



# **RAPPORTO SULLE RETI DI MONITORAGGIO DELLA RADIOATTIVITA' AMBIENTALE E SULL'ATTIVITA' DI VIGILANZA**

Rapporto anno 2012

**Dipartimento Tematico Radiazioni**  
*Struttura semplice Radiazioni ionizzanti*

*Autori*

**Maria Clivia Losana, Enrico Chiaberto, Mauro Magnoni**

*Hanno collaborato:*

**Luca Bellina, Stefano Bertino, Brunella Bellotto, Donatella Bianchi, Giuliana Garbarino, Sonia Gastaldo, Maura Ghione, Manuela Marga, Anna Prandstetter, Paolo Giacomo Rabbia, Elena Serena, Rosamaria Tripodi**

## **PREMESSA**

Questo rapporto illustra e commenta le attività svolte dall'Arpa Piemonte, Dipartimento Tematico Radiazioni, nell'anno 2012. E' strutturato in quattro capitoli, ognuno riferito a un ambito di attività. Il primo capitolo riguarda i risultati delle analisi radiometriche effettuate sui campioni analizzati nell'ambito delle reti di monitoraggio della radioattività ambientale, il secondo riguarda il monitoraggio del radon e il terzo riporta le valutazioni dosimetriche effettuate per la popolazione piemontese, comprensive di radioattività artificiale e radioattività naturale. L'ultima parte riporta le attività di vigilanza e le attività svolte su progetti particolari.

# 1 LE RETI DI MONITORAGGIO DELLA RADIOATTIVITA' AMBIENTALE

In Piemonte sono attive diverse reti di monitoraggio della radioattività ambientale:

- rete nazionale
- rete regionale
- rete di allerta
- reti locali intorno agli impianti nucleari.

La struttura semplice Radiazioni Ionizzanti gestisce le prime tre tipologie di reti, mentre le reti locali intorno agli impianti nucleari sono gestite dalla struttura semplice Siti Nucleari.

## 1.1 RETE NAZIONALE E RETE REGIONALE

Queste reti sono state istituite dopo l'incidente alla centrale nucleare di Chernobyl del 1986, che causò anche in Italia una diffusa contaminazione radioattiva. La rete nazionale, coordinata da ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) ai sensi dell'art. 104 del D.Lgs. 230/95, ha un laboratorio di riferimento in ogni regione o provincia autonoma facente capo alle Agenzie ambientali. Il Dipartimento Tematico Radiazioni dell'Arpa Piemonte, con sede a Ivrea, è il riferimento per il Piemonte.

Le matrici analizzate nell'ambito di questa rete provengono da tutto il territorio piemontese e sono sia matrici ambientali (particolato atmosferico, deposizione umida e secca, acque superficiali, sedimenti lacustri e fluviali, ecc.) che matrici alimentari. Queste ultime sono in gran parte prelevate dai servizi sanitari territorialmente competenti.

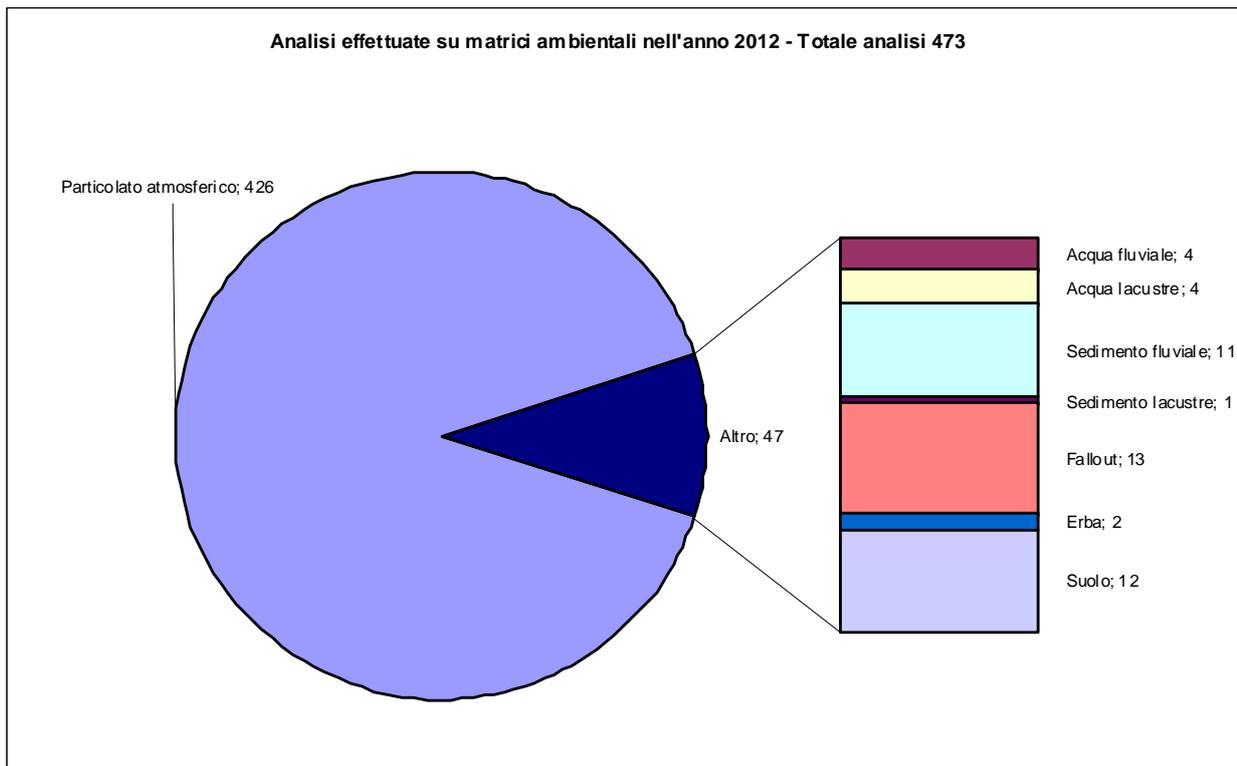
La rete regionale aggiunge alla rete nazionale ulteriori matrici, spesso di interesse locale. E' coordinata dalla Regione Piemonte, così come stabilito dalla legge regionale n. 5 del 18 febbraio 2010 "Norme sulla protezione dai rischi da esposizione a radiazioni ionizzanti", sentita l'Arpa stessa e l'ISPRA.

I radionuclidi artificiali ricercati sono anzitutto i principali prodotti di fissione (Cs-137, I-131, Sr-90), generati dai reattori nucleari.

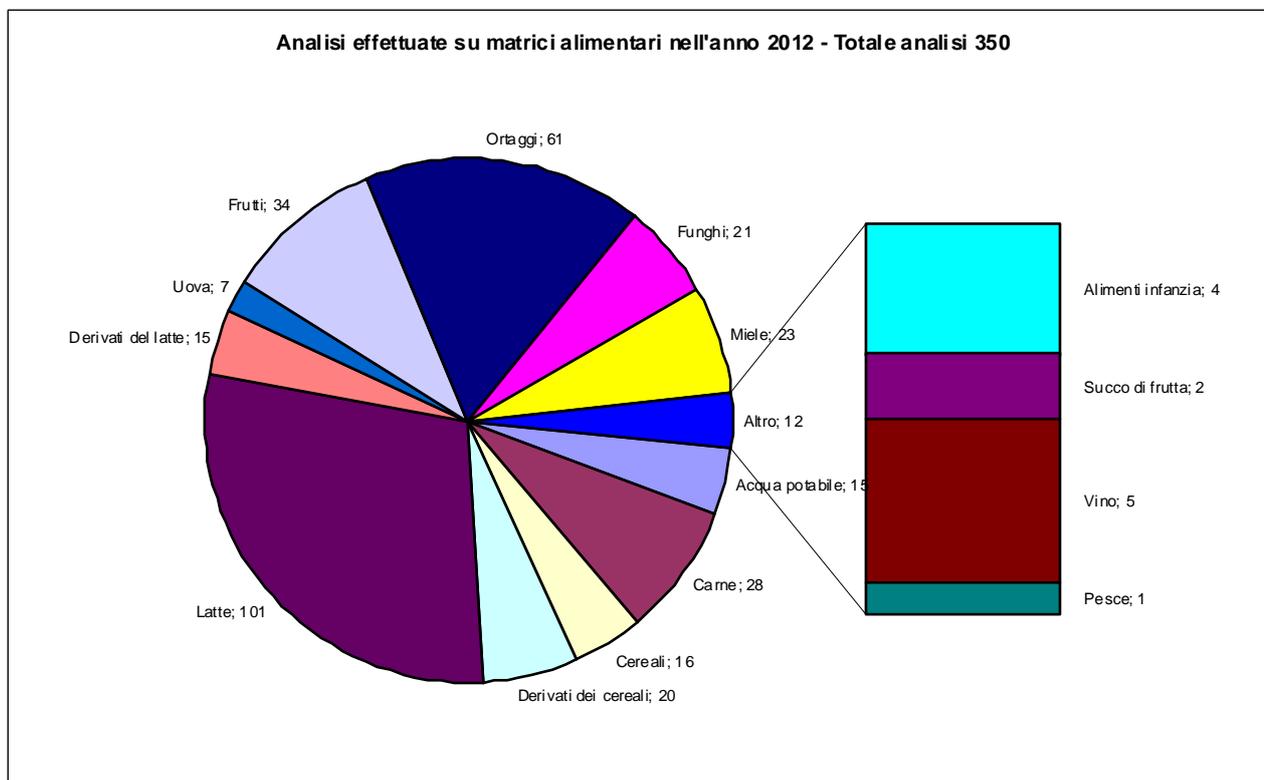
Il Cs-137, radionuclide di origine artificiale proveniente dall'incidente di Chernobyl del 1986, si riscontra nelle matrici ambientali (suolo, DMOS, sedimenti, talvolta fallout) e più raramente, a concentrazioni più basse, in quelle alimentari (intorno al Bq/kg o a frazioni di esso, in particolare nel latte e nella carne).

Lo I-131, ha un tempo di dimezzamento di soli otto giorni e quindi è un indice di contaminazioni recenti; non è quasi mai riscontrato nelle principali matrici analizzate, salvo che nel DMOS (sedimento fluviale), dove si accumulano i residui dovuti ad impieghi ospedalieri. Per quanto riguarda lo Sr-90, fino a poco tempo fa' si potevano riscontrare nel latte ancora deboli tracce (alcune decine di mBq/kg): tuttavia in tutti i campioni prelevati nel corso del 2012 si sono registrati sempre valori inferiori alla sensibilità strumentale. In alcune matrici ambientali (suolo, sedimenti) si misurano ancora deboli tracce di Plutonio disperso in atmosfera durante i test nucleari degli anni '50-'60.

Le concentrazioni di radioattività artificiale misurate negli alimenti (per il Cs-137), sono comunque ampiamente sempre abbondantemente al di sotto dei limiti imposti dalla normativa di riferimento (Regolamento Euratom 2218/89 che prevede come livelli massimi per il Cs-137 e lo Sr-90 rispettivamente 1000 Bq/kg e 125 Bq/kg per gli adulti e 400 Bq/kg e 75 Bq/kg per i lattanti) e sono significativamente inferiori a quelle misurate nei primi anni dopo l'incidente di Chernobyl.



**Figura 1: Tipologia di campioni ambientali analizzati nel 2012 nell'ambito delle reti di monitoraggio (nazionale e regionale).**



**Figura 2: Tipologia di campioni alimentari analizzati nel 2012 nell'ambito delle reti di monitoraggio (nazionale e regionale).**

### 1.1.1 Particolato atmosferico

Il prelievo del particolato atmosferico avviene tramite una pompa, che, aspirando aria, fa depositare il particolato in essa sospeso su un filtro, che può essere di cellulosa o di fibra di vetro. Sul particolato atmosferico vengono eseguite analisi di spettrometri gamma e di attività alfa e beta totale. Le analisi di spettrometria gamma vengono effettuate sui filtri prelevati giornalmente, sul pacchetto settimanale e sul pacchetto mensile. Nelle analisi di spettrometria gamma non sono mai state rivelate concentrazioni di radionuclidi artificiali superiori alla sensibilità strumentale, che varia in funzione del tempo di misura e del volume aspirato durante il prelievo. Le analisi di attività alfa e beta totale vengono effettuate solo sui singoli filtri. Le concentrazioni misurate si attestano intorno a  $10^{-3}$  Bq/m<sup>3</sup> per l'attività beta e  $10^{-4}$  Bq/m<sup>3</sup> per l'attività alfa.

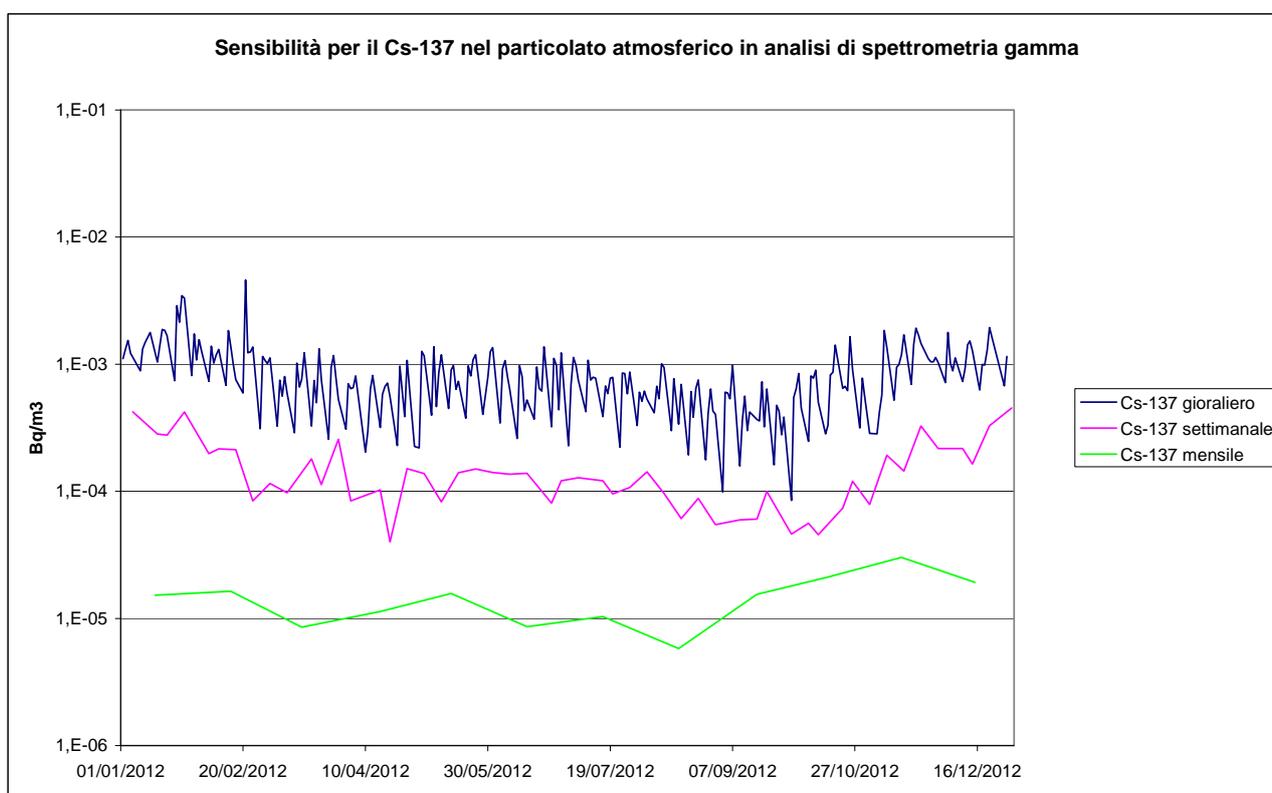
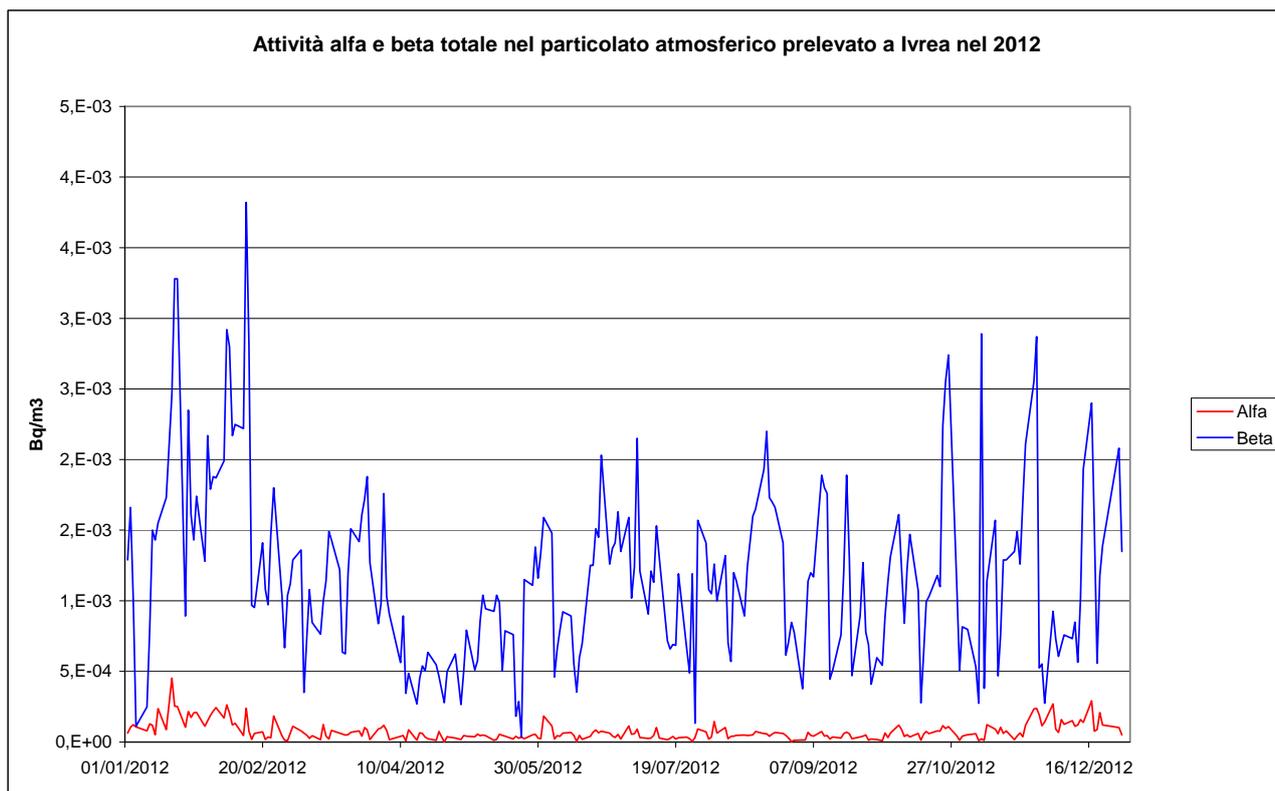


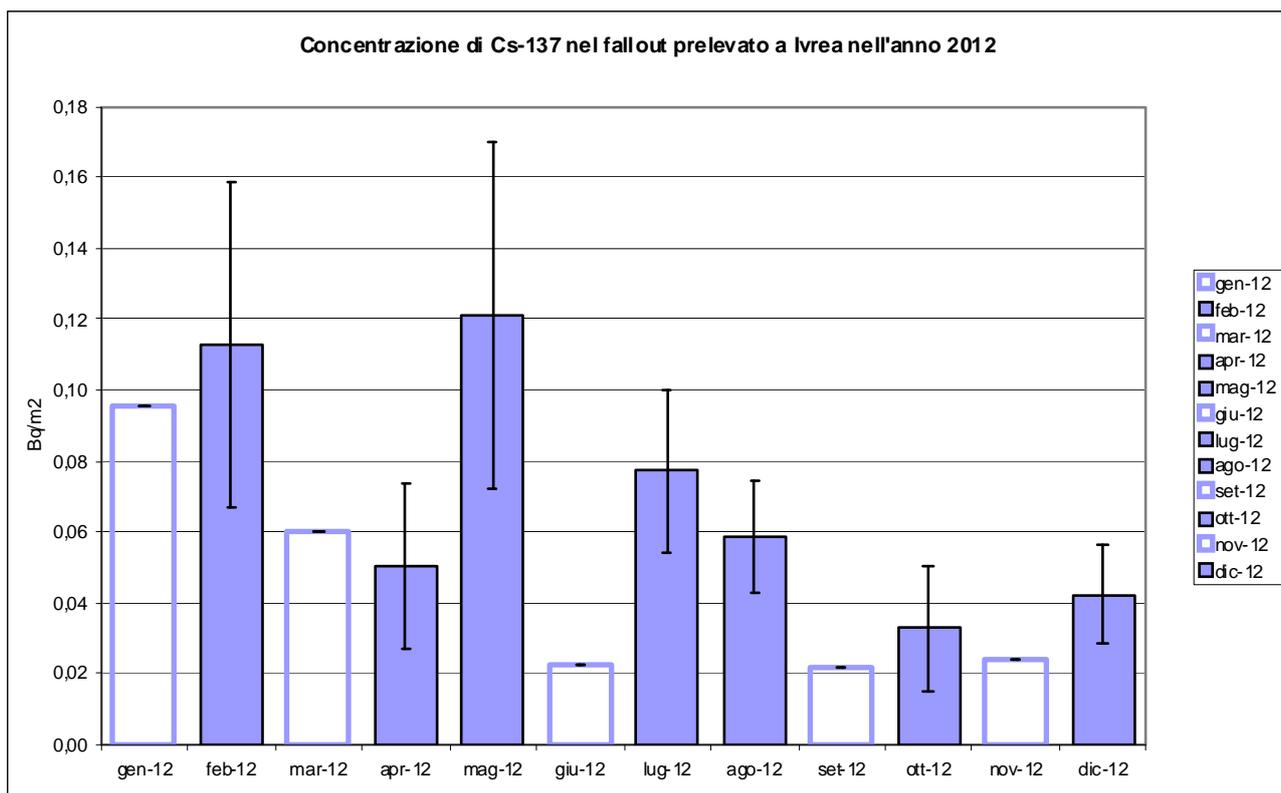
Figura 3: Andamento della sensibilità strumentale in spettrometria gamma per i filtri giornalieri del particolato atmosferico analizzati nel 2012. Si nota come all'aumentare del volume aspirato la sensibilità di misura migliora: nelle misure sul pacchetto di filtri mensile il volume aspirato è la somma del volume aspirato in ogni singolo prelievo giornaliero e la sensibilità raggiunge livelli di  $10^{-4}$  Bq/m<sup>3</sup>.



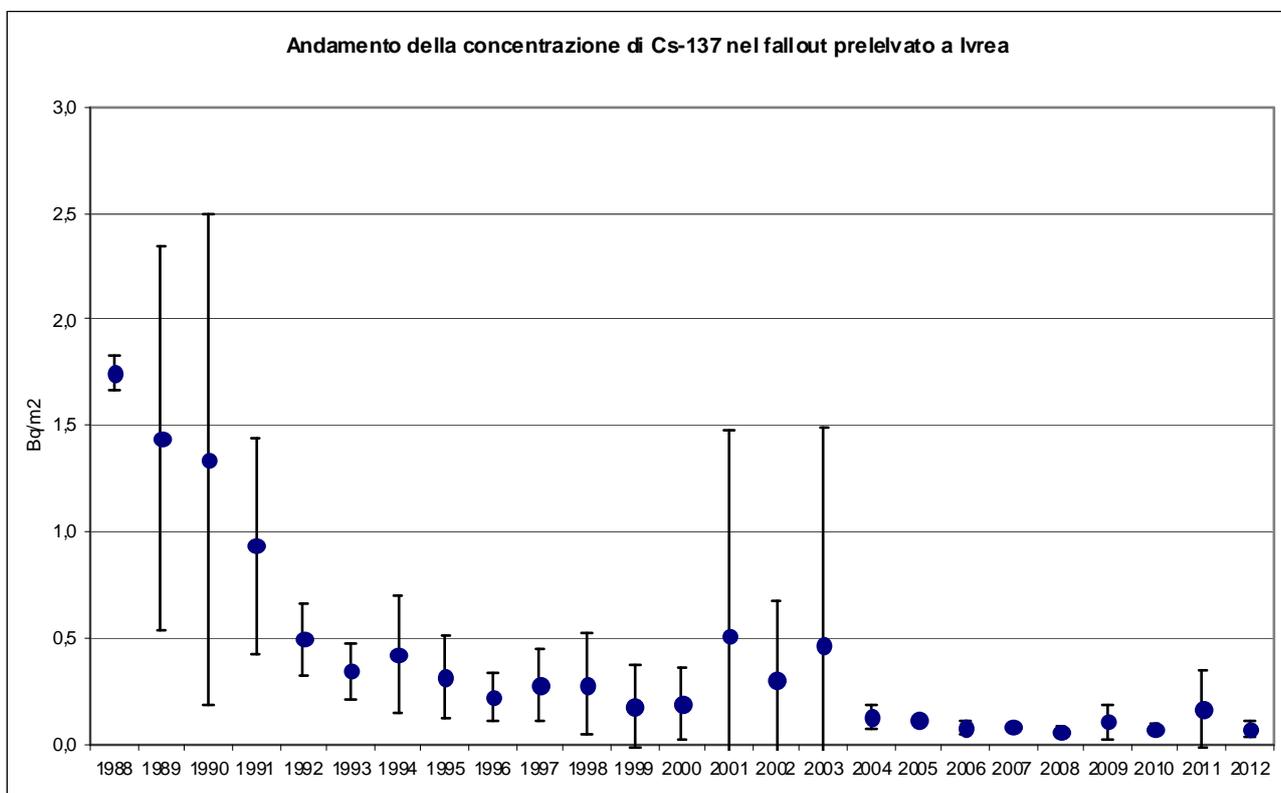
**Figura 4: Concentrazione di attività alfa e beta totale nel particolato atmosferico nel 2012.**

### 1.1.2 Deposizione al suolo (fallout)

La deposizione al suolo viene raccolta mensilmente tramite una vasca posta sul tetto dell'edificio della sede Arpa di Ivrea. Portando il contenuto della vasca a secco si ottiene una matrice molto sensibile in quanto molto concentrata. Di seguito sono riportate le misure effettuate nel 2012 e l'andamento generale degli ultimi anni.



**Figura 5: Concentrazione di Cs-137 nella deposizione al suolo prelevata a Ivrea nel 2012. In molti mesi le concentrazioni sono inferiori alla sensibilità strumentale, essendo passato ormai molto tempo dall'incidente di Chernobyl (sono riportate con un rettangolo vuoto).**



**Figura 6: Andamento della concentrazione di Cs-137 nella deposizione al suolo prelevata a Ivrea negli ultimi anni. Si nota una brusca diminuzione dagli anni immediatamente successivi all'incidente di Chernobyl ad oggi.**

### 1.1.3 Acque superficiali, sedimenti e DMOS (Detrito Minerale Organico Sedimentabile)

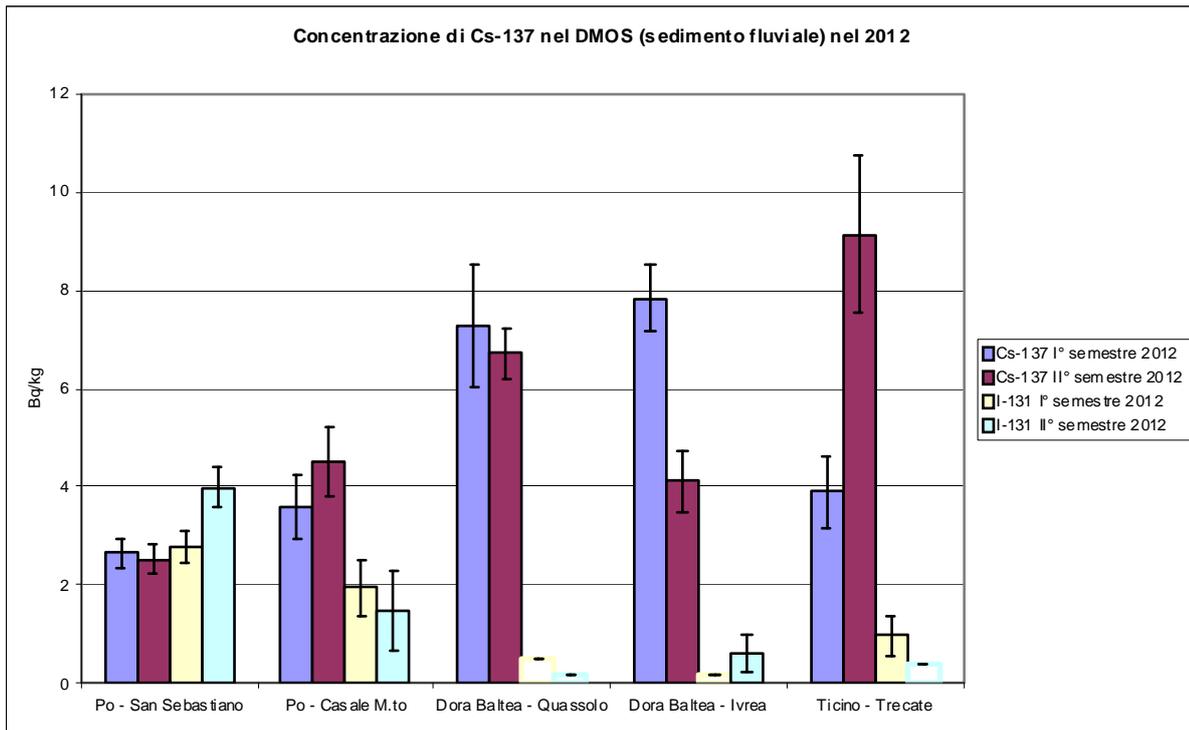
L'acqua fluviale viene prelevata quattro volte all'anno lungo il fiume Po, a Casale Monferrato. Nei campioni prelevati e analizzati con spettrometria gamma nel 2012 non sono stati riscontrati radionuclidi di origine artificiale.

Sono inoltre stati analizzati quattro campioni di acqua lacustre dei principali laghi piemontesi: Lago Maggiore (NO-VB), Lago d'Orta (NO-VB), Lago di Viverone (BI) e Lago di Mergozzo (VB). L'analisi di spettrometria gamma non ha rivelato alcun radionuclide di origine artificiale, l'analisi di attività alfa e beta totale ha rivelato concentrazioni basse e l'analisi di trizio ha fornito un risultato inferiore alla sensibilità strumentale. Un campione di sedimento del Lago di Viverone è stato prelevato in concomitanza con il campione di acqua. I risultati delle analisi sono riportati nella tabella seguente.

Matrice	Punto prelievo	Data prelievo	Cs-134 Bq/kg	Cs-137 Bq/kg	Alfa totale Bq/kg	Beta totale Bq/kg	Trizio Bq/kg
Acqua fluviale	Fiume Po - Casale M.to - AL	15/11/2011	<0,0010	<0,0012			
Acqua fluviale	Fiume Po - Casale M.to - AL	15/02/2012	<0,0008	<0,0009			
Acqua fluviale	Fiume Po - Casale M.to - AL	15/05/2012	<0,0007	<0,0014			
Acqua fluviale	Fiume Po - Casale M.to - AL	15/08/2012	<0,0010	<0,0012			
Acqua lacustre	Lago Maggiore - Meina - NO	21/06/2012	<0,0014	<0,0017	0,026 ± 0,012	<0,091	<2,44
Acqua lacustre	Lago d'Orta - Omegna - VB	24/08/2012	<0,0014	<0,0017	<0,015	<0,073	<2,46
Acqua lacustre	Lago di Mergozzo - VB	30/08/2012	<0,0031	<0,0043	<0,016	<0,076	<2,46
Acqua lacustre	Lago di Viverone - BI	17/08/2012	<0,0846	<0,1027	0,089 ± 0,014	0,218 ± 0,066	<2,46
Sedimento lacustre	Lago di Viverone - BI	17/08/2012	<0,1989	29,4 ± 2,3			

**Tabella 1: Risultati delle analisi effettuate sui campioni di acqua superficiale e sedimenti nel 2012.**

Il DMOS (Detrito Minerale Organico Sedimentabile) può essere considerato un tipo di sedimento fluviale. In questa matrice è normale trovare concentrazioni dell'ordine di qualche Bq/kg sia di Cs-137 (proveniente dall'incidente di Chernobyl) che di I-131 (proveniente dagli scarichi ospedalieri).



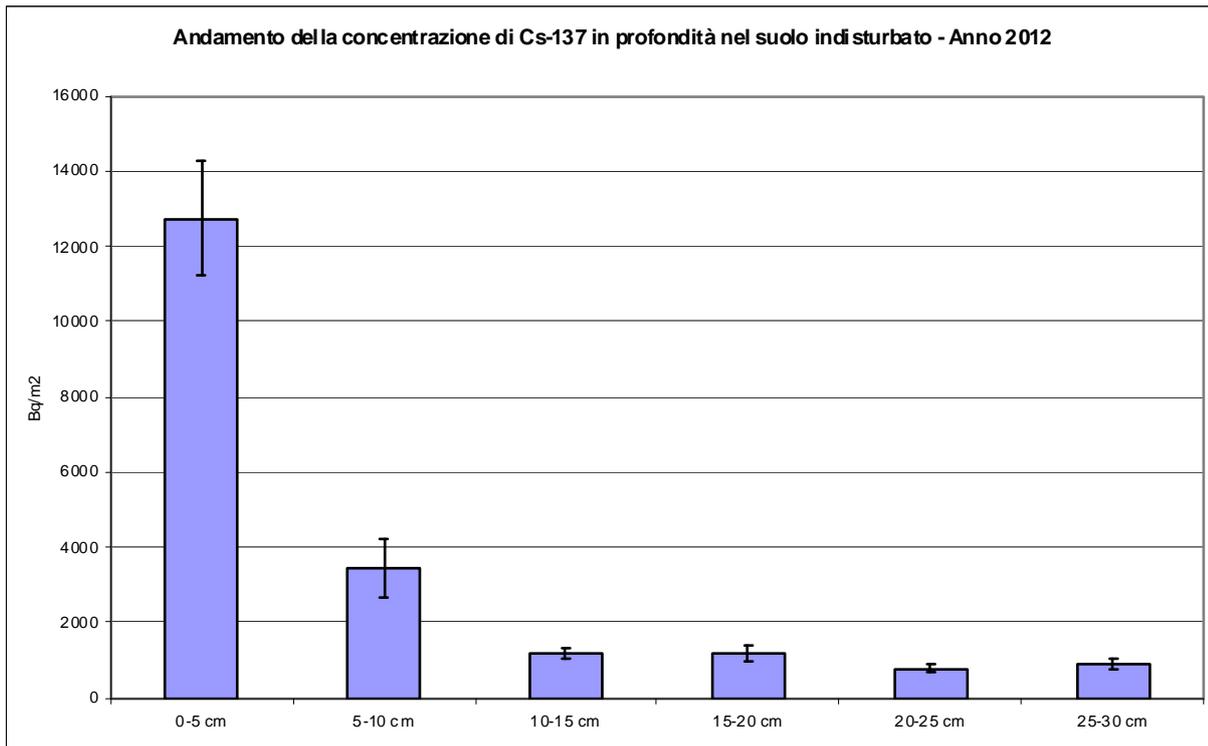
**Figura 7: Concentrazione di I-131 e di Cs-137 misurate nel DMOS prelevato nei fiumi piemontesi nel 2012. Il Cs-137 è sempre presente, mentre lo I-131 è presente solamente nei punti di prelievo a valle dei grossi centri abitati.**

#### 1.1.4 Suolo ed erba

Suolo ed erba vengono prelevati due volte all'anno sempre nel medesimo sito, un prato "indisturbato", cioè non sottoposto ad aratura. Nel suolo si osserva una concentrazione di Cs-137 decrescente con la profondità. Anche nell'erba la concentrazione di Cs-137 è superiore alla sensibilità e si attesta attorno a qualche Bq/kg.

Matrice	Punto prelievo	Data prelievo	Cs-134 Bq/kg	Cs-137 Bq/kg
Erba	Albareto Superiore - Bollengo (TO)	03/05/2012	<0,7414	10,3 ± 1,2
Erba	Albareto Superiore - Bollengo (TO)	04/10/2012	<0,6844	8,11 ± 1,17

**Tabella 2: Concentrazione di Cs-137 nell'erba prelevata a Albareto Superiore (Bollengo – TO) nel 2012.**



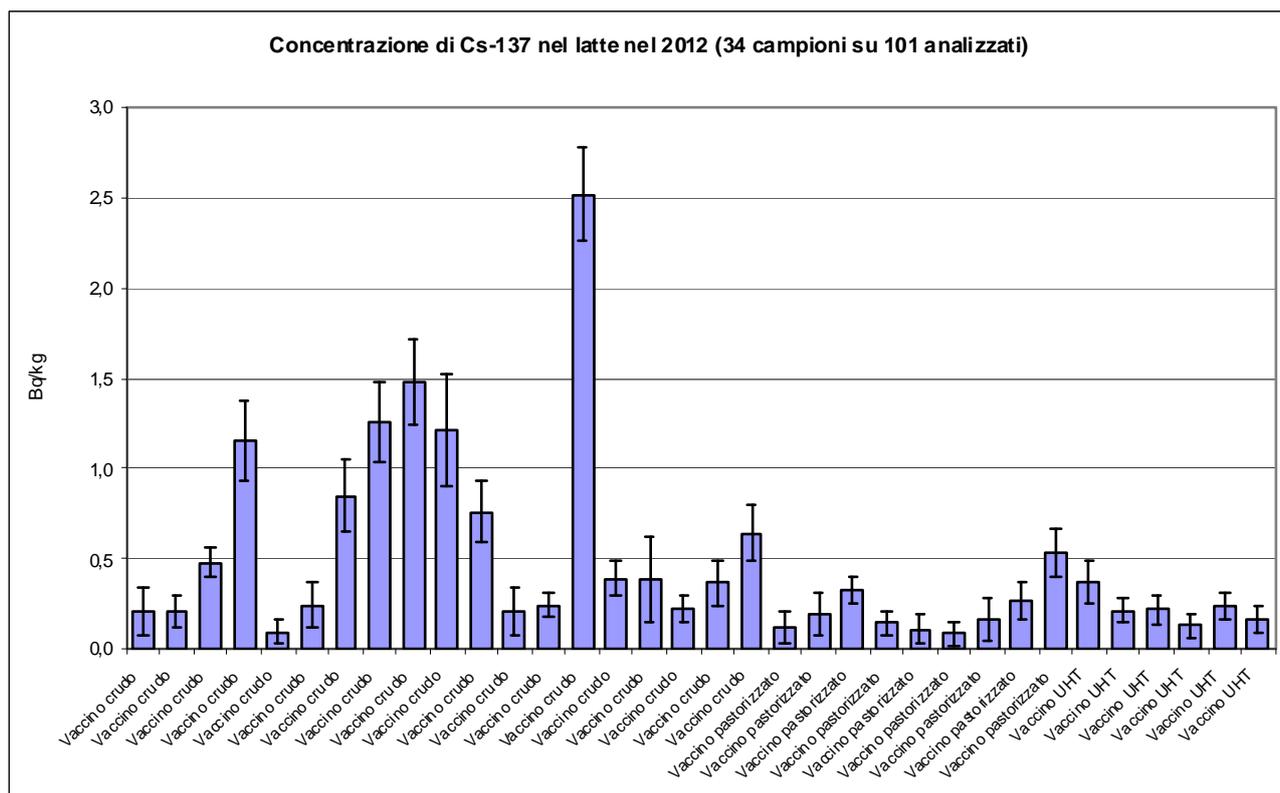
**Figura 8: Concentrazione di Cs-137 nel suolo prelevato a Albareto Superiore (Bollengo – TO) nel 2012. Il valore di concentrazione riportato è la media delle concentrazioni di due campioni per ogni profondità. Si osserva come il Cs-137 sia ancora contenuto per la maggior parte nei primi 5 cm di profondità.**

### 1.1.5 Latte e derivati

Nel 2012 sono stati analizzati in tutto 101 campioni di latte, in maggioranza latte vaccino crudo e latte vaccino pastorizzato fresco. I soli due campioni non di latte vaccino sono stati un campione di latte caprino e un campione di latte di bufala. L'importanza del monitoraggio del latte consiste principalmente nel suo largo consumo, specialmente in età infantile; la sua misura fornisce anche informazioni sui processi di trasferimento della contaminazione dal suolo all'erba e quindi agli animali.

In 34 campioni, sui 101 analizzati, la concentrazione di Cs-137 è risultata superiore alla sensibilità strumentale, con concentrazioni comunque molto basse, che vanno dalla frazione di Bq/kg a circa 2,5 Bq/kg (valore massimo riscontrato).

Nella figura seguente sono riportate le concentrazioni di Cs-137 misurate nel latte nel 2012.



**Figura 9: Concentrazione di Cs-137 misurata nei campioni di latte analizzati nel 2012.**

### 1.1.6 Carne

Anche nella carne si possono talvolta misurare tracce di Cs-137. Questa contaminazione varia però in funzione del tipo di animale e delle modalità di allevamento. Gli animali allevati al chiuso e nutriti con mangimi e non con foraggio fresco, difficilmente presentano concentrazioni di Cs-137 nelle loro carni. Gli animali invece che stazionano all'aperto e si cibano di foraggio fresco sono più soggetti a incorporare il Cs-137 proveniente dal suolo stesso. I valori misurati sono comunque modesti. Nel 2012 sono stati analizzati 21 campioni di carne bovina, 4 campioni di carne suina, 1 campione di carne ovina, 1 di carne cunicola e 1 di carne di cinghiale. Solo in 7 campioni la concentrazione di Cs-137 è stata superiore alla sensibilità strumentale. La concentrazione massima per la carne di allevamento è stata di solo 0,5 Bq/kg. In un campione di carne di cinghiale sono invece stati misurati 13,5 Bq/kg, un valore modesto se paragonato con le concentrazioni potenzialmente riscontrabili nella selvaggina.

### 1.1.7 Cereali e derivati

In generale, la concentrazione di Cs-137 nei cereali e nei loro derivati (pane, pasta, grissini) è quasi sempre inferiore alla sensibilità strumentale. Ne consegue che, pur essendo una parte importante della dieta umana, possono essere trascurati dal punto di vista dosimetrico. Nel 2012 sono stati analizzati 36 campioni di cereali (riso, mais, grano, ecc.) e derivati (pane, pasta) e solamente in un campione di mais la concentrazione di Cs-137 è risultata superiore alla sensibilità strumentale: i bassi livelli riscontrati non consentono però di stabilire se il Cs-137 misurato proviene dalla captazione radicale o da tracce di suolo rimasti nel campione. La concentrazione misurata, di poco superiore alla sensibilità strumentale, non desta comunque alcuna preoccupazione.

### 1.1.8 Ortaggi e frutta

Gli ortaggi e la frutta occupano un posto abbastanza importante nella dieta umana. Tuttavia, siccome le concentrazioni di Cs-137 sono quasi sempre inferiori alla sensibilità

strumentale, il loro contributo alla dose è trascurabile rispetto a quello fornito da latte e carne. Nel 2012 sono stati analizzati 60 campioni di ortaggi e 34 di frutta. Il Cs-137 è stato misurato solamente in 2 campioni di insalata con concentrazioni molto basse, probabilmente dovute a tracce di terra rimaste nel campione dopo il lavaggio e in 4 campioni di castagne, con un valore massimo di circa 8 Bq/kg.

### 1.1.9 Funghi e miele

I funghi e il miele hanno proprietà radio accumulatrici, cioè tendono a concentrare il Cs-137 presente nell'ambiente. Si possono infatti riscontrare concentrazioni da decine a centinaia di Bq/kg nei funghi e fino a poche decine di Bq/kg nel miele. Anche quindi se non sono alimenti importanti della dieta umana possono dare un contributo apprezzabile, anche se molto modesto, alla dose da ingestione di Cs-137. Nel 2012 sono stati analizzati 21 campioni di funghi e in tutti la concentrazione di Cs-137 è risultata superiore alla sensibilità strumentale, con valori fino a circa 1000 Bq/kg per un particolare campione. I campioni di miele analizzati sono stati 23 e la concentrazione è risultata superiore alla sensibilità strumentale in 9 di essi, con un valore massimo di circa 7 Bq/kg.

Nella figura seguente sono riportate le concentrazioni di Cs-137 nei campioni di funghi analizzati nel 2012.

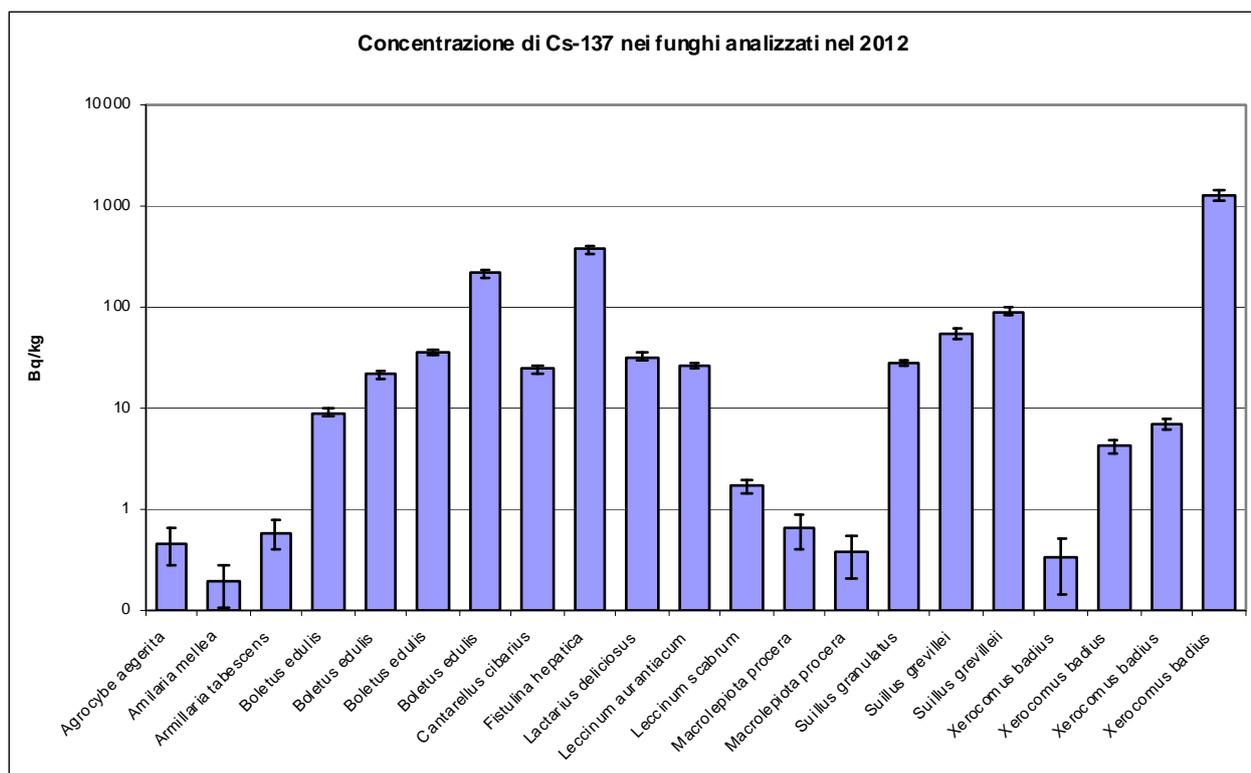


Figura 10: Concentrazione di Cs-137 misurata nei funghi analizzati nel 2012.

### 1.1.10 Altri alimenti

Gli altri alimenti analizzati nel 2012 comprendono alimenti per l'infanzia (4 campioni), latte in polvere (5 campioni), derivati del latte (15 campioni), succo di mirtillo (2 campioni), uova (7 campioni) e vino (5 campioni). Sono state riscontrate concentrazioni di Cs-137 superiori alla sensibilità strumentale solo in 8 campioni di derivati del latte con una concentrazione massima di 1,6 Bq/kg e nei due campioni di succo di mirtillo, con una concentrazione massima di 16 Bq/kg. La dose che deriva dall'ingestione di questi alimenti è tuttavia estremamente bassa.

### 1.1.11 Acqua potabile

Il monitoraggio dell'acqua potabile avviene attraverso due modalità. Alcuni campioni fanno parte delle reti di monitoraggio della radioattività ambientale come gli altri alimenti. Altri campioni rientrano in un regime di controllo specificato dal D.Lvo 31/2001. Per la radioattività, si tratta di valutare *la dose totale indicativa* da ingestione. Questo parametro quantifica la dose derivante dall'ingestione cronica dei radionuclidi (perlopiù di origine naturale) contenuti nelle acque potabili. Il livello di riferimento stabilito dalla norma per la dose totale indicativa è di 0,1 mSv/anno. Per una prima valutazione di questo parametro, vengono effettuate analisi di *screening* di attività alfa totale e beta totale su campioni di acque prelevate dai principali acquedotti. Solo nel caso in cui le concentrazioni superino alcuni valori di soglia stabiliti dall'Organizzazione Mondiale per la Sanità (0,5 Bq/kg per l'attività alfa totale e 1 Bq/kg per l'attività beta totale), vengono disposte analisi più approfondite, volte all'identificazione dei singoli radioisotopi, in primis l'uranio. Le analisi effettuate nel 2012 sono riportate nella seguente tabella.

	Alfa e beta totale	Uranio
Reti di monitoraggio	9	
ASL BI	45	
ASL TO3 (zona Pinerolese)	37	1
ASL TO4 (zona basso Canavese)	12	1
TOTALE	103	2

Tabella 3: Numero di campioni di acqua potabile analizzati nel 2012 comprensivo dei campioni afferenti alle reti di monitoraggio e di quelli concordati direttamente con le ASL piemontesi.

Allo stato attuale sono stati analizzati più di 600 campioni provenienti da quasi tutte le zone del Piemonte. Finora non sono emerse situazioni che possano far raggiungere e superare il limite di 0,1 mSv/anno stabilito dalla normativa.

## 1.2 RETE DI ALLERTA

La Rete di Allerta Gamma Arpa Piemonte (RAGAP) è composta da 29 centraline dotate di rivelatori geiger che misurano in continuo la dose gamma in aria. I rivelatori sono posizionati in concomitanza di alcune delle centraline meteo dell'Arpa, cosicché si hanno a disposizione anche i dati meteo contingenti alla misura di rateo di dose. I dati vengono inviati al centro funzionale operativo dell'Arpa ogni 10 minuti, sfruttando i ponti radio già attivi per le centraline meteo. Nel corso del 2012 non ci sono stati superamenti dei livelli di allarme stabiliti singolarmente per ogni centralina sulla base dei valori misurati negli ultimi anni. Gli unici innalzamenti rispetto ai valori di fondo osservati sono quelli dovuti alle precipitazioni atmosferiche, che trascinando al suolo la radioattività in aria, fanno temporaneamente misurare valori più alti.

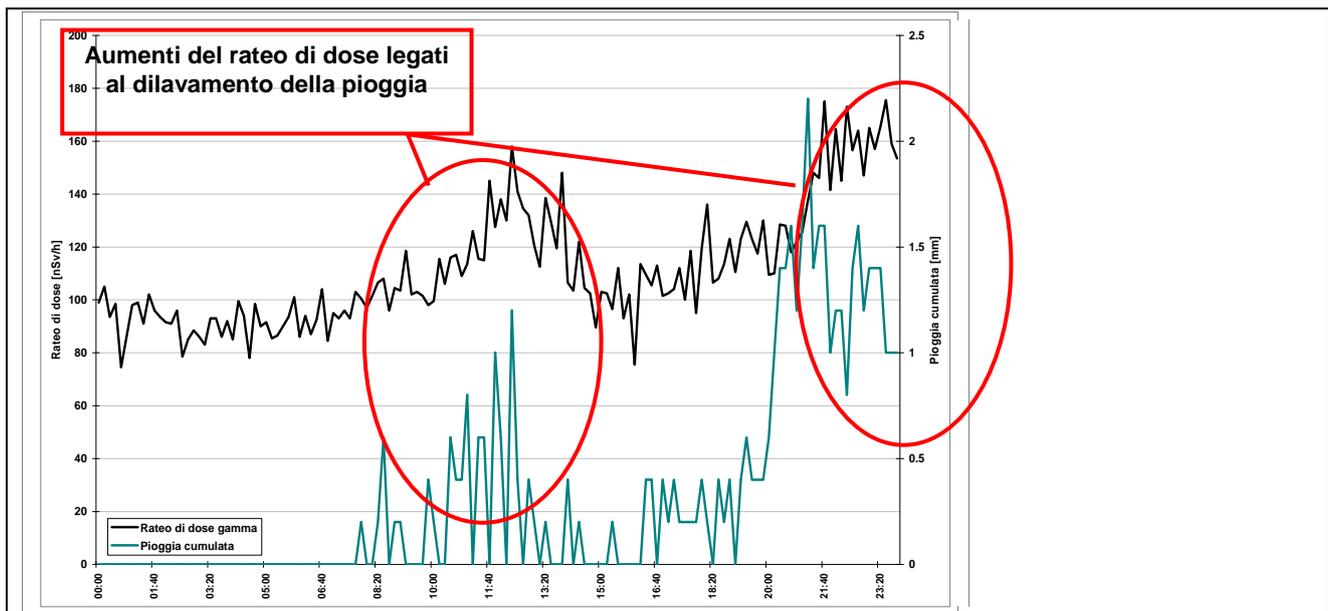


Figura 11: In corrispondenza di precipitazioni (linea grigia) si osserva un temporaneo innalzamento del rateo di dose.

## 2 RADON

### 2.1 ATTIVITA' ISTITUZIONALE

Il radon è un gas radioattivo naturale che per la sua natura e le sue proprietà chimico fisiche entra facilmente nelle abitazioni e più in generale negli ambienti confinati. Costituisce un pericolo per la salute perché è causa di tumore polmonare.

La legge regionale 5/2010 prevede che la Regione si doti di strumenti idonei per l'individuazione, la prevenzione e la riduzione dei rischi connessi all'esposizione al gas radon ed alla radioattività di origine naturale e che competono all'Arpa le attività di controllo ambientale della radioattività di origine naturale.

Dal 1991 con la Campagna Nazionale ad oggi sono state raccolte in Piemonte più di 3000 misure di concentrazione annuale in scuole e abitazioni distribuite sui 1206 Comuni piemontesi. La mole di dati raggiunta ha permesso nel 2008 la realizzazione di una prima caratterizzazione del territorio regionale (la pubblicazione è reperibile sul sito dell'Agenzia col titolo "La mappatura radon del Piemonte - ISBN 9788874791170").

La media radon attualmente stimata nelle abitazioni in Piemonte risulta essere 71 Bq/m<sup>3</sup> mentre in diversi Comuni del Piemonte sono in corso nuove misure di approfondimento (979 edifici monitorati a partire dal 2010).

Tra gli indicatori possibili per il radon si è scelto di fornire la media aritmetica comunale al piano terra (Figura 12) e la probabilità di ottenere valori di concentrazione superiori ad una soglia di 400 Bq/m<sup>3</sup> (Figura 13).

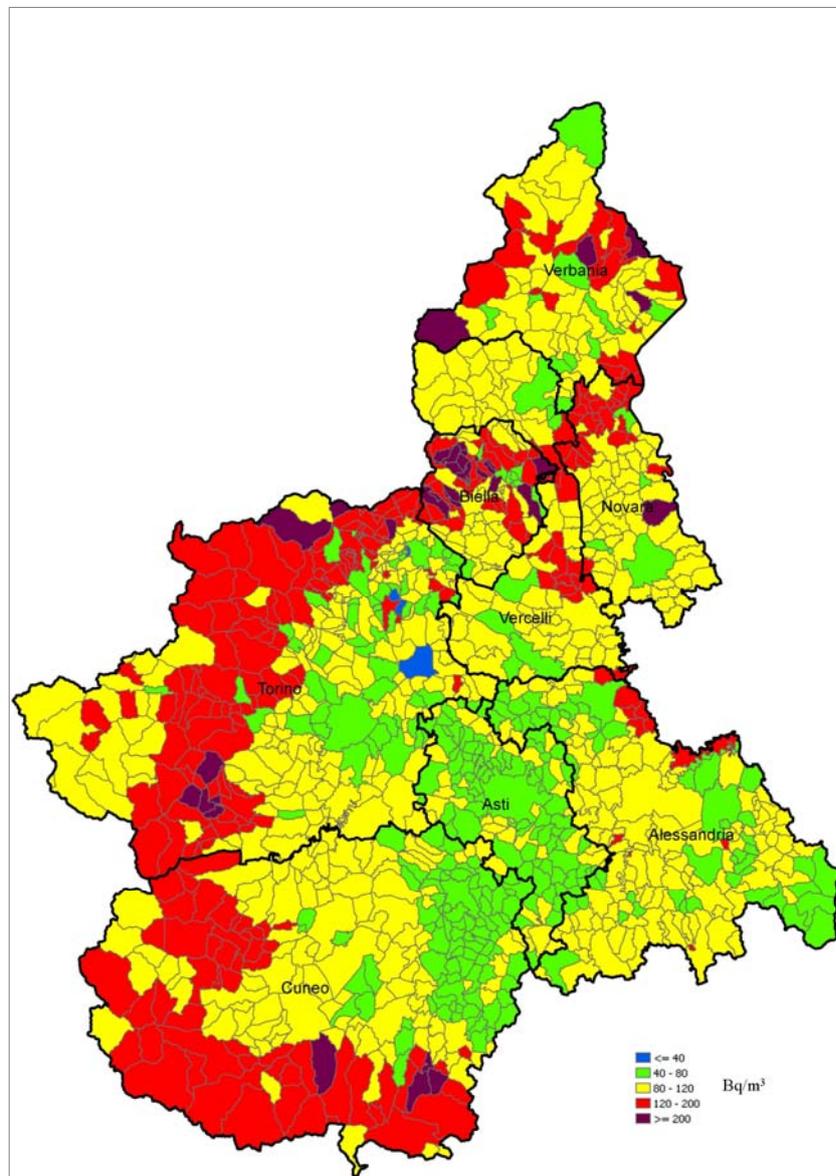
La media aritmetica comunale fornisce un'utile e immediata indicazione di dettaglio sulla distribuzione territoriale del radon, mentre la probabilità di ottenere in una data area valori di concentrazioni in abitazioni superiori a 400 Bq/m<sup>3</sup> è un altro indicatore rappresentativo dell'esposizione della popolazione. Per il loro aggiornamento si utilizza un modello di calcolo che tiene conto sia delle misure sperimentali che delle caratteristiche geolitologiche del suolo. Il modello è in continuo aggiornamento per l'aggiunta di nuove misure sperimentali e per una sempre più accurata classificazione "radon-specifica" delle litologie.

Pertanto con la progressiva disponibilità di nuovi dati vi saranno certamente in futuro degli aggiornamenti e degli affinamenti che potranno condurre a modifiche dell'attuale quadro.

La conoscenza della distribuzione del radon è inoltre importante per gli aspetti legati alla pianificazione urbanistica del territorio regionale e per tutto ciò che attiene alla progettazione e costruzione di nuovi edifici o alla ristrutturazione di edifici esistenti. Una prevenzione mirata a limitare l'ingresso del radon nelle abitazioni e a garantire un determinato ricambio d'aria rappresenta infatti un valido strumento per ridurre l'esposizione media della popolazione a questo pericoloso inquinante.

Un altro importante aspetto legato al radon è poi quello che riguarda le azioni di rimedio. ARPA sta verificando l'efficacia di numerose azioni di bonifica intraprese in edifici scolastici in cui, nel corso dei monitoraggi passati, sono state riscontrate elevate concentrazioni. Agendo sul ricambio d'aria degli ambienti e sui meccanismi di ingresso del radon nelle strutture è possibile ridurre, con relativa facilità, la presenza del radon negli ambienti confinati.

**Figura 12: Distribuzione delle medie comunali di concentrazione di attività radon al piano terra.**



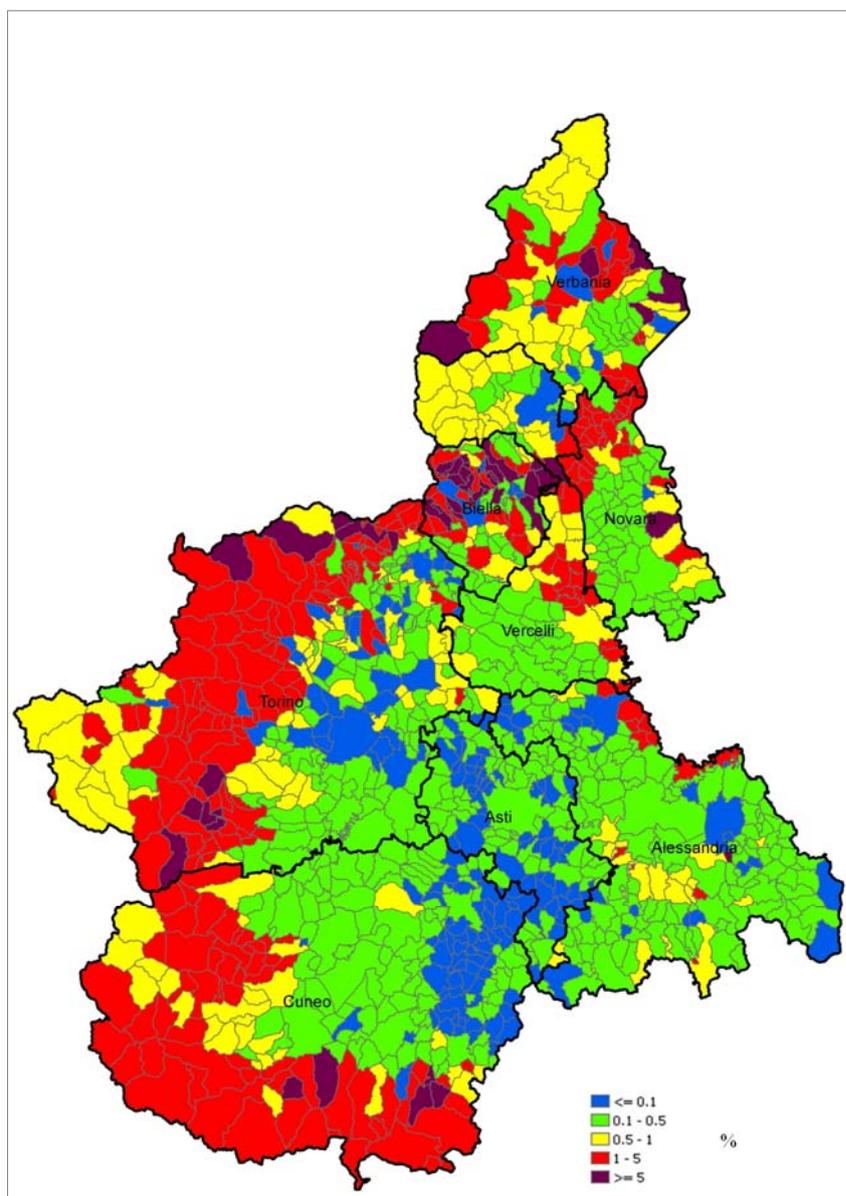


Figura 13: Probabilità in percentuale di superare il valore di 400 Bq/m<sup>3</sup> in abitazioni.

Nelle tabelle seguenti sono indicati il numero delle misure e delle azioni di bonifica effettuate nel 2012, nonché i sopralluoghi e i posizionamenti di dosimetri.

<b>Azioni di bonifica proposte</b>	4
<b>Misure istituzionali</b>	947

Tabella 4: Misure e attività di radon effettuate nel 2012.

Provincia	AL	AT	BI	CN	NO	TO	VC	VCO
<b>Sopralluoghi</b>	43	48	107	199	114	129	2	84

**Tabella 5: Numero di sopralluoghi per posizionamento di dosimetri effettuati nel 2012.**

## **2.2 PROGETTO RADICAL**

Nel febbraio 2011 è nato il progetto RADICAL (RADon: Integrating Capabilities of Associated Labs) che fa parte del programma di Cooperazione Interreg Italia Svizzera 2007-2013. I partecipanti alle attività oltre all'ARPA Piemonte sono l'Università dell'Insubria (team leader), l'ARPA Valle d'Aosta, la Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana (SUPSI Dipartimento di Tecnologie Innovative e il Centro Competenza Radon).

Gli obiettivi principali del progetto sono lo sviluppo tecnologico atto a creare una rete di strumenti per il monitoraggio in continuo del radon distribuita sul territorio che permetterà il monitoraggio e lo studio di edifici a pubblico accesso in tempo reale e il controllo in ambienti di misura sotterranei. Lo studio prevede inoltre di approfondire le seguenti tematiche: l'ottimizzazione delle procedure per il risanamento e la bonifica di edifici e l'esecuzione di studi dosimetrici in correlazione con la concentrazione di polveri ambientali.

Le attività tecnico scientifiche costituiscono la base per le attività di gestione e disseminazione dei risultati. Le azioni di informazione e comunicazione saranno perseguite insieme ai partner istituzionale (Regioni, Province, ASL e autorità federali e cantonali) che hanno aderito alla proposta progettuale, con l'obiettivo principale di creare consapevolezza sui rischi reali associati all'esposizione al radon e a reagire conseguentemente.

Nel 2012, in Piemonte, sono continuati i monitoraggi su alcuni siti di interesse già selezionati lo scorso anno in base a priorità legate ai valori di concentrazione riscontrati: scuole ed edifici pubblici. Con le amministrazioni locali sono state avviate delle azioni di rimedio volte a risanare tali ambienti di vita e di lavoro. Il progetto è inoltre avanzato dal punto di vista dello sviluppo di una piattaforma Web per la raccolta e l'analisi dei dati e la loro gestione.

Dal momento che la pericolosità del radon deriva in particolare dai suoi prodotti di decadimento a vita breve, detti figli del radon che, attaccandosi al particolato fine e ultrafine, vanno ad irraggiare l'apparato respiratorio, parallelamente alle misure di radon gas, è iniziato nel 2012 uno studio dettagliato volto a stabilire una metodologia per la misura del fattore di equilibrio radon-figli (F) in ambienti di vita e di lavoro. Tale parametro che esprime il rapporto tra la concentrazione radon e quello dei prodotti di decadimento a vita breve, è importante per stimare con maggior precisione la dose a cui le persone sono esposte. Inoltre sono state condotte, sempre nell'ambito del progetto, alcune misurazioni per caratterizzare le diverse classi dimensionali del particolato indoor, mediante l'uso di impattori multistadio. Tali strumenti, abbinati a misure contemporanee di radioattività, permettono una classificazione dal punto di vista radiologico del particolato fine e ultrafine. È infatti noto che il coefficiente di conversione di dose (DCF) varia enormemente in funzione della distribuzione dimensionale del particolato presente negli ambienti confinati. A titolo di esempio, in figura 18.3, è mostrato uno spettro alfa ottenuto analizzando il particolato indoor in cui sono ben evidenti i picchi di conteggio della radiazione dovuta ai figli del radon alfa emettitori a vita breve raccolti su un filtro.

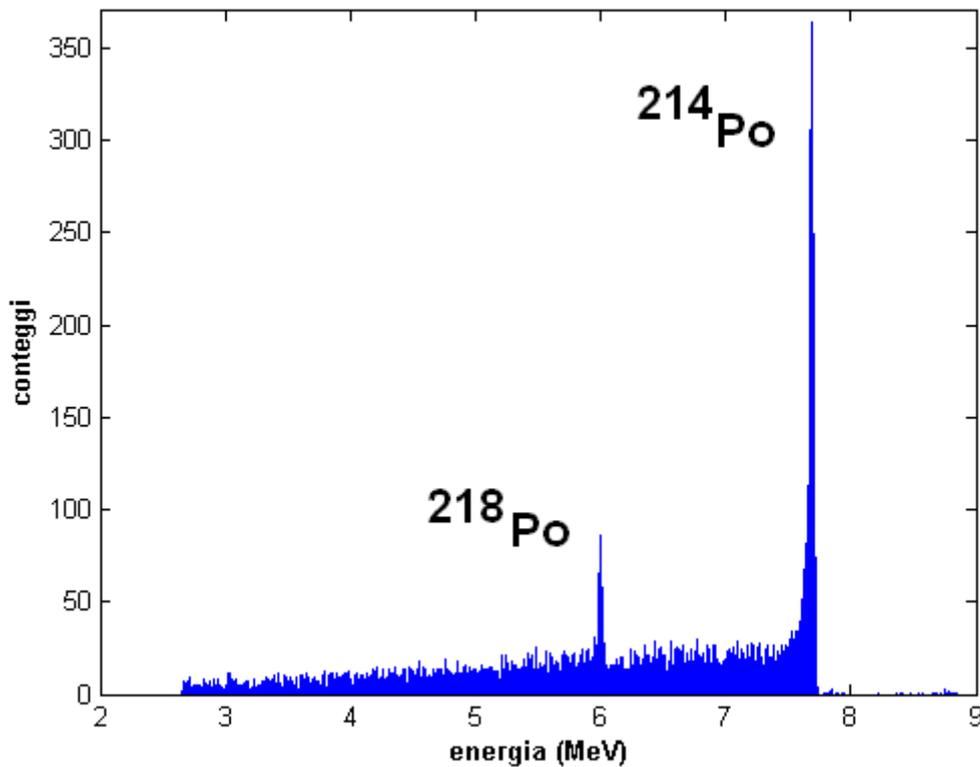


Figura 14: Spettro alfa su particolato indoor raccolto su filtro.

### 3 VALUTAZIONI DOSIMETRICHE

Il calcolo della dose alla popolazione dovrebbe tenere conto di tutte le possibili vie di esposizione (inalazione, irraggiamento e ingestione) e sia del contributo dovuto alla radioattività naturale che alla radioattività artificiale. Per quanto riguarda la radioattività naturale, preponderante rispetto a quella artificiale, il contributo maggiore è l'inalazione di gas radon e in seconda battuta l'irraggiamento da parte del suolo. Per la radioattività artificiale invece i contributi maggiori sono l'irraggiamento dal suolo e l'ingestione di alimenti contaminati. In questo caso l'inalazione può essere trascurata in quanto non vi sono al momento incidenti con dispersione di radioattività in aria. L'irraggiamento da parte del suolo è stato stimato in uno studio Arpa di qualche anno fa in cui si vede che la radioattività artificiale, con il Cs-137, contribuisce dieci volte meno che la radioattività naturale. Per quanto riguarda l'ingestione di radionuclidi artificiali il calcolo della dose è stato effettuato utilizzando la seguente formula:

$$DE = \sum_i C_i \cdot Q_i \cdot k$$

dove  $DE$  è la dose efficace,  
 $C_i$  è la concentrazione del radionuclide nell' $i$ -esimo alimento,  
 $Q_i$  è la quantità di alimento consumato in un anno da un individuo;  
 $k$  è il coefficiente di conversione Sv/Bq per il radionuclide riportato sul D.Lgs. 230/95 (come modificato dal D.Lgs. 241/2000).

La formula andrebbe applicata a tutti i radionuclidi artificiali riscontrati negli alimenti, ma di fatto nei conti è stato considerato solamente il Cs-137, in quanto per tutti gli altri radionuclidi di origine artificiale si sono avuti risultati inferiori alla sensibilità strumentale. Ovviamente si sono tenuti in considerazione solo gli alimenti per i quali la concentrazione del suddetto radionuclide è stata quantificabile perché superiore alla sensibilità strumentale. Sono quindi stati trascurati i cereali, gli ortaggi e la frutta, tranne le castagne e considerati invece il latte di cascina, la carne bovina, i funghi, il miele, il succo di mirtillo e la selvaggina (cinghiali).

La concentrazione di Cs-137 è stata ottenuta mediando tutti i valori di concentrazione risultati superiori alla sensibilità strumentale nel corso dell'anno; questo tipo di approccio è decisamente conservativo, perché in questo modo vengono trascurati tutti i valori inferiori alla sensibilità strumentale; la concentrazione così stimata è senz'altro superiore alla concentrazione media reale.

Nella tabella seguente sono riportati i risultati delle valutazioni dosimetriche per ingestione per la popolazione adulta per l'anno 2012.

Alimento	Consumo	coeff.	Cs-137 Bq/kg	Dose efficace mSv/anno
	kg/anno	Sv/Bq	2012	2012
Carne bovina	50	1,30E-08	0,49	0,0003
Latte e derivati	105	1,30E-08	0,52	0,0007
<b>TOTALE Cs-137</b>				0,0010
Limite di non rilevanza radiologica mSv				0,0100
Limite dose efficace mSv/anno				1,0000

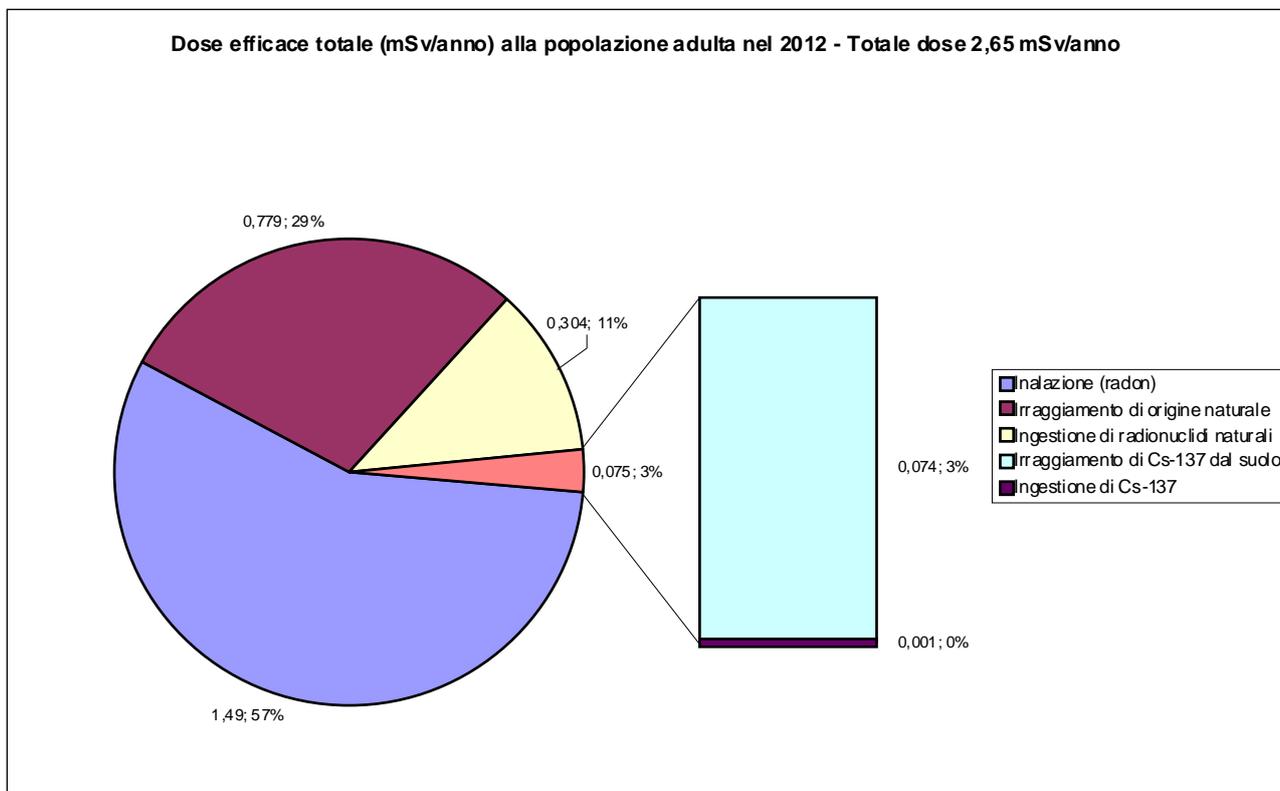
**Tabella 6: Dose efficace da ingestione di alimenti contaminati da Cs-137 per gli adulti (> 17 anni) considerando solamente gli alimenti base della dieta umana contaminati da Cs-137.**

Alimento	Consumo	coeff.	Cs-137 Bq/kg	Dose efficace mSv/anno
	kg/anno	Sv/Bq	2012	2012
Funghi	20	1,30E-08	103,24	0,0268
Miele	20	1,30E-08	3,58	0,0009
Castagne	20	1,30E-08	2,92	0,0008
Succo mirtillo	40	1,30E-08	9,56	0,0050
Cinghiale	50	1,30E-08	13,47	0,0088
<b>TOTALE DOSE Cs-137</b>				<b>0,0423</b>
Limite dose efficace mSv/anno				1,0000
Dose media da radioattività naturale				2,5730

**Tabella 7: Dose efficace da ingestione per gli adulti (> 17 anni) considerando solamente gli alimenti particolarmente radio-accumulatori.**

Dalle tabelle si osserva come la dose calcolata solamente con gli alimenti di base della dieta umana sia un ordine di grandezza inferiore a quella calcolata con gli alimenti particolarmente radio-accumulatori. Tuttavia in entrambi i casi i valori di dose sono di gran lunga inferiori al limite di 1 mSv/anno imposto dalla normativa (D.Lgs. 230/95 e s.m.i.). Questo limite non viene raggiunto neanche se si sommano i contributi dovuti all'inalazione di radionuclidi artificiali o all'irraggiamento da parte di essi.

Come si può vedere infatti dalla figura seguente, la dose dovuta alla radioattività naturale è di gran lunga superiore a quella originata dalla radioattività artificiale (escludendo le esposizioni per scopi medici, delle quali è riportata la dose media a un individuo della popolazione).



**Figura 15: Dose efficace totale alla popolazione piemontese adulta nel 2012. Si nota come il contributo della radioattività artificiale sia molto inferiore a quello della radioattività naturale.**

## 4 ALTRE ATTIVITA'

### 4.1 VIGILANZA

Nell'attività di vigilanza rientrano tutte quelle attività mirate al controllo delle fonti di radiazioni ionizzanti e all'esposizione potenziale che possono causare alla popolazione.

Le numerose sorgenti utilizzate in campo industriale (rivelatori di fumo, misuratori di spessori, calibri, ecc.), medico (diagnostica e terapia) o di ricerca (radiobiologia, marcatura di farmaci, ecc.) possono portare a una dispersione nell'ambiente di sostanze radioattive.

#### 4.1.1 Attività di prevenzione

Per ridurre il rischio che sorgenti non più utilizzate vadano disperse, la normativa italiana prevede un regime di controllo sulle sorgenti ad alta attività tramite un decreto specifico (D.Lgs. 52/2007) e un regime autorizzativo per tutti gli utilizzatori di sorgenti con una attività (o di macchine radiogene con una potenza) superiore a determinati valori. Essi devono infatti essere in possesso di un nulla osta preventivo, rilasciato a seconda dei casi dalla Prefettura territorialmente competente o dal Ministero. L'Arpa svolge un ruolo di supporto, fornendo un parere tecnico agli organi preposti al rilascio. Nella tabella seguente sono indicati i pareri rilasciati nel 2012.

	<b>Numero pareri</b>
Tubi radiogeni (analizzatore di materiali)	7
Tubi radiogeni per radiografie industriali	1
Rivelatori di fumo	4
Misuratori grammatura carta	2
Altro	1

**Tabella 8: Pareri tecnici rilasciati per la concessione/revoca di nulla osta all'impiego di sorgenti industriali nel 2012.**

Tutti gli utilizzatori di sorgenti di radiazioni ionizzanti, sia di quelle soggette a nulla osta che quelle per cui esiste ai sensi di legge solo l'obbligo di comunicazione, vengono censiti in un database, realizzato e alimentato da Arpa Piemonte. Con il passare del tempo questo database diventerà sempre più aggiornato e potrà fornire un valido aiuto nell'individuazione di impianti a rischio radiologico.

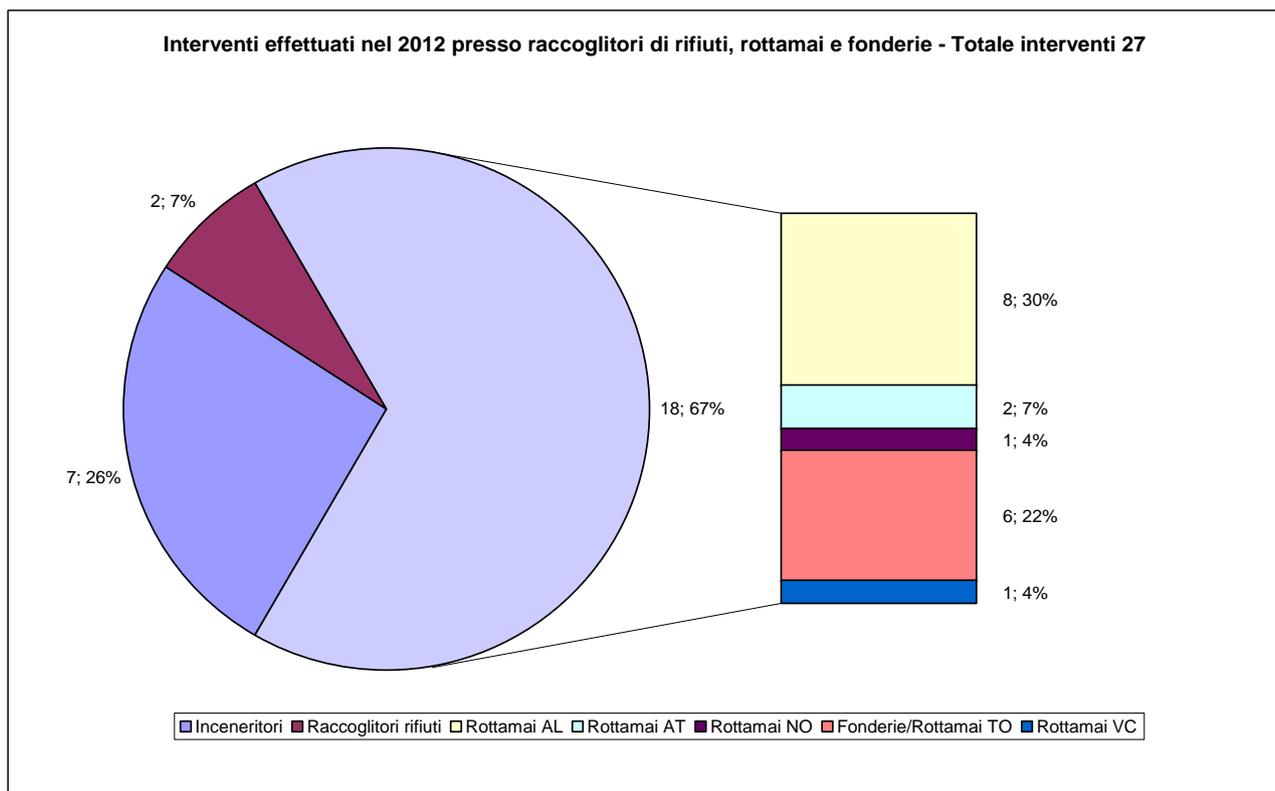
#### **4.1.2 Sorgenti utilizzate in campo industriale**

Le sorgenti industriali sono generalmente allo stato solido e hanno tempi di dimezzamento a volte molto lunghi. Se per errore finiscono in un carico di rifiuti o di rottami possono, oltre che irraggiare gli operai vicini, anche procurare una contaminazione territoriale. La normativa di settore prevede che chiunque commerci, abbia in deposito o fonda rottami metallici è tenuto alla sorveglianza radiometrica, mentre sono soggetti a tale obbligo solo gli importatori di semilavorati da paesi non comunitari (D.Lgs. 239/94, D.Lgs. 100/2011, L.R. 5/2010, DGR 37 –2776 del 18 ottobre 2011).

Nel 2012 l'ARPA Piemonte ha effettuato diversi controlli preventivi presso rottamai e fonderie. Scopo dei controlli non è solamente verificare che nel materiale presente al momento sul sito non vi siano sorgenti radioattive, ma soprattutto quello di informare sugli obblighi derivanti dalla normative e sulla necessità di effettuare i controlli da parte delle ditte stesse.

In alcuni casi gli interventi sono stati eseguiti in seguito alla segnalazione da parte di ditte già dotate di sistemi di controllo quando tali sistemi rivelavano anomalie radiometriche sui carichi in ingresso.

Fanno inoltre parte di questa categoria anche le verifiche presso cantieri in cui vengono effettuate radiografie o gammagrafie industriali. Questo tipo di controlli, effettuati appunto con raggi gamma o con raggi X molto energetici, sono un particolare settore industriale dove il rischio di esposizione indebita non è riferito solo ai lavoratori, ma può interessare anche la popolazione. Infatti se non vengono rispettate le misure di sicurezza è possibile che vi sia un incremento anche significativo del rateo di dose nell'ambiente circostante durante lo svolgimento di queste attività.



**Figura 16: Interventi di controllo effettuati presso impianti di recupero rottami, rottamai e fonderie nel corso del 2012.**

#### 4.1.3 Sorgenti utilizzate in campo medico

Le sorgenti liquide utilizzate in medicina e nella ricerca scientifica hanno in genere tempi di dimezzamento relativamente brevi (ore o giorni). Dopo un opportuno tempo di stoccaggio presso la ditta utilizzatrice, perdono quindi le loro proprietà radioattive e possono essere smaltite alla stregua dei rifiuti non radioattivi. Possono quindi difficilmente venire rivelate in ambiente, a meno che non vengano immesse con continuità. Il caso più conosciuto è quello dello I-131, che viene ormai sempre rivelato nel sedimento fluviale (DMOS - Detrito Minerale Organico Sedimentabile) dei principali fiumi della nostra regione, specie a valle dei grossi centri urbani. Questo radionuclide viene introdotto nel paziente (che diventa quindi egli stesso una sorgente radioattiva), e viene successivamente smaltito dall'organismo con gli escreti, il sudore. Per questo motivo le strutture sanitarie hanno luoghi separati per la degenza dei pazienti, nonché un sistema fognario che prevede la conservazione degli escreti radioattivi fino al completo decadimento dell'attività. Tuttavia i pazienti vengono dimessi con ancora in corpo una certa quantità di radioattività, che viene escretata nel sistema fognario domestico e successivamente viene ritrovata nei sedimenti fluviali (Figura 7). La radioattività dei pazienti viene anche trasferita a oggetti personali quali lenzuola, fazzoletti, pannolini, ecc Tali oggetti, quando non vengono conservati per tempi sufficientemente lunghi, possono dare allarmi ai grossi centri di raccolta dei rifiuti, quali gli inceneritori di rifiuti urbani.

#### 4.2 PROGETTI E ATTIVITA' DI SERVIZIO

Oltre la vigilanza dei rottami metallici e dei semilavorati metallici di importazione e al controllo dei radionuclidi di origine medica dispersi in ambiente, nel 2012 sono stati effettuati altri interventi in realtà industriali specifiche o su richiesta di organi istituzionali. In

particolare l'Arpa Piemonte è stata impegnata nei controlli per la bonifica di un capannone in provincia di Alessandria utilizzato in passato per deposito di materiale radioattivo. Questo lavoro è durato circa due mesi (luglio e agosto) durante i quali sono stati effettuati numerosi sopralluoghi in loco per prelevare i campioni da sottoporre ad analisi in laboratorio (principalmente smear-tests analizzati con la tecnica della scintillazione liquida per la misura di particelle beta di H3 e C14).

Nella tabella seguente sono riportati alcuni dati di questo lavoro:

<b>Attività svolta</b>	<b>N° campioni</b>
Numero fusti da trasferire	2159
Analisi di smear tests fusti	650
Analisi di smear tests pavimento	64
Analisi beta di liquidi contaminati	19
Analisi di spettrometria gamma	5
Misure di dose gamma in aria	64

**Tabella 9: Attività connesse alla bonifica di un capannone utilizzato per il deposito di sostanze radioattive.**

E' inoltre stato effettuato un monitoraggio straordinario presso una acciaieria dopo la decontaminazione dell'impianto da Cs-137 diffusosi a causa di una sorgente fusa accidentalmente. Sono state analizzate le acque di processo, le polveri di abbattimento fumi, le scorie e il particolato atmosferico in un punto esterno all'impianto. La tabella seguente riassume le analisi.

<b>Matrice</b>	<b>Numero campioni analizzati</b>
Particolato atmosferico	30
Acque di processo	6
Polvere di abbattimento fumi	4
Scorie	6

**Tabella 10: Campioni analizzati nell'ambito delle operazioni di bonifica dopo la fusione accidentale di una sorgente di Cs-137.**

Ulteriori analisi di spettrometria gamma sono riportate nella tabella seguente.

<b>Ambito</b>	<b>Matrice</b>	<b>Numero campioni analizzati</b>
Monitoraggio impianto raccolta rifiuti	Rifiuti solidi	3
	Rifiuti liquidi	1
	Suolo	1
Monitoraggio fonderia	Polveri di abbattimento fumi	20
Progetto NORM	Rifiuti solidi	8
	Roccia	11
	Acqua profonda	1
Sito contaminato	Suolo	2

**Tabella 11: Analisi di spettrometria gamma effettuate nel 2012 per servizio.**

## 4 CONCLUSIONI

La contaminazione radioattiva di origine artificiale si riscontra ormai solamente in poche, specifiche matrici. Nelle matrici ambientali il Cs-137 è sempre presente in quantità apprezzabili nei suoli, sedimenti e fanghi, ma non nel particolato atmosferico e nell'acqua fluviale, dove i livelli sono estremamente bassi, al di sotto della normale sensibilità strumentale. Anche negli alimenti è molto spesso inferiore alla sensibilità strumentale. Quando viene riscontrato, le concentrazioni misurate sono comunque dell'ordine della frazione di Bq/kg, al massimo 2 Bq/kg. Solo per alcuni specifici alimenti (miele, funghi, castagne) sono state misurate concentrazioni più elevate, che vanno da qualche Bq/kg a decine di Bq/kg.

Lo I-131 invece non viene di norma misurato e si attesta sempre su valori inferiori alla sensibilità strumentale, tranne che per il sedimento fluviale, che incorpora gli scarichi fognari ospedalieri e urbani.

I valori misurati non sono tuttavia significativi da un punto di vista dosimetrico, attestandosi su valori che forniscono dosi molto più basse non solo del limite di legge (1 mSv/anno) ma anche della soglia di rilevanza radiologica (10  $\mu$ Sv/anno). Infatti le valutazioni dosimetriche effettuate evidenziano che la dose da ingestione di alimenti contaminati da radionuclidi artificiali è ben inferiore a quella dovuta all'ingestione di radionuclidi naturali.

Se si escludono quindi gli impieghi di tipo sanitario, emerge quindi con chiarezza che, dal punto di vista dosimetrico, la componente naturale è di gran lunga la più importante. A questo proposito si può anche aggiungere che gli unici interventi che possono essere messi in campo per limitare in modo apprezzabile le dosi alla popolazione riguardano appunto la radioattività naturale e in particolare il radon, soprattutto in quelle zone, individuate dalle mappe elaborate da Arpa, dove è più probabile trovare concentrazioni elevate di questo gas radioattivo.