

Ispettorato Nazionale
per la Sicurezza Nucleare
e la Radioprotezione

RETI NAZIONALI DI MONITORAGGIO DELLA RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE

Dati 2021

10/2023

INFORMAZIONI LEGALI

L'Ispettorato nazionale per la sicurezza nucleare e la radioprotezione (ISIN), le Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente (ARPA), le Agenzie Provinciali per la Protezione dell'Ambiente delle Province Autonome (APPA), gli Istituti Zooprofilattici Sperimentali (IIZZSS) e le persone che agiscono per loro conto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo rapporto.

ISIN - Ispettorato nazionale per la sicurezza nucleare e la radioprotezione

Via Capitan Bavastro, 116 – 00154 Roma

www.isinucleare.it

ISIN, Rapporti 10/2023

ISBN: 978-88-946033-1-6

Riproduzione autorizzata citando la fonte.

Elaborazione grafica

ISIN

Layout e copertina:

Giuliana Bevilacqua

AUTORI

La redazione del rapporto sulla sorveglianza della radioattività ambientale in Italia è a cura dell'ISIN.

I dati riportati nel presente rapporto sono stati raccolti nell'ambito:

- della REte nazionale di SOrveglianza della RADioattività ambientale (RESORAD) costituita dalle 21 Agenzie Regionali (ARPA) e delle Province Autonome (APPA) per la Protezione dell'Ambiente e dagli Istituti Zooprofilattici Sperimentali (IIZZSS);
- della rete automatica di rilevamento del rateo di dose equivalente ambientale (rete GAMMA) di ISIN;
- delle centraline di monitoraggio del rateo di dose equivalente ambientale gestite dalle ARPA/APPA.

Sonia Fontani

Valeria Innocenzi

Giuseppe Menna

Andrea Pepperosa

Stefano Zennaro

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano tutti coloro che hanno reso possibile la stesura del presente rapporto, i colleghi delle ARPA, APPA, IIZZSS, nonché dell'ISIN, che con il loro prezioso e competente lavoro quotidiano assicurano il monitoraggio nazionale dell'ambiente e degli alimenti ai fini della protezione della popolazione sia in condizione di routine che in caso di eventi incidentali.

INDICE

| | |
|---|----|
| SOMMARIO | 7 |
| LA SORVEGLIANZA DELLA RADIOATTIVITÀ IN ITALIA | 9 |
| QUADRO NORMATIVO | 9 |
| LA RETE NAZIONALE DI SORVEGLIANZA DELLA RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE - RESORAD | 13 |
| OBIETTIVI DELLA RESORAD..... | 13 |
| LA RETE RESORAD | 13 |
| LA STRUTTURA DELLA RETE RESORAD..... | 14 |
| RACCOLTA E FLUSSO DI DATI | 18 |
| PROGRAMMA DI AFFIDABILITÀ..... | 19 |
| LE RETI AUTOMATICHE: GAMMA e REMRAD | 21 |
| DATI 2021 | 25 |
| ELABORAZIONE DEI DATI..... | 25 |
| ANALISI DEI DATI..... | 27 |
| BIBLIOGRAFIA | 61 |

ACRONIMI

ANPA – Agenzia Nazionale per la Protezione dell’Ambiente

APAT – Agenzia per la protezione dell’ambiente e per i servizi tecnici

APPA – Agenzia Provinciale per la Protezione dell’Ambiente

ARPA – Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente

CE – Commissione Europea

CEN – Centro Emergenze Nucleari dell’ISIN

CEVaD – Centro di Elaborazione e Valutazione Dati

ENEA – Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l’energia e lo sviluppo economico sostenibile

EURDEP – EUropean Radiological Data Exchange Platform

GAMMA – Rete di monitoraggio dell’intensità di dose gamma in aria

INMRI – Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti

ISIN – Ispettorato nazionale per la sicurezza nucleare e la radioprotezione

ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

IIZZSS – Istituti Zooprofilattici Sperimentali

OECD – Organisation for economic co-operation and development

REMDB – Radioactivity Environmental Monitoring Data Base

REMRAD – Rete di monitoraggio automatico della radioattività ambientale

RESORAD – REte nazionale di SOrveglianza della RADioattività ambientale

SINRAD – Sistema Informativo Nazionale sulla Radioattività

I sistemi di sorveglianza della radioattività ambientale hanno un ruolo centrale per la tutela della popolazione e dell'ambiente dall'esposizione a radiazioni ionizzanti di origine artificiale, causata da applicazioni mediche e industriali, da attività di ricerca scientifica, da incidenti, tra i quali devono essere ricordati per gravità e impatto ambientale l'incidente di Chernobyl del 1986 e di Fukushima del 2011, nonché per controllare i livelli di radioattività riconducibili a esperimenti nucleari avvenuti a partire dagli anni '50 e il rispetto del Trattato sulla messa al bando totale degli esperimenti nucleari (CTBT), che l'Italia ha ratificato e nell'ambito del quale opera il laboratorio ISIN di misura della radioattività nel particolato atmosferico, denominato ITL10.

I sistemi di sorveglianza della radioattività ambientale costituiti dalle reti nazionali sono efficienti ed affidabili, perché in grado di segnalare tempestivamente eventi anomali sul territorio nazionale e di rilevare possibili situazioni di emergenza derivanti da incidenti nucleari transfrontalieri o eventi infausti come l'attuale crisi ucraina.

Tali reti sono costituite dalla REte nazionale di SOrveglianza della RADioattività ambientale (RESORAD), alla quale si affiancano le reti automatiche GAMMA e REMRAD dell'ISIN, collegate in tempo reale e in modo continuo al centro di controllo in grado di analizzare i risultati delle misure segnalando prontamente eventuali anomalie radiometriche.

Questo Ispettorato ha programmato e destinato le risorse economiche disponibili per l'ammodernamento e l'efficientamento delle reti automatiche. Infatti, ha assicurato la copertura di tutto il territorio nazionale con 62 centraline della rete GAMMA e ha in corso la realizzazione di 6 stazioni automatiche della rete REMRAD di rilevamento del particolato atmosferico ad altissima sensibilità, di cui 2 sono già operative, 2 in fase di installazione e sarà a breve pubblicato il bando di gara per la realizzazione di ulteriori 2 stazioni.

Il presente rapporto riporta, in modo sintetico e organizzato, i rilevamenti radiometrici relativi al 2021 della rete RESORAD e della rete GAMMA di ISIN, integrati con i dati prodotti dalle centraline automatiche delle Agenzie Regionali. Grazie agli investimenti sulle reti nazionali automatiche nei prossimi rapporti saranno riportati anche i dati della rete REMRAD.

A tutte le unità del personale degli Enti che hanno collaborato, desidero esprimere l'apprezzamento per l'impegno profuso.

Avv. Maurizio Pernice

SOMMARIO

L'Ispettorato nazionale per la sicurezza nucleare e la radioprotezione (ISIN) è l'autorità di regolamentazione competente designata a svolgere le funzioni e i compiti di autorità nazionale, indipendente, ai sensi delle Direttive 2009/71/Euratom e 2011/70/Euratom, in materia di sicurezza nucleare e di radioprotezione, in ottemperanza degli artt. 1 e 6 del D.Lgs. n. 45 del 2014, come modificato dal D.Lgs. n. 137 del 2017. L'ISIN svolge, pertanto, le funzioni già attribuite dalla legislazione nazionale nel corso degli anni all'ANPA, all'APAT e all'ISPRA.

Ai sensi dell'art. 152 del D.Lgs. n. 101 del 2020, il controllo sulla radioattività ambientale è articolato in reti regionali e nazionali. Le reti nazionali comprendono:

- la REte nazionale di SOrveglianza della RADioattività ambientale (RESORAD);
- la rete nazionale GAMMA gestita dall'ISIN;
- la rete di allarme gestita dal Ministero dell'Interno che concorre autonomamente al sistema delle reti nazionali, ai sensi del D.Lgs. 139/2006¹, i cui dati non sono pertanto riportati nella presente pubblicazione.

I dati della rete RESORAD sono raccolti nel database nazionale dell'ISIN (attualmente presente nell'ambito del nuovo portale *Sistema Informativo Nazionale sulla Radioattività – SINRAD*) e trasmessi annualmente alla Commissione Europea (CE) in ottemperanza agli artt. 35 e 36 del trattato Euratom; tali dati sono a disposizione dei Ministeri e degli enti interessati. I dati della rete GAMMA, che includono quelli del sistema di monitoraggio gamma delle ARPA/APPA, sono trasmessi giornalmente alla Commissione Europea che li raccoglie nella piattaforma europea di scambio dei dati radiologici EURDEP.

I laboratori della rete partecipano a programmi di affidabilità nazionali e internazionali per garantire livelli adeguati di accuratezza, comparabilità e affidabilità dei dati.

In caso di misurazioni anomale e/o di emergenza, gli avvisi e i relativi dati sono comunicati in tempo reale all'ISIN che:

- per gli eventi anomali, provvede alle opportune valutazioni ed eventualmente ad avviare approfondimenti su scala nazionale;
- per le emergenze nucleari o radiologiche (di livello nazionale) opera quale *focal-point* nazionale di raccolta dei dati prodotti da tutti i soggetti impegnati nelle attività di monitoraggio dell'ambiente e degli alimenti; dati che il Centro Emergenze Nucleari dell'ISIN, presso cui vengono raccolti ed elaborati, sottopone al Centro di Elaborazione e Valutazione Dati (CEVaD), istituito presso l'ISIN e coordinato dall'Ispettorato stesso, ai sensi dell'articolo 184 del D.Lgs.101/2020 e successive modifiche ed integrazioni; il CEVaD ha il compito di valutare la situazione incidentale in atto, la sua possibile evoluzione, e di stimare il possibile impatto dell'evento sulla popolazione e sull'ambiente a supporto del

Dipartimento della Protezione Civile. Nel corso di una emergenza, nelle more della sua costituzione, le sue funzioni sono svolte dall'ISIN.

Il presente rapporto intende fornire un'elaborazione e una rappresentazione dei dati nazionali della sorveglianza sulla radioattività ambientale prodotti nell'anno 2021.

Nell'ambito della rete RESORAD, nel 2021 sono stati raccolti circa 41200 dati, dei quali circa 27300 si riferiscono a 10500 campioni ambientali e circa 13900 a 4500 campioni alimentari. Sono riportate mappe tematiche e tabelle relative alle principali matrici e misure nelle tre macroaree Nord, Centro e Sud. Per il particolato atmosferico, la deposizione totale al suolo e il latte sono rappresentati anche gli andamenti della concentrazione di Cs-137 a partire dagli anni '60 e/o dall'incidente nucleare di Chernobyl.

LA SORVEGLIANZA DELLA RADIOATTIVITÀ IN ITALIA

QUADRO NORMATIVO

Il controllo sulla radioattività ambientale è regolato, nel nostro paese, dal Decreto Legislativo n.101 del 31 luglio 2020² (integrato e corretto dal D.Lgs. 203/2022³) ed in particolare dall'articolo 152 "Controllo sulla radioattività ambientale" che recepisce l' articolo 72 della direttiva 59/2013/EURATOM.

Il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (ex Ministero della Transizione Ecologica) esercita il controllo sulla radioattività ambientale, mentre il Ministero della Salute esercita il controllo sugli alimenti e sulle bevande per il consumo umano e animale. Il complesso dei controlli è articolato in reti di sorveglianza regionali e reti di sorveglianza nazionali i cui dati confluiscono nella banca dati nazionale sulla sorveglianza della radioattività ambientale dell'ISIN, denominata SINRAD. La gestione delle reti regionali è conferita alle singole regioni sulla base di direttive dei due Ministeri, a oggi non ancora emanate.

Le reti nazionali si avvalgono dei rilevamenti e delle misure effettuate "da istituti, enti ed organismi idoneamente attrezzati". All'ISIN sono affidate le funzioni di coordinamento tecnico per assicurare l'omogeneità dei criteri di rilevamento e delle modalità di esecuzione dei prelievi e delle misure ai fini dell'interpretazione integrata dei dati rilevati, nonché per gli effetti dell'art. 35 del trattato istitutivo della Comunità Europea per l'Energia Atomica del 1957, trattato Euratom⁴ il quale prevede che: "Ciascuno Stato membro provvede agli impianti necessari per effettuare il controllo permanente del grado di radioattività dell'atmosfera, delle acque e del suolo, come anche al controllo sull'osservanza delle norme fondamentali. La Commissione ha il diritto di accedere agli impianti di controllo e può verificarne il funzionamento e l'efficacia".

A tal fine l'ISIN:

- coordina le misure effettuate dagli istituti, enti o organismi di cui sopra, sulla radioattività dell'atmosfera, delle acque, del suolo, delle sostanze alimentari, delle bevande e delle altre matrici rilevanti, seguendo le modalità di esecuzione e promuovendo criteri di normalizzazione e di intercalibrazione;
- trasmette le informazioni relative ai rilevamenti effettuati, in ottemperanza all'articolo 36 del trattato Euratom, che stabilisce: "Le informazioni relative ai controlli contemplati dall'articolo 35 sono regolarmente comunicate dalle autorità competenti alla Commissione, per renderla edotta del grado di radioattività di cui la popolazione possa eventualmente risentire".

Per quanto attiene alle reti nazionali, l'ISIN provvede inoltre alla diffusione dei risultati delle misure eseguite.

In riferimento al monitoraggio della radioattività ambientale in situazioni di emergenza radiologica, occorre citare la Decisione del Consiglio dell'Unione Europea del 14 dicembre 1987 n.87/600/Euratom, relativa allo scambio rapido di informazioni in ambito comunitario⁵. È da tale

atto di diritto comunitario che scaturisce l'esigenza per ciascuno Stato Membro di dotarsi di un sistema di rilevamento di livelli anomali di radioattività sul proprio territorio e di partecipare a uno scambio continuo di dati relativi alle misure effettuate nel corso di un'emergenza. Con il DPCM del 14 marzo 2022 *“Adozione del Piano nazionale per la gestione delle emergenze radiologiche e nucleari previsto dal comma 2 dell'art.182 del decreto legislativo 31 luglio 2020, n.101”*⁶ è stato quindi regolato il sistema di gestione delle emergenze che possono originarsi da incidenti nucleari o eventi radiologici di portata nazionale.

In conformità ai dispositivi normativi sopra richiamati il sistema di controllo italiano della radioattività è attualmente articolato in tre diverse tipologie di reti: nazionale, regionale e locale.

Le reti nazionali comprendono:

- REte nazionale di SOrveglianza della RADioattività ambientale (RESORAD) dei rilevamenti e delle misure effettuati dagli istituti, enti ed organismi idoneamente attrezzati, coordinata dall'ISIN;
- Rete GAMMA, gestita dall'ISIN, costituita da stazioni di rilevamento del rateo di equivalente di dose ambientale e da stazioni di rilevamento della radioattività nel particolato atmosferico (Rete REMRAD);
- Rete di allarme del Ministero dell'Interno che concorre autonomamente al sistema delle reti nazionali¹.

A livello regionale le reti di sorveglianza della radioattività ambientale sono di competenza e responsabilità della Regioni e delle Province autonome e sono strettamente correlate con la rete RESORAD.

Infine, nelle zone limitrofe agli impianti nucleari, sono operative le reti di sorveglianza locale della radioattività ambientale, gestite dal titolare dell'autorizzazione o del nulla osta e dagli esercenti, secondo quanto stabilito dall'art. 97 del D.Lgs. 101/2020. Tali reti sono sottoposte alla vigilanza dell'ISIN.

Gli enti della rete RESORAD, nei casi di emergenze radiologiche, sono inoltre chiamati, sulla base del DPCM 14 marzo 2022, a fornire i dati sui rilevamenti effettuati al Centro di elaborazione e valutazione dati (CEVaD) come previsto nel piano nazionale delle misure protettive contro le emergenze radiologiche.

Per quanto riguarda l'architettura di una rete nazionale di sorveglianza della radioattività ambientale, la CE ha emanato la raccomandazione 2000/473/Euratom dell'8 giugno 2000⁷ sull'applicazione dell'art. 35 del trattato Euratom riguardante il controllo del grado di contaminazione radioattiva ambientale allo scopo di determinare l'esposizione della popolazione nel suo insieme. Nella raccomandazione il territorio europeo è suddiviso in “macroregioni”, con indicazioni sulle principali matrici da campionare, sulle frequenze di campionamento e di misura e sulla sensibilità delle tecniche di misura. L'Italia è suddivisa in tre macroregioni o macroaree:

- NORD - Italia settentrionale: Emilia-Romagna, Friuli Venezia Giulia, Liguria, Lombardia, Piemonte, Province autonome di Trento e di Bolzano, Valle d'Aosta e Veneto;
- CENTRO - Italia centrale: Abruzzo, Lazio, Marche, Molise, Toscana, Umbria e Sardegna;
- SUD - Italia meridionale: Basilicata, Campania, Calabria, Puglia e Sicilia.

La raccomandazione individua, inoltre, due tipologie di reti:

- *“rete di monitoraggio diradata”* comprendente per ciascuna macroregione e per ogni matrice almeno un punto rappresentativo della macroregione, con misure ad alta sensibilità tali da fornire una rappresentazione dei livelli e degli andamenti dei radionuclidi;
- *“rete di monitoraggio fitta”* che comprende punti di campionamento distribuiti sul territorio in modo da consentire alla CE di calcolare le medie dei livelli di radioattività delle macroregioni.

La Commissione Europea pubblica i dati sul controllo della radioattività ambientale pervenuti dagli Stati membri, in ottemperanza all'art. 36 del Trattato Euratom, sotto forma di rapporti, i primi dei quali risalgono agli inizi degli anni '60⁸.

Al fine di fornire un quadro esaustivo sulla normativa vigente relativa al controllo della radioattività, anche se più strettamente collegato alla tutela della salute, è opportuno citare il Decreto Legislativo n. 28 del 15 febbraio 2016⁹ di attuazione della Direttiva 2013/51/Euratom¹⁰ *“sulla tutela della salute della popolazione relativamente alle sostanze radioattive presenti nelle acque destinate al consumo umano”*. In particolare, il decreto legislativo stabilisce che nelle suddette acque devono essere monitorati specifici “valori di parametro” per la concentrazione di attività di radon, di trizio e di determinati radionuclidi di origine naturale e artificiale ai fini del controllo del rispetto del valore della Dose Indicativa (DI) stabilito nel suddetto decreto. La DI è il valore della dose efficace impegnata da un individuo della popolazione a seguito dell'ingestione di acqua destinata al consumo umano derivante dalla presenza di tutti i radionuclidi, di origine naturale e artificiale, ad eccezione di trizio, potassio 40, radon e suoi prodotti di decadimento a vita breve (valutati a parte), ma inclusi piombo 210 e polonio 210. La verifica del rispetto della DI deve essere eseguita mediante uno *screening* basato sulla misura di attività alfa totale e beta totale. Il livello di *screening* indicato per l'attività alfa totale è 0.1 Bq·l⁻¹ e quello per l'attività beta totale è 0.5 Bq·l⁻¹; nel caso sia superato anche uno solo dei parametri di *screening* occorre determinare la concentrazione di specifici radionuclidi, stabiliti tenendo conto di tutte le informazioni pertinenti alle probabili fonti di radioattività.

Un'ulteriore raccomandazione da tenere in considerazione è la 2003/274/CE¹¹ del 14/04/2003 *“sulla protezione e l'informazione del pubblico per quanto riguarda l'esposizione risultante dalla continua contaminazione radioattiva da cesio di taluni prodotti di raccolta spontanei, a seguito dell'incidente verificatosi alla centrale nucleare di Chernobyl”*. In essa è richiesto agli Stati membri di prendere idonee misure per garantire che, per l'immissione sul mercato di selvaggina, bacche

selvatiche, funghi selvatici e pesci carnivori di lago siano rispettati il massimo livello consentito, pari a $600 \text{ Bq}\cdot\text{Kg}^{-1}$, per la somma di Cesio 134 (Cs-134) e di Cesio 137 (Cs-137).

Attualmente è in vigore il regolamento 2016/52/Euratom¹² del consiglio del 15 gennaio 2016 che fissa i livelli massimi ammissibili di radioattività, per l'immissione sul mercato di prodotti alimentari, e per gli alimenti per animali a seguito di un incidente nucleare o in qualsiasi altro caso di emergenza radiologica.

Per quanto riguarda l'immissione sul mercato dell'Unione Europea dei prodotti alimentari e alimenti per animali originari da paesi terzi, a seguito dell'incidente verificatosi alla centrale nucleare di Chernobyl, è da citare il Regolamento 2020/1158/Euratom della Commissione del 05/08/2020¹³ di esecuzione del regolamento 2016/52/Euratom.

Nel 2011, in occasione dell'incidente alla centrale nucleare giapponese di Fukushima Dai-ichi, la Commissione Europea ha emanato alcuni regolamenti che impongono condizioni speciali per l'importazione di prodotti alimentari e alimenti per animali originari del Giappone o da esso provenienti.

In ottemperanza al citato art. 35 del trattato Euratom, il sistema di controllo della radioattività ambientale italiano, come quello degli altri paesi dell'Unione, è oggetto di periodiche verifiche da parte della Commissione Europea. Le verifiche effettuate a partire dal 2006, poi nel 2010, 2011, 2013, 2015 e 2018 hanno avuto esiti sempre positivi certificando che il sistema italiano è adeguato ai requisiti del trattato, ma con alcune raccomandazioni e indicazioni relative alla non completa copertura territoriale del monitoraggio per talune particolari tipologie di misura e la conseguente opportunità di aggregazione e integrazione delle attività da laboratorio dei soggetti coinvolti.

LA RETE NAZIONALE DI SORVEGLIANZA DELLA RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE - RESORAD

OBIETTIVI DELLA RESORAD

I principali obiettivi della rete nazionale di sorveglianza della radioattività RESORAD sono:

- seguire l'andamento spazio-temporale delle concentrazioni dei radionuclidi di origine antropica nelle matrici dei diversi comparti ambientali sull'intero territorio nazionale, allo scopo di valutare lo stato dell'ambiente a livello nazionale;
- fornire un set di dati radiometrici rappresentativo per la valutazione della dose ricevuta dalla popolazione italiana a seguito dell'esposizione alle radiazioni derivanti dai radionuclidi presenti nell'ambiente e negli alimenti, anche a seguito di eventi incidentali;
- rilevare fenomeni di accumulo dei radionuclidi artificiali a lunga vita media nei principali comparti ambientali;
- individuare prontamente anomalie derivanti da eventi, verificatisi anche al di fuori del territorio nazionale, che comportino contaminazione, fungendo da mezzo di allarme e da strumento per la valutazione tempestiva e post-incidentale a supporto delle decisioni;
- mettere a punto un sistema capace di rispondere a eventuali possibili situazioni di emergenza sul territorio nazionale;
- informare periodicamente la popolazione e le istituzioni preposte sulla sorveglianza nazionale della radioattività ambientale.

LA RETE RESORAD

La rete RESORAD consiste in un insieme di strutture, istituti ed enti idoneamente attrezzati con laboratori in grado di effettuare determinazioni radiometriche in matrici ambientali e alimentari.

Gli enti che nel 2021 hanno partecipato alla produzione dei dati nell'ambito di questa rete sono:

- Agenzia Provinciale per l'Ambiente e la tutela del clima – Provincia autonoma di Bolzano – APPA Bolzano
- Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente – Provincia autonoma di Trento – APPA Trento
- Agenzia Regionale per la Prevenzione, l'Ambiente e l'Energia dell'Emilia-Romagna – ARPAE
- Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto – ARPAV
- Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Calabria – ARPACAL
- Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Campania – ARPAC
- Agenzia Regionale Protezione Ambientale del Lazio – ARPA Lazio

- Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale delle Marche – ARPAM
- Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Molise – ARPA Molise
- Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Piemonte – ARPA Piemonte
- Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione dell’Ambiente della Puglia – ARPA Puglia
- Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana – ARPAT
- Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale dell’Umbria – ARPA Umbria
- Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente della Basilicata – ARPAB
- Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente del Friuli Venezia Giulia – ARPA FVG
- Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente Ligure – ARPAL
- Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente della Lombardia – ARPA Lombardia
- Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente della Sicilia – ARPA Sicilia
- Agenzia Regionale Protezione Ambiente Valle d’Aosta – ARPA VDA
- Agenzia Regionale per la Tutela dell’Ambiente dell’Abruzzo – ARTA Abruzzo
- Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente della Sardegna – ARPAS
- Istituto Zooprofilattico Sperimentale del Lazio e della Toscana
- Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Puglia e della Basilicata
- Istituto Zooprofilattico Sperimentale dell’Abruzzo e del Molise – IZSAM

LA STRUTTURA DELLA RETE RESORAD

La rete RESORAD è basata su punti di campionamento, localizzati in tutto il territorio nazionale, opportunamente individuati secondo criteri geografici, climatologici, nonché sulla base di considerazioni concernenti la distribuzione della popolazione e le loro abitudini alimentari, al fine di analizzare l’andamento spazio-temporale delle concentrazioni dei radioelementi nelle matrici dei diversi comparti ambientali e alimentari, interessati dalla diffusione della radioattività e dal trasferimento di questa all’uomo.

L’ISIN nell’ambito del coordinamento tecnico, attribuito dalla normativa vigente, ha il compito di promuovere criteri di normalizzazione e di intercalibrazione coordinando le misure effettuate e seguendo le modalità di esecuzione delle stesse. Al fine di favorire l’omogeneizzazione dei rilevamenti radiometrici effettuati a livello nazionale, nel 2012 sono state pubblicate le “Linee guida per il monitoraggio della radioattività”¹⁴ che definiscono i requisiti per le attività di monitoraggio della radioattività nell’ambiente e negli alimenti tenendo conto degli obblighi derivanti dalla

normativa nazionale e comunitaria e rappresentano un riferimento per l'organizzazione dei controlli radiometrici nell'ambito delle reti regionali e della rete RESORAD.

Inoltre, con il supporto del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (allora Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare), è stato elaborato, con il contributo di esperti delle ARPA APPA e dell'ISS, il "Manuale della rete RESORAD"¹ nel quale sono riportate tutte le informazioni pertinenti ai soggetti della rete. Esso rappresenta uno strumento utile e dinamico, aggiornato periodicamente, per la condivisione dei piani di monitoraggio, delle modalità di campionamento, di trattamento e di analisi dei campioni, nonché del flusso dei dati prodotti.

Nella Tabella 1 è riportato un estratto delle "Linee guida per il monitoraggio della radioattività"¹⁴ nel quale sono riportate le indicazioni sul programma di campionamento e misura delle principali matrici a livello nazionale e regionale anche ai fini del rispetto delle informazioni da trasmettere alla Commissione Europea ai sensi della raccomandazione 2000/473/Euratom⁷. Sono riportate, inoltre, le pertinenti indicazioni sulle frequenze di prelievo e di misura dei campioni, sui radionuclidi da analizzare, le minime concentrazioni rilevabili (MCR) da rispettare e i livelli di notifica e/o riferimento. Relativamente alle acque potabili sono stati riportati i livelli di *screening* indicati nel D.Lgs. 28/2016⁹ per l'alfa e beta totale.

Occorre precisare che i programmi di monitoraggio della rete RESORAD includono anche altre matrici rilevanti come riportato in Tabella 2. Va, inoltre, segnalato che in attuazione al D.Lgs. 28/2016⁹ sono elaborati a livello regionale ulteriori piani di monitoraggio radiometrico delle acque potabili.

1

https://www.isinucleare.it/sites/default/files/contenuto_redazione_isin/manuale_della_rete_resorad_rev3_2018.pdf

Tabella 1 - Programma di campionamento e misura delle principali matrici della rete RESORAD

| RETE NAZIONALE DI SORVEGLIANZA DELLA RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE - PROGRAMMA CAMPIONAMENTO ED ANALISI MATRICI PRINCIPALI | | | | | | | |
|--|---|---|---|----------------------------------|------------------------------------|--------|------------------------------------|
| MATRICE | Tipologia di misura | Frequenza di campionamento | Frequenza di misura | Livello notificabile/riferimento | | M.C.R. | |
| PARTICOLATO ATMOSFERICO (PTS) | Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾ | In continuo (prelievo mensile) | Mensile | 3E-02 | Bq m ⁻³ | 1E-04 | Bq m ⁻³ |
| | Attività beta totale ⁽²⁾ | Giornaliera | Giornaliera | 5E-03 | Bq m ⁻³ | 1E-04 | Bq m ⁻³ |
| DEPOSIZIONE TOTALE (UMIDA E SECCA) | Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾ | Mensile | Mensile | - | - | 1E-01 | Bq m ⁻² |
| RADIAZIONE ESTERNA | Rateo di equivalente di dose ambientale | In continuo | ⁽³⁾ | - | - | 1E-08 | Sv h ⁻¹ |
| ACQUE SUPERFICIALI - ACQUE DOLCI | Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾ | Trimestrale | Trimestrale | 1E+00 | Bq l ⁻¹ | 1E-01 | Bq l ⁻¹ |
| | Attività beta residua ⁽⁴⁾ | Trimestrale | Trimestrale | 6E-01 | Bq l ⁻¹ | 1E-01 | Bq l ⁻¹ |
| ACQUE SUPERFICIALI - ACQUE DI MARE | Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾ | Semestrale | Semestrale | 1E+00 | Bq l ⁻¹ | 1E-01 | Bq l ⁻¹ |
| | Attività beta residua ⁽⁴⁾ | Semestrale | Semestrale | 6E-01 | Bq l ⁻¹ | 1E-01 | Bq l ⁻¹ |
| ACQUE POTABILI | Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾ | Semestrale o maggiore | Semestrale o maggiore | 1E-01 | Bq l ⁻¹ | 1E-02 | Bq l ⁻¹ |
| | Attività alfa totale | Semestrale o maggiore | Semestrale o maggiore | 1E-01 | Bq l ⁻¹ | 1E-02 | Bq l ⁻¹ |
| | Attività beta totale | Semestrale o maggiore | Semestrale o maggiore | 0.5E+00 | Bq l ⁻¹ | 1E-01 | Bq l ⁻¹ |
| | Sr-90 | Semestrale o maggiore | Semestrale o maggiore | 6E-02 | Bq l ⁻¹ | 1E-02 | Bq l ⁻¹ |
| | H-3 | Semestrale o maggiore | Semestrale o maggiore | 1E+02 | Bq l ⁻¹ | 1E+01 | Bq l ⁻¹ |
| LATTE | Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾ | Mensile | Mensile | 5E-01 | Bq l ⁻¹ | 1E-01 | Bq l ⁻¹ |
| | Sr-90 | Trimestrale | Trimestrale | 2E-01 | Bq l ⁻¹ | 1E-01 | Bq l ⁻¹ |
| ALTRI PRINCIPALI COMPONENTI DELLA DIETA MISTA ⁽⁷⁾ | Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾ | Trimestrale | Trimestrale | 5E-01 | Bq kg ⁻¹ | 1E-01 | Bq kg ⁻¹ |
| PASTO COMPLETO | Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾ | Trimestrale ⁽⁵⁾ | Trimestrale | 1E-01 | Bq kg ⁻¹ | 1E-02 | Bq kg ⁻¹ |
| | Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾⁽⁶⁾ | Trimestrale ⁽⁵⁾ | Trimestrale | 2E-01 | Bq d ⁻¹ p ⁻¹ | 2E-02 | Bq d ⁻¹ p ⁻¹ |
| | Sr-90 ⁽⁶⁾ | Trimestrale ⁽⁵⁾ | Trimestrale | 1E-01 | Bq d ⁻¹ p ⁻¹ | 2E-02 | Bq d ⁻¹ p ⁻¹ |
| ALIMENTI PER IL CONSUMO ANIMALE | Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾ | Foraggio: annuale Mangimi: trimestrale | Foraggio: annuale Mangimi: trimestrale | - | - | 1E+00 | Bq kg ⁻¹ |
| | Sr-90 | Annuale | Annuale | - | - | 1E-01 | Bq kg ⁻¹ |
| Legenda: | | | | | | | |
| (1) Le M.C.R. sono riferite al radionuclide Cs-137; (2) Sr-90 equivalente; (3) Comunicare il dato medio mensile; il dato nel campo M.C.R. è riferito alla sensibilità strumentale; (4) Attività beta totale scorporata del contributo del K-40; (5) Mensile per la costituzione del campione composto trimestrale; (6) I corrispondenti valori in Bq Kg ⁻¹ si ottengono dividendo per un fattore 2; (7) Carni bovine, carni suine, carne avicola, carne ovine, pesce, cereali e derivati, derivati del latte, vegetali a foglia larga, vegetali non a foglia larga, frutta, olio e grassi, uova, bevande non alcoliche, vino e bevande alcoliche. | | | | | | | |

Tabella 2 - Programma di campionamento e misura delle altre matrici rilevanti della rete RESORAD

| RETE NAZIONALE DI SORVEGLIANZA DELLA RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE- PROGRAMMA CAMPIONAMENTO ED ANALISI - ALTRE MATRICI RILEVANTI | | | | | |
|---|--|----------------------------|---------------------|-------|---------------------|
| MATRICE | Tipologia di misura | Frequenza di campionamento | Frequenza di misura | MCR | |
| DMOS | Radionuclidi gamma emettitori ^{(1) (2)} | Semestrale | Semestrale | 1E-01 | Bq kg ⁻¹ |
| | Sr-90 ⁽²⁾ | Semestrale | Semestrale | 1E+00 | Bq kg ⁻¹ |
| | Isotopi del plutonio ⁽²⁾ | Semestrale | Semestrale | 1E-03 | Bq kg ⁻¹ |
| SEDIMENTI LACUSTRI E/O MARINI | Radionuclidi gamma emettitori ^{(1) (2)} | Semestrale | Semestrale | 1E-01 | Bq kg ⁻¹ |
| | Sr-90 | Semestrale | Semestrale | 1E+00 | Bq kg ⁻¹ |
| | Isotopi del plutonio | Semestrale | Semestrale | 1E-03 | Bq kg ⁻¹ |
| SUOLO | Radionuclidi gamma emettitori ^{(1) (2)} | Annuale | Annuale | 1E-01 | Bq kg ⁻¹ |
| | Sr-90 | Annuale | Annuale | 1E+00 | Bq kg ⁻¹ |
| | Isotopi del plutonio | Annuale | Annuale | 1E-03 | Bq kg ⁻¹ |
| MIELE | Radionuclidi gamma emettitori ^{(1) (3)} | Annuale | Annuale | 1E-01 | Bq kg ⁻¹ |
| MOLLUSCHI | Radionuclidi gamma emettitori ^{(1) (3)} | Semestrale | Semestrale | 1E-01 | Bq kg ⁻¹ |
| FUNGHI | Radionuclidi gamma emettitori ^{(1) (3)} | Annuale | Annuale | 1E-01 | Bq kg ⁻¹ |
| BACCHE, SELVAGGINA E PESCI CARNIVORI DI LAGO | Radionuclidi gamma emettitori ^{(1) (3)} | Semestrale | Semestrale | 1E-01 | Bq kg ⁻¹ |
| MUSCHI | Radionuclidi gamma emettitori ^{(1) (3)} | Triennale | Triennale | 1E+00 | Bq m ⁻² |
| FANGHI DA IMPIANTI DI DEPURAZIONE CIVILE | Radionuclidi gamma emettitori ^{(3) (4)} | Semestrale | Semestrale | 1E+00 | Bq kg ⁻¹ |
| ACQUE REFLUE DA IMPIANTI DI DEPURAZIONE CIVILE | Radionuclidi gamma emettitori ⁽⁴⁾ | Semestrale | Semestrale | 1E+00 | Bq l ⁻¹ |
| Legenda: | | | | | |
| 1) I valori delle MCR sono riferite al radionuclide Cs-137; (2) I valori sono riferiti al peso secco; (3) I valori sono riferiti al peso fresco; (4) Con particolare riguardo ai radionuclidi di origine sanitaria. | | | | | |

L'elevata sensibilità con cui sono effettuati alcuni rilevamenti previsti nell'ambito della rete RESORAD e l'immediata conoscenza del dato, rendono possibile la pronta rilevazione di eventi anomali anche di piccola entità. Dal 1986, anno dell'incidente di Chernobyl, sono state registrate diverse anomalie radiometriche che hanno consentito di evidenziare e di tracciare l'evoluzione di lievi incidenti verificatisi in altri paesi e di alcuni rilasci di radionuclidi utilizzati per applicazioni mediche, consentendo la rapida valutazione della situazione, comunque di nessuna rilevanza radiologica, per tutti i casi riscontrati.

Nel giugno 1998 venne registrata una presenza anomala di radioattività in aria. Solo successivamente si comprese che tale presenza era una conseguenza della fusione accidentale di una sorgente di Cs-137 nella fonderia "Acerinox" di Algeciras, nel sud della Spagna. Le concentrazioni furono irrilevanti dal punto di vista radiologico.

Nel giugno 2008, a seguito dell'incidente all'impianto nucleare di Krsko in Slovenia, venne immediatamente attivata un'intensificazione dei controlli sia su matrici ambientali sia alimentari, i cui risultati non evidenziarono alcuna contaminazione sul territorio nazionale.

L'11 marzo 2011 un violentissimo tsunami procurò danni alla centrale nucleare di Fukushima Dai-ichi e il conseguente gravissimo rilascio di radionuclidi nell'ambiente; la rete RESORAD, venne immediatamente allertata incrementando i rilevamenti. Alcuni giorni dopo fu in grado di rilevare e di seguire nel tempo l'andamento delle tracce di radionuclidi che giunsero in Italia. Furono registrate misure sopra la minima concentrazione rilevabile di I-131, di Cs-137 e di Cs-134, inizialmente in aria, successivamente nelle deposizioni al suolo e in alcune matrici alimentari. La valutazione dei risultati consentì di escludere qualsiasi rilevanza dal punto di vista radiologico per la popolazione.

Nell'ottobre 2017, infine, uno dei laboratori della rete rilevò tracce di Ru-106 nel particolato atmosferico, confermate dagli altri laboratori della rete e da laboratori internazionali, attribuite a un rilascio in atmosfera, presumibilmente proveniente da una regione tra il Volga e gli Urali. Tutte le concentrazioni misurate sono state sensibilmente inferiori rispetto ai valori che avrebbero richiesto azioni di protezione della popolazione.

In tutti i casi sopra citati, l'intensificazione delle misure della rete e l'immediata raccolta dei risultati tramite il database nazionale dell'ISIN, ha consentito di rispondere prontamente alla richiesta di informazione necessaria per la valutazione dell'impatto radiologico sulla popolazione e sull'ambiente.

RACCOLTA E FLUSSO DI DATI

Nel 2020 è stato realizzato dall'ISIN il Sistema Informativo Nazionale sulla Radioattività (SINRAD), un nuovo portale *web* realizzato per consentire un flusso unico, strutturato e controllato dei dati di radioattività ambientale prodotti a livello nazionale, ivi inclusi i dati di concentrazione di attività di radon. SINRAD, pertanto, presenta due sezioni: una sezione RESORAD e una sezione RADON. La

sezione RESORAD sostituisce il precedente sistema, denominato RADIA, utilizzando tecnologie più avanzate, garantendo standard di sicurezza più elevati, proponendo un aggiornamento della base dati e un miglioramento dell'interfaccia utente. Il sistema, oltre a raccogliere i dati prodotti dalla rete RESORAD nell'ambito del monitoraggio di routine e di indagini specifiche, consente di gestire casi di eventi e/o possibili anomalie radiometriche e acquisire dati delle reti regionali e dati relativi a controlli intorno agli impianti nucleari.

Mediante il SINRAD viene generato un file idoneo alla trasmissione dei dati nella banca dati della Commissione Europea - REMDB (*Radioactivity Environmental Monitoring Data Base*) al fine di ottemperare a quanto richiesto ad ogni Stato Membro dall'art. 36 del trattato Euratom.

La sezione RADON raccoglie in forma organizzata i risultati delle misure di concentrazione media annuale di radon effettuate in luoghi di lavoro, scuole e abitazioni sul territorio nazionale. Tale strumento permette il controllo puntuale di situazioni specifiche, quali ad esempio il superamento del livello di azione, fissato dal D.Lgs. n. 101/2020², in un determinato luogo di lavoro. Inoltre, consente la gestione e l'aggregazione dei dati e dei parametri essenziali per il monitoraggio del radon a livello nazionale attraverso l'elaborazione di statistiche, anche territoriali.

PROGRAMMA DI AFFIDABILITÀ

Nell'ambito del coordinamento tecnico della RESORAD, sono affidate all'ISIN le attività per l'armonizzazione dei metodi di prelievo e di misura delle matrici ambientali e alimentari. Per garantire l'affidabilità generale dei dati pubblicati e delle valutazioni conseguenti e permettere agli istituti, enti e organismi il raggiungimento di livelli di accuratezza e di affidabilità adeguati agli scopi del controllo ambientale, i laboratori responsabili dei prelievi e delle misure e facenti parte della rete, partecipano a programmi di interconfronto e affidabilità nazionali e internazionali.

La Commissione Europea, ai sensi degli artt. 35 e 36 del trattato Euratom, nell'ambito del programma ICS-REM (*International Comparison Scheme for Radioactivity Environmental Monitoring*), apre agli Stati membri la partecipazione ai *Proficiency Test* (PT) organizzati con cadenza circa annuale al fine di verificare la qualità e la comparabilità dei dati forniti a livello europeo¹¹.

A livello nazionale l'ISIN organizza in collaborazione con l'Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti (INMRI) dell'Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente (ENEA) programmi di affidabilità per i laboratori della rete.

Sono riportati in Tabella 3 i più significativi programmi di interconfronto nazionali e internazionali, organizzati da ISIN e dalla CE, ai quali hanno partecipato la maggior parte dei laboratori della rete RESORAD dal 2010 al 2021.

¹¹ <https://remon.jrc.ec.europa.eu/Services/Proficiency-Tests>

Tabella 3 - Principali programmi di interconfronto nazionali e internazionali dal 2010 al 2021

| Anno | Matrice | Radionuclidi | Ente proponente |
|------|----------------------------------|---|-----------------|
| 2010 | Suolo | K-40, Sr-90, Cs-137, Pb-212 Bi-212, Pb-214, Bi-214, Ra-226, Th-230, Th-232, U-234, U-235, U-238, Pu-238, Pu-239+240 | CE |
| 2011 | Mirtilli | Cs-137, K-40, Sr-90 | CE |
| 2012 | Soluzione acquosa | α -totale, β -totale | CE |
| 2013 | Soluzione acquosa | α -totale, β -totale, Sr-90, Cs-137, Am-241 | ISIN- ENEA IMRI |
| 2014 | Particolato atmosferico - filtri | Cs-137 | CE |
| 2016 | Particolato atmosferico - filtri | Cs-134, Cs-137, I-131 | CE |
| 2017 | Mais | Cs-137, Cs-134, I-131 | CE |
| 2019 | Soluzione acquosa | α -totale, β -totale | CE |
| 2020 | Materiale da costruzione | Ra-226, Th-232, K-40 | CE |
| 2021 | Matrice solida (sabbia lacustre) | Gamma emettitori naturali e artificiali | ISIN- ENEA IMRI |

LE RETI AUTOMATICHE: GAMMA E REMRAD

A seguito dell'esperienza di Chernobyl, l'Italia si è dotata di sistemi di monitoraggio automatici in grado di rilevare, in tempo reale, aumenti anomali della radioattività di fondo in caso di incidenti nucleari transfrontalieri che comportino un significativo rilascio di radioattività nell'atmosfera. Tali sistemi hanno la funzione principale di validare le informazioni disponibili attraverso le piattaforme internazionali di pronta notifica di eventi incidentali, nell'eventualità che la contaminazione radioattiva interessi il territorio italiano, ovvero di fornire essi stessi la segnalazione di pronto allarme nel caso di assenza di notifica.

In tale contesto si collocano le reti automatiche GAMMA e REMRAD dell'ISIN, che lo stesso *Piano nazionale per la gestione delle emergenze radiologiche e nucleari*, di cui al DPCM 14 marzo 2022, inserisce nel sistema di allertamento nazionale. Tali reti sono collegate in tempo reale e in modo continuo a un centro di controllo in grado di analizzare i risultati delle misure e di segnalare la presenza di anomalie nella radioattività di fondo dovute, ad esempio, al passaggio di un'eventuale nube radioattiva e alla conseguente contaminazione che si deposita al suolo.

La rete GAMMA consiste di 62 centraline distribuite sull'intero territorio nazionale (Figura 1) dotate di sonde che misurano il rateo di dose equivalente ambientale (Figura 2). Le sonde sono costituite da 3 tubi Geiger-Muller, due per misurare i ratei di dose di basse intensità ed uno per quelli di intensità elevata, garantendo pertanto un intervallo di misura molto ampio e in grado di registrare le variazioni del fondo ambientale, essenziali in caso di allarme radiologico. Per questa rete è in atto un programma di ammodernamento, a partire dal 2022, che vedrà la sostituzione di 39 punti di misura con altrettante sonde delle quali 30 di tipo spettro-dosimetrico in grado di effettuare, oltre a misurazioni di tipo dosimetrico, anche misure spettrometriche grazie all'uso di rivelatori al LaBr_3 e CeBr_3 . L'utilizzo di rivelatori spettrometrici permette, oltre che una maggiore sensibilità della sonda stessa ed un tempo di notifica di allarme più rapido, di avere in maniera tempestiva, informazioni qualitative della tipologia di radionuclidi che hanno dato origine all'anomalia radiometrica ed indirizzare in maniera più opportuna le successive procedure di emergenza.

La rete REMRAD è dotata di stazioni di rilevamento costituite da sistemi automatici di campionamento dell'aria atmosferica e analisi spettrometrica della deposizione del particolato su filtro (Figura 3). L'altissima sensibilità è garantita dall'elevata portata di campionamento, circa $500 \text{ m}^3\text{-h}^{-1}$, per un tempo di campionamento di 24 ore. La misura del filtro è svolta in due fasi differenti. La prima fase consiste in una misura quasi in tempo reale del particolato atmosferico, effettuata tramite un rivelatore spettrometrico LaBr_3 , durante tutto il periodo di campionamento. La seconda fase consiste in una misura di 24 ore con rivelatore al germanio iperpuro tipo BeGe "Broad Energy Germanium".

Tra la prima e la seconda fase, il filtro viene diviso in quindici sezioni di area uguale, le quali vengono impilate all'interno di un beaker rappresentante la geometria di misura della seconda fase e lasciato

in uno stato “di riposo” per 24 ore in modo tale da abbattere il contributo dei radionuclidi di origine naturale a breve vita presenti nel fondo, e ridurre, di conseguenza la Minima Concentrazione Rivelabile (MCR) della stazione di misura. In caso di emergenza, la stazione è progettata per adattare la propria procedura di misura in modo tale da ridurre i tempi di analisi e di risposta. La rete REMRAD, costituita attualmente da due stazioni di rilevamento del particolato atmosferico, è anch’essa in fase di ampliamento e potenziamento e vedrà l’aggiunta di altri sistemi installati in punti strategici del territorio nazionale.

I dati prodotti dalla rete sono raccolti presso il Centro Emergenze Nucleari dell’ISIN (CEN), anche ai fini del loro utilizzo per le attività che, in caso di una sua attivazione a seguito di una emergenza, verrebbero svolte dalla commissione CEVaD (Centro di Elaborazione e Valutazione Dati) di cui all’art. 184 del D.Lgs. n. 101/2020.

Inoltre, la rete GAMMA ha da sempre assicurato la partecipazione dell’Italia al sistema europeo per lo scambio rapido di dati radiometrici, la piattaforma EURDEP (*EUropean Radiological Data Exchange Platform*), nata in base alla Decisione del Consiglio dell’Unione Europea n.87/600/Euratom ed alla Raccomandazione 2000/473/Euratom per uno scambio veloce dei dati delle reti automatiche in ambito europeo.

Ad essa, in caso di una emergenza nucleare o radiologica, tutte le reti nazionali di pronto allarme dei paesi europei hanno l’obbligo di far confluire i propri dati. La piattaforma è stata realizzata a seguito della Decisione del Consiglio 87/600/Euratom con lo scopo di facilitare, in tali situazioni, lo scambio rapido di informazioni radiometriche tra i paesi membri. Nella routine, l’invio alla piattaforma EURDEP delle misure raccolte dalla rete avviene attualmente con cadenza giornaliera, mentre in caso di una emergenza, la trasmissione avviene su base oraria. I dati inviati alla piattaforma europea sono fruibili al pubblico attraverso una pagina web dedicata (<https://eurdep.jrc.ec.europa.eu/Entry/Default.aspx>).

A seguito di un progetto, avviato nel 2011, sono ad oggi integrati nella rete GAMMA i dati prodotti da altre 52 centraline che appartengono alle reti automatiche regionali di ARPA Piemonte (29), ARPA Valle d’Aosta (5), ARPA Lombardia (5), ARPA Emilia Romagna (7), ARPA Molise (3), ARPA Puglia (2) ed Arpa FVG (1). I dati raccolti confluiscono in tempo reale al CEN, vengono quindi integrati con quelli della rete GAMMA e inviati anch’essi alla piattaforma EURDEP, offrendo in questo modo una migliore copertura del territorio nazionale.



Figura 1 - Centraline della rete gamma dell'ISIN



Figura 2 – Sonda di tipo dosimetrica (sinistra) e di tipo dosimetrica-spettrometrica (destra), della rete gamma, in fase di aggiornamento



Figura 3 - Stazione REMRAD di Monte S. Angelo (FG)

DATI 2021

I dati del 2021 sono stati raccolti nel database SINRAD gestito dall'ISIN e popolato dai soggetti della rete RESORAD per un totale di circa 41200 misure, delle quali circa 27300 in 10500 campioni ambientali e circa 13900 in 4500 campioni alimentari. I dati sono stati elaborati, aggregati e rappresentati in figure e tabelle suddividendoli per macroregioni o macroaree, Nord, Centro e Sud, così come individuate dalla Raccomandazione 2000/473/Euratom⁷ della Commissione Europea.

Nelle figure che seguono sono riportati i *reporting level* (RL) o livelli uniformi notificabili, stabiliti nella citata Raccomandazione per determinate matrici e specifiche categorie di radionuclidi. I RL sono stati stabiliti nell'Allegato III della Raccomandazione della CE sulla base della loro significatività dal punto di vista dell'esposizione, indipendentemente dai limiti di rilevabilità della strumentazione disponibile nei singoli laboratori. Il RL è definito, per ogni radionuclide e matrice considerati nella suddetta Raccomandazione, come la concentrazione di radioattività nella matrice in oggetto a cui corrisponderebbe ipoteticamente una dose efficace di 1 $\mu\text{Sv}/\text{anno}$ per individuo. Sebbene il calcolo dei RL si basi su una dose efficace annua di 1 μSv , proprio in relazione alle ipotesi in base alle quali vengono determinati, è necessario sottolineare che tali livelli sono uno strumento unicamente redazionale che facilita la lettura delle misure effettuate dai vari laboratori, ma non devono essere confusi con livelli massimi ammissibili di contaminazione radioattiva e non devono essere presi a riferimento per eventuali considerazioni dosimetriche. Nei rapporti della Commissione Europea le misure al di sotto di tali livelli sono riportate con "< RL" e in caso di misure superiori ai RL i dati sono indicati con i valori numerici.

ELABORAZIONE DEI DATI

Nell'elaborazione e nella presentazione dei dati sono stati seguiti i seguenti criteri:

- le misure al di sotto della minima concentrazione rivelabile (MCR) sono state scartate quando la MCR è risultata superiore al RL;
- la maggior parte delle misure è inferiore alla MCR, pertanto, pur non essendo appropriato e confacente, a titolo puramente rappresentativo per il calcolo delle medie sono state utilizzate le MCR ed è stato posto il simbolo minore "<" davanti al valore della media;
- Per ogni matrice e radionuclide è stato riportato il numero totale di misure eseguite (N° Misure) e il numero totale di misure con valori inferiori alla MCR (N° Misure < MCR) in modo da avere un'indicazione di quanto questi ultimi abbiano influenzato il valore della media;
- nel particolato atmosferico (PTS) per il Cs-137 e il Be-7 la concentrazione media annuale di attività dei radionuclidi per macroregione (Nord, Centro e Sud) è stata calcolata come media aritmetica delle concentrazioni medie mensili delle località di prelievo afferenti alla macroregione. Per il calcolo delle medie mensili di ciascuna località sono stati considerati i

pacchetti mensili purché siano stati coperti almeno 18 giorni nel mese; la media annuale nazionale è stata calcolata dalle medie aritmetiche delle singole macroaree pesate per il numero delle località afferenti alla macroarea. Per la concentrazione dell'attività beta totale, le medie mensili per ciascuna località sono state calcolate come medie aritmetiche di tutte le misure ad essa afferenti nel mese; la concentrazione media annuale per macroregione (Nord, Centro e Sud) è stata calcolata come media aritmetica delle medie annuali di ciascuna località;

- per la deposizione al suolo (*fallout*) è riportato il valore medio annuale in termini di attività dei radionuclidi per metro quadrato per macroregione, ottenuto dalla media dei valori delle deposizioni totali annuali delle singole stazioni. Il valore della deposizione annuale delle singole stazioni è calcolato sommando i valori mensili, quando tutti presenti, ovvero dalla media dei valori mensili disponibili moltiplicata per 12. Nel grafico dell'andamento temporale nazionale i valori annuali sono calcolati come medie aritmetiche dei valori delle macroaree;
- la concentrazione media annuale di attività dei radionuclidi per macroregione per tutte le altre matrici rappresentate è stata calcolata come media aritmetica dei dati afferenti alla macroarea;
- per il rateo di equivalente di dose ambientale sono stati considerati i dati sia della rete RESORAD sia quelli della rete GAMMA dell'ISIN. I valori delle medie annuali delle macroaree sono stati ottenuti dalle medie annuali delle singole stazioni. Queste ultime sono state calcolate effettuando la media delle medie giornaliere per la rete GAMMA e la media delle medie giornaliere/mensili per le stazioni della rete RESORAD.

ANALISI DEI DATI

Nelle seguenti figure e tabelle sono rappresentati i dati del 2021 relativi al monitoraggio radiometrico delle principali matrici ambientali e alimentari della rete RESORAD. Sono, inoltre, riportati gli andamenti nel tempo della concentrazione di Cs-137 nel particolato atmosferico, nelle deposizioni al suolo e nel latte vaccino i cui dati pregressi sono stati estratti dai Rapporti delle reti nazionali degli anni passati^{15,16,17,18,19,20,21} e dal SINRAD. Per il rateo di equivalente di dose ambientale sono stati considerati anche i dati della rete GAMMA di ISIN.

PARTICOLATO ATMOSFERICO

La Figura 4 riporta la localizzazione dei comuni di prelievo del particolato atmosferico e la concentrazione media annuale di attività di Cs-137 per ciascuna macroarea, con indicazione del numero delle misure effettuate su pacchetti di filtri di aspirazione rappresentativi del mese e del numero delle misure inferiori alla MCR.

In Tabella 4 sono riportate le medie mensili di concentrazione di attività di Cs-137 per località di prelievo. I valori delle concentrazioni di attività di Cs-137 sono ben al di sotto del *reporting level*.

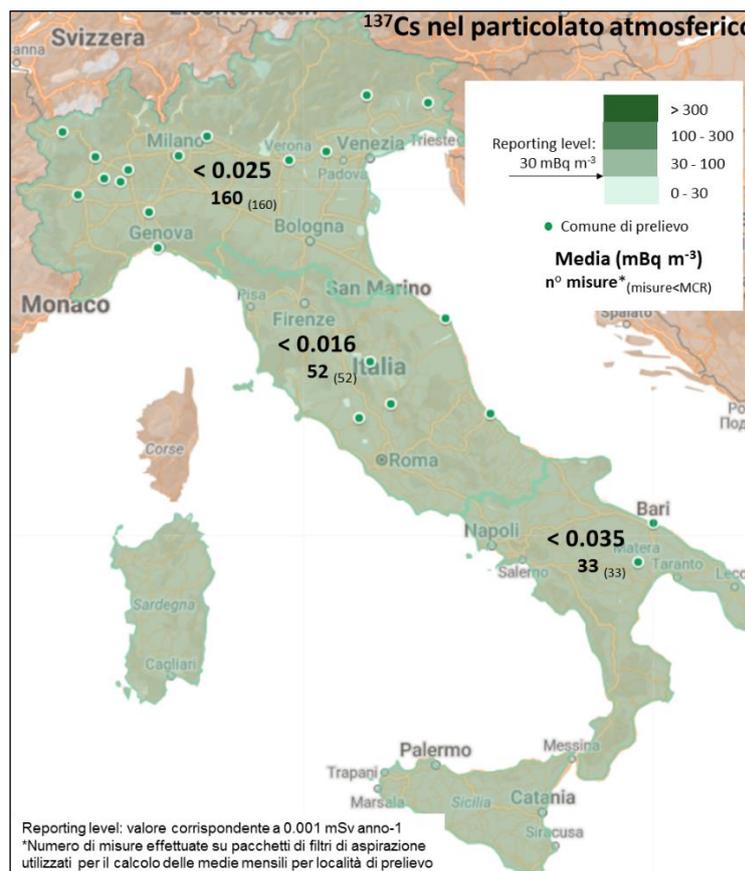


Figura 4 - Media annuale della concentrazione di attività di Cs-137 nel particolato atmosferico

Tabella 4 - Misure di concentrazione di attività di Cs-137 nel particolato atmosferico (mBq m⁻³)

| Macro regione | Località di prelievo | N° misure su pacchetti di filtri * | N° misure su pacchetti di filtri < MCR | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
|---------------|----------------------|------------------------------------|--|---------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Nord | Belluno | 12 | 12 | <0.0040 | <0.0030 | <0.0020 | <0.0020 | <0.0020 | <0.0020 | <0.0020 | <0.0020 | <0.0020 | <0.0020 | <0.0020 | <0.0040 |
| | Bergamo | 12 | 12 | | <0.0054 | <0.0046 | <0.0051 | <0.0049 | | <0.0047 | <0.0062 | <0.0079 | <0.0048 | <0.0053 | <0.0061 |
| | Genova | 5 | 5 | <0.0050 | <0.0050 | <0.00500 | <0.0050 | <0.0050 | | | | | | | |
| | Ivrea | 10 | 10 | <0.0164 | <0.0118 | <0.0091 | <0.0124 | <0.0111 | <0.0110 | <0.0108 | <0.0233 | <0.0093 | | <0.0180 | |
| | Milano | 12 | 12 | <0.0011 | <0.0010 | <0.0008 | | <0.0007 | <0.0004 | | <0.0006 | | <0.0005 | <0.0012 | |
| | Saint-Christophe | 5 | 5 | | | | | | | <0.0036 | <0.0090 | <0.0067 | <0.0039 | <0.0050 | |
| | Saluggia | 10 | 10 | <0.0379 | <0.0370 | <0.0365 | <0.0350 | | <0.0424 | <0.0364 | <0.0380 | | <0.0370 | <0.0380 | <0.0340 |
| | Trino | 21 | 21 | <0.0388 | <0.0682 | <0.0358 | <0.0399 | <0.0439 | <0.0425 | <0.0359 | <0.0660 | | <0.0285 | <0.0370 | <0.0360 |
| | Udine | 12 | 12 | <0.0046 | <0.0058 | <0.0034 | <0.0044 | <0.0048 | <0.0042 | <0.0046 | <0.0080 | <0.0073 | <0.0035 | <0.0054 | <0.0050 |
| | Vercelli | 10 | 10 | <0.0357 | <0.0412 | <0.0329 | <0.0365 | <0.0359 | <0.0323 | <0.0370 | <0.0370 | | <0.0370 | <0.0350 | |
| | Verona | 12 | 12 | <0.0057 | <0.0052 | <0.0046 | <0.0035 | <0.0047 | <0.0028 | <0.0042 | <0.0021 | <0.0059 | <0.0031 | <0.0048 | <0.0056 |
| | Vicenza | 3 | 3 | <0.0053 | <0.0049 | <0.0043 | | | | | | | | | |
| | Bosco marengo | 12 | 12 | <0.0526 | <0.0470 | <0.0367 | <0.0261 | <0.0439 | <0.0185 | <0.0394 | <0.0400 | <0.0470 | <0.0280 | <0.0450 | <0.0430 |
| | Beinasco | 24 | 24 | <0.0533 | <0.0719 | <0.0646 | <0.0618 | <0.0571 | <0.0626 | <0.0465 | <0.0642 | <0.0401 | <0.1104 | <0.0606 | <0.0563 |
| Centro | Ancona | 11 | 11 | <0.0058 | <0.0061 | <0.0055 | | <0.0068 | <0.0050 | | <0.0048 | | <0.0059 | <0.0061 | |
| | Perugia | 11 | 11 | | <0.0020 | <0.0020 | <0.0020 | <0.0020 | <0.0020 | <0.0020 | <0.0020 | <0.0020 | <0.0020 | | <0.0020 |
| | Pescara | 7 | 7 | <0.0200 | <0.0650 | <0.0100 | <0.0200 | <0.0100 | <0.0100 | | | | | | |
| | Terni | 11 | 11 | | <0.0020 | <0.0020 | <0.0020 | <0.0020 | <0.002 | <0.0020 | <0.0200 | <0.0020 | <0.0020 | <0.0020 | <0.0020 |
| | Viterbo | 12 | 12 | <0.0380 | <0.0290 | <0.0490 | <0.0280 | <0.0410 | <0.0400 | <0.0380 | <0.0480 | <0.0380 | <0.0570 | <0.0590 | <0.0440 |
| Sud | Bari | 17 | 17 | <0.0350 | <0.0400 | <0.0400 | <0.0400 | <0.0400 | <0.0350 | <0.0400 | <0.0300 | <0.0300 | <0.0250 | <0.0200 | <0.0200 |
| | Matera | 14 | 14 | <0.0036 | <0.0027 | <0.0040 | <0.0025 | <0.0040 | <0.0035 | | | <0.0030 | <0.0030 | | |

Legenda:

* Numero di misure effettuate su pacchetti di filtri utilizzati per il calcolo delle medie mensili

Nella Figura 5 sono rappresentati i comuni di prelievo e i valori delle concentrazioni medie annuali di attività beta totale nel particolato atmosferico per macroarea, con l'indicazione del numero totale di misure effettuate e di quelle inferiori alla MCR.

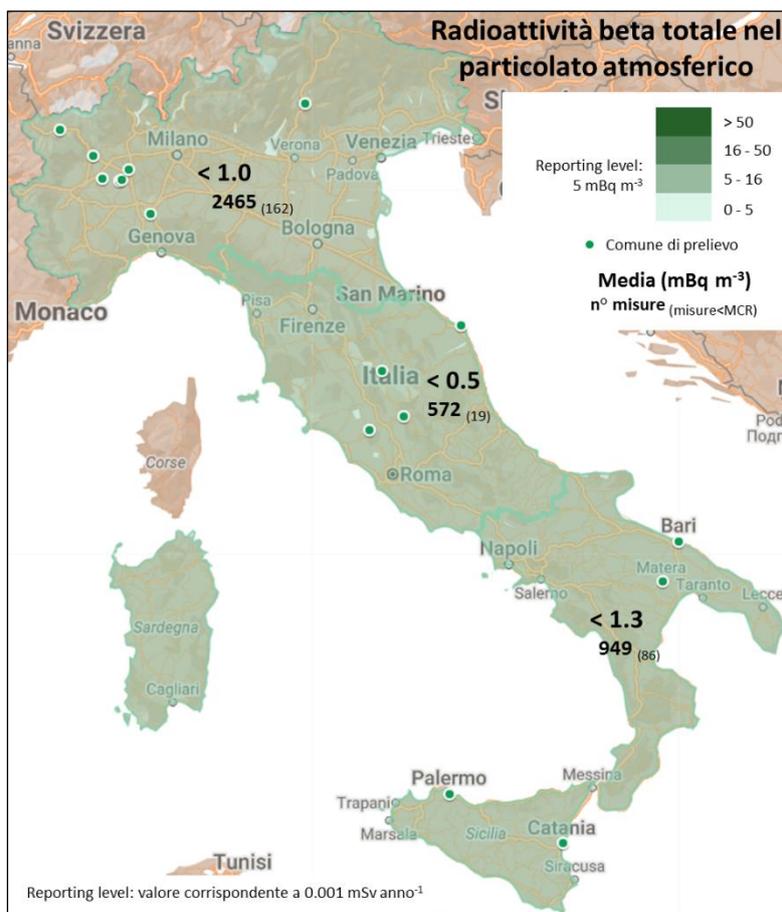


Figura 5 - Media annuale della concentrazione di attività di beta totale nel particolato atmosferico

In Tabella 5 sono riportate le medie mensili della concentrazione di attività di beta totale per località di prelievo. I valori delle concentrazioni di beta totale sono ben al di sotto del *reporting level*.

Nella Raccomandazione 2000/473/Euratom⁷, come prova qualitativa dei metodi di misura impiegati, è richiesta la determinazione del Be-7. Questo radionuclide viene prodotto dall'interazione dei raggi cosmici con gli strati più alti dell'atmosfera (stratosfera) e a bassa quota presenta un andamento ciclicamente variabile, che segue le stagioni con massimi in estate e minimi in inverno. Ciò si evince nella Tabella 6 dove sono riportate le medie mensili di concentrazione di attività del Be-7 per località di prelievo misurate su pacchetti di filtri di aspirazione.

Tabella 5 - Medie mensili di concentrazione di attività di beta totale nel particolato atmosferico (mBq m⁻³)

| Macro regione | Località di prelievo | n° misure | n° misure < MCR | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
|---------------|----------------------|-----------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Nord | Bosco Marengo | 371 | 2 | <1.19 | 1.14 | 0.98 | 0.86 | 0.50 | 1.22 | 1.05 | 1.24 | 1.64 | 1.58 | 0.97 | <1.42 |
| | Ivrea | 252 | | 1.15 | 1.22 | 1.23 | 1.19 | 0.60 | 0.96 | 0.92 | 1.01 | 1.56 | 1.50 | 1.21 | 1.71 |
| | Saint-Christophe | 101 | | 0.42 | 0.71 | 0.59 | 0.50 | 0.33 | 0.60 | 0.56 | 0.62 | 0.96 | 0.94 | 0.58 | 0.73 |
| | Saluggia | 344 | 2 | <1.04 | 1.11 | 0.97 | 0.96 | 0.54 | 1.14 | 0.94 | 1.12 | <1.55 | 1.48 | 1.03 | 1.50 |
| | Trento | 344 | 156 | <0.51 | <0.52 | <0.35 | <0.30 | <0.24 | <0.31 | <0.28 | <0.30 | <0.47 | <0.48 | <0.57 | <0.53 |
| | Trino | 687 | | 1.17 | 1.17 | 0.99 | 0.96 | 0.59 | 1.22 | 0.96 | 1.14 | 1.71 | 1.64 | 1.05 | 1.71 |
| | Vercelli | 366 | 2 | 1.08 | 1.15 | 0.91 | 0.84 | <0.54 | 1.15 | 0.93 | 1.11 | 1.60 | 1.49 | 0.98 | 1.51 |
| Centro | Ancona | 45 | | 0.38 | 0.62 | 0.57 | 0.58 | 0.54 | 0.70 | 0.62 | 0.55 | | 0.58 | 0.54 | 0.69 |
| | Perugia | 253 | 2 | 0.29 | 0.34 | 0.33 | 0.33 | 0.26 | 0.43 | <0.39 | 0.37 | 0.45 | <0.38 | 0.24 | 0.25 |
| | Terni | 225 | 8 | <0.43 | 0.63 | 0.49 | <0.42 | 0.33 | 0.76 | 0.69 | 0.80 | 0.84 | <0.62 | <0.46 | <0.31 |
| | Viterbo | 49 | 9 | <0.60 | 0.55 | 0.93 | <0.59 | <0.69 | <0.79 | <0.91 | <1.23 | 1.51 | 1.24 | <0.84 | <0.60 |
| Sud | Bari | 366 | 12 | <1.12 | <1.30 | <1.34 | <1.25 | <1.20 | 1.82 | 1.86 | 1.99 | 2.22 | <1.64 | <1.50 | <1.13 |
| | Catania | 150 | | 0.27 | 0.31 | 0.41 | 0.36 | 0.32 | 0.39 | 0.39 | 0.32 | 0.40 | 0.26 | | |
| | Matera | 192 | | 1.87 | 2.15 | 2.08 | 2.15 | 2.27 | 2.65 | 2.73 | 2.46 | 3.33 | 2.56 | 2.64 | |
| | Palermo | 241 | 74 | <0.32 | <0.29 | <0.44 | <0.40 | <0.42 | <0.68 | <0.57 | <0.58 | <0.70 | <0.50 | <0.74 | <0.35 |

Tabella 6 - Misure di concentrazione di attività di Be-7 nel particolato atmosferico (mBq m⁻³)

| Macro regione | Località di prelievo | n° misure | n° misure < MCR | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
|---------------|----------------------|-----------|-----------------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| Nord | Belluno | 12 | | 1.42 | 3.06 | 3.69 | 3.30 | 2.86 | 5.16 | 4.09 | 3 | 4.03 | 4.24 | 2.36 | 2.69 |
| | Bergamo | 12 | | | 4.90 | 6.26 | 6.44 | 8.90 | | 7.80 | 6.90 | 5.92 | 6.90 | 4.15 | 4.29 |
| | Genova | 5 | | 4.74 | 6.90 | 7.32 | 1.97 | 6.88 | | | | | | | |
| | Ivrea | 9 | | 4.45 | 3.13 | | 6.21 | 4.50 | 5.99 | 5.39 | 7.04 | 6.94 | | 3.82 | |
| | Milano | 12 | | 2.51 | 3.57 | 3.87 | | 5.46 | 5.26 | | 4.72 | | 3.30 | 2.67 | |
| | Saluggia | 10 | | 3.35 | 4.66 | 5.73 | 7.81 | | 9.38 | 7.09 | 6.68 | | 6.15 | 2.87 | 3.09 |
| | Trino | 21 | | 3.80 | 5.91 | 6.59 | 9.11 | 7.88 | 10.29 | 7.57 | 7.72 | | 7.85 | 4.05 | 4.10 |
| | Udine | 12 | | 2.87 | 3.46 | 5.26 | 4.98 | 5.63 | 8.89 | 7.73 | 5.58 | 7.22 | 5.33 | 3.80 | 2.97 |
| | Vercelli | 10 | | 3.40 | 4.07 | 6.29 | 7.02 | 7.03 | 9.29 | 7.55 | 6.93 | | 6.10 | 3.39 | |
| | Verona | 12 | | 2.52 | 3.13 | 4.20 | 4.32 | 4.40 | 7.01 | 5.55 | 4.66 | 5.66 | 3.50 | 4.16 | 2.96 |
| | Vicenza | 3 | | 1.83 | 2.19 | 2.77 | | | | | | | | | |
| | Bosco Marengo | 12 | | 3.45 | 5.56 | 6.44 | 7 | 7.04 | 6.89 | 8.27 | 7.98 | 9.17 | 6.82 | 3.04 | 3.28 |
| Beinasco | 24 | 2 | 2.84 | 6.54 | 5.77 | <0.89 | 8.24 | 5.02 | 4.17 | 8.71 | 2.98 | 7.49 | 2.89 | 2.97 | |
| Centro | Ancona | 11 | 1 | 1.87 | 1.95 | 2.50 | | 7.63 | <0.20 | | 1.30 | | 1.88 | 2.28 | |
| | Perugia | 11 | | | 3.90 | 4.50 | 4.90 | 6.50 | 9.40 | 6.90 | | 6.40 | 4 | | 3.50 |
| | Pescara | 7 | 1 | <0.39 | 5.68 | 5.54 | 0.44 | 6.57 | 9.03 | | | | | | |
| | Terni | 11 | | | 5.90 | 7.80 | 9.30 | 8.80 | 13.20 | 10.10 | 10.20 | 9.30 | 6.90 | 4.60 | 4.50 |
| | Viterbo | 12 | | 4.30 | 6.63 | 7.55 | 7.62 | 8.46 | 12.51 | 10.94 | 10.58 | 10.84 | 5.85 | 5.89 | 6.91 |
| Sud | Bari | 17 | | 3.60 | 4.91 | 4.35 | 7.38 | 6.68 | 8.11 | 8.40 | 7.04 | 6.51 | 4.85 | 3.35 | 3.86 |
| | Matera | 13 | 2 | | 1.58 | 5.52 | <0.11 | 2.88 | 2.53 | | | 2.08 | | | |

In Figura 6 è visualizzato l'andamento temporale della concentrazione media di Cs-137 nel particolato atmosferico in tutte le stazioni italiane dal 1986 a oggi. È possibile osservare 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, rilevato in modo più evidente nel Nord. Permane, negli ultimi anni, una sostanziale stazionarietà dei livelli misurati che sono ben al di sotto del RL. Non sono apprezzabili nel grafico le tracce rilevate nel 2011 dovute all'incidente di Fukushima.

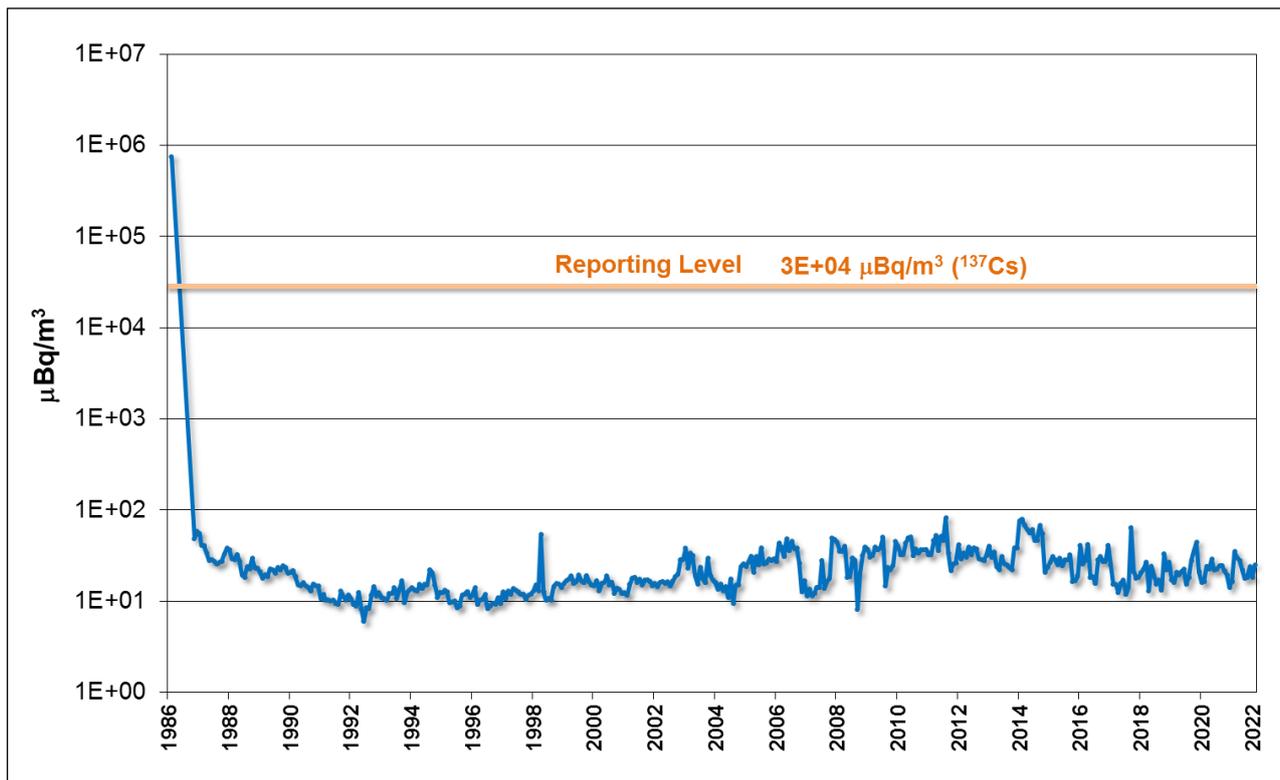


Figura 6 - Andamento della concentrazione di attività di Cs-137 nel particolato atmosferico

DEPOSIZIONE AL SUOLO

Questa matrice pur non essendo inclusa tra quelle previste dalla Raccomandazione europea 2000/473/Euratom⁷, è ritenuta significativa e rilevante in quanto fornisce un'informazione sull'attività totale di radionuclidi depositata al suolo nel corso dell'anno. La Figura 7 riporta la localizzazione dei comuni di prelievo e il valore medio di attività di Cs-137 per metro quadrato depositato nell'anno in ogni macroarea. Sono indicati, inoltre, il numero totale delle misure effettuate e il numero delle misure inferiori alla MCR. In Tabella 7 è riportato il dettaglio delle misure mensili per località di prelievo.

I valori annuali della deposizione di Cs-137 nelle tre macroaree sono inferiori ai valori delle minime concentrazioni rilevabili dalla strumentazione. La copertura territoriale nazionale delle misure di deposizione di attività di Cs-137 al suolo risulta nel complesso adeguata, soddisfacente al Nord, sufficiente al Centro e con margine di miglioramento al Sud.

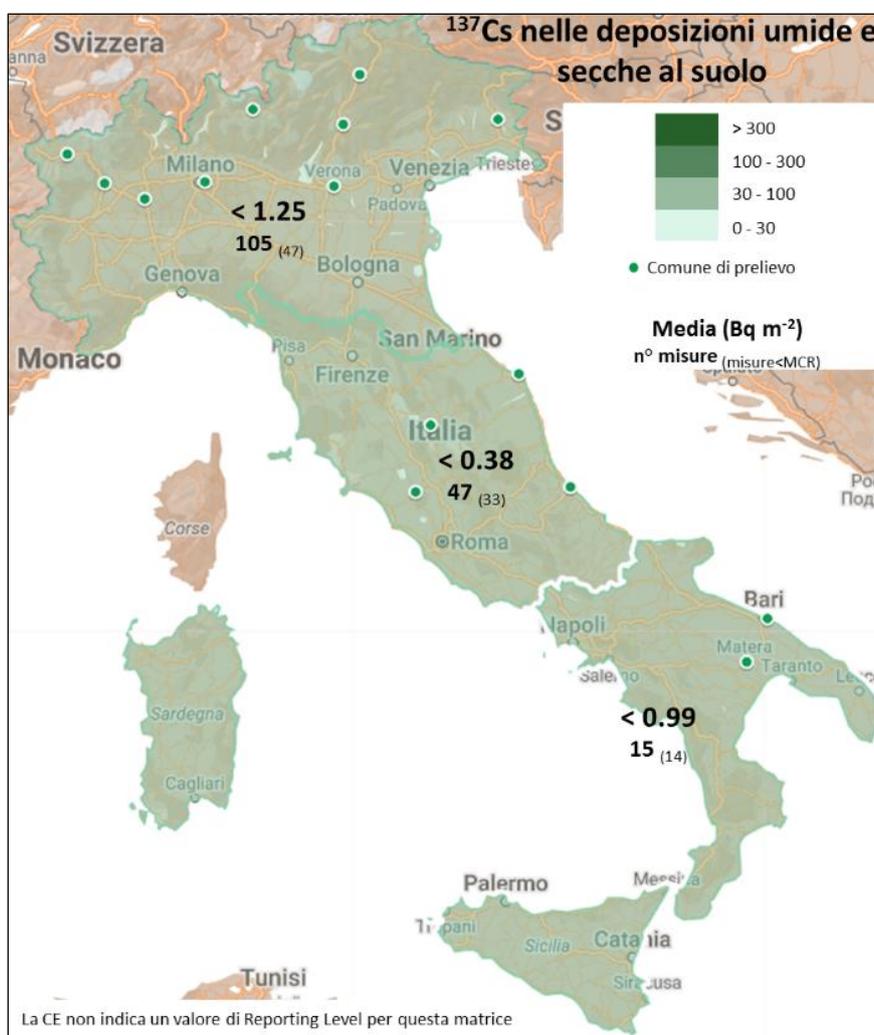


Figura 7 - Concentrazione di attività annuale di Cs-137 nella deposizione al suolo

Tabella 7 - Misure di concentrazione di attività di Cs-137 nelle deposizioni umide e secche al suolo (Bq m⁻²)

| Macro regione | Località di prelievo | n° misure | n° misure < MCR | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
|---------------------|----------------------|-----------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Nord | Bolzano* | 11 | 5 | <0.021 | 0.030 | 0.024 | <0.022 | 0.028 | 0.026 | 0.044 | <0.025 | <0.025 | 0.023 | <0.021 | |
| | Ivrea | 11 | 3 | <0.039 | <0.052 | <0.026 | 0.077 | 0.069 | | 0.060 | 0.038 | 0.057 | 0.073 | 0.020 | |
| | Milano | 12 | 2 | 0.018 | 0.050 | 0.046 | <0.022 | 0.02 | <0.018 | 0.035 | 0.02 | 0.037 | 0.028 | 0.019 | 0.016 |
| | Saint-Christophe | 12 | 2 | <0.006 | 0.029 | 0.016 | 0.018 | 0.013 | 0.027 | 0.024 | 0.015 | 0.014 | <0.009 | 0.022 | 0.014 |
| | Sondrio | 12 | 2 | 0.062 | 0.033 | 0.084 | 0.112 | 0.088 | 0.086 | 0.296 | 0.038 | 0.06 | <0.029 | 0.026 | <0.017 |
| | Trento | 11 | 11 | <0.240 | <0.092 | <0.130 | <0.102 | | <0.150 | <0.170 | <0.130 | <0.150 | <0.120 | | |
| | Udine | 12 | 0 | 0.019 | 0.037 | 0.020 | 0.017 | 0.008 | 0.022 | 0.070 | 0.021 | 0.016 | 0.012 | 0.008 | 0.010 |
| | Vercelli | 11 | 11 | <0.191 | <0.220 | <0.177 | <0.161 | <0.200 | <0.183 | <0.187 | <0.160 | <0.100 | <0.160 | <0.190 | |
| Centro | Verona | 12 | 10 | <0.016 | 0.022 | 0.026 | <0.016 | <0.028 | <0.018 | <0.039 | <0.028 | <0.026 | <0.023 | <0.016 | <0.024 |
| | Ancona | 12 | 12 | <0.068 | <0.058 | <0.053 | <0.049 | <0.057 | <0.063 | <0.060 | <0.072 | <0.063 | <0.071 | <0.071 | <0.074 |
| | Perugia | 11 | 7 | | <0.210 | | <0.020 | 0.020 | 0.030 | <0.020 | 0.140 | 0.020 | <0.020 | | <0.035 |
| | Pescara | 12 | 12 | <0.020 | <0.020 | <0.020 | <0.020 | <0.020 | <0.020 | <0.020 | <0.020 | <0.020 | <0.020 | <0.030 | <0.010 |
| Sud | Viterbo | 12 | 2 | 0.023 | 0.024 | 0.022 | 0.035 | 0.019 | 0.028 | 0.024 | 0.022 | <0.025 | 0.016 | 0.021 | <0.023 |
| | Bari | 7 | 7 | | <0.140 | <0.130 | | <0.080 | <0.140 | <0.050 | | | <0.100 | | <0.170 |
| | Matera | 8 | 7 | | <0.029 | <0.03 | <0.036 | | 0.069 | <0.026 | <0.034 | <0.033 | | | |
| Legenda: | | | | | | | | | | | | | | | |
| * deposizione secca | | | | | | | | | | | | | | | |

La Figura 8 mostra l'andamento nel tempo, dagli anni '60 a oggi, della deposizione di Cs-137 al suolo. Si evidenziano gli eventi di ricaduta associati ai test in atmosfera condotti negli anni '60 e l'incidente alla centrale nucleare di Chernobyl (il valore per il 1986 è stato stimato dai dati sperimentali presentati in un rapporto dell'OECD²² per la somma dei due isotopi, Cs-134 e Cs-137), a partire dal quale i valori di deposizione presentano inizialmente una sistematica diminuzione e successivamente una sostanziale stazionarietà con una variabilità legata a fattori meteo-climatici.

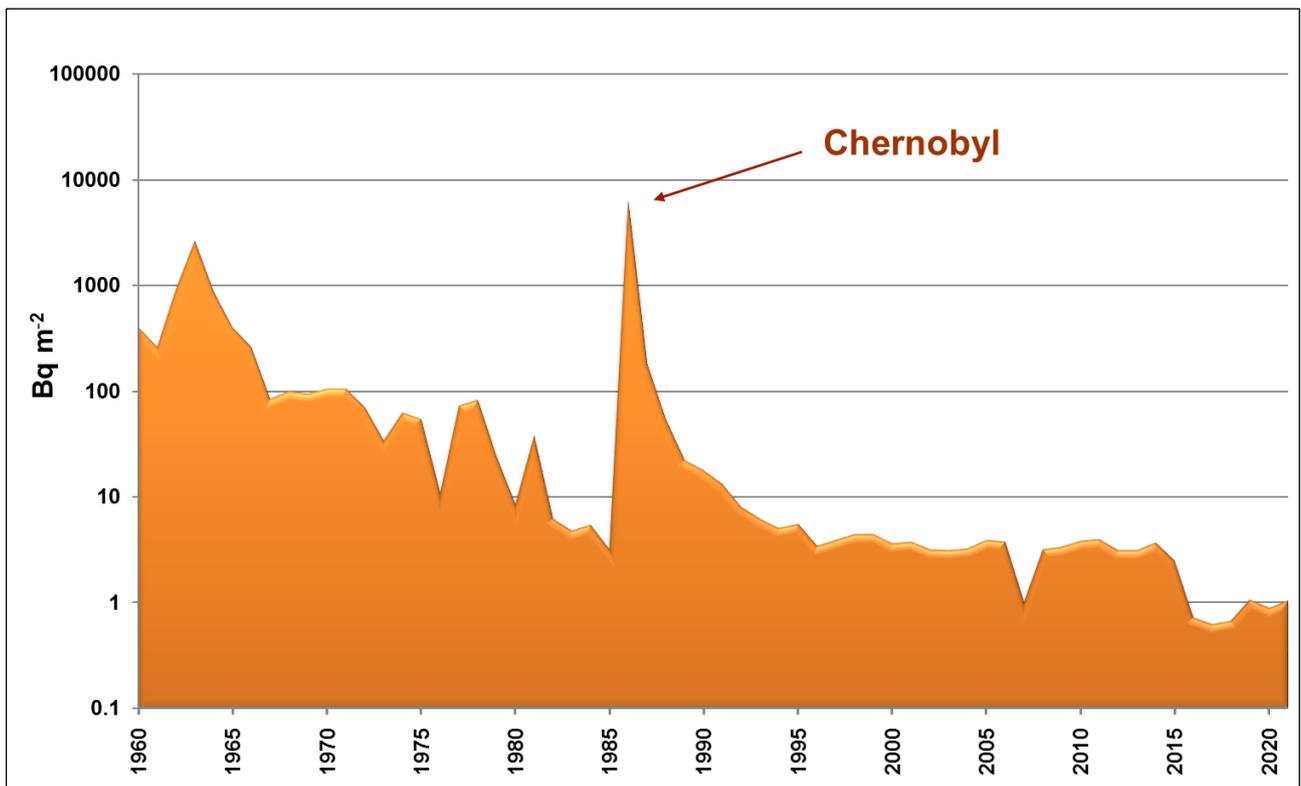


Figura 8 - Andamento della concentrazione di attività di Cs-137 nella deposizione al suolo

RATEO DI EQUIVALENTE DI DOSE AMBIENTALE

Nella Figura 9 sono indicate le stazioni automatiche di rilevamento dell'equivalente di dose ambientale e le medie annuali del rateo di equivalente di dose ambientale per le tre macroaree. I dati delle stazioni della rete GAMMA dell'ISIN sono stati integrati con quelli delle stazioni della rete RESORAD.



Figura 9 - Rateo di equivalente di dose ambientale

In Tabella 8 sono riportate la media e la *deviazione standard* calcolata sulle stazioni GAMMA e RESORAD di ogni macroarea e i valori minimi e massimi rilevati nell'ambito della rete GAMMA.

Tabella 8 - Rateo di equivalente di dose ambientale (nSv h^{-1})

| Macroregione | Valore medio | Deviazione standard | Valore minimo | Valore massimo |
|--------------|--------------|---------------------|---------------|----------------|
| Nord | 107 | 22 | 66 | 185 |
| Centro | 91 | 20 | 59 | 156 |
| Sud | 105 | 35 | 57 | 197 |

I valori medi annuali del rateo di equivalente di dose ambientale per le macroaree Nord, Centro e Sud risultano confrontabili. Tuttavia, per ciascuna macroregione, si evince un'ampia variabilità tra i minimi e i massimi misurati da relazionarsi alle diverse strutture litologiche dei siti di misura.

ACQUE SUPERFICIALI

In Tabella 9 sono riportate le medie della concentrazione di attività di Cs-137 per bacino e località di prelievo con indicazione del comune, provincia e numero delle misure effettuate.

Tabella 9 - Media della concentrazione di attività di Cs-137 nelle acque superficiali

| Bacino | Comune | Provincia | Località | N° misure | Media (Bq l ⁻¹) |
|-------------------------|-----------------------|-----------|-------------------------------|-----------|-----------------------------|
| Fiume Adige | Albaredo d'Adige | VR | Albaredo - punto sirav 443 | 2 | <0.0050 |
| Lago Di Bracciano | Anguillara Sabazia | RM | Falconeto | 4 | <0.0054 |
| Lago Di Viverone | Azeglio | TO | Zona palafitte | 1 | <0.0012 |
| Mare Adriatico | Bari | BA | Stilo | 1 | <0.0200 |
| Lago di Garda | Brenzone sul Garda | VR | Brenzone - punto sirav n. 369 | 2 | <0.0050 |
| Mare Adriatico | Brindisi | BR | Pedagne | 1 | <0.0400 |
| Fiume Po | Camino | AL | Camino | 2 | <0.0041 |
| Lago di Occhito | Carlantino | FG | Carlantino | 1 | <0.0700 |
| Fiume Po | Casale Monferrato | AL | Casale Monferrato | 5 | <0.0017 |
| Fiume Po | Castelmassa | RO | Castelmassa - punto sirav 193 | 2 | <0.0050 |
| Lago Trasimeno | Castiglione del lago | PG | Centro lago | 2 | <0.0020 |
| Fiume Tagliamento | Cavazzo Carnico | UD | Cavazzo carnico | 1 | <0.0130 |
| Lago Lario | Como | CO | Como | 4 | <0.0987 |
| Mar Tirreno | Fiumicino | RM | Fiumicino – punto sirav 193 | 2 | <0.0362 |
| Mar Tirreno | Gioia Tauro | RC | Gioia Tauro | 1 | <0.0910 |
| Lago di Serra Del Corvo | Gravina in Puglia | BA | Gravina in Puglia | 1 | <0.0300 |
| Fiumara Metramo | Lecce | LE | Lecce | 3 | <0.0266 |
| Lago Maggiore | Lesa | NO | Lesa | 1 | <0.0013 |
| Mare Adriatico | Manfredonia | FG | Manfredonia | 3 | <0.0466 |
| Mare Adriatico | Margherita di Savoia | BT | Margherita di Savoia | 3 | <0.0266 |
| Lago Di Bolsena | Marta | VT | Marta | 4 | <0.0066 |
| Invaso Di Locone | Minervino Murge | BT | Locone - Minervino Murge | 2 | <0.0250 |
| Torrente Cellina | Montereale Valcellina | PD | Montereale | 1 | <0.0090 |
| Fiume Bradano | Montescaglioso | MT | Montescaglioso | 1 | <0.0020 |
| Fiume Lambro | Orio Litta | LO | Orio Litta | 4 | <0.1067 |
| Fiume Po | Palazzolo Vercellese | VC | Palazzolo Vercellese | 2 | <0.0037 |
| Fiume Po | Pontestura | AL | Pontestura | 2 | <0.0040 |
| Fiume Tagliamento | Ragogna | UD | Ragogna | 1 | <0.0090 |
| Fiume Tevere | Roma | RM | Roma | 8 | <0.0063 |
| Mare Ionio | Rotondella | MT | Rotondella | 2 | <0.0025 |
| Fiume Livenza | Sacile | PD | Sacile | 1 | <0.0060 |
| Fiume Dora Baltea | Saluggia | VC | Saluggia | 2 | <0.0038 |
| Mare Jonio | Taranto | TA | Taranto | 3 | <0.0266 |
| Torrente Slizza | Tarvisio | UD | Tarvisio | 1 | <0.0090 |
| Fiume Tevere | Torgiano | PG | Pontenuovo | 1 | <0.0170 |
| Fiume Ofanto | Trinitapoli | BT | Trinitapoli | 2 | <0.3550 |

I valori delle medie sono tutti ben al di sotto del *reporting level* di 1 Bq l⁻¹ e per la maggior parte inferiori alla MCR.

ACQUE POTABILI

La Figura 10 riporta la localizzazione dei punti di prelievo e la media annuale della concentrazione di attività di Cs-137 nelle acque potabili nelle macroaree Nord, Centro e Sud, con indicazione del numero totale delle misure effettuate e di quelle inferiori alla MCR. In Tabella 10 è riportato il dettaglio per località di prelievo. Le misure di concentrazione di attività del Cs-137 sono tutte inferiori alla MCR e quindi ben al di sotto dei valori soglia indicati. La copertura territoriale è in parte garantita e quindi con margine di miglioramento, specialmente al Centro.



Figura 10 - Media annuale della concentrazione di attività di Cs-137 nelle acque potabili

Tabella 10 - Misure di concentrazione di attività di Cs-137 nelle acque potabili (Bq l⁻¹)

| Macroregione | Località di prelievo | n° misure | n° misure < MCR | Valore medio |
|--------------|-----------------------|-----------|-----------------|--------------|
| Nord | Bergamo | 11 | 11 | <0.00042 |
| | Crescentino | 1 | 1 | <0.00426 |
| | Milano | 12 | 12 | <0.00056 |
| | Palazzolo Vercellese | 1 | 1 | <0.00401 |
| | Poncarale | 1 | 1 | <0.07300 |
| | Rovello Porro | 1 | 1 | <0.01700 |
| | Saluggia | 13 | 13 | <0.00376 |
| | Saronno | 2 | 2 | <0.06300 |
| | Sondrio | 12 | 12 | <0.00025 |
| | Torino | 2 | 2 | <0.00034 |
| | Trino | 1 | 1 | <0.00459 |
| | Verrua Savoia | 3 | 3 | <0.00408 |
| | Centro | Roma | 2 | 2 |
| Sud | Bari | 1 | 1 | <0.03000 |
| | Barletta | 2 | 2 | <0.01500 |
| | Brindisi | 1 | 1 | <0.01000 |
| | Feroleto della Chiesa | 1 | 1 | <0.09400 |
| | Foggia | 2 | 2 | <0.02500 |
| | Galatro | 2 | 2 | <0.07250 |
| | Giffone | 1 | 1 | <0.06800 |
| | Lecce | 3 | 3 | <0.04333 |
| | Mammola | 2 | 2 | <0.06400 |
| | Reggio di Calabria | 14 | 14 | <0.07721 |
| | Rotondella | 4 | 4 | <0.00275 |
| | San Giorgio Morgeto | 2 | 2 | <0.05100 |
| | Scilla | 1 | 1 | <0.06200 |
| | Taranto | 2 | 2 | <0.02000 |

La Figura 11 riporta la localizzazione dei comuni di prelievo e le medie annuali delle concentrazioni di attività di Sr-90 nelle acque potabili, con indicazione del numero totale delle misure effettuate e di quelle inferiori alla MCR. Nella Tabella 11 è riportato il dettaglio per le località di prelievo.



Figura 11 - Media annuale delle concentrazioni di attività di Sr-90 nelle acque potabili

Tabella 11 - Misure di concentrazione di attività di Sr-90 nelle acque potabili (Bq l⁻¹)

| Macroregione | Località di prelievo | n° misure | n° misure < MCR | Valore medio |
|--------------|----------------------|-----------|-----------------|--------------|
| Nord | Crescentino | 1 | 1 | <0.0071 |
| | Milano | 4 | 4 | <0.0029 |
| | Palazzolo Vercellese | 1 | 1 | <0.0073 |
| | Saluggia | 13 | 13 | <0.0067 |
| | Torino | 1 | 1 | <0.0009 |
| | Trino | 1 | 1 | <0.0061 |
| | Verrua Savoia | 3 | 3 | <0.0066 |

Le misure di Sr-90 garantiscono una copertura per la macroarea Nord, nessuna misura è stata effettuata al Centro e al Sud. La copertura territoriale per questa tipologia di misura risulta, pertanto, disomogenea.

La Figura 12 mostra la localizzazione dei comuni di prelievo e le medie annuali delle concentrazioni di attività di trizio nelle macroaree Nord, Centro e Sud, con indicazione del numero totale delle misure effettuate e di quelle inferiori alla MCR.

In Tabella 12 sono riportati i valori medi annuali delle concentrazioni di attività di trizio e il numero di misure effettuate e di quelle inferiori alla MCR.

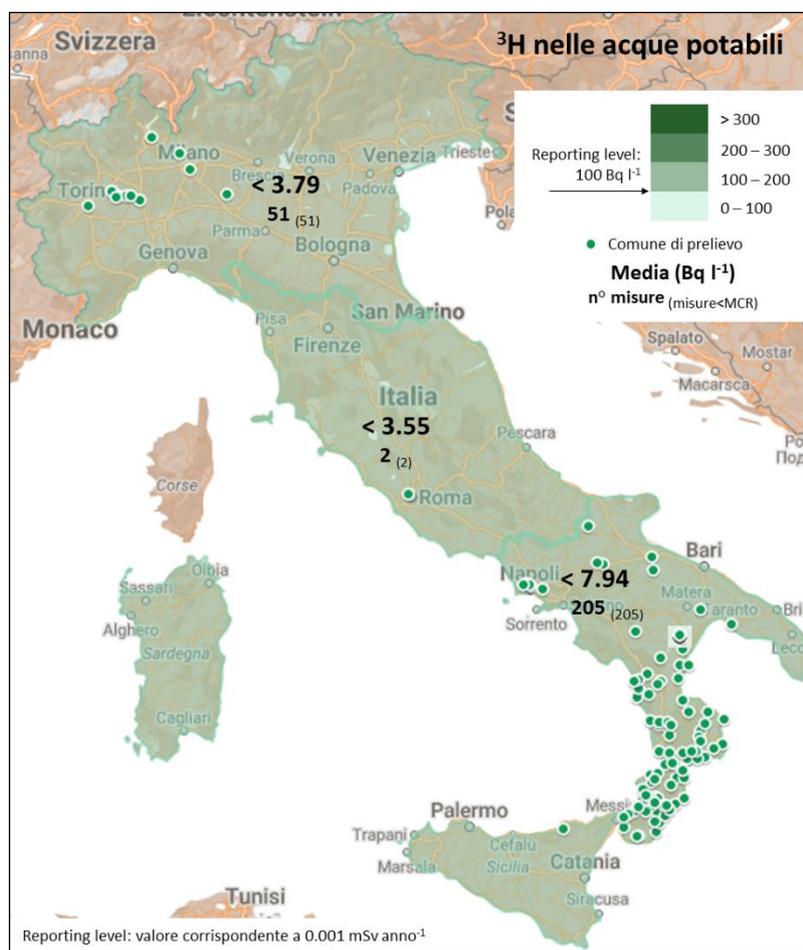


Figura 12 - Media annuale delle concentrazioni di attività di H-3 nelle acque potabili

Tabella 12 - Misure di concentrazione di attività di H-3 nelle acque potabili (Bq l⁻¹)

| Macroregione | Regione | n° misure | n° misure < MCR | Valore medio |
|--------------|------------|-----------|-----------------|--------------|
| Nord | Lombardia | 17 | 17 | <6.29 |
| | Piemonte | 34 | 34 | <2.54 |
| Centro | Lazio | 2 | 2 | <3.55 |
| Sud | Basilicata | 9 | 9 | <2.07 |
| | Calabria | 137 | 137 | <10.00 |
| | Campania | 5 | 5 | <3.00 |
| | Puglia | 53 | 53 | <4.05 |
| | Sicilia | 1 | 1 | <10.00 |

La copertura territoriale per la misura di questo radionuclide nell'acqua potabile è buona al Nord, eccellente al Sud e risulta non soddisfacente al Centro. Le medie annuali delle macroaree sono inferiori alla MCR e nettamente al di sotto della concentrazione di attività di $100 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$ corrispondente al *reporting level* della raccomandazione 2000/473/Euratom e al valore di parametro indicato nel D.Lgs. 28/2016.

La Figura 13 mostra la localizzazione dei comuni di prelievo e le medie annuali delle concentrazioni di attività alfa totale nelle macroaree Nord, Centro e Sud, con indicazione del numero totale delle misure effettuate e di quelle inferiori alla MCR.

In Tabella 13 sono riportati i valori regionali delle medie annuali delle concentrazioni di attività alfa totale e il numero di misure effettuate.

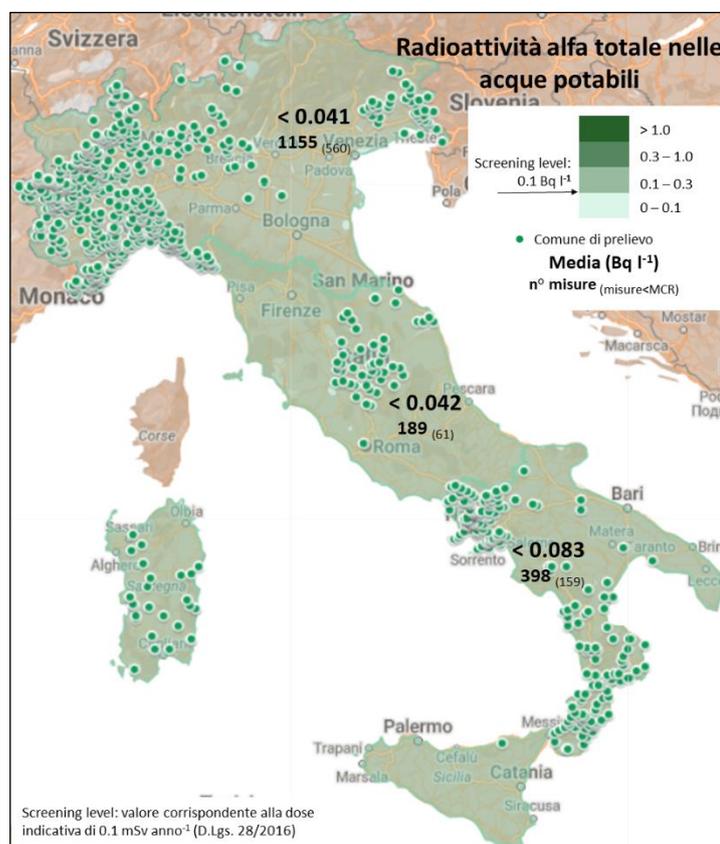


Figura 13 - Media annuale delle concentrazioni di attività alfa totale nelle acque potabili

Tabella 13 - Misure di concentrazione di attività alfa totale nelle acque potabili (Bq l⁻¹)

| Macroregione | Regione | n° misure | n° misure < MCR | Valore medio |
|--------------|-----------------------|-----------|-----------------|--------------|
| Nord | Friuli-Venezia Giulia | 73 | 18 | <0.033 |
| | Liguria | 621 | 346 | <0.040 |
| | Lombardia | 116 | 30 | <0.064 |
| | Piemonte | 345 | 166 | <0.039 |
| Centro | Lazio | 2 | 1 | <0.055 |
| | Marche | 8 | 3 | <0.024 |
| | Sardegna | 62 | 31 | <0.042 |
| | Umbria | 117 | 26 | <0.043 |
| Sud | Basilicata | 6 | 3 | <0.157 |
| | Calabria | 148 | 28 | <0.093 |
| | Campania | 190 | 96 | <0.088 |
| | Puglia | 53 | 32 | <0.031 |
| | Sicilia | 1 | | 0.095 |

La Figura 14 riporta la localizzazione dei punti di prelievo e le medie annuali delle concentrazioni di attività beta totale nelle acque potabili nelle macroaree Nord, Centro e Sud, con indicazione del numero totale delle misure effettuate e di quelle inferiori alla MCR. In Tabella 14 sono riportati i valori medi annuali regionali e il numero di misure effettuate e di quelle inferiori alla MCR.

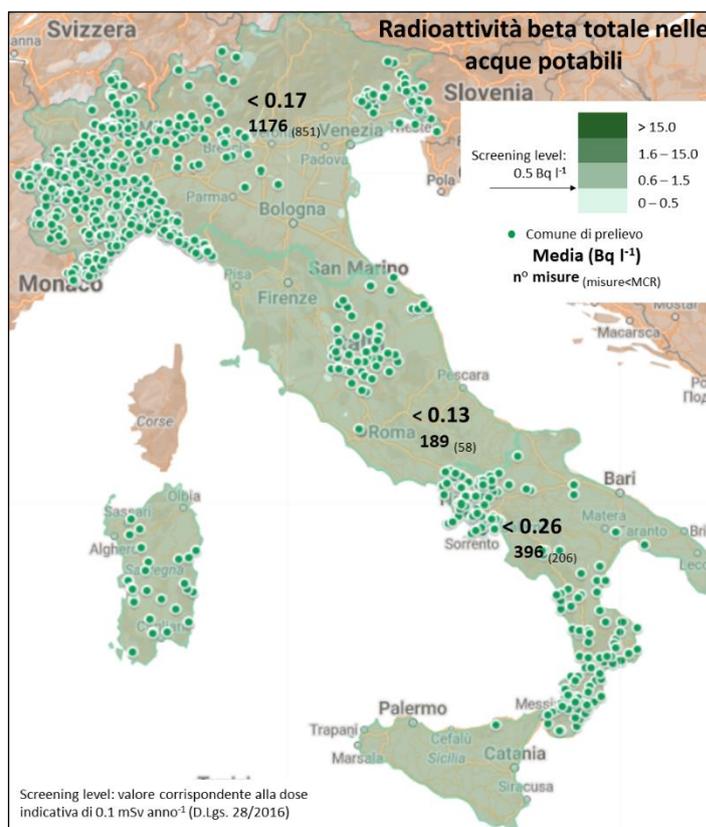


Figura 14 - Media annuale delle concentrazioni di attività beta totale nelle acque potabili

Tabella 14 - Misure di concentrazione di attività di beta totale nelle acque potabili (Bq l⁻¹)

| Macroregione | Regione | n° misure | n° misure < MCR | Valore medio |
|--------------|-----------------------|-----------|-----------------|--------------|
| Nord | Friuli-Venezia Giulia | 73 | 29 | <0.166 |
| | Liguria | 621 | 483 | <0.215 |
| | Lombardia | 116 | 111 | <0.132 |
| | Piemonte | 366 | 228 | <0.108 |
| Centro | Lazio | 2 | | 0.270 |
| | Marche | 8 | 2 | <0.083 |
| | Sardegna | 62 | 31 | <0.042 |
| | Umbria | 117 | 25 | <0.177 |
| Sud | Basilicata | 6 | 1 | <0.199 |
| | Calabria | 148 | 147 | <0.200 |
| | Campania | 188 | 40 | <0.350 |
| | Puglia | 53 | 17 | <0.144 |
| | Sicilia | 1 | 1 | <0.200 |

La raccomandazione 2000/473/Euratom⁷ non prevede misure di attività alfa totale e beta totale nelle acque destinate al consumo umano. Pertanto per la rappresentazione dei dati ci si riferisce ai livelli di *screening* indicati dal D.Lgs. n. 28/2016 per le acque potabili, fissati a 0.1 Bq l⁻¹ per l'attività alfa totale e a 0.5 Bq l⁻¹ per l'attività beta totale. I valori riportati sono al di sotto dei livelli di *screening*.

LATTE

La Figura 15 riporta la localizzazione dei punti di prelievo e le medie annuali delle concentrazioni di attività di Cs-137 nel latte vaccino nelle macroaree Nord, Centro e Sud, con indicazione del numero totale delle misure effettuate e di quelle inferiori alla MCR.

In Tabella 15 sono riportati i valori medi annuali regionali, il numero di misure effettuate e di quelle inferiori alla MCR.

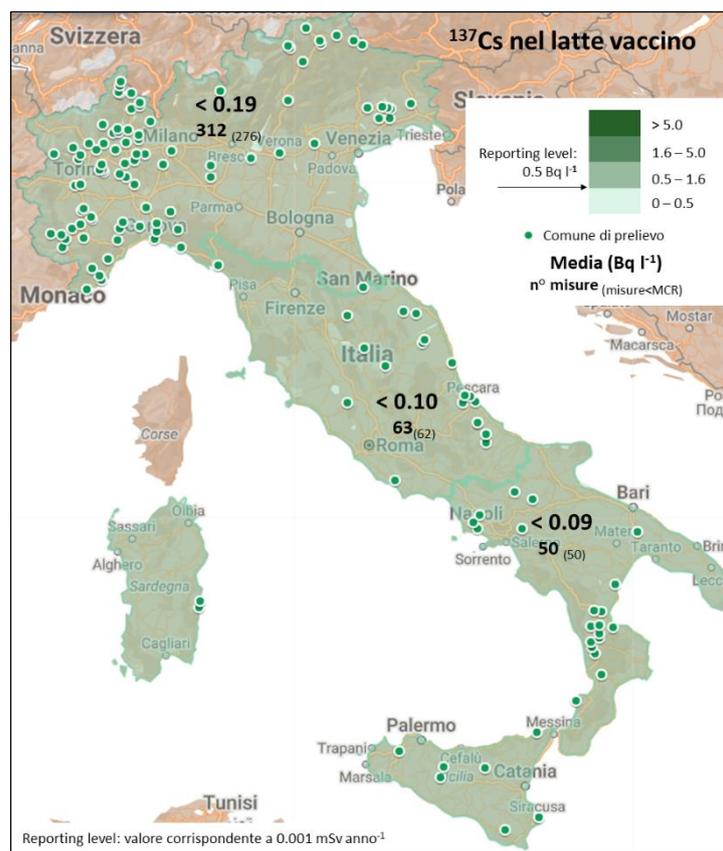


Figura 15 - Media annuale della concentrazione di attività di Cs-137 nel latte vaccino

Tabella 15 - Misure di concentrazione di attività di Cs-137 nel latte vaccino (Bq l⁻¹)

| Macroregione | Regione | n° misure | n° misure < MCR | Valore medio |
|--------------|-----------------------|-----------|-----------------|--------------|
| Nord | Emilia-Romagna | 1 | 1 | <0.11 |
| | Friuli-Venezia Giulia | 44 | 43 | <0.10 |
| | Liguria | 19 | 19 | <0.13 |
| | Lombardia | 56 | 55 | <0.09 |
| | Piemonte | 106 | 82 | <0.31 |
| | Trentino-Alto Adige | 62 | 53 | <0.17 |
| | Veneto | 24 | 23 | <0.10 |
| Centro | Abruzzo | 10 | 10 | <0.06 |
| | Lazio | 24 | 23 | <0.08 |
| | Marche | 18 | 18 | <0.13 |
| | Sardegna | 2 | 2 | <0.15 |
| | Umbria | 9 | 9 | <0.10 |
| Sud | Basilicata | 10 | 10 | <0.05 |
| | Calabria | 22 | 22 | <0.09 |
| | Campania | 6 | 6 | <0.13 |
| | Puglia | 5 | 5 | <0.09 |
| | Sicilia | 7 | 7 | <0.13 |

La copertura territoriale delle misure di concentrazione di attività di Cs-137 nel latte vaccino è soddisfacente al Nord, buona al Centro e al Sud. La maggior parte delle misure effettuate risulta al di sotto dell'MCR e le medie annuali regionali e macroregionali sono al di sotto del RL.

Nella Figura 16 è riportato l'andamento temporale del valore medio nazionale della concentrazione di attività di Cs-137 nel latte vaccino. Dal 1987 (anno successivo all'evento di Chernobyl) a oggi si registra un abbattimento dei livelli di contaminazione di circa due ordini di grandezza, con una sostanziale stazionarietà negli ultimi venti anni.

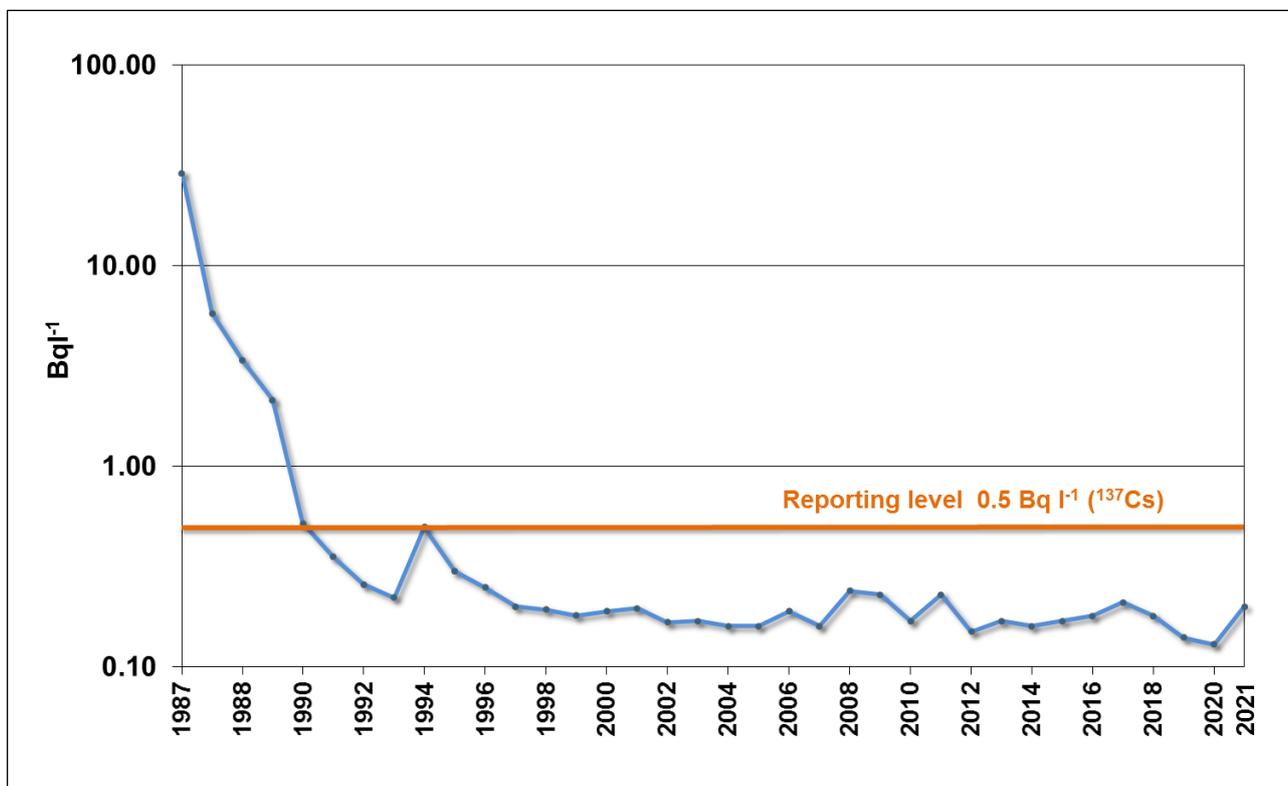


Figura 16 - Andamento della concentrazione media annuale di attività di Cs-137 nel latte vaccino

La Figura 17 riporta la localizzazione dei comuni di prelievo e la media annuale delle concentrazioni di attività di Sr-90 nel latte vaccino, con indicazione del numero totale delle misure effettuate e di quelle inferiori alla MCR. In Tabella 16 sono riportati i valori medi annuali regionali e il numero di misure effettuate e di quelle inferiori alla MCR.

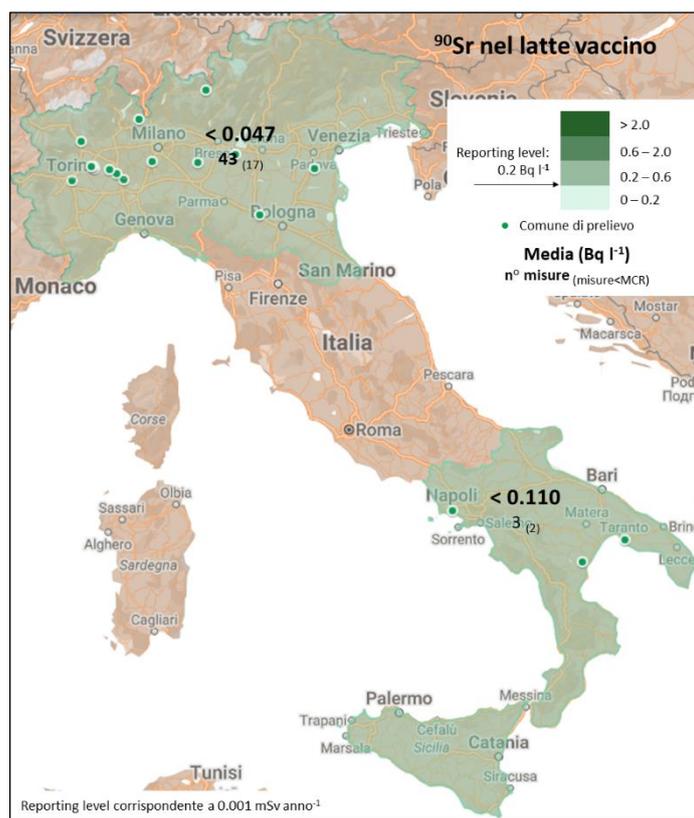


Figura 17 - Concentrazione media annuale di attività di Sr-90 nel latte vaccino

Tabella 16 - Misure di concentrazione di attività di Sr-90 nel latte vaccino (Bq l⁻¹)

| Macroregione | Regione | n° misure | n° misure < MCR | Valore medio |
|--------------|----------------|-----------|-----------------|--------------|
| Nord | Emilia-Romagna | 1 | | 0.250 |
| | Lombardia | 21 | 6 | <0.044 |
| | Piemonte | 13 | 10 | <0.060 |
| | Veneto | 8 | 1 | <0.360 |
| Sud | Basilicata | 1 | 1 | <0.023 |
| | Campania | 1 | | 0.190 |
| | Puglia | 1 | 1 | <0.030 |

Le misure di Sr-90 sono per la maggior parte presenti nella macroarea Nord, solo tre sono state effettuate nella macroarea Sud. Si registra, pertanto, una disomogeneità sul territorio nazionale per questa tipologia di misura. Le medie annuali regionali e macroregionale sono al di sotto del RL.

PASTO COMPLETO ED ALTRI COMPONENTI ALIMENTARI

Il campionamento del pasto completo è effettuato presso mense aziendali e/o scolastiche. Nella Figura 18 sono riportati i punti delle località di prelievo e le medie annuali delle concentrazioni di attività di Cs-137 nel pasto completo, con indicazione del numero totale delle misure effettuate per macroarea e di quelle inferiori alla MCR. In Tabella 17 sono riportati i valori medi annuali regionali e il numero di misure effettuate.

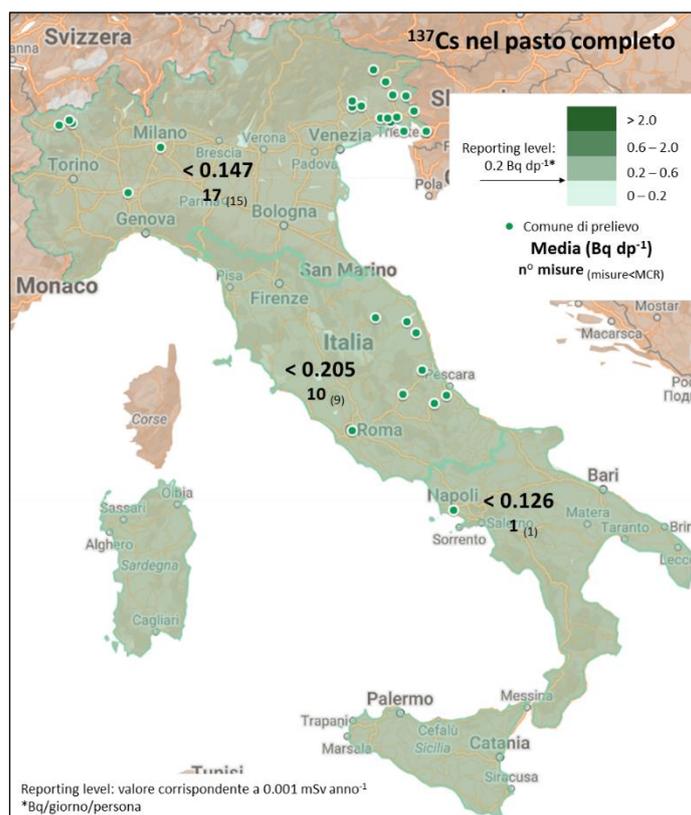


Figura 18 - Concentrazione media annuale di attività di Cs-137 nel pasto completo

Tabella 17 - Misure di concentrazione di attività di Cs-137 nel pasto completo (Bq dp⁻¹)

| Macroregione | Regione | n° misure | n° misure < MCR | Valore medio |
|--|-----------------------|-----------|-----------------|--------------|
| Nord | Friuli-Venezia Giulia | 12 | 11 | <0.163 |
| | Lombardia | 2 | 1 | <0.059 |
| | Piemonte | 1 | 1 | <0.145 |
| | Valle d'Aosta | 2 | 2 | <0.147 |
| Centro | Abruzzo | 4 | 4 | <0.189 |
| | Lazio | 3 | 2 | <0.240 |
| | Marche | 3 | 3 | <0.194 |
| Sud | Campania | 1 | 1 | <0.126 |
| Legenda: | | | | |
| Fattore di conversione utilizzato: 1.93698 kg/dp | | | | |

Nella Figura 19 sono indicate le località di prelievo e sono riportate le medie annuali delle concentrazioni di attività di Sr-90 nel pasto completo, con indicazione del numero totale delle misure effettuate per macroarea e il numero delle misure inferiori alla MCR. In Tabella 18 sono riportati i valori medi annuali regionali e il numero di misure effettuate.

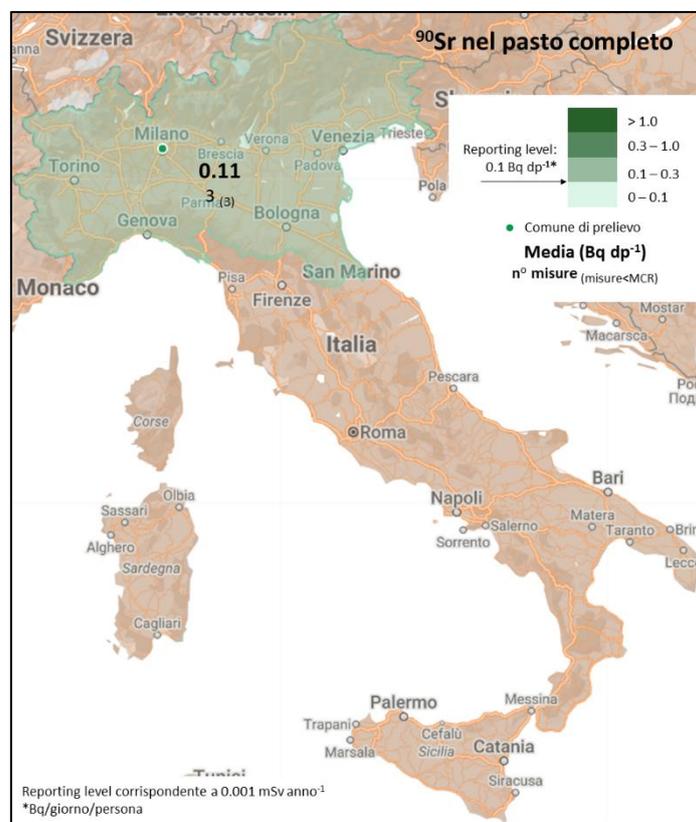


Figura 19 - Media annuale delle concentrazioni di attività di Sr-90 nel pasto completo

Tabella 18 - Misure di concentrazione di attività di Sr-90 nel pasto completo (Bq dp⁻¹)

| Macroregione | Regione | n° misure | n° misure < MCR | Valore medio |
|--|-----------|-----------|-----------------|--------------|
| Nord | Lombardia | 3 | 3 | <0.11 |
| Legenda: | | | | |
| Fattore di conversione utilizzato: 1.93698 kg dp ⁻¹ | | | | |

La copertura territoriale delle misure di concentrazione di attività di Cs-137 risulta non omogenea: soddisfacente nella macroarea Nord, alcune misure sono presenti al Centro, una al Sud. I valori delle medie annuali regionali e macroregionali sono al di sotto del RL.

Le misure di concentrazione di attività di Sr-90 sono presenti solo nella macroarea Nord (3 misure) e sono inferiori al RL. Nessuna misura è presente al Centro e al Sud, le analisi su questa matrice dovrebbero, pertanto, essere incrementate.

Sebbene la copertura territoriale sulla matrice “pasto completo” sia disomogenea e il numero delle misure esiguo, occorre precisare che nei piani di monitoraggio regionali, che concorrono al piano nazionale, sono inclusi molti alimenti che fanno parte della dieta della popolazione.

Nelle tabelle a seguire sono elencate le misure di concentrazione di attività di Cs-137 effettuate sui principali componenti della dieta nazionale con indicazione della regione e/o macroregione e dei valori medi annuali.

Tabella 19 - Misure di concentrazione di attività di Cs-137 nella carne bovina (Bq kg⁻¹)

| Macroregione | Regione | n° misure | n° misure < MCR | Valore medio |
|--------------|-----------------------|-----------|-----------------|--------------|
| Nord | Lombardia | 9 | 5 | <0.343 |
| | Piemonte | 20 | 14 | <0.250 |
| | Veneto | 6 | 6 | <0.195 |
| | Trentino-Alto Adige | 6 | 2 | <0.702 |
| | Friuli-Venezia Giulia | 16 | 14 | <0.280 |
| Centro | Abruzzo | 9 | 9 | <0.080 |
| | Lazio | 4 | 4 | <0.104 |
| | Marche | 8 | 7 | <0.148 |
| | Sardegna | 12 | 11 | <0.325 |
| | Umbria | 4 | 3 | <0.125 |
| Sud | Campania | 5 | 4 | <1.158 |
| | Puglia | 1 | 1 | <0.700 |
| | Sicilia | 8 | 8 | <0.194 |

Tabella 20 - Misure di concentrazione di attività di Cs-137 nella carne suina (Bq kg⁻¹)

| Macroregione | Regione | n° misure | n° misure < MCR | Valore medio |
|--------------|-----------------------|-----------|-----------------|--------------|
| Nord | Lombardia | 14 | 14 | <0.370 |
| | Piemonte | 6 | 6 | <0.121 |
| | Veneto | 9 | 9 | <0.299 |
| | Trentino-Alto Adige | 9 | 8 | <0.390 |
| | Friuli-Venezia Giulia | 18 | 15 | <0.111 |
| Centro | Abruzzo | 7 | 7 | <0.100 |
| | Marche | 8 | 8 | <0.134 |
| | Sardegna | 12 | 12 | <0.275 |
| Sud | Campania | 3 | 3 | <0.113 |
| | Puglia | 2 | 2 | <0.700 |

Tabella 21 - Misure di concentrazione di attività di Cs-137 nella carne avicola (Bq kg⁻¹)

| Macroregione | Regione | n° misure | n° misure < MCR | Valore medio |
|--------------|-----------------------|-----------|-----------------|--------------|
| Nord | Lombardia | 8 | 8 | <0.140 |
| | Piemonte | 4 | 4 | <0.127 |
| | Veneto | 3 | 3 | <0.093 |
| | Trentino-Alto Adige | 1 | 1 | <0.140 |
| | Friuli-Venezia Giulia | 16 | 15 | <0.105 |
| Centro | Abruzzo | 7 | 7 | <0.081 |
| | Marche | 5 | 5 | <0.114 |
| | Sardegna | 12 | 12 | <0.325 |
| Sud | Campania | 2 | 2 | <0.222 |
| | Sicilia | 1 | | 0.140 |

Tabella 22 - Misure di concentrazione di attività di Cs-137 nei cereali e derivati (Bq kg⁻¹)

| Matrice | Macroregione | n° misure | n° misure < MCR | Valore medio |
|---------------------|--------------|-----------|-----------------|--------------|
| Farina grano duro | Nord | 5 | 5 | <0.092 |
| | Centro | 6 | 6 | <0.367 |
| Farina grano tenero | Nord | 27 | 27 | <0.171 |
| | Centro | 22 | 22 | <0.254 |
| | Sud | 3 | 3 | <0.507 |
| Farina granturco | Nord | 2 | 2 | <0.095 |
| Grano duro | Nord | 2 | 2 | <0.402 |
| | Centro | 11 | 11 | <0.119 |
| | Sud | 9 | 7 | <0.427 |
| Grano tenero | Nord | 1 | 1 | <0.050 |
| | Centro | 9 | 9 | <0.167 |
| | Sud | 5 | 5 | <0.700 |
| Mais | Nord | 23 | 21 | <0.304 |
| | Sud | 2 | 2 | <0.700 |
| Orzo | Nord | 2 | 2 | <0.180 |
| | Centro | 2 | 2 | <0.700 |
| | Sud | 6 | 6 | <0.700 |
| Pane | Nord | 11 | 11 | <0.110 |
| | Centro | 8 | 8 | <0.174 |
| Pasta | Nord | 22 | 22 | <0.596 |
| | Centro | 23 | 23 | <0.300 |
| | Sud | 6 | 6 | <0.211 |
| Riso | Nord | 20 | 20 | <0.095 |
| | Centro | 4 | 4 | <0.148 |
| Crusca | Nord | 1 | 1 | <0.700 |
| | Centro | 1 | 1 | <1.220 |
| | Sud | 3 | 3 | <0.700 |

Tabella 23 - Misure di concentrazione di attività di Cs-137 nei vegetali (peso fresco) (Bq kg⁻¹)

| Matrice | Macroregione | n° misure | n° misure < MCR | Valore medio |
|------------------|--------------|-----------|-----------------|--------------|
| Insalata/lattuga | Nord | 42 | 42 | <0.123 |
| | Centro | 26 | 26 | <0.141 |
| | Sud | 1 | | 0.090 |
| Patate | Nord | 42 | 42 | <0.123 |
| | Centro | 26 | 26 | <0.141 |
| | Sud | 1 | | 0.090 |
| Pomodori | Nord | 9 | 9 | <0.107 |
| | Centro | 2 | 2 | <0.100 |
| | Sud | 2 | 2 | <2.526 |
| Bietole | Nord | 7 | 7 | <0.138 |
| | Centro | 3 | 3 | <0.110 |
| Carote | Nord | 6 | 6 | <0.096 |
| | Sud | 1 | 1 | <0.053 |
| Cavolo verza | Nord | 8 | 8 | <0.128 |
| | Sud | 1 | | 0.110 |
| Cipolle | Nord | 1 | 1 | <0.280 |
| | Sud | 4 | 4 | <0.133 |
| Altro | Nord | 62 | 59 | <0.193 |
| | Centro | 21 | 21 | <0.135 |
| | Sud | 1 | 1 | <0.300 |

Tabella 24 - Misure di concentrazione di attività di Cs-137 nella frutta (peso fresco) (Bq kg⁻¹)

| Matrice | Macroregione | n° misure | n° misure < MCR | Valore medio |
|------------------|--------------|-----------|-----------------|--------------|
| Albicocche | Nord | 7 | 7 | <0.135 |
| | Sud | 3 | 3 | <0.487 |
| Anguria | Centro | 3 | 3 | <0.167 |
| Arance | Nord | 5 | 5 | <0.099 |
| | Centro | 13 | 12 | <0.097 |
| | Sud | 1 | 1 | <0.03 |
| Banane | Centro | 1 | 1 | <0.021 |
| Castagne | Nord | 8 | 4 | <1.314 |
| Ciliegie | Nord | 1 | 1 | <0.050 |
| Clementine | Centro | 1 | 1 | <0.100 |
| Fragole | Nord | 4 | 4 | <0.200 |
| | Centro | 1 | 1 | <0.090 |
| Kiwi | Nord | 4 | 4 | <0.151 |
| Lamponi | Nord | 9 | 9 | <0.355 |
| Limoni | Nord | 2 | 2 | <0.114 |
| Mandarini | Sud | 2 | 2 | <0.061 |
| Mele | Nord | 22 | 22 | <0.106 |
| | Centro | 22 | 22 | <0.097 |
| | Sud | 3 | 3 | <0.195 |
| Meloni | Nord | 2 | 2 | <0.392 |
| | Centro | 6 | 6 | <0.097 |
| Mirtilli | Nord | 4 | 1 | <48.255 |
| | Centro | 5 | 4 | <0.740 |
| | Sud | 1 | 1 | <0.70 |
| Mirtillo nero | Nord | 7 | 6 | <0.676 |
| Mirtillo rosso | Nord | 1 | 0 | <6.700 |
| More | Nord | 11 | 11 | <0.595 |
| Nocciole | Nord | 2 | 2 | <0.461 |
| Noci | Nord | 2 | 2 | <0.591 |
| Pere | Nord | 6 | 6 | <0.099 |
| | Centro | 4 | 4 | <0.090 |
| | Sud | 1 | 1 | <0.200 |
| Pesche | Nord | 8 | 8 | <0.108 |
| | Centro | 3 | 3 | <0.137 |
| | Sud | 3 | 3 | <0.050 |
| Prugne | Nord | 4 | 4 | <0.168 |
| Uva | Nord | 2 | 2 | <0.074 |
| Ribes | Nord | 1 | 1 | <1.560 |
| Fragole di bosco | Nord | 1 | 1 | <0.420 |

Tabella 25 - Misure di concentrazione di attività di Cs-137 nel pesce di mare (peso fresco) (Bq kg⁻¹)

| Matrice | Macroregione | n° misure | n° misure < MCR | Valore medio |
|--|--------------|-----------|-----------------|--------------|
| Acciuga o alice (<i>Engraulis encrasicolus</i>) | Centro | 3 | 3 | <0.117 |
| Branzino (<i>Dicentrarchus labrax</i>) | Centro | 1 | 0 | 0.190 |
| Cefalo (<i>Mugil cephalus</i>) | Centro | 7 | 6 | <0.200 |
| Merluzzo (<i>Gadus morhua</i>) | Nord | 11 | 10 | <0.140 |
| | Centro | 1 | 1 | <0.100 |
| Orata (<i>Sparus aurata</i>) | Centro | 1 | 1 | <0.200 |
| | Sud | 10 | 10 | <0.700 |
| Salmone (<i>Salmo salar</i>) | Nord | 1 | 0 | 0.110 |
| Sardina (<i>Sardina pilchardus</i>) | Centro | 2 | 2 | <0.150 |
| Tonno (<i>Tonnus thynnus</i>) | Nord | 1 | 1 | <0.700 |
| | Centro | 5 | 4 | <0.264 |
| Triglia (<i>Mullus surmuletus</i>) | Nord | 1 | 1 | <0.110 |
| | Centro | 2 | 2 | <0.175 |
| | Sud | 1 | 1 | <0.300 |
| Latterino (<i>Atherina boyeri</i>) | Nord | 1 | 1 | <0.090 |

Tabella 26 - Misure di concentrazione di attività di Cs-137 nel pesce di acqua dolce (peso fresco) (Bq kg⁻¹)

| Matrice | Macroregione | n° misure | n° misure < MCR | Valore medio |
|--|--------------|-----------|-----------------|--------------|
| Agone (<i>Alosa fallax lacustris</i>) | Nord | 3 | 2 | <0.673 |
| Cavedano (<i>Leuciscus cephalus</i>) | Nord | 1 | | 1.620 |
| Persico (<i>Perca fluviatilis</i>) | Nord | 2 | | 1.435 |
| Siluro (<i>Silurus glanis</i>) | Nord | 2 | 2 | <0.207 |
| Trota (<i>Salmo trutta</i>) | Nord | 3 | 3 | <0.150 |
| | Centro | | | |

ALIMENTI PER IL CONSUMO ANIMALE

La misura della radioattività in tale matrice, pur non essendo prevista nella raccomandazione europea 2000/473/Euratom⁷, è ritenuta significativa in quanto gli alimenti per il consumo animale rappresentano una via di trasferimento dall'ambiente all'uomo attraverso la catena alimentare e in considerazione del fatto che i mangimi possono essere prodotti anche in paesi esteri da aree potenzialmente più contaminate. Nella Figura 20 sono riportati i comuni di prelievo con indicazione, a livello macroregionale, delle medie annuali delle concentrazioni di attività di Cs-137, del numero totale delle misure effettuate per macroarea e del numero delle misure inferiori alla MCR.



Figura 20 - Medie annuali della concentrazione di attività di Cs-137 negli alimenti per il consumo animale

Nella Tabella 27 sono riportati i valori medi annuali regionali e il numero di misure effettuate per le singole regioni. Nella Figura 21 sono riportati i comuni di prelievo degli alimenti per consumo animale con indicazione delle concentrazioni medie annuali di attività di Sr-90 nelle macroaree, del numero totale delle misure effettuate per macroarea e del numero delle misure inferiori alla MCR.

Tabella 27 - Misure di concentrazione di attività di Cs-137 negli alimenti per il consumo animale (Bq Kg⁻¹)

| Macroregione | Regione | n° misure | n° misure < MCR | Valore medio |
|--------------|-------------------------------|-----------|-----------------|--------------|
| Nord | Emilia-Romagna | 37 | 37 | <0.69 |
| | Liguria | 4 | 4 | <0.70 |
| | Lombardia | 59 | 58 | <0.69 |
| | Piemonte | 23 | 22 | <1.36 |
| | Veneto | 10 | 10 | <0.86 |
| | Trentino-Alto Adige/Südtirol | 11 | 11 | <0.70 |
| | Valle d'Aosta/Valle'e d'Aoste | 5 | 5 | <0.70 |
| | Friuli-Venezia Giulia | 5 | 5 | <0.66 |
| Centro | Abruzzo | 4 | 4 | <0.15 |
| | Lazio | 7 | 6 | <0.90 |
| | Marche | 3 | 3 | <0.70 |
| | Toscana | 4 | 4 | <0.79 |
| | Umbria | 4 | 3 | <1.08 |
| Sud | Basilicata | 3 | 3 | <0.70 |
| | Calabria | 6 | 6 | <0.70 |
| | Campania | 2 | 2 | <0.70 |
| | Puglia | 7 | 7 | <0.70 |
| | Sicilia | 5 | 5 | <0.70 |

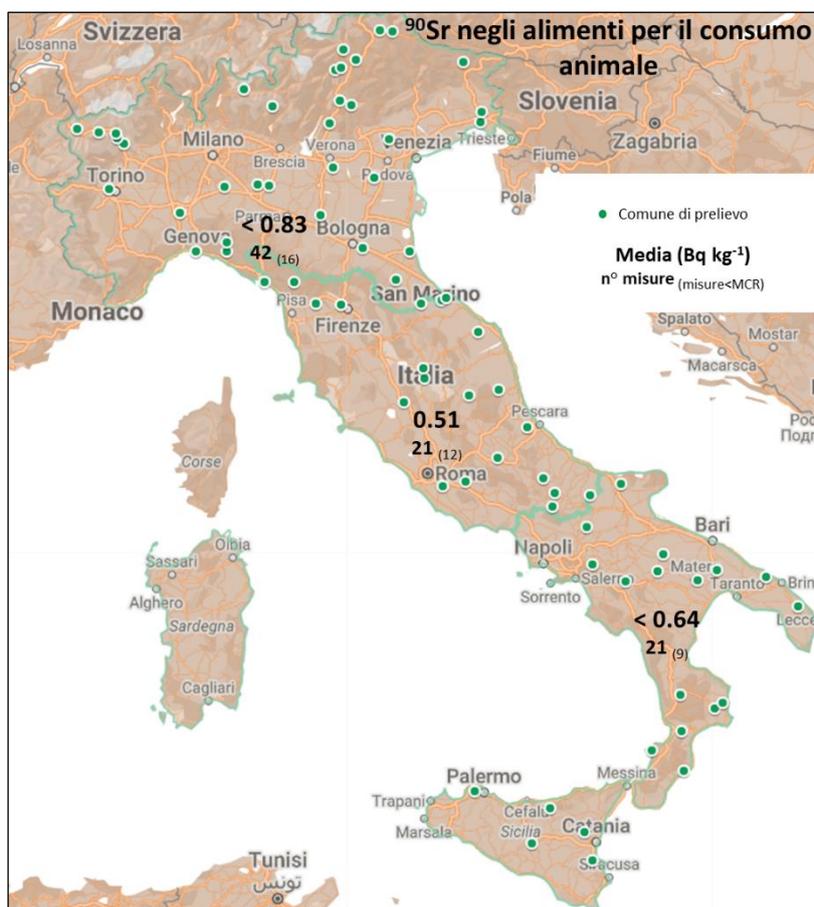


Figura 21 - Media annuale della concentrazione di attività di Sr-90 negli alimenti per il consumo animale

Nella Tabella 28 sono riportati per ogni regione il numero di misure effettuate, il numero di misure con risultati inferiori alla minima concentrazione rilevabile e il valore medio annuale di Sr-90 negli alimenti per il consumo animale.

Tabella 28 - Misure di concentrazione di attività di Sr-90 negli alimenti per il consumo animale (Bq Kg⁻¹)

| Macroregione | Regione | n° misure | n° misure < MCR | Valore medio |
|--------------|-----------------------|-----------|-----------------|--------------|
| Nord | Emilia-Romagna | 8 | 2 | <0.346 |
| | Liguria | 4 | 1 | <0.690 |
| | Lombardia | 6 | 1 | <1.850 |
| | Piemonte | 2 | 1 | <0.505 |
| | Veneto | 3 | 1 | <0.907 |
| | Trentino-Alto Adige | 11 | 7 | <0.347 |
| | Valle d'Aosta | 5 | 3 | <1.110 |
| | Friuli-Venezia Giulia | 3 | | 1.653 |
| Centro | Abruzzo | 4 | 2 | <0.695 |
| | Lazio | 3 | 2 | <0.197 |
| | Marche | 3 | 2 | <0.327 |
| | Molise | 4 | 2 | <0.305 |
| | Toscana | 3 | 2 | <0.663 |
| | Umbria | 4 | 2 | <0.775 |
| Sud | Basilicata | 3 | | 0.720 |
| | Calabria | 6 | 3 | <1.178 |
| | Campania | 2 | 1 | <0.380 |
| | Puglia | 5 | 2 | <0.508 |
| | Sicilia | 5 | 3 | <0.170 |

Il numero delle misure di concentrazione di attività di Cs-137 e Sr-90 a livello nazionale è soddisfacente.

ALTRE MATRICI RILEVANTI

I programmi di monitoraggio della rete RESORAD includono alcune matrici rilevanti (cfr. Tabella 3), che pur non rientrando in quelle previste dalla raccomandazione europea 2000/473/Euratom, sono significative e contribuiscono alla conoscenza dello stato dell'ambiente dal punto di vista radiometrico.

DETRITO MINERALE ORGANICO SEDIMENTABILE (DMOS)

Il DMOS è il materiale organico sedimentabile trasportato in sospensione dalla corrente dei fiumi e contribuisce a fornire informazioni sulla presenza di radioattività nei corsi d'acqua superficiali.

Nella Tabella 29 e nella Tabella 30 sono riportati, rispettivamente per il Cs-137 e per lo Sr-90, il numero delle misure effettuate, il numero delle misure con risultati inferiori alla MCR e i valori medi della concentrazione di attività per ogni bacino di prelievo.

Tabella 29 - Misure di concentrazione di Cs-137 nel DMOS (Detrito Minerale Organico Sedimentabile (Bq kg⁻¹))

| Fiume | Località di prelievo | n° misure | n° misure < MCR | Valore medio |
|-------------------|----------------------|-----------|-----------------|--------------|
| Dora Baltea | Brissogne | 1 | | 3.45 |
| Mella | Cigole | 2 | | 35.55 |
| Po - Foce Adda | Cremona | 2 | | 11.85 |
| Dora Baltea | Donnas | 1 | | 10.20 |
| Dora | Gressan | 1 | | 1.23 |
| Po - Foce Ticino | Linarolo | 1 | | 14.80 |
| Adda | Lodi | 1 | | 7.10 |
| Po - Fiume Lambro | Orio Litta | 1 | | 14.00 |
| Po | Palazzolo Vercellese | 2 | | 2.84 |
| Ticino | Pavia | 1 | | 13.00 |
| Po | Pontestura | 2 | | 3.34 |
| Po | Rudiano | 2 | | 19.90 |
| Dora Baltea | Saluggia | 4 | | 6.53 |
| Tevere | Torgiano | 1 | | 5.90 |
| Ticino | Trecate | 1 | | 1.41 |

Tabella 30 - Misure di concentrazione di Sr-90 nel DMOS (Detrito Minerale Organico Sedimentabile) (Bq kg⁻¹)

| Fiume/lago | Località di prelievo | n° misure | n° misure < MCR | Valore medio |
|-------------|----------------------|-----------|-----------------|--------------|
| Po | Borgo Mantovano | 1 | | 0.61 |
| Dora Baltea | Saluggia | 2 | 2 | <2.65 |
| Ticino | Trecate | 1 | 1 | <7.00 |

SEDIMENTI FLUVIALI, LACUSTRI E MARINI

Il monitoraggio di questa matrice fornisce un'indicazione sull'accumulo a lungo termine dei radionuclidi presenti nelle acque fluviali, lacustri e marine; permette, inoltre, di rilevare la presenza di contaminanti non rilevabili dal solo controllo delle acque.

Nella Tabella 31 sono riportati, in relazione al bacino di prelievo, il numero delle misure effettuate, il numero delle misure con risultati inferiori alla MCR e i valori medi della concentrazione di attività del Cs-137 nei sedimenti fluviali e lacustri.

Tabella 31 - Misure di concentrazione di attività di Cs-137 nei sedimenti fluviali e lacustri (Bq kg⁻¹)

| Macroregione | Località di prelievo | n° misure | n° misure < MCR | Valore medio |
|--------------|--------------------------|-----------|-----------------|--------------|
| Nord | Ayas | 1 | | 5.50 |
| | Azeglio | 1 | | 60.73 |
| | Bardolino | 2 | | 52.35 |
| | Brenzone sul Garda | 2 | | 44.70 |
| | Camino | 2 | | 4.68 |
| | Casale Monferrato | 1 | | 2.47 |
| | Castelmasa | 2 | | 7.08 |
| | Courmayeur | 2 | | 1.462 |
| | Lesa | 1 | | 3.54 |
| | Palazzo Verellese | 1 | | 1.61 |
| | Pontestura | 1 | | 3.11 |
| | Rovello Porro | 1 | | 15.80 |
| | Saluggia | 3 | | 4.13 |
| | San Martino di Venezze | 2 | | 3.98 |
| | Saronno | 3 | 3 | <2.07 |
| Centro | Castelforte | 1 | 1 | <0.08 |
| | Castiglione del lago | 4 | | 2.20 |
| | Passignano sul Trasimeno | 2 | | 0.99 |
| | Roma | 8 | | 0.82 |
| | Tuoro sul Trasimeno | 2 | | 0.48 |
| Sud | Casali del Manco | 5 | | 6.41 |
| | Corleto Perticara | 4 | 1 | <0.23 |
| | Ferrandina | 1 | | 0.14 |
| | Grumento Nova | 3 | | 1.80 |
| | Pisticci | 4 | 1 | <0.32 |
| | Rotondella | 14 | | 1.12 |
| | Stilo | 1 | 1 | <0.26 |
| | Valsinni | 2 | | 0.22 |

Nella Tabella 32 sono riportate per il Cs-137 le località di prelievo dei sedimenti marini, con indicazione del numero delle misure effettuate, del numero delle misure con risultati inferiori alla MCR e dei valori medi della concentrazione di attività.

Tabella 32 - Misure di concentrazione di attività di Cs-137 nei sedimenti marini (Bq kg⁻¹)

| Macroregione | Località di prelievo | n° misure | n° misure < MCR | Valore medio |
|--------------|----------------------|-----------|-----------------|--------------|
| Nord | Caorle | 1 | | 9.50 |
| | Porto Tolle | 1 | | 8.70 |
| Centro | Fiumicino | 2 | | 0.44 |
| | Giulianova | 1 | | 0.27 |
| | Pescara | 1 | | 0.21 |
| Sud | Catanzaro | 3 | 1 | <0.26 |
| | Montauro | 1 | | 0.32 |
| | Montepaone | 1 | 1 | <0.11 |
| | Rotondella | 12 | 1 | <1.48 |
| | Soverato | 1 | 1 | <0.13 |
| | Squillace | 3 | 3 | <0.40 |
| | Staletti | 1 | 1 | <0.15 |

MOLLUSCHI

I molluschi rappresentano un ottimo bioindicatore degli ecosistemi marini in virtù della capacità di filtrare grandi volumi d'acqua e di accumulare radionuclidi nei loro tessuti.

Nella Tabella 33 sono riportati, per tre specie di molluschi, i valori medi della concentrazione di attività del Cs-137 nelle tre macroregioni, con indicazione del numero di misure effettuate e del numero di misure inferiori alla MCR.

Tabella 33 - Misure di concentrazione di attività di Cs-137 nei molluschi (peso fresco) (Bq kg⁻¹)

| Matrice | Macroregione | n° misure | n° misure < MCR | Valore medio |
|---|--------------|-----------|-----------------|--------------|
| Cozza (<i>Mytilus edulis</i>) | Nord | 4 | 4 | <0.13 |
| | Centro | 1 | 1 | <0.16 |
| | Sud | 1 | 1 | <0.08 |
| Cozza (<i>Mytilus galloprovincialis</i>) | Nord | 8 | 8 | <0.83 |
| | Centro | 13 | 13 | <0.66 |
| | Sud | 41 | 41 | <5.00 |
| Vongola verace (<i>Tapes decussatus</i>) | Nord | 3 | 3 | <0.11 |
| Vongola (<i>Chamelea gallina</i>) | Nord | 1 | 1 | <0.10 |
| | Centro | 3 | 3 | <1.44 |
| | Sud | 11 | 11 | <5.00 |

BIBLIOGRAFIA

- ¹ D.Lgs. 139/2006 “Riassetto delle disposizioni relative alle funzioni ed ai compiti del Corpo nazionale dei vigili del fuoco, a norma dell'articolo 11 della legge 29 luglio 2003, n. 229”.
- ² D.Lgs. 101/20 “Attuazione della direttiva 2013/59/Euratom, 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 e riordino della normativa di settore in attuazione dell'articolo 20, comma 1, lettera a), della legge 4 ottobre 2019, n. 117”.
- ³ D.Lgs. 203/2022 “Disposizioni integrative e correttive al decreto legislativo 31 luglio 2020, n. 101, di attuazione della direttiva 2013/59/Euratom, 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 e riordino della normativa di settore in attuazione dell'articolo 20, comma 1, lettera a), della legge 4 ottobre 2019, n. 117”.
- ⁴ Trattato che istituisce la Comunità Europea dell'energia atomica (firmato a Roma il 25 marzo 1957) <https://www.consilium.europa.eu/media/29763/qc0115106itn.pdf>.
- ⁵ Decisione 87/600/Euratom del Consiglio del 14 dicembre 1987 concernente un primo scambio di informazioni a livello comunitario in evento di emergenza radiologica.
- ⁶ DPCM 14 marzo 2022 “Adozione del Piano nazionale per la gestione delle emergenze radiologiche e nucleari previsto dal comma 2 dell'art. 182 del decreto legislativo 31 luglio 2020, n.101”.
- ⁷ Raccomandazione della Commissione Europea 8 giugno 2000 (2000/473/Euratom) sull'applicazione art.36 del Trattato Euratom concernente il monitoraggio della radioattività nell'ambiente allo scopo di valutare l'esposizione della popolazione, G.U.C.E. L. 191/37 del 27.7.2000.
- ⁸ M.De Cort, T. Tollefsen, M. Marin Ferrer, S. Vanzo, M. A. Hernandez Ceballos, E. Nweke, L. De Felice, S. Martino, V. Tognoli and V. Tanner, Environmental Radioactivity in the European Community 2007 - 2011. EUR 29564, ISBN 978-92-79-98376-4. Luxembourg, 2018. 266 pp.
- ⁹ D.Lgs. n. 28 del 15 febbraio 2016 di attuazione della Direttiva 2013/51/Euratom, sulla tutela della salute della popolazione relativamente alle sostanze radioattive presenti nelle acque destinate al consumo umano.
- ¹⁰ Direttiva 2013/51/Euratom del Consiglio del 22 ottobre 2013 che stabilisce requisiti per la tutela della salute della popolazione relativamente alle sostanze radioattive presenti nelle acque destinate al consumo umano.
- ¹¹ Raccomandazione della Commissione, del 14 aprile 2003, sulla protezione e l'informazione del pubblico per quanto riguarda l'esposizione risultante dalla continua contaminazione radioattiva da cesio di taluni prodotti di raccolta spontanei a seguito dell'incidente verificatosi nella centrale nucleare di Chernobyl.
- ¹² Regolamento (Euratom) 2016/52 del Consiglio, del 15 gennaio 2016, che fissa i livelli massimi ammissibili di radioattività per i prodotti alimentari e per gli alimenti per animali a seguito di un incidente nucleare o in qualsiasi altro caso di emergenza radiologica e che abroga il regolamento (Euratom) n. 3954/87 del Consiglio e i regolamenti (Euratom) n. 944/89 e (Euratom) n. 770/90 della Commissione.
- ¹³ Regolamento di esecuzione (UE) 1158/2020 della Commissione, del 05 agosto 2020, relativo all'importazione di prodotti alimentari e alimenti per animali originari da paesi terzi a seguito dell'incidente verificatosi nella centrale nucleare di Chernobyl.
- ¹⁴ Linee guida per il monitoraggio della radioattività. ISPRA, Manuali e Linee Guida 83 / 2012. ISBN:978-88-448-0582-1, 38 pp.
- ¹⁵ ENEA-DISP, Rapporto annuale sulla Radioattività Ambientale in Italia, Reti Nazionali, 1986-87, 1988, 1989, 1990.
- ¹⁶ ANPA, Rapporto annuale delle Reti Nazionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale in Italia, 1991, 1992, 1993, 1994-97, 1998.
- ¹⁷ APAT, relativamente ai dati afferenti alle Reti Nazionali per gli anni 1999-2002.
- ¹⁸ APAT, Reti nazionali di sorveglianza della radioattività ambientale in Italia 2002, Rapporti, 59/2005.
- ¹⁹ ISIN, La sorveglianza della radioattività ambientale in Italia 2019, Rapporto ISIN, 119 pp.
- ²⁰ ISIN, La sorveglianza della radioattività ambientale in Italia 2020, Rapporto ISIN, 74 pp.
- ²¹ ISIN, La sorveglianza della radioattività ambientale in Italia 2021, Rapporto ISIN, 68 pp.
- ²² OECD-NEA, 1987, The radiological impact of the Chernobyl accident in OECD countries, Parigi.