse (ad es. radiochimiche), che non sono effettuate da tutti i laboratori.

Tabella 9.1 - Stato delle reti regionali, esempi di contributi alla rete nazionale

Regione/Provincia autonoma	Operatività della rete regionale	Approvata da Regione /Provincia autonoma	Esempi di dati forniti alla rete nazionale nel 2018		
			Particolato atmosferico	Deposizioni umide e secche	Latte
Piemonte	Si	Si	Si	Si	Si
Valle d'Aosta	Si	Si (Ass. Sanità)	Si	Si	Si
Lombardia	Si	Si (Ass. Sanità)	Si	Si	Si
Bolzano	Si	Si (Ass. Sanità)	Si	Si	Si
Trento	Si	Si	Si	Si	Si
Veneto	Si	Si (Ass. Sanità)	Si	Si	Si
Friuli-Venezia Giulia	Si	Si (Ass. Sanità)	Si	Si	Si
Liguria	Si	Si (Ass. Sanità)	Si	Si	SI
Emilia-Romagna	Si	Si	Si	Si	Si
Toscana	Si	Si	Si	Si	Si
Umbria	Si	Si	Si	Si	Si
Marche	Si	Si (Ass. Sanità)	Si	Si	Si
Lazio	Si	Si (Ass. Ambiente)	Si	Si	Si
Abruzzo	Si	Si	Si	Si	Si
Molise	Si	Si (Ass. Sanità)	No	No	No
Campania	Si	Si	Si	No	Si
Puglia	Si	Si	Si	Si	Si
Basilicata	Si	Si	Si	Si	Si
Calabria	Si	Si	No	No	Si
Sicilia	Si	Si (Ass. Sanità)	Si	No	Si
Sardegna	Si	Si (Ass. Sanità)	No	No	Si

Fonte: Elaborazione ISIN su dati ARPA/APPA/II.ZZ.SS.

Tabella 9.2 - Stato delle reti locali

Impianto	Stato Impianto	Esistenza rete locale esercenti	Esistenza rete locale/ARPA Ente
Centrale del Garigliano	in disattivazione, assenza combustibile, rifiuti condizionati	Si	Si*
Centrale di Latina	in disattivazione, assenza combustibile, rifiuti parzialmente condizionati	Si	Si**
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

Segue

Impianto	Stato Impianto	Esistenza rete locale esercenti	Esistenza rete locale Ente locale/ARPA
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: Rapporti delle attività di controllo della radioattività ambientale degli esercenti e ARPA/APPA			
<p>* Nel 2013 e nel 2015, in relazione al processo di smantellamento, sono state svolte dall' ISIN (allora ISPRA) due campagne di monitoraggio della radioattività ambientale;</p> <p>**Nel 2015 è stata svolta dall'ISIN (allora ISPRA) una campagna di monitoraggio della radioattività ambientale;</p> <p>***Dal 2013 – 2014, in relazione al processo di smantellamento, è stata realizzato un piano di monitoraggio ambientale straordinario da parte di ARPA Toscana ed ENEA;</p> <p>****Nel 2018 è stata svolta dall'ISIN una campagna di monitoraggio della radioattività ambientale.</p>			

Tabella 9.3 - Valutazione dello stato di attuazione del monitoraggio nazionale

Anno	Punteggio	Giudizio
1997	15	sufficiente
1998	17	sufficiente
1999	13	sufficiente
2000	17	sufficiente
2001	17	sufficiente
2002	17	sufficiente
2003	17	sufficiente
2004	17	sufficiente
2005	17	sufficiente
2006	17	sufficiente
2007	17	sufficiente
2008	17	sufficiente
2009	16	sufficiente
2010	17	sufficiente
2011	20	sufficiente
2012	20	sufficiente
2013	20	sufficiente
2014	19	sufficiente
2015	18	sufficiente
2016	19	sufficiente
2017	20	sufficiente
2018	20	sufficiente
Fonte: Elaborazione ISIN e ARPA Emilia-Romagna		
Legenda		
Classi di qualità: insufficiente 0 – 14; sufficiente 15 – 20; buono 21 - 25		

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI SPECIFICI

Torri G., Menna G., Fontani S., Bochicchio F., Bucci S., Chiaravalle E., Magliano A., Magnoni M., Operti C., Pantalone C., Rusconi R., Sabatini P., Verdi L., Vitucci L., 2012 "Linee guida per il monitoraggio della radioattività". Manuali e Linee guida SNPA n. 83/2012, ISBN 978-88-448-0582-1, 27 pagine.

Trotti F., Torri G., Bucci S., Magnoni M., Agnesod G., Amendola L., Bussallino M., Caldognetto E., Cappai M., Conti A., Cristofaro C., Di Giosa A., Fontani S. et al. "La rete nazionale di sorveglianza della radioattività ambientale: la sua evoluzione e lo stato dell'arte a 5 anni dall'incidente di Fukushima". Atti del Convegno nazionale di radioprotezione 19-21 ottobre 2016. ISBN 9788888648446, 11 pagine.

SNPA, ENEA-INMRI, CRI, ISS - Manuale della rete RESORAD, Convenzione del 29.12.2006 MATTM-ISPRA "Supporto tecnico alla DSA all'elaborazione di linee guida ed indirizzi metodologici", linea di attività "Prevenzione dai rischi dell'esposizione a radiazioni ionizzanti", tematica "Implementazione di un sistema nazionale di monitoraggio della radioattività ambientale".

https://www.isinucleare.it/sites/default/files/contenuto_redazione_isin/manuale_della_rete_resora_d_rev3_2018.pdf

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI GENERALI

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.

Banca dati della rete automatica dell'ISPRA di rilevamento della dose gamma in aria (rete GAMMA). 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.

Cardinale A., Frittelli L., Lembo G., Gera G., Ilari O., "*Studies on the Natural Background in Italy*", Health Phys. 20, 285, 1971.

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

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

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

D.Lgs. 230/1995 "Attuazione delle direttive 89/618/EURATOM, 90/641/EURATOM, 92/3/EURATOM e 96/29/EURATOM in materia di radiazioni ionizzanti" sue successive modifiche e integrazioni.

D.Lgs. 45/2014 "Attuazione della direttiva 2011/70/EURATOM, che istituisce un quadro comunitario per la gestione responsabile e sicura del combustibile nucleare esaurito e dei rifiuti radioattivi".

Decreto interministeriale 7 agosto 2015 "Classificazione dei rifiuti radioattivi, ai sensi dell'art. 5 del decreto legislativo 4 marzo 2014, n. 45".

Decreto Legislativo 137/2017 "Attuazione della direttiva 2014/87/EURATOM che modifica la direttiva 2009/71/EURATOM che istituisce un quadro comunitario per la sicurezza nucleare degli impianti nucleari" DIRETTIVA 2011/70/EURATOM DEL CONSIGLIO del 19 luglio 2011 che istituisce un quadro comunitario per la gestione responsabile e sicura del combustibile nucleare esaurito e dei rifiuti radioattivi.

DIRETTIVA 2013/59/EURATOM DEL CONSIGLIO del 5 dicembre 2013 che stabilisce norme

fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, e che abroga le direttive 89/618/EURATOM, 90/641/EURATOM, 96/29/EURATOM, 97/43/EURATOM e 2003/122/EURATOM (GU UE 17/01/2014).

International Commission on Radiological Protection, ICRP Statement on Radon. ICRP Ref 00/902/09, 2009.

International Commission on Radiological Protection, Radiological protection against radon exposure, ICRP Publication 126, 2014.

International Atomic Energy Agency, Protection of the public against exposure indoors due to radon and other sources of radiation. Specific safety guide. IAEA Safety Standards Series No.SSG-32, 2015. International Atomic Energy Agency, Technical Report Series n.465, 2008.

IAEA Safety Standards "Advisory Material for the IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material(2012 Edition)", No. SSG-26.

IAEA Safety Standards "Radiation Protection Programmes for the Transport of Radioactive Material" Safety Guide, No. TS-G-1.3.

IAEA Safety Standards "Regolamentazione IAEA per il Trasporto in Sicurezza del Materiale Radioattivo" ed. 2018, No. SSR-6.

Il trasporto di materie radioattive in Italia, Rapporto 2005 – 2006 – 2007 (ai sensi dell'art.3 del D.M. 18/10/2005 del Ministero delle attività produttive).

ISPRA, Inventario Nazionale dei Rifiuti Radioattivi, aggiornamento al 31/12/2016.

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

ISPRA, Linee guida per il monitoraggio della radioattività, SiNPA, Delibera del Consiglio Federale delle Agenzie Ambientali del 25 ottobre 2012, Manuali e linee guida 83/2012.

ISS-ANPA, Indagine nazionale sulla radioattività naturale nelle abitazioni – Rapporto finale presentato nell'ambito del seminario tenuto presso la Terza Università di Roma, Roma 8/6/1994.

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

Pelliccioni M., "Fondamenti fisici della Radioprotezione", 1989.

SiNPA, ENEA-INMRI, CRI, ISS - Manuale della rete RESORAD, Convenzione del 29.12.2006 MAT- TM-

ISPRA "Supporto tecnico alla DSA all'elaborazione di linee guida e indirizzi metodologici", linea di attività "Prevenzione dai rischi dell'esposizione a radiazioni ionizzanti", tematica "Implementazione di un sistema nazionale di monitoraggio della radioattività ambientale".

Statistics on the Transport of Radioactive Materials and Statistical Analyses -European Commission DG TREN (Contract No. C4/TMR2001/300-1) NRPB UK (project co-ordinator), GRS Germany, IRSN (including CEPN) France, ANPA Italy and NRG Netherland.

Torri G., Menna G., Fontani S., Bochicchio F., Bucci S., Chiaravalle E., Magliano A., Magnoni M., Operti C., Pantalone C., Rusconi R., Sabatini P., Verdi L., Vitucci L., 2012 "Linee guida per il monitoraggio della radioattività". Manuali e Linee guida SNPA n°83/2012, ISBN 978-88-448-0582-1, 27 pagine.

Trotti F., Torri G., Bucci S., Magnoni M., Agnesod G., Amendola L., Bussallino M., Caldognetto E., Cappai M., Conti A., Cristofaro C., Di Giosa A., Fontani S. et al. "La rete nazionale di sorveglianza della radioattività ambientale: la sua evoluzione e lo stato dell'arte a 5 anni dall'incidente di Fukushima". Atti del Convegno nazionale di radioprotezione 19-21 ottobre 2016. ISBN 9788888648446, 11 pagine.

UNSCEAR 2000 *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Sources and effects of ionizing radiation. Vol. I: New York: United Nations; E.00.IX.3, ISBN92-1-142238-8, 2000.*

UNSCEAR 2008 *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Sources and effects of ionizing radiation. Vol. I: New York: United Nations; E.10.XI.3, ISBN 978-92-1-142274-0, 2010.* World Health Organisation, WHO Handbook on indoor radon: a public health perspective. WHO Press, 2009.

SITOGRAFIA

http://www.icrp.org/docs/ICRP_Statement_on_Radon%28November_2009%29.pdf

http://www.icrp.org/docs/P103_Italian.pdf

http://www.isprambiente.gov.it/files/sicurezza-nucleare-Radioattivita/MANUALE_rev3_2018.pdf