



APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Reti Nazionali di sorveglianza della radioattività ambientale in Italia 2002

Informazioni legali

L'Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici o le persone che agiscono per conto dell'Agenzia stessa non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo rapporto.

APAT - Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici
Via Vitaliano Brancati, 48 - 00144 Roma
www.apat.it

Dipartimento stato dell'ambiente e metrologia ambientale
Servizio controllo radiazioni ambientali

© APAT, Rapporti 59/2005

ISBN 88-448-0157-4

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica

APAT

Grafica di copertina: F. Iozzoli (APAT)

Foto dell'Italia: Paolo Orlandi

Foto dei laboratori: Marco Cavaioi

Coordinamento tipografico

APAT - Servizio di Supporto alla Direzione Generale
Settore Editoria, Divulgazione e Grafica

Impaginazione e stampa

I.G.E.R. srl - Viale C.T. Odescalchi, 67/A - 00147 Roma

Stampato su carta TCF

Finito di stampare ottobre 2005

La redazione del rapporto sulle reti nazionali di sorveglianza della radioattività ambientale in Italia è a cura del Servizio controllo radiazioni ambientali del Dipartimento stato dell'ambiente e metrologia ambientale.

Il presente rapporto è stato realizzato con il supporto del Centro Tematico Nazionale Agenti Fisici. Le informazioni riportate nel rapporto sono state ricavate dai dati prodotti dalle Agenzie Regionali e Provinciali per la Protezione dell'Ambiente, dalle altre Istituzioni facenti parte delle reti nazionali di sorveglianza della radioattività ambientale, nonché dall'APAT stessa.

I dati riportati nel presente rapporto possono essere riprodotti ed utilizzati purché ne sia citata la fonte.

Il documento è stato elaborato da:

Giancarlo Torri, APAT
Roberto Sogni, ARPA - Emilia Romagna
Leandro Magro, APAT
Lamberto Matteocci, APAT
Giuseppe Menna, APAT
Rita Ocone, APAT
Francesco Salvi, APAT

Alla raccolta dei dati hanno collaborato:

ARTA Abruzzo	Sandro D'Ostilio
APPA Bolzano	Minach Luigi
APPA Bolzano	Verdi Luca
APPA Bolzano	Marchesoni Claudio
APPA Bolzano	Amadori Claudio
ARPA Campania	Lucio Bellino
ARPA Emilia Romagna	Roberto Sogni
ARPA Emilia Romagna	Laura Gaidolfi
ARPA Friuli Venezia Giulia	Concettina Giovani
ARPA Friuli Venezia Giulia	Massimo Garavaglia
ARPA Friuli Venezia Giulia	Elvio Scruzzi
ARPA Lazio	Giovanni Cherubini
ARPA Lazio	Oriana Crocchioni
ARPA Liguria	Stefano Maggiolo
ARPA Lombardia	Angela Alberici
ARPA Lombardia	Rosella Rusconi
ARPA Marche	Miecchi Marco
ARPA Marche	Corrado Pantalone
ARPA Molise	Claudio Cristofaro
ARPA Piemonte	Mauro Magnoni
ARPA Piemonte	Stefano Bertino
ARPA Piemonte	Maria Clivia Losana

ARPA Puglia	Vitantonio Martucci
PMP Sassari	Massimo Cappai
ARPA Sicilia	Antonio Sansone Santamaria
ARPA Toscana	Silvia Bucci
APPA Trento	Mauro Bonomi
APPA Trento	Giovanni Dalmaso
ARPA Umbria	Paola Sabatini
ARPA Valle d'Aosta	Giovanni Agnesod
ARPA Veneto	Flavio Trotti
ARPA Veneto	Elena Caldognetto
ARPA Veneto	Plinia Soccac
ARPA Veneto	Andrea Bertolo
ARPA Veneto	Laura Belleri
ARPA Veneto	Daniele Sepulcri
ARPA Veneto	Franco Andolfato
ARPA Veneto	Franco Mazzetto
CRI	Claudia Fontana
CRI	Rosa Grazia Musumeci
APAT	Massimo Notaro
APAT	Fabrizio Trenta

Riprende, dopo tre anni di interruzione, la pubblicazione del rapporto annuale sulla sorveglianza della radioattività artificiale nell'ambiente. La diffusione dei dati risponde ad un preciso obbligo derivante dall'articolo 104 del D.Lgs. 230/95 e s.m.i. – che recepisce la normativa europea – assegnando all'APAT la gestione delle reti nazionali di allarme e di sorveglianza della radioattività, incluso il compito della diffusione dei risultati delle misure effettuate.

Il presente rapporto si riferisce all'anno 2002. Pur mantenendo la completezza del contenuto informativo dei precedenti rapporti, una particolare attenzione è stata rivolta alla rappresentazione grafica dei dati, adeguandola al modello dei corrispondenti rapporti della Commissione Europea e, al tempo stesso, migliorandone la leggibilità da parte di un più vasto pubblico.

Dall'analisi complessiva dei dati si osserva che le contaminazioni attualmente presenti nell'ambiente e negli alimenti sono attribuibili alla ricaduta radioattiva dei test nucleari compiuti in atmosfera negli anni '60 e dell'incidente di Chernobyl del 1986 e, in ogni caso, i livelli di attività sono tali da non rappresentare una rilevanza sanitaria per la popolazione.

Come si osserva dalla lettura del rapporto, emerge una non completa copertura territoriale dei dati. Va rilevato che attualmente tutto il sistema di raccolta dei dati è oggetto di una revisione, in particolare per l'adeguamento alla raccomandazione europea 2000/473/Euratom, che ha come obiettivo anche la completa copertura del territorio.

Si vuole cogliere l'occasione per esprimere gratitudine a tutti coloro che hanno reso possibile la stesura del presente rapporto, innanzi tutto ai soggetti delle reti che producono i dati e in secondo luogo agli autori del rapporto.

Il Direttore Generale dell'APAT
Giorgio Cesari

Il disimpegno dell'Italia dalla produzione di energia attraverso processi di fissione nucleare non ha certamente significato l'eliminazione della esposizione della popolazione alle radiazioni né una riduzione dei rischi legati a incidenti transfrontalieri a impianti di altri paesi.

Attualmente, in assenza di incidenti rilevanti agli impianti nucleari e di esplosioni di ordigni atomici, solo una piccolissima frazione della "dose efficace" (quantità che rappresenta l'impatto causato dalla esposizione a radiazioni) proviene dalle attività legate all'industria nucleare. La maggior parte della esposizione è di origine naturale, legata in gran parte all'inalazione del gas radon, (un gas radioattivo di origine naturale che si genera nel terreno e nelle rocce e che si accumula negli ambienti chiusi: case, scuole, uffici, ecc.) alle radiazioni provenienti dal cosmo e a quelle di origine terrestre. Una ulteriore non trascurabile fonte di esposizione è legata alla diagnostica medica, ma in questo caso i benefici collegati ne giustificano ampiamente l'utilizzo.

Deve essere quindi tenuta bene presente la possibilità, anche se minima, di contaminazioni radioattive estese sul territorio e la necessità di strumenti di sorveglianza e di monitoraggio per la prevenzione dei rischi e per la protezione della popolazione.

Il Dipartimento stato dell'ambiente e metrologia ambientale ha il compito del monitoraggio delle varie fonti di inquinamento e tra queste sono incluse quelle relative alla radioattività. A tale scopo e seguendo precisi dispositivi di legge è presente in Italia un complesso di reti di allarme e di sorveglianza gestite da APAT.

I dati prodotti nell'ambito delle reti sono significativi per la valutazione della esposizione media della popolazione.

Nel presente rapporto sono riportati i dati aggregati dei rilevamenti effettuati sul territorio italiano nel 2002, suddivisi per macroregioni nord centro e sud così come raccomandato dalla commissione europea.

Il Direttore del Dipartimento stato dell'ambiente
e metrologia ambientale
Antonio De Maio

INDICE (CONTENT)

THE ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY SURVEY IN ITALY	pag. 11
IL CONTROLLO DELLA RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE IN ITALIA	13
Quadro normativo	13
Il sistema delle reti nazionali di sorveglianza della radioattività ambientale	15
Obiettivi delle reti nazionali	15
Rete degli istituti, enti e organismi idoneamente attrezzati - RESORAD	15
Programma di affidabilità	17
Reti di allarme dell' APAT (REMRAD e RETE GAMMA)	18
RISULTATI DEL 2002	21
Radioattività nel particolato atmosferico, in aria e nelle deposizioni umide e secche al suolo	22
Particolato atmosferico	22
Dose gamma assorbita in aria	26
Deposizioni umide e secche	27
Radioattività in altre matrici ambientali	29
Radioattività in matrici alimentari	30
Latte	31
Acqua potabile	31
Dieta mista	33
Altre matrici alimentari	33
BIBLIOGRAFIA	47

TABELLE E FIGURE (TABLES AND FIGURES)

Tabella 1. Programma di campionamento della rete RESORAD – <i>RESORAD net sampling program</i>	16
Tabella 2. Campagne di taratura ed interconfronto dal 1983 al 2000 - <i>Calibration and intercomparison exercises carried out from 1983 to 2000</i>	18
Tabella 3. Reporting Levels (R.L.) indicati nella raccomandazione 2000/473/Euratom e Minima attività rivelabile (MAR) di riferimento – <i>Reporting Levels (R.L.) indicated in the European recommendation 2000/473/Euratom and minimal detectable activity (MAR) of reference</i>	22

Tabella 4.	Località di prelievo del particolato atmosferico – <i>Air particulate sampling site</i>	pag. 35
Tabella 5.	Radioattività beta totale nel particolato atmosferico – <i>Gross beta radioactivity in air particulate</i> . (mBq/m ³). Reporting level: 5 mBq/m ³	36
Tabella 6.	Misure di ¹³⁷ Cs nel particolato atmosferico – <i>¹³⁷Cs in air particulate</i> . (µBq/m ³). Reporting level: 30 µBq/m ³	36
Tabella 7.	Misure di ⁷ Be nel particolato atmosferico – <i>⁷Be in air particulate</i> . (µBq/m ³)	37
Tabella 8.	Intensità di dose gamma in aria (rete GAMMA) – <i>Gamma dose rate in air (GAMMA network)</i> . (nGy/h)	37
Tabella 9.	Siti di prelievo delle deposizioni umide e secche al suolo – <i>Fallout sampling sites</i>	37
Tabella 10.	Misure di ⁷ Be nelle deposizioni umide e secche al suolo – <i>⁷Be in fallout</i> . (Bq/m ²)	38
Tabella 11.	Misure di ¹³⁷ Cs nelle deposizioni umide e secche al suolo – <i>¹³⁷Cs in fallout</i> . (Bq/m ²)	38
Tabella 12.	Misure di ⁹⁰ Sr nelle deposizioni umide e secche al suolo – <i>⁹⁰Sr in fallout</i> . (Bq/m ²)	39
Tabella 13.	Misure di ¹³⁷ Cs e ⁹⁰ Sr nelle acque marine – <i>¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in seawater</i> . (Bq/m ³)	39
Tabella 14.	Misure di ¹³⁷ Cs nei sedimenti marini (peso secco) – <i>¹³⁷Cs in marine sediments (dry weight)</i> . (Bq/kg)	39
Tabella 15.	Misure di ¹³⁷ Cs e ⁹⁰ Sr (particolato e disciolto) nelle acque fluviali e lacustri – <i>¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in freshwater and lake water (particulate and dissolved)</i> . (Bq/m ³)	39
Tabella 16.	Misure di ¹³⁷ Cs nei sedimenti fluviali e lacustri (peso secco) – <i>¹³⁷Cs in freshwater and lake sediments (dry weight)</i> . (Bq/kg)	39
Tabella 17.	Misure di ¹³⁷ Cs e ⁹⁰ Sr nel DMOS (Detrito Minerale Organico Sedimentabile) (peso secco) – <i>¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in SMOD (Sedimentable Mineral Organic Detritus) (dry weight)</i> . (Bq/kg)	40
Tabella 18.	Misure di ¹³⁷ Cs e ⁹⁰ Sr nel latte vaccino fresco – <i>¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in cow milk</i> . (Bq/l)	40
Tabella 19.	Misure di ¹³⁷ Cs e ⁹⁰ Sr nel latte vaccino U.H.T. – <i>¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in U.H.T. cow milk</i> . (Bq/l)	41
Tabella 20.	Misure di ¹³⁷ Cs e ⁹⁰ Sr nelle acque potabili – <i>¹³⁷Cs e ⁹⁰Sr in drinking water</i> . (Bq/l)	41
Tabella 21.	Misure di ¹³⁷ Cs nella dieta mista – <i>¹³⁷Cs in mixed diet</i> . (Bq/dp)	42
Tabella 22.	Misure di ¹³⁷ Cs nella carne bovina (peso fresco) – <i>¹³⁷Cs in bovine meat (fresh weight)</i> . (Bq/kg)	42
Tabella 23.	Misure di ¹³⁷ Cs nella carne suina (peso fresco) – <i>¹³⁷Cs in pork meat (fresh weight)</i> . (Bq/kg)	43

Tabella 24.	Misure di ^{137}Cs nella carne avicola (peso fresco) – <i>^{137}Cs in avicultural meat (fresh weight). (Bq/kg)</i>	pag. 43
Tabella 25.	Misure di ^{137}Cs nei cereali e derivati – <i>^{137}Cs in cereals and by-products. (Bq/kg)</i>	44
Tabella 26.	Misure di ^{137}Cs nei vegetali e ^{90}Sr nei vegetali a foglia (peso fresco) – <i>^{137}Cs in vegetables and ^{90}Sr in vegetables to leaf (fresh weight). (Bq/kg)</i>	44
Tabella 27.	Misure di ^{137}Cs nella frutta (peso fresco) – <i>^{137}Cs in fruit (fresh weight). (Bq/kg)</i>	45
Tabella 28.	Misure di ^{137}Cs in pesce di acqua dolce e di mare (peso fresco) – <i>^{137}Cs in sea fish and freshwater fish (fresh weight). (Bq/kg)</i>	46
Tabella 29.	Misure di ^{137}Cs nei molluschi (peso fresco) – <i>^{137}Cs in mollusc (fresh weight). (Bq/kg)</i>	46
Figura 1.	Dislocazione delle stazioni di allarme della rete REMRAD e della rete GAMMA - <i>Sampling points of the REMRAD and GAMMA network</i>	19
Figura 2.	Radioattività beta totale nel particolato atmosferico – <i>Gross beta in air particulate. (mBq/m³)</i>	23
Figura 3.	Concentrazione di ^{137}Cs nel particolato atmosferico – <i>^{137}Cs in airborne particulate. (mBq/m³)</i>	24
Figura 4.	Concentrazione di ^7Be nel particolato atmosferico – <i>^7Be in airborne particulate. (mBq/m³)</i>	24
Figura 5.	Andamenti del ^{137}Cs e del ^7Be nel particolato atmosferico – <i>Trends of ^{137}Cs and ^7Be in airborne particulate. (mBq/m³)</i>	25
Figura 6.	Andamenti delle concentrazioni di ^{137}Cs e ^7Be della stazione di prelievo della rete RESORAD di Milano (ARPA Lombardia) – <i>Trends of ^{137}Cs and ^7Be obtained at the sampling point of RESORAD network of Milano (ARPA Lombardia)</i>	26
Figura 7.	Intensità media di dose gamma in aria – <i>Average gamma doses in air. (nGy/h)</i>	27
Figura 8.	Concentrazione di ^{137}Cs nelle deposizioni umide e secche annuali al suolo – <i>^{137}Cs in fallout. (Bq/m²)</i>	28
Figura 9.	Andamento del ^{137}Cs nelle deposizioni umide e secche annuali al suolo – <i>Trend of ^{137}Cs in fallout. (Bq/m²)</i>	28
Figura 10.	Andamento del ^{137}Cs nelle acque marine Anni 1986÷2002 – <i>Trend of ^{137}Cs in sea waters, Years 1986÷2002. (Bq/m³)</i>	30
Figura 11.	Concentrazione di ^{137}Cs nel latte vaccino fresco – <i>^{137}Cs in cow milk. (Bq/l)</i>	31
Figura 12.	Concentrazione di ^{90}Sr nel latte vaccino fresco – <i>^{90}Sr in cow milk. (Bq/l)</i>	32
Figura 13.	Andamento del ^{137}Cs nel latte vaccino fresco. Anni 1987÷2002 – <i>Trend of ^{137}Cs in cow milk. Years 1987÷2002. (Bq/l)</i>	32

Figura 14. Concentrazione di ^{137}Cs nelle acque potabili – <i>^{137}Cs in drinking water. (Bq/l)</i>	pag. 33
Figura 15. Concentrazione di ^{90}Sr nelle acque potabili – <i>^{90}Sr in drinking water. (Bq/l)</i>	34
Figura 16. Concentrazione di ^{137}Cs nella dieta mista – <i>^{137}Cs in mixed diet. (Bq/dp)</i>	35

THE ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY SURVEY IN ITALY

This report contains the environmental radioactivity data collected in Italy during 2002, by the laboratories of the System of Agencies (APAT/ARPA/APPA), and other qualified Institutions belonging to the National Environmental Radioactivity Network (RESORAD) and from the alarm Networks of APAT (Remrad and Rete Gamma).

In particular the National Environmental Protection and Technical Services Agency (APAT) is responsible, by law for publishing the environmental and dietary contamination data, provided by the organisations participating to the National Environmental Radioactivity Networks.

The RESORAD network is aimed at surveying of the pattern of environmental and dietary contamination, in order to assess the exposures which the Italian population may receive.

The sampling networks have been designed on regional basis, to provide information on the average extent of environmental and dietary contamination. The sampling programmes are planned to obtain representative samples able to reveal the average situation both in time and space.

The sampling programme, defined in agreement with the organisations participating to the National Environmental Radioactivity Networks, is set out below:

Matrix	Sampling frequency	Measurement frequency
Air particulate	Daily	Monthly
Fallout	Monthly	Monthly
Aquatic Environment	Six-Monthly	Six-Monthly
Drinking water	Six-Monthly	Six-Monthly
Milk	Weekly	Monthly
Meat	Monthly	Three-Monthly
Cereal and by-product	Seasonal	Seasonal
Pasta	Three-Monthly	Three-Monthly
Vegetable	Seasonal	Seasonal
Fruit	Seasonal	Seasonal

This report contains the radionuclide concentrations measured in:

- gamma dose rate in air;
- air particulate;
- fallout;
- cereals and by-products;
- vegetables;
- fruit;
- cow milk;
- drinking water;
- bovine meat;
- pork meat;
- chicken meat;
- fish and seafood;
- seawater;
- marine sediments;
- freshwater;

-
- freshwater sediments;
 - sedimentable mineral organic detritus (SMOD);
 - mixed diet.

In the event the results of the radioactivity measurements are below the minimal detectable activity (MAR), the arithmetical average of a series of figures is given assuming the value as equal to the minimal detectable activity. The tables report the total number of measurements (n° misure) and the total number of measurements with values less than the minimal detectable activity (n° misure <M.A.R), in order to check how these values affect the value resulting from the average.

The report does not contain the sampling and sample treatment procedures and the description of the analytical methods for measuring radioactivity used by the different organisations participating in the National Environmental Radioactivity Networks. An overview of these is given in the 1993 National Environmental Radioactivity Report, while greater details may be found in the publication “Raccolta dei risultati dell’attività dei gruppi di lavoro delle Reti Nazionali ANPA, maggio 1995”. Reproduction of the data contained in this report is authorised, provided the source is acknowledged. The National Environmental Protection Agency organises intercomparison programmes of the analytical methods used for measuring radioactivity in food and environmental samples, in order to guarantee that the laboratories of the organisations belonging to the RESORAD network, perform measurements with a certain degree of accuracy and maintain the quality of their systems. The reliability programme is carried out in partnership with the National Institute of Ionising Radiation Metrology (INMRI) of the Italian National Agency for New Technologies, Energy and the Environment (ENEA).

IL CONTROLLO DELLA RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE IN ITALIA

Quadro normativo

Il controllo sulla radioattività ambientale è regolato, nel nostro paese, dal Decreto Legislativo n. 230 del 17 marzo 1995¹ e sue successive modifiche e integrazioni^{2,3,4,5}.

Il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio esercita il controllo sull'ambiente, mentre il Ministero della salute esercita il controllo sugli alimenti e bevande per consumo umano e animale. Il complesso dei controlli è articolato in reti di sorveglianza regionali e reti di sorveglianza nazionali. La gestione delle reti uniche regionali è effettuata dalle singole regioni sulla base di direttive dei due ministeri.

Le reti nazionali si avvalgono dei rilevamenti e delle misure effettuate da istituti, enti ed organismi idoneamente attrezzati. 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 EURATOM⁶ (*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.*) sono affidate all'APAT le funzioni di coordinamento tecnico.

A tal fine l'APAT, sulla base delle direttive in materia emanate dal Ministero della salute e dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio:

- coordina le misure effettuate dagli istituti, enti o organismi di cui sopra, riguardanti la 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 prelevamento 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, in ottemperanza all'articolo 36 del Trattato EURATOM (*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*), le informazioni relative ai rilevamenti effettuati.

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

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/Euratom⁷, relativa al pronto scambio d'informazioni in ambito comunitario. 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 ad uno scambio continuo di dati relativi alle misure effettuate nel corso dell'emergenza.

In conformità a questo dispositivo normativo il sistema di controllo della radioattività ambientale italiano è attualmente articolato in diverse tipologie di reti:

- Reti Nazionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale che comprendono:

-
- Rete RESORAD dei rilevamenti e delle misure effettuati dagli istituti, enti ed organismi idoneamente attrezzati;
 - Reti APAT di allarme: rete GAMMA (dose gamma in aria), rete REMRAD (particolato atmosferico);
 - Rete di allarme del Ministero dell'interno;
 - Reti Regionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale.

Alle reti sopracitate vanno aggiunte le reti di sorveglianza locale della radioattività ambientale degli impianti nucleari, gestite dal titolare dell'autorizzazione o del nulla osta e dagli esercenti, secondo quanto prescritto dall'art. 54 del D.Lgs. 230/95 e s.m.i.

Per quanto riguarda l'architettura della rete di monitoraggio, la Commissione Europea ha emanato la raccomandazione n. 473 EURATOM 8 giugno 2000⁸ sull'applicazione dell'art. 36 del trattato Euratom riguardante il controllo del grado di radioattività ambientale allo scopo di determinare l'esposizione dell'insieme della popolazione. Nella raccomandazione il territorio europeo è suddiviso in "macroregioni", con indicazioni sulle principali matrici da campionare, sulle frequenze di campionamento e misura e sulla sensibilità delle tecniche di misura; essa comprende inoltre quanto già definito da altre Direttive emanate in materia, in particolare la Direttiva del Consiglio 98/83/CE, del 3 novembre 1998, sulla qualità delle acque destinate al consumo umano⁹, recepita in Italia dal D.L. 31/01¹⁰.

Per l'Italia sono individuate tre macroregioni:

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

La raccomandazione individua, inoltre, due tipologie di reti:

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

Un'ulteriore raccomandazione da tenere in considerazione è la 2003/274/CE del 14/04/03¹¹ sulla protezione e l'informazione del pubblico per quanto riguarda l'esposizione risultante dalla continua contaminazione radioattiva di taluni prodotti di raccolta spontanei, a seguito dell'incidente di Chernobyl; in essa è richiesto agli Stati membri di prendere idonee disposizioni per garantire che i massimi livelli consentiti in termini di Cesio-134 (¹³⁴Cs) e di Cesio-137 (¹³⁷Cs) di cui all'articolo 3 del regolamento (CEE) n. 737/90¹² siano rispettati nella Comunità per l'immissione sul mercato di selvaggina, bacche selvatiche, funghi selvatici e pesci carnivori di lago; in particolare, per tali prodotti, la radioattività massima cumulata di ¹³⁴Cs e ¹³⁷Cs non deve essere superiore a 600 Bq/kg.

Le Reti di monitoraggio nei paesi europei sono state progettate in funzione delle esigenze dei singoli paesi e pertanto, in un quadro d'insieme, presentano tuttora situazioni disomogenee sia rispetto all'allocazione dei siti di monitoraggio, sia alle matrici campionate, sia alle tipologie di misure eseguite, sia alle tecniche di misura utilizzate.

La Commissione europea pubblica annualmente i dati sul monitoraggio della radioattività ambientale pervenuti dagli Stati Membri, sotto forma di rapporti che risalgono agli inizi degli anni '60¹³.

IL SISTEMA DELLE RETI NAZIONALI DI SORVEGLIANZA DELLA RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE

Obiettivi delle reti nazionali

Di seguito sono elencati i principali obiettivi del sistema delle reti nazionali:

- seguire l'andamento spazio-temporale delle concentrazioni dei radioelementi 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 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 ad eventuali possibili situazioni di emergenza sul territorio nazionale;
- informare periodicamente la popolazione e le istituzioni preposte sull'attività svolta "fotografando" lo stato radiometrico dell'ambiente a livello nazionale.

Rete degli istituti, enti e organismi idoneamente attrezzati - RESORAD

Consiste in un insieme di strutture che concorrono a monitorare i punti di osservazione localizzati sul territorio nazionale, opportunamente definiti secondo criteri geografici, climatologici, nonché sulla base di considerazioni concernenti la distribuzione della popolazione e le loro abitudini alimentari, per analizzare l'andamento spazio-temporale delle concentrazioni dei radioelementi nelle matrici dei diversi comparti ambientali ed alimentari interessati dalla diffusione della radioattività e dal trasferimento di questa all'uomo. La sensibilità con cui si eseguono i rilevamenti rende la rete atta a rivelare tempestivamente eventi anomali, come ad esempio nel giugno del 1998, quando la rete nazionale italiana fu in grado di evidenziare, attraverso la rivelazione di una presenza anomala di radioattività in aria, l'incidente alla fonderia spagnola di Algeciras, nella quale era stata fusa una sorgente di ^{137}Cs che si diffuse nell'atmosfera.

Nel 2002 i soggetti che hanno contribuito alla produzione di dati radiometrici per la rete RESORAD sono stati i seguenti:

- Aeronautica Militare – Servizio Meteorologico
- Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici
- Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente e la Tutela del Lavoro - Bolzano
- Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente – Trento
- Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente dell'Emilia Romagna
- Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione Ambientale del Veneto
- Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Calabria

- Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Campania
- Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Lazio
- Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale delle Marche
- Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Molise
- Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Piemonte
- Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Puglia
- Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana
- Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale dell' Umbria
- Agenzia Regionale per la Protezione dell' Ambiente della Basilicata
- Agenzia Regionale per la Protezione dell' Ambiente del Friuli Venezia Giulia
- Agenzia Regionale per la Protezione dell' Ambiente Ligure
- Agenzia Regionale per la Protezione dell' Ambiente della Lombardia
- Agenzia Regionale per la Protezione dell' Ambiente della Sicilia
- Agenzia Regionale per la Protezione dell' Ambiente delle Valle d' Aosta
- Agenzia Regionale per la Tutela dell' Ambiente dell' Abruzzo
- Centro di Riferimento Regionale per il Controllo della Radioattività Ambientale della Sardegna
- Croce Rossa Italiana
- Presidio Multizonale di Prevenzione di Sassari

Le frequenze di campionamento delle matrici ambientali e alimentari previste nelle reti, tengono conto dei tempi di accumulo della radioattività nei vari comparti ambientali e dei limiti di rivelabilità delle metodologie di misura impiegate.

L'individuazione dei punti di osservazione e delle frequenze di campionamento richiede la raccolta di dettagliate informazioni relative alle caratteristiche del territorio da controllare e l'approfondita conoscenza dei processi coinvolti nella dispersione dei radionuclidi nell'ambiente.

Nella tabella 1 è riportato schematicamente il programma di campionamento delle matrici ambientali rappresentative dei principali comparti ambientali e di alcune componenti della dieta italiana della rete RESORAD; vi figurano le frequenze di prelievo dei campioni e l'elenco dei principali radionuclidi che sono monitorati nelle diverse matrici. L'attuale programma è impostato sulla base del risultato di gruppi di lavoro appositamente costituiti nei primi anni '90¹⁴.

Tabella 1 - Programma di campionamento della rete RESORAD – RESORAD network sampling program

Matrice	Frequenza di prelievo	Frequenza delle misure radiometriche	Principali radionuclidi
Particolato atmosferico	Giornaliera	Mensile	Beta totale, ¹³⁷ Cs, ⁷ Be
Deposizioni umide e secche al suolo	Mensile	Mensile	¹³⁷ Cs, ⁷ Be, ⁹⁰ Sr
Acqua potabile*	Semestrale	Semestrale	¹³⁷ Cs, ⁹⁰ Sr
Matrici dell'ambiente acquatico	Semestrale	Semestrale	¹³⁷ Cs, ⁹⁰ Sr
Carni	Mensile	Trimestrale	¹³⁷ Cs
Pesci	Semestrale	Semestrale	¹³⁷ Cs
Cereali e derivati	Stagionale	Stagionale	¹³⁷ Cs, ⁹⁰ Sr
Pasta	Trimestrale	Trimestrale	¹³⁷ Cs
Vegetali	Stagionale	Stagionale	¹³⁷ Cs, ⁹⁰ Sr
Frutta	Stagionale	Stagionale	¹³⁷ Cs
Latte	Settimanale/Mensile	Mensile	¹³⁷ Cs, ⁹⁰ Sr

*Non sono state ancora incluse tutte le misure previste ai sensi della direttiva del Consiglio 98/83/CE, del 3 novembre 1998, sulla qualità delle acque destinate al consumo umano⁹, recepita in Italia dal D.L. 31/01¹⁰.

Le matrici considerate comprendono in ogni caso tutte quelle espressamente indicate dalla Raccomandazione della Commissione Europea 8 giugno 2000⁸ (aria, particolato atmosferico, acque superficiali, acqua potabile, latte, dieta mista).

I metodi di campionamento, trattamento e misura delle matrici ambientali sono sinteticamente riportati nel Rapporto delle Reti Nazionali per il 1993 e, più in dettaglio, nella pubblicazione “Raccolta dei risultati dell’attività dei gruppi di lavoro delle Reti Nazionali. ANPA, maggio 1995”¹⁴, nonché nel documento prodotto nel 2000 dal Centro Tematico Nazionale Agenti Fisici (CTN_AGF) (AGF-T-GTE-00-02) “Guida tecnica sulle misure di radioattività ambientale derivanti dall’adeguamento dei relativi insiemi di dati”¹⁵.

Si evidenzia in ogni modo la necessità di una revisione dell’attuale configurazione delle Reti Nazionali, in adeguamento alle indicazioni formulate dalla Raccomandazione della Commissione Europea 8 giugno 2000 sull’applicazione dell’art. 36 del Trattato Euratom. Tale percorso è stato avviato, producendo al momento i seguenti documenti nell’ambito dell’attività del CTN_AGF:

- CTN_AGF (AGF-T-RAP-01-12) “Assistenza all’ANPA per la revisione delle reti nazionali di controllo della radioattività ambientale”, 2001;
- CTN_AGF (AGF-T-GTE-00-02) “Guida tecnica sulle misure di radioattività ambientale derivanti dall’adeguamento dei relativi insiemi di dati”, 2000¹⁵;
- CTN_AGF (AGF-T-RAP-00-13) “Criteri per l’adeguamento degli insiemi di dati sulla radioattività ambientale”, 2000;
- CTN_AGF (AGF-T-SFW-01-05) “Sviluppo della banca dati delle reti nazionali di monitoraggio della radioattività ambientale”, 2001.

I dati prodotti annualmente sono inviati alla Commissione Europea, che provvede a raccogliarli nella banca dati REM del Joint Research Centre di Ispra. In caso di emergenza nucleare i soggetti della rete sono chiamati a fornire i dati al Centro di Elaborazione e Valutazione Dati (CeVaD) che ha sede presso l’APAT, al quale, in base all’art. 123 del D. Lgs. 230/95 e s.m.i.¹, è affidato il compito della raccolta e valutazione dei dati radiometrici come supporto alla Protezione Civile, al fine dell’adozione di eventuali azioni per la protezione della popolazione.

Programma di affidabilità

Nell’ambito del coordinamento tecnico delle Reti nazionali di sorveglianza della radioattività ambientale, sono affidate all’APAT 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 ed Organismi che partecipano alle reti nazionali 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 internazionali organizzati dalla Commissione Europea e a un programma di affidabilità gestito dall’APAT in collaborazione con l’Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti (INMRI) dell’Ente per le Nuove Tecnologie, l’Energia e l’Ambiente (ENEA). Il programma comprende campagne periodiche di taratura e interconfronti. Le sorgenti radioattive campione da utilizzare nelle particolari tipologie di misura secondo il tipo di campagna, sono preparate e distribuite dall’INMRI^{16,17,18,19}.

Il programma di affidabilità prevede inoltre incontri periodici con i vari laboratori partecipanti, per

individuare e suggerire i rimedi nel caso di risultati non soddisfacenti. Sono redatte relazioni, da allegare al rapporto annuale, per una valutazione complessiva del livello di affidabilità delle reti nazionali e della sua evoluzione nel tempo^{20,21,22,23,24}.

Le campagne svolte dal 1983 al 2000 sono riassunte in ordine cronologico nella tabella 2, dove è citata anche la tipologia di misura considerata. Nel corso del 2001 e 2002 non sono state organizzate campagne di taratura ed interconfronto.

Tabella 2 - Campagne di taratura ed interconfronto dal 1983 al 2000 – Calibration and intercomparison exercises carried out from 1983 to 2000

Anno	Tipologia di interconfronto	Misure beta	Spettrometria gamma	Oggetto della campagna ed obiettivo specifico
1983	interconfronto su misure β e γ	⁹⁰ Sr nel latte	¹³⁷ Cs nel latte	valutazione stato iniziale
1985	interconfronto su misure β e γ	⁹⁰ Sr nel latte	¹³⁷ Cs nel latte	riproducibilità
1987-1989	taratura ed interconfronto su misure β e di spettrometria γ	⁹⁰ Sr in sorgenti liquide acquose	emettitori γ in sorgenti liquide acquose	avviamento nuovi laboratori post-Chernobyl
1990	taratura ed interconfronto su misure β e di spettrometria γ	⁹⁰ Sr in sorgenti liquide acquose	emettitori γ in sorgenti liquide acquose	valutazione complessiva di affidabilità
1991	interconfronto su misure di spettrometria γ	-	emettitori γ nel suolo	valutazione complessiva di affidabilità.
1993	taratura per misure β e di spettrometria γ	emettitori β nel fallout e nel particolato atmosferico	emettitori γ nel fallout e nel particolato atmosferico	taratura dei sistemi di misura
1996	taratura ed interconfronto su misure di spettrometria γ	-	emettitori γ in sorgenti liquide acquose	avviamento di 12 nuovi laboratori (CRR) immessi nella rete
1998	taratura ed interconfronto su misure di spettrometria γ	-	emettitori γ in sorgenti liquide acquose	valutazione di affidabilità per 12 nuovi laboratori (CRR) immessi nella rete
2000	taratura su misure di spettrometria γ	-	emettitori γ in sorgenti liquide acquose	taratura dei sistemi di misura per matrici con densità superiore all'acqua

Reti di allarme dell'APAT (REMRAD e RETE GAMMA)

Queste reti, gestite dall'APAT, sono state realizzate a seguito dell'esperienza maturata in occasione dell'incidente di Chernobyl e costituiscono ad oggi un patrimonio ormai acquisito del sistema integrato nazionale di supporto alla gestione delle emergenze radiologiche. In caso di un evento incidentale presso impianti nucleari oltrefrontiera, che comporti un rilevante rilascio di radioattività in atmosfera, le reti hanno l'obiettivo di confermare le informazioni rese disponibili dai sistemi internazionali di pronta notifica, soprattutto in relazione alla possibilità che l'eventuale contaminazione possa interessare il territorio nazionale, come di generare una pronta allerta in caso di assenza di una notifica immediata. Esse contribuiscono altresì a fornire delle misure in automatico nelle prime fasi di un evento rilevante che dovesse originarsi nel territorio italiano.

Si tratta di due strutture complementari:

- la rete REMRAD, con compiti di pronto allarme, è costituita da sette stazioni, completamente automatiche, poste in siti dell'Aeronautica Militare. I siti sono stati scelti in base alla loro importanza geografica (figura 1) al fine di controllare le probabili vie d'accesso nel territorio italiano della contaminazione radioattiva, che dovesse originarsi a seguito di gravi incidenti presso installazioni nucleari straniere, svolgendo al riguardo funzione di pronto allarme. Il sistema è in grado di analizzare il particolato atmosferico raccolto su filtro con misure di concentrazione di radioattività naturale ed artificiale mediante spettrometria gamma e misure di radioattività alfa e beta. Le stazio-

ni sono altresì dotate di strumentazione per la misura dei parametri meteorologici. Le prime tre stazioni sono state realizzate con il contributo finanziario del Dipartimento della Protezione Civile;

- la rete GAMMA è composta di 50 stazioni, distribuite nel territorio italiano (figura 1), con rivelatori di dose gamma in aria che hanno il compito di rilevare anomalie dovute alla diffusione di radioattività artificiale sul territorio nazionale e di permettere di stimare in tempo reale l'estensione geografica delle aree coinvolte²⁵. La strumentazione di misura adottata, composta di tre rivelatori Geiger-Muller, due per basse dosi ed uno per alte dosi, copre un ampio intervallo di misura; ciò permette anche l'osservazione e la misura di deboli variazioni del fondo naturale significativi per un allarme radiologico. I dati della rete GAMMA vengono trasmessi su base giornaliera al sistema EURDEP, che rappresenta la piattaforma di scambio dei dati sulla radioattività ambientale in situazioni di emergenza nucleare e radiologica nell'ambito dell'Unione Europea, ai sensi della Decisione del Consiglio 87/600/Euratom⁷.

Entrambe le reti sono collegate in tempo reale al centro di controllo sito presso la sala emergenza dell'APAT, dalla quale è possibile effettuare una lettura dei dati forniti dalle stazioni, nonché un'archiviazione ed una valutazione degli stessi.

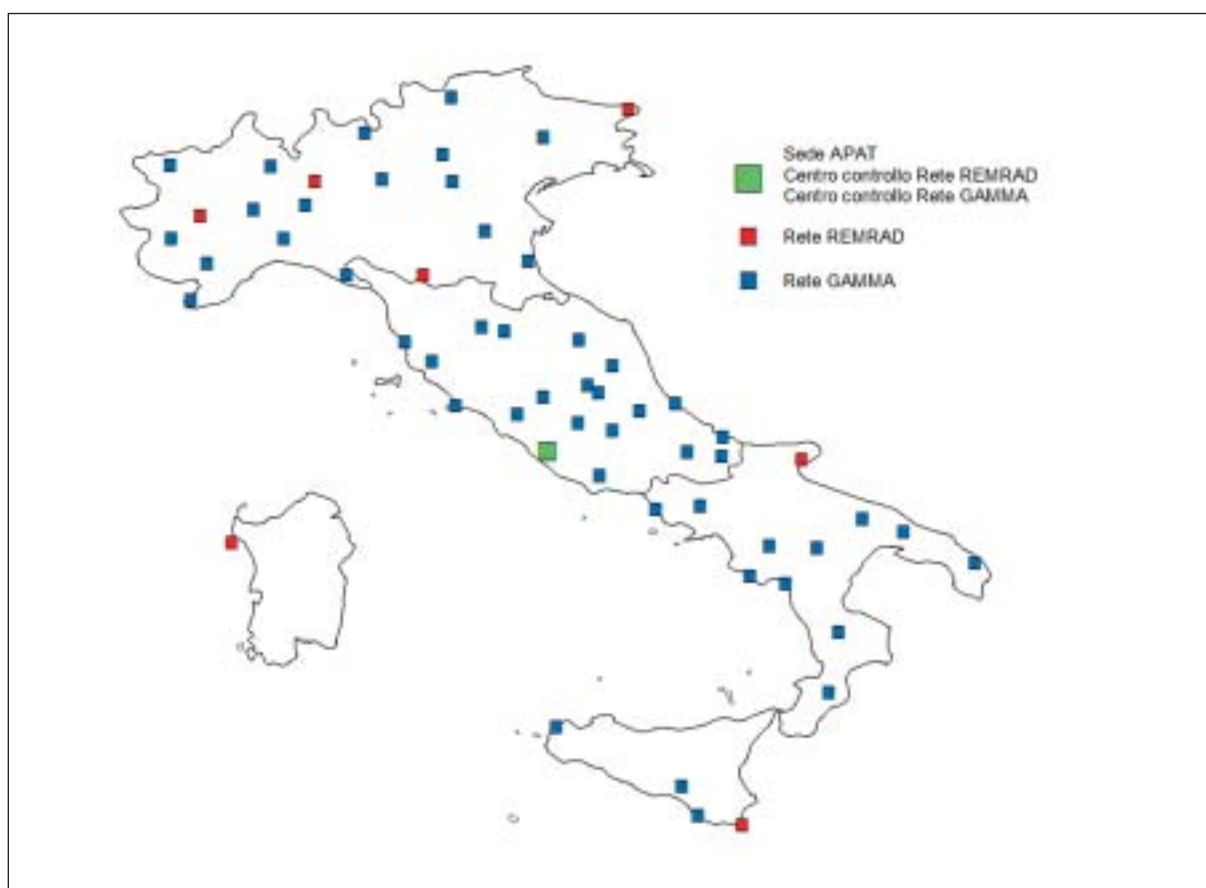


Figura 1 - Dislocazione delle stazioni di allarme della rete REMRAD e della rete GAMMA – *Sampling points of the REMRAD and GAMMA network*

RISULTATI DEL 2002

La presente pubblicazione riporta i valori di concentrazione dei radionuclidi presenti nei principali comparti ambientali e nelle principali componenti della dieta italiana, raccolti nel 2002 nell'ambito delle Reti nazionali di sorveglianza della radioattività ambientale ad esclusione dei dati della rete di allarme gestita dal Ministero dell'interno; riporta altresì, per alcune matrici, gli andamenti della concentrazione di ^{137}Cs nel tempo, desunte dai Rapporti delle reti nazionali degli anni passati^{26,27,28}.

Nel seguito sono presentati i dati sui livelli di radioattività misurati nelle seguenti matrici:

- dose gamma in aria;
- particolato atmosferico;
- deposizioni umide e secche al suolo;
- cereali e derivati;
- vegetali;
- frutta;
- latte vaccino;
- acqua potabile;
- carne bovina;
- carne suina;
- carni provenienti da allevamenti avicoli;
- fauna ittica;
- acque marine;
- acque fluviali e lacustri;
- sedimenti marini;
- sedimenti fluviali e lacustri;
- detrito minerale organico sedimentabile (DMOS);
- dieta mista.

Nella lettura dei dati pervenuti dagli istituti, enti e organismi idoneamente attrezzati (rete RESO-RAD) devono essere tenute presenti le seguenti considerazioni:

- sono stati eliminati tutti i valori per i quali non era indicata chiaramente la matrice;
- non sono stati considerati i valori per i quali le minime attività rivelabili (MAR) erano:
 - a. superiori ai "reporting levels" indicati dalla raccomandazione n.473 dell'8 giugno 2000/Euratom per le matrici esplicitamente comprese nella raccomandazione stessa,
 - b. superiori alle MAR indicate dalla pubblicazione "Raccolta dei risultati dell'attività dei gruppi di lavoro delle reti nazionali. ANPA, maggio 1995"¹⁴ per le matrici non esplicitamente comprese nella citata raccomandazione,
- nel caso di risultati di misure inferiori alla minima attività rivelabile, le eventuali operazioni di media sono state eseguite assumendo cautelativamente il valore sperimentale come uguale alla minima attività rivelabile (ciò anche nel caso in cui i risultati delle misure erano tutti inferiori alla MAR) ed è stato posto il simbolo "<" davanti al valore della media. È stato sempre riportato il numero totale di misure eseguite (N° Misure) ed il numero totale di misure con valori inferiori alle minime attività rivelabili (N° Misure < MAR) in modo da avere un'indicazione di quanto questi dati influenzino il valore della media ricavata nel modo descritto.

Nella tabella 3 sono riportati i reporting levels della raccomandazione e le MAR del rapporto ANPA 1995 per i principali radionuclidi di interesse.

Tabella 3 - Reporting Levels (R.L.) indicati nella raccomandazione 2000/473/Euratom e minima attività rivelabile (MAR) di riferimento – Reporting Levels (R.L.) indicated in the European recommendation 2000/473/Euratom and Minimal detectable activity (MAR) of reference

Matrice	Reporting Levels (R.L.) ^(a)			Minima attività rivelabile (MAR) ^(b)	
	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	β	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
Particolato Atmosferico	30 mBq/m ³		(β _{Tot}) 5 mBq/m ³	5.0 mBq/m ³	0.5 mBq/m ³
Deposizioni umide e secche al suolo	-	-	-	0.5 Bq/m ²	0.5 Bq/m ²
Acque superficiali ^(c)	1.0 Bq/l	-	(β _{Res}) 0.6 Bq/l	0.1 Bq/l	0.1 Bq/l
Acque marine ^(c)	-	-	(β _{Res}) 0.6 Bq/l	1.0 mBq/l	2.5 mBq/l
Sedimenti fluviali ^(d)	-	-	-	0.2 Bq/kg	3.0 Bq/kg
Detrito minerale organico sedimentabile (DMOS) ^(d)	-	-	-	0.2 Bq/kg	3.0 Bq/kg
Sedimenti marini ^(d)	-	-	-	0.2 Bq/kg	1.0 Bq/kg
Latte	0.5 Bq/l	0.2 Bq/l	-	0.1 Bq/l	0.1 Bq/l
Acqua potabile	0.1 Bq/l	0.06 Bq/l	-	0.01 Bq/l	0.01 Bq/l
Carni (Allevamenti bovini, suini ed avicoli)	-	-	-	0.1 Bq/kg	-
Cereali e derivati	-	-	-	0.1 Bq/kg	0.1 Bq/kg
Pesci ^(e)	-	-	-	0.1 Bq/kg	-
Vegetali e frutta ^(e)	-	-	-	0.1 Bq/kg	0.1 Bq/kg
Dieta mista	0.2 Bq/dp ^(f)	0.1 Bq/dp ^(f)	-	-	-

(a): Raccomandazione della Commissione Europea 473/Euratom 8 giugno 2000

(b): Raccolta dei risultati dell'attività dei gruppi di lavoro delle Reti Nazionali. ANPA, maggio 1995

(c): β residuo riferito a ⁹⁰Sr

(d): peso secco

(e): peso fresco

(f): Bq/giorno/persona

I dati sono stati elaborati in modo da poterli rappresentare per le macroregioni italiane, così come indicato nell'allegato II della Raccomandazione 2000/473/Euratom.

Radioattività nel particolato atmosferico, in aria e nelle deposizioni umide e secche al suolo

Particolato atmosferico

I prelievi del particolato atmosferico erano storicamente stati affidati ad una rete di stazioni dell'Aeronautica Militare – Servizio Meteorologico, distinte per quota (alte e basse) e latitudine (nord, centro e sud), caratterizzate da procedure e sistemi di campionamento omogenei. Nel tempo si sono aggiunti alle predette stazioni ulteriori punti presso le sedi delle ARPA/APPa e PMP di Sassari; attualmente, infatti, è su queste ultime strutture che si basa principalmente tale attività. La rete di stazioni dell'Aeronautica Militare si è, infatti, ridotta a sole tre stazioni, rispetto alle iniziali venti. Si osserva in ogni caso (tabella 4 e figura 2, figura 3, figura 4) una certa disomogeneità nella copertura territoriale; in particolare il sud dell'Italia è “coperto” da una sola stazione dell'Aeronautica Militare.

La radioattività in aria è dovuta alla presenza di radionuclidi naturali d'origine cosmogenica e d'origine terrestre, appartenenti alla serie dell'uranio (²³⁸U e ²³⁵U) e del torio (²³²Th) ed eventualmente alla presenza di radionuclidi artificiali, cioè prodotti dall'attività umana.

I raggi cosmici che investono la terra con un flusso diverso secondo la latitudine (maggiore al polo, minore all'equatore) e dell'altitudine (intensità crescente con la quota), contribuiscono in modo rilevante alla presenza di radionuclidi nell'aria. L'interazione dei raggi cosmici nell'atmosfera produce un certo numero di radionuclidi tra i quali il trizio (^3H), il berillio-7 (^7Be), il carbonio-14 (^{14}C) ed il sodio-22 (^{22}Na). Nell'aria, in prossimità della superficie terrestre, sono anche presenti il radon, e i suoi prodotti di decadimento, la concentrazione dei quali dipende principalmente dal contenuto di uranio e torio presenti nel suolo e nelle rocce, nonché dalla loro permeabilità e fratturazione²⁹. I valori di radioattività beta totale in aria rilevata nel particolato atmosferico (tabella 5 e figura 2), che danno un'indicazione del contenuto complessivo di radionuclidi naturali ed artificiali, sono generalmente prossimi alla minima attività rivelabile della strumentazione di misura utilizzata. Si deve considerare che, in ogni caso, le MAR sono largamente inferiori ai reporting levels della Commissione Europea e sufficienti a rivelare eventuali contaminazioni anche di modesta entità.

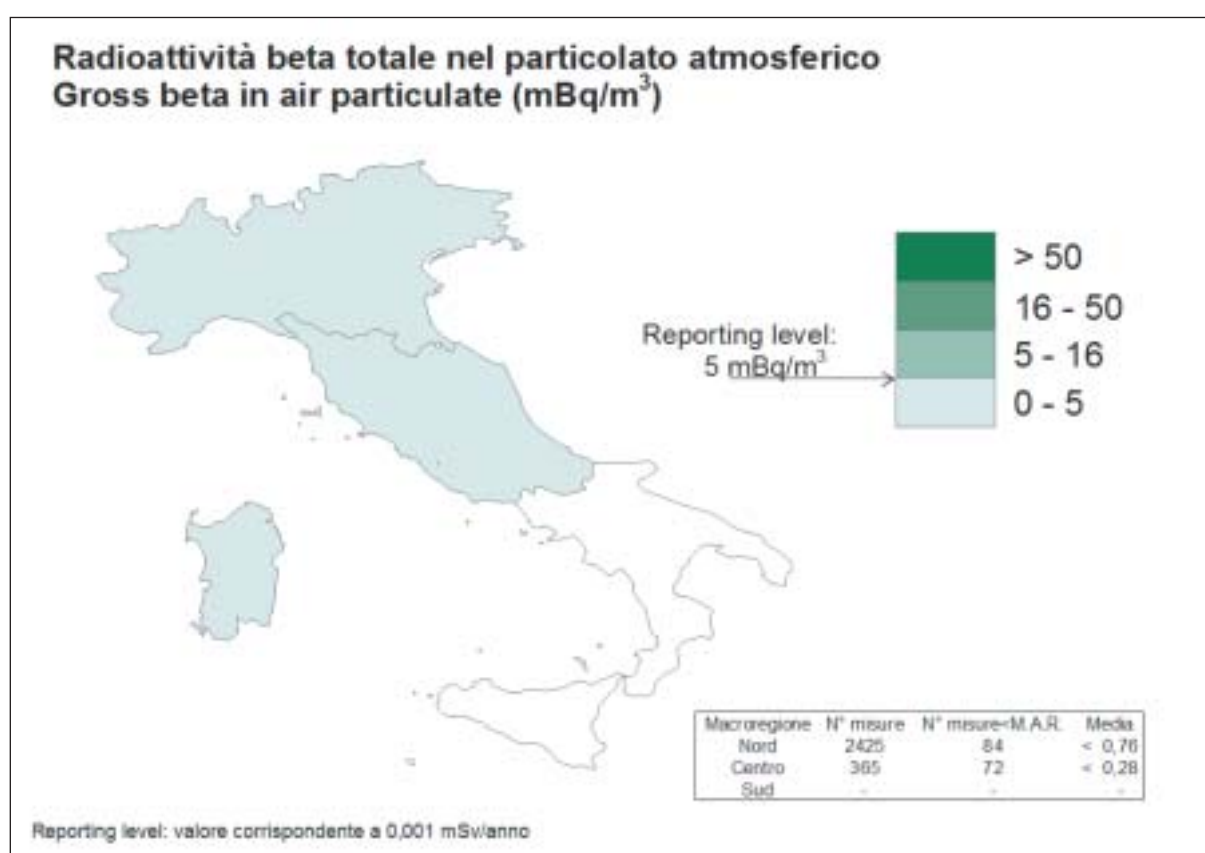


Figura 2 - Radioattività beta totale nel particolato atmosferico – *Gross beta in air particulate*. (mBq/m³)

In tabella 6 e tabella 7 sono riportati rispettivamente i valori delle misure mensili di ^{137}Cs e ^7Be nel particolato atmosferico e in figura 3 e figura 4 i loro valori medi per macroregione. La presenza di ^{137}Cs nel particolato atmosferico è dovuta alla lenta ricaduta di quella parte del ^{137}Cs prodotta durante i test nucleari e l'incidente di Chernobyl che ha raggiunto gli strati più alti dell'atmosfera (stratosfera) e alla risospensione della parte depositata sul suolo nel corso degli anni. Le misure di ^{137}Cs nel particolato atmosferico sono effettuate giornalmente e/o su pacchetti mensili dei filtri di aspirazione.

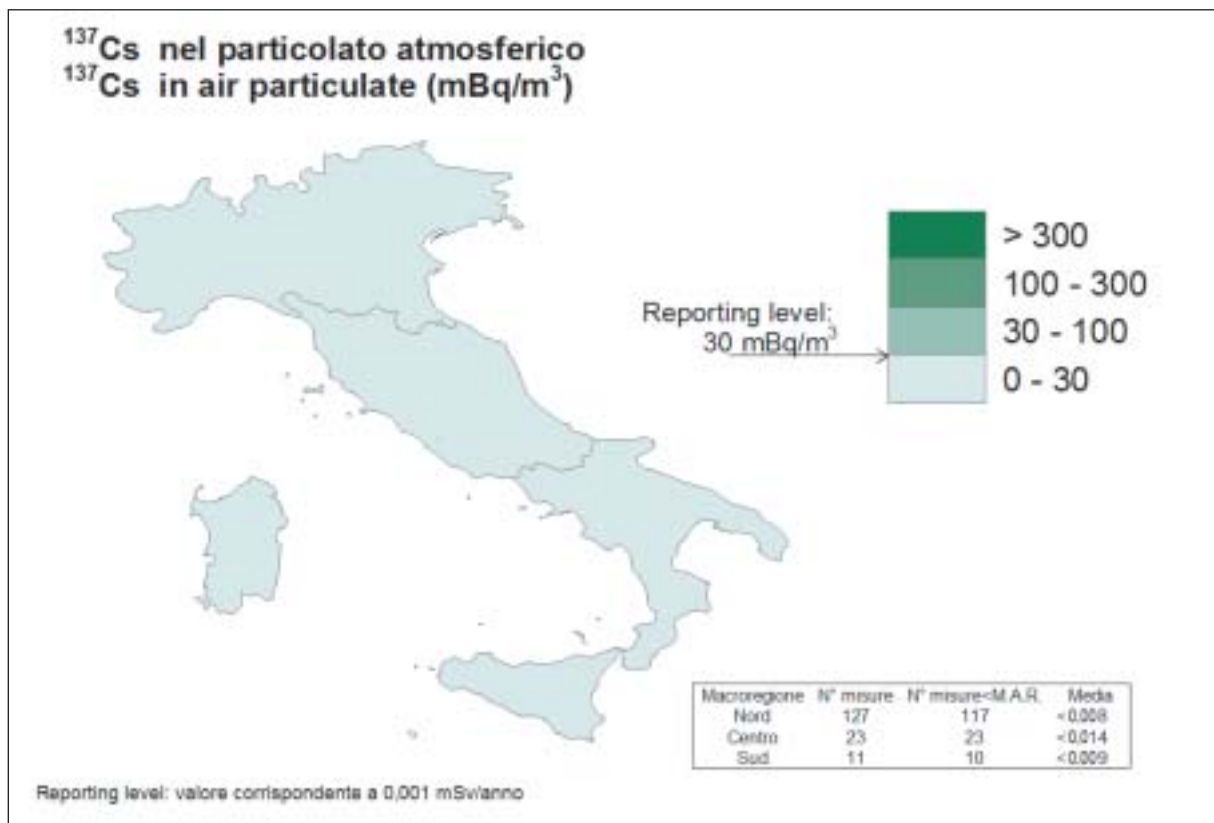


Figura 3 - Concentrazione di ^{137}Cs nel particolato atmosferico – ^{137}Cs in airborne particulate. (mBq/m³)

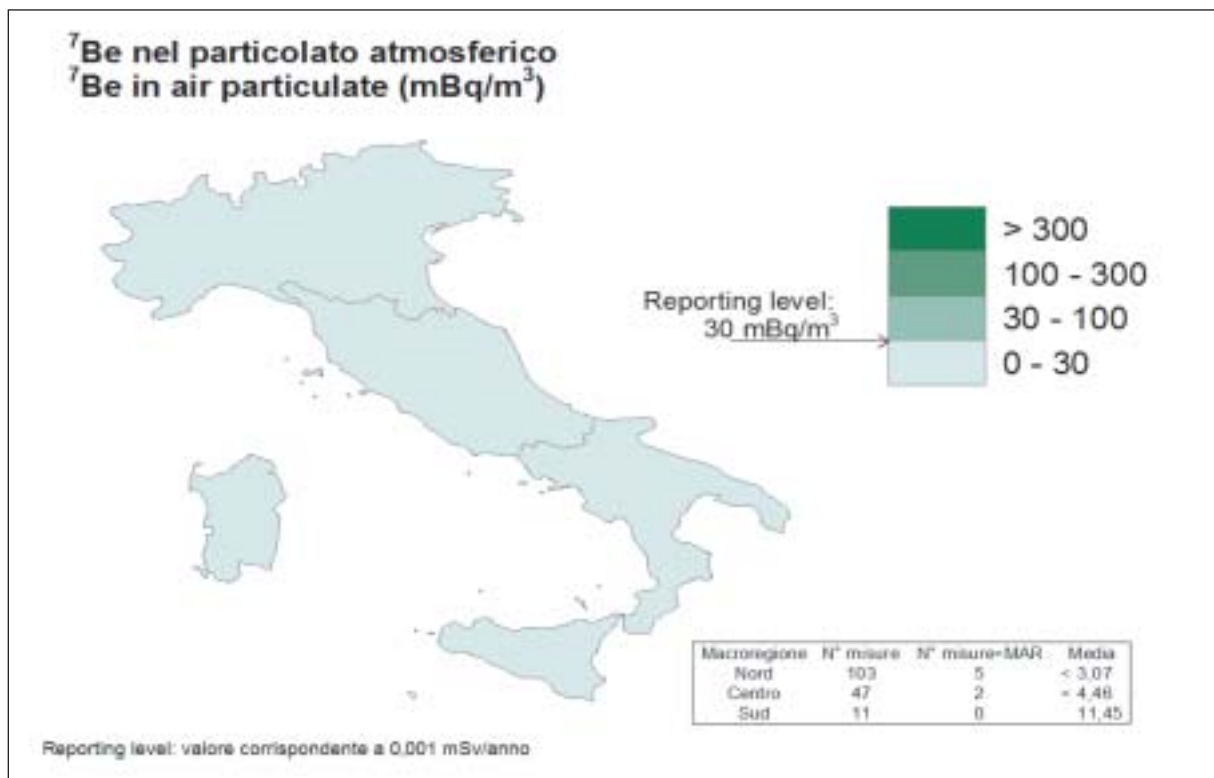


Figura 4 - Concentrazione di ^7Be nel particolato atmosferico – ^7Be in airborne particulate. (mBq/m³)

I valori si differenziano rispetto alle MAR secondo le diverse capacità di aspirazione dei sistemi di campionamento attualmente in uso presso le singole strutture. L'andamento temporale (medie mensili di tutte le misure) della concentrazione di ^{137}Cs nel particolato atmosferico è riportato in figura 5. Il valore relativo ai primi giorni di maggio 1986 (arrivo della nube di Chernobyl in Italia) si riferisce alle stazioni del centro nord e al JRC di Ispra³⁰. Si evidenzia il picco dovuto alla fusione accidentale di una sorgente di ^{137}Cs nella fonderia spagnola di Algeciras nel giugno 1998 con conseguente emissione in atmosfera che interessò, per un breve periodo, il nord dell'Italia.

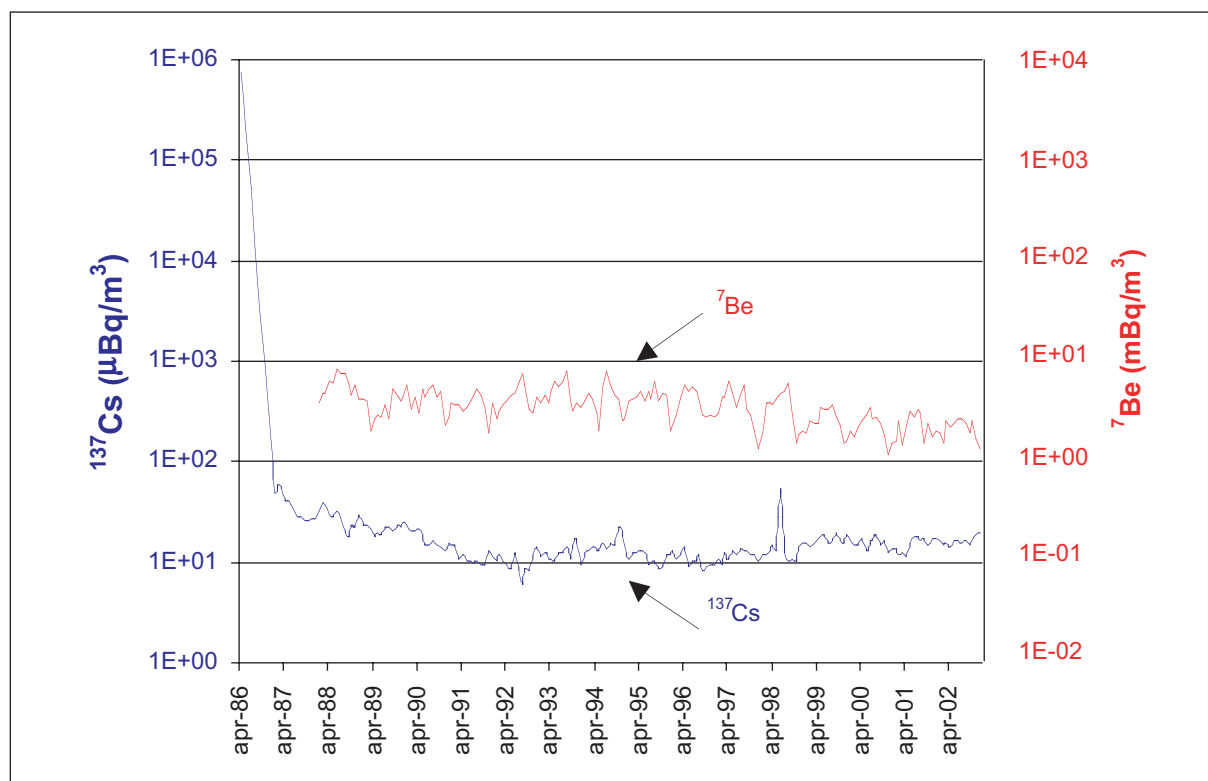
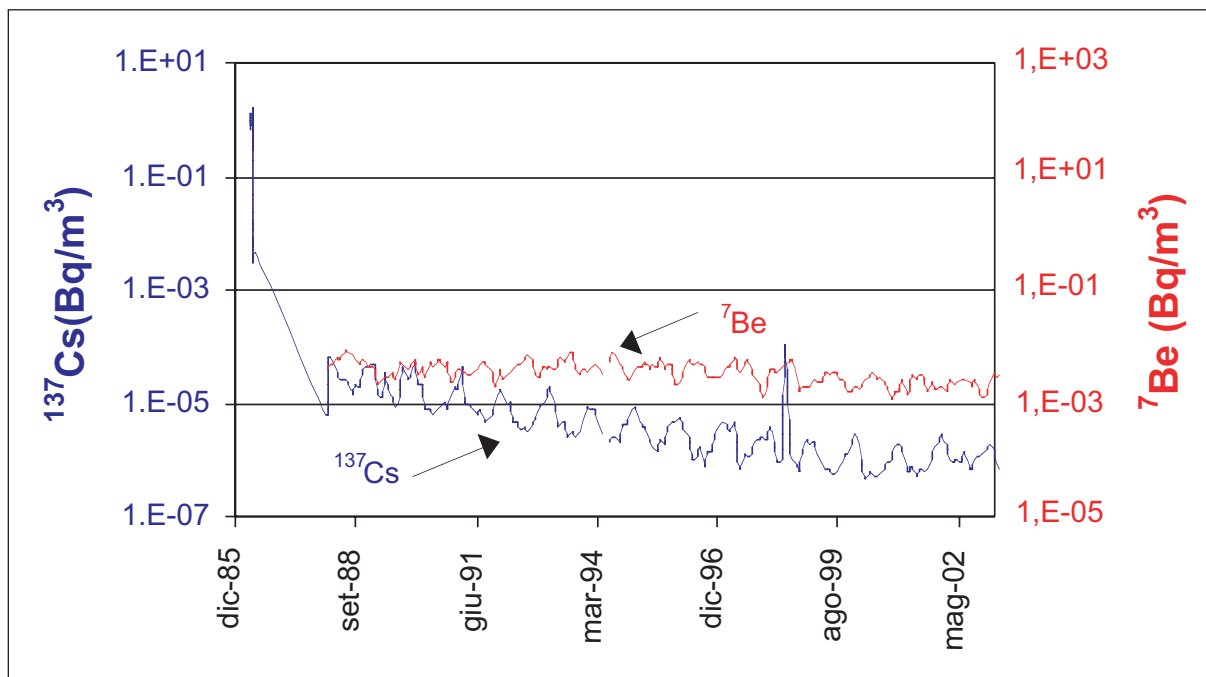


Figura 5 - Andamenti del ^{137}Cs e del ^7Be nel particolato atmosferico – Trends of ^{137}Cs and ^7Be in airborne particulate. (mBq/m³)

Sempre in figura 5 è riportato anche l'andamento del ^7Be del quale, nella raccomandazione 2000/473/Euratom, ne viene chiesta la determinazione come prova qualitativa dei metodi di misura impiegati; il ^7Be 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 inverno³¹.

Fino agli anni '70 il ^{137}Cs seguiva il medesimo andamento, a dimostrazione che, la sua presenza in aria era dovuta principalmente alla ricaduta dalla stratosfera a seguito dei test nucleari effettuati il decennio precedente. In tempi più recenti, dai primi anni '80, la presenza di ^{137}Cs segue un andamento contrario al ^7Be con massimi durante il periodo invernale, come si rileva dalla figura 6 in cui sono riportati gli andamenti stagionali delle concentrazioni di ^{137}Cs e ^7Be della stazione di prelievo del Dipartimento di Milano dell'ARPA Lombardia.

Questo andamento porterebbe ad attribuire ai fenomeni di risospensione dal terreno la principale fonte della presenza di ^{137}Cs in aria e indicherebbe un progressivo esaurimento del contenuto di ^{137}Cs nella stratosfera.



I punti relativi agli anni '86 e '87 si riferiscono alla stazione del JRC di Ispra e sono riportati per confronto con la situazione durante l'incidente di Chernobyl – *The data of the '86 and '87 refer to the Ispra JCR and are reported for comparison to the conditions during the Chernobyl accident*

Figura 6 - Andamenti delle concentrazioni di ^{137}Cs e ^7Be della stazione di prelievo della rete RESORAD di Milano (ARPA Lombardia) – *Trends of ^{137}Cs and ^7Be obtained at the sampling point of RESORAD network of Milano (ARPA Lombardia)*

Dose gamma assorbita in aria

La dose gamma assorbita in aria, come detto sopra, è dovuta a due contributi principali: la radiazione cosmica e quella terrestre. La componente terrestre varia in relazione alla geologia del sito e al fatto che l'esposizione avvenga all'esterno (*outdoor*) o all'interno (*indoor*) degli edifici. In quest'ultimo caso vi è una componente aggiuntiva dovuta alla radioattività naturale contenuta nei materiali da costruzione. Nell'ambito di un sito il valore della dose gamma in aria è sostanzialmente omogeneo nel tempo.

I dati riportati sono derivati dalla rete GAMMA dell'APAT. La rete non è stata progettata per la valutazione della dose alla popolazione, ma per monitorare la distribuzione spaziale di un'eventuale contaminazione; tuttavia i dati medi sono confrontabili con i risultati di un'indagine estesa su tutto il territorio nazionale e riferibile alla popolazione italiana³².

Nella tabella 8 e nella figura 7 sono riportati i valori medi annuali del rateo di dose gamma assorbita in aria per le tre macroregioni; sono riportate anche le medie annuali delle stazioni con i risultati massimi e minimi. Si nota una grande variabilità spaziale, giustificata dalle diverse strutture litologiche dei siti di misura. Il valore medio nazionale pesato per la popolazione delle tre macro regioni è pari a 103 nGy/h.

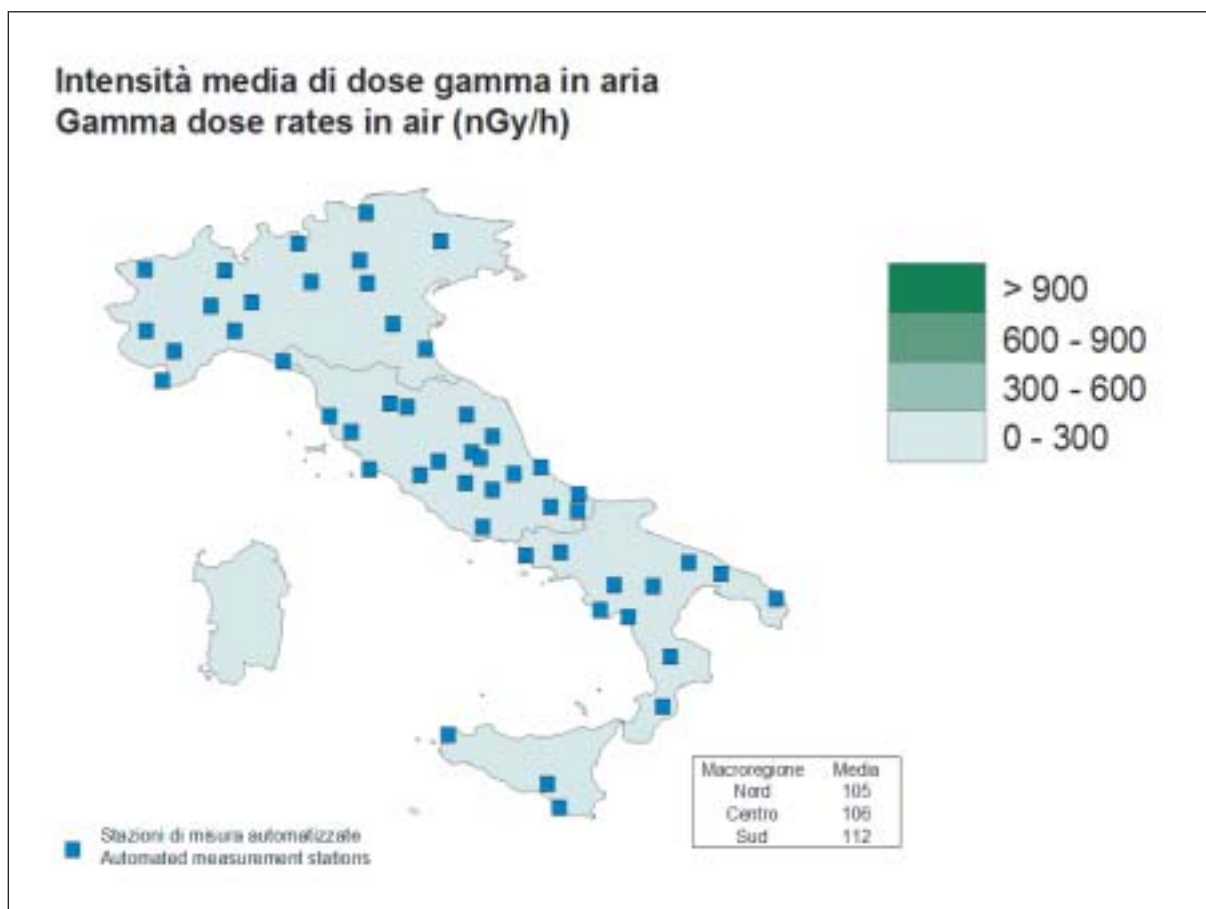


Figura 7 - Intensità media di dose gamma in aria – *Gamma dose rate in air. (nGy/h)*

Deposizioni umide e secche

Nella tabella 9 sono riportate le località di prelievo delle deposizioni umide e secche al suolo. Questo tipo di matrici non sono comprese tra quelle indicate dalla raccomandazione 2000/473/Euratom⁸ come più rappresentative per la stima dell'esposizione della popolazione. Tuttavia sono ritenute matrici di interesse quali ulteriori indicatori dello stato di contaminazione presente nell'ambiente. I dati relativi alle deposizioni umide e secche al suolo del ⁷Be (tabella 10) denotano valori mediamente superiori nel periodo estivo e sono congruenti con i valori misurati in aria; sono altresì probabilmente dipendenti dalle precipitazioni locali (vedi nello specifico i dati del mese di novembre durante il quale sono state riscontrate maggiori precipitazioni). I valori di ¹³⁷Cs (tabella 11 e figura 8) e Stronzio-90 (⁹⁰Sr) (tabella 12) sono generalmente prossimi alle minime attività rivelabili dalla strumentazione di misura utilizzata.

Nella figura 9 è presentata la serie storica nelle deposizioni annuali umide e secche al suolo di ¹³⁷Cs a livello nazionale. Si evidenziano gli eventi di ricaduta associati ai *test* in atmosfera degli anni '60 e l'episodio dell'incidente alla centrale di Chernobyl a partire dal quale l'andamento dei valori di contaminazione segna una sistematica diminuzione (il valore per il 1986 è stato stimato dai dati sperimentali presentati in un rapporto dell'OECD per la somma dei due isotopi, ¹³⁴Cs e ¹³⁷Cs)³³. Dai dati della tabella 11 si osserva una disomogeneità significativa nella copertura territoriale.

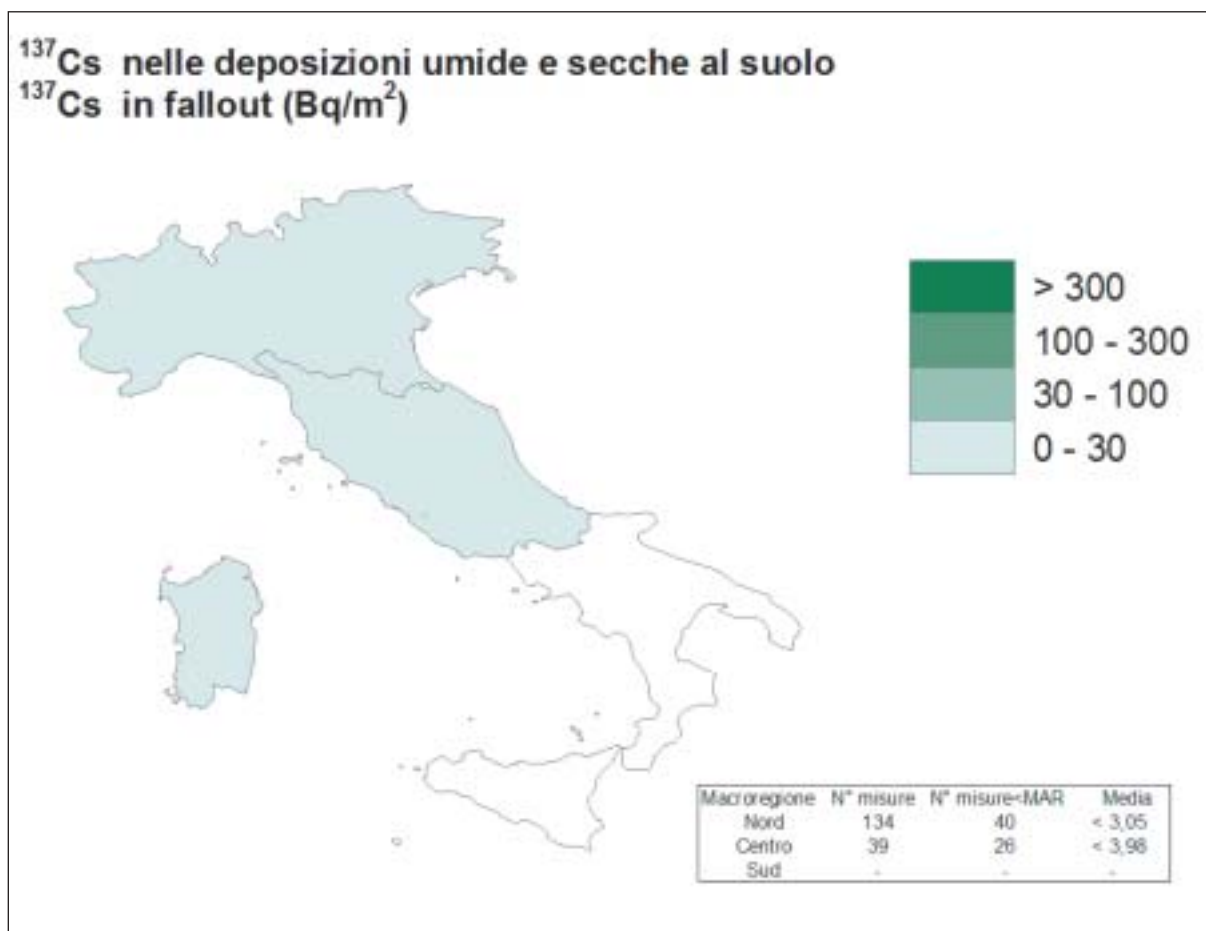


Figura 8 - Concentrazione di ^{137}Cs nelle deposizioni umide e secche annuali al suolo – ^{137}Cs in fallout. (Bq/m^2)

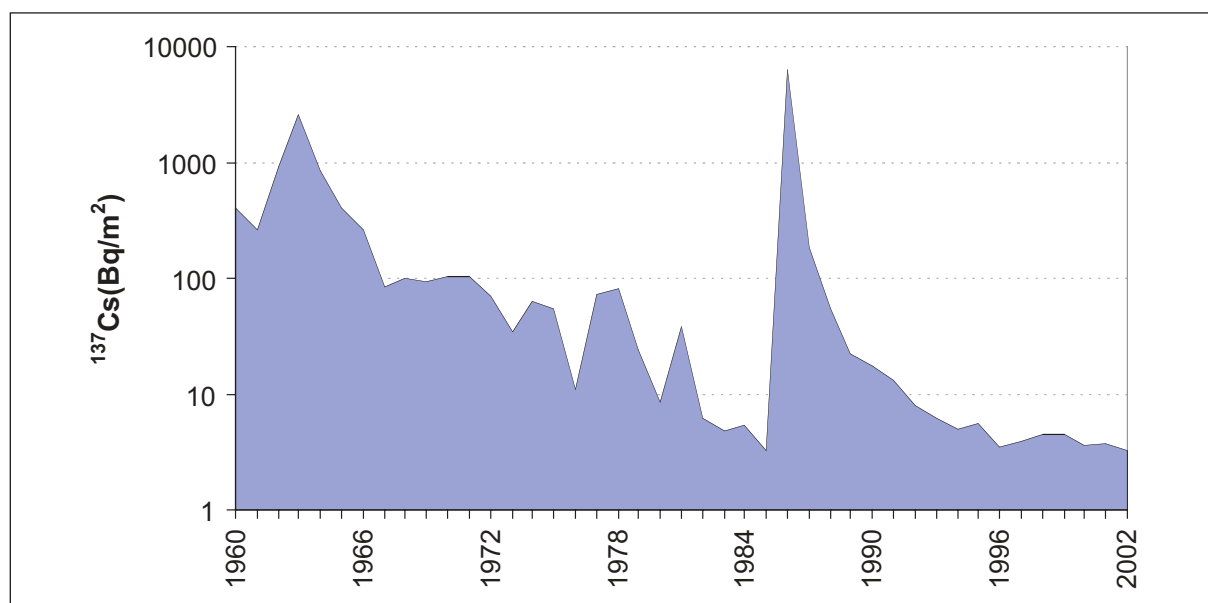


Figura 9 - Andamento del ^{137}Cs nelle deposizioni umide e secche annuali al suolo – Trend of ^{137}Cs in fallout. (Bq/m^2)

Radioattività in altre matrici ambientali

I radionuclidi artificiali presenti nell'ambiente sono in larga parte attribuibili alle deposizioni al suolo conseguenti alle esplosioni di ordigni nucleari in atmosfera effettuati negli anni '60 ed alle ricadute derivanti dall'evento incidentale di Chernobyl del 26 aprile 1986 che hanno interessato in maniera irregolare i territori delle diverse regioni italiane, a causa delle diverse condizioni meteorologiche ed orografiche che la nube contaminata proveniente dall'ex Unione Sovietica ha incontrato durante il suo tragitto. Nel periodo di passaggio della nube radioattiva sul territorio italiano (30 aprile–9 maggio 1986) infatti, le aree caratterizzate da intense precipitazioni atmosferiche hanno subito una maggiore ricaduta di radionuclidi, rispetto alle aree a più bassa piovosità^{34,35}.

Il ¹³⁷Cs e lo ⁹⁰Sr, radionuclidi con tempi di dimezzamento radioattivo di circa 30 anni, e caratterizzati da una significativa mobilità ambientale, costituiscono i principali indicatori di tali ricadute.

I radionuclidi, una volta depositati al suolo, possono seguire diverse vie di dispersione nell'ambiente. Una di queste è rappresentata dall'eventuale migrazione dei radioelementi sul profilo verticale del terreno. Questo processo può essere influenzato dalle caratteristiche chimico-fisiche del suolo e dalle condizioni meteorologiche^{36,37}. Un'altra via di dispersione della radioattività è rappresentata dall'assorbimento da parte dell'apparato radicale delle piante, del materiale radioattivo biologicamente disponibile. Gli elementi radioattivi assorbiti dalla vegetazione possono essere successivamente asportati con il raccolto, ed in parte ritornare al suolo attraverso i concimi organici, prodotti dalle deiezioni di animali, che si sono a loro volta alimentati con vegetali contaminati^{38,39,40,41}.

I contenuti di ¹³⁷Cs e ⁹⁰Sr nelle diverse matrici ambientali ed alimentari misurati nel 2002, non presentano valori di rilevanza sanitaria e, nella gran parte dei casi, i risultati delle misure radiometriche sono inferiori alle minime attività rivelabili della strumentazione di misura utilizzata.

La valutazione delle concentrazioni di attività di ¹³⁷Cs nelle acque di mare permette il controllo della ricaduta radioattiva dovuta ad eventi di carattere globale che comportino l'emissione di prodotti di fissione, quali i test nucleari in atmosfera effettuati negli anni sessanta o incidenti a reattori nucleari (incidente di Chernobyl).

I valori medi annuali delle concentrazioni di attività di ¹³⁷Cs nelle acque marine dal 1986 al 2002, riportati in figura 10, sono stati estratti dai dati presenti nei rapporti delle Reti Nazionali per la Sorveglianza della Radioattività Ambientale pubblicati fino al 1998 e dai dati raccolti dal 1999 dal CTN-AGF per l'elaborazione dell'Annuario dei dati ambientali dell'APAT.

Le concentrazioni di ¹³⁷Cs e ⁹⁰Sr disciolto nelle acque marine misurate nel 2002 (tabella 13) hanno una distribuzione sostanzialmente omogenea in tutti i punti di prelievo. Si osserva una sostanziale carenza nella copertura territoriale.

Le concentrazioni di ¹³⁷Cs nei sedimenti marini (tabella 14) presentano una variabilità più ampia. Questa variabilità è da attribuire all'influenza dei trasporti terrigeni fluviali ed alle caratteristiche granulometriche, mineralogiche e chimiche dei sedimenti misurati.

La presenza del ¹³⁷Cs nelle acque superficiali può essere indicativa di eventi più localizzati, quali l'esercizio di impianti nucleari di potenza e/o di ricerca o la fusione accidentale di materiali contenenti sorgenti di tale radioisotopo nell'industria metallurgica.

I radionuclidi disciolti nelle acque dei corsi di acqua dolce (tabella 15) presentano in generale valori inferiori rispetto a quelli riscontrati nelle acque marine; ciò dipende dal loro diverso comportamento chimico-fisico. Si osserva una carenza nella copertura a livello dei principali fiumi/laghi italiani.

La variabilità riscontrata nei valori di ¹³⁷Cs nei sedimenti fluviali e lacustri (tabella 16) e nel detrito

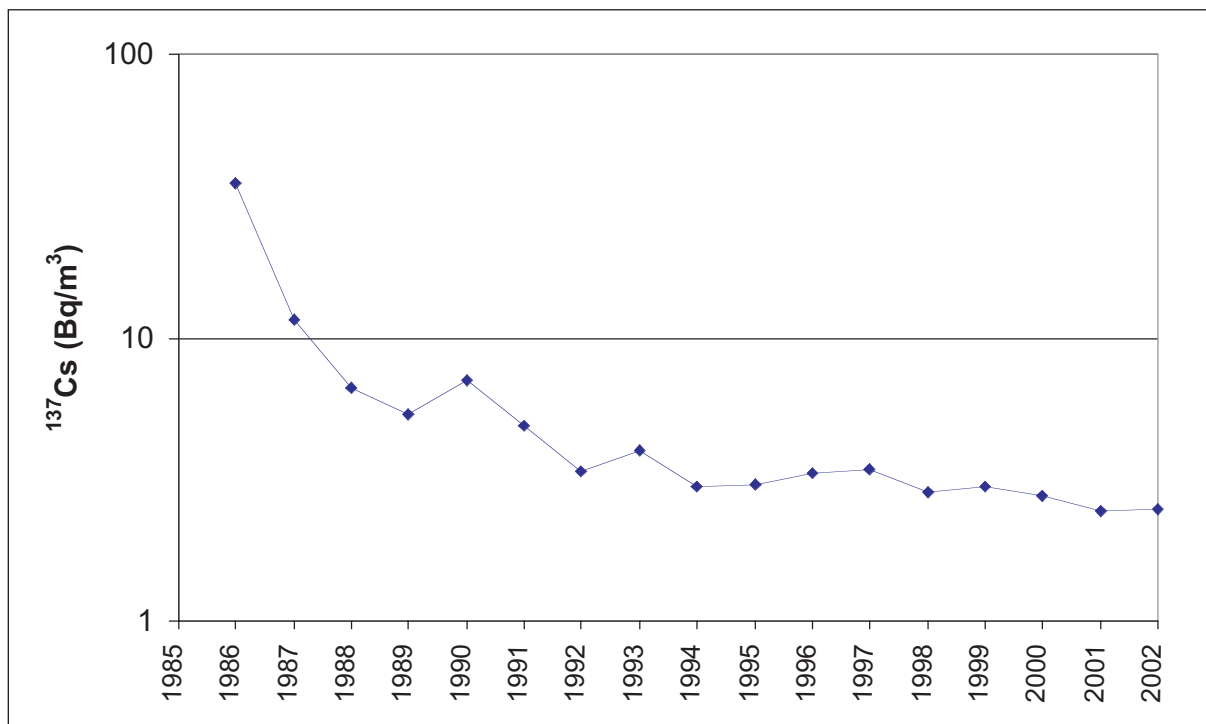


Figura 10 - Andamento del ^{137}Cs nelle acque marine anni 1986-2002 – Trend of ^{137}Cs in sea waters, years 1986-2002. (Bq/m³)

minerale organico sedimentabile (tabella 17) è da attribuire alle diverse caratteristiche (mineralogiche, granulometriche, chimico-fisiche e di contenuto di materiale radioattivo) che caratterizzano sedimenti originanti da bacini idrografici diversi.

Radioattività in matrici alimentari

Sono di seguito riportati i risultati delle misure di radioattività nelle principali matrici alimentari, più rilevanti dal punto di vista dell'esposizione alla popolazione.

La presenza di ^{137}Cs e di ^{90}Sr nelle matrici alimentari è rilevabile quale residuo della contaminazione di eventi su scala globale quali i *test* bellici degli anni '60 o l'incidente di Chernobyl.

Latte

Nella tabella 18, tabella 19, figura 11 e figura 12 sono riportate le concentrazioni di ^{137}Cs e di ^{90}Sr nel latte. Nelle analisi effettuate l'attività è spesso risultata inferiore alla minima attività rivelabile. Per quanto riguarda il ^{137}Cs , dal confronto nel tempo del valore medio nazionale (figura 13), si evince, ad oggi, un abbattimento dei livelli di contaminazione di più di un ordine di grandezza rispetto al dato medio del 1987, anno successivo alla ricaduta di Chernobyl. Si può inoltre osservare che, per l'anno 2002, il latte prodotto da bestiame con alimentazione costituita da foraggi prativi provenienti da aree appartenenti alla macroregione nord, presenta valori di ^{137}Cs relativamente più elevati.

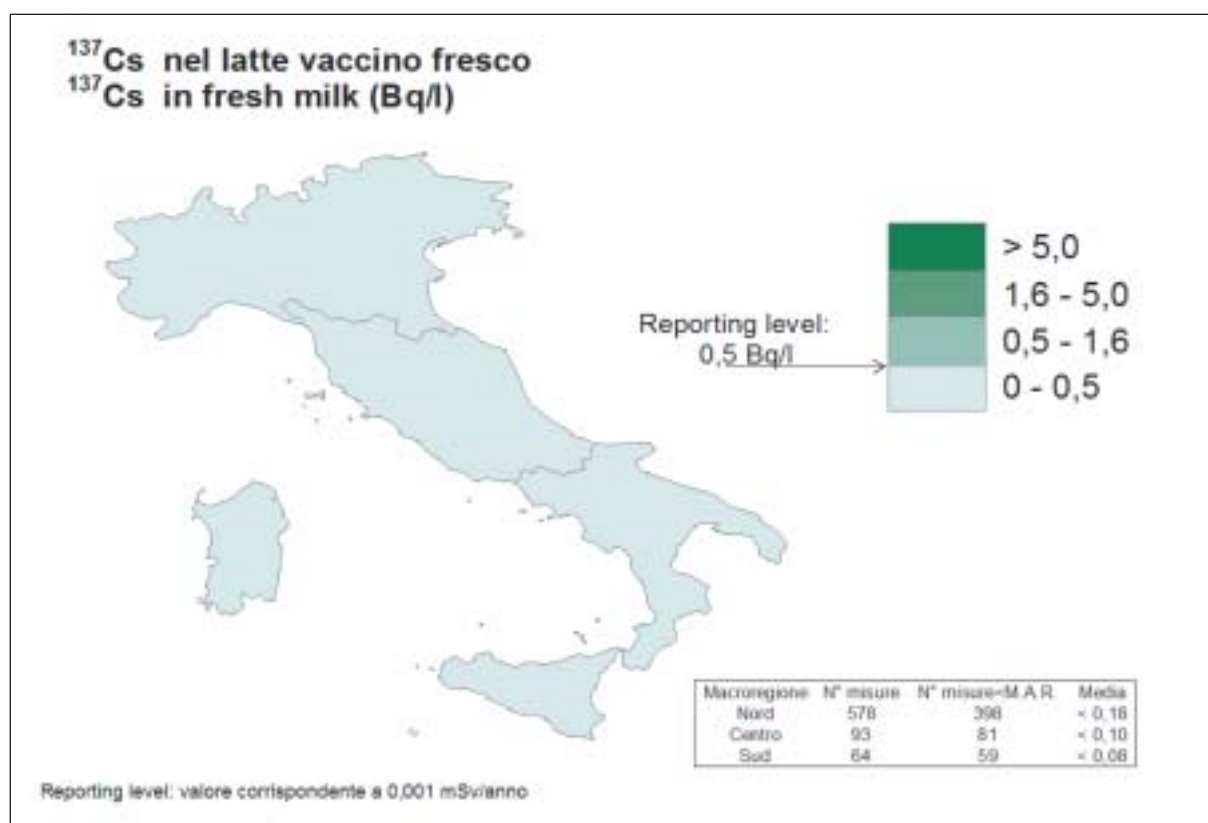


Figura 11 - Concentrazione di ^{137}Cs nel latte vaccino fresco – ^{137}Cs in cow milk. (Bq/l)

Acqua potabile

I risultati sulle misure di ^{137}Cs e ^{90}Sr nelle acque potabili sono riportati in tabella 20, figura 14 e figura 15. Si può notare che i valori sono di circa uno–due ordini di grandezza al di sotto dei reporting levels della raccomandazione CE⁸.

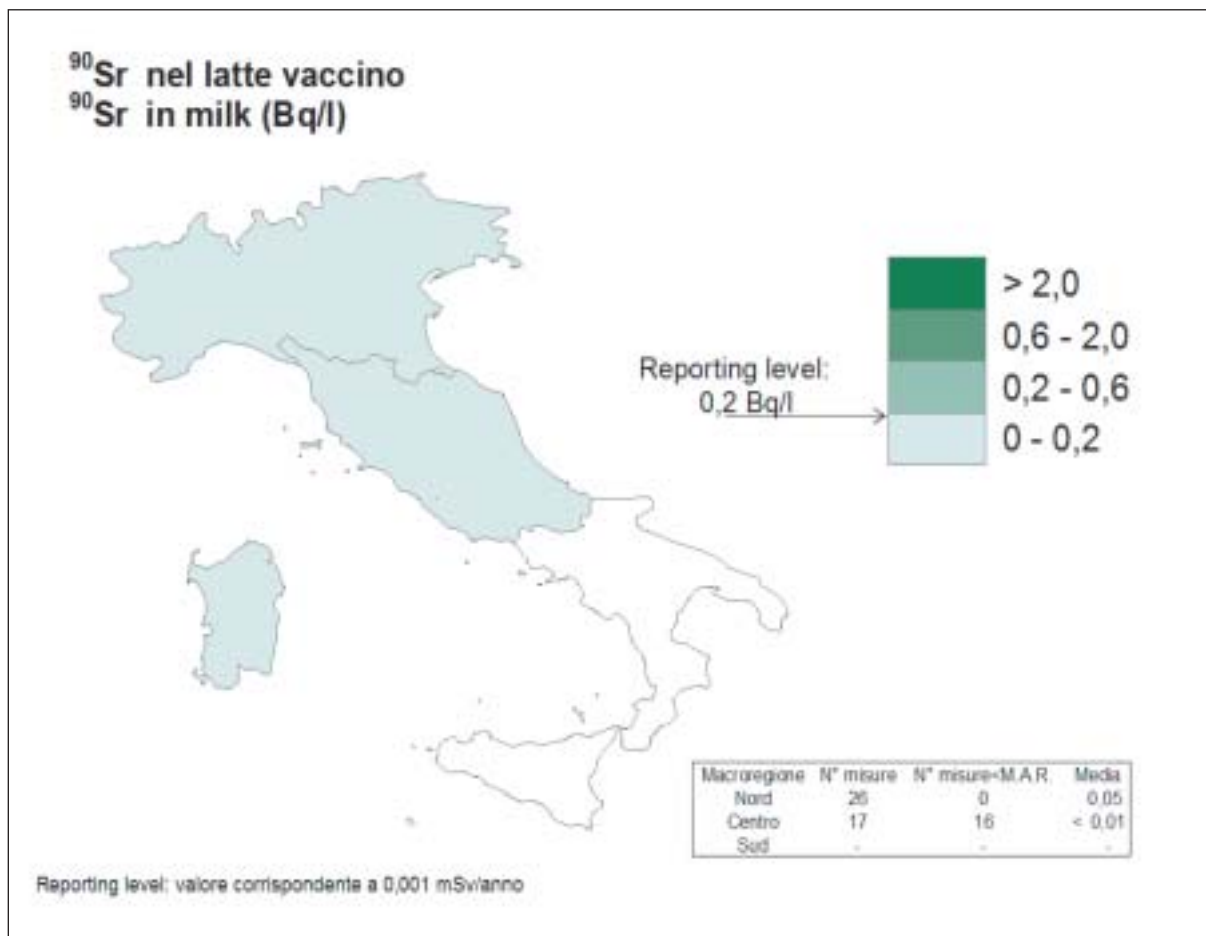


Figura 12 - Concentrazione di ^{90}Sr nel latte vaccino fresco – ^{90}Sr in cow milk. (Bq/l)

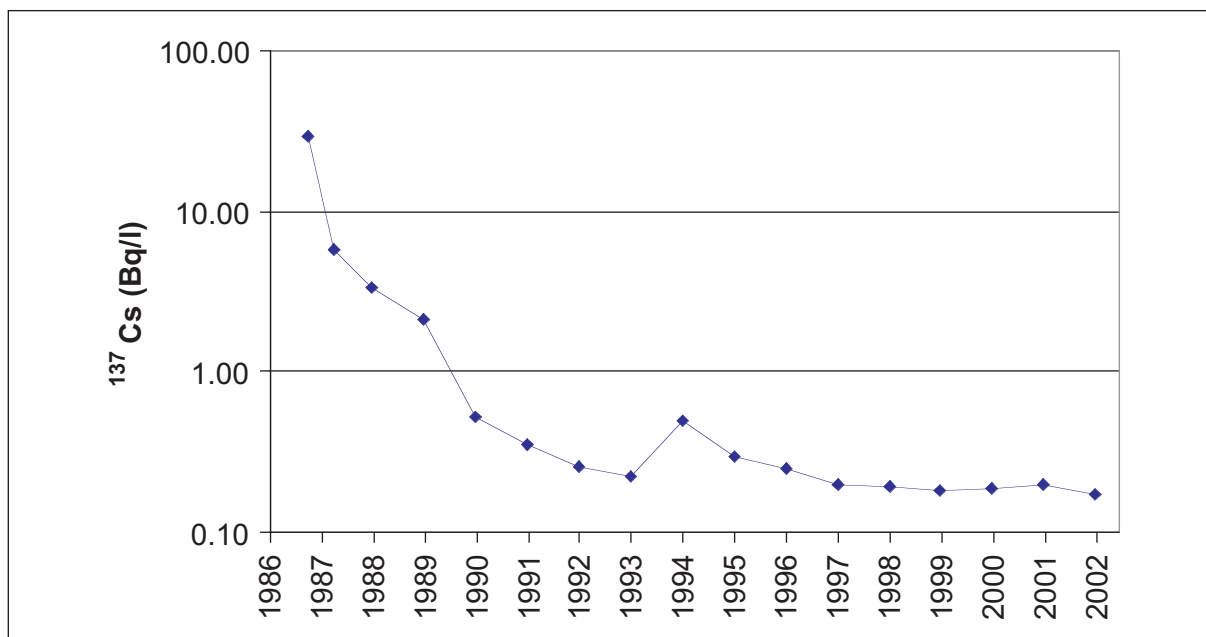


Figura 13 - Andamento del ^{137}Cs nel latte vaccino fresco. Anni 1987÷2002 – Trend of ^{137}Cs in cow milk. Years 1987÷2002. (Bq/l)

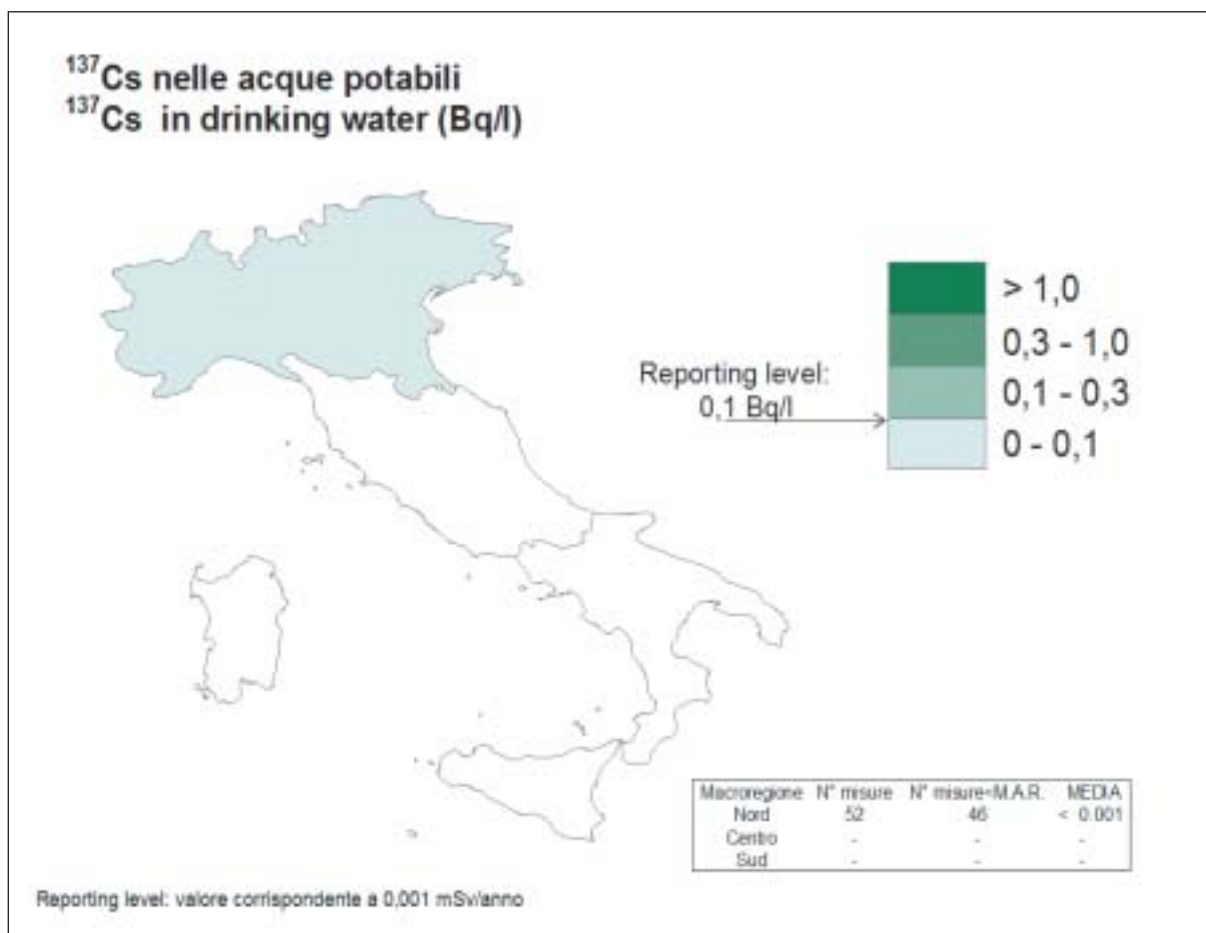


Figura 14 - Concentrazione di ^{137}Cs nelle acque potabili – ^{137}Cs in drinking water. (Bq/l)

Dieta mista

Le concentrazioni di ^{137}Cs nei campioni di dieta mista (tabella 21, figura 16) presentano valori generalmente inferiori o prossimi alla minima attività rivelabile della strumentazione di misura utilizzata e comunque inferiori al reporting level della CE, a conferma della non rilevanza delle contaminazioni attualmente riscontrabili per questo tipo di matrice. Non sono state eseguite misure di ^{90}Sr in campioni di dieta mista.

Altre matrici alimentari

Come già osservato per il latte, per l'anno 2002, anche la carne prodotta da bestiame con alimentazione costituita da foraggi prativi provenienti da aree appartenenti alla macroregione nord, presenta valori di ^{137}Cs relativamente più elevati (tabella 22, tabella 23 e tabella 24), ma sempre di scarsa rilevanza dal punto di vista della esposizione della popolazione. Al contrario, le basse concentrazioni di attività misurate nei cereali e derivati (tabella 25), nei vegetali (tabella 26) e nella frutta (tabella 27), sono da attribuire, in parte, alle lavorazioni agrarie che hanno contribuito sostanzialmente alla distribuzione lungo tutto il profilo verticale del terreno dei contaminanti radioattivi presenti

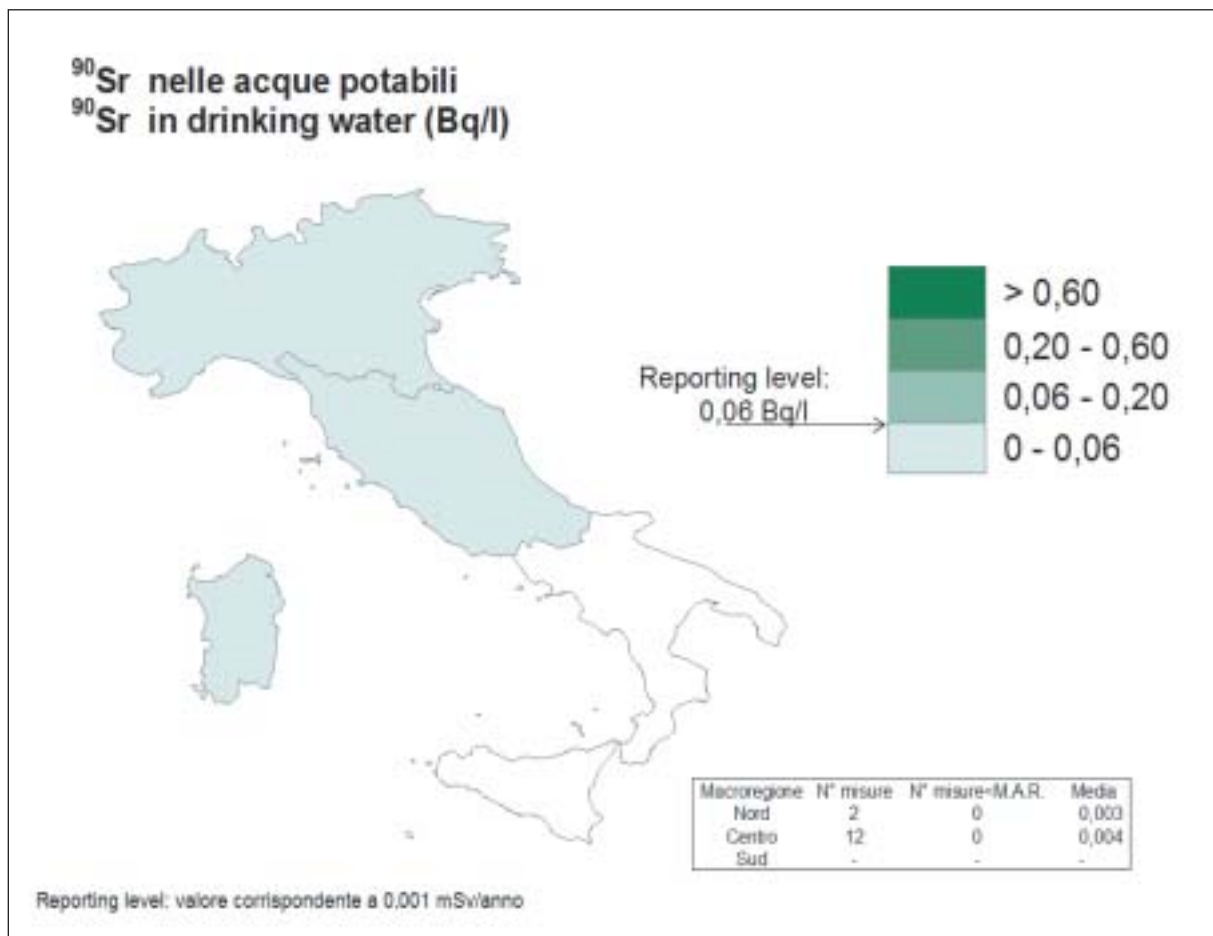


Figura 15 - Concentrazione di ^{90}Sr nelle acque potabili – ^{90}Sr in drinking water. (Bq/l)

in superficie. Ciò ha comportato una riduzione dei radionuclidi disponibili per l'assorbimento radiale da parte delle piante.

In ambienti non utilizzati a fini agricoli quali ad esempio boschi e pascoli di montagna, in particolare nelle aree interessate da più intense precipitazioni durante il passaggio della nube di Chernobyl, vi può essere un fenomeno di riconcentrazione in alcune matrici alimentari quali selvaggina, bacche selvatiche, funghi selvatici e pesci carnivori di lago. A tale proposito la raccomandazione 2003/274/CE del 14/04/03¹¹, sulla protezione e l'informazione del pubblico per quanto riguarda l'esposizione risultante dal consumo di taluni prodotti di raccolta spontanei, sottolinea la necessità di controlli mirati a queste matrici in relazione alla loro immissione nel mercato^{36,37,38,39,40}.

Le concentrazioni di attività del ^{137}Cs nella fauna ittica (tabella 28 e tabella 29) è largamente dipendente dalla varietà dei regimi alimentari che si rendono possibili nell'ambiente acquatico, ma comunque non rilevanti dal punto di vista dell'esposizione alla popolazione.

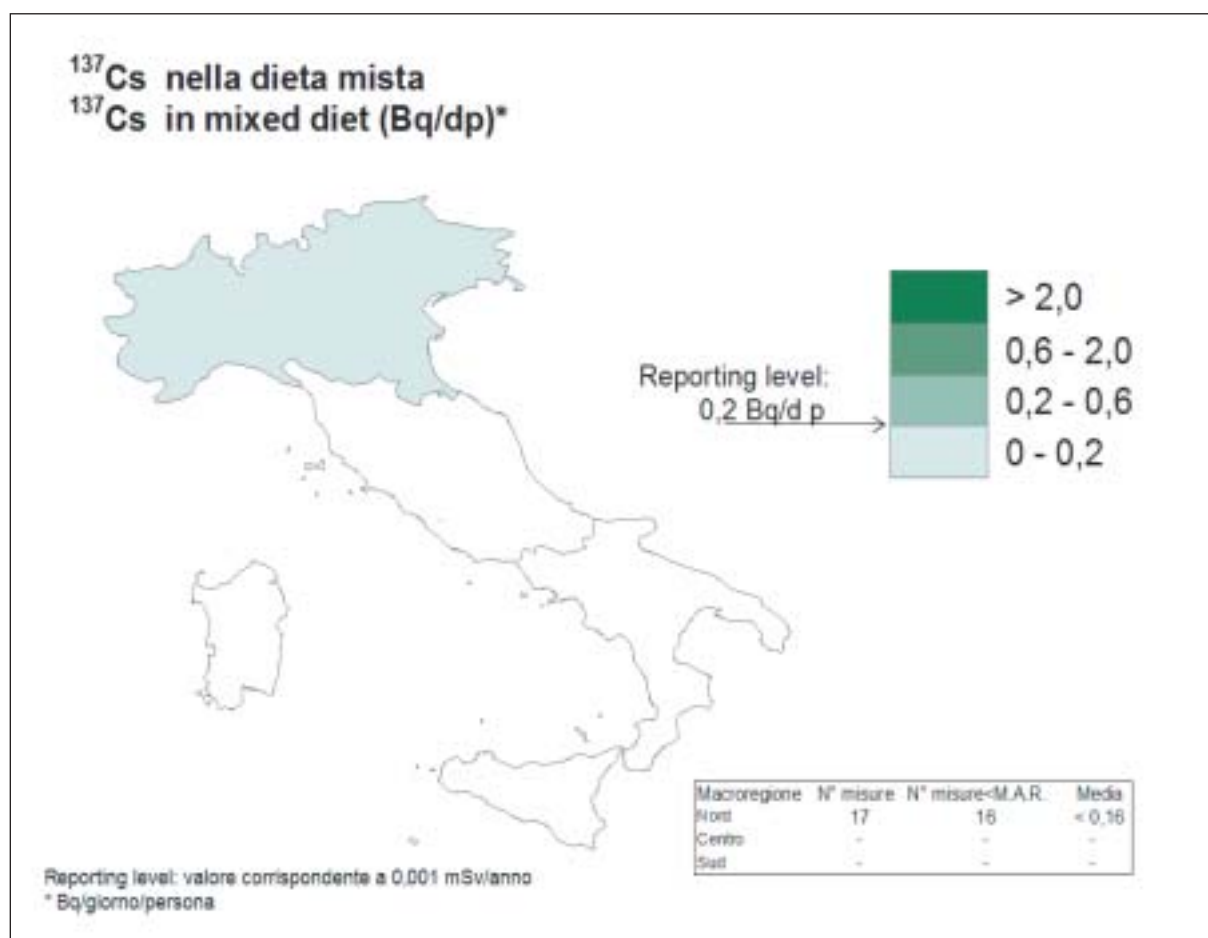


Figura 16 - Concentrazione di ^{137}Cs nella dieta mista – ^{137}Cs in mixed diet. (Bq/dp)

Tabella 4 - Località di prelievo del particolato atmosferico – Air particulate sampling sites

Regione	Località di Prelievo	Provincia	Altitudine (m)
Val d'Aosta	Aosta	AO	583
Piemonte	Ivrea	TO	253
<i>Piemonte</i>	<i>Bric Della Croce</i>	TO	709
Liguria	Arenzano	GE	5
<i>Liguria</i>	<i>Capo Mele</i>	SV	220
Lombardia	Milano	MI	122
<i>Emilia-Romagna</i>	<i>Monte Cimone</i>	MO	2165
Friuli Venezia Giulia	Udine	UD	120
Provincia Trento	Trento Nord	TN	194
Veneto	Belluno	BL	383
Veneto	Verona	VR	37
Umbria	Perugia	PG	500
Abruzzo	Pescara	PE	4
Lazio	Tarquinia	RM	133
Sardegna	La Maddalena	SS	5
Calabria	Camigliatello Silano	CS	1669

In corsivo le stazioni gestite dall'Aeronautica Militare

Tabella 5 - Radioattività beta totale nel particolato atmosferico – Gross beta radioactivity in air particulate. (mBq/m³). Reporting level: 5 mBq/m³

Località di Prelievo	Provincia	N° Misure	N° Misure < M.A.R	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Aosta	AO	52	9	0,64	0,52	0,65	0,64	0,60	0,55	0,90	0,58	0,65	0,80	0,59	0,69
Ivrea	TO	362	0	1,74	0,63	0,76	0,75	0,51	1,15	0,50	0,38	0,96	1,13	1,05	1,59
Bric della Croce	TO	730	24	0,80	0,88	0,70	0,79	0,55	1,13	0,66	0,88	0,79	0,84	0,70	0,84
Arenzano	GE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Capo Mele	SV	730	6	1,28	0,90	1,01	0,88	0,65	1,23	0,94	0,85	0,98	0,91	0,70	0,82
Milano	MI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Monte Cimone	MO	310	18	0,34	0,47	0,62	0,67	0,62	0,33	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Udine	UD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trento Nord	TN	241	27	0,90	0,70	0,50	0,50	0,40	0,50	0,40	0,50	0,60	0,90	1,00	1,60
Belluno	BL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Verona	VR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Perugia ^(a)	PG	12	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pescara	PE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tarquinia	RM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
La Maddalena	SS	365	72	0,33	0,36	0,27	0,24	0,24	0,35	0,24	0,31	0,34	0,27	0,27	0,19
Camigliatello Silano	CS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

^(a) Le misure di Perugia sono risultate tutte minori della MAR ma con quest'ultima superiore al reporting level; pertanto i valori non sono stati riportati

Tabella 6 - Misure di ¹³⁷Cs nel particolato atmosferico – ¹³⁷Cs in air particulate. (µBq/m³). Reporting level: 30 mBq/m³

Località di Prelievo	Provincia	N° Misure	N° Misure < M.A.R	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Aosta	AO	12	12	<5	<6	<5	<4	<4	<5	<6	<6	<6	<6	<5	<5
Ivrea	TO	12	12	<9	<13	<11	<6	<4	<11	<8	<13	<13	<7	<11	<9
Bric Della Croce	TO	24	24	<9	<15	<13	<10	<9	<13	<10	<7	<11	<10	<9	<9
Arenzano	GE	12	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Capo Mele	SV	24	24	<8	<8	<14	<13	<6	<7	<11	<8	<9	<8	<10	<6
Milano	MI	12	4	3	1	1	1	<1	<1	<1	1	<1	1	1	1
Monte Cimone	MO	6	6	<1	<3	<3	<4	<3	<17	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Udine	UD	12	12	<12	<7	<11	<6	<11	<6	<12	<14	<12	<12	<15	<6
Trento Nord	TN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Belluno	BL	2	2	<6	<6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Verona	VR	11	9	<9	<17	6	n.d.	<6	<17	6	<7	<12	<18	<15	<7
Perugia ^(a)	PG	12	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pescara	PE	11	11	<15	<30	<16	<13	<24	<24	<18	<15	<14	-	<14	<19
Tarquinia ^(a)	RM	12	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
La Maddalena	SS	12	12	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Camigliatello Silano	CS	11	10	<5	7	<3	<17	<13	<9	<13	<11	<9	<6	<8	n.d.

^(a) Le misure di Arenzano (GE), Perugia e Tarquinia (RM) sono risultate tutte minori della MAR ma con quest'ultima superiore al reporting level; pertanto i valori non sono stati riportati
n.d. = dato non disponibile (not available)

Tabella 7 - Misure di ⁷Be nel particolato atmosferico – ⁷Be in air particulate. (µBq/m³)

Località di Prelievo	Provincia	N° Misure	N° Misure < M.A.R	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Aosta	AO	12	0	4140	2950	3680	3840	2870	4010	3680	3270	2780	3160	2570	2010
Ivrea	TO	12	0	3030	2810	3360	3350	3010	4250	4390	3360	2700	2610	2060	2030
Bric Della Croce	TO	12	0	2810	2540	2800	3060	2240	3400	3440	2590	2310	2310	1430	1120
Arenzano	GE	12	0	2376	2695	3242	2467	4010	1358	4655	3237	3870	5116	3927	2468
Capo Mele	SV	12	0	3980	3100	3490	3760	2850	4140	4050	3230	3270	3310	2510	1890
Milano	MI	12	0	1964	1544	2533	2244	2431	2670	2620	2450	1951	2550	1711	1314
Monte Cimone*	MO	6	5	<16300	<15100	<10500	<10900	10900	<26900	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Udine	UD	12	0	2314	2244	3572	3619	4500	3840	4226	3521	1862	1157	1301	1016
Trento Nord	TN														
Belluno*	BL	2	0	2020	1509	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Verona	VR	11	0	4568	4089	4246	n.d.	3378	8050	4980	2664	4146	5193	3494	1503
Perugia	PG	12	0	6826	5048	7170	7587	7710	8640	11058	10640	8186	10603	7894	3997
Pescara	PE	11	0	n.d.	4156	6234	5546	6404	6721	6043	5443	4752	5958	4219	2751
Tarquinia	Roma	12	0	4338	2665	3530	4293	4396	3611	4374	3041	3872	3305	2893	2404
La Maddalena	SS	12	2	1440	1230	<110	<180	1300	1150	1130	1010	1590	1500	1400	600
Camigliatello Silano	CS	11	0	6806	7728	5570	8336	13940	23840	18870	13770	9904	10610	6620	n.d.

n.d. = dato non disponibile (data not available)

* I valori corrispondenti non sono utilizzati per il calcolo delle medie

Tabella 8 - Intensità di dose gamma in aria (rete GAMMA) – Gamma dose rate in air (GAMMA network). (nGy/h)

	NORD			CENTRO			SUD		
	2000	2001	2002	2000	2001	2002	2000	2001	2002
media (nGy/h)	103	101	105	109	109	106	93	103	112
S.D. (%) ^(a)	14,3	14,6	14,9	52,8	49,7	58,1	26,9	31,7	36,1
val.min (nGy/h)	78	77	71	61	61	58	59	63	66
val.max (nGy/h)	130	128	143	309	302	322	131	173	179

^(a) I valori si riferiscono alla variazione spaziale. Le variazioni temporali delle medie giornaliere sono dell'ordine del 3%

Tabella 9 - Siti di prelievo delle deposizioni umide e secche al suolo – Fallout sampling sites

Regione	Località di Prelievo	Provincia
Val d' Aosta	Aosta	AO
Piemonte	Ivrea	TO
Liguria	Genova	GE
Lombardia	Brescia	BS
Lombardia	Milano	MI
Lombardia	Cremona	CR
Lombardia	Pavia	PV
Emilia-Romagna	Piacenza	PC
Friuli Venezia Giulia	Udine	UD
Provincia Trento	Trento nord	TN
Provincia Bolzano	Bolzano	BZ
Veneto	Padova	PD
Abruzzo	Pescara	PE
Sardegna	La Maddalena	SS
Toscana	Firenze	FI
Umbria	Perugia	PG

Tabella 10 - Misure di ⁷Be nelle deposizioni umide e secche al suolo – ⁷Be in fallout. (Bq/m²)

Località di Prelievo	Provincia	N° Misure	N° Misure < M.A.R	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Aosta	AO	11	0	n.d.	26	88	66	176	209	150	150	53	58	35	45
Ivrea	TO	12	0	11	45	85	72	277	242	154	276	93	74	319	33
Genova	GE	12	0	5	10	21	10	5	18	11	4	9	8	1	3
Brescia	BS	12	0	35	187	13	284	545	293	436	190	236	65	371	102
Milano	MI	12	0	74	169	61	67	104	52	170	73	98	59	213	109
Pieve S. Giacomo	CR	10	0	17	18	18	76	111	49	23	19	74	123	n.d.	n.d.
Pavia	PV	8	1	10	27	65	n.d.	36	61	13	39	<15	n.d.	n.d.	n.d.
Piacenza	PC	12	0	19	87	48	88	147	61	159	205	93	61	237	62
Udine	UD	12	0	11	45	24	72	143	166	109	76	64	21	4	63
Trento Nord	TN	12	0	7	49	69	78	143	259	245	225	83	84	374	12
Bolzano	BZ	9	0	15	7	15	20	72	38	n.d.	81	120	396 ^(a)		27
Padova	PD	11	0	50	71	39	167	207	n.d.	99	221	86	104	139	104
Pescara	PE	9	0	n.d.	67	43	507 ^(b)	107	215	162	82	85		131 ^(c)	
La Maddalena	SS	12	0	12	88 ^(d)		121	32	50	56	45	31	35	42	42
Firenze	FI	6	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	54	93	89	96	139	128
Perugia	PG	12	1	<10	76	15	136	87	67	33	105	509	45	57	115

n.d.: dato non disponibile (not available)

^(a) dato relativo al periodo ottobre – novembre

^(b) dato relativo al periodo aprile – maggio

^(c) dato relativo al periodo novembre – dicembre

^(d) dato relativo al periodo febbraio – marzo

Tabella 11 - Misure di ¹³⁷Cs nelle deposizioni umide e secche al suolo – ¹³⁷Cs in fallout. (Bq/m²)

Località di Prelievo	Provincia	N° Misure	N° Misure < M.A.R	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Aosta	AO	11	0	n.d.	0,17	0,27	0,24	0,18	0,15	0,10	0,15	0,10	0,07	0,07	0,05
Ivrea	TO	12	0	0,15	0,40	0,66	0,26	0,18	0,24	0,10	0,09	0,07	0,10	1,33	0,07
Genova	GE	12	12	<0,10	<0,26	<0,85	<0,43	<0,32	<0,69	<0,80	<0,16	<0,18	<0,10	<0,10	<0,10
Brescia	BS	12	12	<0,50	<0,50	<0,43	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,35	<0,46	<0,50	<0,79	<0,36
Milano	MI	12	0	0,20	0,13	0,17	0,15	0,09	0,05	0,14	0,08	0,06	0,06	0,31	0,09
Pieve S. Giacomo	CR	9	3	0,06	0,08	0,11	0,19	0,10	0,12	<0,06	<0,06	<0,06	n.d.	n.d.	n.d.
Pavia	PV	8	4	0,40	0,43	0,82	n.d.	0,78	<0,40	0,40	<0,50	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Piacenza	PC	12	0	0,05	0,06	0,14	0,13	0,07	0,10	0,09	0,03	0,04	0,03	0,15	0,02
Udine	UD	12	0	0,04	0,11	0,09	0,23	0,26	0,33	0,24	0,16	0,12	0,06	0,01	0,06
Trento Nord	TN	12	4	0,15	0,40	0,40	0,70	<0,30	0,80	1,40	0,80	<0,20	<0,20	2,00	<0,30
Bolzano	BZ	11	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,05	0,02	0,09	0,09		0,75 ^(a)	0,04
Padova	PD	11	5	0,03	0,05	0,09	0,08	0,08	n.d.	0,09	<0,02	<0,02	<0,04	<0,03	<0,04
Pescara	PE	10	2	0,06	<0,10	<0,09	0,86 ^(b)	0,22	0,22	0,21	0,15	0,14		0,19 ^(c)	
La Maddalena	SS	11	11	<0,15	n.d.	<0,18	<0,19	<0,16	<0,30	<0,31	<0,32	<0,18	<0,15	<0,17	<0,17
Firenze	FI	6	1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,08	0,09	0,05	0,04	0,09	<0,03
Perugia	PG	12	12	<0,81	<0,47	<0,79	<0,55	<0,60	<0,82	<0,47	<0,34	<0,56	<0,55	<0,69	<0,57

n.d.: dato non disponibile (not available)

^(a) dato relativo al periodo ottobre–novembre

^(b) dato relativo al periodo aprile–maggio

^(c) dato relativo al periodo novembre–dicembre

Tabella 12 - Misure di ⁹⁰Sr nelle deposizioni umide e secche al suolo – ⁹⁰Sr in fallout. (Bq/m²)

Località di Prelievo	Provincia	N° Misure	N° Misure < M.A.R	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Deposizione annua
Piacenza	PC	4	0	0,035 ^(a)			0,011 ^(b)			0,016 ^(c)			0,014 ^(d)			0,076

^(a) dato relativo al periodo gennaio – marzo

^(b) dato relativo al periodo aprile– giugno

^(c) dato relativo al periodo luglio – settembre

^(d) dato relativo al periodo ottobre – dicembre

Tabella 13 - Misure di ¹³⁷Cs e ⁹⁰Sr nelle acque marine – ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in seawater. (Bq/m³)

Località di Prelievo	Provincia	¹³⁷ Cs					⁹⁰ Sr				
		N° Misure	N° Misure < MAR	Media	Min	Max	N° Misure	N° Misure < MAR	Media	Min	Max
Cesenatico	FO	3	0	1,8	1,7	2,1	0	0	-	-	-
Cagliari	CA	2	0	3,0	2,9	3,1	2	0	1,0	0,9	1,1
Arbatax	NU	2	0	3,0	2,9	3,1	2	0	1,0	0,5	1,5
Porto Torres	SS	2	0	2,3	2,3	2,4	2	0	1,0	0,8	1,2
La Maddalena	SS	2	0	2,7	2,5	2,9	2	0	1,2	1,1	1,3

Tabella 14 - Misure di ¹³⁷Cs nei sedimenti marini (peso secco) – ¹³⁷Cs in marine sediments (dry weight). (Bq/kg)

Regione	Località di Prelievo	Provincia	N° Misure	N° Misure < MAR	Media	Min	Max
Emilia Romagna	Cesenatico	FO	6	0	8,38	3,80	16,73
Sardegna	La Maddalena	SS	48	13	<1,49	0,23	4,58

Tabella 15 - Misure di ¹³⁷Cs e ⁹⁰Sr (particolato e disciolto) nelle acque fluviali e lacustri – ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in freshwater and lake water (particulate and dissolved). (Bq/m³)

Fiume/Lago	Regione	Località Prelievo	¹³⁷ Cs					⁹⁰ Sr				
			N° Misure	N° Misure < MAR	Media	Min	Max	N° Misure	N° Misure < MAR	Media	Min	Max
Po	Piemonte	Casale (Al)	3 ^(c)	1	<2,97	0,89	5,67	-	-	-	-	-
	Emilia Romagna	Caorso monte (Pc)	6 ^(a)	6	<0,64	0,44	1,1	3 ^(a)	0	3,27	2	4,3
		Caorso monte (Pc)	3 ^(b)	1	<0,85	0,52	1,04	-	-	-	-	-
		Pontelagoscuro (Fe)	6 ^(a)	6	<0,52	0,25	0,7	3 ^(a)	0	3,03	2,5	4
		Pontelagoscuro (Fe)	3 ^(b)	0	0,76	0,35	1,07	-	-	-	-	-

^(a) Disciolto (Dissolved)

^(b) Particolato (Particulate)

^(c) Disciolto + particolato (Dissolved + particulate)

Tabella 16 - Misure di ¹³⁷Cs nei sedimenti fluviali e lacustri (peso secco) – ¹³⁷Cs in freshwater and lake sediments (dry weight). (Bq/kg)

Fiume/Lago	Regione	Località Prelievo	Provincia	N° Misure	N° Misure < MAR	Media	Min	Max
Po	Emilia Romagna	Pontelagoscuro	FE	3	0	6,57	2,66	11,56

Tabella 17 - Misure di ¹³⁷Cs e ⁹⁰Sr nel DMOS (Detrito Minerale Organico Sedimentabile) (peso secco) – ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in SMOD (Sedimentable Mineral Organic Detritus) (dry weight). (Bq/kg)

Fiume/ Lago	Regione	Località Prelievo	¹³⁷ Cs					⁹⁰ Sr				
			N° Misure	N° Misure < MAR	Media	Min	Max	N° Misure	N° Misure < MAR	Media	Min	Max
Po												
	Piemonte	Verolengo (To)	2	0	9,07	1,50	16,65	-	-	-	-	-
		Casale (Al)	2	0	8,75	7,66	9,85	-	-	-	-	-
	Lombardia	Orio Litta (Lo)	3	0	22,45	11,40	39,54	-	-	-	-	-
		Cremona	1	0	7,12	7,12	7,12	-	-	-	-	-
		Ostiglia (Mn)	3	0	9,15	7,26	11,26	-	-	-	-	-
	Emilia Romagna	Caorso monte (Pc)	1	0	24,70	24,70	24,70	-	-	-	-	-
		Pontelagoscuro (Fe)	3	0	14,93	8,89	20,80	1	0	0,37	0,37	0,37
Arno	Toscana	Firenze	3	0	2,67	2,00	3,00	-	-	-	-	-
		Calcinaia (Pi)	3	0	3,67	3,00	4,00	-	-	-	-	-
Tevere	Umbria	Perugia	2	0	8,68	6,70	10,66	-	-	-	-	-
Tevere	Lazio	Roma – Saxa Rubra	4	0	6,04	2,49	12,6	-	-	-	-	-
Tevere	Lazio	Roma – Urbe	4	0	4,51	1,87	7,18	-	-	-	-	-
Tevere	Lazio	Roma – Fiumara Grande	4	0	4,55	1,55	7,29	-	-	-	-	-

Tabella 18 - Misure di ¹³⁷Cs e ⁹⁰Sr nel latte vaccino fresco – ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in cow milk. (Bq/l)

Regione	¹³⁷ Cs					⁹⁰ Sr				
	N° Misure	N° Misure <MAR	Media	Min	Max	N° Misure	N° Misure <MAR	Media	Min	Max
Abruzzo	8	0	0,07	0,03	0,17	0	-	-	-	-
Basilicata	n.d.	-	-	-	-	n.d.	-	-	-	-
Calabria	n.d.	-	-	-	-	n.d.	-	-	-	-
Campania	1	0	0,03	0,03	0,03	0	-	-	-	-
Emilia Romagna	24	20	<0,06	0,03	0,14	0	-	-	-	-
Friuli Venezia Giulia	75	47	<0,24	0,06	1,89	0	-	-	-	-
Lazio	18	16	<0,15	0,10	0,42	0	-	-	-	-
Liguria	128	103	<0,13	0,10	0,65	0	-	-	-	-
Lombardia	113	74	<0,11	0,05	0,29	20	0	0,05	0,02	0,08
Marche	2	2	<0,14	0,14	0,14	0	-	-	-	-
Molise	6	6	<0,10	0,10	0,10	0	-	-	-	-
Piemonte	42	32	<0,21	0,08	1,18	6	0	0,07	0,03	0,13
Puglia	63	59	<0,08	0,02	0,14	0	-	-	-	-
Sardegna	19	19	<0,12	0,04	0,24	17	16	<0,01	<0,01	0,02
Sicilia	n.d.	-	-	-	-	n.d.	-	-	-	-
Toscana	36	36	<0,08	0,05	0,10	0	-	-	-	-
Trentino Alto Adige: Trento	51	49	<0,20	0,10	0,20	0	-	-	-	-
Trentino Alto Adige: Bolzano	93	31	<0,31	0,10	1,60	0	-	-	-	-
Umbria	4	2	<0,11	0,08	0,18	0	-	-	-	-
Valle d'Aosta	6	1	<0,50	0,10	1,05	0	-	-	-	-
Veneto	46	41	<0,10	0,06	0,19	0	-	-	-	-
Nord	578	398	<0,18	0,03	1,89	26	0	0,05*	0,02	0,13
Centro	93	81	<0,10	0,03	0,42	17	16	<0,01*	0,01	0,02
Sud	64	59	<0,08	0,02	0,14	0	-	-	-	-

n.d.: dato non disponibile (not available)

* Media pesata per il numero di misure

Tabella 19 - Misure di ¹³⁷Cs e ⁹⁰Sr nel latte vaccino U.H.T. – ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in U.H.T. cow milk. (Bq/l)

Regione	¹³⁷ Cs					⁹⁰ Sr				
	N° Misure	N° Misure <MAR	Media	Min	Max	N° Misure	N° Misure <MAR	Media	Min	Max
Abruzzo	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-
Basilicata	n.d.	-	-	-	-	n.d.	-	-	-	-
Calabria	n.d.	-	-	-	-	n.d.	-	-	-	-
Campania	3	2	<0,10	0,10	0,10	0	-	-	-	-
Emilia Romagna	12	1	<0,17	0,07	0,32	4	0	0,03	0,01	0,05
Friuli Venezia Giulia	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-
Lazio	6	4	<0,23	0,13	0,43	0	-	-	-	-
Liguria	9	5	<0,20	0,10	0,44	0	-	-	-	-
Lombardia	27	23	<0,09	0,08	0,17	4	0	0,03	0,01	0,05
Marche	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-
Molise	11	10	<0,10	0,10	0,17	0	-	-	-	-
Piemonte	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-
Puglia	26	20	<0,27	0,08	0,40	0	-	-	-	-
Sardegna	42	37	<0,15	0,04	0,25	39	29	<0,01	0,01	0,03
Sicilia	n.d.	-	-	-	-	n.d.	-	-	-	-
Toscana	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-
Trentino Alto Adige: Trento	2	2	<0,10	0,10	0,10	0	-	-	-	-
Trentino Alto Adige: Bolzano	4	1	<0,31	0,10	0,10	0	-	-	-	-
Umbria	11	9	<0,13	0,07	0,34	0	-	-	-	-
Valle d' Aosta	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-
Veneto	13	7	<0,19	0,09	0,64	0	-	-	-	-
Nord	67	39	<0,15	0,07	0,64	8	0	0,03	0,01	0,05
Centro	70	60	<0,15	0,04	0,43	39	29	<0,01	0,01	0,03
Sud	29	22	<0,25	0,08	0,40	0	-	-	-	-

n.d.: dato non disponibile (not available)

Tabella 20 - Misure di ¹³⁷Cs e ⁹⁰Sr nelle acque potabili – ¹³⁷Cs e ⁹⁰Sr in drinking water. (Bq/l)

Regione	Località di prelievo	Provincia	¹³⁷ Cs					⁹⁰ Sr				
			N° Misure	N° Misure <MAR	Media	Min	Max	N° Misure	N° Misure <MAR	Media	Min	Max
Piemonte	Torino	TO	2	1	<0,35 10 ⁻³	0,33 10 ⁻³	0,41 10 ⁻³	-	-	-	-	-
	Savigliano	CN	1	0	9,62 10 ⁻³	9,62 10 ⁻³	9,62 10 ⁻³	-	-	-	-	-
	Fossano	CN	1	1	<4,46 10 ⁻³	4,46 10 ⁻³	4,46 10 ⁻³	-	-	-	-	-
	Mondovì	CN	1	1	<5,45 10 ⁻³	5,45 10 ⁻³	5,45 10 ⁻³	-	-	-	-	-
	Alba	CN	2	2	<6,25 10 ⁻³	5,88 10 ⁻³	6,62 10 ⁻³	-	-	-	-	-
	Cuneo	CN	1	1	<7,30 10 ⁻³	7,30 10 ⁻³	7,30 10 ⁻³	-	-	-	-	-
	Pianfei	CN	1	1	<5,67 10 ⁻³	5,67 10 ⁻³	5,67 10 ⁻³	-	-	-	-	-
Lombardia	Milano	MI	12	12	<0,35 10 ⁻³	0,26 10 ⁻³	0,50 10 ⁻³	-	-	-	-	-
	Bergamo	BG	8	5	<0,48 10 ⁻³	0,40 10 ⁻³	0,60 10 ⁻³	-	-	-	-	-
	Brescia	BS	9	9	<0,36 10 ⁻³	0,30 10 ⁻³	0,50 10 ⁻³	-	-	-	-	-
	Darfo B.T.	BS	8	8	<0,30 10 ⁻³	0,20 10 ⁻³	0,40 10 ⁻³	-	-	-	-	-
	Sondrio	SO	4	4	<0,13 10 ⁻³	0,10 10 ⁻³	0,20 10 ⁻³	-	-	-	-	-
Emilia Romagna	Pontelagoscuro	FE	2	1	<0,32 10 ⁻³	0,30 10 ⁻³	0,34 10 ⁻³	2	0	2,80 10 ⁻³	1,80 10 ⁻³	3,80 10 ⁻³
Sardegna	Cagliari - San Michele	CA	-	-	-	-	-	2	0	5,04 10 ⁻³	2,67 10 ⁻³	7,42 10 ⁻³
	Donori	CA	-	-	-	-	-	2	0	2,25 10 ⁻³	1,18 10 ⁻³	3,32 10 ⁻³
	Isili	CA	-	-	-	-	-	2	0	4,11 10 ⁻³	3,58 10 ⁻³	4,65 10 ⁻³
	Quartu - Simbirizzi	CA	-	-	-	-	-	2	0	3,60 10 ⁻³	3,18 10 ⁻³	4,02 10 ⁻³
	Nuoro - Govossai	NU	-	-	-	-	-	2	0	4,58 10 ⁻³	1,55 10 ⁻³	7,61 10 ⁻³
	Sassari - Bidighinzu	SS	-	-	-	-	-	2	0	2,65 10 ⁻³	2,61 10 ⁻³	2,68 10 ⁻³
	Nord			52	46	<1,16·10⁻³*	0,10·10⁻³*	9,62·10⁻³	2	0	2,80·10⁻³*	1,80·10⁻³
Centro			-	-	-	-	-	12	0	3,70·10⁻³*	1,18·10⁻³	7,61·10⁻³
Sud			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* Medie pesate per il numero di minime

Tabella 21 - Misure di ¹³⁷Cs nella dieta mista – ¹³⁷Cs in mixed diet. (Bq/dp)

Regione	N° Misure	N° Misure < MAR	Media	Min	Max
Emilia Romagna	8	7	<0,14	0,12	0,19
Friuli Venezia Giulia	0	0	-	-	-
Lazio	0	0	-	-	-
Liguria	5	5	<0,19	0,19	0,19
Lombardia	4	4	<0,15	0,14	0,19
Nord	17	16	<0,16*	0,12	0,19
Centro	0	0	-	-	-
Sud	0	0	-	-	-

Fattore di conversione utilizzato: 1,93698 kg(peso fresco)/dp

* Media pesata per il numero di minime

Tabella 22 - Misure di ¹³⁷Cs nella carne bovina (peso fresco) – ¹³⁷Cs in bovine meat (fresh weight). (Bq/kg)

Regione	N° Misure	N° Misure < MAR	Media	Min	Max
Abruzzo	4	4	<0,090	0,084	0,097
Basilicata	n.d.	-	-	-	-
Calabria	n.d.	-	-	-	-
Campania	2	2	<0,1	0,1	0,1
Emilia Romagna	8	4	<0,078	0,030	0,282
Friuli Venezia Giulia	0	0	-	-	-
Lazio	5	2	<0,140	0,080	0,260
Liguria	29	22	<0,134	0,1	0,350
Lombardia	72	57	<0,309	0,078	8,008
Marche	0	0	-	-	-
Molise	0	0	-	-	-
Piemonte	19	11	<0,52	0,10	1,97
Puglia	19	13	<0,118	0,027	0,403
Sardegna	22	19	<0,174	0,050	1,020
Sicilia	n.d.	-	-	-	-
Toscana	12	12	<0,083	0,060	0,1
Trentino Alto Adige: Trento	0	0	-	-	-
Trentino Alto Adige: Bolzano	17	0	0,571	0,1	1,8
Umbria	5	5	<0,096	0,070	0,140
Valle d' Aosta	0	0	-	-	-
Veneto	7	5	<0,3	0,1	1,380
Nord	152	99	<0,319	0,030	8,008
Centro	48	42	<0,116	0,050	1,020
Sud	21	15	<0,109	0,027	0,403

n.d.: dato non disponibile (not available)

Tabella 23 - Misure di ¹³⁷Cs nella carne suina (peso fresco) – ¹³⁷Cs in pork meat (fresh weight). (Bq/kg)

Regione	N° Misure	N° Misure < MAR	Media	Min	Max
Abruzzo	6	4	<0,086	0,035	0,196
Basilicata	n.d.	-	-	-	-
Calabria	n.d.	-	-	-	-
Campania	0	0	-	-	-
Emilia Romagna	3	0	0,097	0,052	0,166
Friuli Venezia Giulia	0	0	-	-	-
Lazio	5	1	<0,23	0,06	0,50
Liguria	5	4	<0,156	0,1	0,380
Lombardia	20	15	<0,174	0,093	0,820
Marche	0	0	-	-	-
Molise	0	0	-	-	-
Piemonte	7	5	<0,27	0,077	0,56
Puglia	6	5	<0,107	0,071	0,208
Sardegna	11	9	<0,150	0,040	0,510
Sicilia	n.d.	-	-	-	-
Toscana	0	0	-	-	-
Trentino Alto Adige: Trento	1	1	<0,4	0,4	0,4
Trentino Alto Adige: Bolzano	6	2	<0,318	0,1	1,1
Umbria	0	0	-	-	-
Valle d' Aosta	0	0	-	-	-
Veneto	2	1	<0,195	0,1	0,290
Nord	44	28	<0,210	0,052	1,1
Centro	22	14	<0,155	0,035	0,510
Sud	6	5	<0,107	0,071	0,208

n.d.: dato non disponibile (not available)

Tabella 24 - Misure di ¹³⁷Cs nella carne avicola (peso fresco) – ¹³⁷Cs in avicultural meat (fresh weight). (Bq/kg)

Regione	N° Misure	N° Misure < MAR	Media	Min	Max
Abruzzo	2	2	<0,114	0,072	0,157
Basilicata	n.d.	-	-	-	-
Calabria	n.d.	-	-	-	-
Campania	2	1	<0,085	0,070	0,1
Emilia Romagna	2	0	0,051	0,049	0,052
Friuli Venezia Giulia	0	0	-	-	-
Lazio	0	0	-	-	-
Liguria	22	19	<0,119	0,1	0,420
Lombardia	12	12	<0,099	0,085	0,1
Marche	0	0	-	-	-
Molise	0	0	-	-	-
Piemonte	1	1	<0,24	0,24	0,24
Puglia	6	5	<0,107	0,071	0,208
Sardegna	14	13	<0,1	0,050	0,150
Sicilia	n.d.	-	-	-	-
Toscana	0	0	-	-	-
Trentino Alto Adige: Trento	0	0	-	-	-
Trentino Alto Adige: Bolzano	6	6	<0,1	0,1	0,1
Umbria	2	2	<0,090	0,080	0,1
Valle d' Aosta	0	0	-	-	-
Veneto	5	4	<0,1	0,090	0,098
Nord	48	42	<0,118	0,049	0,420
Centro	18	17	<0,101	0,050	0,157
Sud	8	6	<0,096	0,070	0,208

n.d.: dato non disponibile (not available)

Tabella 25 - Misure di ¹³⁷Cs nei cereali e derivati – ¹³⁷Cs in cereals and by-products. (Bq/kg)

Matrice	Area geografica	N° Misure	N° Misure < MAR	¹³⁷ Cs		
				Media	Min	Max
Grano duro (<i>Triticum durum</i> Desf.)	Nord	9	6	<0,31	0,08	1,72
	Centro	20	20	<0,20	0,07	0,37
	Sud	4	4	<0,06	0,03	0,09
Grano tenero (<i>Triticum aestivum</i> L.)	Nord	15	13	<0,11	0,09	0,13
	Centro	14	14	<0,33	0,10	0,14
	Sud	3	2	<0,11	0,07	0,15
Mais (<i>Zea mays</i> L.)	Nord	24	17	<0,107	0,06	0,49
	Centro	0	0	-	-	-
	Sud	2	2	<0,1	0,1	0,1
Riso (<i>Oryza sativa</i> L.)	Nord	18	16	<0,11	0,06	0,30
	Centro	2	2	<0,60	0,49	0,7
	Sud	0	0	-	-	-
Farina di grano duro (<i>Durum wheat flour</i>)	Nord	11	8	<0,15	0,10	0,26
	Centro	3	3	<0,12	0,11	0,13
	Sud	0	0	-	-	-
Farina di grano tenero (<i>Soft wheat flour</i>)	Nord	36	34	<0,12	0,09	0,50
	Centro	17	17	<0,12	0,08	0,15
	Sud	19	16	<0,08	0,05	0,10
Farina di mais (<i>Maize meal</i>)	Nord	0	0	-	-	-
	Centro	4	4	<0,09	0,06	0,14
	Sud	6	5	<0,07	0,04	0,10
Pane (<i>Bread</i>)	Nord	50	48	<1,63	0,07	4,67
	Centro	4	4	<0,08	0,07	0,09
	Sud	0	0	-	-	-
Pasta (<i>Pasta</i>)	Nord	94	86	<0,11	0,05	0,97
	Centro	39	36	<0,17	0,04	0,35
	Sud	26	23	<0,07	0,04	0,11
Altro	Nord	27	22	<0,12	0,08	0,37
	Centro	5	4	<0,12	0,05	0,45
	Sud	2	2	<0,07	0,07	0,07

Tabella 26 - Misure di ¹³⁷Cs nei vegetali e ⁹⁰Sr nei vegetali a foglia (peso fresco) – ¹³⁷Cs in vegetables and ⁹⁰Sr in vegetables to leaf (fresh weight). (Bq/kg)

Matrice	Area Geografica	¹³⁷ Cs						⁹⁰ Sr			
		N° Misure	N° Misure < MAR	Media	Min	Max	N° Misure	N° Misure < MAR	Media	Min	Max
Insalata/ Lattuga (<i>Lactuca scariola sativa</i> L.)	Nord	76	69	<0,10	0,02	0,39	-	-	-	-	-
	Centro	32	30	<0,18	0,02	0,21	12	0	0,06	0,01	0,16
	Sud	19	15	<0,13	0,03	0,30	-	-	-	-	-
Spinacio (<i>Spinacia oleracea</i> L.)	Nord	5	5	<0,09	0,03	0,10	-	-	-	-	-
	Centro	5	5	<0,11	0,04	0,17	1	0	0,10	0,10	0,10
	Sud	2	1	<0,09	0,08	0,10	-	-	-	-	-
Patata (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	Nord	34	28	<0,15	0,02	0,90	-	-	-	-	-
	Centro	15	13	<0,23	0,08	0,20	-	-	-	-	-
	Sud	7	6	<0,08	0,06	0,13	-	-	-	-	-
Pomodoro (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill)	Nord	11	9	<0,13	0,02	0,10	-	-	-	-	-
	Centro	1	1	<0,12	0,12	0,12	-	-	-	-	-
	Sud	7	6	<0,09	0,05	0,15	-	-	-	-	-
Cavolfiore (<i>Brassica oleracea botrytis</i> L.)	Nord	9	7	<0,16	0,07	0,37	-	-	-	-	-
	Centro	3	3	<0,25	0,10	0,13	-	-	-	-	-
	Sud	4	4	<0,09	0,08	0,12	-	-	-	-	-
Altro	Nord	85	76	<0,12	0,02	2,24	-	-	-	-	-
	Centro	26	25	<0,13	0,03	0,30	7	0	0,14	0,01	0,42
	Sud	63	50	<0,11	0,03	0,80	-	-	-	-	-

Tabella 27 - Misure di ^{137}Cs nella frutta (peso fresco) – ^{137}Cs in fruit (fresh weight). (Bq/kg)

Matrice	Area geografica	N° Misure	N° Misure < MAR	Media	Min	Max
Arancia (<i>Citrus Sinensis Osbeck</i>)	Nord	9	9	<0,10	0,10	0,10
	Centro	9	9	<0,11	0,08	0,14
	Sud	6	5	<0,08	0,03	0,10
Mela (<i>Malus communis Dek.</i>)	Nord	40	37	<0,09	0,03	0,47
	Centro	6	6	<0,10	0,07	0,13
	Sud	10	9	<0,09	0,05	0,10
Pera (<i>Pirus communis L.</i>)	Nord	16	16	<0,09	0,02	0,14
	Centro	0	0	-	-	-
	Sud	3	3	<0,07	0,05	0,09
Pesca (<i>Prunus Persica Stokes</i>)	Nord	13	10	<0,17	0,01	0,1
	Centro	8	8	<0,15	0,2	0,34
	Sud	5	5	<0,06	0,04	0,39
Castagna (<i>Castanea sativa Mill.</i>)	Nord	29	2	<6,44	0,25	43,1
	Centro	0	0	-	-	-
	Sud	3	0	1,33	0,55	2,40
Mirtillo (<i>bilberry</i>) ^(a)	Nord	5	3	<2,84	0,10	21,2
	Centro	1	0	57,5	57,5	57,5
	Sud	0	0	-	-	-
Fragola selvatica (<i>Strawberry</i>) ^(a)	Nord	0	0	-	-	-
	Centro	0	0	-	-	-
	Sud	0	0	-	-	-
Lampone (<i>Robus idaeus</i>) ^(a)	Nord	0	0	-	-	-
	Centro	0	0	-	-	-
	Sud	0	0	-	-	-
Altro	Nord	53	53	<0,08	0,02	0,14
	Centro	18	17	<0,18	0,09	0,70
	Sud	49	37	<0,09	0,04	0,23

(a) Prodotti da ecosistemi naturali o semi-naturali, in riferimento alla Raccomandazione della Commissione Europea 2000/473/Euratom

Tabella 28 - Misure di ^{137}Cs in pesce di acqua dolce e di mare (peso fresco) – ^{137}Cs in sea fish and freshwater fish (fresh weight). (Bq/kg)

Matrice	Area geografica	N° Misure	N° Misure < MAR	Media	Min	Max
Acciuga/Alice (<i>Engraulis encrasicolus</i>)	Nord	0	0	-	-	-
	Centro	0	0	-	-	-
	Sud	7	2	<0,11	0,058	0,15
Merluzzo (<i>Merluccius merluccius</i>)	Nord	1 ^(a)	0	8,70	8,7	8,7
	Centro	1	1	<0,10	0,1	0,1
	Sud	6	3	<0,14	0,02	0,27
Orata (<i>Sparus Auratus</i>)	Nord	1	1	<0,10	0,1	0,1
	Centro	1	1	<0,19	0,19	0,19
	Sud	0	0	-	-	-
Sarda (<i>Sarda mediterranea</i>)	Nord	3	3	<0,10	0,1	0,1
	Centro	1	1	<0,10	0,1	0,1
	Sud	4	1	<0,23	0,08	0,42
Altro	Nord	22	10	<0,14	0,08	0,4
	Centro	14	8	<0,25	0,12	0,54
	Sud	31	8	<0,19	0,03	0,66
Alborella (<i>Alburnus albidus</i>)	Nord	4	0	0,97	0,90	1,06
	Centro	0	0	-	-	-
	Sud	0	0	-	-	-
Trota (<i>Salmo gairdneri</i>)	Nord	13	6	<0,21	0,1	0,7
	Centro	1	0	0,35	0,35	0,35
	Sud	0	0	-	-	-
Luccio (<i>Esox lucius</i>)	Nord	0	0	-	-	-
	Centro	1	0	0,30	0,3	0,3
	Sud	0	0	-	-	-
Persico (<i>Perca fluviatilis</i>)	Nord	15	5	<5,48	0,1	37,91
	Centro	0	0	-	-	-
	Sud	0	0	-	-	-
Altro	Nord	13	1	<1,18	0,09	2,37
	Centro	3	0	0,27	0,26	0,28
	Sud	1	0	5,40	5,4	5,4

^(a) filetti di merluzzo

Tabella 29 - Misure di ^{137}Cs nei molluschi (peso fresco) – ^{137}Cs in mollusc (fresh weight). (Bq/kg)

Matrice	Area geografica	N° Misure	N° Misure < MAR	Media	Min	Max
Cozza/Mitilo (<i>Mytilus galloprovincialis</i>)	Nord	13	13	<0,09	0,07	0,11
	Centro	12	11	<0,12	0,07	0,15
	Sud	8	6	<0,12	0,02	0,47
Vongola (<i>Chamelea gallina</i>)	Nord	1	1	<0,07	0,07	0,07
	Centro	0	0	-	-	-
	Sud	0	0	-	-	-
Polpo (<i>Octopus vulgaris</i>)	Nord	3	2	<0,16	0,10	0,29
	Centro	0	0	-	-	-
	Sud	0	0	-	-	-
Altro	Nord	4	4	<0,094	0,085	0,10
	Centro	0	0	-	-	-
	Sud	0	0	-	-	-

BIBLIOGRAFIA

¹ D.lg. 230/95 “Attuazione delle direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 92/3/Euratom e 96/29/Euratom in materia di radiazioni ionizzanti”.

² D.lg. 241/2000 “Attuazione della direttiva 96/29/EURATOM in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti”.

³ D.lg. 257/2001 “Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 26 maggio 2000 n. 241, recante attuazione della direttiva 96/29/Euratom in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti”.

⁴ D.lg. 151/2001 “Testo unico delle disposizioni legislative in materia di tutela e sostegno della maternità e della paternità, a norma dell’articolo 15 della legge 8 marzo 2000, n. 53”.

⁵ Legge 1 marzo 2002, n. 39. “Disposizioni per l’adempimento di obblighi derivanti dall’appartenenza dell’Italia alle Comunità europee - Legge comunitaria 2001.

⁶ Trattato che istituisce la Comunità europea dell’energia atomica (firmato a Roma il 25 marzo 1957) <http://europa.eu.int/abc/obj/treaties/it/ittoc38.htm>.

⁷ Decisione 87/600/Euratom del Consiglio del 14 dicembre 1987 concernente un primo scambio di informazioni a livello comunitario in evento di emergenza radiologica.

⁸ 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.

⁹ Direttiva 98/83/CE del Consiglio del 3 novembre 1998 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano.

¹⁰ Decreto Legislativo n. 31 del 2 febbraio 2001, “Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano”.

¹¹ Raccomandazione della Commissione Europea del 14 aprile 2003 (2003/274/CE) 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 di Chernobyl.

¹² Regolamento (CEE) N. 737/90 del consiglio del 22 marzo 1990 relativo alle condizioni d’importazione di prodotti agricoli originari dei paesi terzi a seguito dell’incidente verificatosi nella centrale nucleare di Chernobyl.

¹³ M. De Cort, A. Janssens, T. Tollefsen, B. Doherty and S. Macchi (Eds.), *Environmental Radioactivity in the European Community*. 1995, EUR 19929 EN. 80 pp. ISBN 92-894-1702-1. Luxembourg, 2001. 80 pp.

¹⁴ Raccolta dei risultati dell’attività dei Gruppi di Lavoro delle Reti Nazionali. ANPA, maggio 1995.

¹⁵ CTN_AGF (AGF-T-GTE-00-02) “Guida tecnica sulle misure di radioattività ambientale derivanti dall’adeguamento dei relativi insiemi di dati”, 2002.

¹⁶ De Felice P., Pona C., Biagini R. “Sorgenti di riferimento per la misurazione della radioattività nel particolare atmosferico, deposizione al suolo e matrici di terreno”. Atti Convegno Fisica dell’Ambiente, Brescia, Italy, 15-17 Dicembre 1993.

¹⁷ De Felice P., Ingrao G., “La riferibilità ai campioni nella misura dei radionuclidi e dei neutroni”, convegno annuale del SIT, Torino, 17-18 ottobre 1995.

¹⁸ Dersch R., De Felice P., Jerome S.M., Pona C., De Sanoit J., Woods M.J. “Development of a Range of Gamma-Ray Emitting Radioactive Spiked Reference Materials for Environmental Monitoring - Part I”, *Nucl. Instr. and Meth. in Physics Research A* 339 (1994) 55.

¹⁹ Biagini R., Dersch R., De Felice P., Jerome S.M., Perkin E.M.E., Pona C., De Sanoit J., Woods M.J. “Homogeneity Testing of Spiked Reference Materials”, *The Science of the Total Environment* 173/174, 267-274, (1995). 57.

²⁰ De Felice P., Ientile P., Laitano R.F., Piermattei S., “Programma di standardizzazione svolto dall’ENEA per l’affidabilità delle reti di sorveglianza della radioattività ambientale”, Convegno AIRP-SFRP Castelfandolfo 12-13 Ottobre 1987.

-
- ²¹ De Felice P., Laitano R.F., Piermattei S., “Activity measurements of Sr-90 and Cs-137 in spiked solutions of milk. Results of a national intercomparison in Italy”. *The Science of the Total Environment* 69 (1988) 29.
- ²² De Felice P., Laitano R.F., Piermattei S., Pona C., “Results of the ENEA intercomparison campaigns for the radioactivity surveillance network in Italy” *Proceedings of IRPA8 International Congress, Montreal, Canada May 17-22, 1992, Vol II.*
- ²³ De Felice P., Laitano R.F., Piermattei S., “Recent results (1986-1989) on the ENEA quality assurance programme for the radioactivity surveillance network in Italy”, *The Science of the Total Environment* 130/131 (1993) 473.
- ²⁴ De Felice P. “Campagne nazionali di taratura ed interconfronto nella misurazione della radioattività”. *Atti del XXVIII Congresso Nazionale A.I.R.P., Taormina, Italy, 13-16 Ottobre 1993, p. 507, Università di Palermo, marzo 1995.*
- ²⁵ A. Alonzi et al., “Environmental radioactivity surveillance system of A.N.P.A.”, *Proc. of III International Meeting on low-level air radioactivity monitoring, Dabrown, Poland, 2001.*
- ²⁶ ENEA-DISP, *Rapporto annuale sulla Radioattività Ambientale in Italia, Reti Nazionali, 1986-87, 1988, 1989, 1990.*
- ²⁷ ANPA, *Rapporto annuale delle Reti Nazionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale in Italia, 1991, 1992, 1993, 1994-97, 1998.*
- ²⁸ APAT, *relativamente ai dati afferenti alle Reti Nazionali per gli anni 1999-2002.*
- ²⁹ Nero A., Naranoff W., 1968. “Radon and its products in indoor air”. A. Wiley – Interscience Publications A.
- ³⁰ Collacino, Dietrich, Favale, Passamonti, Baldi, 1987, “La radioattività dell’aria in Italia a seguito dell’incidente di Chernobyl”, *Gli studi sulla radioattività ambientale e sull’impatto sanitario anche sulla base dell’incidente di Chernobyl, ENEA.*
- ³¹ Vedi <http://www.irsn.org/opera/>
- ³² Cardinale A., Cortellessa G., Gera F., Ilari O., Lembo G., Absorbed dose distribution in the Italy population due to the natural background radiation – *Proceedings of the second International Symposium on the natural radiation environment, J.A.S. Adams, W.M. Lowder and T.F. Gesell eds. P. 421, 1972.*
- ³³ OECD-NEA, 1987, *The radiological impact of the Chernobyl accident in OECD countries, Parigi.*
- ³⁴ Antonelli A., 1990, *Gli studi della radioattività ambientale e la gestione dell’ambiente, ENEA, Sicurezza e Protezione, 23-24/90, 41-48.*
- ³⁵ Desmet G., 1996, *EC contribution to the evolution of the objectives of radioecological research in relation to the radioactive deposition and its impact on land use and environmental management after the nuclear accident at Chernobyl. Proceedings of the first international conference on the radiological consequences of the Chernobyl accident, Minsk, Belarus, 18 to 22 March 1996. EUR 16544 EN, 31-38.*
- ³⁶ Velasco R. H., Belli M., Menegon S., Sansone U., 1993, *Vertical transport of radiocesium in surface soils: model implementation and dose-rate computation, Health Physics, 64, 37-44.*
- ³⁷ Chamard P., Velasco R.H., Belli M., Di Silvestro G., Ingrao G., Sansone U., 1993, *¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr distribution in a soil profile, The Science of the Total Environment, 136, 251-258.*
- ³⁸ Belli M., Sansone U., Menegon S., 1994, *Behaviour of radiocaesium in a forest of the eastern Italian alps, The Science of the Total Environment, 157, 257-260.*
- ³⁹ Belli M., Sansone U., Ardiani R., Feoli E., Scimone M., Menegon S., Parente G., 1995, *The effect of fertilizer applications on ¹³⁷Cs uptake by different plant species and vegetation types, Journal of Environmental Radioactivity, 27, 75-89.*
- ⁴⁰ Seminat – *Long-term dynamics of radionuclides in semi-natural environment: derivation of parameter and modelling. Final report. 1999. Seminat research project, European Commission Contract n° FI4P-CT95-0022. ANPA, Serie Documenti 10/2000, ISBN-88-448- 0286-4, 105p.*
- ⁴¹ Belli M., Blasi M., Capra E., Drigo A., Menegon S., Piasentier E., Sansone U., 1993, *Ingested soil as a source of ¹³⁷Cs to ruminants, The Science of the Total Environment, 136, 243-249.*