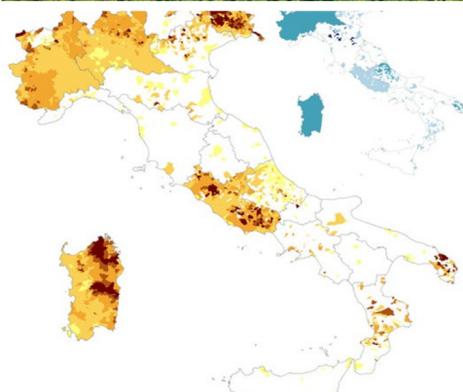




Ispettorato nazionale
per la sicurezza nucleare
e la radioprotezione

RAPPORTI

LA SORVEGLIANZA DELLA RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE IN ITALIA



5/2021

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 2/2021

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 di allarme di rilevamento della dose gamma in aria (rete GAMMA) gestita direttamente da ISIN;
- delle centraline di monitoraggio della dose gamma in aria gestite dalle Agenzie Regionali.

Luciano Bologna

Sonia Fontani

Valeria Innocenzi

Giuseppe Menna

Francesco Salvi

Giancarlo Torri

Stefano Zennaro

Paolo Zeppa

RINGRAZIAMENTI

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

INDICE

SOMMARIO	8
LA SORVEGLIANZA DELLA RADIOTTIVITÀ IN ITALIA	10
QUADRO NORMATIVO	10
LA RETE NAZIONALE DI SORVEGLIANZA DELLA RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE - RESORAD	14
OBIETTIVI DELLA RESORAD.....	14
LA RETE RESORAD	14
LA STRUTTURA DELLA RETE RESORAD.....	15
RACCOLTA E FLUSSO DI DATI	19
PROGRAMMA DI AFFIDABILITÀ.....	20
LA RETE DI ALLARME GAMMA.....	22
DATI 2019.....	24
ELABORAZIONE DEI DATI.....	24
ANALISI DEI DATI.....	26
RADON	62
PREMESSA.....	62
QUADRO NORMATIVO	62
LA DISTRIBUZIONE DEL RADON INDOOR IN ITALIA.....	64
BIBLIOGRAFIA	73

ACRONIMI

ANPA – Agenzia Nazionale per la Protezione dell’Ambiente
APAT – Agenzia per la protezione dell’ambiente e per i servizi tecnici
ARPA – Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente
ARTA – Agenzia Regionale per la Tutela dell’Ambiente
CE – Commissione Europea
CEN – Centro Emergenze Nucleari dell’ISIN
CEVaD – Centro di Elaborazione e Valutazione Dati
DBRAD – Data Base di radioattività ambientale
ENEA – Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l’energia e lo sviluppo economico sostenibile
EURDEP – European Radiological Data Exchange Platform
IAEA – International Atomic Energy Agency
ICRP – International Commission on Radiological Protection
INAIL – Istituto Nazionale Assicurazione Infortuni sul Lavoro
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
ISS – Istituto Superiore di Sanità
ISTAT – Istituto Nazionale di Statistica
IIZZSS – Istituti Zooprofilattici Sperimentali
MIDRAD – Modulo Interscambio Dati di Radioattività
NORM – Naturally Occurring Radioactive Materials
OECD – Organisation for economic co-operation and development
OMS – Organizzazione Mondiale della Sanità
RADIA – Sistema di trasferimento e archiviazione dati di radioattività ambientale
REM DB – Radioactivity Environmental Monitoring Data Base
RESORAD – REte nazionale di SOrveglianza della RADioattività ambientale
SINRAD – Sistema Informativo Nazionale sulla Radioattività

I rischi radiologici per gli individui della popolazione possono derivare dalle esposizioni alle radiazioni ionizzanti provenienti da sorgenti radioattive naturali e artificiali.

L'esposizione a sorgenti naturali rappresenta la fonte principale dell'esposizione degli individui della popolazione ed è riconducibile alle radiazioni ed agli elementi radioattivi naturali (raggi cosmici, radiazioni terrestre, radon) presenti in modo ubiquitario nell'ambiente in cui viviamo o che sono presenti nell'organismo umano.

L'esposizione a sorgenti artificiali deriva invece dall'uso delle radiazioni ionizzanti in ambito medico, industriale e della ricerca scientifica, nonché dai radionuclidi rilasciati a seguito degli esperimenti nucleari effettuati nel passato o degli incidenti nucleari occorsi.

Nell'ambito delle misure e degli strumenti di tutela ha, perciò, un ruolo importante anche la sorveglianza continua della radioattività naturale e artificiale presente nell'atmosfera e nell'ambiente, soprattutto nelle vicinanze di impianti nucleari in *decommissioning*, nelle industrie, negli istituti di ricerca e negli ospedali che impiegano sostanze radioattive.

I contributi che comportano un'esposizione anche solo potenziale alle radiazioni ionizzanti devono essere oggetto di attenta valutazione preventiva, finalizzata all'elaborazione delle indicazioni da adottare, affinché l'esposizione dell'intera popolazione sia tenuta entro il valore più basso ragionevolmente ottenibile, considerando i fattori economici e sociali.

Di qui l'importanza di sistemi di sorveglianza, controllo e allarme efficaci che siano in grado di segnalare con tempismo eventuali situazioni di pericolo a livello delle singole realtà produttive e dell'intero territorio nazionale. L'incidente di Fukushima del 2011 è un esempio di come il sistema nazionale di monitoraggio della radioattività nell'ambiente ha reso immediatamente possibile la valutazione della situazione radiologica nel nostro paese.

Nell'ambito delle attività di controllo sulla radioattività ambientale e di diffusione dei dati sono assegnati all'ISIN il coordinamento della Rete Nazionale di Sorveglianza della Radioattività - RESORAD e la gestione delle reti di allarme.

Il presente rapporto contiene una sintesi organizzata dei rilevamenti radiometrici del 2019 e riporta, tra l'altro, una raccolta e rappresentazione omogenea dei dati prodotti a livello nazionale sulla esposizione al radon nelle abitazioni.

Ciò è stato possibile grazie al contributo delle Agenzie regionali e delle province autonome per la protezione dell'ambiente e degli Istituti Sperimentali Zooprofilattici che costituiscono la rete RESORAD e all'INAIL che ha contribuito alla raccolta dei dati sul radon. A tutte le unità del personale degli Enti che hanno collaborato desidero esprimere e partecipare l'apprezzamento per l'impegno profuso.

Questo rapporto è pubblicato dopo l'entrata in vigore del decreto legislativo del 31 luglio 2020, n.101, di attuazione della direttiva 2013/59 Euratom, che, pur abrogando il D.Lgs. n. 230/1995,

ha confermato l'impianto di sorveglianza della radioattività ambientale stabilito e collaudato da tempo, prevedendo specifiche disposizioni per la disponibilità e l'acquisizione dei dati ai fini della stima dei diversi contributi all'esposizione della popolazione; il decreto legislativo introduce inoltre ulteriori novità in tema di controlli sull'esposizione al radon negli ambienti chiusi.

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 di allarme GAMMA gestita dall'ISIN;
- la rete di allarme gestita dal Ministero dell'interno che concorre autonomamente al sistema delle reti nazionali, i cui dati non sono pertanto riportati nella presente pubblicazione.

I dati della rete RESORAD sono raccolti nel data base 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 articoli 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 delle centraline 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 provvede:

- per gli eventi anomali, alle opportune valutazioni ed eventualmente ad avviare approfondimenti su scala nazionale;
- per le emergenze radiologiche, a trasmettere i dati al Centro di Elaborazione e Valutazione Dati (CEVaD), istituito presso l'ISIN, ai sensi dell'articolo 184 del D.Lgs.101/20, avente il compito di valutare la situazione incidentale in atto, la sua possibile evoluzione e di stimare il presumibile impatto dell'evento sulla popolazione e sull'ambiente a supporto del Dipartimento della protezione civile.

Il presente rapporto intende fornire un'elaborazione e una rappresentazione dei dati nazionali della sorveglianza sulla radioattività ambientale prodotti nell'anno 2019. Sono stati raccolti circa

32000 dati, dei quali circa 21000 si riferiscono a 7400 campioni ambientali e circa 11000 a 4300 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 temporali a partire dagli anni '60 e/o dall'incidente nucleare di Chernobyl.

Un capitolo del rapporto è dedicato alla esposizione al radon indoor che rappresenta la principale fonte di esposizione a radiazioni ionizzanti per la popolazione italiana, con particolare riferimento alla presenza di questo gas radioattivo nelle abitazioni. Sono presentati i dati attualmente disponibili sul territorio italiano fino al 2019 raccolti principalmente nell'ambito di una campagna di monitoraggio nazionale del 1989-1997 e delle successive indagini regionali condotte dalle ARPA/APPA e dall'ISIN.

LA SORVEGLIANZA DELLA RADIOTTIVITÀ IN ITALIA

QUADRO NORMATIVO

Il controllo sulla radioattività ambientale è regolato, nel nostro paese, dal Decreto Legislativo n.101 del 31 luglio 2020¹ ed in particolare dall'articolo 152.

Il Ministero della transizione ecologica (già Ministero dell'ambiente, della tutela del territorio e del mare) 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, istituita a suo tempo ai sensi dell'articolo 104 del D.Lgs. n. 230/1995 e successive modifiche. La gestione delle reti regionali è assegnata 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 Euratom² 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 e bevande e delle altre matrici rilevanti, seguendo le modalità di esecuzione e promuovendo criteri di normalizzazione e di intercalibrazione;
- promuove l'installazione di stazioni di prelievamento di campioni e l'effettuazione delle relative misure di radioattività quando ciò sia necessario per il completamento di un'organica rete di rilevamento su scala nazionale, eventualmente contribuendo con mezzi e risorse, anche finanziarie;
- 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 comunitario³. 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 19 marzo 2010 "Approvazione del Piano nazionale delle misure protettive contro le emergenze radiologiche"⁴ è stato quindi regolato il sistema di gestione delle emergenze radiologiche.

In conformità ai dispositivi normativi sopra richiamati il sistema di controllo della radioattività italiano 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 di allarme GAMMA, costituita da stazioni automatiche di rilevamento del rateo di dose gamma in aria, gestita dall'ISIN;
- Rete di allarme del Ministero dell'interno che concorre autonomamente al sistema delle reti nazionali.

A livello regionale le Reti Regionali 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. 101/20 e sottoposte alla vigilanza dell'ISIN.

Gli enti della rete RESORAD, nei casi di emergenze radiologiche, sono inoltre chiamati, sulla base del DPCM 19 marzo 2010, 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 2000⁵ sull'applicazione dell'art. 35 del trattato Euratom riguardante il controllo del grado di radioattività 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 '60⁶.

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 2016⁷ di attuazione della Direttiva 2013/51/Euratom⁸, 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 una strategia di *screening* basata 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/CE⁹ 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 i massimi livelli consentiti di 600 Bq Kg⁻¹ per la somma di cesio 134 (Cs-134) e di cesio 137 (Cs-137).

Attualmente è in vigore il regolamento 2016/52/Euratom¹⁰ 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 05/08/2020¹¹ di esecuzione 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 dal 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 laboratoristiche dei soggetti coinvolti.

Infine è importante evidenziare che il D.Lgs. 101/2020 riguardo all'esposizione al radon abbassa i livelli di riferimento per i luoghi di lavoro e introduce, per la prima volta, disposizioni finalizzate a ridurre il rischio dovuto alla presenza del radon nelle abitazioni. A tale scopo sono stabiliti strumenti di programmazione e di intervento finalizzati alla riduzione a lungo termine dei rischi derivanti dall'esposizione al radon, quali la definizione di un Piano d'azione nazionale radon e l'individuazione delle aree prioritarie del paese nelle quali attuare determinati provvedimenti.

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 2019 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”¹² 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 della transizione ecologica (già 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"¹² 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/Euratom. 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. 28/2016 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. 28/2016 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	3 E-02	Bq m ⁻³	1 E-04	Bq m ⁻³
	Attività beta totale ⁽²⁾	Giornaliera	Giornaliera	5 E-03	Bq m ⁻³	1 E-04	Bq m ⁻³
DEPOSIZIONE TOTALE (UMIDA E SECCA)	Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾	Mensile	Mensile	-	-	1 E-01	Bq m ⁻²
RADIAZIONE ESTERNA	Rateo di dose gamma in aria Rateo di equivalente di dose ambientale	In continuo	⁽³⁾	-	-	1 E-08	Sv h ⁻¹
ACQUE SUPERFICIALI - ACQUE DOLCI	Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾	Trimestrale	Trimestrale	1 E+00	Bq l ⁻¹	1 E-01	Bq l ⁻¹
	Attività beta residua ⁽⁴⁾	Trimestrale	Trimestrale	6 E-01	Bq l ⁻¹	1 E-01	Bq l ⁻¹
ACQUE SUPERFICIALI - ACQUE DI MARE	Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾	Semestrale	Semestrale	1 E+00	Bq l ⁻¹	1 E-01	Bq l ⁻¹
	Attività beta residua ⁽⁴⁾	Semestrale	Semestrale	6 E-01	Bq l ⁻¹	1 E-01	Bq l ⁻¹
ACQUE POTABILI	Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾	Semestrale o maggiore	Semestrale o maggiore	1 E-01	Bq l ⁻¹	1 E-02	Bq l ⁻¹
	Attività alfa totale	Semestrale o maggiore	Semestrale o maggiore	1 E-01	Bq l ⁻¹	1 E-02	Bq l ⁻¹
	Attività beta totale	Semestrale o maggiore	Semestrale o maggiore	0.5 E+00	Bq l ⁻¹	1 E-01	Bq l ⁻¹
	Stronzio-90	Semestrale o maggiore	Semestrale o maggiore	6 E-02	Bq l ⁻¹	1 E-02	Bq l ⁻¹
	Trizio	Semestrale o maggiore	Semestrale o maggiore	1 E+02	Bq l ⁻¹	1 E+01	Bq l ⁻¹
LATTE	Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾	Mensile	Mensile	5 E-01	Bq l ⁻¹	1 E-01	Bq l ⁻¹
	Stronzio-90	Trimestrale	Trimestrale	2 E-01	Bq l ⁻¹	1 E-01	Bq l ⁻¹
ALTRI PRINCIPALI COMPONENTI DELLA DIETA MISTA ⁽⁷⁾	Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾	Trimestrale	Trimestrale	5 E-01	Bq kg ⁻¹	1 E-01	Bq kg ⁻¹
PASTO COMPLETO	Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾	Trimestrale ⁽⁵⁾	Trimestrale	1 E-01	Bq kg ⁻¹	1 E-02	Bq kg ⁻¹
	Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾⁽⁶⁾	Trimestrale ⁽⁵⁾	Trimestrale	2 E-01	Bq d ⁻¹ p ⁻¹	2 E-02	Bq d ⁻¹ p ⁻¹
	Stronzio-90 ⁽⁶⁾	Trimestrale ⁽⁵⁾	Trimestrale	1 E-01	Bq d ⁻¹ p ⁻¹	2 E-02	Bq d ⁻¹ p ⁻¹
ALIMENTI PER IL CONSUMO ANIMALE	Radionuclidi gamma emettitori ⁽¹⁾	Foraggio: annuale Mangimi: trimestrale	Foraggio: annuale Mangimi: trimestrale	-	-	1 E+00	Bq kg ⁻¹
	Stronzio-90	Annuale	Annuale	-	-	1 E-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	1.00E-01	Bq kg ⁻¹
	Stronzio-90 ⁽²⁾	Semestrale	Semestrale	1.00E+00	Bq kg ⁻¹
	Isotopi del plutonio ⁽²⁾	Semestrale	Semestrale	1.00E-03	Bq kg ⁻¹
SEDIMENTI LACUSTRI E/O MARINI	Radionuclidi gamma emettitori ^{(1) (2)}	Semestrale	Semestrale	1.00E-01	Bq kg ⁻¹
	Stronzio-90	Semestrale	Semestrale	1.00E+00	Bq kg ⁻¹
	Isotopi del plutonio	Semestrale	Semestrale	1.00E-03	Bq kg ⁻¹
SUOLO	Radionuclidi gamma emettitori ^{(1) (2)}	Annuale	Annuale	1.00E-01	Bq kg ⁻¹
	Stronzio-90	Annuale	Annuale	1.00E+00	Bq kg ⁻¹
	Isotopi del plutonio	Annuale	Annuale	1.00E-03	Bq kg ⁻¹
MIELE	Radionuclidi gamma emettitori ^{(1) (3)}	Annuale	Annuale	1.00E-01	Bq kg ⁻¹
MOLLUSCHI	Radionuclidi gamma emettitori ^{(1) (3)}	Semestrale	Semestrale	1.00E-01	Bq kg ⁻¹
FUNGHI	Radionuclidi gamma emettitori ^{(1) (3)}	Annuale	Annuale	1.00E-01	Bq kg ⁻¹
BACCHE, SELVAGGINA E PESCI CARNIVORI DI LAGO	Radionuclidi gamma emettitori ^{(1) (3)}	Semestrale	Semestrale	1.00E-01	Bq kg ⁻¹
MUSCHI	Radionuclidi gamma emettitori ^{(1) (3)}	Triennale	Triennale	1.00E+00	Bq m ⁻²
FANGHI DA IMPIANTI DI DEPURAZIONE CIVILE	Radionuclidi gamma emettitori ^{(3) (4)}	Semestrale	Semestrale	1.00E+00	Bq kg ⁻¹
ACQUE REFLUE DA IMPIANTI DI DEPURAZIONE CIVILE	Radionuclidi gamma emettitori ⁽⁴⁾	Semestrale	Semestrale	1.00E+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, attribuito 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

La raccolta e il flusso dei dati della rete RESORAD relativi al monitoraggio del 2019 è avvenuto tramite la piattaforma informatica RADIA dell'ISIN costituita dalla banca dati nazionale DBRad e dal modulo di interscambio dati MIDRad operante sul *web*. Tramite MIDRad, gli enti della rete, accreditati con credenziali di accesso, hanno caricato i dati di propria competenza su DBRad.

La banca dati ha raccolto anche altri dati quali ad esempio quelli relativi ad alcune reti locali intorno agli impianti nucleari ai sensi dell'art. 97 del D.Lgs. 101/20.

Mediante il sistema RADIA è stato generato un file idoneo alla trasmissione dei dati relativi al 2019 nella banca dati della Commissione Europea - REMDB (*Radioactivity Environmental Monitoring Data Base*). L'ISIN, ai sensi della normativa vigente e in ottemperanza all'art. 36 del trattato Euratom, ha provveduto all'invio dei dati alla CE entro il 30 giugno 2020.

Nel 2019 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 va a sostituire il sistema 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.

La sezione RADON raccoglierà 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 permetterà il controllo puntuale di situazioni specifiche, quali ad esempio il superamento del livello di azione, fissato dalla normativa vigente, in un determinato luogo di lavoro. Sarà, inoltre, consentita 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 che partecipano alla rete nazionale 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 delle reti nazionali, partecipano a programmi di interconfronto e affidabilità internazionali e nazionali.

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 europeo².

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 2020.

Tabella 3 - Principali programmi di interconfronto nazionali e internazionali dal 2010 al 2020

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 (in corso)	Materiale da costruzione	Ra-226, Th-232, K-40	CE

² <https://remon.jrc.ec.europa.eu/Services/Proficiency-Tests>

LA RETE DI ALLARME GAMMA

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 interessi il territorio italiano, ovvero di fornire essi stessi la segnalazione di pronto allarme nel caso di assenza di notifica.

In tale contesto si colloca la rete GAMMA dell'ISIN, rete automatica di monitoraggio radiologico dell'ambiente che lo stesso *Piano nazionale delle misure protettive contro le emergenze radiologiche*, di cui al DPCM 19 marzo 2010, inserisce nel sistema di allertamento nazionale. Tale rete ha il compito 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.

Attualmente, la rete GAMMA vede operative 56 centraline distribuite sull'intero territorio nazionale (Figura 1) dotate di sonde che misurano il rateo di dose gamma in aria. 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.

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*). 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 48 centraline che appartengono alle reti automatiche regionali di ARPA Piemonte (29),

ARPA Valle d'Aosta (5), ARPA Lombardia (2), ARPA Emilia Romagna (7), ARPA Molise (3) e ARPA Puglia (2). 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 - Distribuzione sul territorio nazionale delle centraline della rete GAMMA

DATI 2019

I dati del 2019 sono stati raccolti nel database DBRad gestito dall'ISIN e popolato dai soggetti della rete RESORAD per un totale di circa 32000 misure, delle quali circa 21000 in 7400 campioni ambientali e circa 11000 in 4300 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/Euratom⁹ 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 dai singoli laboratori. Il RL è definito, per ogni radionuclide e matrice considerati nella suddetta Raccomandazione, come la concentrazione di radioattività nella matrice considerata a cui corrisponderebbe ipoteticamente una dose efficace di 1 µSv/anno ad un 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 calcolati, è necessario sottolineare che tali livelli devono essere intesi come uno strumento puramente redazionale per la rappresentazione trasparente delle misure effettuate dai vari laboratori, ma non devono essere confusi con i 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;
- nelle operazioni di media sono state considerate, in via cautelativa, anche le misure inferiori alla MCR ed è stato posto il simbolo minore "<" davanti al valore della media. 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 dati 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, ove disponibili, o in alternativa i pacchetti di almeno 6 giorni purché siano stati coperti almeno 14 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 dose gamma in aria 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 2019 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^{13,14,15,16,17} e dalla banca dati DBRad. Per il rateo di dose gamma in aria sono stati considerati anche i dati della rete GAMMA di ISIN.

PARTICOLATO ATMOSFERICO

La Figura 2 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.

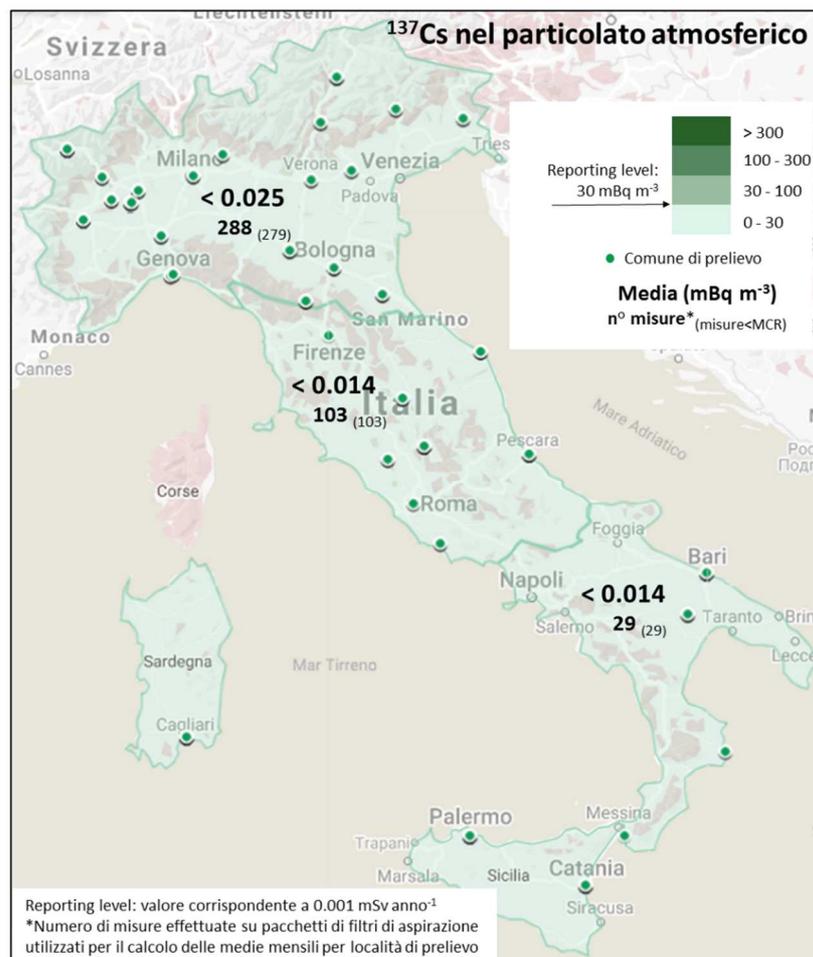


Figura 2 - Concentrazione media annuale di attività di Cs-137 nel particolato atmosferico

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	11	10	0.004	<0.003	<0.002	<0.003	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.003	<0.002	<0.002	
	Bergamo	11	11	<0.003	<0.005	<0.003	<0.005		<0.005	<0.005	<0.006	<0.005	<0.005	<0.006	<0.005
	Bologna	12	12	<0.024	<0.013	<0.013	<0.008	<0.012	<0.031	<0.013	<0.032	<0.009	<0.036	<0.020	<0.013
	Bolzano	30	30	<0.017	<0.013	<0.019				<0.012	<0.018	<0.013	<0.013	<0.013	<0.014
	Forlì	12	11	<0.011	<0.021	<0.019	<0.011	<0.027	<0.026	<0.028	<0.014	<0.008	<0.007	0.035	<0.019
	Genova	24	24	<0.021	<0.024	<0.016	<0.018	<0.019	<0.020	<0.017	<0.017	<0.020	<0.015	<0.019	<0.022
	Ivrea	12	12	<0.015	<0.011	<0.017	<0.009	<0.008	<0.014	<0.012	<0.016	<0.009	<0.008	<0.012	<0.011
	Milano	12	8	0.002	0.002	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001
	Reggio nell'Emilia	12	11	0.019	<0.013	<0.012	<0.022	<0.028	<0.013	<0.015	<0.009	<0.027	<0.015	<0.022	<0.008
	Saint-Christophe	12	12	<0.010	<0.013	<0.008	<0.009	<0.010	<0.009	<0.009	<0.009	<0.005	<0.009	<0.006	<0.011
	Saluggia	11	11	<0.043	<0.051	<0.026	<0.021	<0.080	<0.021	<0.028	<0.012	<0.039	<0.035	<0.012	
	Trento	15	15	<0.012	<0.015	<0.014	<0.013	<0.014	<0.100	<0.007	<0.021	<0.024	<0.037	<0.238	<0.036
	Trino	20	20	<0.040	<0.126	<0.045	<0.017	<0.034	<0.040	<0.052	<0.051	<0.032	<0.034	<0.021	
	Udine	12	10	<0.007	0.005	<0.005	<0.005	<0.009	<0.007	<0.004	<0.034	<0.010	<0.005	<0.010	0.005
	Vercelli	11	11	<0.030	<0.033	<0.016	<0.011	<0.013	<0.045	<0.026	<0.041	<0.021	<0.019	<0.034	
	Verona	11	11	<0.003	<0.003	<0.003	<0.004	<0.003	<0.006	<0.005	<0.007	<0.009	<0.006	<0.005	
	Vicenza	11	11	<0.004	<0.006	<0.012	<0.003	<0.003	<0.004	<0.009	<0.004	<0.003	<0.005	<0.007	
	Bosco Marengo	11	11	<0.039	<0.034	<0.031	<0.014	<0.022	<0.018	<0.039	<0.044	<0.025	<0.015	<0.048	
	Beinasco	26	26		<0.089	<0.043	<0.104	<0.086	<0.059	<0.063	<0.049	<0.097	<0.114	<0.044	<0.065
Porretta Terme	12	12	<0.018	<0.015	<0.012	<0.036	<0.013	<0.025	<0.025	<0.014	<0.009	<0.025	<0.024	<0.022	
Centro	Ancona	15	15	<0.005	<0.005	<0.004	<0.007	<0.004	<0.006	<0.006	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.022
	Cagliari	36	36		<0.004	<0.003	<0.004	<0.004	<0.003	<0.004	<0.005	<0.003	<0.002	<0.002	<0.002
	Firenze	8	8	<0.002	<0.003	<0.002	<0.002	<0.003	<0.003	<0.003	<0.002				
	Latina	8	8	<0.032	<0.052	<0.049	<0.032	0.053	<0.047	<0.052	<0.052				
	Perugia	11	11	<0.002	<0.002	<0.002	<0.003	<0.001	<0.003	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.003	
	Pescara	2	2						<0.034	<0.033					
	Roma	4	4	<0.066	<0.080	<0.041		<0.043							

	Terni	7	7					<0.002	<0.003	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	
	Viterbo	12	12	<0.035	<0.049	<0.050	<0.036	<0.035	<0.039	<0.052	<0.035	<0.039	<0.036	<0.041	<0.036
Sud	Bari	16	16	<0.019	<0.024	<0.025	<0.017	<0.023	<0.023	<0.012	<0.024	<0.021	<0.034	<0.019	<0.013
	Matera	13	13	<0.003	<0.004	<0.003		<0.004	<0.004		<0.004	<0.003			

Legenda:

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

Nella Figura 3 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.

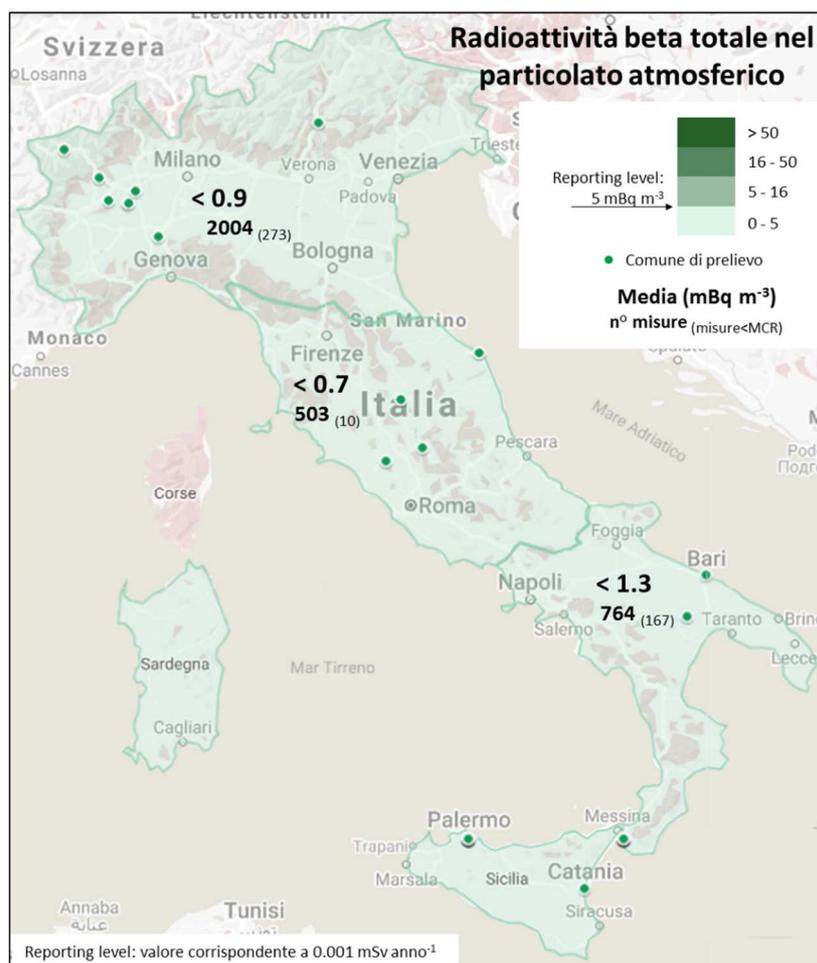


Figura 3 - Concentrazione media annuale di attività di beta totale nel particolato atmosferico

In Tabella 5 sono riportate le medie mensili della concentrazione di attività di beta totale per località di prelievo. I valori delle concentrazioni di attività di Cs-137 e di beta totale sono ben al di sotto dei rispettivi *reporting level*.

Nella Raccomandazione 2000/473/Euratom, 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 - Misure 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	Ivrea	12		0.93	1.38	0.56	0.73	0.48	1.09	1.55	1.28	1.23	1.32	0.76	0.93
	Saint-Christophe	97		0.56	0.65	0.36	0.45	0.39	0.80	0.98	0.96	0.78	0.75	0.44	0.57
	Saluggia	361	3	1.23	1.26	0.62	<0.61	0.45	1.19	1.28	1.36	1.21	1.16	0.65	<1.00
	Trento	341	258	<0.39	<0.36	<0.27	<0.26	<0.28	<0.31	<0.31	<0.32	<0.50	<0.37	<0.34	<0.47
	Trino	588	6	1.16	1.32	<0.64	0.66	0.50	1.15	1.39	<1.51	1.32	1.20	0.67	<1.14
	Vercelli	264	1	0.99	1.15	0.50	0.60	0.47	1.20	1.10	1.46	1.08	<0.88	0.53	0.98
	Bosco Marengo	341	5	1.15	1.13	0.63	0.67	0.55	1.35	1.48	1.55	1.19	<1.10	<0.62	<1.17
Centro	Ancona	50		0.76	0.94	0.75	0.86	0.81	1.14	1.11	1.42	1.04	1.18	0.80	0.91
	Perugia	245		0.32	0.39	0.29	0.31	0.25	0.56	0.53	0.70	0.50	0.60	0.26	0.30
	Terni	160				0.50	0.55	0.41	0.89	0.88	1.10	0.82	0.87	0.33	0.49
	Viterbo	48	10	<0.46	<0.87	0.47	0.65	0.83	1.47	0.72	<0.51	<0.87	1.02	<0.63	<0.74
Sud	Bari	346	11	<1.07	<1.32	<1.28	<1.38	1.15	1.80	<1.71	2.07	<2.20	<2.31	<1.19	<1.20
	Catania	102		0.29	0.38	0.40	0.35	0.30	0.64	0.52	0.69	0.60	0.50	0.48	0.52
	Matera	142		2.27	2.78	2.67	2.69	2.52			3.84	3.30	3.13		
	Palermo	152	149	<0.51	<0.47	<0.51	<0.51	<0.51	<0.45	<0.37	<1.05	<0.60	<0.58	<0.48	<0.39
	Reggio di Calabria	22	7									<0.24	<0.33	<0.37	0.14

Tabella 6 - Andamento della concentrazione di attività di Be-7 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	11		2.29	4.35	3.38	2.84	1.64	5.49	4.49	4.29	3.34	3.36	0.85	
	Bergamo	12		1.89	7.90	6.76	5.48		9.90	8.80	7.30	6.69	6.15	2.59	5.12
	Bologna	12		3.69	7.15	5.95	5.97	3.20	10.01	7.29	8.22	6.59	6.11	2.58	4.30
	Forlì	12		3.36	7.04	5.88	5.61	2.82	9.41	8.83	7.83	6.35	5.54	2.27	3.94
	Genova	24		4.16	7.04	3.34	4.54	2.38	4.41	5.01	9.07	8.69	9.48	15.96	4.20
	Ivrea	12		4.55	5.49	5.77	4.53	3.53	10.40	10.30	8.56	4.79	4.40	2.06	3.71
	Milano	12		3.15	6.29	5.14	4.69	3.38	7.35	6.99	5.42	5.24	3.54	1.38	2.26
	Reggio nell'Emilia	12		4.01	6.96	6.01	6.03	3.89	10.37	8.90	8.65	6.48	5.57	2.24	3.87
	Saint-Christophe	12		7.19	11.57	7.12	8.50	7.40	13.85	14.45	12.07	10.43	8.50	2.68	9.22
	Saluggia	11		5.51	7.47	6.36	6.26	4.26	9.52	8.99	7.77	7.31	5.95	2.01	
	Trento	15	4	4.50	4.90	3.60	2.40	2.20	5.70	3.60	3.90	3.00	4.20	<2.75	5.00
	Trino	20		6.01	11.20	7.13	6.81	4.84	10.35	9.29	8.42	7.57	5.60	2.35	
	Udine	12		2.48	5.88	5.65	5.88	2.86	9.33	6.28	6.67	5.42	5.51	2.67	4.69
	Vercelli	11		4.36	6.66	6.16	5.96	4.93	10.40	8.45	8.44	6.86	4.50	1.86	
	Verona	11		4.51	2.24	3.65	3.63	2.08	6.03	5.73	3.76	3.18	3.72	1.43	
	Vicenza	11		1.58	3.26	4.82	3.81	2.15	5.07	4.45	4.01	3.29	2.35	1.11	
	Bosco Marengo	11		4.93	6.86	6.84	6.79	4.69	10.40	10.20	9.34	7.30	6.43	1.34	
	Beinasco	26			5.82	5.43	2.71	3.08	7.84	5.70	4.27	7.04	4.77	1.82	3.77
Porretta terme	12			4.00	7.48	6.25	5.69	3.20	9.60	7.59	8.68	6.79	6.20	3.04	5.44
Centro	Ancona	15		1.44	1.91	2.28	2.62	1.47	3.73	3.48	3.24	2.56	2.29	1.64	2.47
	Cagliari	36	1		5.57	5.36	4.76	1.60	5.08	5.48	5.17	<5.12	4.89	4.49	3.14
	Latina	8		3.20	5.60	5.60	5.70	6.40	7.30	11.00	8.30				
	Perugia	11			4.80	5.70	4.30	3.10	7.40	8.00	7.50	6.50	5.30	3.40	3.90
	Pescara	2	2						<0.38	<0.67					
	Roma	4		7.00	2.23	8.50		4.56							
	Terni	8					4.90	6.00	8.30	13.00	11.20	8.90	8.50	5.80	
	Viterbo	12		4.71	8.80	8.70	6.70	5.46	11.50	12.70	10.70	10.40	9.60	5.41	6.30

Sud	Bari	16		3.20	3.79	8.30	5.31	4.08	7.82	6.97	6.39	4.06	5.47	3.54	2.61
	Matera	13		1.99	2.50	2.21		1.09	3.08		3.33	2.87			

Legenda:

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

In Figura 4 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.

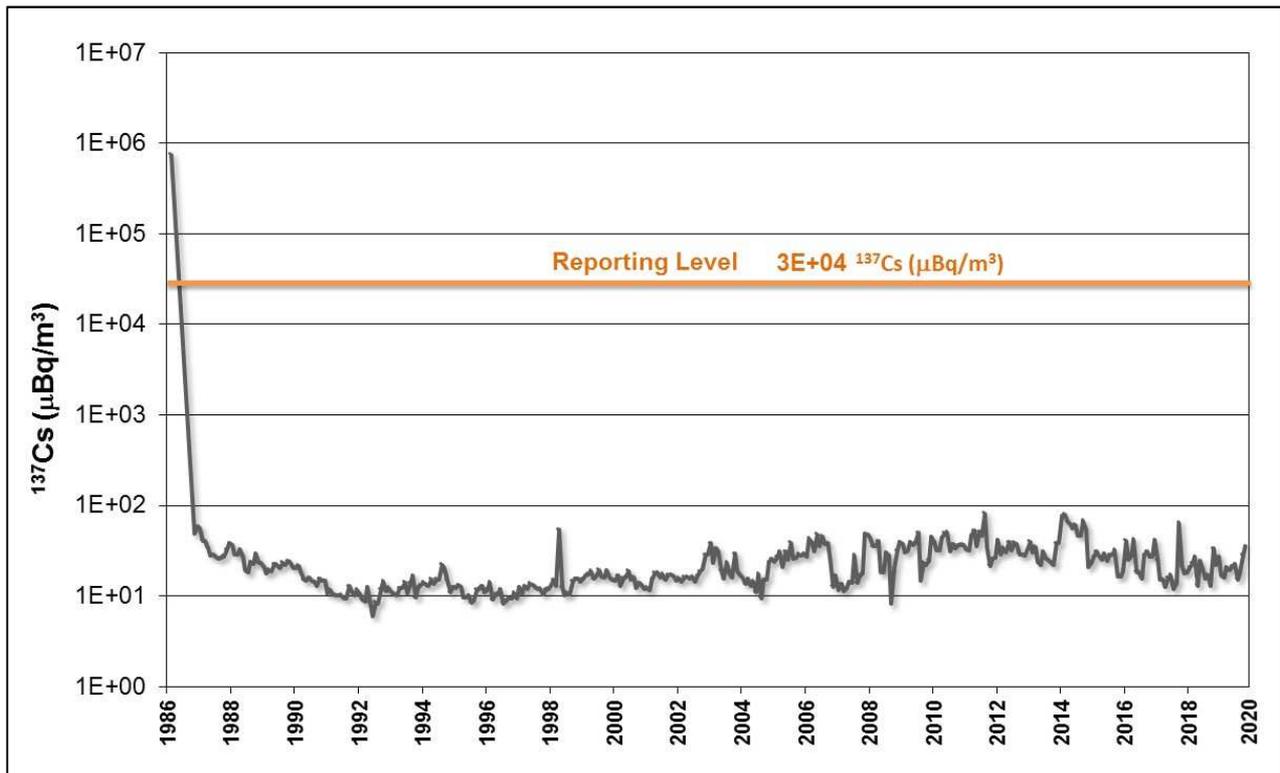


Figura 4 - Andamento della concentrazione di attività di Cs-137 nel particolato atmosferico

DEPOSIZIONE AL SUOLO

Questa matrice pur non essendo inclusa tra quelle previste dalla Raccomandazione europea 2000/473/Euratom, è ritenuta significativa e rilevante in quanto fornisce un'informazione sull'attività totale di radionuclidi depositata al suolo nel corso dell'anno. La Figura 5 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.

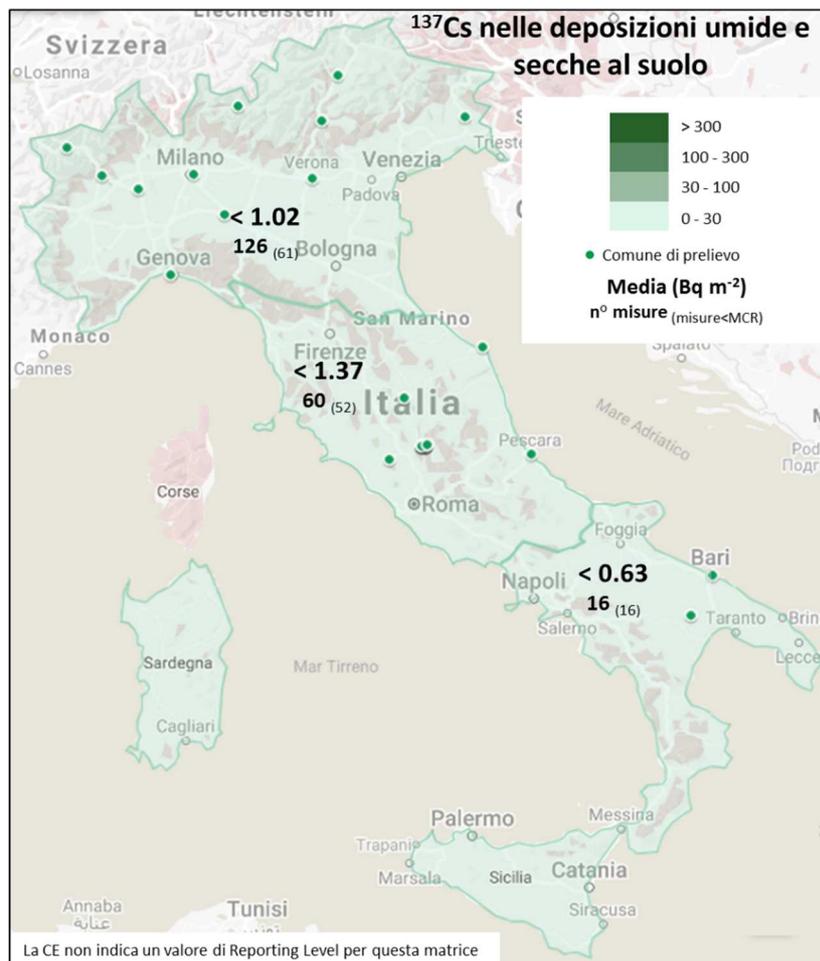


Figura 5 - Attività di Cs-137 nella deposizione al suolo

Tabella 7 - Misure 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*	10	7	<0.020	0.034	<0.021	<0.022	<0.021	<0.023	<0.040	0.029		<0.025	0.047	
	Genova	12	12	<0.180	<0.670	<0.880	<0.380	<0.270	<0.850	<0.820	<0.790	<0.530	<0.060	<0.020	<0.090
	Ivrea	12	4	<0.046	<0.022	0.048	0.059	0.038	0.065	0.028	0.024	0.020	<0.021	<0.018	0.014
	Milano	11	1		0.056	0.090	0.036	0.048	0.044	0.025	0.077	0.020	0.038	0.035	<0.021
	Piacenza	12	2	0.022	0.070	0.054	0.064	0.021	0.013	<0.020	0.015	0.034	0.061	0.020	<0.020
	Saint-Christophe	12	1	0.020	<0.017	0.022	0.028	0.016	0.047	0.030	0.016	0.011	0.012	0.013	0.014
	Sondrio	11	3	0.120	<0.052	0.067	0.108	0.075	0.257	0.138	0.074	<0.039	0.057	<0.037	
	Trento	11	11		<0.120	<0.096	<0.061	<0.140	<0.080	<0.098	<0.095	<0.056	<0.083	<0.120	<0.160
	Udine	12		0.034	0.032	0.013	0.048	0.038	0.025	0.032	0.018	0.010	0.010	0.026	0.025
	Vercelli	11	11	<0.204	<0.155	<0.121	<0.098	<0.130	<0.171	<0.174	<0.078	<0.168	<0.066	<0.141	
Verona	12	9	0.033	<0.027	0.032	<0.041	<0.032	<0.017	<0.031	<0.034	0.052	<0.030	<0.020	<0.030	
Centro	Ancona	12	12	<0.070	<0.070	<0.080	<0.080	<0.070	<0.070	<0.070	<0.080	<0.070	<0.070	<0.090	<0.080
	Perugia	9	7		<0.019	<0.016	0.033	<0.050	<0.022	<0.017	0.037	<0.017	<0.031		
	Pescara	3	3							<0.100			<0.099	<0.096	
	Terni	24	24		<1.833	<1.767	<1.767	<1.433**		<1.433	<1.576	<1.633	<1.277		
	Viterbo	12	6	0.013	<0.024	<0.024	0.064	<0.036	0.013	0.020	<0.030	0.020	<0.021	0.037	<0.021
Sud	Bari	10	10		<0.060	<0.130	<0.110	<0.040	<0.120	<0.040	<0.100	<0.060	<0.090	<0.060	
	Matera	6	6	<0.041	<0.045			<0.047	<0.041		<0.042	<0.044			
Legenda:															
* deposizione secca															
** misura bimestrale															

La Figura 6 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'OECD per la somma dei due isotopi, Cs-134 e Cs-137¹⁸), 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.

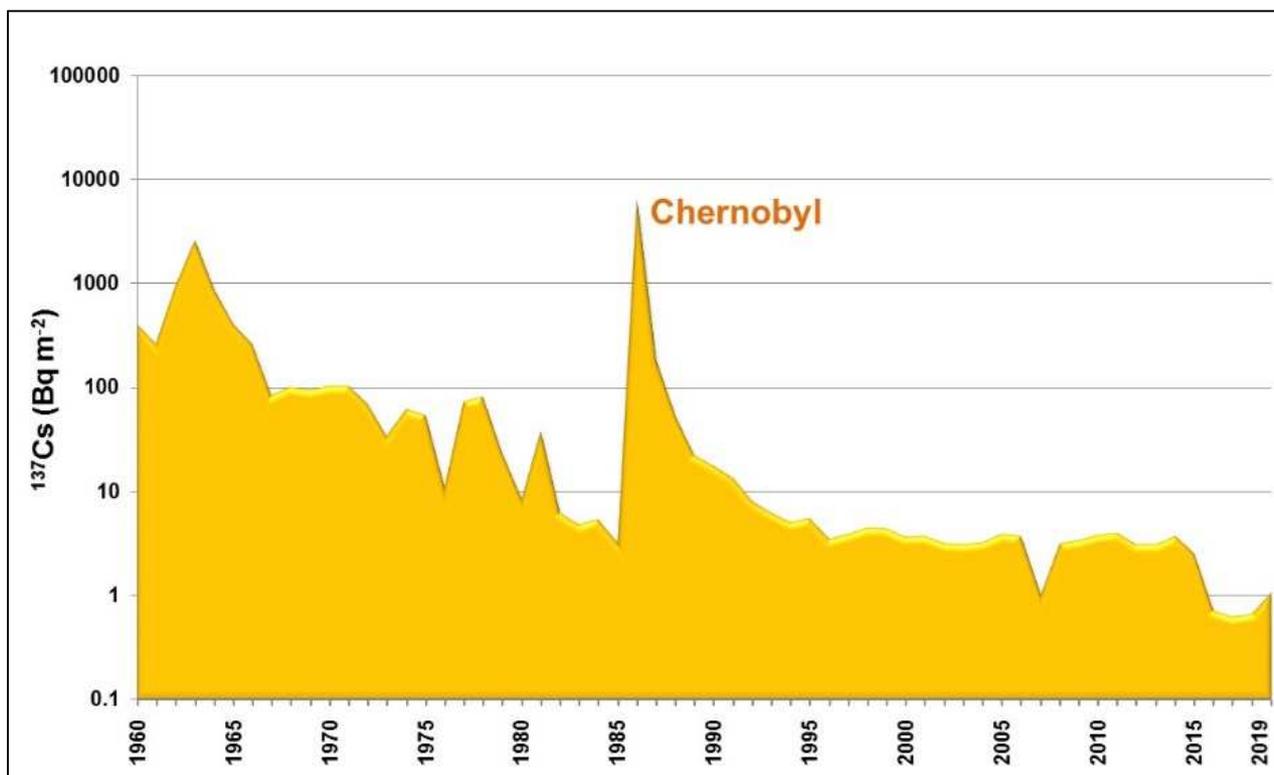


Figura 6 - Andamento dell'attività di Cs-137 nella deposizione al suolo

RATEO DI DOSE GAMMA IN ARIA

Nella Figura 7 sono indicate le stazioni automatiche di rilevamento della dose gamma in aria e le medie annuali del rateo di dose gamma per le tre macroaree. I dati delle stazioni della rete GAMMA dell'ISIN sono stati integrati con quelli delle stazioni della rete RESORAD.

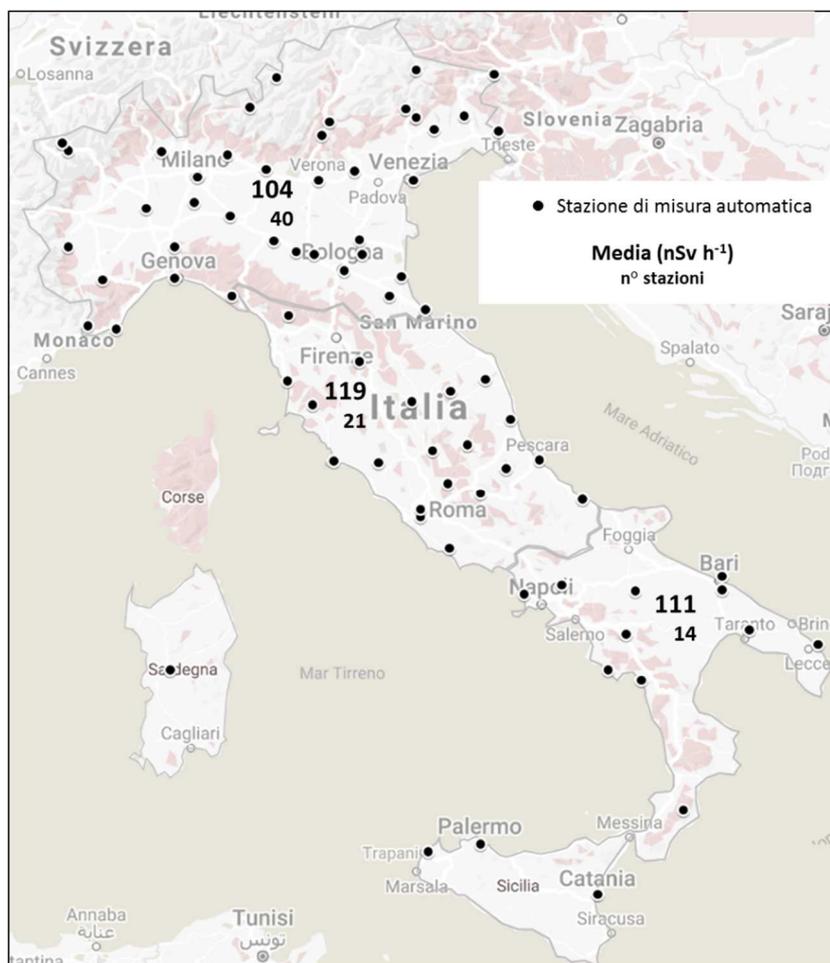


Figura 7- Rateo di dose gamma in aria

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 dose gamma in aria (nSv h⁻¹)

Macroregione	Valore medio	Deviazione standard	Valore minimo	Valore massimo
Nord	104	20	61	181
Centro	119	49	61	223
Sud	111	32	58	195

I valori medi annuali del rateo di dose gamma in aria 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 annuali 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 - Concentrazione di attività di Cs-137 nelle acque superficiali

Bacino	Comune	Provincia	Località	N° misure	Media (Bq l ⁻¹)
Lago di Serra Del Corvo	Gravina di Puglia	BA	Contrada Basentello	1	< 0.01000
Invaso Di Locone	Minervino Murge	BT	Minervino Murge	1	< 0.01000
Fiume Ofanto	Trinitapoli	BT	San Ferdinando Di Puglia	4	< 0.05000
Fiume Adige	Albaredo D'Adige	VR	Albaredo - Punto Sirav 443	2	< 0.00400
Fiume Arno	Pisa	PI	Pisa	4	< 0.00625
Fiume Lambro	Orio Litta	LO	Corte Sant'Andrea	4	< 0.10575
Fiume Ombrone	Grosseto	GR	Istia D'Ombrone al Ponte	4	< 0.00575
Fiume Po	Casale Monferrato	AL	Casale Monferrato	4	< 0.00152
Fiume Po	Ferrara	FE	Pontelagoscuro	8	< 0.00019
Fiume Po	Piacenza	PC	Piacenza	6	< 0.00022
Lago Di Bolsena	Marta	VT	Marta	4	< 0.00638
Lago Di Bracciano	Anguillara Sabazia	RM	Falconeto	4	< 0.00615
Lago Di Viverone	Azeglio	TO	Azeglio	1	< 0.00144
Lago Lario	Como	CO	Como	4	< 0.13000
Lago Maggiore	Lesa	NO	Lesa	1	< 0.00049
Fiume Tevere	Roma	RM	Castel Giubileo	4	< 0.00750
Fiume Tevere	Roma	RM	Isola Sacra	4	< 0.00750
Lago Trasimeno	Castiglione del Lago	PG	Castiglione del Lago	3	< 0.00500
Mare Adriatico	Brindisi	BR	Pedagne	1	< 0.03000
Mare Adriatico	Cesenatico	FC	Stazione 614 6 Km da costa	4	< 0.00135
Mare Jonio	Rotondella	MT	Corrispondenza Boa Itrec (1)	2	< 0.00399
Mare Adriatico	Bari	BA	Bari	1	< 0.04000
Mar Tirreno	Fiumicino	RM	Fiumicino	2	< 0.00630
Mare Adriatico	Vernole	LE	Le Cesine	1	< 0.01000
Mare Adriatico	Margherita di Savoia	BT	Fiumara	2	< 0.05000
Mare Jonio	Taranto	TA	Taranto	1	< 0.02000
Fiume Bradano	Montescaglioso	MT	C. da Valle Cupa	1	< 0.00378
Lago di Garda	Brenzone	VR	Brenzone – p. SIRAV 369	2	< 0.00550
Fiume Po	Castelmasa	RO	Castelmasa – p. SIRAV193	1	< 0.00500
Torrente Vacale	Cittanova	RC	Cittanova	1	< 0.09800
Fiume Po	Occhiobello	RO	Occhiobello – p. SIRAV 3022	1	< 0.00600
Fiume Amendolea	Roccaforte del Greco	RC	Roccaforte del Greco	4	< 0.06675
Fiume Budello	Rosarno	RC	Rosarno	1	< 0.06100
Lago artificiale (Angitola)	Rossano	CS	Rossano	1	< 0.11000
Torrente Lura	Rovello Porro	CO	Rovello Porro	1	< 0.01600
Torrente Lura	Saronno	VA	Saronno	1	< 0.01400
Torrente Duverso	Sant'Eufemia D'aspromonte	RC	Sant'Eufemia D'aspromonte	2	< 0.07350
Torrente Favazzina	Scilla	RC	Scilla	1	< 0.06500
Lago di Ariamacina	Spezzano Piccolo	CS	Spezzano Piccolo	1	< 0.09000
Fiume Serchio	Vecchiano	PI	Vecchiano	6	< 0.00433

Le medie annuali sono inferiori alla MCR e ben al di sotto del *reporting level* corrispondente a una concentrazione di attività di Cs-137 di 1 Bq l⁻¹.

ACQUE POTABILI

La Figura 8 riporta la localizzazione dei punti di prelievo e la concentrazione media annuale 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 garantita per le tre macroaree.

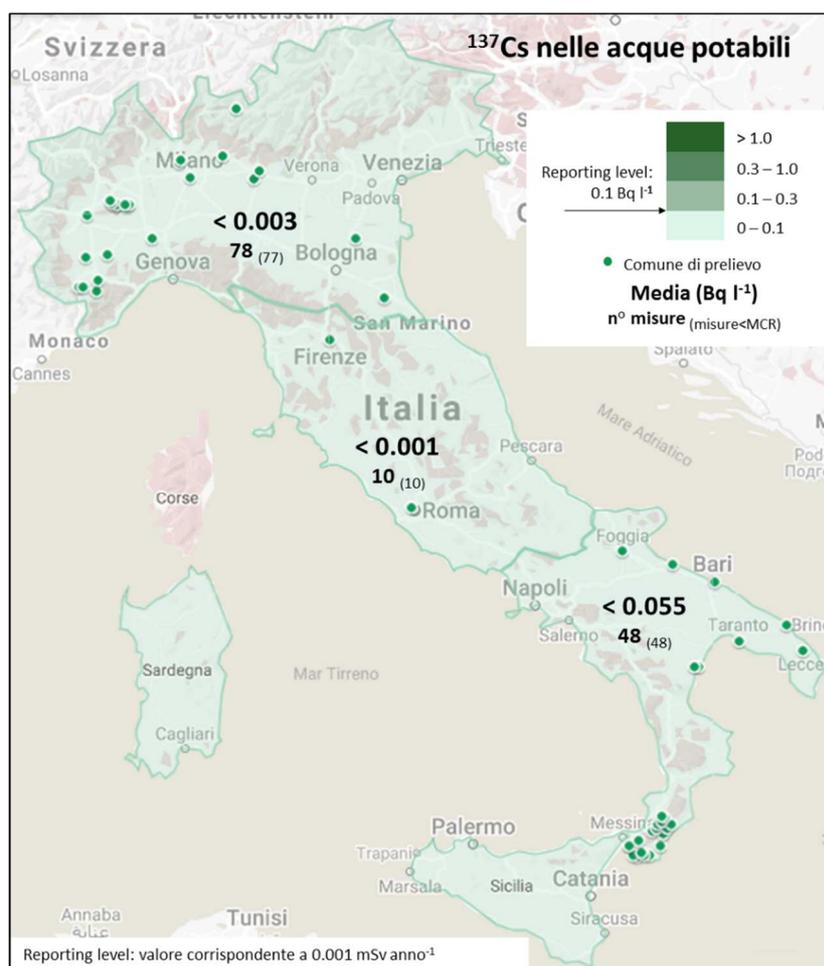


Figura 8 - Concentrazione media annuale di concentrazione di attività di Cs-137 nelle acque potabili

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	12	11	<0.00054
	Boves	1	1	<0.00412
	Brescia	2	2	<0.00088
	Capriano del Colle	2	2	<0.01600
	Casal Cermelli	1	1	<0.00232
	Crescentino	2	2	<0.00427
	Ferrara	2	2	<0.00017
	Forlì	2	2	<0.00014
	Frabosa Soprana	1	1	<0.00402
	Milano	12	12	<0.00052
	Mondovì	1	1	<0.00787
	Palazzolo Vercellese	2	2	<0.00284
	Peveragno	1	1	<0.00485
	Roddi	1	1	<0.00561
	Rovello Porro	1	1	<0.01600
	Saluggia	14	14	<0.00336
	Saronno	1	1	<0.01600
	Savigliano	2	2	<0.00605
	Sondrio	11	11	<0.00028
	Torino	2	2	<0.00298
Trino	2	2	<0.00362	
Verrua Savoia	3	3	<0.00032	
Centro	Firenze	8	8	<0.00068
	Roma	2	2	<0.00220
Sud	Bagaladi	1	1	<0.04000
	Bari	1	1	<0.01000
	Barletta	1	1	<0.02000
	Bova	1	1	<0.06000
	Brindisi	1	1	<0.04000
	Canolo	1	1	<0.07000
	Casignana	1	1	<0.06000
	Ciminà	1	1	<0.04000
	Cittanova	1	1	<0.06000
	Condofuri	1	1	<0.07000
	Foggia	1	1	<0.07000
	Galatro	3	3	<0.07267
	Giffone	2	2	<0.06000
	Lecce	1	1	<0.08000
	Mammola	4	4	<0.06700
	Molochio	1	1	<0.06000
	Montebello Ionico	1	1	<0.06000
	Motta San Giovanni	1	1	<0.07000
	Oppido Mamertina	1	1	<0.07000
	Reggio di Calabria	16	16	<0.05894

	Rotondella	3	3	<0.00337
	San Giorgio Morgeto	2	2	<0.08000
	Santo Stefano in Aspromonte	1	1	<0.05000
	Taranto	1	1	<0.01000

La Figura 9 riporta la localizzazione dei comuni di prelievo e le concentrazioni medie annuali 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.

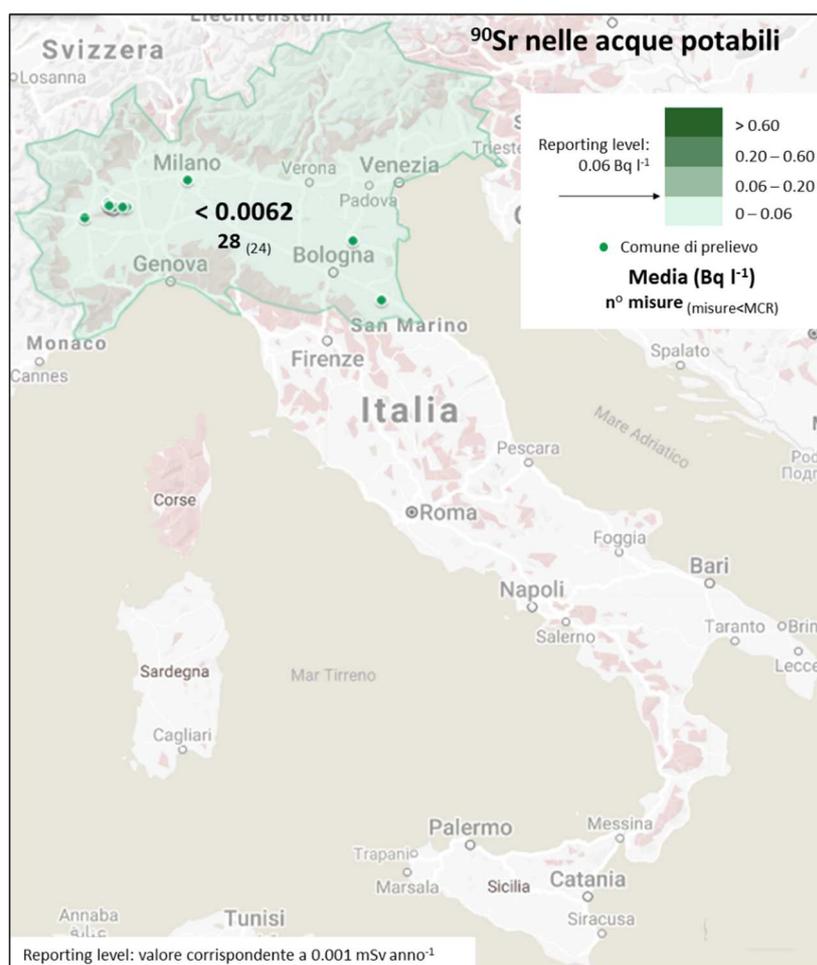


Figura 9 - Concentrazione media annuale di attività di Sr-90 nelle acque potabili

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	<0.00681
	Ferrara	2		0.00244
	Forlì	2		0.00610
	Milano	4	4	<0.00325
	Palazzolo Vercellese	1	1	<0.00732
	Saluggia	13	13	<0.00618
	Torino	1	1	<0.02490
	Trino	1	1	<0.00661
	Verrua Savoia	3	3	<0.00605

Le misure di Sr-90 garantiscono una copertura per la macroarea Nord, mentre nessuna misura è effettuata al Centro e al Sud. In quest'ultima macroarea sono eseguite alcune misure, ma solo per il monitoraggio ambientale di rete locale (intorno all'impianto ITREC nel comune di Rotondella, Matera). La copertura territoriale per questa tipologia di misura risulta, pertanto, disomogenea.

La Figura 10 riporta la localizzazione dei comuni di prelievo e le concentrazioni medie annuali 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 regionali e il numero di misure effettuate e di quelle inferiori alla MCR.

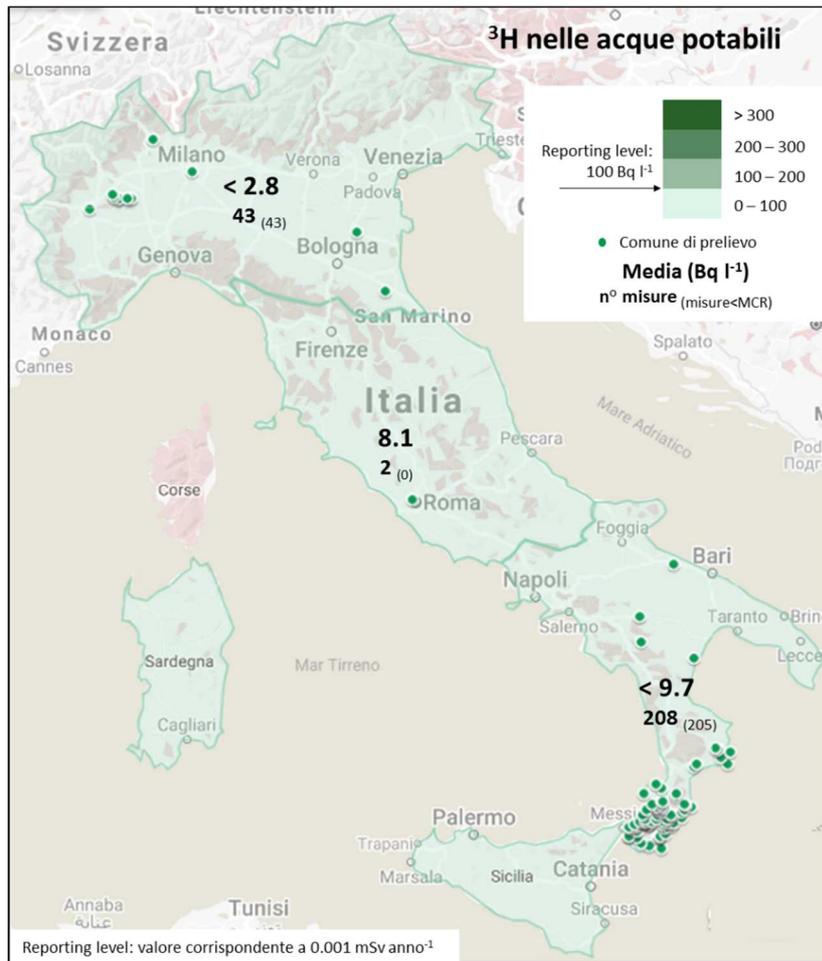


Figura 10 - Concentrazione media annuale di attività di H-3 nelle acque potabili

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	Emilia-Romagna	4	4	<1.65
	Lombardia	14	14	<4.66
	Piemonte	25	25	<1.86
Centro	Lazio	2		8.05
Sud	Basilicata	8	6	<2.16
	Calabria	199	199	<10.00
	Puglia	1		5.90

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

La Figura 11 riporta la localizzazione dei comuni di prelievo e le concentrazioni medie annuali 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 medi annuali regionali e il numero di misure effettuate.

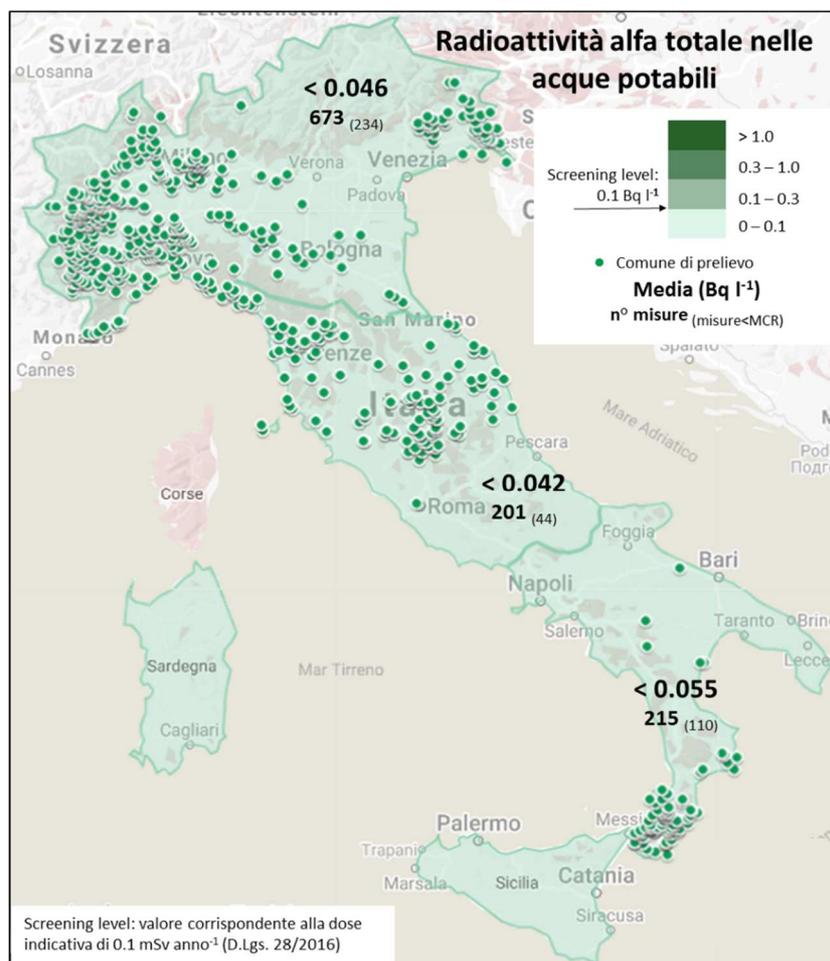


Figura 11 - Concentrazione media annuale di attività alfa totale nelle acque potabili

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	Emilia-Romagna	63	39	<0.032
	Friuli Venezia Giulia	74	8	<0.043
	Liguria	144	65	<0.056
	Lombardia	86	12	<0.078
	Piemonte	306	110	<0.035
Centro	Lazio	2		0.040
	Marche	38	17	<0.042
	Toscana	65	25	<0.036
	Umbria	96	2	<0.047
Sud	Basilicata	6	3	<0.046
	Calabria	208	107	<0.055
	Campania	1		0.079

La Figura 12 riporta la localizzazione dei punti di prelievo e le concentrazioni medie annuali 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.

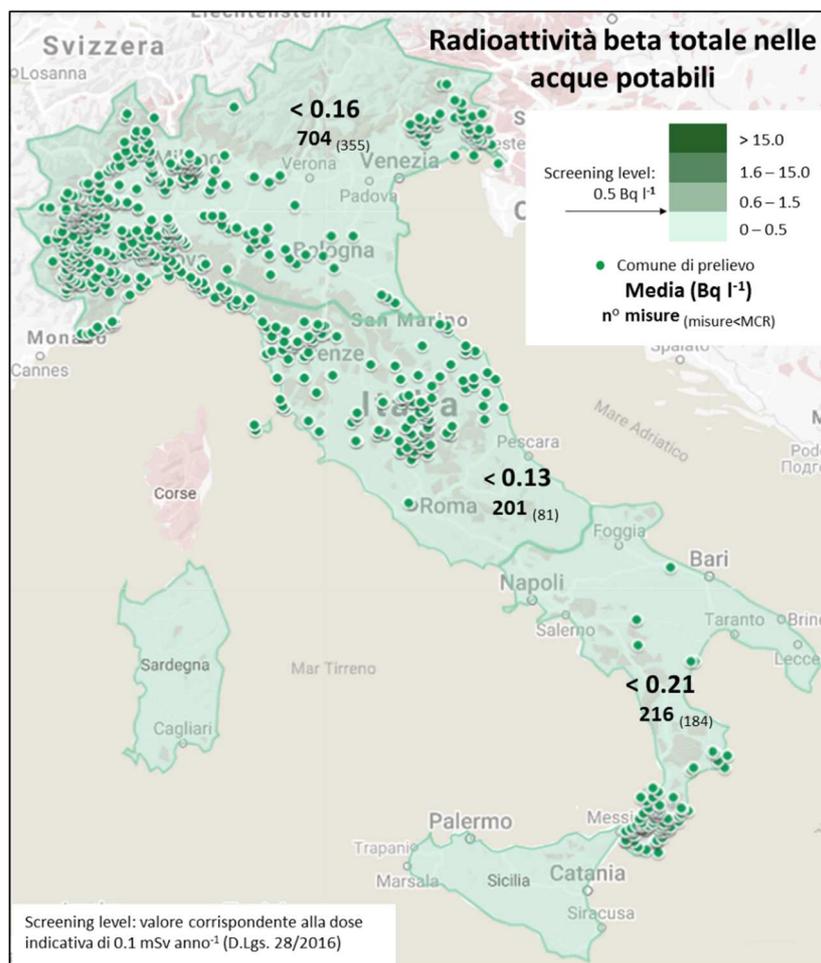


Figura 12 - Concentrazione media annuale di attività beta totale nelle acque potabili

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

Macroregione	Regione	n° misure	n° misure < MCR	Valore medio
Nord	Emilia-Romagna	63		0.067
	Friuli Venezia Giulia	74	32	<0.193
	Liguria	155	102	<0.292
	Lombardia	86	59	<0.137
	Piemonte	326	162	<0.114
Centro	Lazio	2	1	<0.170
	Marche	38	22	<0.121
	Toscana	65	43	<0.145
	Umbria	96	15	<0.116
Sud	Basilicata	7		0.295
	Calabria	208	184	<0.209
	Puglia	1		0.156

Per l'attività alfa totale e beta totale nelle acque destinate al consumo umano, non essendo previste dalla raccomandazione 2000/473/Euratom, per la rappresentazione dei dati ci si riferisce ai livelli di *screening* indicati nella normativa vigente per le acque potabili (D.Lgs. n. 28/2016) 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 13 riporta la localizzazione dei punti di prelievo e le concentrazioni medie annuali 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.

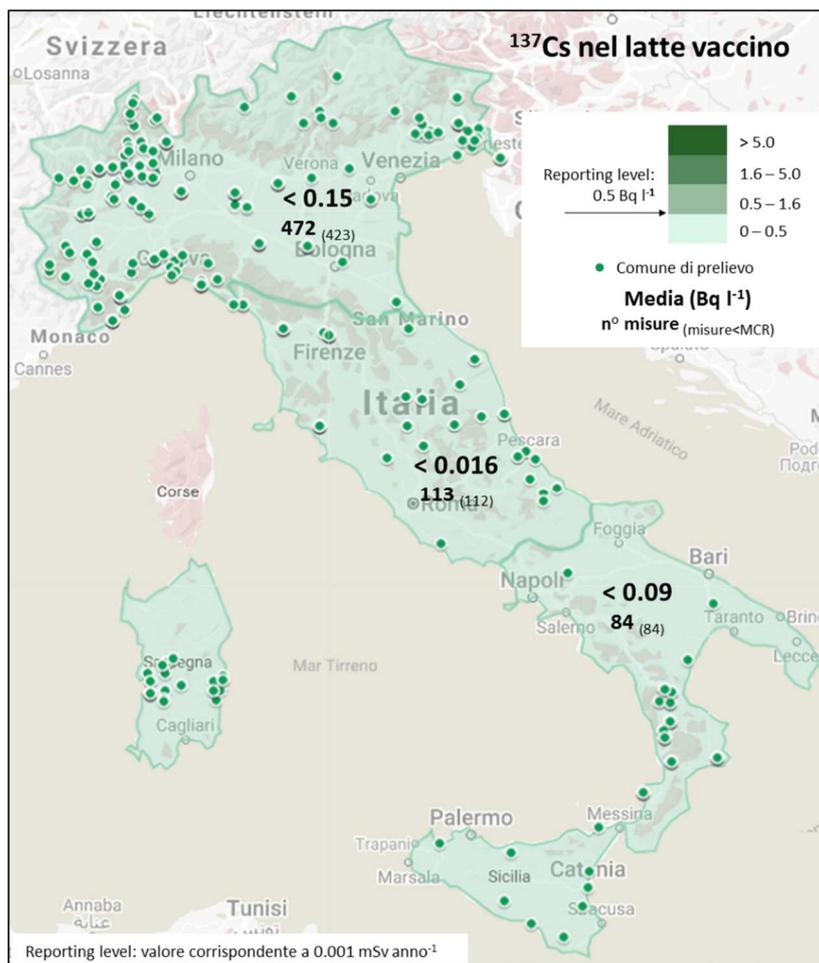


Figura 13 - Concentrazione di attività media annuale Cs-137 nel latte vaccino

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	48	48	<0.091
	Friuli Venezia Giulia	62	60	<0.108
	Liguria	56	56	<0.130
	Lombardia	84	76	<0.086
	Piemonte	115	91	<0.263
	Trentino-Alto Adige	65	54	<0.180
	Veneto	39	35	<0.085
Centro	Abruzzo	10	10	<0.174
	Lazio	13	12	<0.126
	Marche	16	16	<0.139
	Sardegna	38	38	<0.176
	Toscana	25	25	<0.100
	Umbria	9	9	<0.156
Sud	Basilicata	10	10	<0.062
	Calabria	54	54	<0.100
	Puglia	11	11	<0.085
	Sicilia	9	9	<0.100

La copertura territoriale delle misure di concentrazione di attività di Cs-137 nel latte vaccino è decisamente soddisfacente nelle tre macroaree. 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 14 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.

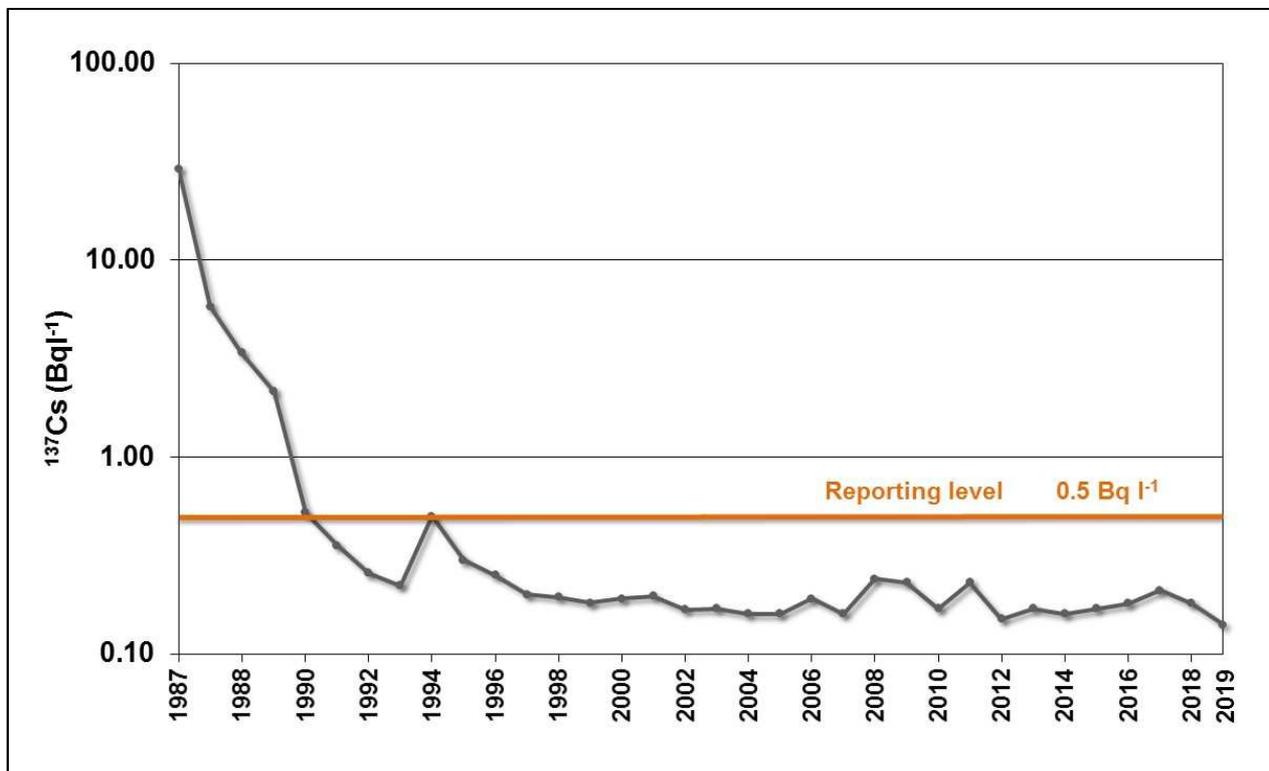


Figura 14 - Andamento della concentrazione media annuale di attività di Cs-137 nel latte vaccino

La Figura 15 riporta la localizzazione dei comuni di prelievo e le concentrazioni medie annuali 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.

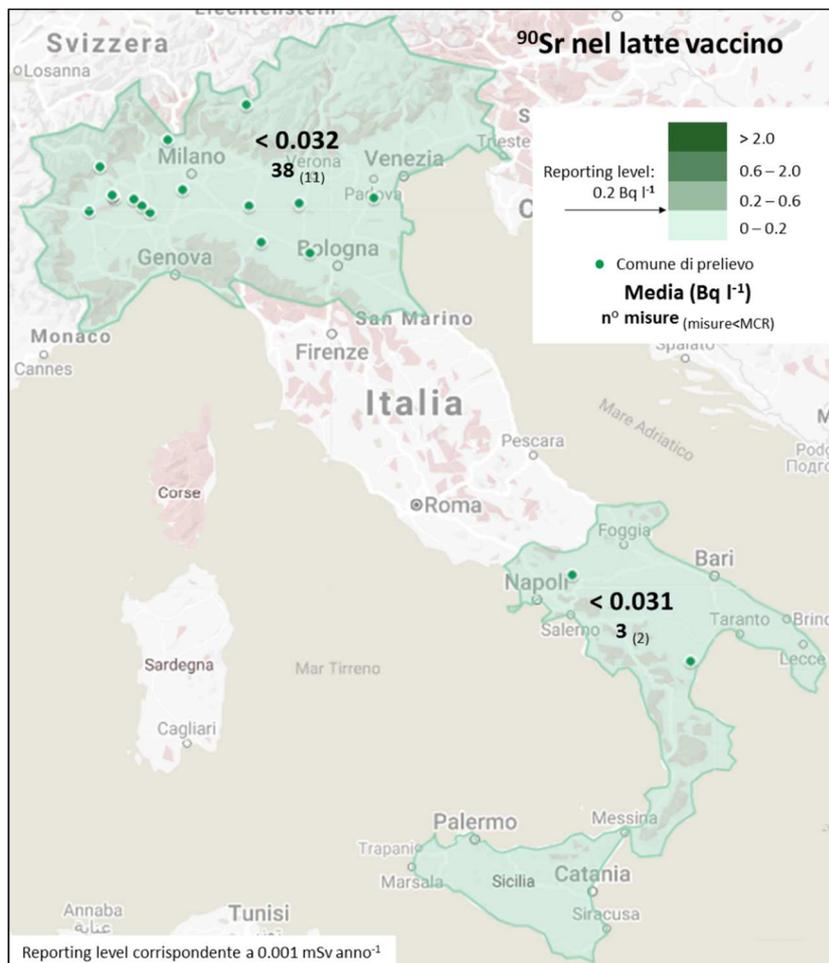


Figura 15 - Concentrazione media annuale di attività di Sr-90 nel latte vaccino

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	4		0.034
	Lombardia	16	2	<math>< 0.015</math>
	Piemonte	18	9	<math>< 0.047</math>
Sud	Basilicata	3	2	<math>< 0.031</math>

Le misure di Sr-90 sono presenti prevalentemente nella macroarea Nord, poche misure al Sud e nessuna al Centro. Si registra, pertanto, una disomogeneità sul territorio nazionale per questa tipologia di misura. La maggior parte delle misure effettuate risulta al di sotto della MCR e le medie annuali regionali e macroregionali 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 16 sono riportati i punti delle località di prelievo e le concentrazioni medie annuali 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.

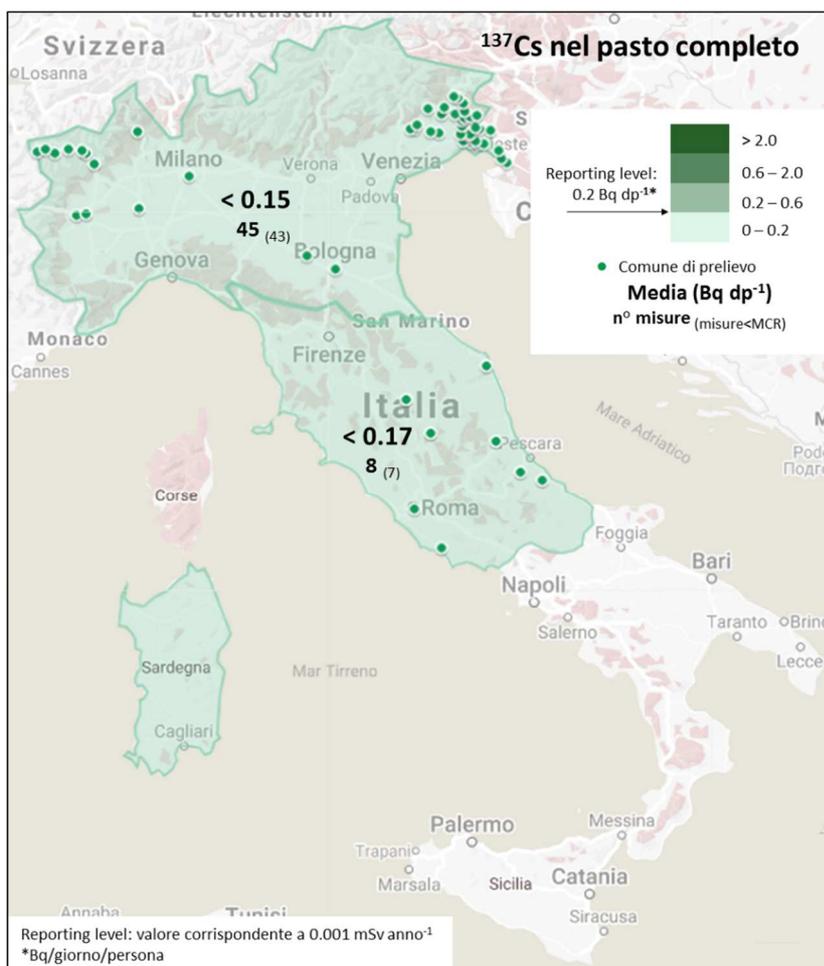


Figura 16 - Concentrazione media annuale di attività di Cs-137 nel pasto completo

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	Emilia-Romagna	5	4	<0.067
	Friuli Venezia Giulia	33	33	<0.161
	Lombardia	4	3	<0.114
	Piemonte	3	3	<0.155
Centro	Abruzzo	1	1	<0.194
	Lazio	6	5	<0.162
	Umbria	1	1	<0.194
Legenda:				
Fattore di conversione utilizzato: 1.93698 kg/dp				

Nella Figura 17 sono indicate le località di prelievo e sono riportate le concentrazioni medie annuali 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.

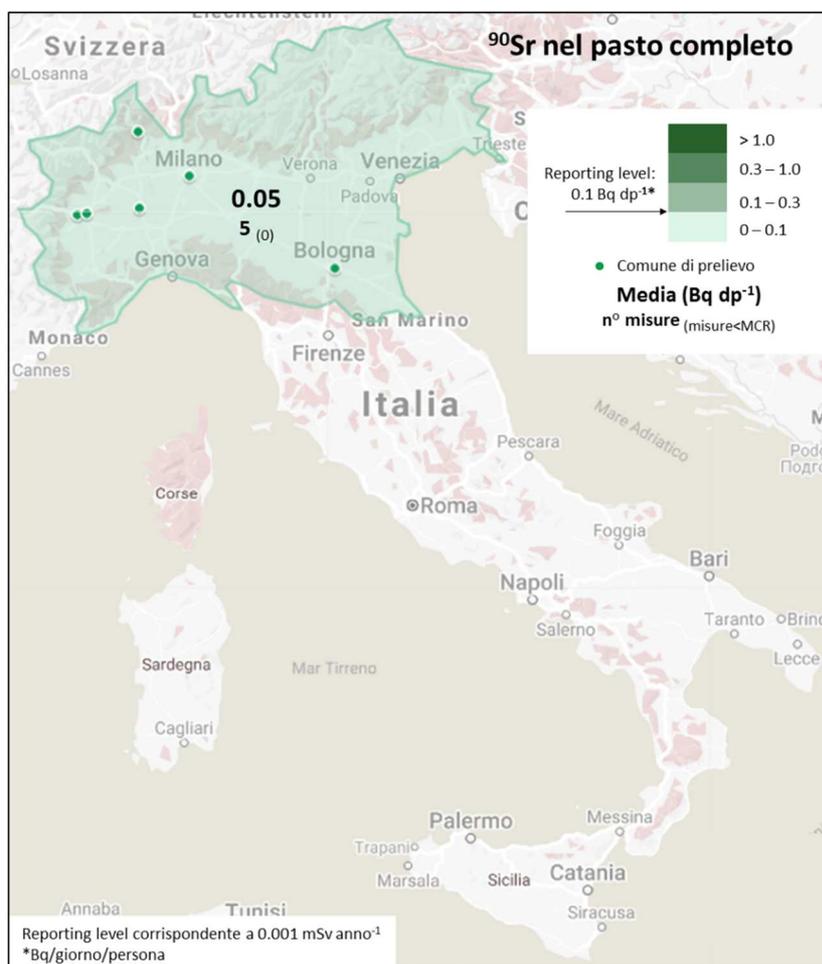


Figura 17 - Concentrazione media annuale di attività di Sr-90 nel pasto completo

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	Emilia-Romagna	1		0.056
	Lombardia	3		0.038
	Piemonte	1		0.097
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, nessuna 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 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 di seguito riportate 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	Emilia-Romagna	12	10	<0.042
	Friuli Venezia Giulia	16	14	<0.131
	Lombardia	9	5	<0.824
	Piemonte	20	16	<0.290
	Trentino-Alto Adige	7	5	<0.294
	Veneto	14	9	<0.176
Centro	Abruzzo	9	9	<0.128
	Lazio	4	1	<0.087
	Marche	7	7	<0.166
	Sardegna	23	23	<0.366
	Toscana	5	4	<0.092
	Umbria	3	3	<0.167
Sud	Calabria	13	12	<0.092
	Sicilia	9	9	<0.100

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	Emilia-Romagna	12	5	<0.075
	Friuli Venezia Giulia	17	17	<0.100
	Lombardia	16	14	<0.431
	Piemonte	6	6	<0.170
	Trentino-Alto Adige	7	5	<0.447
	Veneto	7	7	<0.353
Centro	Abruzzo	7	7	<0.104
	Marche	8	8	<0.184
	Sardegna	24	24	<0.507
	Toscana	3	3	<0.100
	Umbria	1	1	<0.200
Sud	Calabria	4	4	<0.093

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	Emilia-Romagna	9	7	<0.062
	Friuli Venezia Giulia	17	17	<0.102
	Lombardia	8	7	<0.338
	Piemonte	3	3	<0.120
	Trentino-Alto Adige	3	3	<0.190
	Veneto	10	10	<0.090
Centro	Abruzzo	8	8	<0.124
	Marche	6	6	<0.163
	Sardegna	12	12	<0.290
	Toscana	3	3	<0.100
Sud	Calabria	2	2	<0.090

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
Grano Duro	Nord	3	3	<0.282
	Centro	12	12	<0.154
	Sud	60	60	<0.700
Grano Tenero	Nord	8	8	<0.268
	Centro	16	16	<0.246
	Sud	4	4	<0.700
Mais	Nord	28	28	<0.353
	Centro	2	2	<0.685
	Sud	7	7	<0.700
Orzo	Nord	9	9	<0.467
	Centro	10	10	<0.397
	Sud	9	9	<0.700
Riso	Nord	15	15	<0.141
	Centro	4	4	<0.140
	Sud	1	1	<0.700
Farina di grano duro	Nord	1	1	<0.190
	Centro	2	2	<0.340
	Sud	9	9	<0.100
Farina di grano tenero	Nord	18	18	<0.159
	Centro	34	34	<0.317
	Sud	2	2	<0.700
Farina di granturco	Nord	2	2	<0.067
Pane	Nord	10	10	<0.097
	Centro	7	7	<0.210
Crusca	Nord	1	1	<0.700
	Centro	1	1	<0.700
	Sud	30	30	<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	56	51	<0.112
	Centro	29	28	<0.162
	Sud	2	2	<0.100
Patate	Nord	21	20	<0.126
	Centro	7	7	<0.220
	Sud	4	4	<0.700
Pomodori	Nord	17	17	<0.070
	Centro	1	1	<0.100
	Sud	2	2	<0.100
Bietole	Nord	5	5	<0.126
	Centro	7	7	<0.127
	Sud	1	1	<0.100
Carote	Nord	4	4	<0.077
	Sud	2	2	<0.100
Cavolfiori	Nord	6	6	<0.132
	Centro	1	1	<0.140
Cipolle	Nord	8	8	<0.046
	Centro	1	1	<0.200
Altro	Nord	39	39	<0.136
	Centro	10	9	<0.121
	Sud	2	2	<0.100

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
Mele	Nord	26	25	<0.081
	Centro	20	20	<0.107
Arance	Nord	3	3	<0.099
	Centro	14	14	<0.125
Pere	Nord	13	13	<0.055
	Centro	3	3	<0.187
Pesche	Nord	15	15	<0.069
	Centro	8	8	<0.129
Fragole	Nord	3	3	<0.274
	Centro	6	6	<0.180
Mirtilli	Nord	16	10	<14.939
	Centro	4	4	<0.200
Altro	Nord	34	25	<2.347
	Centro	142	14	<0.117

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
Orata	Centro	3	3	<0.316
	Sud	17	17	<0.700
Acciuga	Nord	7	6	<0.085
	Centro	4	4	<0.150
Sardina	Nord	10	6	<0.112
	Centro	1	1	<0.130
Ghiozzo	Centro	18	18	<0.257
Merluzzo	Nord	10	10	<0.126
	Centro	3	3	<0.133
	Sud	3	3	<0.100
Altro	Nord	19	18	<0.112
	Centro	13	12	<0.188
	Sud	11	9	<0.113

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
Trota	Nord	6	4	<0.299
Luccio	Nord	1		1.270
Persico	Nord	1		0.550
Altro	Nord	8	6	<0.994
	Centro	1		0.200

ALIMENTI PER IL CONSUMO ANIMALE

La misura della radioattività in tale matrice, pur non essendo prevista nella raccomandazione europea 2000/473/Euratom, 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.

Nelle Figura 18 sono riportati i comuni di prelievo con indicazione, a livello macroregionale, delle concentrazioni medie annuali di attività di Cs-137, del numero totale delle misure effettuate per macroarea e del numero delle misure inferiori alla MCR. Nella Tabella 27 sono riportati i valori medi annuali regionali e il numero di misure effettuate per le singole regioni.

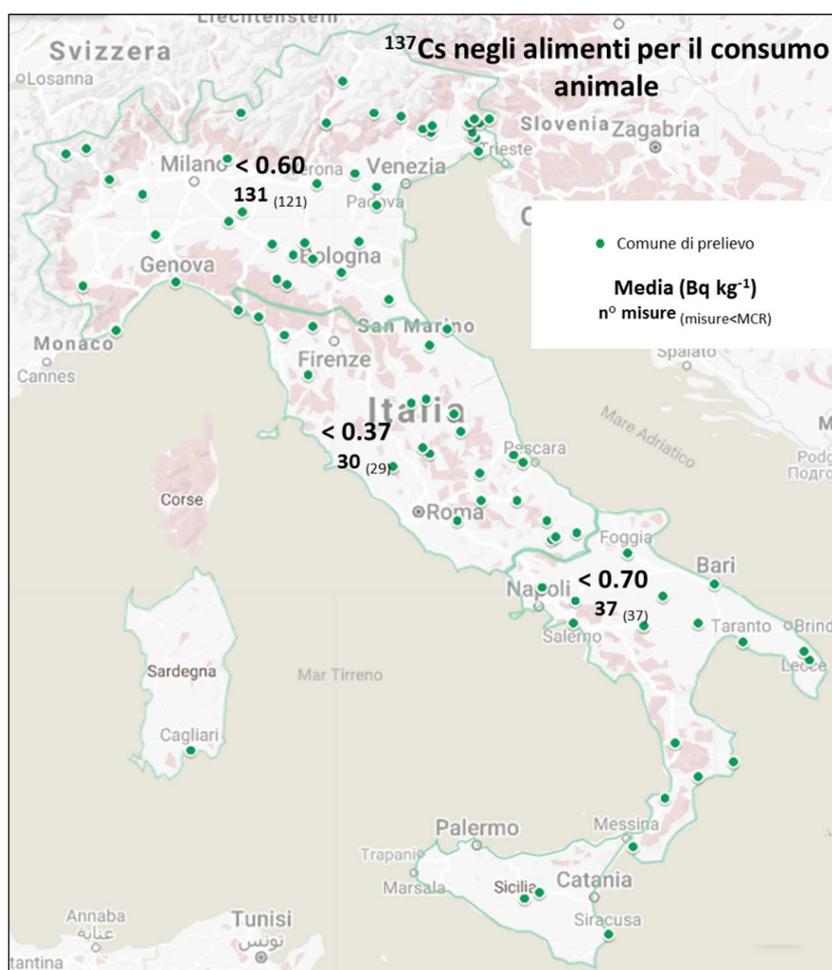


Figura 18 - Concentrazione media annuale di attività di Cs-137 negli alimenti per il consumo animale

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	76	76	<0.54
	Friuli Venezia Giulia	14	11	<0.46
	Liguria	4	4	<0.70
	Lombardia	7	6	<0.31

	Piemonte	5	4	<2.05
	Trentino-Alto Adige	12	11	<0.67
	Valle d'Aosta	5	5	<0.70
	Veneto	10	6	<0.44
Centro	Abruzzo	7	7	<0,10
	Lazio	3	3	<0.42
	Marche	4	4	<0.70
	Molise	4	4	<0.10
	Sardegna	1	1	<0.70
	Toscana	4	4	<1.79
	Umbria	7	6	<0.84
Sud	Basilicata	4	4	<0.70
	Calabria	10	10	<0.70
	Campania	3	3	<0.70
	Puglia	16	16	<0.70
	Sicilia	4	4	<0.70

Nella Figura 19 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.

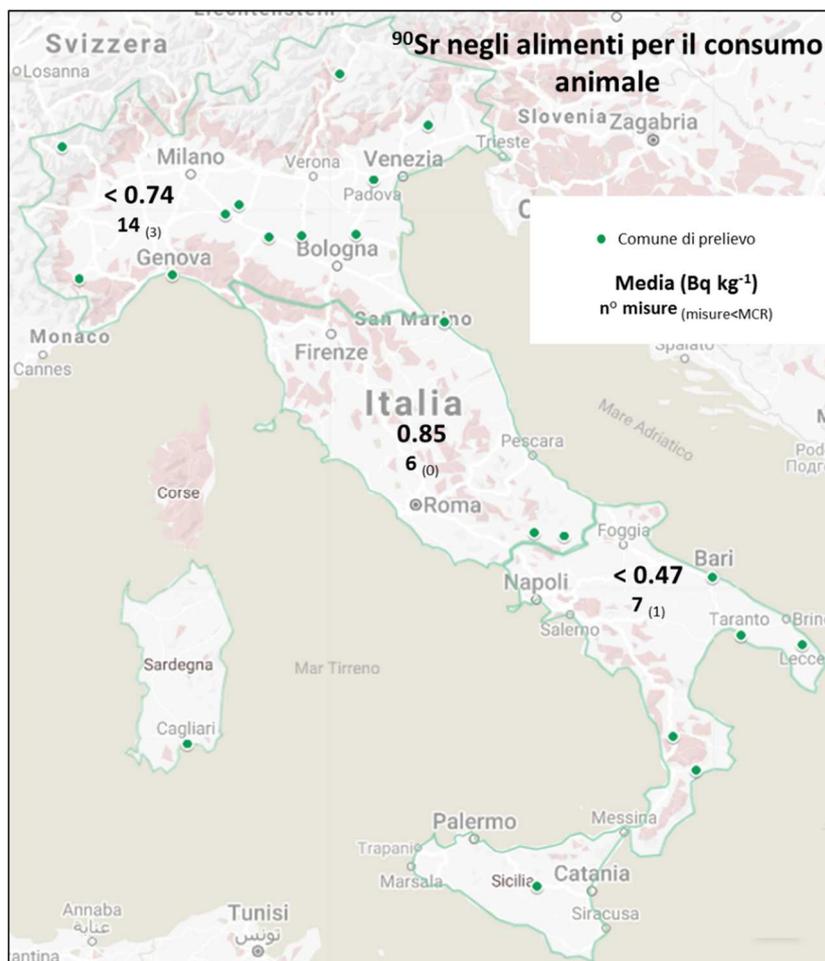


Figura 19 - Concentrazione media annuale di attività di Sr-90 negli alimenti per il consumo animale

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	6	3	<0.27
	Friuli Venezia Giulia	1		1.34
	Liguria	1		0.80
	Lombardia	2		0.11
	Piemonte	1		0.64
	Trentino-Alto Adige	1		3.95
	Valle d'Aosta	1		1.59
	Veneto	1		0.16
Centro	Marche	1		1.84
	Molise	4		0.63
	Sardegna	1		0.69
Sud	Calabria	3	1	<0.31
	Puglia	3		0.62
	Sicilia	1		0.47

Il numero delle misure di concentrazione di attività di Cs-137 è soddisfacente al Nord, adeguato al Centro e al Sud.

La copertura territoriale per le misure di Sr-90 è da incrementare, tuttavia si registra un miglioramento rispetto ai rilevamenti condotti nel 2018.

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
Fiume Mella	Cigole	2		18.30
Fiume Oglio	Rudiano	2		21.75
Fiume Po	Caorso	4		14.33
Fiume Po	Ferrara	4		6.40
Fiume Po - Fiume Lambro	Orio Litta	1		6.20
Fiume Po - Foce Adda	Cremona	2		5.77
Fiume Po - Foce Mincio	Revere	1		2.54
Fiume Po - Foce Ticino	Linarolo	2		14.80
Fiume Ticino	Trecate	1		2.11
Fiume Tevere	Torgiano	2	1	<0.91

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
Fiume Po	Ferrara	2		0.376
Fiume Po - Foce Mincio	Revere	1	1	<0.420

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)

Località di prelievo	n° misure	n° misure < MCR	Valore medio
Anguillara Sabazia	4		1.74
Azeglio	1		30.90
Bardolino	1		42.40
Brenzone	1		66.80
Caorso	2		5.98
Castelmasa	1		1.20
Castiglione Del Lago	4		1.24
Caulonia	1	1	<0.067
Ferrandina	1		0.14
Ferrara	2		2.70
Lesna	1		3.22
Locri	1	1	<0.071
Marta	4		5.71
Passignano Sul Trasimeno	2		0.90
Pisticci	6		0.34
Roma	8	2	<0.76
Rotondella	3		0.36
Rovello Porro	1		3.61
San Martino Di Venezie	2		7.6
Saronno	6		46.05
Siderno	1		0.40
Spezzano Piccolo	3		1.47
Tuoro Sul Trasimeno	2		0.89
Valsinni	2		0.24

Nella Tabella 32 e nella Tabella 33 sono riportate, rispettivamente per il Cs-137 e per lo Sr-90, 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)

Località di prelievo	n° misure	n° misure < MCR	Valore medio
Bova marina	1	1	<0.28
Cesenatico	2		0.60
Comacchio	8		5.13
Fiumicino	2		0.52
Rotondella	12	3	<3.27

Tabella 33 - Misure di concentrazione di attività di Sr-90 nei sedimenti marini (Bq kg⁻¹)

Località di prelievo	n° misure	n° misure < MCR	Valore medio
Cesenatico	2	2	<0.26

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 34 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 34 - 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	3	3	<0.13
	Centro	1	1	<0.87
Cozza (<i>Mytilus galloprovincialis</i>)	Nord	8	8	<0.24
	Centro	7	7	<0.19
	Sud	41	41	<3.94
Vongola verace (<i>Tapes decussatus</i>)	Nord	2	2	<0.80

RADON

PREMESSA

Il radon, classificato come cancerogeno per l'uomo^{19,20}, è considerato essere la seconda causa di tumore polmonare per la popolazione generale dopo il fumo e la prima causa tra chi non ha mai fumato²¹. Questo gas naturale, generato dal decadimento radioattivo del radio che si trova naturalmente nelle rocce, nei suoli e nei materiali da costruzione che ne derivano²², entra e si diffonde negli edifici (*radon indoor*) raggiungendo concentrazioni, variabili da ambiente ad ambiente, che possono rappresentare un rischio eccessivo per gli occupanti.

L'impatto sanitario dovuto al radon e ai suoi prodotti di decadimento, anch'essi radioattivi, è direttamente correlato al tempo di esposizione e alla concentrazione presente nell'ambiente. La presenza del radon è conseguenza della pressione ambientale dovuta alla geologia del territorio e ai materiali da costruzione, che rappresentano le principali fonti di radon. Anche le modalità di costruzione degli edifici, con particolare riferimento all'attacco a terra, e persino le abitudini di vita degli occupanti possono incidere sulla presenza di radon. L'insieme di questi fattori, tutti molto variabili, produce una distribuzione spaziale della concentrazione di radon indoor fortemente diversificata sul territorio, dove si riscontrano zone maggiormente interessate da elevate concentrazioni rispetto ad altre. Anche tra singoli edifici simili e vicini tra loro è possibile riscontrare un forte differenza della concentrazione di radon.

La presenza di radon nelle abitazioni, scuole e luoghi di lavoro rappresenta il principale contributo all'esposizione della popolazione alle radiazioni ionizzanti²³, in assenza di incidenti nucleari rilevanti.

QUADRO NORMATIVO

In risposta al rischio derivante dall'esposizione al radon, i principali, competenti organismi internazionali (ICRP, OMS, IAEA, Commissione Europea) hanno emanato raccomandazioni e indicazioni rivolte alle autorità nazionali finalizzate alla informazione, prevenzione e protezione della popolazione, indicando livelli di riferimento o livelli di azione, per le abitazioni o per i luoghi di lavoro, che sono stati modificati e aggiornati nel tempo con l'evoluzione delle conoscenze scientifiche^{21,24,25,26,27,28,29,30}.

In Italia, il D.Lgs. n. 101 del 31 luglio 2020, di attuazione della direttiva 2013/59/Euratom del consiglio europeo, ha introdotto importanti novità in materia di prevenzione e protezione dalle radiazioni ionizzanti adeguando la normativa nazionale a quanto previsto in sede europea. In materia di esposizione al radon il nuovo impianto regolatorio presenta considerevoli approfondimenti rispetto al quadro normativo pregresso, principalmente contenuti all'interno del Titolo IV Sorgenti naturali di radiazioni ionizzanti. Il concetto di "soglia limite" rappresentato dal

livello di azione viene sostituito dal livello di riferimento, ovvero un valore di dose o di concentrazione di attività, nel caso del radon, al di sopra del quale non è opportuno consentire l'esposizione e al di sotto del quale la protezione dovrebbe comunque essere attuata in funzione del principio di ottimizzazione. In tale senso si configura come uno strumento da utilizzare nel processo di ottimizzazione della protezione per garantire che le esposizioni siano mantenute al livello più basso ragionevolmente ottenibile. I livelli massimi di riferimento, in termini di valore medio annuo della concentrazione di attività di radon in aria, sono fissati pari a 300 Bq m^{-3} per i luoghi di lavoro e per le abitazioni esistenti, e pari a 200 Bq m^{-3} per le abitazioni costruite dopo il 31 dicembre 2024. Per i luoghi di lavoro è inoltre fissato un livello di riferimento in termini di dose efficace annua pari a 6 mSv.

Le disposizioni relative all'esposizione al radon nei luoghi di lavoro, si applicano nei luoghi di lavoro sotterranei, in specifiche tipologie di luoghi di lavoro identificati dal Piano nazionale d'azione per il radon, negli stabilimenti termali, e all'interno delle aree prioritarie nei luoghi di lavoro semisotterranei o situati al piano terra. Il D.Lgs. n. 101/2020 definisce aree prioritarie quelle in cui si stima che la concentrazione media annua di attività di radon in aria superi il livello di riferimento in un numero significativo di edifici, attribuendo alle Regioni e Province autonome la responsabilità della loro individuazione. Un ulteriore elemento di novità è l'indicazione di un criterio (eventualmente modificabile nell'ambito del Piano nazionale d'azione per il radon) per l'individuazione delle aree prioritarie nelle quali la stima della percentuale di edifici (determinata con misure di radon effettuate o normalizzate al piano terra) che supera il livello di 300 Bq m^{-3} è pari o superiore al 15 %.

Nei sopraccitati luoghi di lavoro l'esercente è tenuto ad effettuare la misurazione del radon (e ripeterla ogni 8 anni o in caso di particolari lavori strutturali a livello dell'attacco a terra nonché di interventi volti a migliorare l'isolamento termico) avvalendosi di servizi di dosimetria riconosciuti e, nel caso si verifichi un superamento del suddetto livello di riferimento, a porre in essere delle misure correttive per ridurre la concentrazione al livello più basso ragionevolmente ottenibile (ripetendo le misurazioni del radon ogni 4 anni per verificarne il mantenimento nel tempo dell'efficacia). In tale ambito, il D.Lgs. n. 101/2020 introduce per la prima volta la figura professionale dell'esperto in interventi di risanamento radon, il quale deve essere in possesso dell'abilitazione all'esercizio della professione di geometra, ingegnere o architetto nonché di una formazione attestata attraverso corsi specifici di almeno 60 ore su progettazione, attuazione, gestione e controllo degli interventi correttivi per la riduzione del radon negli edifici. Qualora nonostante l'applicazione delle misure correttive la concentrazione di radon rimanga superiore al livello di riferimento, l'esercente deve effettuare la valutazione delle dosi efficaci annue avvalendosi dell'esperto di radioprotezione. Nel caso in cui i risultati delle valutazioni risultino superiori al livello di riferimento in termini di dose efficace pari a 6 mSv/anno l'esercente è tenuto ad applicare gli opportuni provvedimenti previsti dal Titolo XI Esposizione dei lavoratori.

Il rinnovato quadro normativo prevede inoltre un nuovo e importante strumento gestionale, rappresentato dal Piano nazionale d'azione per il radon, nell'ambito del quale le Istituzioni coinvolte devono individuare le strategie, i criteri e le modalità di intervento per prevenire e ridurre i rischi di lungo termine dovuti all'esposizione al radon, monitorando l'efficacia delle azioni pianificate tramite opportuni indicatori.

LA DISTRIBUZIONE DEL RADON INDOOR IN ITALIA

Le informazioni e le conoscenze sulla distribuzione del radon indoor in Italia derivano essenzialmente dalla base informativa acquisita negli anni attraverso le indagini di misura della concentrazione di radon in aria effettuate a livello nazionale, regionale o locale. Tali indagini sono state svolte, per la quasi totalità, dalle Agenzie regionali e delle province autonome per la protezione dell'ambiente (ARPA e APPA) a partire dagli anni '90. Si evidenzia che, in ottemperanza alla normativa negli ambienti di lavoro e, su base volontaria per quanto riguarda le abitazioni, sono state effettuate ulteriori misurazioni sulle quali non si hanno dettagliate informazioni.

Tra il 1989 e il 1998 l'ISIN (allora Direzione sicurezza nucleare e protezione sanitaria dell'ENEA), l'Istituto Superiore di Sanità e i Centri Regionali di Riferimento della Radioattività Ambientale degli Assessorati Regionali alla Sanità, ora confluiti nelle Agenzie ARPA e APPA del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) hanno realizzato un'indagine nazionale sulla radioattività naturale nelle abitazioni. Sono state effettuate misure della concentrazione media annuale di attività di radon in circa 5300 abitazioni, selezionate in 232 comuni con criteri tali che rendessero il campione rappresentativo dell'intera popolazione italiana ma anche delle singole Regioni o Province autonome. In Tabella 35 - Risultati dell'indagine nazionale e stima del numero di abitazioni che superano il livello di 300 Bq m^{-3} per Regione e Provincia autonoma, sono riportati i risultati dell'indagine nazionale, aggregati per Regione o Provincia autonoma, in termini di concentrazione media annuale di radon e percentuale di abitazioni in cui si prevede che la concentrazione superi la soglia dei 300 Bq m^{-3} , valore indicato dalla Direttiva europea come livello di riferimento massimo per le abitazioni e i luoghi di lavoro.

La concentrazione media stimata per l'Italia è risultata pari a circa 70 Bq m^{-3} , valore superiore alla media europea^{31,32} pari a circa 55 Bq m^{-3} e a quella mondiale²¹ pari a circa 40 Bq m^{-3} . Le concentrazioni medie delle Regioni e Province autonome hanno mostrato valori che oscillano da circa 25 Bq m^{-3} a circa 120 Bq m^{-3} , con una rilevante variabilità spaziale che si può osservare nella carta tematica riportata in Figura 20 - Carta tematica delle concentrazioni medie di radon stimate dall'indagine nazionale 1989-1998 nelle Regioni e Province autonome. Il Lazio, la Lombardia, il Friuli Venezia Giulia e la Campania, che risultano essere le Regioni a più elevata concentrazione media di radon, rappresentano il 37% dell'intera popolazione. In Tabella 35 sono, inoltre, riportati i dati sulla popolazione e sul numero di abitazioni presenti in ogni Regione o Provincia autonoma

risultanti dal censimento ISTAT del 2011, e le relative stime del numero di abitazioni in cui si prevede che la concentrazione media annuale di radon superi i 300 Bq m⁻³. A livello nazionale tale percentuale risulta pari al 1.70 %, con percentuali regionali relativamente più alte sempre nel Lazio (6.25 %), in Lombardia (4.15 %) nel Friuli Venezia Giulia (5.70 %) e Campania (1.38 %) ma anche in Abruzzo (2.91 %).

I valori nulli, sia in termini percentuali, sia di numeri assoluti delle abitazioni che superano i 300 Bq m⁻³, sono frutto della modalità di selezione del campione di abitazioni e del relativo basso numero di abitazioni misurate. Alla luce delle esperienze maturate e soprattutto delle ulteriori misurazioni effettuate successivamente, si ritiene di poter affermare che sono sicuramente riscontrabili valori superiori a 300 Bq m⁻³ in tutte le Regioni e Province autonome.

Tabella 35 - Risultati dell'indagine nazionale e stima del numero di abitazioni che superano il livello di 300 Bq m⁻³ per Regione e Provincia autonoma

Regione / Provincia autonoma	Concentrazione media di radon e <i>standard error</i> (Bq m ⁻³)	% di abitazioni > 300 Bq m ⁻³	Popolazione presente	N. di abitazioni	N. di abitazioni > 300 Bq m ⁻³
Piemonte	69 ± 3	1.19%	4393838	2449115	29144
Valle d'Aosta	44 ± 4	0.00% *	128664	117293	0 *
Lombardia	111 ± 3	4.15%	9807372	4827269	200332
Bolzano	70 ± 8	0.00% *	540218	227853	0 *
Trento	49 ± 4	0.00% *	536101	348617	0 *
Veneto	58 ± 2	0.82%	4954952	2406320	19732
Friuli Venezia Giulia	99 ± 8	5.70%	1237025	676888	38583
Liguria	38 ± 2	0.00% *	1605728	1072905	0 *
Emilia Romagna	44 ± 1	0.27%	4449067	2353804	6355
Toscana	48 ± 2	0.33%	3760077	1918821	6332
Umbria	58 ± 5	0.00% *	917784	446415	0 *
Marche	29 ± 2	0.00% *	1591265	789548	0 *
Lazio	119 ± 6	6.25%	5679484	2769844	173115
Abruzzo	60 ± 6	2.91%	1314045	764967	22261
Molise	43 ± 6	0.00% *	308967	199292	0 *
Campania	95 ± 3	1.38%	5840408	2444484	33734
Puglia	52 ± 2	0.32%	4090452	2037542	6520
Basilicata	30 ± 2	0.00% *	573458	322244	0 *
Calabria	25 ± 2	0.00% *	1936577	1243643	0 *
Sicilia	35 ± 1	0.00% *	5151096	2865225	0 *
Sardegna	64 ± 4	0.00% *	1641331	926072	0 *
Italia	70 ± 1	1.70%	60457909	31208161	536108
(media pesata per la popolazione regionale)					
Elaborazione ISIN su dati ISIN, ISS, ARPA-APPA 1989-1998, ISTAT 2011.					
* le percentuali sono stimate sulla base di un campione di abitazioni, pertanto è possibile che all'interno della Regione o Provincia autonoma siano presenti casi di superamento del valore di 300 Bq m ⁻³ anche quando la percentuale stimata oltre tale livello è nulla.					

Nonostante i risultati dell'indagine nazionale risalgano a oltre venti anni fa, le stime delle concentrazioni medie di radon nelle Regioni e Province autonome e il valore medio stimato per

l'Italia sono tuttora assunti come riferimento. Tuttavia, alcuni fattori, quali ad esempio la costruzione di nuovi edifici, o le politiche per l'efficienza energetica degli immobili (che limitando le dispersioni di calore possono tendere ad aumentare le concentrazioni di radon indoor), o semplicemente i limiti imposti dalla dimensione del campione di abitazioni preso in esame nell'indagine nazionale, inducono a considerare l'esigenza di un approfondimento dei dati.

A partire dagli anni '90, diverse Regioni e Province autonome, tramite le ARPA e APPA, hanno effettuato sul proprio territorio indagini di misura del radon in abitazioni e luoghi di lavoro principalmente con lo scopo di approfondire la conoscenza della diffusione del fenomeno nel territorio. Inoltre, indagini nelle scuole sono state effettuate per la protezione delle generazioni più giovani. L'ISIN ha realizzato una prima raccolta di informazioni sulle misurazioni di radon effettuate dalle ARPA APPA nelle singole Regioni e Province autonome.

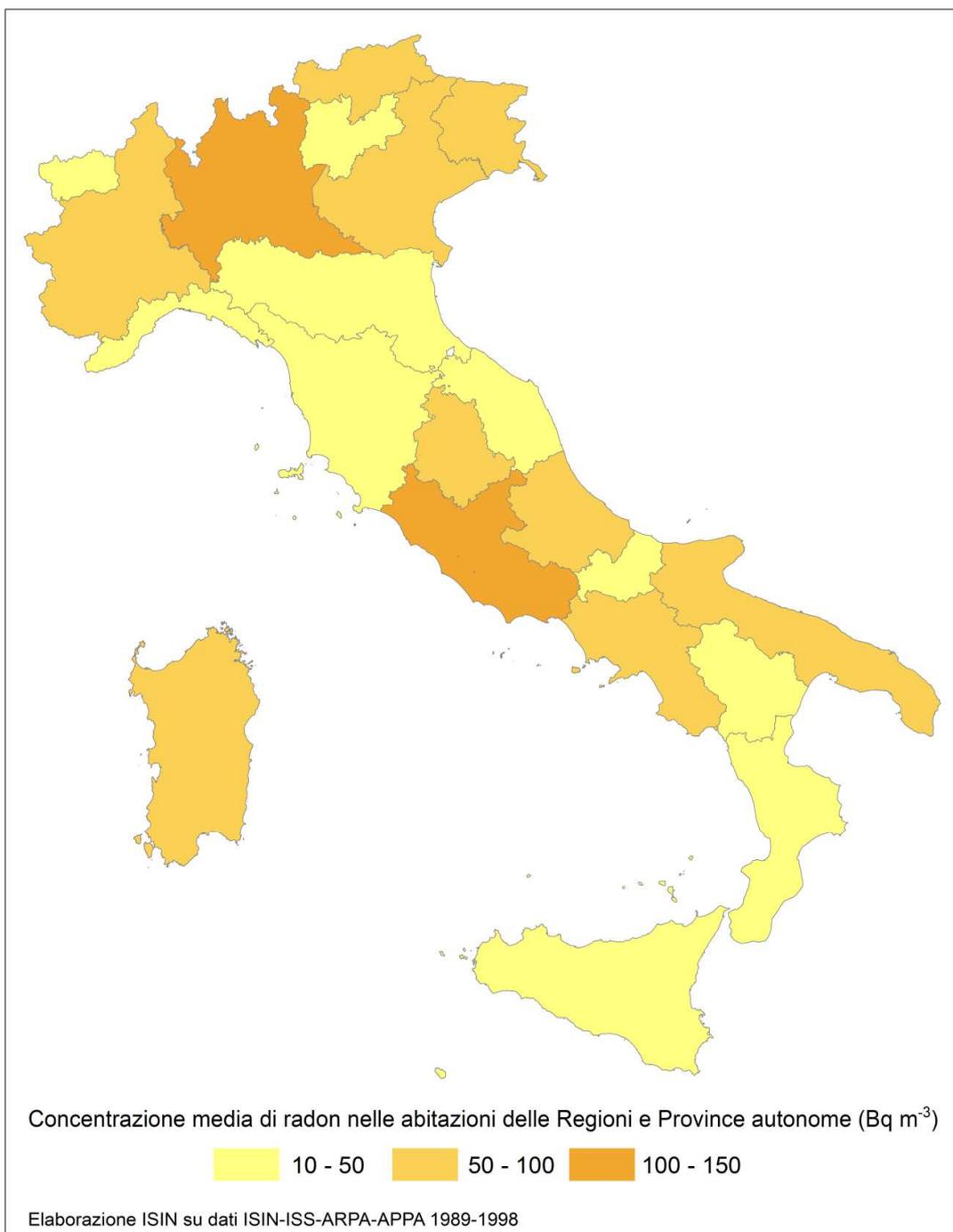


Figura 20 - Carta tematica delle concentrazioni medie di radon stimate dall'indagine nazionale 1989-1998 nelle Regioni e Province autonome

In Tabella 36 sono riportati i dati aggiornati al 2018, relativi al numero di abitazioni, edifici scolastici o luoghi di lavoro in cui sono state effettuate misurazioni della concentrazione media annuale di radon per Regione e Provincia autonoma. In riferimento alle abitazioni è riportata anche la percentuale di abitazioni misurate rispetto al totale delle abitazioni occupate, informazione che va letta per tenere in considerazione la grande differenza del numero di abitazioni tra le Regioni.

Tabella 36 - Abitazioni, edifici scolastici o luoghi di lavoro in cui sono state effettuate misurazioni della concentrazione media annuale di radon da parte delle ARPA APPA e ISIN

Regione / Provincia autonoma	Numero di abitazioni misurate	% di abitazioni occupate misurate	Numero di scuole misurate (edifici)	Numero di luoghi di lavoro misurati (edifici)
Lazio	5629	0.25%	18	13
Lombardia	3191	0.08%	518	1368
Friuli Venezia Giulia	4426	0.82%	1721	3
Campania	786	0.04%	0	0
Bolzano	2856	1.43%	1419	1263
Piemonte	2220	0.12%	1001	286
Sardegna	1447	0.22%	407	0
Abruzzo	1639	0.32%	607	260
Umbria	73	0.02%	112	5
Veneto	1880	0.10%	1410	8
Puglia	830	0.05%	42	111
Trento	1754	0.80%	793	371
Toscana	2444	0.16%	761	1204
Emilia Romagna	505	0.03%	607	0
Valle d'Aosta	823	1.41%	167	95
Molise	28	0.02%	40	1
Liguria	295	0.04%	0	66
Sicilia	773	0.04%	15	5
Basilicata	50	0.02%	190	0
Marche	251	0.04%	0	7
Calabria	376	0.05%	162	183
Totale complessivo	32276	0.13%	9990	5249
Elaborazione ISIN su dati ISIN, ISS, ARPA-APPA 1989-2018, ISTAT 2011.				

Alcune di queste indagini regionali sono state progettate, svolte e finalizzate all'individuazione delle aree a elevata probabilità di alte concentrazioni di radon, oggi definite "aree prioritarie", come richiesto della normativa che conferisce alle Regioni l'obbligo dell'individuazione di tali aree. Tuttavia in passato, in assenza dei criteri per l'individuazione delle aree, mai definiti dalla Sezione speciale della Commissione tecnica, talune Regioni e Province autonome hanno comunque realizzato indagini per caratterizzare il proprio territorio, utilizzando metodi e criteri differenti che, pur se validi ai fini della classificazione delle aree territoriali, rendono complicato un confronto diretto.

Al fine di rappresentare in un modo più omogeneo tra le Regioni e Province autonome la variabilità spaziale della concentrazione di radon, sono state raccolte le stime delle concentrazioni medie di radon nelle abitazioni dei Comuni italiani elaborate dalle ARPA APPA e per il Lazio dall'ISIN stessa. Nell'allegato 1 è riportata la tabella delle stime delle concentrazioni medie di radon nei Comuni con almeno cinque misure. Nella Figura 21 è riportata per la prima volta una

rappresentazione a livello nazionale delle concentrazioni medie comunali stimate di radon basata su un'unica classificazione di valori.

Va precisato, tuttavia, che sono state utilizzate diverse metodologie per la stima della concentrazione media comunale da parte delle ARPA APPA e ISIN. Nonostante i differenti criteri pongano dei limiti per il confronto dei risultati, sono state individuate tre principali metodologie di raccolta e valutazione dei dati.

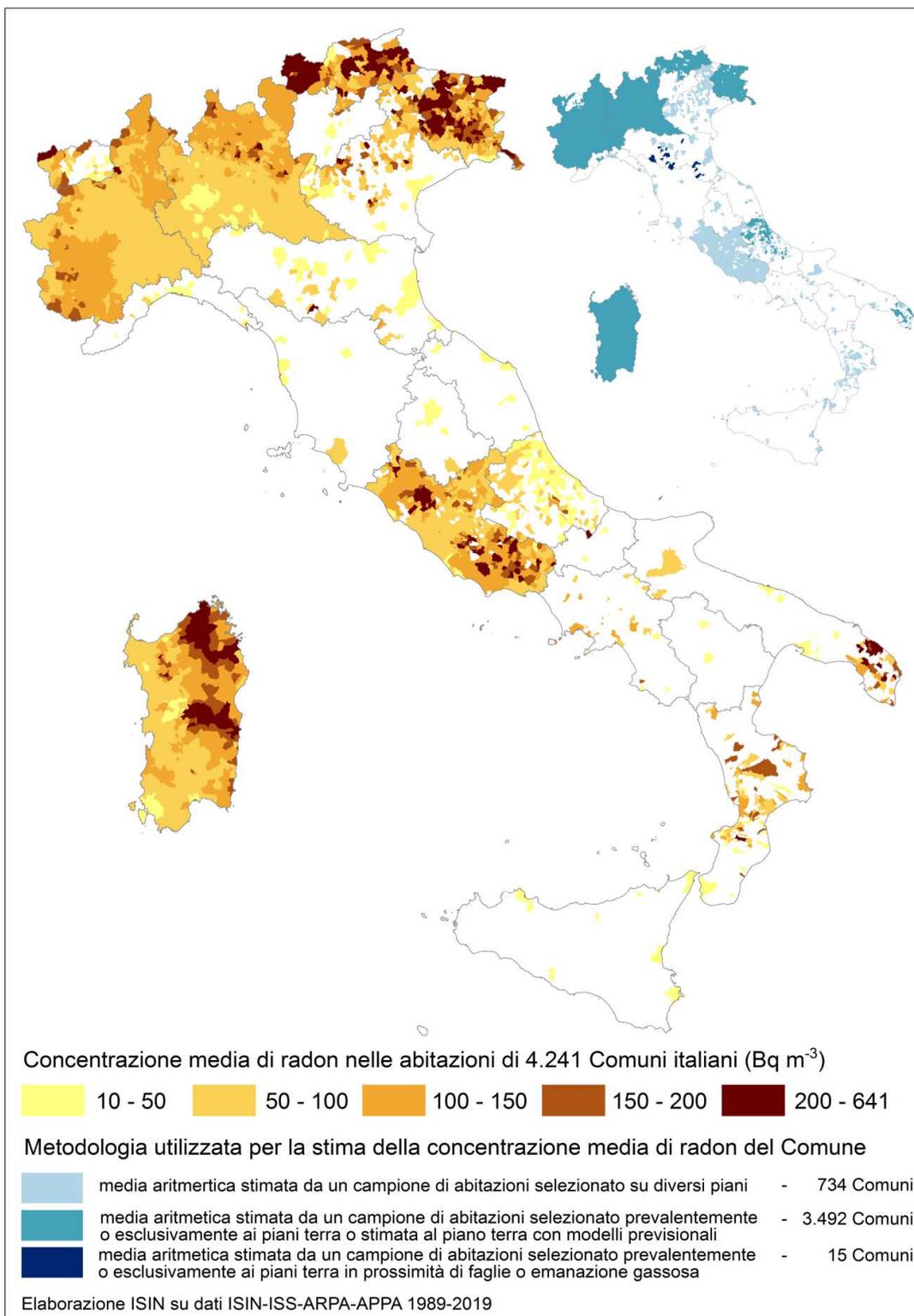


Figura 21 - Carta tematica delle stime della concentrazione media di radon nelle abitazioni nei Comuni con almeno 5 misure

Nella prima metodologia, adottata in 734 Comuni, la concentrazione media di radon è stata stimata attraverso la media aritmetica delle misurazioni di radon effettuate in un campione di abitazioni selezionate su diversi piani. Nella seconda metodologia, relativa a 3492 Comuni, la concentrazione media di radon è stata stimata attraverso la media aritmetica di un campione di abitazioni

selezionate esclusivamente o prevalentemente al piano terra o stimata al piano terra con modelli previsionali. La terza metodologia, infine, attiene a 15 Comuni dell'Emilia Romagna in cui è stata effettuata un'indagine in abitazioni selezionate esclusivamente o prevalentemente al piano terra, ma in prossimità di particolari caratteristiche geologiche quali faglie o punti di emanazione gassosa. I dati riportati nella carta tematica di Figura 21, rispetto ai dati dell'indagine nazionale (vedi Figura 20) permettono di apprezzare la variabilità della concentrazione di radon all'interno delle Regioni e Province autonome, mostrando delle zone più interessate dalle alte concentrazioni. Le stime basate su misurazioni effettuate esclusivamente o prevalentemente al piano terra riguardano oltre l'80% dei Comuni oggetto di valutazione e oltre il 40% di tutti Comuni italiani. La copertura territoriale in termini di Comuni in cui si ha l'informazione è, seppur frammentaria, concentrata in alcune Regioni dell'Italia settentrionale e centrale, e permette, laddove possibile, un primo confronto nelle zone di confine tra Regioni.

Va evidenziato che l'indicazione del valore medio comunale non costituisce un'indicazione della concentrazione nelle singole abitazioni, la quale può essere determinata solo attraverso una misurazione diretta. Va precisato, inoltre, che la concentrazione media all'interno di un Comune rappresenta uno dei possibili parametri da considerare per la conoscenza del fenomeno e la conseguente pianificazione territoriale. Altri criteri possono essere considerati, quali l'uso di unità territoriali diverse rispetto a quelle comunali (es. griglie regolari, classi geo-litologiche, ecc.) o la percentuale di edifici che superano un determinato livello di radon. In tal senso il piano nazionale d'azione per il radon richiesto dalla Direttiva ha tra le sue finalità anche quella di definire i criteri e le modalità per la classificazione delle aree prioritarie.

ISIN, in qualità di referente nazionale per il progetto *European atlas of natural radiations* della Commissione Europea, raccoglie da varie istituzioni disponibili (ARPA, APPA, INAIL) i dati di radon sulla base di determinati criteri definiti dalla Commissione stessa (dati misurati o normalizzati al piano terra) ed elabora e restituisce le statistiche richieste dalla Commissione sulla base di una griglia territoriale da questa definita. La mappa di Figura 22 si riferisce all'aggiornamento del 2020 con il quale sono state intensificate le misure in molte aree già coperte da dati e sono state inoltre coperte zone precedentemente sprovviste di informazione. Tale progetto ha lo scopo di fornire una rappresentazione omogenea e confrontabile tra i paesi europei, pertanto la mappa restituita non costituisce e non sostituisce le mappature ufficiali adottate dagli Stati membri.

European Indoor Radon Map, December 2020

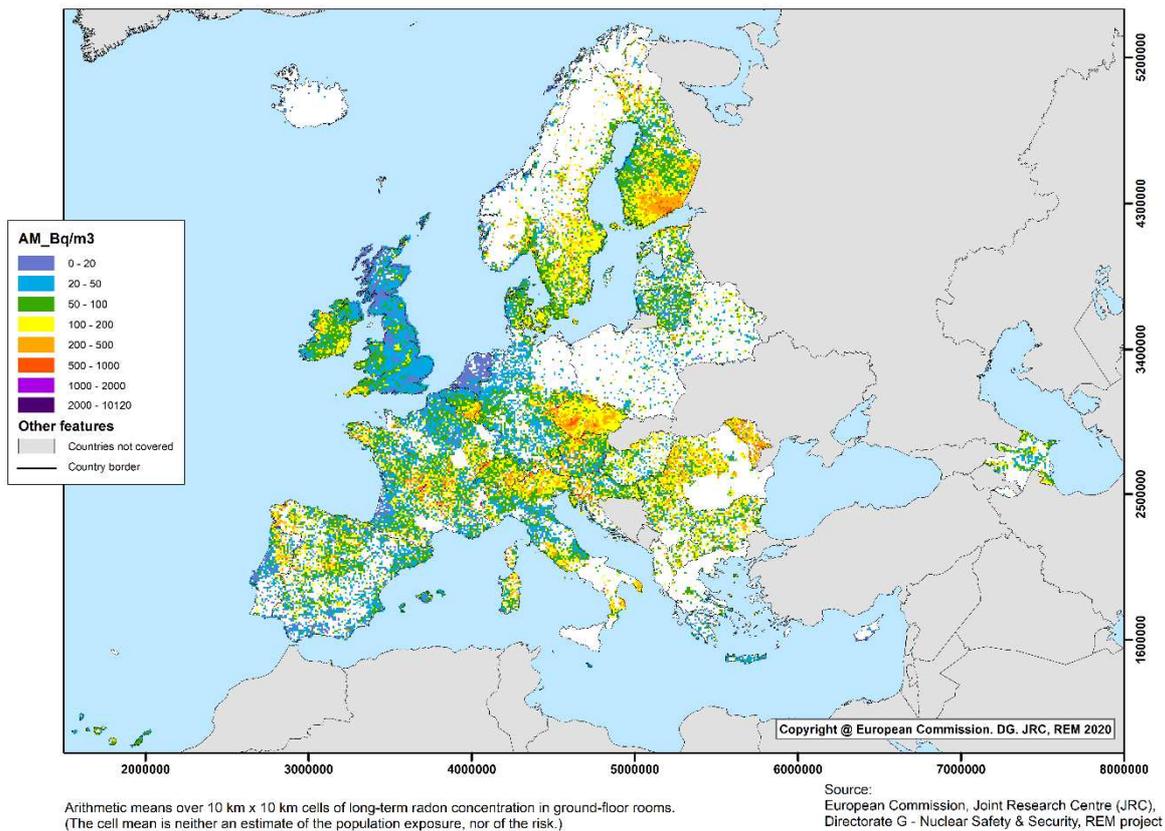


Figura 22 - European indoor radon map (December 2020)

BIBLIOGRAFIA

- ¹ 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 riordina la normativa di settore in attuazione dell'articolo 20, comma 1, lettera a), della legge 4 ottobre 2019, n. 117.
- ² 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>.
- ³ Decisione 87/600/Euratom del Consiglio del 14 dicembre 1987 concernente un primo scambio di informazioni a livello comunitario in evento di emergenza radiologica.
- ⁴ DPCM 19 marzo 2010 “Approvazione del Piano nazionale delle misure protettive contro le emergenze radiologiche”
- ⁵ 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.
- ⁶ 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.
- ⁷ 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.
- ⁸ 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.
- ⁹ 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.
- ¹⁰ 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
- ¹¹ 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.
- ¹² Linee guida per il monitoraggio della radioattività. ISPRA, Manuali e Linee Guida 83 / 2012. ISBN:978-88-448-0582-1, 38 pp.
- ¹³ ENEA-DISP, Rapporto annuale sulla Radioattività Ambientale in Italia, Reti Nazionali, 1986-87, 1988, 1989, 1990.
- ¹⁴ ANPA, Rapporto annuale delle Reti Nazionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale in Italia, 1991, 1992, 1993, 1994-97, 1998.
- ¹⁵ APAT, relativamente ai dati afferenti alle Reti Nazionali per gli anni 1999-2002.
- ¹⁶ APAT, Reti nazionali di sorveglianza della radioattività ambientale in Italia 2002, Rapporti, 59/2005.
- ¹⁷ ISIN, La sorveglianza della radioattività ambientale in Italia 2019, Rapporto ISIN, 119 pp.
- ¹⁸ OECD-NEA, 1987, *The radiological impact of the Chernobyl accident in OECD countries*, Parigi.
- ¹⁹ International Agency for Research on Cancer. *Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, Man-made mineral fibres and radon*, Volume 43, 1988.
- ²⁰ International Agency for Research on Cancer. *Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, A review of human carcinogens*, Volume 100D, 2011.
- ²¹ World Health Organisation. *WHO Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective*, 2009.
- ²² Nero V. Jr., *Indoor radiation exposures from radon and its daughters: a view of the issue*, Lawrence Berkeley Laboratory, University of California, 1981.
- ²³ National Research Council. *Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiations. Health Risks of Radon and Other Internally Deposited Alpha-Emitters. BEIR IV report*. National Academy Press, Washington, D.C., 1988.

-
- ²⁴ European Commission. Commission recommendation of 21 February 1990 on the protection of the public against indoor exposure to radon. Official J. Eur. Commun. No. L 80/26, 1990.
- ²⁵ IAEA, FAO, ILO, OECD/NEA, PAHO, WHO. International basic safety standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources. IAEA Safety Series No. 115, 1996.
- ²⁶ European Commission. Recommendations for the implementation of Title VII of the European Basic Safety Standards Directive (BSS) concerning significant increase in exposure due to natural radiation sources. Radiation Protection 88, 1997.
- ²⁷ ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4).
- ²⁸ ICRP, 2009. Statement on radon. ICRP Ref 00/902/09.
- ²⁹ ICRP, 2017. Occupational Intakes of Radionuclides: Part 3. ICRP Publication 137. Ann. ICRP 46(3/4).
- ³⁰ ICRP, 2018. Summary of ICRP Recommendations on Radon. ICRP ref 4836 -9756 -8.
- ³¹ Gray A., Read S., McGale P., Darby S., 2009. Lung cancer deaths from indoor radon and the cost effectiveness and potential of policies to reduce them. *BMJ* 2009; 338:a 3110.
- ³² Pantelić G, Čeliković I, Živanović M, Vukanac I, Nikolić JK, Cinelli G, Gruber V., 2018. Literature review of Indoor radon surveys in Europe, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISBN 978-92-79-97643-8, doi:10.2760/977726, JRC114370.