



ANPA

Agenzia Nazionale per la
Protezione dell'Ambiente

Reti nazionali di sorveglianza della radioattività ambientale in Italia 1998

*Environmental radioactivity
networks in Italy 1998*

Stato dell'Ambiente 6/2001

ANPA - Dipartimento Stato dell'Ambiente, Controlli e Sistemi Informativi
ANPA - Unità Interdipartimentale di Metrologia Ambientale

Informazioni legali

L'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente 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.

Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

Via Vitaliano Brancati, 48 - 00144 Roma
Dipartimento Stato dell'Ambiente, Controlli e Sistemi Informativi
Unità Interdipartimentale di Metrologia Ambientale
www.anpa.it

ISBN 88-448-0240-6

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Coordinamento ed elaborazione grafica

ANPA, Immagine
Grafica di copertina: Franco Iozzoli
Foto di copertina: Silvia Rosamilia

Coordinamento tipografico

ANPA, Dipartimento Strategie Integrate Promozione e Comunicazione

Impaginazione e stampa

Pubblimedia® - PWI®

Stampato su carta ecologica 100%
Rapporto completato nel mese di dicembre 2001
Finito di stampare nel mese di febbraio 2002

La redazione del rapporto sulle Reti Nazionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale in Italia è a cura dell'Unità Interdipartimentale di Metrologia Ambientale del Dipartimento Stato dell'Ambiente Controlli e Sistemi Informativi dell'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente. (Tel. +39.06.50072952 - Fax +39.06.50072313)

Le informazioni riportate nel rapporto sono state desunte dai dati di radioattività ambientale trasmessi all'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente direttamente dalle Agenzie Regionali e dalle Agenzie Provinciali per la Protezione dell'Ambiente e dalle altre Istituzioni facenti parte delle Reti Nazionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale in Italia.

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

Il documento è stato elaborato da:

Damiano Centioli, ANPA

Sabrina Barbizzi, consulente ANPA

Maria Belli, ANPA

Stefano Mirti, ANPA

Massimo Notaro, ANPA

Silvia Rosamilia, ANPA

Umberto Sansone, ANPA

Roberto Biagini, Pierino De Felice e Raffaele Fedele Laitano dell'Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti dell'Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente (ENEA), hanno partecipato alla redazione della sezione relativa al programma di affidabilità associato alle reti nazionali di sorveglianza della radioattività ambientale in Italia.

Elaborati grafici a cura di Damiano Centioli, ANPA



Indice (Content)

The environmental radioactivity survey in Italy	Pag. 1
La radioattività ambientale	Pag. 3
Il controllo della radioattività ambientale in Italia	Pag. 7
Sintesi dei risultati ottenuti nel 1998	Pag. 27
• Radioattività nel particolato atmosferico e nelle deposizioni umide e secche al suolo	Pag. 27
• Radioattività nelle matrici ambientali ed alimentari	Pag. 27
Programma di affidabilità associato alle reti nazionali di sorveglianza della radioattività ambientale in Italia	Pag. 45
• Risultati del programma di affidabilità per il periodo 1996 - 1998	Pag. 46
• Conclusioni	Pag. 49
Tabelle e figure (Tables and figures)	
Figura n. 1: percentuale di dati (^{137}Cs) conformi e non conformi forniti dalla rete per la matrice “Cereali e derivati”. <i>(^{137}Cs in cereals and by products: percentage of acceptable (blue) and unacceptable (red) data for quality control)</i>	Pag. 11
Figura n. 2: dati forniti dalla rete (^{137}Cs) per la matrice “cereali e derivati” suddivisi per regione di provenienza. <i>(^{137}Cs in cereals and by products: acceptable (blue) and unacceptable (red) data separated according to region of origin)</i>	Pag. 11
Figura n. 3: percentuale di dati (^{137}Cs) conformi e non conformi forniti dalla rete per la matrice “vegetali”. <i>(^{137}Cs in vegetables: percentage of acceptable (blue) and unacceptable (red) data for quality control)</i>	Pag. 12
Figura n. 4: dati forniti dalla rete (^{137}Cs) per la matrice “vegetali” suddivisi per regione di provenienza. <i>(^{137}Cs in vegetables: acceptable (blue) and unacceptable (red) data separated according to region of origin)</i>	Pag. 12
Figura n. 5: percentuale di dati (^{137}Cs) conformi e non conformi forniti dalla rete per la matrice “frutta”. <i>(^{137}Cs in fruits: percentage of acceptable (blue) and unacceptable (red) data for quality control)</i>	Pag. 13
Figura n. 6: dati forniti dalla rete (^{137}Cs) per la matrice “frutta” suddivisi per regione di provenienza. <i>(^{137}Cs in fruits: acceptable (blue) and unacceptable (red) data separated according to region of origin)</i>	Pag. 13

- Figura n. 7: percentuale di dati (^{137}Cs) conformi e non conformi forniti dalla rete per la matrice “pesce e molluschi”.
(^{137}Cs in fish and mollusc: percentage of acceptable (blue) and unacceptable (red) data for quality control) Pag. 14
- Figura n. 8: dati forniti dalla rete (^{137}Cs) per la matrice “pesce e molluschi” suddivisi per regione di provenienza.
(^{137}Cs in fish and mollusc: acceptable (blue) and unacceptable (red) data separated according to region of origin) Pag. 14
- Figura n. 9: percentuale di dati (^{137}Cs) conformi e non conformi forniti dalla rete per la matrice “carne bovina”.
(^{137}Cs in bovine meat: percentage of acceptable (blue) and unacceptable (red) data for quality control) Pag. 15
- Figura n.10: dati forniti dalla rete (^{137}Cs) per la matrice “carne bovina” suddivisi per regione di provenienza.
(^{137}Cs in bovine meat: acceptable (blue) and unacceptable (red) data separated according to region of origin) Pag. 15
- Figura n. 11: percentuale di dati (^{137}Cs) conformi e non conformi forniti dalla rete per la matrice “carne suina”.
(^{137}Cs in pork meat: percentage of acceptable (blue) and unacceptable (red) data for quality control) Pag. 16
- Figura n. 12: dati forniti dalla rete (^{137}Cs) per la matrice “carne suina” suddivisi per regione di provenienza.
(^{137}Cs in pork meat: acceptable (blue) and unacceptable (red) data separated according to region of origin) Pag. 16
- Figura n. 13: percentuale di dati (^{137}Cs) conformi e non conformi forniti dalla rete per la matrice “carne ovina”.
(^{137}Cs in mutton: percentage of acceptable (blue) and unacceptable (red) data for quality control) Pag. 17
- Figura n. 14: dati forniti dalla rete (^{137}Cs) per la matrice “carne ovina” suddivisi per regione di provenienza.
(^{137}Cs in mutton: acceptable (blue) and unacceptable (red) data separated according to region of origin) Pag. 17
- Figura n. 15: percentuale di dati (^{137}Cs) conformi e non conformi forniti dalla rete per la matrice “carne di allevamenti avicunicoli”.
(^{137}Cs in chicken and rabbit meat: percentage of acceptable (blue) and unacceptable (red) data for quality control) Pag. 18

Figura n. 16: dati forniti dalla rete (^{137}Cs) per la matrice “carne di allevamenti avicunicoli” suddivisi per regione di provenienza. <i>(^{137}Cs in chicken and rabbit meat: acceptable (blue) and unacceptable (red) data separated according to region of origin)</i>	Pag. 18
Figura n. 17: percentuale di dati (^{137}Cs) conformi e non conformi forniti dalla rete per la matrice “latte vaccino”. <i>(^{137}Cs in cow's milk: percentage of acceptable (blue) and unacceptable (red) data for quality control)</i>	Pag. 19
Figura n. 18: dati forniti dalla rete (^{137}Cs) per la matrice “latte vaccino” suddivisi per regione di provenienza. <i>(^{137}Cs in cow's milk: acceptable (blue) and unacceptable (red) data separated according to region of origin)</i>	Pag. 19
Figura n. 19: percentuale di dati (^{137}Cs) conformi e non conformi forniti dalla rete per la matrice “latte vaccino in polvere”. <i>(^{137}Cs in powdered cow's milk: percentage of acceptable (blue) and unacceptable (red) data for quality control)</i>	Pag. 20
Figura n. 20: dati forniti dalla rete (^{137}Cs) per la matrice “latte vaccino in polvere” suddivisi per regione di provenienza. <i>(^{137}Cs in powdered cow's milk: acceptable (blue) and unacceptable (red) data separated according to region of origin)</i>	Pag. 20
Figura n. 21: percentuale di dati (^{137}Cs) conformi e non conformi forniti dalla rete per la matrice “latte vaccino UHT”. <i>(^{137}Cs in U.H.T. cow's milk: percentage of acceptable (blue) and unacceptable (red) data for quality control)</i>	Pag. 21
Figura n. 22: dati forniti dalla rete (^{137}Cs) per la matrice “latte vaccino UHT” suddivisi per regione di provenienza. <i>(^{137}Cs in U.H.T. cow's milk: acceptable (blue) and unacceptable (red) data separated according to region of origin)</i>	Pag. 21
Figura n. 23: percentuale di dati (^{137}Cs) conformi e non conformi forniti dalla rete per la matrice “latte ovino”. <i>(^{137}Cs in sheep's milk: percentage of acceptable (blue) and unacceptable (red) data for quality control)</i>	Pag. 22
Figura n. 24: dati forniti dalla rete (^{137}Cs) per la matrice “latte ovino” suddivisi per regione di provenienza. <i>(^{137}Cs in sheep's milk: acceptable (blue) and unacceptable (red) data separated according to region of origin)</i>	Pag. 22

Figura n. 25: percentuale di dati (^{137}Cs) conformi e non conformi forniti dalla rete per la matrice “latte caprino”. <i>(^{137}Cs in goat's milk: percentage of acceptable (blue) and unacceptable (red) data for quality control)</i>	Pag. 23
Figura n. 26: dati forniti dalla rete (^{137}Cs) per la matrice “latte caprino” suddivisi per regione di provenienza. <i>(^{137}Cs in goat's milk: acceptable (blue) and unacceptable (red) data separated according to region of origin)</i>	Pag. 23
Figura n. 27: percentuale di dati (^{137}Cs) conformi e non conformi forniti dalla rete per la somma delle matrici “acque marine”, “acque fluviali” ed “acque lacustri”. <i>(^{137}Cs in river, sea and lake water: percentage of acceptable (blue) and unacceptable (red) data for quality control)</i>	Pag. 24
Figura n. 28: dati forniti dalla rete (^{137}Cs) per la somma delle matrici “acque marine”, “acque fluviali” ed “acque lacustri” suddivisi per regione di provenienza. <i>(^{137}Cs in river, lake and sea water: acceptable (blue) and unacceptable (red) data separated according to region of origin)</i>	Pag. 24
Figura n. 29: percentuale di dati (^{137}Cs) conformi e non conformi forniti dalla rete per la somma delle matrici “sedimenti marini”, “sedimenti fluviali” e “sedimenti lacustri”. <i>(^{137}Cs in marine, lake and river sediments: percentage of acceptable (blue) and unacceptable (red) data for quality control)</i>	Pag. 25
Figura n. 30: dati forniti dalla rete (^{137}Cs) per la somma delle matrici “sedimenti marini”, “sedimenti fluviali” e “sedimenti lacustri” suddivisi per regione di provenienza. <i>(^{137}Cs in marine, lake and river sediments: acceptable (blue) and unacceptable (red) data separated according to region of origin)</i>	Pag. 25
Figura n. 31: percentuale di dati (^{137}Cs) conformi e non conformi forniti dalla rete per la matrice “Detrito minerale Organico sedimentabile (DMOS)”. <i>(^{137}Cs in freshwater detrital and mineral particulate: percentage of acceptable (blue) and unacceptable (red) data for quality control)</i>	Pag. 26
Figura n. 32: dati forniti dalla rete (^{137}Cs) per la matrice “Detrito minerale Organico sedimentabile (DMOS)” suddivisi per regione di provenienza. <i>(^{137}Cs in freshwater detrital and mineral particulate: acceptable (blue) and unacceptable (red) data separated according to region of origin)</i>	Pag. 26
Tabella I: Località di prelievo del particolato atmosferico <i>(Air particulate sampling sites)</i>	Pag. 30

Tabella 2: Radioattività beta totale nel particolato atmosferico (<i>Gross beta radioactivity in air particulate</i>)	Pag. 31
Tabella 3: ^{137}Cs nel particolato atmosferico (<i>^{137}Cs in air particulate</i>)	Pag. 32
Tabella 4: ^7Be nel particolato atmosferico (<i>^7Be in air particulate</i>)	Pag. 33
Tabella 5: Località di prelievo delle deposizioni umide e secche al suolo (<i>Fall-out sampling sites</i>)	Pag. 34
Tabella 6: ^7Be nelle deposizione umide e secche al suolo (<i>^7Be in fall-out</i>)	Pag. 35
Tabella 7: ^{137}Cs nelle deposizione umide e secche al suolo (<i>^{137}Cs in fall-out</i>)	Pag. 36
Tabella 8: ^{90}Sr nelle deposizione umide e secche al suolo (<i>^{90}Sr in fall-out</i>)	Pag. 37
Tabella 9: ^{137}Cs nei cereali e derivati (<i>^{137}Cs in cereals and by-products</i>)	Pag. 37
Tabella 10: ^{137}Cs nei vegetali (<i>^{137}Cs in vegetables</i>)	Pag. 38
Tabella 11: ^{90}Sr nei vegetali (<i>^{90}Sr in vegetables – fresh weight</i>)	Pag. 38
Tabella 12: ^{137}Cs nella frutta (<i>^{137}Cs in fruit</i>)	Pag. 38
Tabella 13: ^{137}Cs nel latte vaccino (<i>^{137}Cs in cow's milk</i>)	Pag. 39
Tabella 14: ^{137}Cs nel latte in polvere vaccino (<i>^{137}Cs in powdered cow's milk</i>)	Pag. 39
Tabella 15: ^{137}Cs nel latte vaccino U.H.T. (<i>^{137}Cs in U.H.T. cow's milk</i>)	Pag. 39
Tabella 16: ^{137}Cs nel latte ovino (<i>^{137}Cs in sheep's milk</i>)	Pag. 40
Tabella 17: ^{137}Cs nel latte caprino (<i>^{137}Cs in goat's milk</i>)	Pag. 40

Tabella 18: ^{90}Sr nel latte vaccino (^{90}Sr in cow's milk)	Pag. 40
Tabella 19: ^{90}Sr nel latte vaccino U.H.T. (^{90}Sr in U.H.T. cow's milk)	Pag. 40
Tabella 20: ^{90}Sr nel latte ovino (^{90}Sr in sheep's milk)	Pag. 40
Tabella 21: ^{137}Cs nella carne bovina (^{137}Cs in bovine meat)	Pag. 40
Tabella 22: ^{137}Cs nella carne suina (^{137}Cs in pork meat)	Pag. 41
Tabella 23: ^{137}Cs nella carne ovina (^{137}Cs in mutton – fresh weight)	Pag. 41
Tabella 24: ^{137}Cs nelle carni provenienti da allevamenti avicunicoli (^{137}Cs in chicken and rabbit meat)	Pag. 41
Tabella 25: ^{137}Cs nel pesce (^{137}Cs in fish)	Pag. 42
Tabella 26: ^{137}Cs nei molluschi (^{137}Cs in mollusc)	Pag. 42
Tabella 27: ^{137}Cs e ^{90}Sr nelle acque marine (^{137}Cs and ^{90}Sr in seawater)	Pag. 42
Tabella 28: ^{137}Cs nei sedimenti marini (^{137}Cs in marine sediments)	Pag. 43
Tabella 29: ^{137}Cs e ^{90}Sr disciolto nelle acque fluviali (Dissolved ^{137}Cs and ^{90}Sr in freshwater)	Pag. 43
Tabella 30: ^{137}Cs disciolto nelle acque lacustri (Dissolved ^{137}Cs in lake water)	Pag. 43
Tabella 31: ^{137}Cs nei sedimenti fluviali (^{137}Cs in freshwater sediments)	Pag. 43
Tabella 32: ^{137}Cs nei sedimenti lacustri (^{137}Cs in lake sediments)	Pag. 43
Tabella 33: ^{137}Cs nel particolato delle acque fluviali (Particulate ^{137}Cs in freshwater)	Pag. 44

Tabella 34: ^{137}Cs nel DMOS (Detrito Minerale Organico Sedimentabile) <i>(^{137}Cs in freshwater detrital and mineral particulate)</i>	Pag. 44
Tabella 35: Campagne di taratura ed interconfronto svolte dal 1983 al 1998 <i>(Calibration and intercomparison exercises carried out from 1983 to 1998)</i>	Pag. 49
Tabella 36: Partecipanti alle campagne di taratura ed interconfronto svolte dal 1983 al 1998 <i>(Laboratories participating in the calibration and intercomparison exercises carried out from 1983 to 1998)</i>	Pag. 50
Tabella 37: Obiettivi specifici del programma di taratura ed interconfronto svolto nel 1996 e nel 1998 <i>(Specific objectives of the calibration and intercomparison programmes carried out in 1996 and 1998)</i>	Pag. 51
Tabella 38: Principali caratteristiche delle sorgenti utilizzate nelle campagne di taratura ed interconfronto del 1996 e del 1998 <i>(Main characteristics of the standard radioactive sources used in the 1996 and 1998 calibration and intercomparison exercises)</i>	Pag. 52
Tabella 39: Radionuclidi e livelli di concentrazione di attività nelle sorgenti utilizzate nelle campagne di taratura ed interconfronto del 1996 e del 1998 <i>(Radionuclides and activity concentration levels in the standard radioactive sources used in the 1996 and 1998 calibration and intercomparison exercises)</i>	Pag. 52
Tabella 40: Principali interferenze spettrali prodotte in uno spettro della sorgente dell'interconfronto del 1998 <i>(Main spectral interferences observed in the gamma-ray spectra of the source used in the 1998 intercomparison exercise)</i>	Pag. 53
Tabella 41: Scarti relativi dai valori di riferimento ENEA-INMRI nell'interconfronto del 1996 <i>(Relative deviations from the ENEA-INMRI reference values in the 1996 intercomparison exercise)</i>	Pag. 54
Tabella 42: Scarti relativi dai valori di riferimento ENEA-INMRI nell'interconfronto del 1998 <i>(Relative deviations from the ENEA-INMRI reference values in the 1998 intercomparison exercise)</i>	Pag. 55
Figura n.33: Distribuzione complessiva degli scarti relativi dai valori di riferimento ENEA-INMRI nell'interconfronto del 1996 <i>(Distribution of the relative deviations from the ENEA-INMRI reference values in the 1996 intercomparison exercise)</i>	Pag. 56

Figura n.34: Distribuzione complessiva degli scarti relativi dai valori di riferimento ENEA-INMRI nell'interconfronto del 1998 <i>(Distribution of the relative deviations from the ENEA-INMRI reference values in the 1998 intercomparison)</i>	Pag. 56
Bibliografia (References)	Pag. 57
Appendice	Pag. 59

The environmental radioactivity survey in Italy

This report contains the environmental radioactivity data collected in Italy during 1998, by the National Environmental Radioactivity Networks of Italy.

The National Environmental Protection Agency (ANPA) is law-fully responsible for publishing the environmental and dietary contamination data, provided by the organisations participating to the National Environmental Radioactivity Networks. The complete list of the participants is reported at the end of the present document.

The National Environmental Radioactivity Networks of Italy is aimed at survey of the pattern of environmental and dietary contamination in order to assess the radiation doses 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.

To guarantee that the laboratories of the organisations participating to the National Environmental Radioactivity Networks, perform measurements with a certain degree of accuracy and maintain the quality of their systems, the National Environmental Protection Agency organise yearly an intercalibration programme of the analytical methods used for measuring radioactivity in food and environmental samples. The calibration programme is performed with the collaboration of the National Institute of Ionising Radiation Metrology of ENEA. Routine tests with transfer standards are used for accurate calibration, so that the results can be traceable to a common reference point. The results of the intercalibration programmes performed on 1996 and 1998 are reported in this report.

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

Matrix	Sampling frequency	Measurement frequency
Air particulate	Daily	Monthly
Fallout	Monthly	Monthly
Aquatic Environment	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 on:

- air particulate;
- fall-out;
- cereals and by-products;
- vegetables;
- fruit;
- cow's milk;
- sheep's milk;
- goat's milk;
- bovine meat;
- pork meat;
- mutton;
- chicken and rabbit meat;
- fish and mollusc;
- seawater;
- marine sediments;
- freshwater;
- freshwater sediments;
- freshwater particulate;
- freshwater detrital and mineral particulates (DMOS).

In the case in which the results of the measurements of radioactivity are below the Minimum Detectable Activity (M.A.R.), the arithmetical average of a series of figures is given assuming the value as equal to the Minimum Detectable Activity. The tables report the total number of measurements (N° Misure) and the total number of measurements with values less than the Minimum Detectable Activity (N° Misure <M.A.R), in order to have an indication 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 to the National Environmental Radioactivity Networks. These information are synthetically reported in the 1993 National Environmental Radioactivity Report [1] and with more details into the publication "Raccolta dei risultati dell'attività dei gruppi di lavoro delle Reti Nazionali ANPA, maggio 1995" [2].

Reproduction of the data contained in this report is authorised, provided the source is acknowledged.

La radioattività ambientale

La radioattività fa parte dell'ambiente in cui viviamo ed ha accompagnato l'intero sviluppo biologico dell'ecosistema terrestre e del genere umano, contribuendo verosimilmente in larga misura a indurre le mutazioni genetiche sulla cui base, attraverso le ere, sono stati selezionati dalla natura i caratteri genetici dominanti delle specie biologiche che oggi conosciamo, e tra esse della specie umana. Il contributo alla radioattività ambientale dovuto alle sorgenti naturali (radioattività naturale) è tuttora il più importante, anche se nel corso dell'ultimo secolo alle fonti di irraggiamento naturali se ne sono aggiunte altre introdotte dalle attività antropiche. Infatti, la radioattività presente nell'ambiente deriva tuttora in massima parte dal contributo della radiazione cosmica (flussi di radiazione di origine extraterrestre) e della radiazione terrestre (radionuclidi naturali presenti nel terreno e nelle rocce).

I radionuclidi nell'ambiente, in differenti condizioni e circostanze, vengono dispersi nei settori abiotici come l'aria, l'acqua e il suolo. Vari processi regolano successivamente il trasferimento degli elementi radioattivi nei diversi compartimenti dell'ecosistema. L'entità del trasporto varia in rapporto al tipo di radionuclide, alle caratteristiche e alle attività biologiche e alle particolarità dell'ecosistema considerato.

Il controllo della radioattività ambientale nasce in Italia in seguito alle esplosioni nucleari in atmosfera degli anni 50, che hanno comportato ricadute al suolo di materiale radioattivo. Il controllo della radioattività ambientale ha risentito per anni di un'impostazione storica di tipo sanitario, cioè di preservare lo stato di salute e di benessere dell'uomo dai rischi delle radiazioni ionizzanti. In questa prima fase, le indagini sono principalmente indirizzate al rilevamento dell'andamento della radioattività ambientale, al fine di valutare la dose ricevuta dalla popolazione a seguito dell'esposizione alle radiazioni derivanti dai radionuclidi presenti nell'ambiente. In questo quadro, l'ambiente è suddiviso in differenti compartimenti - "black box" - tra loro uniti da flussi di energia e/o materia. In questi anni particolare attenzione è posta alle ricerche negli ambienti agricoli ed acquatici, in quanto di maggior interesse nella catena alimentare umana.

Negli anni appare sempre più evidente che le informazioni disponibili con il mero monitoraggio dei livelli di deposizione al suolo o con le misure di attività di concentrazione di radionuclidi nelle diverse componenti della catena alimentare umana non sono più sufficienti per la comprensione e la quantificazione dei fattori che sono alla base del comportamento ambientale nel breve, medio e lungo termine degli elementi radioattivi, o per l'adozione di misure mitigative - "contromisure" - per il recupero da un punto di vista ecologico ed economico di aree contaminate a seguito di rilasci radioattivi incidentali. L'estensione concettuale del controllo della radioattività ambientale, da un approccio di tipo sanitario a quello più complessivo di tutela ambientale avviene con gradualità e si è reso possibile in quanto gli studi sulle vie di diffusione e trasferimento della radioattività nelle catene alimentari facenti capo all'uomo, contenevano già tutti gli elementi necessari ad una vera e propria indagine ambientale.

Nasce così la radioecologia, la disciplina che studia il comportamento ambientale degli elementi radioattivi di origine naturale e artificiale. Il destino ambientale dei radionuclidi è studiato adesso sulla base delle caratteristiche chimico-fisiche delle componenti abiotiche dell'ecosistema e delle relazioni esistenti tra queste componenti e gli esseri viventi. È una scienza che analizza l'ambiente come un sistema complesso di relazioni tra componenti biotiche ed abiotiche con un approccio orizzontale [3]. Lo sviluppo e l'applicazione di tecniche utiliz-

zanti radionuclidi quali traccianti dei basilari processi ecologici dà l'opportunità di comprendere la struttura e le funzioni degli ecosistemi. Queste tecniche danno un significativo contributo scientifico alla conoscenza della dinamica ambientale degli elementi chimici, alla struttura delle catene alimentari e al ruolo dei processi fisiologici nell'accumulo di contaminanti. Studi sulla distribuzione di radionuclidi in aree contaminate, mettono in evidenza l'importanza delle variabili stagionali e dei parametri meteo climatici sul ciclo degli elementi radioattivi, il ruolo della risospensione nel trasferimento di particelle di suolo contaminate sulla superficie esterna delle piante e l'influenza degli animali nel trasporto dei radionuclidi da un sito contaminato. In questo ambito, vengono anche avviate attività relative alla messa a punto ed armonizzazione degli strumenti di analisi e di valutazione (norme, criteri e requisiti per il campionamento e la misura di matrici ambientali, validazione dei dati e sviluppo di modelli di previsione) da utilizzarsi per gli interventi sul territorio.

L'evento incidentale alla centrale nucleare di Chernobyl del 26 aprile 1986 rappresenta una tappa miliare nello sviluppo e consolidamento degli studi di radioecologia a livello internazionale. Le ricadute radioattive conseguenti all'incidente hanno interessato in maniera irregolare i territori dei diversi paesi europei, a causa delle diverse condizioni meteorologiche ed orografiche che la nube contaminata proveniente dall'ex Unione Sovietica ha incontrato durante il suo tragitto. La deposizione al suolo di radionuclidi presenta una elevata eterogeneità non solo dal punto di vista geografico, ma anche dal punto di vista delle caratteristiche chimico-fisiche dei radionuclidi depositati. Nelle immediate vicinanze dell'impianto danneggiato, una considerevole quantità di materiale radioattivo viene infatti depositata come "hot particles", costituite da complesse particelle amorfe contenenti variabili quantità di elementi, mentre a distanze maggiori il deposito di materiale radioattivo risulta essere in forme chimico-fisiche più semplici [4].

A seguito dell'incidente, le metodologie sperimentali ed i parametri descrittivi del comportamento dei radionuclidi derivati per gli ambienti agricoli, risultano non essere applicabili ad altri ambienti, generalmente caratterizzati da elevata diversità vegetazionale, disomogeneità e variabilità spaziale delle caratteristiche chimico fisiche dei suoli [5, 6]. Le indagini infatti evidenziano che alcuni ambienti come i boschi ed i prati di montagna, che erano stati trascurati nel passato, possono avere un impatto sulla catena alimentare umana, rappresentando una riserva di contaminanti per la selvaggina e gli animali al pascolo, e nel lungo termine possono rappresentare delle sorgenti di contaminazione per gli ecosistemi adiacenti [7].

Le contromisure disponibili, messe a punto per gli ambienti agricoli, risultano non essere applicabili agli ambienti naturali, caratterizzati da parametri ambientali estremamente variabili [8]. L'applicabilità e l'efficacia delle contromisure dipendono infatti dalle condizioni climatiche, dal tipo di terreno e dalle caratteristiche vegetazionali, in quanto la distribuzione e la mobilità dei radionuclidi depositati a seguito di un incidente nucleare sono strettamente correlate a queste caratteristiche ambientali. Le indagini a livello internazionale mettono in evidenza la necessità di adattare, a realtà ambientali diversificate, i modelli descrittivi dei meccanismi di dispersione dei radionuclidi nell'ambiente, sviluppati nel passato per gli ambienti agricoli [9].

Gli animali selvatici sono risultati essere potenzialmente un importante vettore di radioattività. Il trasferimento degli elementi radioattivi dalla catena alimentare è elevato e molto variabile, e conseguentemente molto difficile risulta essere la capacità predittiva dei modelli di trasferimento [10].

I rilasci radioattivi conseguenti all'incidente nucleare del 1986 hanno comportato anche la contaminazione dei bacini imbriferi di diversi sistemi idrici. Il materiale depositato, trovandosi negli strati superficiali del suolo, viene regolarmente trascinato nel fiume dal ruscellamento delle acque meteoriche, principalmente durante le alluvioni conseguenti allo scioglimento delle nevi. Ad esempio particolare rilevanza assume il trasporto e la ridistribuzione dei radioelementi lungo il sistema del fiume Dniepr, che collega al mar Nero la zona dei 30-km intorno all'impianto di Chernobyl [11].

In alcuni corpi idrici sono stati osservati elevati valori di concentrazioni di attività nella fauna ittica, non confrontabili con i valori di concentrazioni di attività misurate nelle corrispondenti acque.

L'incidente alla centrale nucleare di Chernobyl ha posto quindi la radioecologia, disciplina scientifica che affronta i problemi connessi con le interazioni tra l'ecosfera e la radioattività, di fronte alla necessità di confrontarsi con problemi reali e di dimensioni non comuni. Dalla fine degli anni ottanta vengono così avviate a livello internazionale una serie di iniziative di ricerca applicata, per la verifica delle assunzioni teoriche e come occasione unica di affinamento metodologico. Di particolare rilievo è da menzionare il notevole supporto finanziario profuso dal Programma di Radioprotezione della Commissione Europea, per l'avvio di dieci progetti multinazionali finalizzati alla mitigazione delle conseguenze ambientali nei territori contaminati dell'ex Unione Sovietica [4]. Le dieci linee di attività hanno permesso di individuare alcune tipologie ambientali, "aree critiche", al fine di stimarne la suscettibilità a costituire vie preferenziali per la diffusione di contaminanti. Sono stati approfonditi gli studi per l'individuazione dei parametri ambientali che potevano avere un ruolo fondamentale nel trasferimento dei radioelementi tra i diversi comparti ambientali e di grande rilievo sono da ricordare i programmi per la messa a punto di misure mitigative – "contromisure" – per il recupero da un punto di vista ecologico ed economico di aree contaminate [12].

In questa fase, in cui si assiste ad un rinnovato interesse per gli studi legati al ciclo ambientale degli elementi radioattivi, la radioecologia estende i propri orizzonti di indagine, includendo anche ricerche relative all'impatto sociale, psicologico ed etico connesso all'evento incidentale del 1986. Merita di essere sottolineata la profonda fase di evoluzione degli studi radioecologici che contraddistingue questo periodo: il tradizionale paradigma di intendere la radioecologia in termini di categorie ambientali isolate e ben delineate – terrestre, acquatica e/o altri ecosistemi – evolve in un paradigma di ricerca integrata, in cui l'ambiente costituisce una totalità organizzata non riconducibile alla semplice somma delle parti componenti. Questo aspetto, che non trova esperienze confrontabili in altri studi di pressione sull'ambiente, comporta l'avvio di ricerche di tipo "ecologico", in cui è tenuta in forte considerazione la realtà "transfrontaliera" degli ecosistemi, dove non esistono reali confini, ma dove gli ecosistemi scambiano costantemente flussi di materia ed energia. Questo tipo di ricerche introduce necessariamente la multidisciplinarietà, dove gli obiettivi della ricerca possono essere perseguiti solo con integrazioni fra gruppi di ricerca con differenti specializzazioni.



Il controllo della radioattività ambientale in Italia

Il controllo della radioattività ambientale sul territorio nazionale è attualmente esercitato a due livelli:

- Reti Regionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale;
- Reti Nazionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale.

Obiettivo principale delle reti è il rilevamento dell'andamento della radioattività ambientale, al fine della valutazione della dose ricevuta dalla popolazione a seguito dell'esposizione alle radiazioni derivanti dai radionuclidi presenti nell'ambiente.

Le reti consistono in un insieme di 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 in matrici ambientali ed alimentari dei diversi comparti ambientali interessati dalla diffusione della radioattività e dal trasferimento di questa all'uomo. Le reti sono progettate in modo da permettere anche la rilevazione di fenomeni di accumulo dei radionuclidi a lunga vita media nell'ambiente. Le frequenze di campionamento delle matrici ambientali previste nelle diverse 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. Queste informazioni sono individuate e periodicamente verificate sulla base dei risultati di indagini radioecologiche, e costantemente aggiornate dalle Istituzioni partecipanti alle reti, in modo da permettere l'individuazione di eventuali nuovi punti di accumulo dovuti alla dinamica ambientale o a variazioni di utilizzo dell'ambiente.

La gestione delle reti regionali è effettuata dalle singole regioni, tramite le Agenzie Regionali (o Provinciali) per la Protezione dell'Ambiente (nelle regioni dove queste sono state costituite) o dalle strutture del Servizio Sanitario Nazionale. Le reti regionali hanno il compito di garantire che i livelli di radioattività a livello regionale si mantengano entro limiti accettabili e che in ogni caso non vi sia tendenza all'accumulo di radionuclidi in determinati settori dell'ambiente.

Il Decreto Legislativo N° 230 del 1995 affida all'Agenzia Nazionale per la Protezione Ambientale (ANPA) il coordinamento tecnico delle reti nazionali. In questo ambito l'ANPA è tenuta alla raccolta e all'analisi dei dati di radioattività ambientale provenienti dalle Istituzioni partecipanti alle reti, assicurandone la diffusione periodica tramite appositi rapporti annuali. In ottemperanza di accordi internazionali, gli stessi dati sono trasmessi anche alla Commissione Europea.

In Italia il rilevamento della radioattività ambientale nell'ambito delle Reti Nazionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale avviene sulla base di un programma di campionamento di matrici ambientali rappresentative dei principali comparti ambientali e di alcune componenti della dieta italiana. Il piano di campionamento suggerito è schematicamente riportato qui di seguito:

Matrice	Frequenza di prelievo	Frequenza delle misure radiometriche
Particolato atmosferico	Giornaliera	Mensile
Deposizioni umide e secche al suolo	Mensile	Mensile
Matrici dell'ambiente acquatico	Semestrale	Semestrale
Latte	Settimanale	Mensile
Carni	Mensile	Trimestrale
Cereali e derivati	Stagionale	Stagionale
Pasta	Trimestrale	Trimestrale
Vegetali	Stagionale	Stagionale
Frutta	Stagionale	Stagionale

Nel 1998 i seguenti Istituti, Enti ed Organismi hanno partecipato al monitoraggio della radioattività ambientale in Italia nell'ambito delle Reti Nazionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale:

- Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Piemonte
- Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente delle Valle d'Aosta
- Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Ligure
- ENEA - Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente
- Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione dell'Ambiente della Lombardia
- Centro Comune di Ricerca - Commissione Europea - Ispra (Varese)
- Presidio Multizonale di Igiene e Prevenzione di Bergamo
- Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione Ambientale del Veneto
- Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente e la Tutela del Lavoro – Bolzano
- Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente – Trento
- Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli-Venezia Giulia
- Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente dell'Emilia-Romagna
- Presidio Multizonale di Igiene e Prevenzione di Cremona
- Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione Ambientale delle Marche
- Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana
- Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale dell'Umbria
- Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Lazio
- Croce Rossa Italiana - Laboratorio Centrale - Roma
- Agenzia Regionale per la Tutela dell'Ambiente dell'Abruzzo
- Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione Ambientale del Molise
- Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Campania
- Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione Ambientale della Puglia
- Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione Ambientale della Calabria
- Centro di Riferimento Regionale per il Controllo della Radioattività Ambientale - Sicilia
- Centro di Riferimento Regionale per il Controllo della Radioattività Ambientale - Sardegna
- Aeronautica Militare – Servizio Meteorologico

Nell'ambito del coordinamento tecnico delle Reti Nazionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale, all'ANPA sono inoltre affidate 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 sistematicamente ad un programma di affidabilità organizzato dall'ANPA 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 ed interconfronto per le diverse metodiche di misura utilizzate nell'ambito delle reti nazionali. Nel presente rapporto sono riportati i risultati delle campagne di taratura ed interconfronto svolti nel 1996 e nel 1998, nell'ambito di questo programma.

La presente pubblicazione riporta i valori di concentrazione dei radionuclidi presenti nei principali comparti ambientali ed in alcune componenti della dieta italiana raccolti nel 1998 nell'ambito delle Reti Nazionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale. Nel seguito sono presentati i dati sui livelli di radioattività misurati:

- nel particolato atmosferico;
- nelle deposizioni umide e secche al suolo;
- nei cereali e derivati;
- nei vegetali;
- nella frutta;
- nel latte vaccino;
- nel latte ovino;
- nel latte caprino
- nella carne bovina;
- nella carne suina;
- nella carne ovina
- nelle carni provenienti da allevamenti avicunicoli;
- nella fauna ittica;
- nelle acque marine;
- nei sedimenti marini;
- nelle acque fluviali;
- nelle acque lacustri;
- nei sedimenti fluviali;
- nei sedimenti lacustri;
- nel particolato in sospensione delle acque fluviali;
- nel detrito minerale organico sedimentabile (DMOS).

I metodi di campionamento, trattamento e misura delle matrici ambientali sono sinteticamente riportati nel Rapporto delle Reti Nazionali per il 1993 [1] e più in dettaglio nella pubblicazione "Raccolta dei risultati dell'attività dei gruppi di lavoro delle Reti Nazionali. ANPA, maggio 1995" [2].

Nella fase di analisi dei dati di radioattività ambientale è stato effettuato un controllo di qualità sui dati trasmessi all'ANPA dalle Istituzioni facenti parte delle Reti Nazionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale, tenendo presente le seguenti considerazioni:

- sono stati eliminati tutti i valori per cui era presente un solo dato per matrice;
- sono stati eliminati tutti i valori per cui non era ben identificata la matrice;
- sono stati eliminati tutti i valori le cui Minime Attività Rivelabili (M.A.R.) erano superiori alle M.A.R. riportate nella tabella che segue e che è stata estratta dalla pubblicazione "Raccolta dei risultati dell'attività dei gruppi di lavoro delle reti nazionali. ANPA, maggio 1995" [2];
- nel caso di risultati di misure inferiori alla minima attività rivelabile, le eventuali operazioni di media sono eseguite assumendo il valore sperimentale come uguale alla minima attività rivelabile. E' 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 < M.A.R.) in modo da avere una indicazione di quanto questi influenzino il valore della media stessa.

Matrice	Minima attività rivelabile (M.A.R.)	
	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
Aria	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	0.1 Bq l ⁻¹	0.1 Bq l ⁻¹
Acque marine	1.0 mBq l ⁻¹	2.5 mBq l ⁻¹
Sedimenti fluviali	0.2 Bq kg ⁻¹ (peso secco)	3.0 Bq kg ⁻¹ (peso secco)
Detrito minerale organico sedimentabile (DMOS)	0.2 Bq kg ⁻¹ (peso secco)	3.0 Bq kg ⁻¹ (peso secco)
Sedimenti marini	0.2 Bq kg ⁻¹ (peso secco)	1.0 Bq kg ⁻¹ (peso secco)
Latte	0.1 Bq l ⁻¹	0.1 Bq l ⁻¹
Carni (Allevamenti bovini, suini ed avicoli)	0.1 Bq kg ⁻¹	
Cereali e derivati	0.1 Bq kg ⁻¹	
Pesci	0.1 Bq kg ⁻¹ (peso fresco)	
Vegetali e frutta	0.1 Bq kg ⁻¹ (peso fresco)	0.1 Bq kg ⁻¹ (peso fresco)

L'applicazione del controllo di qualità ai dati forniti dalle Reti ha evidenziato che molti dati, soprattutto quelli afferenti al comparto alimentare, non erano conformi ai criteri selezionati e pertanto non sono stati considerati nelle valutazioni dei valori medi di concentrazione dei radionuclidi presenti nei principali comparti ambientali ed in alcune componenti della dieta italiana. Nelle pagine seguenti sono comunque riportati graficamente i risultati relativi al controllo di qualità per i dati di ¹³⁷Cs nelle principali matrici alimentari; per ogni matrice viene data una indicazione della percentuale di dati non conformi (quindi non considerati) rispetto al numero totale di dati pervenuti in ANPA; mentre in un secondo grafico viene riportata la suddivisione per regione di provenienza dei dati conformi e non conformi.

Si nota come per sette matrici la percentuale di dati non conformi è abbondantemente superiore al 20% del totale dei dati pervenuti, con punte superiori al 30% del totale. La situazione migliora in generale con la matrice latte con una percentuale di dati non conformi che si attesta intorno al 10%. Questo andamento potrebbe essere imputabile alla maggiore facilità nella definizione della geometria di misura in matrici liquide, anche se la non conformità dovuta alla presenza di un solo dato per matrice, non è trascurabile in particolare per le matrici "frutta" e "vegetali".

I dati per regione di provenienza mettono in evidenza una uniforme distribuzione di dati "non conformi" in tutte le regioni. In alcuni casi (carne e latte) è evidente che la non conformità dipende dal fatto che si tratta di una singola misura e quindi non rappresentativa. Si può inoltre rilevare che alcune matrici sono controllate solo in alcune regioni (es. carne e latte ovino), mentre il latte vaccino fresco risulta essere, a livello nazionale, la matrice di gran lunga più controllata in assoluto e con la minore percentuale di dati non conformi.

Per quanto riguarda le matrici ambientali, i dati non conformi risultano essere nettamente inferiori rispetto alle matrici alimentari (figure 27, 29 e 31), e presentano un andamento nettamente differente riguardo alla copertura territoriale dei controlli. Infatti mentre per il particolato atmosferico e le deposizioni umide e secche al suolo, la rete di rilevamento copre gran parte del territorio nazionale (tab. I e tab. 5), per le altre matrici la copertura territoriale è ancora incompleta e non uniforme, come si evince dalle figure 28, 30 e 32.

Queste considerazioni mettono in evidenza la necessità di una revisione dell'attuale configurazione delle Reti nazionali, che risentono ancora di una impostazione di tipo sanitario.

Figura n. 1: Percentuale di dati (^{137}Cs) conformi e non conformi forniti dalla rete per la matrice "Cereali e derivati".
 (^{137}Cs in cereals and by products: percentage of acceptable (blue) and unacceptable (red) data for quality control)

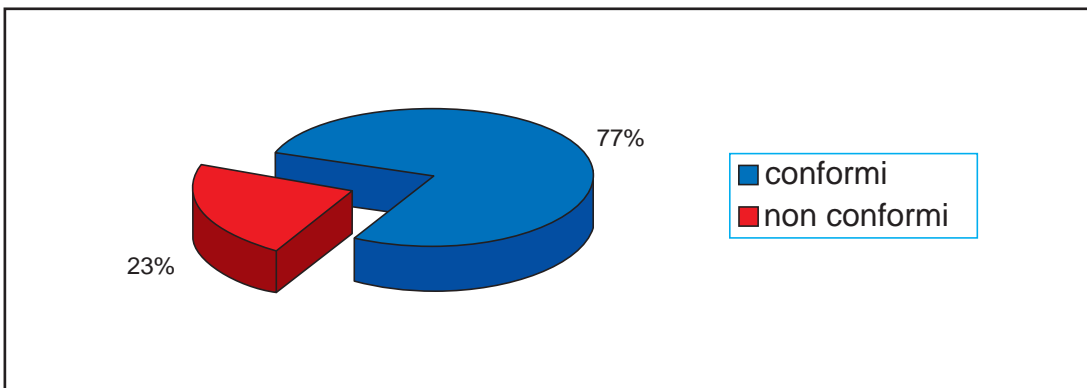


Figura n. 2: Dati forniti dalla rete (^{137}Cs) per la matrice "cereali e derivati" suddivisi per regione di provenienza.
 (^{137}Cs in cereals and by products: acceptable (blue) and unacceptable (red) data separated according to region of origin)

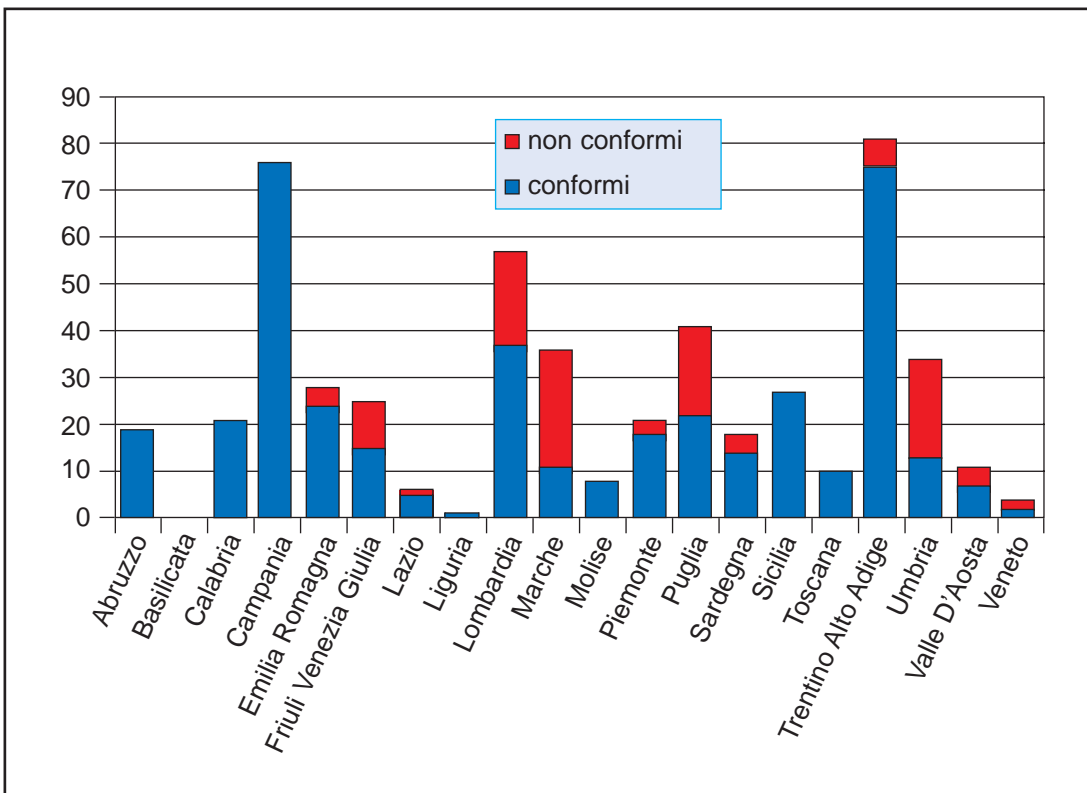


Figura n. 3: Percentuale di dati (^{137}Cs) conformi e non conformi forniti dalla rete per la matrice "vegetali"
 (^{137}Cs in vegetables: percentage of acceptable (blue) and unacceptable (red) data for quality control)

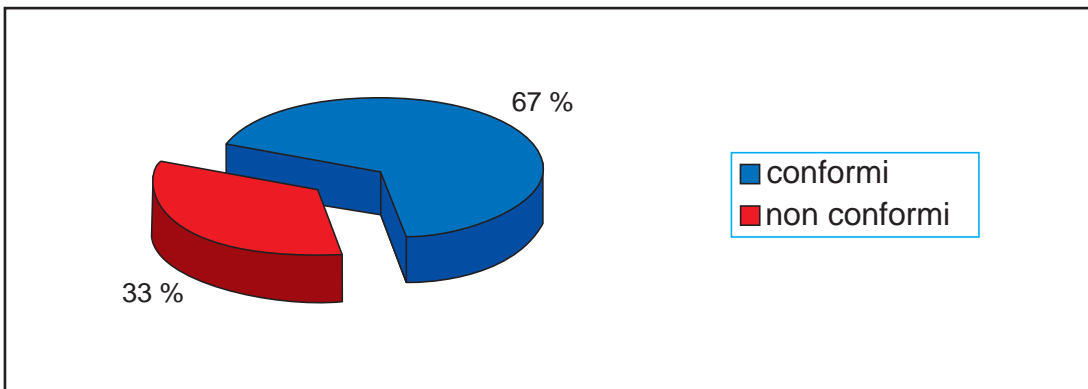


Figura n. 4: Dati forniti dalla rete (^{137}Cs) per la matrice "vegetali" suddivisi per regione di provenienza.
 (^{137}Cs in vegetables: acceptable (blue) and unacceptable (red) data separated according to region of origin)

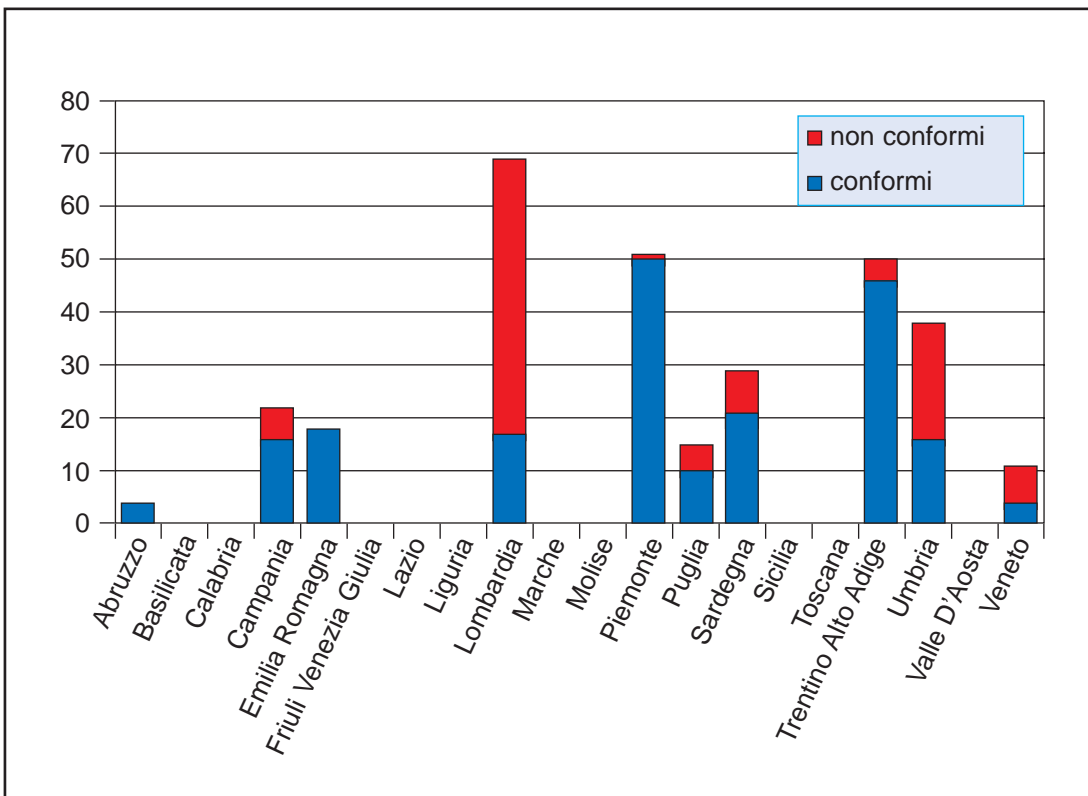


Figura n. 5: Percentuale di dati (^{137}Cs) conformi e non conformi forniti dalla rete per la matrice "frutta".
 (^{137}Cs in fruits: percentage of acceptable (blue) and unacceptable (red) data for quality control)

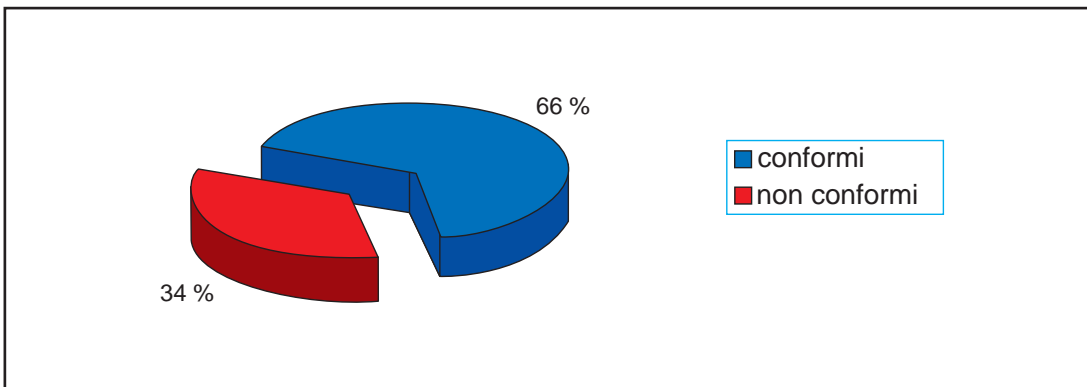


Figura n. 6: Dati forniti dalla rete (^{137}Cs) per la matrice "frutta" suddivisi per regione di provenienza.
 (^{137}Cs in fruits: acceptable (blue) and unacceptable (red) data separated according to region of origin)

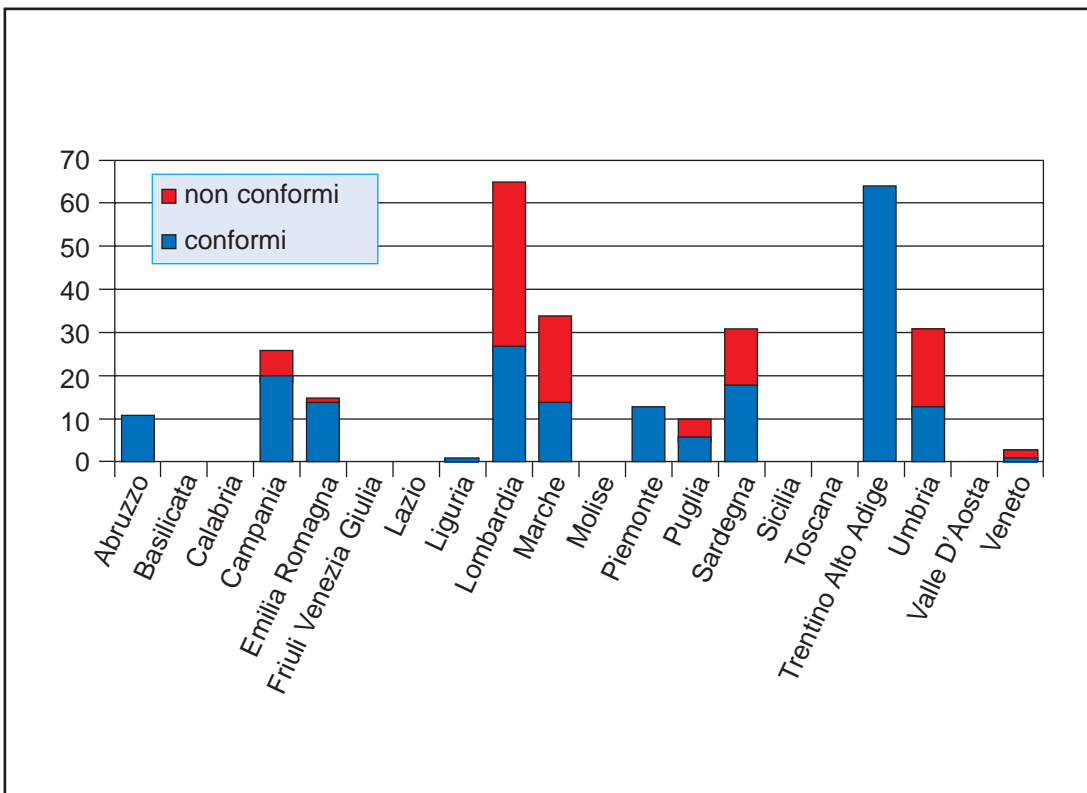


Figura n. 7: Percentuale di dati (^{137}Cs) conformi e non conformi forniti dalla rete per la matrice "pesce e molluschi".
 (^{137}Cs in fish and mollusc: percentage of acceptable (blue) and unacceptable (red) data for quality control)

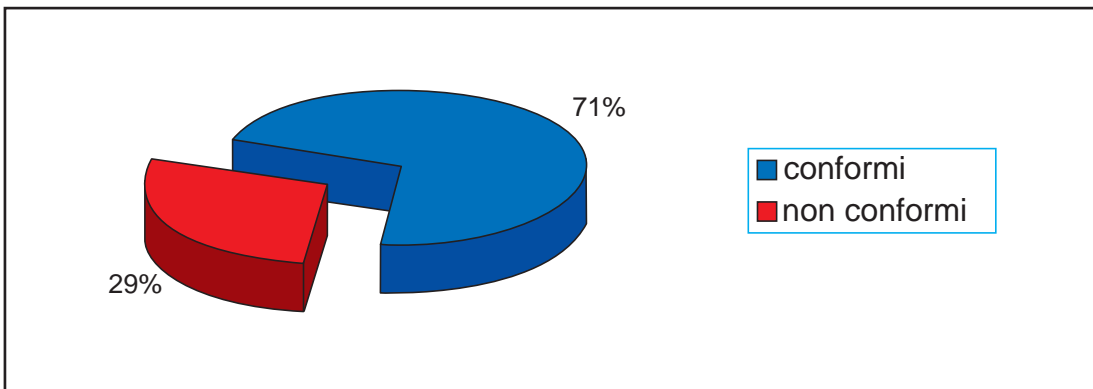


Figura n. 8: Dati forniti dalla rete (^{137}Cs) per la matrice "pesce e molluschi" suddivisi per regione di provenienza.
 (^{137}Cs in fish and mollusc: acceptable (blue) and unacceptable (red) data separated according to region of origin)

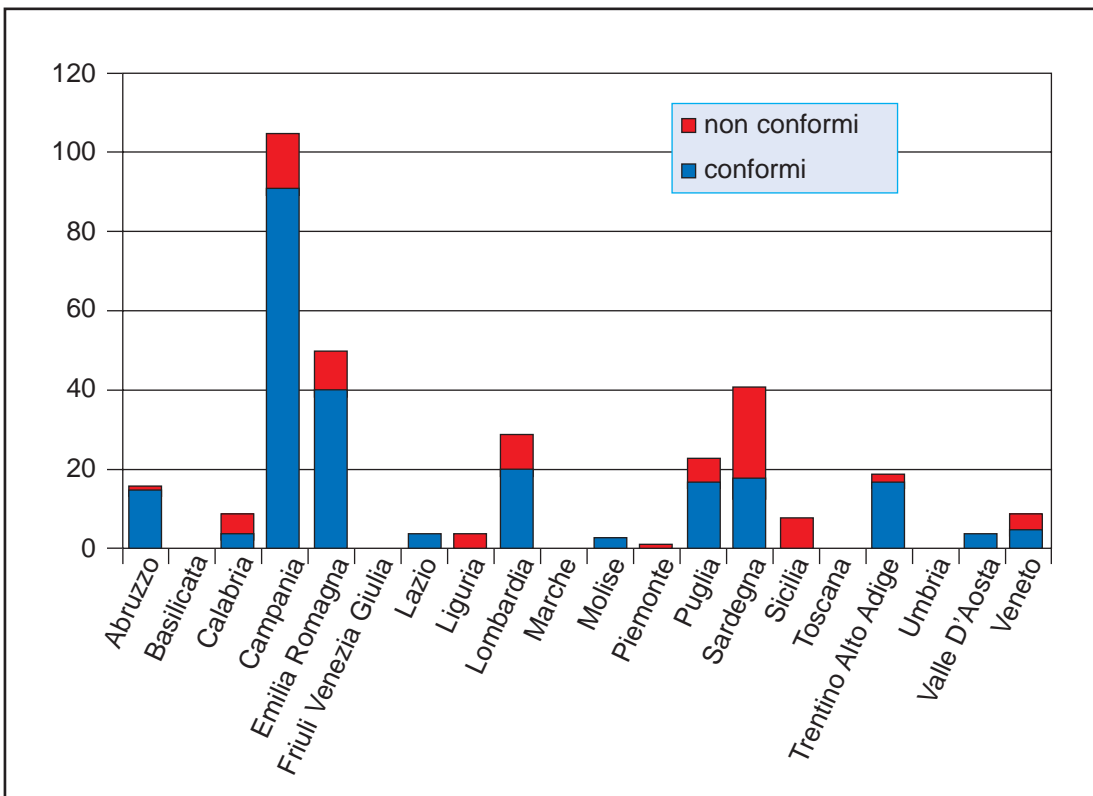


Figura n. 9: Percentuale di dati (^{137}Cs) conformi e non conformi forniti dalla rete per la matrice "carne bovina".
 (^{137}Cs in bovine meat: percentage of acceptable (blue) and unacceptable (red) data for quality control)

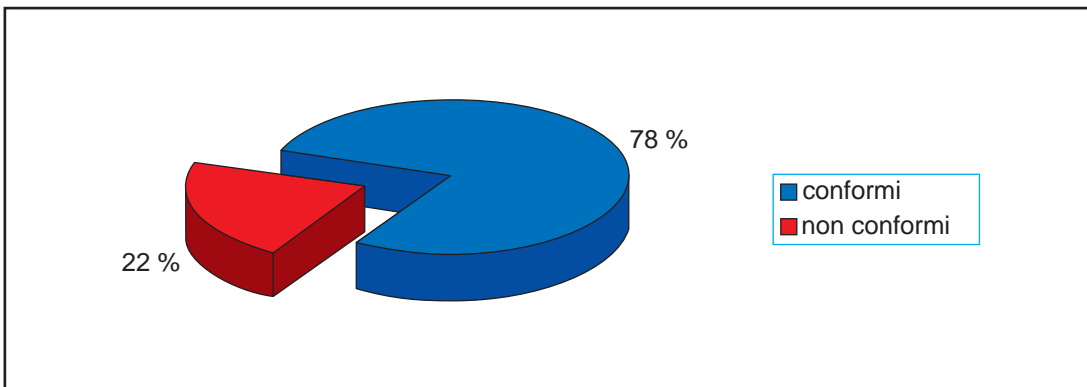


Figura n.10: Dati forniti dalla rete (^{137}Cs) per la matrice "carne bovina" suddivisi per regione di provenienza.
 (^{137}Cs in bovine meat: acceptable (blue) and unacceptable (red) data separated according to region of origin)

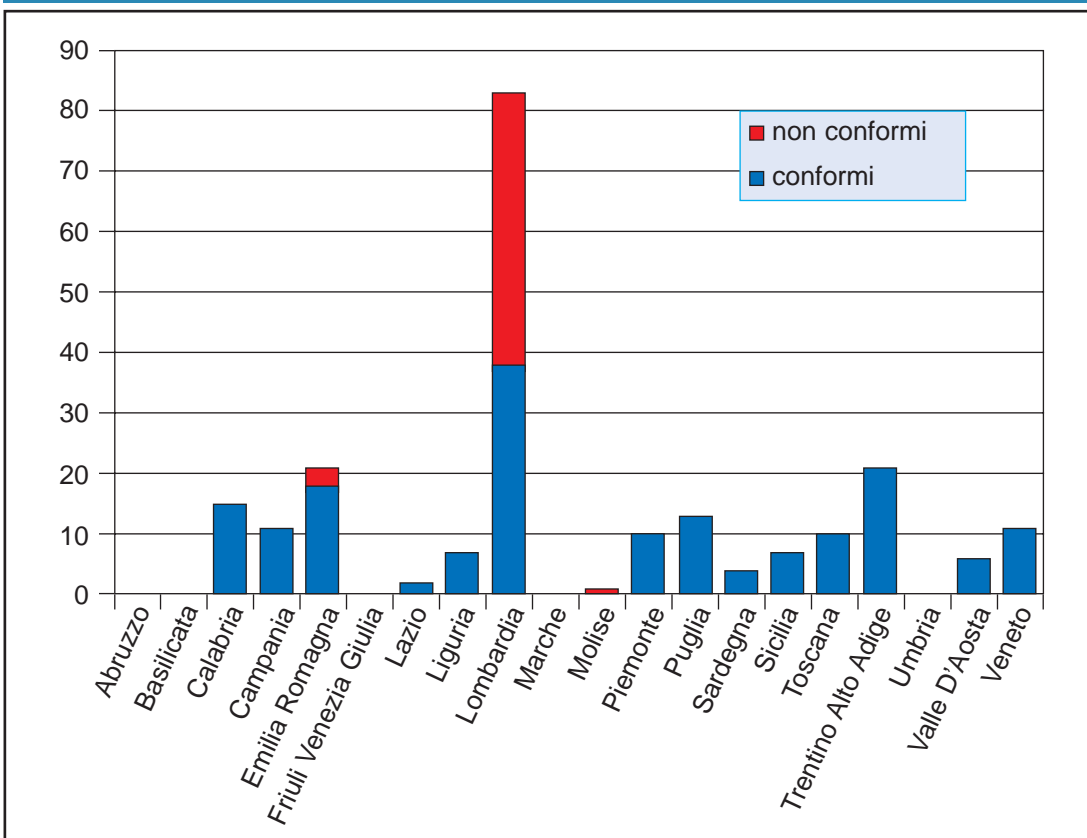


Figura n. 11: Percentuale di dati (^{137}Cs) conformi e non conformi forniti dalla rete per la matrice "carne suina".
 (^{137}Cs in pork meat: percentage of acceptable (blue) and unacceptable (red) data for quality control)

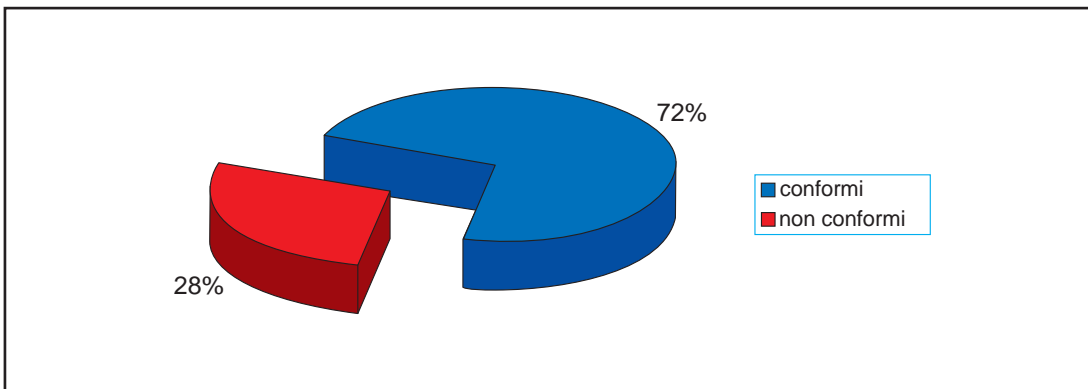


Figura n.12: Dati forniti dalla rete (^{137}Cs) per la matrice "carne suina" suddivisi per regione di provenienza.
 (^{137}Cs in pork meat: acceptable (blue) and unacceptable (red) data separated according to region of origin)

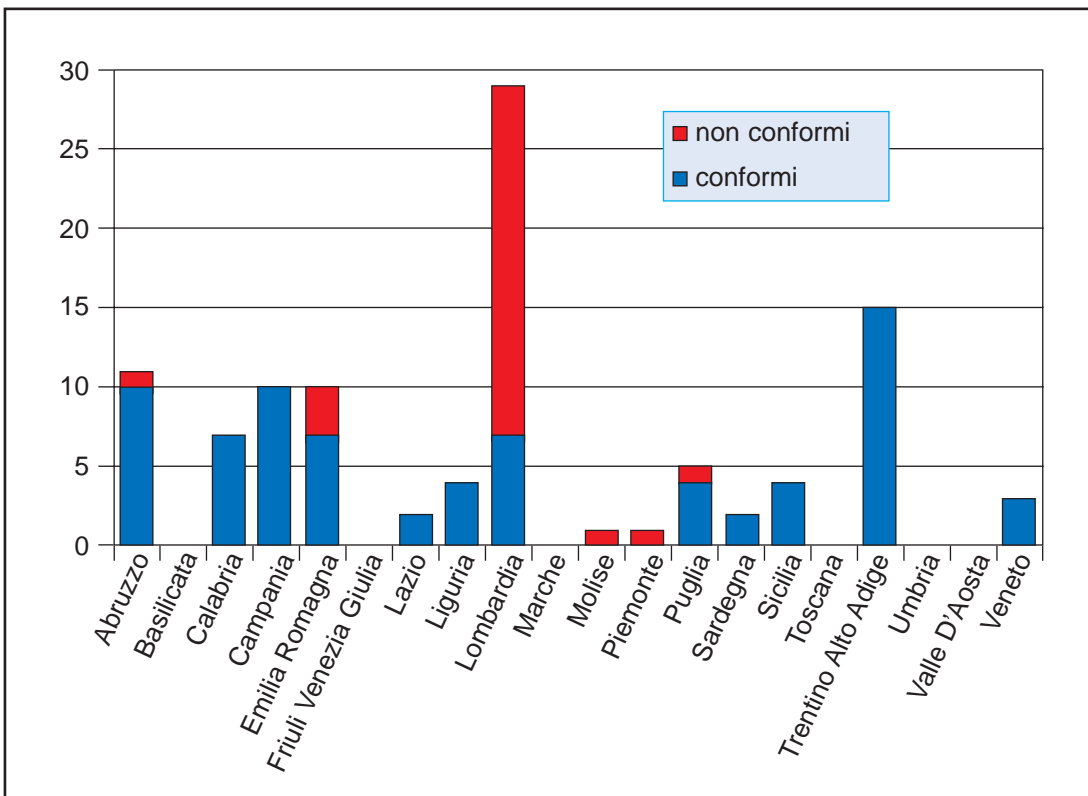


Figura n. 13: Percentuale di dati (^{137}Cs) conformi e non conformi forniti dalla rete per la matrice "carne ovina".
 (^{137}Cs in mutton: percentage of acceptable (blue) and unacceptable (red) data for quality control)

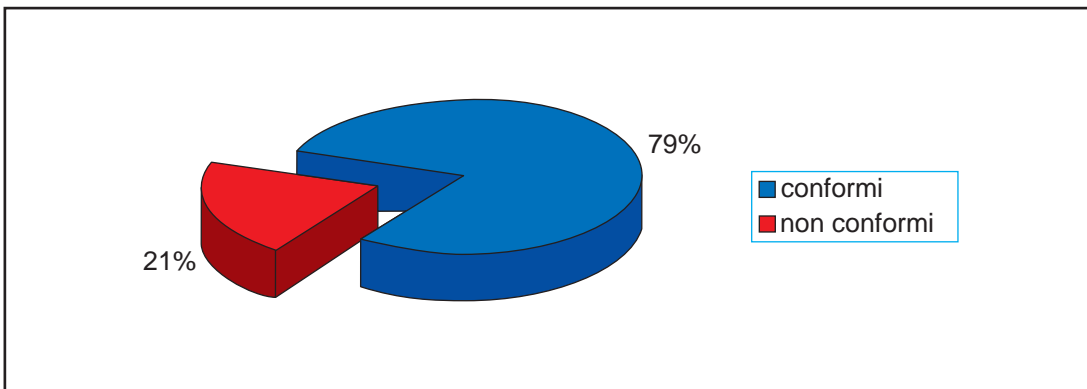


Figura n.14: Dati forniti dalla rete (^{137}Cs) per la matrice "carne ovina" suddivisi per regione di provenienza.
 (^{137}Cs in mutton: acceptable (blue) and unacceptable (red) data separated according to region of origin)

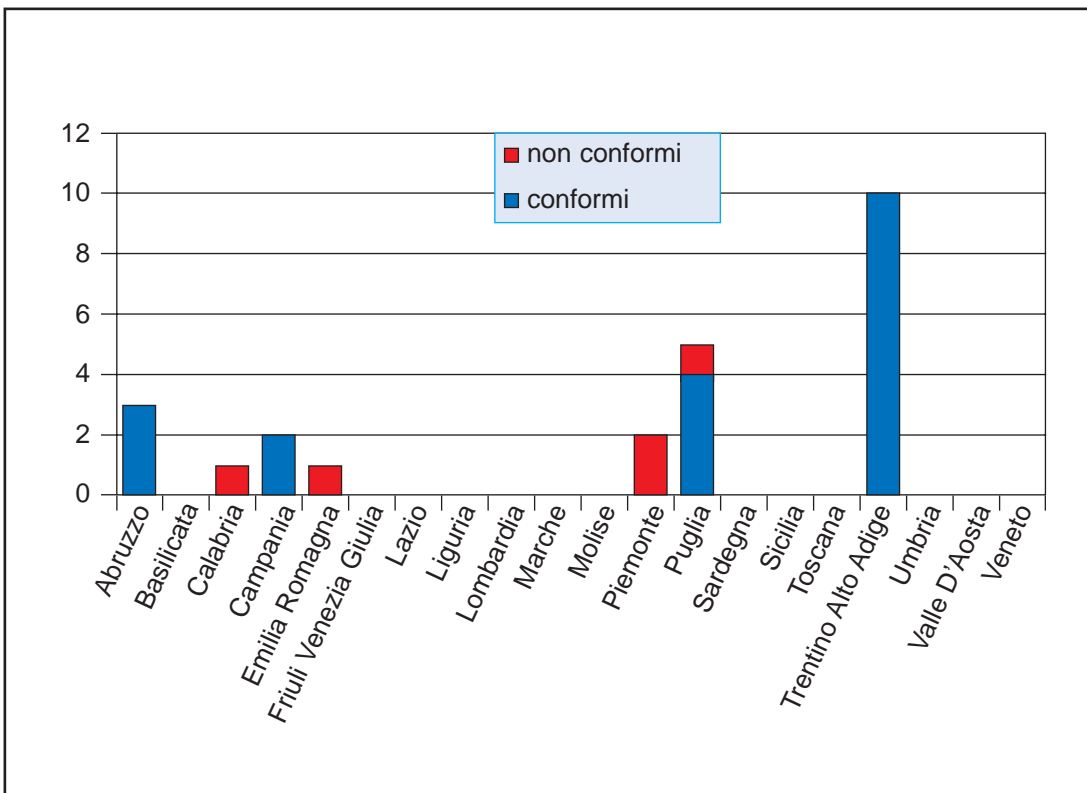


Figura n. 15: Percentuale di dati (^{137}Cs) conformi e non conformi forniti dalla rete per la matrice "carne di allevamenti avicunicoli".
 (^{137}Cs in chicken and rabbit meat: percentage of acceptable (blue) and unacceptable (red) data for quality control)

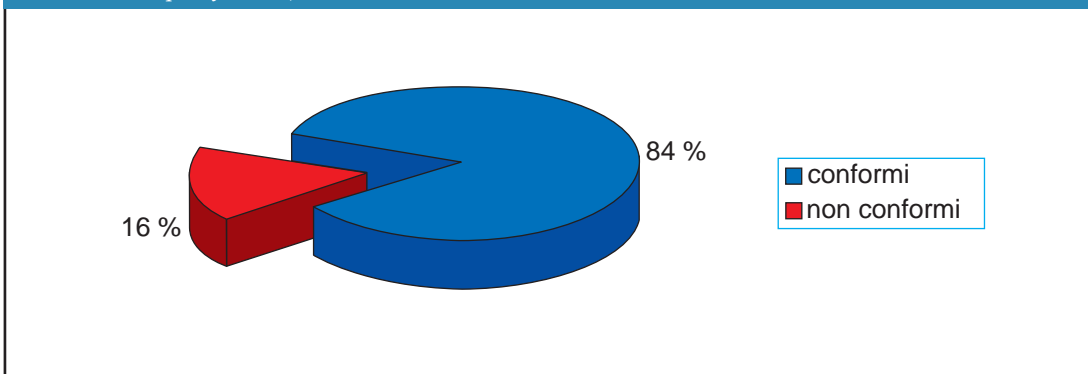


Figura n.16: Dati forniti dalla rete (^{137}Cs) per la matrice "carne di allevamenti avicunicoli" suddivisi per regione di provenienza.
 (^{137}Cs in chicken and rabbit meat: acceptable (blue) and unacceptable (red) data separated according to region of origin)

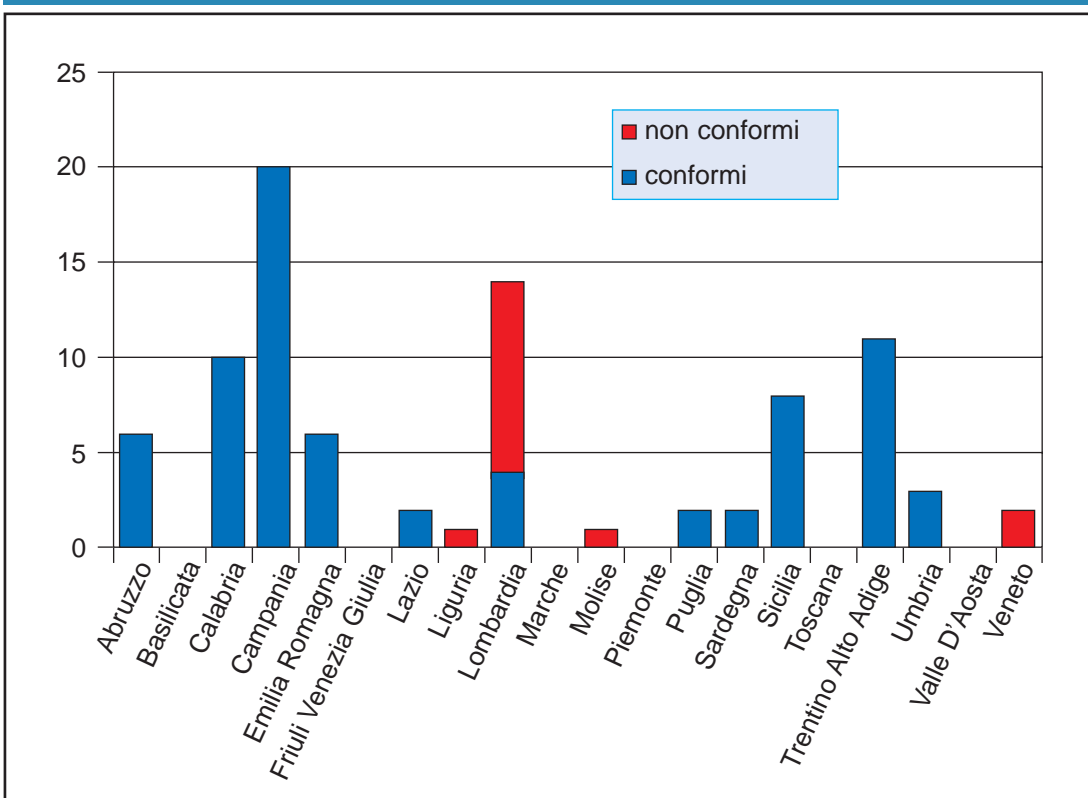


Figura n. 17: Percentuale di dati (^{137}Cs) conformi e non conformi forniti dalla rete per la matrice "latte vaccino".
 (^{137}Cs in cow's milk: percentage of acceptable (blue) and unacceptable (red) data for quality control)

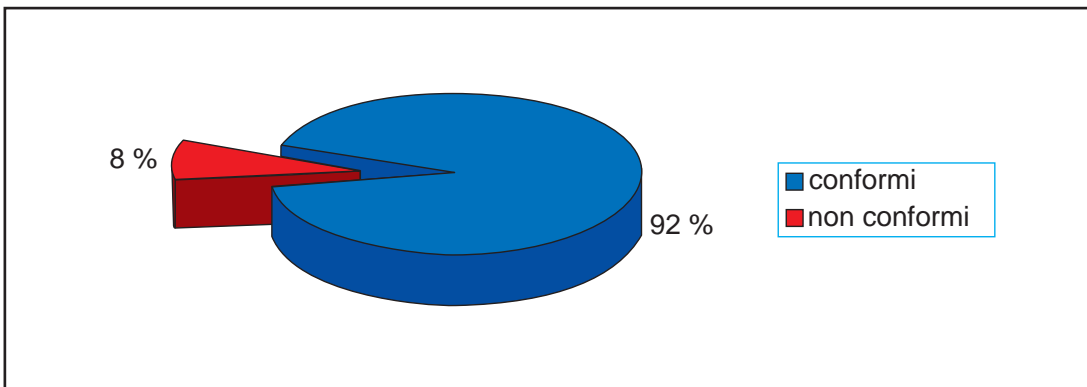


Figura n.18: Dati forniti dalla rete (^{137}Cs) per la matrice "latte vaccino" suddivisi per regione di provenienza.
 (^{137}Cs in cow's milk: acceptable (blue) and unacceptable (red) data separated according to region of origin)

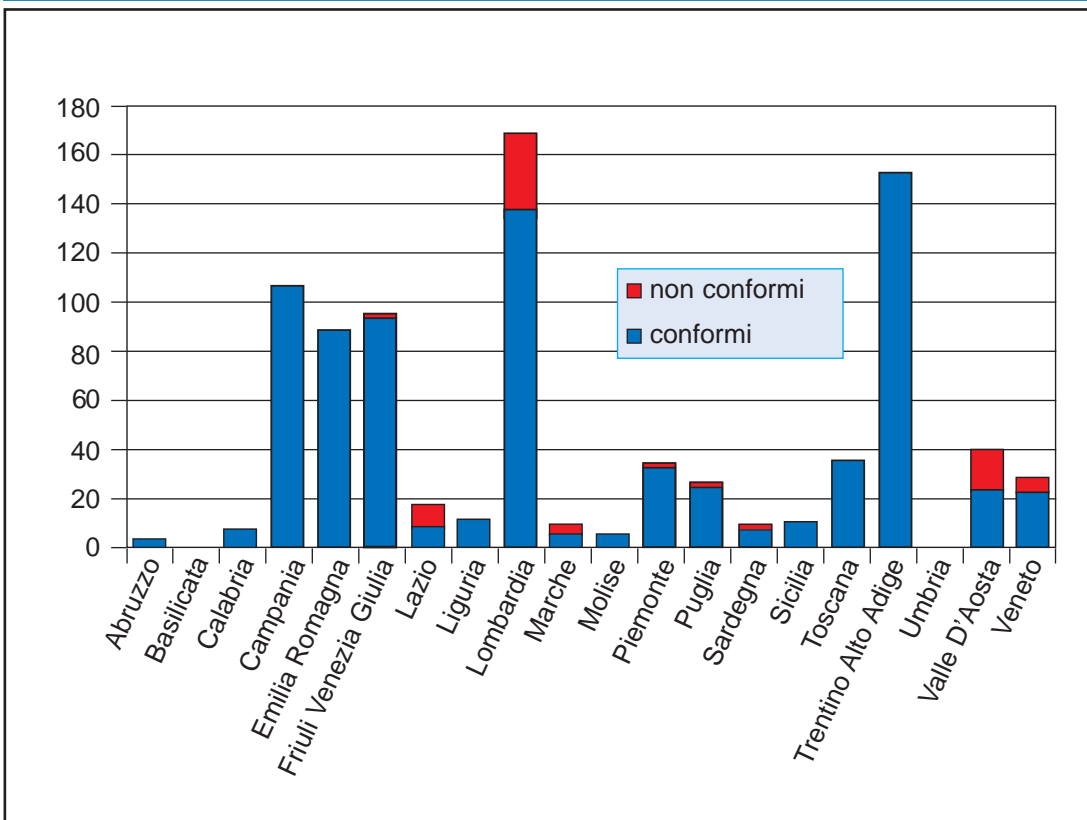


Figura n. 19: Percentuale di dati (^{137}Cs) conformi e non conformi forniti dalla rete per la matrice "latte vaccino in polvere".
 (^{137}Cs in powdered cow's milk: percentage of acceptable (blue) and unacceptable (red) data for quality control)

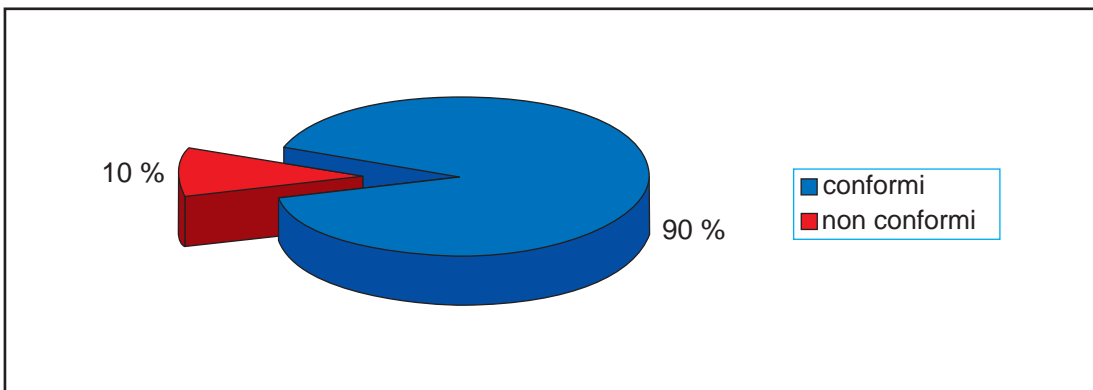


Figura n.20: Dati forniti dalla rete (^{137}Cs) per la matrice "latte vaccino in polvere" suddivisi per regione di provenienza.
 (^{137}Cs in powdered cow's milk: acceptable (blue) and unacceptable (red) data separated according to region of origin)

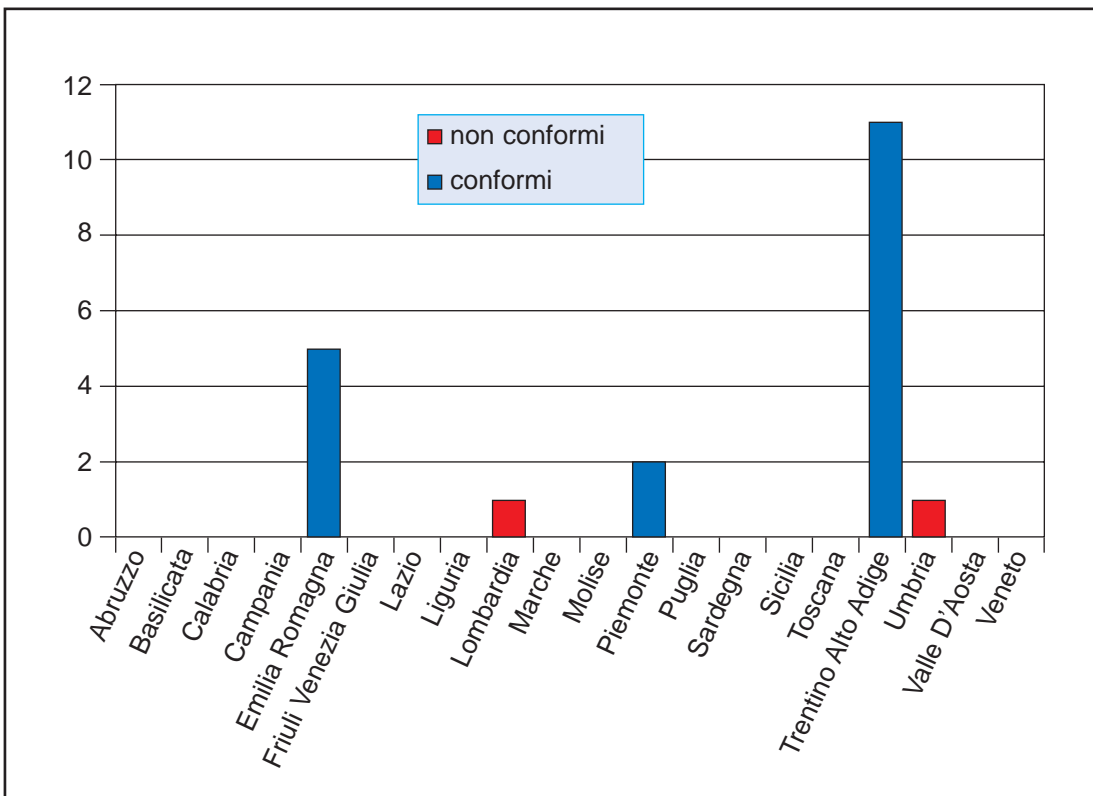


Figura n. 21: Percentuale di dati (^{137}Cs) conformi e non conformi forniti dalla rete per la matrice "latte vaccino UHT".
 (^{137}Cs in U.H.T. cow's milk: percentage of acceptable (blue) and unacceptable (red) data for quality control)

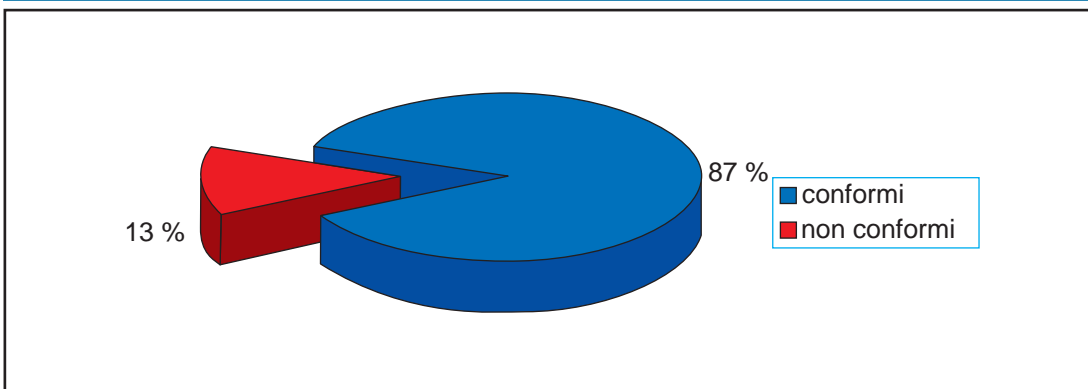


Figura n.22: Dati forniti dalla rete (^{137}Cs) per la matrice "latte vaccino UHT" suddivisi per regione di provenienza.
 (^{137}Cs in U.H.T. cow's milk: acceptable (blue) and unacceptable (red) data separated according to region of origin)

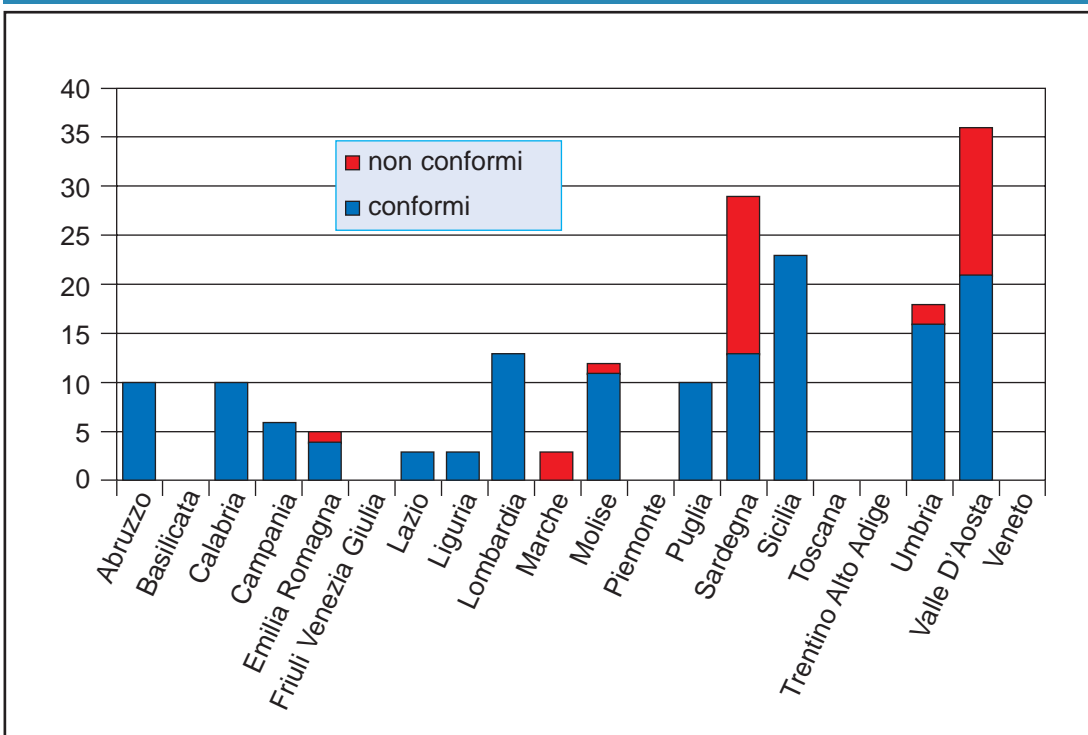


Figura n. 23: Percentuale di dati (^{137}Cs) conformi e non conformi forniti dalla rete per la matrice "latte ovino".
 (^{137}Cs in sheep's milk: percentage of acceptable (blue) and unacceptable (red) data for quality control)

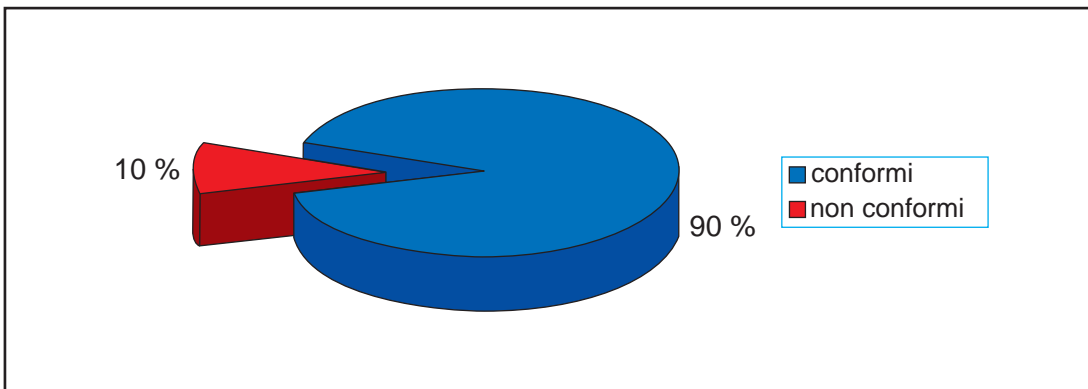


Figura n.24: Dati forniti dalla rete (^{137}Cs) per la matrice "latte ovino" suddivisi per regione di provenienza.
 (^{137}Cs in sheep's milk: acceptable (blue) and unacceptable (red) data separated according to region of origin)

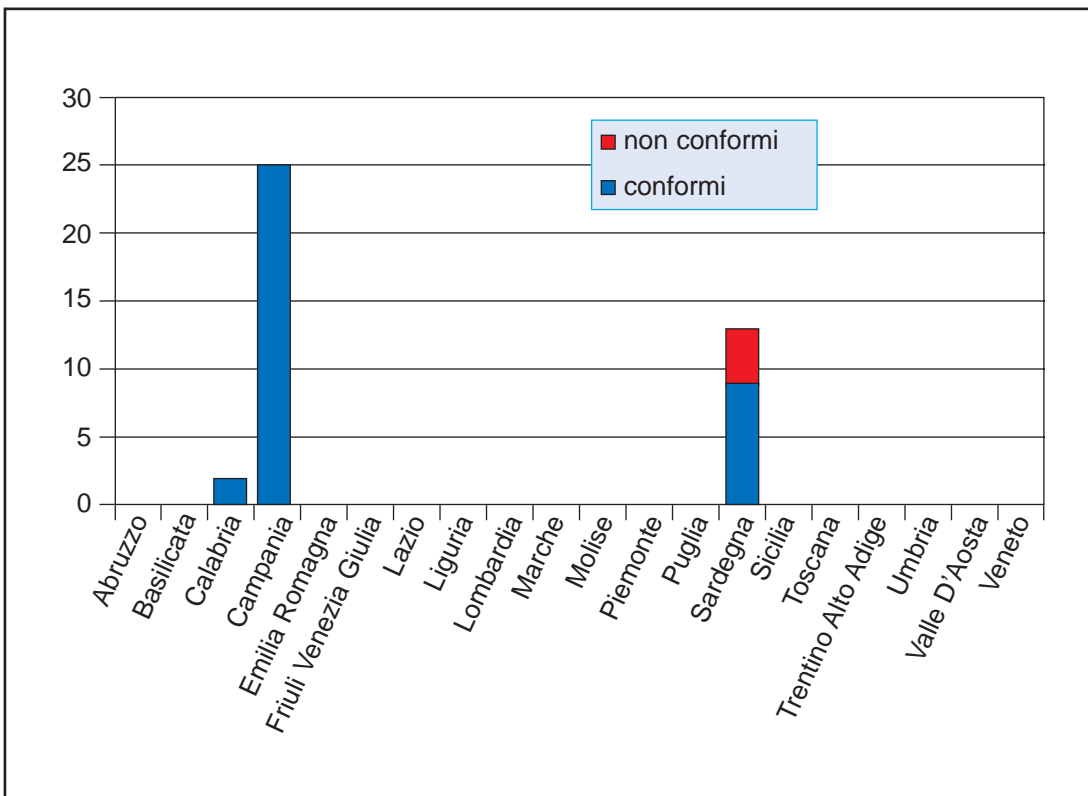


Figura n. 25: Percentuale di dati (^{137}Cs) conformi e non conformi forniti dalla rete per la matrice "latte caprino".
 (^{137}Cs in goat's milk: percentage of acceptable (blue) and unacceptable (red) data for quality control)

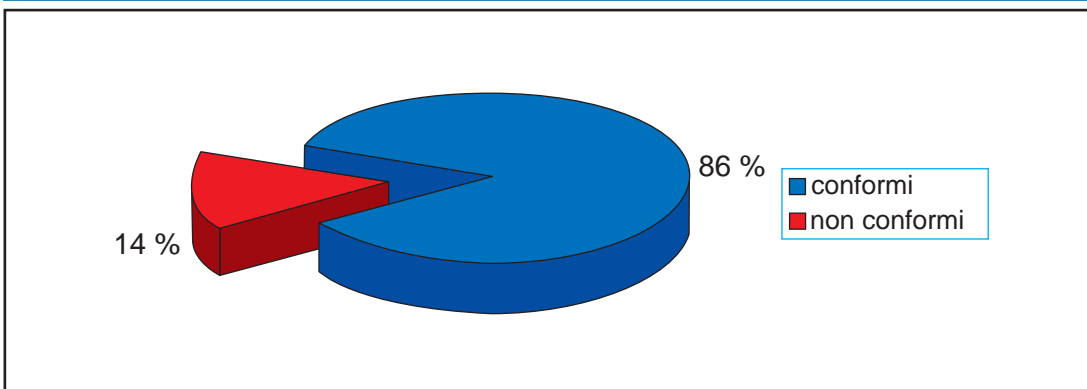


Figura n.26: Dati forniti dalla rete (^{137}Cs) per la matrice "latte caprino" suddivisi per regione di provenienza.
 (^{137}Cs in goat's milk: acceptable (blue) and unacceptable (red) data separated according to region of origin)

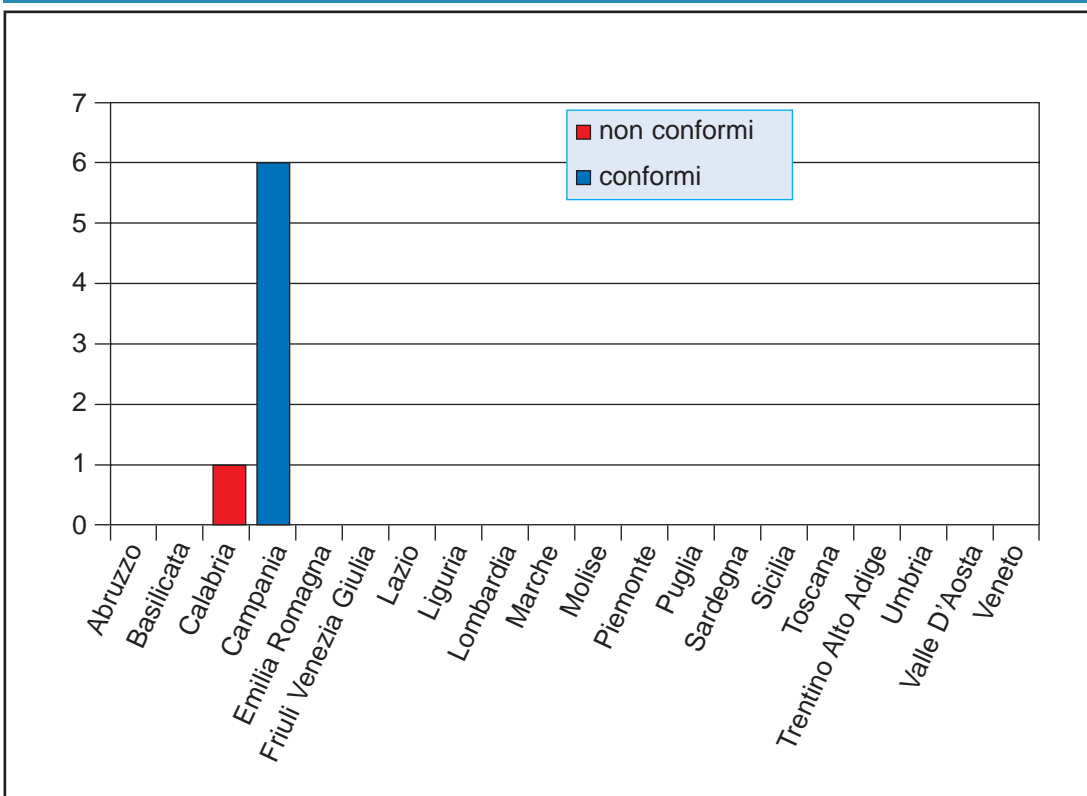


Figura n. 27: Percentuale di dati (^{137}Cs) conformi e non conformi forniti dalla rete per la somma delle matrici "acque marine", "acque fluviali" ed "acque lacustri".
 (^{137}Cs in river, sea and lake water: percentage of acceptable (blue) and unacceptable (red) data for quality control)

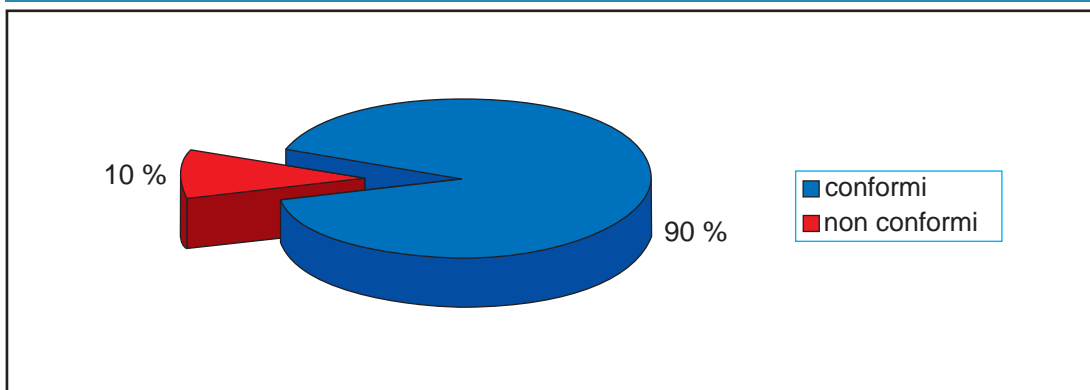


Figura n.28: Dati forniti dalla rete (^{137}Cs) per la somma delle matrici "acque marine", "acque fluviali" ed "acque lacustri" suddivisi per regione di provenienza.
 (^{137}Cs in river, lake and sea water: acceptable (blue) and unacceptable (red) data separated according to region of origin)

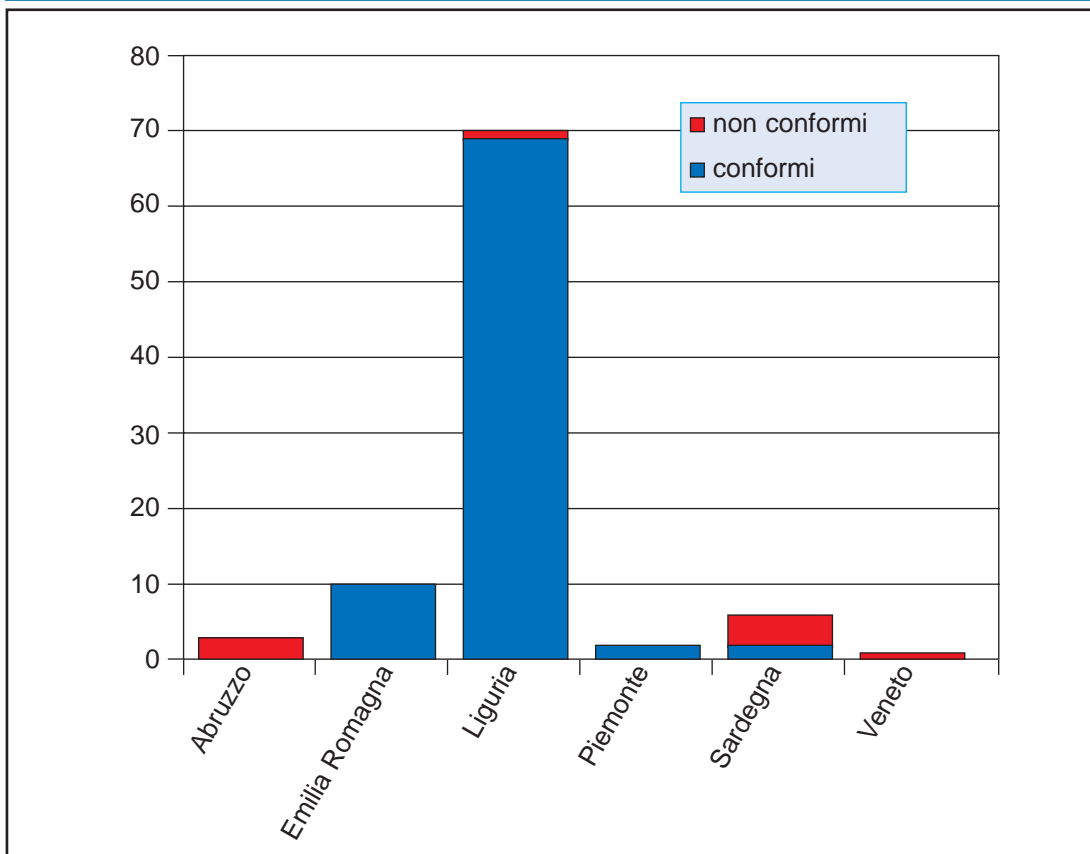


Figura n. 29: Percentuale di dati (^{137}Cs) conformi e non conformi forniti dalla rete per la somma delle matrici "sedimenti marini", "sedimenti fluviali" e "sedimenti lacustri".
 (^{137}Cs in marine, lake and river sediments: percentage of acceptable (blue) and unacceptable (red) data for quality control)

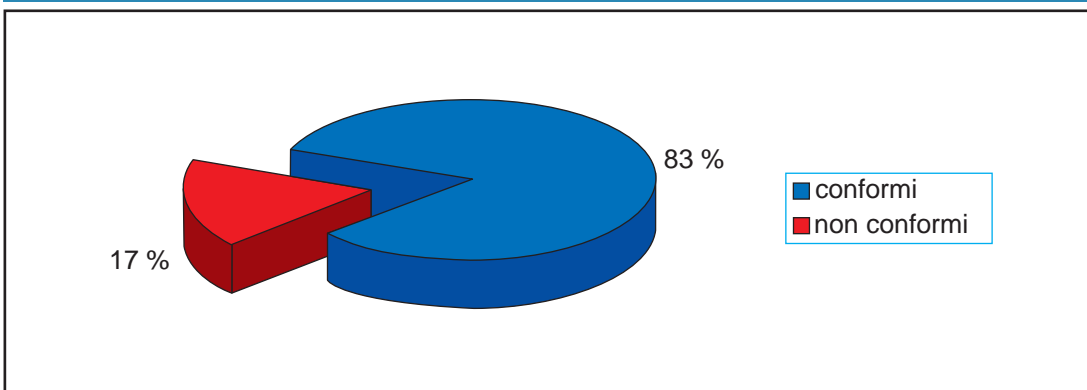


Figura n.30: Dati forniti dalla rete (^{137}Cs) per la somma delle matrici "sedimenti marini", "sedimenti fluviali" e "sedimenti lacustri" suddivisi per regione di provenienza.
 (^{137}Cs in marine, lake and river sediments: acceptable (blue) and unacceptable (red) data separated according to region of origin)

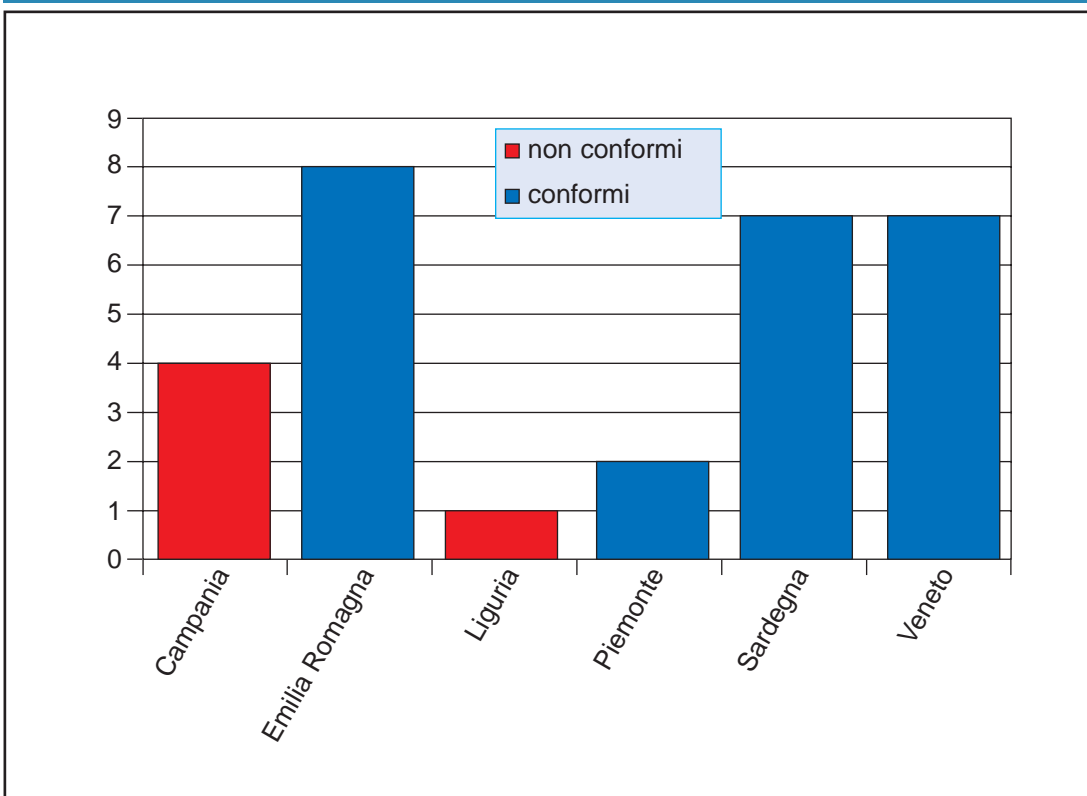


Figura n. 31: Percentuale di dati (^{137}Cs) conformi e non conformi forniti dalla rete per la matrice "Detrito minerale Organico sedimentabile (DMOS)".
 (^{137}Cs in freshwater detrital and mineral particulate: percentage of acceptable (blue) and unacceptable (red) data for quality control)

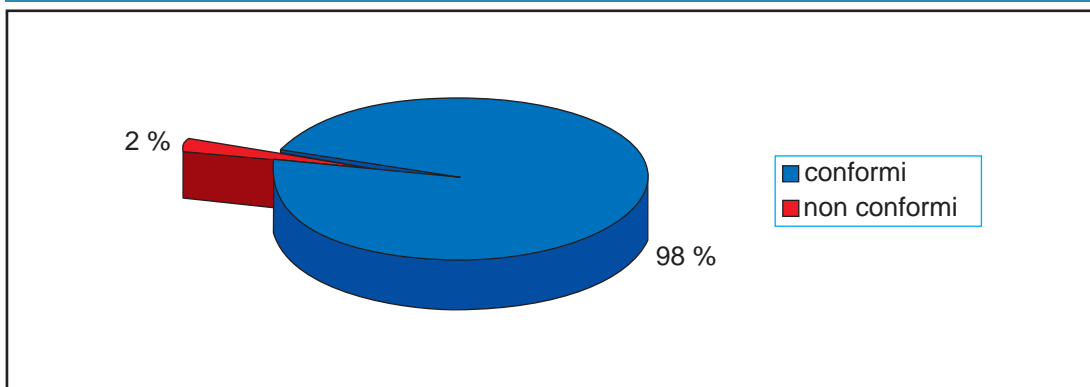
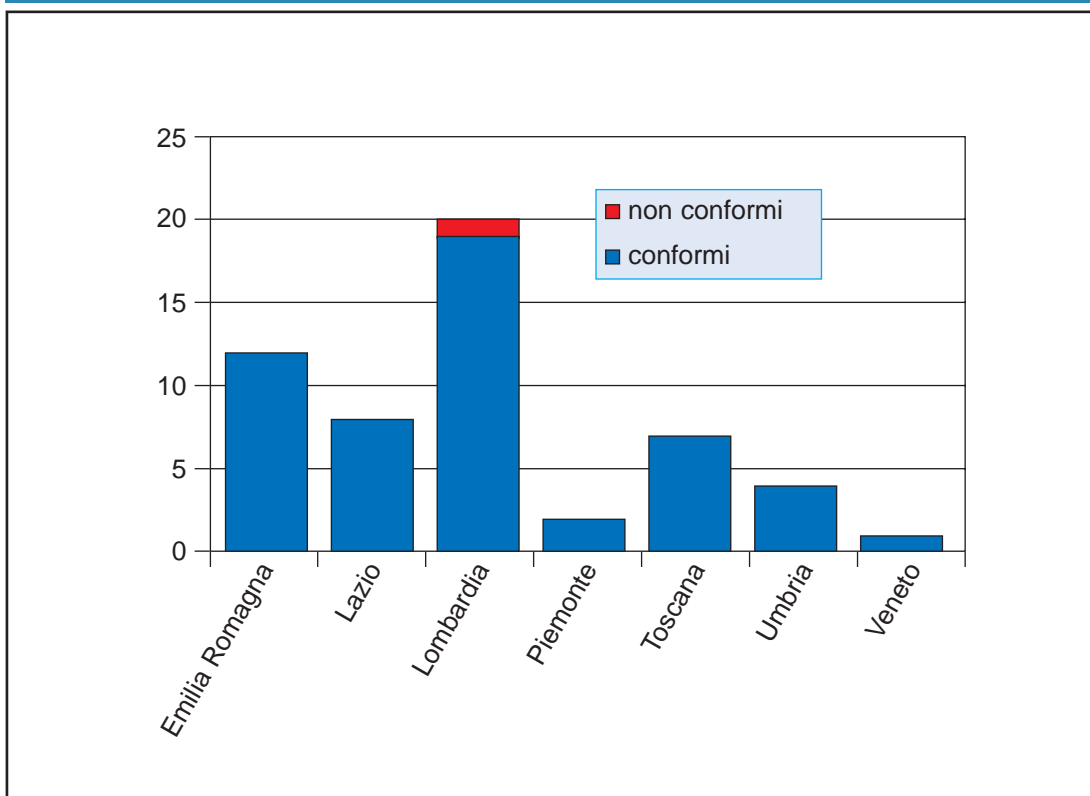


Figura n.32: Dati forniti dalla rete (^{137}Cs) per la matrice "Detrito minerale Organico sedimentabile (DMOS)" suddivisi per regione di provenienza.
 (^{137}Cs in freshwater detrital and mineral particulate: acceptable (blue) and unacceptable (red) data separated according to region of origin)



Sintesi dei risultati ottenuti nel 1998

Radioattività nel particolato atmosferico e nelle deposizioni umide e secche al suolo

Le reti nazionali di rilevamento della radioattività nel particolato atmosferico e nelle deposizioni umide e secche al suolo permettono il controllo della radioattività in aria a livello del suolo (particolato atmosferico) e di quello relativo ad eventuali ricadute di radionuclidi artificiali al suolo (deposizioni umide e secche).

I prelievi sono 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 i laboratori delle reti nazionali. Si osserva comunque una certa disomogeneità nella copertura territoriale.

Nella Tabella 1 sono riportate le località di prelievo del particolato atmosferico.

La radioattività in aria è dovuta alla presenza di radionuclidi di origine cosmogenica, di elementi radioattivi di origine naturale appartenenti alla serie del ^{238}U e del ^{232}Th ed eventualmente alla presenza di radionuclidi di origine artificiale.

I raggi cosmici che investono la terra con un flusso dipendente dalla latitudine (maggiore al polo, minore all'equatore) e dall'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 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 del suolo è anche presente il radon-222 (^{222}Rn). Il radon è uno dei prodotti di decadimento dell'uranio e del torio. La quantità di radon nell'ambiente dipende principalmente dalla concentrazione del ^{238}U , del ^{232}Th e del ^{235}U presenti nel suolo e nelle rocce [13].

I valori di radioattività beta totale misurati in aria (Tabella 2), che danno una indicazione del contenuto totale di radionuclidi naturali ed artificiali e quelli relativi al ^{137}Cs nel particolato atmosferico (Tabella 3), devono essere intesi come limiti superiori, in quanto i risultati delle misure sono generalmente inferiori alla minima attività rivelabile dalla strumentazione di misura utilizzata. I valori di ^{137}Cs nel particolato atmosferico sono effettuati generalmente su pacchetti mensili dei filtri di aspirazione. I valori sono abbastanza uniformi ad eccezione dei dati di giugno del nord Italia che sono significativamente maggiori (come da test statistici di significatività): in effetti nel giugno 1998 il nord Italia è stato interessato da una contaminazione puntuale dovuta all'incidente alla fonderia spagnola di Algeciras. Il ^7Be (Tabella 4) è invece generalmente misurabile nelle matrici ambientali e mostra una elevata variabilità stagionale.

La Tabella 5 mostra le località di prelievo delle deposizioni umide e secche al suolo. I dati relativi alle deposizioni umide e secche al suolo del ^7Be (Tabella 6) sono congruenti con i valori misurati in aria, mentre i valori di ^{137}Cs (Tabella 7) e ^{90}Sr (Tabella 8) sono generalmente prossimi ai limiti delle minime attività rivelabili dalla strumentazione di misura utilizzata.

Radioattività nelle matrici ambientali ed alimentari

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 più intensa ricaduta di materiale radioattivo, rispetto alle aree a più bassa piovosità [14].

Il ^{137}Cs e lo ^{90}Sr , radionuclidi con tempi di dimezzamento radioattivo di circa 30 anni, e caratterizzati da una significativa mobilità ambientale, costituiscono i principali indicatori delle ricadute radioattive al suolo dovute alle esplosioni nucleari in atmosfera ed all'incidente di Chernobyl.

I dati relativi al contenuto di ^{137}Cs e ^{90}Sr nelle diverse matrici ambientali ed alimentari misurati nel 1998, non vengono commentati in questo rapporto in modo dettagliato, in quanto non presentano valori di rilevanza sanitaria e, nella grande maggioranza dei casi, i risultati delle misure radiometriche sono inferiori alle minime attività rivelabili dalla strumentazione di misura utilizzata. Di seguito sono riportate alcune brevi informazioni sulla dinamica ambientale del ^{137}Cs e dello ^{90}Sr , che possono essere di utilità nell'interpretazione dei valori radiometrici riportati in questo rapporto.

In generale, 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. 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.

Le basse concentrazioni di attività misurate nei cereali e derivati (Tabella 9), nei vegetali (Tabelle 10 e 11) e nella frutta (Tabella 12), sono da attribuire alle lavorazioni agrarie che hanno contribuito sostanzialmente alla distribuzione lungo tutto il profilo verticale del terreno dei contaminanti radioattivi presenti in superficie. Ciò ha comportato una riduzione dei radionuclidi disponibili per l'assorbimento radicale da parte delle piante.

Gli studi di radioecologia avviati a seguito dell'evento incidentale di Chernobyl hanno messo in evidenza che ambienti non utilizzati a fini agricoli possono avere un impatto sulla catena alimentare umana. In particolare i boschi ed i pascoli di montagna, dove a causa di eventi meteorici particolari, più elevata è risultata essere la deposizione al suolo di radioattività, possono rappresentare una riserva di contaminanti per la selvaggina e gli animali al pascolo, a causa di fenomeni di accumulo di radioelementi nella vegetazione. Il latte (Tabelle 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20) e la carne (Tabelle 21, 22, 23 e 24), prodotti da bestiame con alimentazione costituita da foraggi prativi provenienti da queste aree, presentano valori di ^{137}Cs più elevati. Anche le misure di radiocesio in prodotti alimentari di origine boschiva presentano gli stessi andamenti (Tabella 12).

Le concentrazioni di attività del ^{137}Cs nella fauna ittica (Tabelle 25 e 26) è largamente dipendente dall'ampia varietà dei regimi alimentari che si rendono possibili nell'ambiente acquatico. Si ritrovano infatti specie che manifestano uno spiccato opportunismo alimentare (cavedano); specie che si nutrono prevalentemente di vegetali acquatici (scardola) e specie predatrici o parzialmente tali (persico) che presentano in generale i contenuti di ^{137}Cs più elevati.

Le concentrazioni di ^{137}Cs e ^{90}Sr disciolto nelle acque marine (Tabella 27) hanno una distribuzione sostanzialmente omogenea in tutti i punti di prelievo.

Le concentrazioni di ^{137}Cs nei sedimenti marini (Tabella 28) 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.

I radionuclidi disciolti nelle acque dei corsi di acqua dolce (Tabelle 29 e 30), presentano in generale valori inferiori rispetto a quelli riscontrati nelle acque marine ed in accordo alla loro diversa composizione chimico-fisica.

L'elevata variabilità riscontrata nei valori di ^{137}Cs nei sedimenti fluviali e lacustri (Tabelle 31 e 32), nel particolato in sospensione (Tabella 33) e nel detrito minerale organico sedimentabile, (Tabella 34) è da attribuire alle diverse caratteristiche (mineralogiche, granulometriche, chimico-fisiche e di contenuto di materiale radioattivo) che caratterizzano sedimenti originanti da bacini idrografici diversi.

Tabella 1. Località di prelievo del particolato atmosferico (Air particulate sampling sites)

Località Di Prelievo	Provincia	Latitudine Nord	Longitudine Est	Altitudine (m)
Aosta	AO	45° 44'	07° 18'	583
Belluno	BL	46° 08'	12° 13'	383
Bric Della Croce	TO	45° 02'	07° 44'	709
Brindisi	BR	40° 39'	17° 57'	3
Camigliatello Silano	CS	39° 20'	16° 24'	1669
Capo Mele	SV	43° 57'	08° 10'	220
Capocaccia	SS	40° 37'	08° 17'	28
Ispra	VA	45° 48'	08° 38'	251
Ivrea	TO	45° 27'	07° 52'	253
Messina	ME	38° 11'	15° 32'	3
Milano	MI	45° 28'	09° 11'	122
Monte Calamita	LI	42° 44'	10° 24'	413
Monte Cimone	MO	44° 12'	10° 42'	2165
Pantelleria	TP	36° 49'	11° 56'	5
Pescara	PE	42° 27'	14° 12'	4
Pian Rosà	AO	45° 56'	07° 42'	3488
Reggio Calabria	RC	38° 05'	15° 38'	15
Rimini	RN	43° 37'	13° 22'	9
Rutigliano	BA	41° 01'	17° 06'	122
Terminillo	RI	42° 28'	13° 00'	1874
Trento	TN	46° 04'	11° 07'	194
Udine	UD	46° 05'	13° 18'	120
Verona Villafranca	VR	45° 23'	10° 52'	67
Vigna Di Valle	RM	42° 05'	12° 14'	262

Tabella 2. Radioattività beta totale nel particolato atmosferico ($mBq m^{-3}$) (Gross beta radioactivity in air particulate)

Località Di Prelievo	Provincia	N° Misure	N° Misure < M.A.R.	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Agò	Set	Ott	Nov	Dic
Bric della Croce	TO	730	730	1,35	1,54	9,49	4,38	3,84	3,47	3,35	3,04	2,82	2,63	2,53	2,49
Brindisi	BR	729	43	0,30	0,45	0,32	0,31	0,33	0,45	0,44	0,51	0,28	0,29	0,30	0,34
Capo Mele	SV	729	729	0,81	1,11	0,92	0,82	0,93	0,96	0,95	1,02	0,97	0,93	0,94	0,98
Capocaccia	SS	365	41	0,51	0,75	0,49	0,23	0,60	0,79	0,54	0,96	0,51	0,49	0,56	0,46
Ispra	VA	365	9	1,31	1,57	0,83	0,60	0,80	1,01	1,02	1,14	0,82	0,80	1,20	2,43
Ivrea	TO	28	-	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,37	0,85	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Messina	ME	730	730	0,16	0,30	0,04	0,36	0,01	0,11	0,94	0,93	0,27	0,15	0,35	0,41
Monte Calamita	LI	-	-	0,58	0,78	0,83	0,86	0,75	0,96	0,98	1,22	0,71	1,36	0,80	0,83
Monte Cimone	MO	323	162	0,78	0,82	0,86	0,65	n.d.	0,97	0,85	1,04	0,65	0,65	0,66	0,65
Pantelleria	TP	-	-	0,67	0,76	0,79	0,58	0,81	0,82	0,90	1,22	0,75	0,55	0,72	0,59
Pellaro	RC	56	-	n.d.	2,03	0,64	1,18	1,03	1,26	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Pian Rosà	AO	728	728	0,31	0,33	0,39	0,38	0,55	0,49	0,52	0,53	0,51	0,49	0,47	0,46
Rimini	RN	730	91	0,42	0,50	0,32	0,26	0,35	0,42	0,55	0,49	0,39	0,42	0,48	0,90
Rutigliano	BA	255	255	2,73	2,78	2,93	3,84	2,78	2,10	2,34	4,67	2,80	2,46	2,12	4,88
Terminillo	RI	730	670	0,33	0,65	0,22	0,29	0,55	0,17	0,37	0,79	0,10	0,23	12,70	0,00
Trento	TN	364	-	0,88	0,62	0,34	0,25	0,37	0,43	0,43	0,69	0,51	0,54	0,74	1,59
Verona Villafranca	VR	520	473	n.d.	n.d.	n.d.	2,20	3,67	3,04	3,16	2,39	2,07	2,71	3,63	2,92
Vigna di Valle	RM	730	730	0,73	0,12	0,08	0,05	0,12	0,69	0,53	1,08	0,56	0,03	1,42	0,34

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

Tabella 3. ^{137}Cs nel particolato atmosferico (mBq m^{-3}) (^{137}Cs in air particulate)

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	11	20	40	30	40	30	42	30	30	30	30	40	40
Belluno	BL	12	6	19	10	9	8	8	56	2	3	2	4	6	22
Bric della Croce	TO	24	23	8	17	15	6	17	99	11	6	7	6	9	10
Camigliatello Silano	CS	12	9	2	2	3	3	3	4	2	3	2	2	2	2
Capo Mele	SV	24	23	5	6	10	40	11	126	6	9	8	6	6	7
Capocaccia	SS	12	11	10	10	13	10	19	11	12	8	8	8	9	8
Genova centro	GE	2	2	68	50	57	58	71	124	39	48	46	55	55	43
Ispra	VA	12	5	6	6	3	2	2	65	2	2	2	2	3	7
Ivrea	TO	12	12	8	8	5	4	4	25	4	5	6	7	5	8
Messina	ME	12	12	2	5	12	8	8	14	12	7	12	8	14	14
Milano	MI	12	-	2	4	2	1	1	109	2	1	1	1	2	2
Monte Calamita	LI	12	12	4	6	8	9	7	7	4	7	4	4	3	3
Monte Cimone	MO	11	8	3	5	4	7	n.d.	38	4	3	3	2	2	2
Pantelleria	TP	12	12	5	4	6	4	4	7	3	6	3	3	2	3
Pescara	PE	7	7	23	24	31	29	20	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	72	87
Pian Rosà	AO	23	23	5	7	6	12	9	7	6	8	6	8	6	5
Rutigliano	BA	12	-	10	11	15	14	13	14	15	24	28	24	16	29
Terminillo	RI	12	12	4	1	10	2	2	3	3	7	8	14	12	3
Udine	UD	12	12	27	20	13	28	21	89	77	8	29	11	14	13
Verona Villafranca	VR	9	8	n.d.	n.d.	n.d.	20	8	230	5	5	8	8	10	9
Vigna di Valle	RM	12	12	2	4	6	12	3	9	12	13	3	3	16	10

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

Tabella 4. ⁷Be nel particolato atmosferico (mBq m⁻³) (⁷Be in air particulate)

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	-	1060	5190	7030	5280	6990	8800	9790	9790	5100	4990	7820	9780
Belluno	BL	12	-	2800	4800	3200	2990	4400	2800	4000	3000	2000	2000	2000	5000
Bric della Croce	TO	16	1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	4450	5589	10470	4399	3178	2811	2436	3884
Camigliatello Silano	CS	12	-	3259	5033	5264	5713	7466	8225	8302	11030	5626	6110	4587	4986
Capo Mele	SV	16	8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	10640	4517	5144	2979	1876	3416	3522	4472
Capocaccia	SS	12	-	4004	6792	6254	5255	7588	7698	6989	7745	5748	6044	5771	6843
Genova	GE	4	-	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	4298	3853	4537	5771
Ispra	VA	12	-	3657	5795	4990	2743	3607	4693	4647	4542	2828	3306	3870	4555
Ivrea	TO	12	-	2656	4272	3810	3021	1219	5246	5490	5522	2920	2575	2697	3334
Messina	ME	12	12	4384	6903	8170	8760	2324	9394	8267	10325	6605	7893	8046	7947
Milano	MI	12	-	1894	3890	3905	3668	4264	4743	5151	5942	3016	1565	1880	2011
Monte Calamita	LJ	12	-	3758	4904	5905	6005	4672	5778	7371	5928	3598	6229	3805	4512
Monte Cimone	MO	11	-	4630	7607	6174	3370	n.d.	7935	7483	8390	3557	3529	3170	4324
Pantelleria	TP	12	-	4437	5848	6413	5491	5347	6492	6735	7690	4060	4696	9084	5811
Pian Rosà	AO	17	3	n.d.	n.d.	3345	n.d.	7554	4873	6393	2462	3608	1915	4267	3398
Rutigliano	BA		-	2700	6500	6000	6100	6300	3500	4000	7300	5000	6000	5000	5700
Terminillo	RI	12	12	1173	6284	5757	4912	6558	6595	1114	7262	5036	4981	4270	7223
Udine	UD	7	1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1156	3605	5032	2994	2434	2903	2184
Verona Villafranca	VR	9	-	n.d.	n.d.	n.d.	6800	4100	4060	3970	3550	2550	2140	2133	1910
Vigna di Valle	RM	12	12	3873	5507	6519	6213	6289	8107	8082	8747	6244	5332	7878	4491

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

Tabella 5. Località di prelievo delle deposizioni umide e secche al suolo (Fall-out sampling sites)

Località Di Prelievo	Provincia	Latitudine Nord	Longitudine Est
Aosta	AO	45° 44'	07° 18'
Bergamo	BG	45° 41'	09° 10'
Bolzano	BZ	46° 29'	11° 21'
Cremona	CR	45° 08'	10° 01'
Firenze	FI	43° 46'	11° 14'
Ivrea	TO	45° 27'	07° 52'
Milano	MI	45° 28'	09° 11'
Pavia	PV	45° 11'	09° 09'
Perugia	PG	43° 06'	12° 23'
Pescara	PE	42° 27'	14° 12'
Piacenza	PC	44° 55'	09° 44'
Trento	TN	46° 04'	11° 07'
Treviso	TV	45° 40'	12° 14'
Udine	UD	46° 05'	13° 18'

Tabella 6. ⁷Be nelle deposizioni umide e secche al suolo (Bq m⁻²) (Be in fall-out)

Località Di Prelievo	Provincia	N° Misure	N° Misure < M.A.R.	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Deposizione Annuale
Aosta	AO	12	-	86	87	35	108	51	236	106	89	77	134	26	21	1056
Bergamo	BG	10	-	32	112	192	216	351	n.d.	797	202	281	n.d.	47	39	
Bolzano	BZ	8	-	n.d.	28	n.d.	38	n.d.	n.d.	94	101	51	31	13	4	
Cremona	CR	1	-	n.d.	n.d.	25	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
Firenze	FI	12	-	20	25	25	240	154	158	31	53	183	102	26	49	1066
Genova	GE	4	-	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	7	7	31	4	
Ivrea	TO	12	-	22	63	7	186	243	319	89	318	112	332	24	34	1749
Milano	MI	13	-	54	27	32	53	108	154	216	84	79	222	32	28	1089
Pavia	PV	9	-	n.d.	38	4	89	19	125	88	19	33	7	n.d.	n.d.	
Perugia	PG	16	3	102	59	19	172	93	98	29	14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
Pescara	PE	12	-	12	229	4	76	73	47	140	114	163	102	50	75	1121
Piacenza	PC	12	-	39	36	31	128	133	214	93	44	104	150	11	24	1009
Pieve S. Giacomo	CR	8	-	n.d.	49	25	123	30	273	150	193	90	n.d.	n.d.	n.d.	
Trento nord	TN	12	-	22	16	7	193	217	227	327	144	119	150	22	11	1456
Trento sud	TN	11	-	8	14	1	284	127	256	366	187	304	n.d.	29	15	1589
Treviso	TV	12	-	78	76	18	69	76	971	154	70	472	265	41	59	2348
Udine	UD	12	-	41	2	12	13	228	85	373	28	173	263	38	17	1273

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

Tabella 7. ¹³⁷Cs nelle deposizioni umide e secche al suolo (Bq m⁻²) (¹³⁷Cs in fall-out)

Località Di Prelievo	Provincia	N° Misure	N° Misure < M.A.R.	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Deposizione Annuale
Aosta	AO	12	-	0,10	0,07	0,05	0,11	0,06	0,63	0,08	0,09	0,21	0,20	0,08	0,12	1,79
Bergamo	BG	10	-	0,30	0,36	0,25	0,13	0,27	n.d.	0,61	0,18	0,12	n.d.	0,20	0,06	
Bolzano	BZ	7	-	n.d.	0,23	n.d.	0,12	n.d.	0,40	0,14	0,13	0,08	0,05	0,08	0,05	
Firenze	FI	12	-	0,04	0,08	0,19	0,11	0,09	0,26	0,31	0,36	0,38	0,07	0,06	0,04	1,98
Ivrea	TO	12	1	0,52	0,17	0,11	0,13	0,20	0,82	0,17	0,24	0,18	0,61	0,10	0,13	3,38
Milano	MI	13	-	0,07	0,05	0,08	0,08	0,09	0,16	0,18	0,06	0,14	0,06	0,07	0,04	
Pavia	PV	9	6	n.d.	0,29	0,66	0,30	0,65	0,59	0,62	0,22	0,61	0,71	n.d.	n.d.	
Perugia	PG	16	16	0,26	0,53	0,49	0,29	0,91	0,95	2,28	2,16	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
Pescara	PE	12	2	0,07	0,06	0,09	0,10	0,18	0,05	0,09	0,05	0,12	0,07	0,23	0,05	1,15
Piacenza	PC	12	-	0,05	0,05	0,23	0,09	0,06	0,12	0,05	0,06	0,07	0,03	0,03	0,04	0,87
Pieve S. Giacomo	CR	8	-	n.d.	0,07	0,36	0,08	0,09	0,29	0,09	0,08	0,05	n.d.	n.d.	n.d.	
Trento nord	TN	12	-	4,20	0,30	1,40	1,30	1,10	1,40	4,40	0,30	0,30	0,70	0,30	0,40	16,10
Trento sud	TN	11	5	0,04	0,04	0,04	0,04	0,17	0,14	0,04	0,07	0,15	n.d.	0,35	0,19	
Treviso	TV	12	-	0,39	0,32	0,58	0,51	0,42	6,83	1,38	0,85	2,20	1,05	0,47	0,26	15,26
Udine	UD	12	-	0,61	0,02	0,22	0,08	0,51	0,18	1,15	0,07	0,20	0,15	0,28	0,10	3,58

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

Tabella 8. ⁹⁰Sr nelle deposizioni umide e secche al suolo integrate sul trimestre (Bq m⁻²)
(⁹⁰Sr in fall-out)

Località Di Prelievo	Provincia	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Piacenza	PC	0,039				0,046			0,012			0,035	

Tabella 9. ¹³⁷Cs nei cereali e derivati (Bq kg⁻¹) (¹³⁷Cs in cereals and by-products)

Matrice	N° Misure	N° Misure < M.A.R.	Media	Min	Max
Avena (<i>Avena sativa</i> L.)	7	6	0,1	0,1	0,4
Crusca (Bran)	4	2	0,1	0,1	0,1
Farina di grano duro (Durum wheat flour)	38	37	0,1	0,01	0,2
Farina di grano tenero (Soft wheat flour)	66	61	0,1	0,02	1,4
Farina di mais (Maize meal)	9	2	0,2	0,1	0,2
farina di segale (Rye flour)	7	4	0,1	0,1	0,3
Farina integrale (Wholemeal)	8	4	0,2	0,1	0,4
Farina saracena (Buckwheat flour)	6	3	0,2	0,1	0,4
Farro (<i>Triticum spelta</i>)	5	5	0,1	0,1	0,1
Grano duro (<i>Triticum durum</i> Desf.)	23	19	0,2	0,06	0,5
Grano tenero (<i>Triticum aestivum</i> L.)	33	30	0,1	0,1	0,6
Mais (<i>Zea mays</i> L.)	29	23	0,1	0,0004	0,3
Orzo (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	13	10	0,2	0,1	0,3
Pane (Bread)	6	4	0,1	0,1	0,2
Pasta	130	114	0,1	0,01	0,8
Riso (<i>Oryza sativa</i> L.)	8	7	0,1	0,01	0,1
Segale (<i>Secale cereale</i> L.)	7	4	0,1	0,1	0,2
Soia (<i>Soja hispida</i> Moench)	3	1	0,2	0,2	0,2

Tabella 10. ^{137}Cs nei vegetali (Bq kg^{-1} peso fresco) (^{137}Cs in vegetables – fresh weight)

Matrice	N° Misure	N° Misure < M.A.R.	Media	Min	Max
Bietola (<i>Beta vulgaris</i>)	4	2	0,2	0,1	0,3
Carota (<i>Daucus carota</i> L.)	3	3	0,1	0,1	0,1
Cavolfiore (<i>Brassica oleracea botrytis</i> L.)	8	8	0,2	0,1	0,4
Cavolo (<i>Brassica oleracea capitata</i> L.)	11	9	0,1	0,04	0,4
Cetriolo (<i>Cucumis sativum</i> L.)	2	2	0,1	0,1	0,2
Cicoria (<i>Cichorium intybus</i> L.)	4	3	0,1	0,1	0,2
Cipolla (<i>Allium cepa</i> L.)	6	5	0,1	0,02	0,2
Fagiolo (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	2	1	0,2	0,1	0,2
Lattuga (<i>Lactuca scariola sativa</i> L.)	73	61	0,1	0,0001	0,6
Melanzana (<i>Solanum melongena</i> L.)	4	4	0,1	0,1	0,1
Patata (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	30	22	0,1	0,01	0,4
Peperone (<i>Capsicum annuum</i> L.)	8	7	0,1	0,01	0,1
Pisello (<i>Pisum sativum</i> L.)	2	1	0,2	0,1	0,2
Pomodoro (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill)	13	13	0,1	0,01	0,2
Rapa (<i>Brassica rapa</i> L.)	3	1	0,5	0,1	0,7
Spinacio (<i>Spinacia oleracea</i> L.)	7	4	0,2	0,1	0,4
Zucchini (<i>Cucurbita pepo</i>)	15	13	0,1	0,1	0,5

Tabella 11. ^{90}Sr nei vegetali (Bq kg^{-1} peso fresco) (^{90}Sr in vegetables – fresh weight)

Matrice	N° Misure	N° Misure < M.A.R.	Media	Min	Max
Lattuga (<i>Lactuca scariola sativa</i> L.)	24	11	0,1	0,03	0,5

Tabella 12. ^{137}Cs nella frutta (Bq kg^{-1} peso fresco) (^{137}Cs in fruit – fresh weight)

Matrice	N° Misure	N° Misure < M.A.R.	Media	Min	Max
Albicocca (<i>Prunus armeniaca</i> L.)	2	2	0,1	0,1	0,1
Arancia (<i>Citrus sinensis</i> Osbeck)	19	18	0,2	0,1	0,4
Arachide (<i>Arachis hypogaea</i>)	2	0	0,2	0,2	0,2
Castagna (<i>Castanea sativa</i> Mill.)	8	0	1,6	0,1	5,5
Ciliegia (<i>Cerasus avium</i> Moench)	5	5	0,1	0,1	0,2
Fragola (<i>Fragaria vesca</i> L.)	9	9	0,1	0,01	0,2
Kiwi (<i>Actinidia chinensis</i>)	3	1	0,1	0,1	0,2
Lampone (<i>Robus idaeus</i>)	2	2	0,04	0,04	0,04
Limone (<i>Citrus limonia</i> Osbeck)	3	1	0,3	0,2	0,5
Mandarino (<i>Citrus nobilis</i>)	4	4	0,2	0,1	0,2
Mela (<i>Malus communis</i> Dek.)	70	64	0,1	0,02	0,5
Melone (<i>Cucumis melo</i> L.)	3	3	0,1	0,04	0,2
Nocciola (<i>Corylus avellana</i> L.)	8	2	0,8	0,02	3,4
Oliva (<i>Olea europea</i> L.)	10	6	0,2	0,1	0,8
Pera (<i>Pirus communis</i> L.)	10	7	0,1	0,01	0,5
Pesca (<i>Prunus persica</i> Stokes)	16	15	0,1	0,02	0,4
Susina (<i>Prunus domestica</i> L.)	7	7	0,05	0,01	0,1
Uva (<i>Vitis vinifera</i> L.)	14	10	0,2	0,1	0,5

Tabella 13. ^{137}Cs nel latte vaccino (Bq l^{-1}) (^{137}Cs in cow's milk)

Regione	N° Misure	N° Misure < M.A.R.	Media	Min	Max
Abruzzo	4	3	0,1	0,1	0,3
Calabria	8	7	0,1	0,04	0,1
Campania	107	75	0,1	0,003	0,2
Emilia Romagna	89	74	0,1	0,02	0,4
Friuli Venezia Giulia	94	58	0,7	0,05	10,5
Lazio	9	5	0,3	0,1	0,7
Liguria	12	-	0,2	0,1	0,9
Lombardia	138	53	0,1	0,04	0,9
Marche	6	5	0,1	0,1	0,2
Molise	6	4	0,1	0,1	0,3
Piemonte	33	24	0,1	0,1	0,3
Puglia	25	22	0,1	0,1	0,2
Sardegna	8	8	0,1	0,02	0,2
Sicilia	11	11	0,1	0,1	0,1
Toscana	36	32	0,1	0,1	0,3
Trentino Alto Adige	153	36	0,3	0,04	1,5
Valle d'Aosta	24	6	0,2	0,1	0,4
Veneto	23	10	0,2	0,1	0,3

Tabella 14. ^{137}Cs nel latte in polvere vaccino (Bq kg^{-1}) (^{137}Cs in powdered cow's milk)

Regione	N° Misure	N° Misure < M.A.R.	Media	Min	Max
Emilia Romagna	5	3	0,2	0,1	0,4
Piemonte	2	1	0,1	0,1	0,1
Trentino Alto Adige	11	3	0,5	0,1	1,3

Tabella 15. ^{137}Cs nel latte vaccino U.H.T. (Bq l^{-1}) (^{137}Cs in U.H.T. cow's milk)

Regione	N° Misure	N° Misure < M.A.R.	Media	Min	Max
Abruzzo	10	5	0,2	0,1	0,8
Calabria	10	5	0,2	0,04	0,8
Campania	6	6	0,1	0,00	0,1
Emilia Romagna	4	-	0,2	0,2	0,3
Lazio	3	1	0,4	0,2	0,7
Liguria	3	-	0,5	0,2	0,9
Lombardia	13	-	0,1	0,1	0,3
Molise	11	7	0,1	0,1	0,3
Puglia	10	3	0,3	0,1	0,9
Sardegna	13	12	0,1	0,05	0,3
Sicilia	23	13	0,2	0,1	0,4
Umbria	16	10	0,2	0,1	0,3
Valle d'Aosta	21	9	0,2	0,1	0,5

Tabella 16. ^{137}Cs nel latte ovino (Bq l^{-1}) (^{137}Cs in sheep's milk)

Regione	N° Misure	N° Misure < M.A.R.	Media	Min	Max
Calabria	2	2	0,1	0,1	0,1
Campania	25	6	0,1	0,002	0,5
Sardegna	9	9	0,1	0,1	0,1

Tabella 17. ^{137}Cs nel latte caprino (Bq l^{-1}) (^{137}Cs in goat's milk)

Regione	N° Misure	N° Misure < M.A.R.	Media	Min	Max
Campania	6	3	0,1	0,01	0,3

Tabella 18. ^{90}Sr nel latte vaccino (Bq l^{-1}) (^{90}Sr in cow's milk)

Regione	N° Misure	N° Misure < M.A.R.	Media	Min	Max
Lombardia	8	-	0,1	0,03	0,1
Sardegna	9	9	0,0	0,02	0,1

Tabella 19. ^{90}Sr nel latte vaccino U.H.T. (Bq l^{-1}) (^{90}Sr in U.H.T. cow's milk)

Regione	N° Misure	N° Misure < M.A.R.	Media	Min	Max
Emilia Romagna	4	-	0,1	0,1	0,1
Lombardia	2	-	0,1	0,05	0,1
Sardegna	15	13	0,03	0,01	0,1

Tabella 20. ^{90}Sr nel latte ovino (Bq l^{-1}) (^{90}Sr in sheep's milk)

Regione	N° Misure	N° Misure < M.A.R.	Media	Min	Max
Sardegna	12	3	0,3	0,1	0,4

Tabella 21. ^{137}Cs nella carne bovina (Bq kg^{-1} peso fresco) (^{137}Cs in beef - fresh weight)

Regione	N° Misure	N° Misure < M.A.R.	Media	Min	Max
Calabria	15	8	0,1	0,03	0,3
Campania	11	4	0,2	0,03	0,6
Emilia Romagna	18	5	0,1	0,03	0,4
Lazio	2	-	0,2	0,2	0,2
Liguria	7	-	0,3	0,1	0,8
Lombardia	38	8	0,8	0,1	8,5
Piemonte	10	2	1,3	0,001	2,5
Puglia	13	10	0,1	0,1	0,2
Sardegna	4	4	0,1	0,05	0,1
Sicilia	7	5	0,1	0,1	0,2
Toscana	10	10	0,1	0,1	0,2
Trentino Alto Adige	21	1	1,2	0,1	8,0
Valle d'Aosta	6	-	0,5	0,1	1,3
Veneto	11	4	0,8	0,1	3,3

Tabella 22. ^{137}Cs nella carne suina (Bq kg^{-1} peso fresco) (^{137}Cs in pork – fresh weight)

Regione	N° Misure	N° Misure < M.A.R.	Media	Min	Max
Abruzzo	10	4	0,1	0,1	0,2
Calabria	7	5	0,1	0,1	0,4
Campania	10	2	0,2	0,1	0,3
Emilia Romagna	7	2	0,1	0,1	0,2
Lazio	2	-	0,3	0,3	0,3
Liguria	4	-	0,2	0,1	0,2
Lombardia	7	-	0,3	0,1	0,5
Puglia	4	1	0,3	0,1	0,7
Sardegna	2	2	0,1	0,04	0,2
Sicilia	4	-	0,2	0,1	0,2
Trentino Alto Adige	15	7	0,3	0,04	0,9
Veneto	3	-	0,4	0,2	0,8

Tabella 23. ^{137}Cs nella carne ovina (Bq kg^{-1} peso fresco) (^{137}Cs in mutton – fresh weight)

Regione	N° Misure	N° Misure < M.A.R.	Media	Min	Max
Abruzzo	3	1	0,1	0,1	0,1
Campania	2	-	0,1	0,1	0,1
Puglia	4	2	0,8	0,1	2,8
Trentino Alto Adige	10	1	6,0	0,1	24,0

Tabella 24. ^{137}Cs nelle carni provenienti da allevamenti avicunicoli (Bq kg^{-1} peso fresco)
(^{137}Cs in chicken and rabbit meat – fresh weight)

Regione	N° Misure	N° Misure < M.A.R.	Media	Min	Max
Abruzzo	6	5	0,1	0,1	0,1
Calabria	10	9	0,1	0,03	0,2
Campania	20	11	0,1	0,01	0,2
Emilia Romagna	6	2	0,05	0,03	0,1
Lazio	2	2	0,1	0,1	0,1
Lombardia	4	3	0,2	0,1	0,2
Puglia	2	2	0,2	0,2	0,2
Sardegna	2	2	0,1	0,1	0,1
Sicilia	8	8	0,1	0,1	0,1
Trentino Alto Adige	11	8	0,1	0,04	0,2
Umbria	3	3	0,1	0,1	0,2

Tabella 25. ^{137}Cs nel pesce (Bq kg^{-1} peso fresco) (^{137}Cs in fish – fresh weight)

Matrice	N° Misure	N° Misure < M.A.R.	Media	Min	Max
Acciuga (<i>Engraulis encrasicolus</i>)	48	6	0,1	0,01	0,3
Alborella (<i>Alburnus albidus alborella</i>)	17	2	1,4	0,1	5,0
Branzino (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	2	-	0,8	0,6	1,0
Carassio (<i>Carassius carassius</i>)	3	-	0,2	0,2	0,3
Cavedano (<i>Leuciscus cephalus</i>)	5	-	4,3	0,1	6,6
Cefalo (<i>Mugil cephalus</i>)	6	6	0,1	0,03	0,2
Ghiozzo (<i>Gobius ophicephalus</i>)	3	1	0,2	0,1	0,2
Merluzzo (<i>Merluccius merluccius</i>)	25	3	0,3	0,01	3,3
Orata (<i>Sparus Auratus</i>)	4	2	0,2	0,1	0,3
Paganello (<i>Gobius paganellus</i>)	4	3	0,1	0,1	0,2
Persico (<i>Perca fluviatilis</i>)	6	-	3,3	0,8	10,0
Pescespada (<i>Xiphias gladius</i>)	5	1	0,4	0,01	1,1
Salpa (<i>Boops salpa</i>)	2	2	0,1	0,1	0,1
Sanguinerola (<i>Phoxinus phoxinus</i>)	3	-	12,3	4,0	19,0
Sarago (<i>Diplodus sargus</i>)	2	-	0,3	0,2	0,4
Sarda (<i>Sarda mediterranea</i>)	14	2	0,2	0,02	0,4
Sardina (<i>Clupea pilchardus</i>)	2	-	0,2	0,2	0,2
Sauro (<i>Trachurus trachurus</i>)	3	1	0,2	0,05	0,4
Scardola (<i>Scardinius erythrophthalmus</i>)	2	-	2,0	0,4	3,7
Sciabola (<i>Lepidopus caudatus</i>)	2	-	0,1	0,1	0,1
Sgombro (<i>Scomber scomber</i>)	6	2	0,2	0,01	0,4
Siluro (<i>Silurus glanis</i>)	3	1	0,5	0,2	1,1
Spigola (<i>Morone labrax</i>)	2	-	0,4	0,3	0,5
Tonno (<i>Thunnus Thynnus</i>)	4	-	0,3	0,1	0,6
Triglia (<i>Mullus sp.</i>)	8	3	0,2	0,0001	0,5
Trota (<i>Salmo gairdneri</i>)	22	3	0,4	0,04	1,1

Tabella 26. ^{137}Cs nei molluschi (Bq kg^{-1} peso fresco) (^{137}Cs in mollusc – fresh weight)

Matrice	N° Misure	N° Misure < M.A.R.	Media	Min	Max
Moscardino (<i>Eledone Moschata</i>)	2	1	0,1	0,1	0,1
Mitilo (<i>Mytilus edulis</i>)	18	14	0,2	0,02	1,5
Scafarca (<i>Scapharca inequivalvis</i>)	7	6	0,1	0,1	0,2
Vongola (<i>Chamelea gallina</i>)	4	4	0,1	0,1	0,2

Tabella 27. ^{137}Cs e ^{90}Sr nelle acque marine (Bq m^{-3}) (^{137}Cs and ^{90}Sr in seawater)

Località di Prelievo	Provincia	^{137}Cs			^{90}Sr		
		N° Misure	Min	Max	N° Misure	Min	Max
Cesenatico	FO	2	2,6	3,2	2	1,3	2,1
La Maddalena	SS	2	2,6	2,9	2	0,8	1,9

Tabella 28. ^{137}Cs nei sedimenti marini (Bq kg^{-1} peso secco) (^{137}Cs in marine sediments - dry weight)

Località di Prelievo	Provincia	N° Misure	Media	Min	Max
Barena di Passo a Campalto	VE	4	7,9	3,6	11,6
Cesenatico	FO	2		1,3	5,7
La Maddalena	SS	7	1,4	0,1	3,9
Porto Garibaldi	FE	4	7,1	1,5	14,5
Venezia	VE	3	3,2	0,9	4,7

Tabella 29. ^{137}Cs e ^{90}Sr disciolto nelle acque fluviali (Bq m^{-3}) (Dissolved ^{137}Cs and ^{90}Sr in freshwater)

Località di Prelievo	Provincia	^{137}Cs					^{90}Sr			
		N° Misure	N° Misure < M.A.R.	Media	Min	Max	N° Misure	Media	Min	Max
Bisagno	GE	9	9	1,0	1,0	1,0				
Entella	GE	11	11	1,0	1,0	1,0				
Impero	IM	10	10	1,0	1,0	1,0				
Magra	SP	11	11	1,0	1,0	1,0				
Po (Caorso, monte)	PC	4	2	0,4	0,3	0,6	4	3,9	3,4	4,3
Po (Pontelagoscuro)	FE	4	3	0,4	0,3	0,4	4	3,6	2,8	4,7
Polcevera	GE	10	10	1,0	1,0	1,0				
Quiliano	SV	7	7	1,0	1,0	1,0				
Roya	IM	11	11	1,0	1,0	1,0				

Tabella 30. ^{137}Cs disciolto nelle acque lacustri (Bq m^{-3}) (Dissolved ^{137}Cs in lake water)

Località di Prelievo	Provincia	N° Misure	N° Misure < M.A.R.	Media	Min	Max
Viverone	BI	2	-	0,005	0,005	0,005

Tabella 31. ^{137}Cs nei sedimenti fluviali (Bq kg^{-1} peso secco) (^{137}Cs in freshwater sediments - dry weight)

Località Di Prelievo	Provincia	N° Misure	Min	Max
Po (Pontelagoscuro)	FE	2	22,7	37,2

Tabella 32. ^{137}Cs nei sedimenti lacustri (Bq kg^{-1} peso secco) (^{137}Cs in lake sediments - dry weight)

Località di Prelievo	Provincia	N° Misure	Media	Min	Max
Viverone	BI	2	54,3	50,7	57,9

Tabella 32. ^{137}Cs nei sedimenti lacustri (Bq kg^{-1} peso secco) (^{137}Cs in lake sediments - dry weight)

Località di Prelievo	Provincia	N° Misure	Media	Min	Max
Viverone	BI	2	54,3	50,7	57,9

Tabella 33. ^{137}Cs nel particolato delle acque fluviali (Bq m^{-3}) (Particulate ^{137}Cs in freshwater)

Località di Prelievo	Provincia	N° Misure	N° Misure < M.A.R.	Media	Min	Max
Po (Caorso, monte)	PC	4	-	0,001	0,001	0,001
Po (Casale)*	AL	4	2	0,002	0,001	0,006
Po (Pontelagoscuro)	FE	4	-	0,002	0,001	0,005

* = Disciolto + particolato (Dissolved + particulate)

Tabella 34. ^{137}Cs nel DMOS - Detrito Minerale Organico Sedimentabile (Bq kg^{-1} peso secco) (^{137}Cs in freshwater detrital and mineral particulate - dry weight)

Fiume	N° Misure	^{137}Cs			N° Misure	^{90}Sr		
		Media	Min	Max		Media	Min	Max
Arno	7	12,7	10,9	16,1				
Po	16	27,8	3,2	70,9	8	1,2	0,3	2,4
Tevere	8	8,8	5,7	21,2				
Nera	2	15,9	15,4	16,4				
Brembo	5	39,5	22,0	62,0				
Oglio	8	53,3	30,5	80,0				
Serio	5	59,9	32,5	97,0				
Aniene	2	4,0	3,9	4,0				

Programma di affidabilità associato alle reti nazionali di sorveglianza della radioattività ambientale in Italia

Nell'ambito del coordinamento tecnico delle Reti Nazionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale, l'ANPA deve provvedere all'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 sistematicamente ad un programma di affidabilità organizzato dall'ANPA 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 ed interconfronto per le diverse metodiche di misura utilizzate nell'ambito delle reti nazionali.

Il programma di affidabilità si pone come obiettivi principali quelli di:

- assicurare la riferibilità delle misure effettuate nell'ambito delle reti nazionali ai campioni primari di attività dei radionuclidi conservati presso l'INMRI. Poiché i campioni primari sono periodicamente confrontati a livello internazionale, la riferibilità delle misure effettuate nell'ambito delle reti nazionali, consente anche di rendere le misure effettuate in Italia confrontabili con quelle effettuate in altri paesi;
- garantire il raggiungimento di un adeguato livello di accuratezza delle misure, da parte di tutti gli Istituti, Enti ed Organismi che partecipano alle reti nazionali.

Le campagne di taratura sono effettuate su specifiche tipologie di misura, concordate con gli Istituti, Enti ed Organismi che partecipano alle reti nazionali. Le sorgenti radioattive campione da utilizzare per la taratura della strumentazione, nelle particolari tipologie di misura a seconda del tipo di campagna, sono preparate e distribuite dall'INMRI [15, 16, 17, 18]. Insieme alle sorgenti, i laboratori partecipanti alle campagne di taratura ricevono i relativi certificati di taratura e le guide tecniche necessarie per uniformare le procedure di taratura. I dati sperimentali ottenuti sono riportati su appositi questionari rinviati all'INMRI. Un'analisi comparata di questi dati fornisce numerose informazioni sul grado di omogeneità raggiunto riguardo alle procedure di taratura.

Le campagne di interconfronto sono generalmente effettuate in successione temporale a quelle di taratura e, di volta in volta, hanno come oggetto le stesse tipologie di misura considerate nella precedente campagna di taratura. Le sorgenti di riferimento sono preparate e distribuite dall'INMRI, ma in questo caso, esse sono prive della relativa certificazione. Insieme alla sorgente è distribuita anche una nota informativa contenente le indicazioni necessarie per il corretto svolgimento dell'interconfronto. Utilizzando i coefficienti di taratura ottenuti nella corrispondente campagna di taratura, i laboratori partecipanti devono individuare quali radionuclidi siano presenti nella sorgente di interconfronto e determinarne il valore di attività, riportando i risultati ottenuti su una scheda risultati. I dati sono quindi confrontati a cura dell'INMRI, con i valori di riferimento e gli scarti ottenuti sono presentati e discussi in forma anonima, in incontri aperti a tutti i partecipanti. La possibilità di discutere in forma anonima i risultati con tutti i partecipanti al programma di affidabilità, si è rivelata un utile mezzo di approfondimento sulle metodiche di analisi impiegate ed ha permesso una valutazione degli eventuali errori commessi dai partecipanti, senza introdurre elementi di valutazione negativi,

estranei agli scopi del programma di affidabilità.

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 e la redazione di un rapporto annuale per una valutazione complessiva del livello di affidabilità delle reti nazionali e della sua evoluzione nel tempo.

Le campagne svolte dal 1983 al 1998 sono riassunte in ordine cronologico in Tabella 35 dove è citata anche la tipologia di misura considerata.

Nella Tabella 36 sono riportati i laboratori che hanno partecipato alle diverse campagne. Si può osservare che il programma di affidabilità è stato aperto anche alla partecipazioni di laboratori non afferenti alle reti nazionali, ma interessati alle tematiche relative alla sorveglianza della radioattività.

Nel seguito sono descritti in sintesi i risultati del programma di standardizzazione svolto nel periodo dal 1996 al 1998. Ulteriori informazioni riguardanti il programma di affidabilità effettuato negli anni precedenti sono riportate in bibliografia [19, 20, 21, 22, 23].

Risultati del programma di affidabilità per il periodo 1996 - 1998

Il programma di affidabilità per il periodo 1996 - 1998 ha previsto due campagne di taratura e di interconfronto, rispettivamente nel 1996 e nel 1998. Le tipologie di misura per le due campagne sono riportate in Tabella 37, mentre le caratteristiche delle sorgenti ed i radionuclidi utilizzati nelle varie fasi del programma sono riportati rispettivamente nelle Tabelle 38 e 39. Le principali differenze nelle sorgenti utilizzate riguardano la densità delle soluzioni ($1,03 \text{ g cm}^{-3}$ nel 1996 e $1,39 \text{ g cm}^{-3}$ nel 1998) e la complessità degli schemi di decadimento dei radionuclidi utilizzati (schemi semplici nel 1996, più complessi nel 1998). Le principali interferenze originate nella sorgente di interconfronto del 1998 sono riportate in Tabella 40. Di particolare rilevanza sono i doppietti a 46 e 122 keV e l'interferenza causata sul picco a 514 keV dello Sr-85 dal picco di annichilazione a 511 keV. I radionuclidi inseriti nelle sorgenti di taratura sono stati scelti, tra quelli con tempi di dimezzamento accettabili, per coprire l'intervallo di energia considerato (60 keV- 2 MeV) con emissioni fotoniche singole e ben distanziate in modo da contenere al minimo ogni difficoltà in fase di taratura.

La strumentazione utilizzata dai partecipanti è costituita da sistemi spettrometrici, tutti basati su rivelatori al germanio intrinseco, per lo più di tipo p (in un solo caso di tipo n), con efficienza relativa nell'intervallo 20-40%, con netta predominanza di valori intorno al 30%. La gran parte dei partecipanti ha preparato le sorgenti da conteggiare utilizzando "beaker" di Marinelli da 1 litro. Solo tre laboratori nel 1996 ed uno solo nel 1998 hanno utilizzato "beaker" da 0,5 litri.

L'analisi preliminare dei dati forniti dai partecipanti sulle condizioni di misura (percentuale di tempo morto del sistema di misura, durata dei conteggi, massa di soluzione utilizzata, risoluzione energetica) ha evidenziato, in alcuni casi, l'errata impostazione del sistema sperimentale.

L'analisi comparata delle curve di efficienza riportate dai partecipanti ha fornito un quadro

d'insieme confrontabile, sebbene si siano riscontrati in rari casi valori di efficienza anomali. Il confronto delle curve di efficienza relative alle due sorgenti di taratura con diversa densità dimostra l'importanza delle correzioni per autoassorbimento ad energie inferiori a 300 keV, con il massimo fattore correttivo di 1,8 a 60 keV. Al di sopra dei 300 keV risulta un fattore di correzione medio del 3-4%. Il confronto delle curve di efficienza ottenute nel 1998 con quelle che ciascun partecipante utilizzava per sorgenti di analoga densità, ha evidenziato in gran parte dei casi la presenza di una taratura precedente non corretta, particolarmente per basse energie.

L'analisi comparata dei valori di bianco ha permesso inoltre di identificare alcuni casi di probabile lieve contaminazione dei rivelatori utilizzati.

I partecipanti non hanno applicato correzioni per effetto somma, né in taratura né in analisi, se si escludono tre casi nel 1996 e due nel 1998.

I risultati dei due interconfronti effettuati nel 1996 e nel 1998 sono riportati rispettivamente nelle Tabelle 41 e 42. Una analisi complessiva dei risultati dei due interconfronti può essere condotta raggruppando i diversi radionuclidi in classi omogenee per tipologia di condizione sperimentale di misura:

- a) radionuclidi con schema di decadimento semplice con emissioni fotoniche non coincidenti e prive di interferenze spettrali rilevanti, energie fotoniche inferiori a 850 keV (^{241}Am , ^{109}Cd , ^{139}Ce , ^{54}Mn , ^{137}Cs). In questi casi si sono ottenuti risultati molto soddisfacenti con scarti medi per nuclide compresi tra $-2,7\%$ (^{241}Am) e $+2,1\%$ (^{54}Mn) con molti scarti individuali anche inferiori a 1%. La misura di questi nuclidi non presenta infatti particolari difficoltà. Inoltre, in questo intervallo di energia, le curve di taratura sono molto accurate non risentendo ancora della presenza di effetto somma sui nuclidi di taratura (^{88}Y e ^{60}Co).
- b) Radionuclidi con schema di decadimento complesso con presenza di effetto somma (^{133}Ba , ^{152}Eu , ^{134}Cs). I risultati indicano una generale sottostima dei valori di attività in funzione della diversa entità dell'effetto somma. I valori medi di scarto variano da $-2,89\%$ e $-3,16\%$ per il ^{133}Ba , al $-4,23\%$ riscontrato per il ^{152}Eu fino ai valori decisamente inaccettabili di $-9,27\%$ e $-14,20\%$ ottenuti per il ^{134}Cs per il quale l'effetto somma è particolarmente pronunciato.
- c) Radionuclidi con emissioni fotoniche prive di interferenze spettrali rilevanti e ad energie superiori a 850 keV (^{88}Y , ^{65}Zn , ^{60}Co , ^{22}Na). I valori di scarto medio ottenuti per questi nuclidi variano da $-17,30\%$ e $-11,01\%$ (^{22}Na) a $-0,42\%$ (^{88}Y) e $-3,00\%$ (^{60}Co) fino a $+3,66\%$ (^{65}Zn). Come per il caso a), la misura di questi nuclidi non presenta particolari difficoltà ma, in questa regione di energie, la curva di efficienza risente dell'effetto somma sui nuclidi di taratura (^{88}Y e ^{60}Co). Ne consegue che, per questi stessi due nuclidi gli errori sistematici commessi in fase di taratura e di analisi si compensano per fornire risultati apparentemente corretti. L'effetto di una erronea taratura in questa regione energetica è però rilevato dallo scarto ottenuto sullo ^{65}Zn . I risultati ottenuti per il ^{22}Na indicano chiaramente la presenza di un notevole effetto di somma tra il fotone a 1274 keV, proprio di questo nuclide, ed i due fotoni di annichilazione associati a tutti gli emettitori di positroni.
- d) Radionuclidi con presenza di interferenze spettrali rilevanti (^{57}Co , ^{85}Sr). In questi due casi gli scarti medi ottenuti di $-6,61\%$ (^{57}Co) e $+61,86\%$ (^{85}Sr) denotano una particolare difficoltà, incontrata dai partecipanti nell'affrontare problemi di interferenze spettrali. Nel caso del ^{57}Co (interferenza con il fotone a 121,78 keV dell' ^{152}Eu), la gran parte dei partecipanti riporta scarti entro il 10%. Si nota tuttavia come la presenza di tre risultati di notevole sottostima producano un valor medio di segno decisamente negativo. Nel caso dello ^{85}Sr tutti i ri-

sultati sovrastimano il valore di attività. La ragione di una tale sistematica sovrastima è la erronea deconvoluzione del picco a 514 keV dello ^{85}Sr da quello di annichilazione che, a causa della presenza del ^{22}Na , risulta particolarmente pronunciato. A causa dell'effetto Doppler nella produzione dei fotoni di annichilazione, la larghezza di questo picco è superiore a quella prevista, a quella energia fotonica, di circa il 70%. Le procedure automatiche di deconvoluzione di gran parte dei programmi di analisi utilizzano funzioni gaussiane di uguale larghezza, pari a quella prevista dalla curva di risoluzione energetica derivata in fase di taratura in energia. Ciò determina una sottostima sistematica della larghezza del picco di annichilazione. Di conseguenza, l'area netta di questo picco risulta errata per difetto, mentre quella del picco interferente è errata per eccesso. In casi simili è necessario pertanto procedere con procedure manuali utilizzando funzioni gaussiane di diversa larghezza.

- e) ^{226}Ra e suoi prodotti di decadimento. Il valor medio degli scarti ottenuti per il ^{226}Ra , misurato in base alla sua propria emissione fotonica a 186,2 keV, è tra i più bassi riscontrati (+0,18%). Per questo radionuclide infatti, non si presentano nessuno dei problemi su descritti. Al contrario, i valori di concentrazione di attività dei suoi principali prodotti di decadimento presenti nella soluzione di interconfronto (^{214}Bi , ^{214}Pb , ^{210}Pb), pur se in accordo tra loro, sono risultati sistematicamente inferiori a quello del ^{226}Ra di circa un fattore 2. Questa circostanza sottolinea ancora una volta il rischio di errori sistematici nell'assumere la condizione di equilibrio secolare tra il ^{226}Ra ed i suoi prodotti di decadimento all'interno del contenitore utilizzato. Il gas radon, prodotto dal decadimento del ^{226}Ra , può infatti essere adsorbito sulle pareti interne dei contenitori porta sorgente o diffondere attraverso le pareti stesse o nel volume d'aria tra la superficie della sorgente ed il coperchio del contenitore. Ne risulta una perdita netta del gas radioattivo o una sua distribuzione non omogenea nel volume della sorgente.

Dalla analisi su riportata emerge in sintesi, la presenza delle seguenti fonti di errori sistematici comuni a quasi tutti i laboratori:

- mancata correzione per effetto somma in fase di taratura e di analisi;
- uso non corretto delle procedure di deconvoluzione spettrale;
- ipotesi non accertabili di equilibrio secolare nelle matrici analizzate.

La discussione dei risultati delle campagne di taratura ed interconfronto ha evidenziato inoltre diversi casi di singoli risultati anomali (falsi positivi o falsi negativi nella individuazione di particolari radionuclidi, errori di analisi quantitativa, erronee impostazioni degli apparati sperimentali ecc.), ombreggiati nelle Tabelle 41 e 42, non attribuibili alle su indicate tipologie di errore. In questi casi i partecipanti hanno discusso bilateralmente con gli organizzatori del programma i singoli specifici problemi riscontrati individuando di volta in volta il particolare errore commesso.

Ai partecipanti agli interconfronti del 1996 e 1998 è stato anche richiesto di calcolare i valori di sensibilità, espressa come Minima Attività Rilevabile (M.A.R.), per sette diversi radionuclidi, nelle ipotesi alternative di presenza o di assenza di questi nello spettro del bianco. Il quadro generale che ne è emerso è piuttosto insoddisfacente. Nel primo caso infatti, circa il 30% dei valori è risultato errato, spesso a causa della non corretta interpretazione della definizione della M.A.R.. Nel secondo caso infine, solo il 10% dei valori è risultato corretto, avendo il restante 90% notevolmente sottostimato il valore della M.A.R.. Una approfondita discussione tra tutti i partecipanti ha mostrato come sia necessario tornare nelle prossime campagne su questo argomento, di notevole importanza pratica.

Conclusioni

I risultati dei due ultimi interconfronti sono complessivamente riportati in forma grafica nelle Figure 33 e 34. Dalla analisi dei risultati del 1996 emergono chiaramente le singole componenti di errore sistematico presenti nell'interconfronto. Esse sono mascherate dalla presenza delle ulteriori fonti di errore presenti nell'interconfronto del 1998. Trascurando le sottostime sistematiche dovute alla mancata correzione per effetto somma si può concludere che il livello medio dei laboratori partecipanti si attesta sul 3% (scarto tipo) per la tipologia di misura del 1996 e sul 5% per quella del 1998. Non mancano inoltre diverse punte di eccellenza con laboratori che ottengono, in media sui diversi radionuclidi, scarti anche inferiori a 1%. Questi risultati sono comunque molto incoraggianti e dimostrano il livello di affidabilità e omogeneità raggiunto dal gruppo di laboratori considerati, ciò anche grazie alla uniformità delle condizioni di taratura. I problemi relativi alla correzione per effetto somma e miglioramento delle procedure di deconvoluzione spettrale, sono infatti comuni a quasi tutti i laboratori e ancora si nota la presenza, pur limitata a pochi casi, di risultati non accettabili, dovuti ad errori diversi da quelli sopra descritti. Ugualmente critico e del tutto insoddisfacente è il calcolo delle M.A.R..

Tabella 35. Campagne di taratura (tar) ed interconfronto (int) svolte dal 1983 al 1998. Sono indicati l'anno di svolgimento (con le ultime due cifre dell'anno) e gli obiettivi specifici di ciascuna campagna.
(*Calibration (tar) and intercomparison (int) exercises carried out from 1983 to 1998*)

Anno	Misure beta	Misure gamma	Oggetto della campagna ed obiettivo specifico
1983	intβ83	intγ83	⁹⁰ Sr e ¹³⁵ Cs nel latte, valutazione stato iniziale (1983)
1985	intβ85	intγ85	e riproducibilità (1985).
1987	tarβ88	tary87	⁹⁰ Sr ed emettitori gamma in sorgenti liquide acquose, avviamento nuovi laboratori post-Chernobyl.
1989	intβ89	intγ88	
1990	tarβ90 intβ90	tary90 intγ90	⁹⁰ Sr ed emettitori gamma in sorgenti liquide acquose, valutazione complessiva di affidabilità.
1991	-	tary91 intγ91	Emettitori γ nel suolo, valutazione complessiva di affidabilità.
1993	tarβ93	tary93	Emettitori γ e β nel "fall-out" e nel particolato atmosferico, taratura dei sistemi di misura.
1996	-	tary96 intγ96	Emettitori γ in sorgenti liquide acquose, avviamento di 12 nuovi laboratori (CRR) immessi nella rete.
1998	-	tary98 intγ98	Emettitori γ in sorgenti liquide acquose, valutazione complessiva di affidabilità per 12 nuovi laboratori (CRR) immessi nella rete.

Tabella 36. Partecipanti alle campagne di taratura (T) ed interconfronto (I) svolte dal 1983 al 1998.
 (Laboratories participating in the calibration (T) and intercomparison (I) exercises carried out from 1983 to 1998)

Istituzione	I	I	T+I	T+I	T	I	I	T+I	T+I	T+I	T	T+I	T+I
	β 83	β 85	β 88-89	β 90	β 93	γ 83	γ 85	γ 87-88	γ 90	γ 91	γ 93	γ 96	γ 98
ANPA Roma						■	■		■				
ARPA Alessandria												■	
ARPA Vercelli												■	
CEC Ispra				■					■	■			
CISE Milano	■	■				■	■						
CRESAM Pisa				■					■	■			
CRI Roma										■			
CRR Ancona*					■			■	■	■	■		
CRR Aosta*					■						■	■	■
CRR Bari*					■						■	■	■
CRR Bolzano*					■					■	■	■	■
CRR Cagliari					■					■	■		
CRR Campobasso*					■						■	■	■
CRR Firenze*					■			■	■	■	■		
CRR Genova*					■						■	■	■
CRR Ivrea*			■		■			■	■	■	■		
CRR Milano*			■	■	■			■	■	■	■		
CRR Palermo*					■						■	■	■
CRR Perugia*					■			■	■	■	■		
CRR Pescara*					■						■	■	■
CRR Piacenza*		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
CRR Potenza*					■						■	■	■
CRR Reggio Calabria*					■						■	■	■
CRR Salerno*					■						■	■	■
CRR Tarquinia*					■						■	■	■
CRR Trento*					■			■			■	■	■
CRR Udine*					■			■	■	■	■		
CRR Verona*					■			■	■	■	■		
ENEA Bologna			■	■					■	■			
ENEA Brasimone				■					■	■			
ENEA Casaccia		■	■	■			■	■	■	■			
ENEA Frascati									■	■			
ENEA Montecuccolino									■	■			
ENEA Santa Teresa									■				
ENEA Saluggia	■	■		■		■	■		■	■			
ENEA Trisaia	■	■		■		■	■		■				
ENEL Caorso	■	■		■		■	■		■	■			
ENEL Garigliano	■	■		■		■	■		■	■			
ENEL Latina	■	■		■		■	■		■	■			

ENEL Trino Vercellese	■	■		■		■	■		■	■		
INFN Frascati										■		
Istituto zooprof sper. Foggia									■			
Istituto zooprof sper. Teramo									■	■	■	
Istituto zooprof sper. Roma												■
Ospedale Gall. Genova									■	■	■	
PMP Bergamo				■					■	■	■	
PMP Pesaro									■	■		
Protex Forli'									■			
Università Cagliari									■	■		
Università Milano										■		
Università Napoli						■	■	■				
Università Pavia	■	■				■	■		■	■		
USL 1 Sassari						■			■	■		
USL 1 Trieste									■	■	■	
USL 3 Pesaro									■			
USL 11 Pordenone									■		■	
USL 13 Genova									■	■	■	
USL 27-28 Bologna										■	■	
USL 51 Cremona				■	■				■	■	■	
USL C5 Trento									■			
USL "C Sud" Bolzano									■	■	■	

* : transitati nelle rispettive Agenzie Regionali/Provinciali per la protezione/tutela ambientale

Tabella 37. Obiettivi specifici del programma di taratura (tar) ed interconfronto (int) svolto nel 1996 e nel 1998
(Specific objectives of the calibration (tar) and intercomparison (int) programmes carried out in 1996 and 1998)

Fase	Obiettivo specifico
A1 (tar)96	Taratura dei sistemi di spettrometria γ con sorgenti liquide acquose, nell'intervallo di energia fotonica 60 keV \div 2 MeV, con matrici di densità 1 g cm ⁻³ .
A2 (int)96	Interconfronti sulle misure di cui al punto A1, con radionuclidi con schema di decadimento semplice e assenza di sovrapposizioni spettrali.
B1 (tar)98	Taratura dei sistemi di spettrometria γ con sorgenti liquide acquose, nell'intervallo di energia fotonica 60 keV \div 2 MeV, con matrici di densità 1,5 g cm ⁻³ circa.
B2 (int)98	Interconfronti sulle misure di cui al punto B1, in condizioni più impegnative: radionuclidi con schema di decadimento complesso con presenza di sovrapposizioni spettrali e diversi valori di concentrazione di attività.

Tabella 38. Principali caratteristiche delle sorgenti utilizzate nelle campagne di taratura (tar) ed interconfronto (int) del 1996 e del 1998
 (Main characteristics of the standard radioactive sources used in the 1996 and 1998 calibration (tar) and intercomparison (int) exercises)

Fase	A1 (tar γ 96), A2 (int γ 96)	B1 (tar γ 98), B2 (int γ 98)
Matrice	soluzione acquosa	soluzione acquosa
Composizione chimica	HCl 2M, 25 mg dm ⁻³ (ioni trascinatori)	HCl 2M, 25 mg dm ⁻³ (ioni trascinatori) ZnCl ₂ , 510 g dm ⁻³
Densità	1,03 g cm ⁻³	1,39 g/cm ³
Volume	1÷2 dm ³ (per ciascun partecipante)	1÷2 dm ³ (per ciascun partecipante)
N. di emissioni gamma	circa 10 (int γ 96)	circa 100 (int γ 98)
Incertezza tipo	1÷2 % (sulla conc. di attività)	1÷2 % (sulla conc. di attività)
Omogeneità	> 99% (campioni di 1 dm ³)	> 99% (campioni di 1 dm ³)
Stabilità	> 99% (6 mesi)	> 99% (6 mesi)
Impurezze	< 0,0003 fotoni s ⁻¹ g ⁻¹ ($\alpha=0,05$)	< 0,0003 fotoni s ⁻¹ g ⁻¹ ($\alpha=0,05$)

Tabella 39. Radionuclidi e livelli di concentrazione di attività (Bq g⁻¹) nelle sorgenti utilizzate nelle campagne di taratura (tar) ed interconfronto (int) del 1996 e del 1998
 (Radionuclides and activity concentration levels (Bq g⁻¹) in the standard radioactive sources used in the 1996 and 1998 calibration (tar) and intercomparison (int) exercises)

Radionuclide	tar γ 96	int γ 96	tar γ 98	int γ 98
²⁴¹ Am	0,7	0,8	1,6	1,3
¹³³ Ba	-	0,6	-	0,6
¹⁰⁹ Cd	2,5	-	5,1	4,3
¹³⁹ Ce	0,1	-	0,2	0,1
⁵⁷ Co	0,1	-	0,2	0,1
⁶⁰ Co	0,4	0,3	0,8	-
⁵¹ Cr	2,7	-	0,2	-
¹³⁴ Cs	-	0,7	-	0,7
¹³⁷ Cs	0,3	0,2	0,5	0,4
¹⁵² Eu	-	-	-	1,1
⁵⁴ Mn	-	0,3	-	0,4
²² Na	-	0,4	-	0,7
²²⁶ Ra e prodotti	-	-	-	0,4
¹¹³ Sn	0,2	-	0,4	-
⁸⁵ Sr	0,3	-	0,3	0,2
⁸⁸ Y	0,5	-	0,7	0,6
⁶⁵ Zn	-	-	-	0,7

Tabella 40. Principali interferenze spettrali prodotte in uno spettro della sorgente dell'interconfronto del 1998
(Main spectral interferences observed in the gamma-ray spectra of the source used in the 1998 intercomparison exercise)

Radionuclide	Energia fotonica (keV)	Probabilità di emissione fotonica (%)	Rateo di conteggio netto (1/s)
¹⁵² Eu	45,45	14,80	41
²¹⁰ Pb	46,54	4,06	4
²¹⁴ Pb	86,83	4,60	54
¹⁰⁹ Cd	88,03	36,30	6077
²¹⁴ Bi	89,10	0,31	4
¹⁵² Eu	121,78	28,40	1502
⁵⁷ Co	122,06	85,68	662
²¹⁴ Pb	241,98	7,41	92
¹⁵² Eu	244,70	7,54	301
²¹⁴ Pb	274,70	0,43	5
¹³³ Ba	276,40	7,17	128
²¹⁴ Pb	295,21	18,70	194
¹⁵² Eu	295,94	0,44	15
²² Na	511,00	180,50	2509
⁶⁵ Zn	511,00	2,92	70
⁸⁸ Y	511,00	0,40	7
⁸⁵ Sr	514,01	99,29	919
¹³⁴ Cs	563,23	8,38	98
¹⁵² Eu	564,02	0,47	9
¹⁵² Eu	964,13	14,46	167
²¹⁴ Bi	964,80	0,38	1
¹⁵² Eu	1112,12	13,56	139
⁶⁵ Zn	1115,55	50,75	617
²¹⁴ Bi	1120,29	14,90	47
¹³⁴ Cs	1406,62	somma	-
²¹⁴ Bi	1408,00	2,51	6
¹⁵² Eu	1408,01	20,80	174

Tabella 41. Scarti relativi (%) dai valori di riferimento ENEA-INMRI nell'interconfronto del 1996
 (Relative deviations (%) from the ENEA-INMRI reference values in the 1996 intercomparison exercise)

Codice Partecipante	²⁴¹ Am	¹³³ Ba	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁵⁴ Mn	⁶⁰ Co	²² Na
1	-	-	-	-	-	-	-
2/1	0,98	-5,90	-9,31	1,97	3,42	-1,11	-10,57
2/2	0,60	-1,99	-1,97	-0,91	-1,30	-0,79	-2,29
3	-8,95	0,90	-7,15	-1,39	2,63	2,06	-5,84
4	4,50	-1,99	-5,71	2,45	3,03	-1,43	-7,97
5	-1,57	-2,40	-4,98	0,19	0,51	-1,62	-7,90
6/1	-20,77	-6,41	-10,75	1,01	2,24	1,43	-10,10
6/2	-0,65	-4,71	-9,31	1,49	1,06	-0,48	-53,87
7/1	0,35	-10,16	-11,18	-1,88	3,81	3,96	-12,70
7/2	0,73	0,22	-9,60	-1,88	3,81	0,16	-12,70
8	-2,16	0,73	-12,05	0,05	3,03	0,16	-9,16
9/1	-0,53	-1,14	-11,18	0,05	2,24	-1,43	-12,70
9/2	1,48	0,56	-8,74	1,49	2,24	-0,16	-10,10
10	-2,04	-4,37	-7,44	0,77	5,98	-0,16	-10,57
11	-5,94	-2,50	-16,22	-6,20	-3,26	1,74	-7,97
12	3,87	-4,20	-14,64	-2,84	-1,69	-1,11	-13,18
13	-0,78	-6,24	-11,47	0,53	1,06	-2,69	-12,94
14*	non rivelato	non rivelato	-87,33	-5,24	-2,87	-50,87	-95,98
15**	-3,17	0,39	-16,51	1,01	-9,56	-1,74	-14,83
Media	-2,00	-2,89	-14,20	-0,52	0,91	-3,00	-17,30

 * = Riporta erroneamente ¹⁹⁶Au e ²⁰⁷Bi

 ** = Riporta erroneamente ³⁸Cl e ipotizza presenza di ²³²Th (146000 Bq kg⁻¹) e di ²³¹Th (6,5 Bq kg⁻¹)

Tabella 42. Scarti relativi (%) dai valori di riferimento ENEA-INMRI nell'interconfronto del 1998
 (Relative deviations (%) from the ENEA-INMRI reference values in the 1998 intercomparison exercise)

Codice Partecipante	²⁴¹ Am	¹⁰⁹ Cd	⁵⁷ Co	¹³⁹ Ce	¹³⁷ Cs	⁵⁴ Mn	⁶⁵ Zn	¹⁵² Eu	²²⁶ Ra	¹³³ Ba	⁸⁸ Sr	¹³⁴ Cs	⁸⁸ Y	²² Na
1	-5,4	-0,8	-1,6	-2,4	0,9	3,9	7,5	-0,8	-10,0	-9,1	12,9	-10,8	0,6	-9,0
2	3,6	-7,4	-2,3	0,5	-2,4	0,8	3,2	-9,5	21,3	-1,4	45,4	-11,2	-4,1	-9,6
3	-4,0	0,8	-19,3	-2,4	0,2	1,4	3,2	-4,9	-2,5	-2,1	3,3	-7,2	-0,8	-10,9
4/1	-3,4	3,8	-21,5	-1,0	0,4	0,5	2,1	-1,9	0,8	2,7	32,2	-7,8	1,3	-13,0
4/2	-0,3	-4,1	-6,0	0,5	-4,7	0,5	-4,4	-11,3	0,5	-4,7	46,7	-15,0	1,1	-22,5
5	-1,8	-10,7	-37,1	-2,3	1,6	3,4	4,2	-3,1	-4,0	-7,0	198,6	-9,2	0,3	-11,3
6	0,9	3,9	-4,4	3,3	-0,8	2,1	6,4	-1,9	-7,0	-5,1	344,6	-10,9	-1,7	-8,9
8	-7,3	6,4	-10,4	-3,2	-0,3	1,0	3,6	-6,3	3,5	-0,1	18,2	-11,1	-0,2	-10,5
9/1	-5,4	6,7	-8,2	1,3	-3,0	0,3	3,3	-3,5	5,0	-2,8	3,7	-9,7	-2,0	-8,9
9/2	-3,9	-0,1	9,5	-2,4	3,9	4,8	6,1	-9,7	-2,5	-2,8	15,6	-6,7	-0,3	-10,3
10	-2,0	1,3	14,9	-1,7	-0,9	-0,4	0,6	-2,2	-1,3	0,7	non riv.	-3,4	-1,3	-3,5
11	-5,4	3,4	-2,3	-2,4	-3,7	4,3	4,3	-9,1	-2,3	-1,7	26,5	-9,9	1,0	-12,3
12/1	-2,4	-0,7	-2,3	-2,4	2,0	2,3	4,0	1,0	0,0	-5,6	32,2	-8,8	-0,8	-11,9
12/2	-1,3	0,2	-1,6	-1,0	4,8	5,2	7,2	4,0	1,0	-5,3	24,3	-8,1	1,0	-11,5
Media	-2,72	0,19	-6,61	-1,11	-0,14	2,15	3,66	-4,23	0,18	-3,16	61,86	-9,27	-0,42	-11,01

Figura n. 33: Distribuzione complessiva degli scarti relativi dai valori di riferimento ENEA-INMRI nell'interconfronto del 1996
 (Distribution of the relative deviations from the ENEA-INMRI reference values in the 1996 intercomparison exercise)

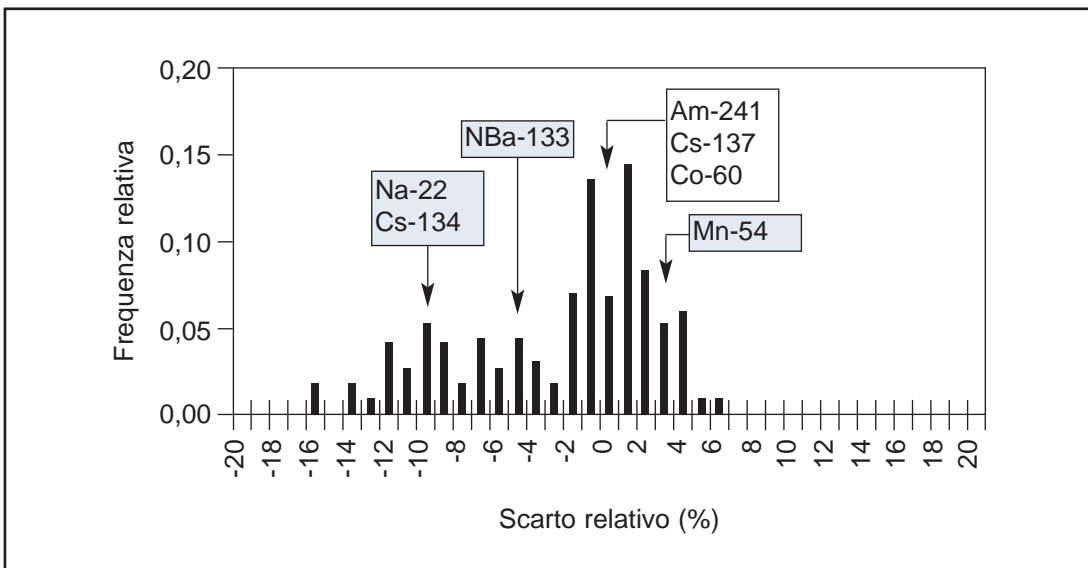
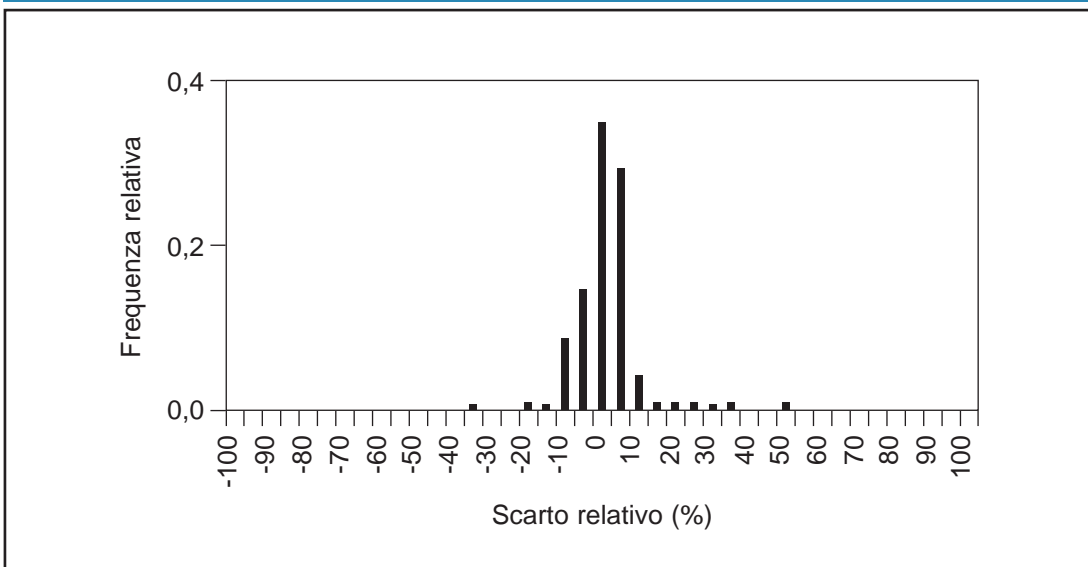


Figura n. 34: Distribuzione complessiva degli scarti relativi dai valori di riferimento ENEA-INMRI nell'interconfronto del 1998
 (Distribution of the relative deviations from the ENEA-INMRI reference values in the 1998 intercomparison)



Bibliografia

1. Reti Nazionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale in Italia - 1993. ANPA, Serie Stato dell'Ambiente 2/1998. ISBN 88-448-0010-1.
2. Raccolta dei risultati dell'attività dei Gruppi di Lavoro delle Reti Nazionali. ANPA, maggio 1995.
3. Antonelli A., 1990, Gli studi della radioattività ambientale e la gestione dell'ambiente, ENEA, Sicurezza e Protezione, 23-24/90, 41-48.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. Seminot - Long-term dynamics of radionuclides in semi-natural environment: derivation of parameter and modelling. Final report. 1999. Seminot research project, European Commission Contract n° FI4P-CT95-0022. ANPA, Serie Documenti 10/2000, ISBN-88-448-0286-4, 105p.
10. 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.
11. Sansone U., Belli M., Voitsekovitch, O.V., Kanivets, V.V., 1996, ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in water and suspended particulate matter of the Dnieper river-reservoirs system (Ukraine), The Science of the Total Environment, 186, 257-271.
12. Foreco - Countermeasures applied in forest ecosystems and their secondary effects. A review of literature. 1998. Foreco research project, European Commission Contract n° ER-BIC-CT96-0202. ANPA, Serie Documenti 6/1998, ISBN-88-448-0296-1, 32p.
13. Il sistema informativo territoriale per la valutazione del potenziale di esalazione di Radon. ANPA, Serie Stato dell'Ambiente 9/2000, ISBN-88-448-0284-8, 63p.
14. Incidente di Chernobyl. Conseguenze Radiologiche in Italia - Relazione al 30 Novembre 1986. ENEA-DISP, Doc./DISP(86)14.
15. De Felice P., Pona C., Biagini R. "Sorgenti di riferimento per la misurazione della radioattività nel particolato atmosferico, deposizione al suolo e matrici di terreno". Atti Convegno Fisica dell'Ambiente, Brescia, Italy, 15-17 Dicembre 1993.
16. 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.
17. 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.
18. 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).

19. 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 Castelgandolfo 12-13 Ottobre 1987.
20. 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.
21. 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.*
22. 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.
23. 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.*

Appendice

27.7.2000

EN

Official Journal of the European Communities

L 191/37

COMMISSION RECOMMENDATION

of 8 June 2000

on the application of Article 36 of the Euratom Treaty concerning the monitoring of the levels of radioactivity in the environment for the purpose of assessing the exposure of the population as a whole

(notified under document number C(2000) 1299)

(2000/473/Euratom)

THE COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES,

Having regard to the Treaty establishing the European Atomic Energy Community, and in particular Article 124 and Article 36 thereof,

Having consulted the group of persons appointed in accordance with Article 31 of the Euratom Treaty by the Scientific and Technical Committee,

Whereas:

- (1) Article 35 of the Euratom Treaty requires each Member State to establish the facilities necessary to carry out continuous monitoring of the level of radioactivity in the air, water and soil and to ensure compliance with the basic standards.
- (2) Article 36 of the Euratom Treaty requires the appropriate authorities periodically to communicate information on the checks referred to in Article 35 of the Euratom Treaty to the Commission so that it is kept informed of the level of radioactivity to which the public is exposed.
- (3) Experience has been gained in the application of Article 36 of the Euratom Treaty. It is current practice for the Commission to publish annual monitoring reports, on the basis of quality controlled data received by the Commission in application of Article 36 and Article 39 of the Euratom Treaty. The Commission should continue to publish such annual monitoring reports.
- (4) To ensure that the exposure of the population is kept under review it is important that the Commission be informed in a timely fashion and on a uniform basis of the levels of radioactivity to which the population as a whole is exposed in every Member State.
- (5) Article 14 of Council Directive 96/29/Euratom of 13 May 1996 laying down basic safety standards for the protection of the health of workers and the general public against the dangers arising from ionising radiation⁽¹⁾ (the Basic Safety Standards) requires

contribution to the exposure of the population as a whole from all practices to be regularly assessed.

- (6) Article 45 of the Basic Safety Standards requires the competent authorities to ensure that dose estimates for the population as a whole are made as realistic as possible.
- (7) Without prejudice to the requirements of Article 35 of the Euratom Treaty, it is sufficient for the review of the exposure of the population as a whole to provide a defined set of specific monitoring results.
- (8) To ensure compliance with the Basic Safety Standards it is important that, in addition to air, water and soil, levels of radioactivity be determined in biological samples and in particular in foodstuffs, and that, to assess external exposure, the ambient dose rates be monitored.
- (9) The monitoring of levels of radioactivity in soil does not allow a direct assessment of the exposure of the population. The exposure related to soil contamination is more directly assessed on the basis of ambient dose rate and foodstuff contamination. Experience has shown that the incorporation of soil data in the monitoring serves little useful purpose.
- (10) It is necessary to keep under review which sampling media and which radionuclide categories are relevant indicators of actual and potential levels of radioactivity in the environment and of exposure of the population.
- (11) There is consensus among Member States as to the adequacy of current monitoring programmes. Such monitoring may change in function of the evolution of levels of radioactivity, measurement technology, and the needs in view of emergency response. The Commission will keep under review the adequacy of monitoring programmes and will involve the group of experts established under Article 31 of the Euratom Treaty in this process.

⁽¹⁾ OJ L 159, 29.6.1996, p. 1.

- (12) In the framework of Article 37 of the Euratom Treaty, the data on discharges of radionuclides to the environment from nuclear power plants and reprocessing plants are already requested in Commission Recommendation 1999/829/Euratom of 6 December 1999 on the application of Article 37 of the Euratom Treaty ⁽²⁾.
- (13) Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption ⁽³⁾ provides for indicator parameters for radioactivity. This Recommendation is without prejudice to specific requirements under Annex II and Annex III to that Directive.
- (14) The uniformity, comparability, transparency and timeliness of data reported in accordance with Article 36 of the Euratom Treaty should be ensured.
- (d) 'dense monitoring network' means a monitoring network comprising sampling locations distributed throughout the Member State's territory such as to allow the Commission to compute regional averages for radioactivity levels in the Community;
- (e) 'sparse monitoring network' means a monitoring network comprising for every region and for every sampling medium at least one location representative of that region. At such locations high sensitivity measurements should be performed thus giving a transparent representation of actual levels and trends of radioactivity levels;
- (f) 'region' means each representative area of a Member State for the assessment of the radiological exposure of the population as a whole under consideration of the radiological impact by emissions and ambient dose and the population distribution. The regions currently defined in the Commission monitoring reports are given in Annex II.

HEREBY RECOMMENDS:

1. In order to discharge their obligation under Article 36 of the Euratom Treaty periodically to communicate information on the results of the monitoring of the levels of radioactivity which they are bound to perform under the terms of Article 35 of that Treaty, the Member States should forward to the Commission, in accordance with the time periods set out in point 5(c), the monitoring results listed in Annex I. In case of an elevated concentration of a radionuclide not specified in Annex I, appropriate data should also be forwarded.
2. For the purposes of this Recommendation, the following definitions apply:
 - (a) 'continuous monitoring' means the existence and implementation of a continuing monitoring programme. Depending on the medium monitored, this is achieved as appropriate through:
 - (i) continuous sampling and assessment;
 - (ii) continuous sampling and periodic assessment;
 - (iii) periodic sampling and periodic assessment;
 - (iv) direct continuous measurement;
 - (b) 'facilities' means the monitoring programme, the direct measurement and sampling and analysis equipment and procedures (including quality control and the reporting and archiving of all relevant data), and the laboratories necessary to implement continuous monitoring of the levels of radioactivity;
 - (c) 'monitoring network' means the combination of each medium of the sampling and direct measurement locations, as appropriate, used for the monitoring of that specific medium;
3. Member States should notify to the Commission the appropriate authorities referred to in Article 36 of the Euratom Treaty.
4. The following requirements should be met:
 - (a) *Monitoring networks*
 - (i) Each Member State should define representative geographical regions for its own territory.
 - (ii) Each Member State should define for each type of medium a sparse monitoring network and a dense monitoring network.
 - (iii) The sites comprising a network should be representative of the regional situation taking into account, where appropriate, the population distribution within the region.
 - (b) *Sampling media, types of measurements, and periodicity*
 - (i) The sampling media and types of measurements are listed in Annex I. Except where otherwise specified in this Recommendation, measurements should preferably be carried out for the sparse network on a monthly basis and for the dense network quarterly.
 - (ii) For the sparse monitoring network, the detection limits and sensitivities of the measurement instruments should allow the actual levels to be quantified.
 - (iii) For the dense monitoring network, the detection limits of the measurement devices should be lower than the reporting levels defined in Annex III.

⁽²⁾ OJ L 324, 16.12.1999, p. 23.

⁽³⁾ OJ L 330, 5.12.1998, p. 32.

27.7.2000

EN

Official Journal of the European Communities

L 191/39

- (iv) The Member States should inform the Commission of the detection limits and of the uncertainties taken into account.
- (v) The Member States should retain measurement techniques that have proven reliable and ensure quality control of the results.
- (vi) Member State laboratories supplying data under the terms of this Recommendation should periodically participate in intercomparison exercises, in particular those organised by the Commission, so as to ensure the intercomparability of the data reported.
- (c) *Sampling strategies and measurements in relation to each of the required sampling media*
- (i) *Airborne particulates*
- Measurements of gamma emitting radionuclides should be performed on a routine basis to detect and measure man-made radioisotopes as well as naturally occurring radionuclides. Beryllium-7 should be reported as a qualitative check of the methods used. Where gross beta activity⁽⁴⁾ measurements are recorded these should also be reported.
- Sampling locations should be in the vicinity of densely populated areas; adequate geographical coverage should be ensured by the choice of at least one sampling location per geographical region.
- Sampling should be performed by systems operating continuously.
- (ii) External ambient gamma dose rates should be measured continuously. No reporting level is defined.
- (iii) *Surface water*
- Samples should be taken from major inland waters of the Member States' territory and, if relevant, from coastal waters.
- In the case of river water, sampling should be carried out, where practicable, at locations for which flow rate measurements are available. In such cases, the average flow rate during the sampling period should be reported to improve the representativeness of the mean values calculated by the Commission.
- Gamma emitting radionuclides should be monitored. Where residual beta activity⁽⁵⁾ measurements are recorded these should also be reported.
- (iv) *Water intended for human consumption*
- Monitoring of levels of radioactivity in drinking water should be such as to ensure compliance with the requirements of Directive 98/83/EC.
- For the purposes of compliance with Article 36 of the Euratom Treaty, values should be reported for major ground or surface water supplies and for water distribution networks such as to ensure a representative coverage of the Member State.
- The corresponding volumes of water distributed or produced in a year should be reported to improve the representativeness of the mean values calculated by the Commission.
- (v) *Milk*
- Milk samples should be taken from dairies. The necessary statistical information on production rates should be reported to improve the representativeness of the mean values calculated by the Commission. The spread of dairies should be sufficient to ensure representative coverage of the Member State.
- Gamma emitters and strontium-90 should be monitored; potassium-40 should be reported as a qualitative check of the methods used.
- (vi) *Mixed diet*
- Due to the trade in foodstuffs, the mixed diet is not necessarily representative of the regional or national environmental contamination but is an indicator of public exposure.
- Where appropriate, foodstuffs are measured as separate ingredients; in this case the Member State should report to the Commission the results of measurements of the individual ingredients and the composition of the diet. The sampling programme should take into consideration regional variations in dietary patterns. Individual ingredients should be from market places or local distribution centres providing food products to large population groups. Appropriate account should be taken of products from natural or semi-natural ecosystems, to the extent that the fallout from the Chernobyl accident may still affect such systems.

⁽⁴⁾ The total measured beta activity in a sample; depending on the measurement methodology tritium and in general very low energy beta emitters are normally not included and short lived radon daughters are excluded through a sufficient delay time (e.g. five days) before counting.

⁽⁵⁾ The total measured beta activity minus potassium-40 activity.

In addition, Member States should sample complete meals to give a representative figure for the average level of radioactivity in mixed diet. Actual meal samples should be taken from large consumption centres such as canteens or restaurants.

Gamma emitters and strontium-90 should be monitored; the measurements should be not less frequent than quarterly. Where carbo-14 measurements are performed, these should also be reported.

5. The procedure for reporting to the Commission should be as follows:

(a) *Treatment of data*

The Member States should forward to the Commission data which have been subject to quality control and cleared for public release. The data set should contain all details listed in Annex IV.

The Member States should forward the data in the format defined by the Commission and preferably use the specialised software provided by the Commission.

Individual non-aggregated measurement data should be transmitted for each medium and each site rather than average values. However, if the data correspond to direct continuous measurements, then the monthly averages for each site should be communicated.

(b) *Means of transmission*

Data should be forwarded in a digital form using the most appropriate electronic media.

(c) *Periodicity*

All available data should be forwarded to the Commission as soon as they are validated in order to allow for a prompt assessment by the Commission of

the impact of environmental radioactivity on public health. All data for a calendar year should be submitted no later than 30 June of the following year.

(d) *Transmission of other data*

In addition to the data transmitted under point (a), Member States should transmit to the Commission their national monitoring reports to allow a fuller understanding of the significance of the data referred to in Annex I in relation to the national monitoring programmes. The Commission's annual monitoring reports will list references to those national reports.

(e) *Integration of reporting practices*

Data regularly reported under Article 36 of the Euratom Treaty, data voluntarily reported other than national monitoring reports and large amounts of data of types potentially relevant in emergency situations should be forwarded through the same communication means and channels and in the same format in order to simplify reporting practices and to avoid duplication of efforts and to conduct regular exercises of the emergency arrangements.

6. This Recommendation is addressed to the Member States.

Done at Brussels, 8 June 2000.

For the Commission
Margot WALLSTRÖM
Member of the Commission

ANNEX I

Sample types and measurements

Media	Measurement category	
	Dense network	Sparse network
Airborne particulates	Cs-137, gross beta	Cs-137, Be-7
Air	Ambient gamma dose rate	Ambient gamma dose rate
Surface water	Cs-137, residual beta	Cs-137
Drinking water	Tritium, Sr-90, Cs-137 Natural radionuclides as monitored in compliance with Council Directive 98/83/EC	Tritium, Sr-90, Cs-137 Natural radionuclides as monitored in compliance with Council Directive 98/83/EC
Milk	Cs-137, Sr-90	Cs-137, Sr-90, K-40
Mixed diet	Cs-137, Sr-90	Cs-137, Sr-90, C-14

ANNEX II

Definition of country partitions and country codes according to ISO 3166/4217

Country	Geographical region	Detailed description
AT	Austria	
BE	Belgium	
DE-N	Germany — North	Bremen, Hamburg, Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen and Schleswig-Holstein
DE-C	Germany — Central	Hessen, Rheinland-Pfalz and Saarland
DE-S	Germany — South	Baden-Württemberg and Bayern
DE-E	Germany — East	Berlin, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt and Thüringen
DK	Denmark	
ES-N	Spain — North	Aragón, Asturias, Cantabria, Galicia, Navarra, País Vasco and Rioja
ES-C	Spain — Central	Castilla-La Mancha, Castilla-León, Extremadura and Madrid
ES-S	Spain — South	Andalucía, Canarias, Ceuta and Melilla and Murcia
ES-E	Spain — East	Baleares, Cataluña and Comunidad Valenciana
FI-N	Finland — North	Lapland and Oulu
FI-S	Finland — South	Ahvenanmaa, Central Finland, Häme, North Karelia, Kuopio, Kymi, Mikkeli, Turku and Pori, Uusimaa and Vaasa
FR-NW	France — Northwest	Brittany, Centre, Île de France, Nord-Pas-de-Calais, Haute Normandie, Basse Normandie, Pays de la Loire and Picardie
FR-NE	France — Northeast	Alsace, Burgundy, Champagne-Ardenne, Franche-Comté and Lorraine
FR-SW	France — Southwest	Aquitaine, Languedoc-Roussillon, Limousin, Midi-Pyrénées and Poitou-Charentes
FR-SE	France — Southeast	Auvergne, Corse, Provence-Alpes-Côte-d'Azur and Rhône-Alpes
GR	Greece	
IE	Ireland	
IT-N	Italy — North	Emilia-Romagna, Friuli-Venezia-Giulia, Liguria, Lombardy, Piemonte, Provincie di Trento e Bolzano, Val d'Aosta and Veneto
IT-C	Italy — Central	Abruzzo, Lazio, Marche, Molise, Tuscany, Umbria and Sardinia
IT-S	Italy — South	Basilicata, Calabria, Campania, Puglia and Sicily

27.7.2000

EN

Official Journal of the European Communities

L 191/43

Country	Geographical region	Detailed description
LU	Luxembourg	
NL	Netherlands	
PT	Portugal	
SE-N	Sweden — North	Jämtland, Norrbotten, Västerbotten and Västernorrland
SE-S	Sweden — South	Ålvsborg, Blekinge, Bohus Gävleborg, Gotland, Halland, Jönköping, Kalmar, Kopparberg, Kronoberg, Malmöhus, Örebro, Östergötland, Skaraborg, Skåne, Södermanland, Stockholm, Uppsala, Värmland and Västmanland.
UK-EN	United Kingdom — England	East Anglia, Northern England, North-West England, South-East England, South-West England, East Midlands, West Midlands and North-East England
UK-SC	United Kingdom — Scotland	
UK-WL	United Kingdom — Wales	
UK-NI	United Kingdom — Northern Ireland	

Definition of the geographical regions





ANPA - Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente
Dipartimento Stato dell'Ambiente, Controlli e Sistemi Informativi
Unità Interdipartimentale di Metrologia Ambientale
Via Vitaliano Brancati 48
00144 – ROMA (Italia)