

**DIPARTIMENTO RISCHI FISICI E TECNOLOGICI**  
**Struttura Semplice Radiazioni ionizzanti e Siti nucleari**

**RETI DI MONITORAGGIO, RETE DI ALLERTA E ATTIVITA' DI VIGILANZA**  
**RADIOMETRICA DI ARPA PIEMONTE – RESOCONTO ANNO 2022**

Relazione tecnica n. 40/SS21.02/2023

<b>Redazione</b>	<b>Funzione:</b> Componente SS Radiazioni ionizzanti e Siti nucleari	
	<b>Nome:</b> Maria Clivia Losana	
	<b>Funzione:</b> Componente SS Radiazioni ionizzanti e Siti nucleari	
	<b>Nome:</b> Luca Bellina	
<b>Verifica</b>	<b>Funzione:</b> Responsabile SS Radiazioni ionizzanti e Siti nucleari	
	<b>Nome:</b> Mauro Magnoni	
<b>Approvazione</b>	<b>Funzione:</b> Responsabile Dipartimento Rischi fisici e tecnologici	
	<b>Nome:</b> Giovanni d'Amore	

**ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Rischi fisici e tecnologici**

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 0125645358 - Codice Fiscale - Partita IVA 07176380017

Pec: [radiazioni@pec.arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni@pec.arpa.piemonte.it) E-mail: [djp.rischi.fisici.tecnologici@arpa.piemonte.it](mailto:djp.rischi.fisici.tecnologici@arpa.piemonte.it)

**Struttura Semplice Radiazioni ionizzanti e Siti nucleari**

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850 - E-mail: [ionizzanti.siti.nucleari@arpa.piemonte.it](mailto:ionizzanti.siti.nucleari@arpa.piemonte.it)

## INDICE

1	PREMESSA	3
2	LE STRATEGIE DI CONTROLLO	3
3	LE RETI DI MONITORAGGIO E LA RETE DI ALLARME	5
4	METODOLOGIA DI MISURA E METODI DI PROVA	6
5	STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	7
6	ATTIVITA' DI MONITORAGGIO	7
7	VALUTAZIONI DOSIMETRICHE	39
8	ATTIVITA' DI VIGILANZA E CONTROLLO	44

**ARPA Ente di diritto pubblico – Dipartimento Rischi fisici e tecnologici**

Via Jervis, 30 - 10015 Ivrea (TO) - Tel. 012564511 - fax 0125645358 - Codice Fiscale - Partita IVA 07176380017

Pec: [radiazioni@pec.arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni@pec.arpa.piemonte.it) E-mail: [djp.rischi.fisici.tecnologici@arpa.piemonte.it](mailto:djp.rischi.fisici.tecnologici@arpa.piemonte.it)

**Struttura Semplice Radiazioni ionizzanti e Siti nucleari**

Via Trino, 89 – 13100 Vercelli – Tel. 0161269884 – fax 0161269850 - E-mail: [ionizzanti.siti.nucleari@arpa.piemonte.it](mailto:ionizzanti.siti.nucleari@arpa.piemonte.it)

## **1 PREMESSA**

In questa relazione vengono presentati i risultati relativi all'anno 2022 delle analisi radiometriche effettuate nell'ambito delle reti regionale e nazionale di monitoraggio della radioattività ambientale, della rete di allerta nonché dell'attività di vigilanza svolta da ARPA Piemonte sul territorio regionale presso le aziende e gli impianti, diversi da quelli del ciclo del combustibile nucleare, che possono essere fonte di rischio radiologico per l'ambiente e la popolazione.

Il quadro legislativo di riferimento è costituito dal D. Lgs. 31 luglio 2020, n. 101 "Attuazione della direttiva 2013/59/Euratom che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti". Questa norma racchiude in sé tutti gli aspetti legati alla presenza e all'utilizzo di radiazioni ionizzanti, sia naturali che artificiali, in tutti i settori e abroga le norme precedenti, diventando quindi l'unico riferimento normativo di settore. L'art. 152 "Controllo sulla radioattività ambientale" afferma che "il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare esercita il controllo sulla radioattività ambientale e il Ministero della salute esercita il controllo sugli alimenti e bevande per consumo umano e animale. I ministeri si danno reciproca informazione sull'esito dei controlli effettuati. Il complesso dei controlli è articolato in reti di sorveglianza regionale e reti di sorveglianza nazionale, i cui dati confluiscono nella banca dati della rete nazionale di sorveglianza della radioattività ambientale istituita ai sensi dell'articolo 104, del decreto legislativo n. 230 del 1995". La gestione delle reti uniche regionali è demandata alle singole Regioni le quali, per l'effettuazione dei campionamenti e delle misure, debbono avvalersi delle strutture pubbliche idoneamente attrezzate.

In quest'ambito la Regione Piemonte si avvale di Arpa Piemonte ed ha emanato le disposizioni per lo svolgimento di dette attività di monitoraggio con la Legge Regionale n. 5 del 18 febbraio 2010 "Norme sulla protezione dai rischi da esposizione a radiazioni ionizzanti" e con la DGR n. 17-11237 del 9 dicembre 2003 "Disposizioni per lo svolgimento delle attività di controllo e di sorveglianza ambientale in materia di radiazioni ionizzanti degli impianti nucleari e di altre particolari installazioni di cui al D.Lgs. 17 marzo 1995, n. 230 e s.m.i." revocata e sostituita dalla DGR n. 23-6389 del 19/01/2018 "Legge Regionale n. 5 del 18 febbraio 2010 Norme sulla protezione dai rischi da esposizione a radiazioni ionizzanti - Direttive per le attività di controllo ambientale della radioattività di origine naturale ed artificiale. Revoca della DGR 17-11237 del 9 dicembre 2003".

## **2 LE STRATEGIE DI CONTROLLO**

L'origine delle reti di monitoraggio della radioattività ambientale risale agli anni immediatamente successivi all'incidente alla centrale nucleare di Chernobyl nel 1986. Nei giorni seguenti al 26 aprile, data dell'incidente, la nube radioattiva raggiunse gran parte dell'Europa e arrivò in Italia il primo maggio. Il Paese si trovò così a dover far fronte a un'emergenza alla quale non era preparato: erano infatti pochi i laboratori allora in grado di eseguire misure di radioattività ambientale per stimare la reale contaminazione radioattiva del territorio italiano e valutare l'impatto dosimetrico sulla popolazione. In seguito a questo evento venne quindi istituita dall'allora Ministero della Sanità, in collaborazione col Ministero dell'Ambiente, una rete nazionale che prevedeva un Centro di Riferimento Regionale (CRR) in ogni regione. Ai diversi CRR fu fornita a suo tempo anche la strumentazione necessaria per svolgere le analisi e furono organizzati corsi di formazione per il personale. Per il Piemonte il CRR, inizialmente individuato nel Laboratorio di Sanità Pubblica dell'USL di Ivrea, confluì poi in Arpa Piemonte con l'istituzione dell'Agenzia nel 1997. Lo scopo

della rete nazionale è duplice: 1) misurare la contaminazione radioattiva di origine artificiale sul territorio nazionale, ancora misurabile negli anni successivi al 1986, per valutare così la dose alla popolazione derivante dalla suddetta contaminazione; 2) individuare tempestivamente possibili nuovi incidenti nucleari.

A completamento della rete nazionale, oggi coordinata da ISIN (Ispettorato Nazionale per la Sicurezza Nucleare e la Radioprotezione) si è poi aggiunta una rete regionale, volta ad integrare la rete nazionale con altri campioni, specifici della realtà regionale.

### ***Livelli di riferimento***

La normativa di riferimento (D. Lgs. 101/2020) pone dei valori limite sulla dose efficace, data dalla somma delle dosi efficaci ricevute per esposizione esterna e impegnate per inalazione o per ingestione a seguito dell'introduzione di radionuclidi verificatesi nel periodo di riferimento. Per la popolazione il limite è fissato in 1 mSv/anno; tale limite non tiene conto della dose dovuta alla radioattività naturale ed a eventuali situazioni incidentali. Secondo la normativa vigente (allegato I del D. Lgs. 101/2020) può ai fini pratici considerarsi trascurabile un valore di dose efficace inferiore ai 10 microSv per anno solare, che per questo motivo è chiamato anche livello di non rilevanza radiologica.

Tutti questi limiti espressi in termini di dose efficace (e misurati quindi in Sievert) non sono però direttamente confrontabili con i risultati analitici delle misure di radioattività effettuate su campioni ambientali o alimentari: queste infatti forniscono dei valori espressi in termini di concentrazione di attività (Bq/kg, Bq/l, ecc.) che indicano semplicemente la quantità di elementi radioattivi nell'unità di volume o massa; la dose efficace complessiva è invece una grandezza derivata che non si può misurare direttamente ma si calcola a partire dai valori di concentrazione di attività presenti nelle varie matrici.

La dose efficace deve quindi essere calcolata a partire dalle varie vie di esposizione tramite cui le radiazioni vengono assorbite dall'uomo. Le principali sono tre:

- Inalazione;
- Ingestione;
- Irraggiamento.

In caso di grave incidente nucleare, come ad esempio al tempo dell'incidente di Chernobyl, è necessario prenderle in considerazione tutte e tre, in quanto la nube radioattiva presente in aria può dare un contributo sia alla dose da inalazione che alla dose da irraggiamento e ingestione tramite la deposizione al suolo e la contaminazione degli alimenti. Terminato il passaggio della nube, di solito dopo pochi giorni, l'inalazione cessa di essere significativa, mentre irraggiamento dal suolo e ingestione continuano ad essere importanti. Oggigiorno irraggiamento e ingestione sono le sole due vie di esposizione ad essere prese in considerazione per la stima della dose efficace. Tuttavia anch'esse, col passare degli anni, sono significativamente diminuite al punto tale che la dose efficace alla popolazione dovuta alla radioattività di origine artificiale presente in ambiente risulta ormai molto inferiore non solo al limite di 1 mSv/anno ma anche al livello di non rilevanza radiologica di 10  $\mu$ Sv/anno. Ciò non toglie importanza alle reti di monitoraggio, in quanto la conoscenza della contaminazione ambientale attualmente presente è di rilevanza fondamentale per la valutazione del "punto zero" ambientale, cioè dei livelli di radioattività ambientali presenti in

questo momento a cui ci si deve riferire per la valutazione dell'impatto di eventuali nuovi incidenti radiologici o nucleari, anche di origine estera.

Al fine di una tempestiva individuazione di gravi incidenti è stata poi istituita da ARPA Piemonte (a partire dal 2006), accanto al sistema di monitoraggio delle reti nazionale e regionale, basato sul prelievo e l'analisi di matrici ambientali e alimentari, anche una rete di allarme *ad hoc*. Costituita da 29 sensori Geiger-Mueller distribuiti sul territorio regionale essa è molto meno sensibile delle reti di monitoraggio basate sul campionamento di matrici (particolato atmosferico, fallout, alimenti, ecc.), ma è in grado di rispondere in tempo quasi reale. Per intenderci, una rete di allarme come quella attualmente in esercizio sarebbe stata tranquillamente in grado di riscontrare tempestivamente un'anomalia radiometrica simile a quella dovuta all'incidente di Chernobyl.

Dall'epoca della sua messa in funzione (2006) non sono mai state registrate anomalie radiometriche significative. L'unico incidente nucleare e radiologico importante occorso in questo periodo, cioè l'incidente di Fukushima del 2011, era troppo distante perché le sue emissioni radioattive fossero in grado di far aumentare in modo significativo il fondo naturale di radiazione. Tracce dell'evento vennero tuttavia rilevate da analisi di laboratorio molto sensibili, effettuate analizzando campioni di particolato atmosferico prelevati nell'ambito delle reti di monitoraggio: fu così possibile rilevare ad esempio la presenza di deboli tracce di I-131 di origine giapponese.

### **3 LE RETI DI MONITORAGGIO E LA RETE DI ALLARME**

Le reti di monitoraggio sono articolate in rete nazionale per la sorveglianza radiometrica ambientale (rete RESORAD) e rete regionale. La prima è coordinata a livello nazionale da ISIN (ex ISPRA) e, con il contributo di tutte le regioni italiane, ha lo scopo di monitorare la radioattività di origine artificiale sul territorio nazionale, per arrivare a una valutazione dosimetrica per la popolazione italiana. Nell'ambito di questa rete vengono analizzate sia matrici ambientali che matrici alimentari consumate dalla popolazione piemontese. I dati che annualmente tutte le regioni inviano a ISIN vengono caricati a cura di ISIN stesso su un database europeo. La rete regionale integra e completa quella nazionale. Viene concordata con la Regione Piemonte e prevede l'analisi di matrici specifiche del territorio piemontese. I radionuclidi di interesse, per entrambe le reti, sono in particolare quelli di origine artificiale, *in primis* il Cs-137 che, disperso nell'ambiente a seguito dell'incidente alla centrale nucleare di Chernobyl, viene ancora misurato in talune matrici, sia ambientali che alimentari. In particolari matrici vengono ricercati anche lo Sr-90 e il Plutonio. Il monitoraggio dello I-131 viene effettuato per identificare prontamente eventuali incidenti nucleari recenti, soprattutto di origine internazionale, essendo tale radionuclide emesso nelle prime fasi di un incidente che coinvolge centrali elettronucleari.

Il campionamento delle matrici ambientali è a carico del personale Arpa, mentre per le matrici alimentari ci si avvale della collaborazione degli organi del sistema sanitario (ASL) che attraverso le strutture di prevenzione recapitano ad Arpa gli alimenti, sia di origine agricola che animale.

La rete di allarme non è basata sull'analisi di campioni in laboratorio, ma sulla misura in continuo del rateo di dose gamma in aria da parte di rivelatori Geiger-Mueller posizionati in diversi punti del territorio piemontese. I rivelatori, in tutto 29, sono stati installati lungo tutto l'arco alpino di confine della regione e nelle principali città piemontesi. La trasmissione dati avviene ogni dieci minuti, sfruttando i ponti radio già esistenti per i dati meteorologici, dal momento che le sonde Geiger-Mueller sono state installate presso le stazioni meteo di Arpa Piemonte.

#### 4 METODOLOGIA DI MISURA E METODI DI PROVA

I metodi utilizzati per l'esecuzione delle analisi – contenuti nel “Catalogo prove” di Arpa Piemonte – sono stati scelti per permettere la determinazione quantitativa dei radionuclidi di interesse nell'ambito del monitoraggio della radioattività ambientale (Cs-137, Cs-134, I-131, Sr-90 e plutonio). Sullo stesso campione possono essere eseguite più determinazioni, applicando metodi diversi in funzione dei nuclidi di interesse. Tra questi:

- la spettrometria gamma permette la determinazione simultanea, qualitativa e quantitativa, dei radionuclidi gamma emettitori presenti nella matrice considerata, sia artificiali sia naturali, ed in particolare permette di individuare con elevatissima sensibilità la presenza di radioisotopi quali Cs-137 e I-131. Può essere eseguita direttamente sul campione senza la necessità di effettuare processi di separazione dei radionuclidi e pertanto viene eseguita sulla quasi totalità dei campioni;
- la determinazione dell'attività alfa totale e beta totale permette la quantificazione dell'attività imputabile a tutti i radionuclidi alfa emettitori e beta emettitori presenti nel campione, senza consentirne l'analisi qualitativa. Rappresenta un utile strumento per un confronto diretto con i valori di screening fissati per la contaminazione del particolato atmosferico e dell'acqua destinata al consumo umano;
- i metodi radiochimici prevedono la separazione dei singoli radionuclidi alfa emettitori (ad es. plutonio) e beta emettitori (ad es. stronzio) e la loro successiva determinazione quantitativa; si tratta di analisi estremamente laboriose che non sono applicabili su larga scala.

I risultati delle analisi vengono espressi come concentrazioni di attività per il singolo radionuclide riferite al volume o alla massa della matrice considerata (Bq/kg, Bq/l, Bq/m<sup>2</sup> o Bq/m<sup>3</sup>). La sensibilità della misura viene indicata dal limite di rivelabilità, detta anche MAR (Minima Attività Rivelabile): tale grandezza rappresenta la minima quantità di radioattività che la metodica analitica è in grado di rivelare con un determinato grado di probabilità (di solito il 95%). Nel caso in cui non si riveli contaminazione da parte di un certo radionuclide verrà comunque considerato il limite di rivelabilità come limite superiore per la concentrazione del radionuclide stesso (nelle tabelle si vedrà il simbolo <).

Al fine di garantire la qualità dei dati erogati i laboratori della struttura Radiazioni ionizzanti e Siti nucleari:

- sono accreditati UNI CEI EN ISO/IEC 17025 (certificato ACCREDIA n. 0203) per i principali metodi di prova;
- partecipano con cadenza annuale a circuiti di interconfronto nazionali ed internazionali (EC, IAEA ed altri).

L'accreditamento testimonia la competenza tecnica dei laboratori e la conformità del sistema di gestione alla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025 ed a qualsiasi altro criterio prescritto dall'Ente di accreditamento.

Per le analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di prova:

- U.RP.MA076: “Determinazione dei radionuclidi gamma emettitori mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione” – UNI 11665: 2017 Determinazione di radionuclidi gamma emettitori mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione – metodo normalizzato accreditato ISO 17025 (Certificato ACCREDIA n. 0203 Sede E Ivrea);

- U.RP.MA009: “Determinazione del contenuto di attività alfa e beta totale nelle acque non saline mediante scintillazione liquida” – UNI EN ISO 11704: 2019 Qualità dell’acqua – Misura della concentrazione di attività alfa e beta totale in acque non saline – Metodo del conteggio per scintillazione liquida – metodo normalizzato accreditato ISO 17025 (Certificato ACCREDIA n. 0203 Sede E Ivrea);
- U.RP.M994 “Determinazione del contenuto di attività di H-3 in acqua mediante scintillazione liquida” – UNI EN ISO 9698: 2019 Qualità dell’acqua - Determinazione dell’indice di attività del trizio - Metodo di conteggio per scintillazione liquida – metodo normalizzato accreditato ISO 17025 (Certificato ACCREDIA n. 0203 Sede E Ivrea);
- U.RP.M808: “Determinazione del contenuto di attività alfa e beta totale nel particolato atmosferico – APAT CTN-AGF AB01”;
- U.RP.MA078: “Determinazione di Sr-89 e Sr-90 negli alimenti” – HASL 300, 28th edition, Vol II, Sr-02-RC, rev. 0, 1997 + UNI EN ISO 13160:2015 Qualità dell’acqua – Stronzio 90 e Stronzio 89 Metodo di prova per conteggio in scintillazione liquida o con contatore proporzionale;
- U.RP.MA017: “Determinazione della concentrazione di attività uranio in acqua” – ISO 13166: 2020 Determinazione degli isotopi di uranio in acqua;
- U.RP.MA008 “Determinazione di Sr-89 e Sr-90 in acqua” - UNI EN ISO 13160:2021 Qualità dell’acqua – Stronzio 90 e Stronzio 89 Metodo di prova per conteggio in scintillazione liquida o con contatore proporzionale;
- U.RP.MA007 “Determinazione di Sr-89 e Sr-90 nel suolo” - UNI EN ISO 18589-5: 2021 Misurazione della radioattività nell’ambiente – Suolo Parte 5: Stronzio 90 – Metodo di misura attraverso contatore proporzionale o a scintillazione liquida.
- U.RP.MA082 “Determinazione degli isotopi di plutonio nel suolo” – UNI ISO 18589-4: 2021 Misurazione della radioattività nell’ambiente – Suolo Parte 4: Plutonio 238 e plutonio 239/240 – Metodo di misura attraverso spettrometria alfa
- U.RP.MA079 “Determinazione degli isotopi di Americio, Curio, Nettunio e Plutonio in acqua” – ISO 13167:2015

## 5 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per le analisi e i rilievi radiometrici è stata utilizzata la seguente strumentazione:

- catene spettrometriche gamma con rivelatore al germanio iperpuro di tipo p o di tipo n e software di elaborazione ORTEC “GammaVision”;
- contatore a flusso di gas Berthold per misure alfa/beta totale e conteggi beta basso fondo (Sr-90);
- contatore a scintillazione alfa-beta “Quantulus” ultra low level;
- catene spettrometriche alfa con rivelatore al silicio a barriera superficiale;
- Geiger-Mueller Gamma-Tracer Saphymo (per la rete gamma di allerta).

## 6 ATTIVITA' DI MONITORAGGIO

In questa sezione sono riportati in forma sintetica i risultati delle misure insieme ed alcuni grafici con gli andamenti storici delle concentrazioni dei radionuclidi di interesse nelle principali matrici alimentari ed ambientali, mentre per il dettaglio dei dati analitici si rimanda alle tabelle dell'Allegato 1. Per agevolare la comprensione dei risultati delle misure eseguite, in alcuni grafici sono riportate le linee corrispondenti ai diversi limiti di legge. In particolare per gli alimenti si fa riferimento al Regolamento di esecuzione (UE) 2020/1158 della Commissione del 5 agosto 2020 che abroga i precedenti regolamenti emanati in seguito all'incidente di Chernobyl del 1986 ormai non più in vigore. Il regolamento ribadisce che per l'importazione di alimenti da paesi terzi la somma di Cs-137 e Cs-134 non deve essere superiore a 370 Bq/kg per i prodotti lattiero-caseari e per gli alimenti per l'infanzia e superiore a 600 Bq/kg per tutti gli altri alimenti. Normalmente i valori di concentrazione misurati sono molto inferiori a questi limiti; spesso anzi non vengono riscontrate tracce di radionuclidi artificiali. In questi casi viene allora riportato il Limite di Rivelabilità, detto anche Minima Attività Rivelabile (MAR). Nelle linee guida ISPRA n° 83/2012 "Linee guida per il monitoraggio della radioattività" sono riportate le MAR, per diversi radionuclidi e diverse matrici, che occorre raggiungere per avere misure adeguate ai requisiti tecnici richiesti per le reti di sorveglianza. I valori di MAR sono riportati nella seguente tabella.

Tabella 1 - Valori della Minima Attività Rivelabile (MAR) raccomandati nelle linee guida ISPRA 83/2012.

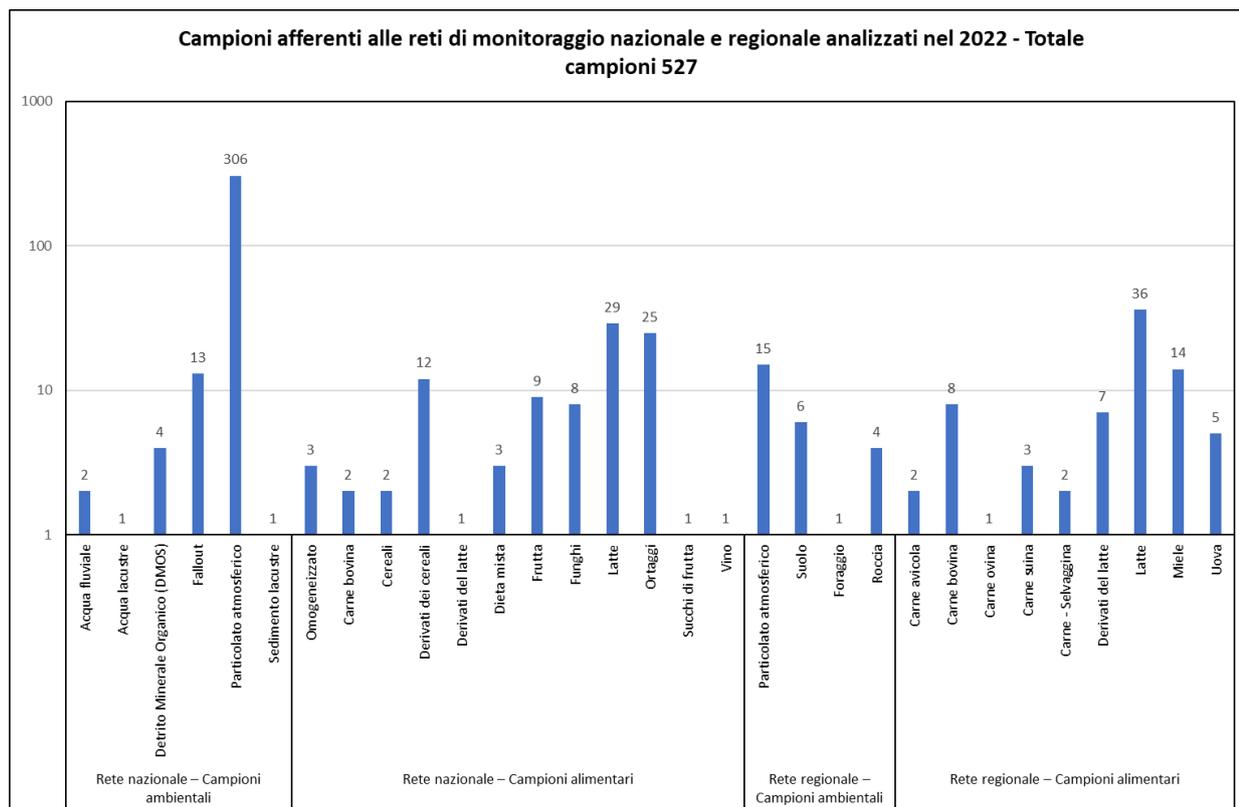
Matrice	Radionuclide	Rete fitta	Rete diradata
Particolato atmosferico	Cs-137	10 <sup>-4</sup> Bq/m <sup>3</sup> sul campione composito mensile	10 <sup>-4</sup> Bq/m <sup>3</sup> sul campione giornaliero 10 <sup>-6</sup> Bq/m <sup>3</sup> sul campione composito mensile
	Attività beta totale	10 <sup>-4</sup> Bq/m <sup>3</sup>	
Deposizione umida e secca (fallout)	Cs-137	10 <sup>-1</sup> Bq/m <sup>2</sup>	10 <sup>-1</sup> Bq/m <sup>2</sup>
	Sr-90	-	10 <sup>-2</sup> Bq/m <sup>2</sup> sul campione composito semestrale
	Plutonio	-	10 <sup>-3</sup> Bq/m <sup>2</sup> sul campione composito semestrale
Acque superficiali	Cs-137	10 <sup>-1</sup> Bq/l	10 <sup>-4</sup> Bq/l
	Attività beta residua	10 <sup>-1</sup> Bq/l	10 <sup>-1</sup> Bq/l
Acqua potabile	Cs-137	10 <sup>-2</sup> Bq/l	10 <sup>-2</sup> Bq/l
	Sr-90	10 <sup>-2</sup> Bq/l	10 <sup>-2</sup> Bq/l
	H-3	10 Bq/l	10 Bq/l
	Beta totale	10 <sup>-1</sup> Bq/l	10 <sup>-1</sup> Bq/l
	Alfa totale	10 <sup>-2</sup> Bq/l	10 <sup>-2</sup> Bq/l
Latte	Cs-137	10 <sup>-1</sup> Bq/l	10 <sup>-1</sup> Bq/l
	Sr-90	10 <sup>-1</sup> Bq/l	10 <sup>-2</sup> Bq/l
Dieta mista	Cs-137	10 <sup>-2</sup> Bq/kg	10 <sup>-2</sup> Bq/kg
	Sr-90	10 <sup>-2</sup> Bq/kg	10 <sup>-2</sup> Bq/kg
Foraggi e mangimi	Cs-137	1 Bq/kg	
	Sr-90	10 <sup>-1</sup> Bq/kg	
DMOS (Detrito Minerale Organico Sedimentabile),	Cs-137	10 <sup>-1</sup> Bq/kg (peso secco)	
	Sr-90	1 Bq/kg (peso secco)	

sedimenti e suolo	Plutonio	10 <sup>-3</sup> Bq/kg (peso secco)
Miele, molluschi, funghi, bacche, selvaggina e pesci carnivori	Cs-137	10 <sup>-1</sup> Bq/kg (peso fresco)
Muschi	Cs-137	1 Bq/m <sup>2</sup> (peso secco)

Come già accennato nelle sezioni precedenti, il principale obiettivo del monitoraggio radiologico ambientale consiste nella stima della dose efficace alla popolazione, grandezza che, in base ai principi della radioprotezione, è ritenuta proporzionale al rischio radiologico indotto dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti. Siccome il calcolo della dose efficace deve necessariamente tenere conto delle tre possibili vie di esposizione (ingestione, inalazione ed irraggiamento), i risultati delle misure sono di seguito riportati per gruppi di matrici contribuenti alle diverse vie di esposizione.

Nel 2022 i campioni analizzati nell'ambito delle reti di monitoraggio sono stati di meno rispetto agli anni precedenti. Infatti a causa di un incendio presso il laboratorio di Vercelli, che effettuava le analisi per le reti locali intorno agli impianti nucleari, l'attività è stata ridimensionata

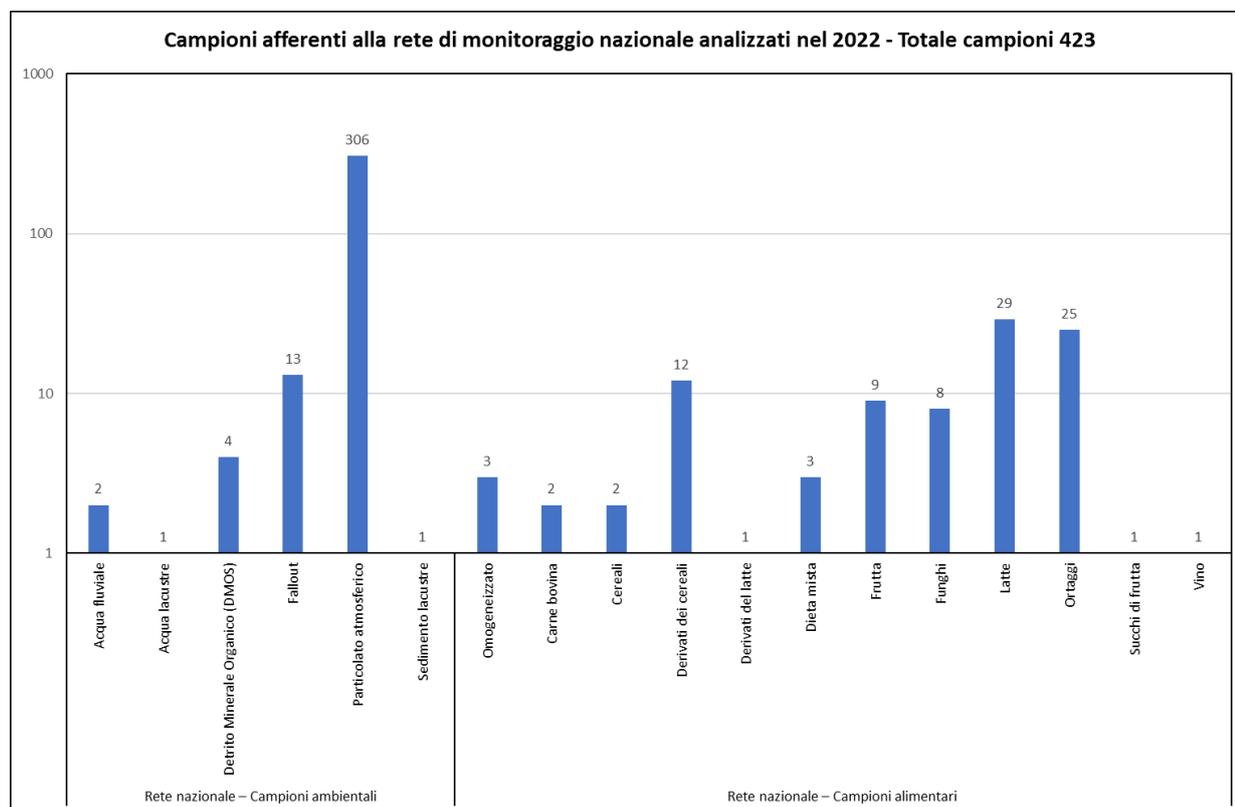
Figura 1 - Tipologia dei campioni analizzati per le reti nazionale e regionale nel 2022 (totale campioni 527).



## 6.1 La rete nazionale

Per la rete nazionale RESORAD sono stati analizzati nell'anno 2022 complessivamente 423 campioni, di cui 96 alimentari, campionati dalle AASSLL competenti per territorio e 327 ambientali, prelevati direttamente da ARPA. Nel grafico seguente sono sinteticamente rappresentate le suddivisioni di questi campioni nelle varie tipologie.

Figura 2 - Tipologia dei campioni analizzati per la rete nazionale nel 2022 (totale campioni 423).



## Matrici funzionali al calcolo della dose da ingestione

### *Acqua potabile*

- *Acquedotto di Torino-Venaria, che serve quasi un milione di utenze.*
- *Fa parte integrante della dieta.*
- *Consumo medio pro capite 548 l/anno per gli adulti (CEVaD/2010).*
- *Volume di circa 300 litri per ottenere una sensibilità molto spinta.*
- *Misura semestrale.*
- *Negli ultimi anni non sono mai state misurate concentrazioni superiori alla sensibilità strumentale: per le analisi di spettrometria gamma dell'ordine di  $10^{-4}$  Bq/l per i radionuclidi di interesse (Cs-134, Cs-137 e I-131).*
- *Purtroppo, a causa del ridimensionamento dell'attività, nel 2022 non sono stati effettuati i campionamenti e le analisi.*

### *Cereali e derivati*

- *Fanno parte integrante della dieta.*
- *Consumo medio pro capite 170,4 kg/anno per gli adulti (da INEA, L'agricoltura italiana conta", INEA, 2011).*
- *Dettaglio dei risultati delle misure in Tabella A1.*
- *2 campioni di cereali (grano tenero e mais) e 12 di derivati (farine, pane, pasta) provenienti dalle province di Torino, Alessandria, Asti, Novara e Vercelli.*
- *Negli anni in queste matrici i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono sempre stati inferiori alla sensibilità strumentale: dell'ordine di  $10^{-1}$  Bq/kg per il Cs-134 e lo I-131. Raramente si misurano concentrazioni di Cs-137 dell'ordine della frazione di Bq/kg.*
- *Nel 2022 i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono stati sempre inferiori al limite di rivelabilità per il Cs-134, il Cs-137 e lo I-131.*

### **Ortaggi**

- *Fanno parte integrante della dieta.*
- *Consumo medio pro capite 44÷72 kg/anno per gli adulti (da INEA, L'agricoltura italiana conta", INEA, 2011).*
- *Dettaglio dei risultati delle misure in Tabella A2.*
- *25 campioni (di cui circa il 70% insalata) provenienti dalle province di Torino, Novara, Vercelli e Verbano-Cusio-Ossola.*
- *Negli anni in queste matrici i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono sempre stati inferiori al limite di rivelabilità, dell'ordine di  $10^{-1}$  Bq/kg per il Cs-134 e lo I-131.*
- *Raramente si misurano concentrazioni di Cs-137 nell'insalata dell'ordine della frazione di Bq/kg.*
- *Nel 2022 i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono stati sempre inferiori al limite di rivelabilità, dell'ordine di  $10^{-1}$  Bq/kg per il Cs-134, il Cs-137 e lo I-131.*

### **Frutta**

- *Fa parte integrante della dieta.*
- *Consumo medio pro capite 54 kg/anno per gli adulti (da INEA, L'agricoltura italiana conta", INEA, 2011).*
- *Dettaglio dei risultati delle misure in Tabella A3.*
- *10 campioni (di cui uno di succo di mirtillo, tre di castagne e due di noci) provenienti dalle province di Torino, Biella, Novara, Vercelli e Verbano-Cusio-Ossola.*
- *La presenza di tracce di Cs-137 (di solito qualche Bq/kg) nelle castagne e nella frutta a guscio è un dato ormai acquisito, dovuto a un più elevato fattore di trasferimento per queste specie.*
- *Valori più elevati, dell'ordine delle decine di Bq/kg di Cs-137 si trovano in campioni di succo di mirtillo: ciò dipende anche al fatto che le aree montane dove crescono i mirtilli furono quelle maggiormente interessata al fallout di Chernobyl.*
- *Tutti i campioni mostrano sempre valori inferiori al limite di rivelabilità (circa  $10^{-1}$  Bq/kg) per il Cs-134 e lo I-131.*
- *Nei tre campioni di castagne e nei due di noci sono state misurate concentrazioni di Cs-137 dell'ordine della decina o più di Bq/kg (valore massimo  $33,5 \pm 3,3$  Bq/kg).*
- *Nel campione di succo di mirtillo, dove si misura sempre il Cs-137, la concentrazione è stata di  $119,5 \pm 8,4$  Bq/kg.*

### **Latte vaccino e derivati**

- *Fanno parte integrante della dieta.*
- *Consumo medio pro capite 93 kg/anno per gli adulti (da INEA, L'agricoltura italiana conta", INEA, 2011).*
- *Dettaglio dei risultati delle misure in Tabella A4 e Tabella A4bis.*
- *29 campioni di latte di cui 2 di latte in polvere, 1 di latte vaccino intero microfiltrato, 11 di latte vaccino intero pastorizzato e 15 di latte vaccino intero UHT provenienti dalle province di Alessandria, Novara, Torino e Vercelli.*
- *1 campione di derivati del latte (yogurt) proveniente dalla provincia di Vercelli.*
- *In queste matrici i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono sempre inferiori al limite di rivelabilità, dell'ordine di  $10^{-1}$  Bq/l per il Cs-134 e lo I-131.*
- *Invece possono essere talora rivelate tracce di Cs-137 sia nel latte che nei derivati.*
- *Nel 2022 i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono stati sempre inferiori al limite di rivelabilità per il Cs-134 e lo I-131 per tutti i campioni, mentre in due campioni sono state misurate tracce di Cs-137 (valore massimo  $0,262 \pm 0,111$  Bq/kg).*
- *Le misure di Sr-90 sul latte pastorizzato hanno fornito sempre valori inferiori al limite di rivelabilità, dell'ordine di  $10^{-2}$  Bq/l.*

### **Carne**

- *Fa parte integrante della dieta.*
- *Consumo medio pro capite 23 kg/anno per gli adulti (da INEA, L'agricoltura italiana conta", INEA, 2011).*
- *Dettaglio dei risultati delle misure in Tabella A5.*
- *2 campioni provenienti dalla provincia di Torino.*
- *In questa matrice i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono sempre inferiori al limite di rivelabilità, dell'ordine di  $10^{-1}$  Bq/kg per il Cs-134 e lo I-131.*
- *Il Cs-137 invece può essere talora rivelato in tracce nella carne di allevamento e in quantità più elevate nella selvaggina.*
- *Nel 2022 i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono stati sempre inferiori al limite di rivelabilità per il Cs-134, il Cs-137 e lo I-131 per tutti i campioni.*

## **Funghi**

- *Non fanno parte integrante della dieta, però sono interessanti per la loro proprietà radio accumulatrici (variabili comunque da specie a specie).*
- *Dettaglio dei risultati delle misure in Tabella A6.*
- *8 campioni di differenti specie (Agaricus, Armillaria, Leccinum, Macrolepiotera, Suillus) provenienti dalle province di Torino, Asti, Cuneo, Vercelli e Verbano-Cusio-Ossola.*
- In questa matrice i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono sempre inferiori al limite di rivelabilità, dell'ordine di  $10^{-1}$  Bq/kg per tutti i radioisotopi artificiali gamma ad eccezione del Cs-137.
- Fino a pochi anni fa è stato possibile rivelare ancora in taluni campioni il Cs-134.
- Il Cs-137 è quasi sempre misurato, talvolta in concentrazioni dell'ordine delle centinaia di Bq/kg.
- Nel 2022 il Cs-137 è stato misurato in quasi nel 50% dei campioni.
- La concentrazione di Cs-137 non è mai risultata superiore o prossima al limite di 600 Bq/kg; il valore più alto, riscontrato nella specie, è stato di  $24,9 \pm 2,6$  Bq/kg.

Le analisi di funghi effettuate nel 2022 sono poche per trovare correlazioni tra le specie di funghi o la provenienza con la concentrazione di Cs-137. Inoltre nei campioni del 2022 le concentrazioni non sono state particolarmente elevate rispetto agli anni scorsi, dove si raggiungevano concentrazioni anche dell'ordine delle centinaia di Bq/kg. Si può notare comunque che il campione con la concentrazione più alta proviene dalla provincia del Verbano-Cusio-Ossola, che è una zona abbastanza contaminata in seguito all'incidente di Chernobyl.

### **Dieta mista**

- *La misura della dieta mista è prevista dalla Raccomandazione 2000/473/Euratom.*
- *I campioni vengono prelevati presso mense scolastiche o ospedaliere.*
- *Dettaglio dei risultati delle misure in Tabella A7.*
- *3 campioni provenienti dalle province di Torino, Alessandria e Verbanco-Cusio-Ossola.*
- *In questa matrice i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono in genere inferiori al limite di rivelabilità, dell'ordine di  $10^{-1}$  Bq/kg per il Cs-134, il Cs-137 e lo I-131.*
- *Nel 2022 i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono stati sempre inferiori al limite di rivelabilità per tutti e tre i radionuclidi.*
- *I risultati delle analisi di Sr-90 sono sempre stati inferiori al limite di rivelabilità dell'ordine di  $10^{-2}$  Bq/kg per tutti i campioni.*

### **Omogeneizzati per bambini**

- *Fanno parte integrante della dieta dei bambini piccoli e per questo considerati una matrice sensibile.*
- *Dettaglio dei risultati delle misure in Tabella A8.*
- *3 campioni provenienti dalle province di Torino e Vercelli.*
- *Negli anni in questa matrice i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono in genere sempre inferiori al limite di rivelabilità, dell'ordine di  $10^{-1}$  Bq/kg per il Cs-134, il Cs-137 e lo I-131.*
- *Nel 2022 i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono stati inferiori al limite di rivelabilità per tutti i campioni per i tre radionuclidi.*

### **Vino**

- *La sua rilevanza radioprotezionistica è considerata trascurabile*
- *Dettaglio dei risultati delle misure in Tabella A9.*
- *1 campione proveniente dalla provincia di Torino.*
- *Negli anni in questa matrice i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono in genere sempre inferiori al limite di rivelabilità, dell'ordine di  $10^{-1}$  Bq/kg per il Cs-134, il Cs-137 e lo I-131.*
- *Anche nel 2022 i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono stati inferiori al limite di rivelabilità per tutti e tre i radionuclidi.*

## Matrici funzionali al calcolo della dose da irraggiamento

### Suolo

- *Sito a Albareto Superiore – Bollengo (TO).*
  - *6 campioni provenienti dalla provincia di Torino prelevati tramite stratigrafia fino a 30 cm di profondità (30x30x5 cm).*
  - *Suolo indisturbato.*
- Negli anni in questa matrice i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono sempre inferiori al limite di rivelabilità, dell'ordine di 10 Bq/m<sup>2</sup> per il Cs-134 e lo I-131.
  - Il Cs-137 è sempre misurato, in concentrazioni dell'ordine delle migliaia o più di Bq/m<sup>2</sup> o di centinaia di Bq/kg.
  - Purtroppo nel 2022, a causa del ridimensionamento dell'attività, non sono stati effettuati prelievi di suolo

## Indicatori ambientali

### Acqua superficiale

- *Costituisce un indicatore ambientale utile per evidenziare eventuali accumuli.*
  - *Dettaglio dei risultati delle misure in Tabella A10 e Tabella A10bis.*
  - *Misura trimestrale dell'acqua del fiume Po e annuale del Lago di Viverone e del Lago Maggiore.*
  - *Campione di circa 90 litri per ottenere una buona sensibilità di misura.*
- Negli ultimi anni non sono mai state misurate concentrazioni superiori al limite di rivelabilità per le analisi di spettrometria gamma dell'ordine di 10<sup>-3</sup> Bq/l per i radionuclidi di interesse (Cs-134, Cs-137 e I-131).
  - Nel 2022 non sono stati eseguiti i prelievi sul Lago Maggiore e quelli sul Po relativi al terzo e quarto trimestre.
  - Anche nel 2022 i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono stati sempre inferiori al limite di rivelabilità per il Cs-134, il Cs-137 e lo I-131.
  - I risultati delle analisi di attività alfa e beta totale sono inferiori ai livelli di screening di 0,1 Bq/l per l'attività alfa totale e 0,5 Bq/l per l'attività beta totale, validi per le acque potabili (D.Lgs. 28/2016).
  - I risultati delle analisi di trizio sono inferiori al limite di 100 Bq/l, valido per le acque potabili (D.Lgs. 28/2016).
  - A causa del ridimensionamento dell'attività, nel 2022 non sono state eseguite misure radiochimiche.

### **Sedimento**

- *Costituisce un indicatore ambientale utile per evidenziare eventuali accumuli.*
  - *Dettaglio dei risultati delle misure in Tabella A11.*
  - *Misura annuale del Lago di Viverone e del Lago Maggiore.*
- Negli ultimi anni in questa matrice i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono sempre inferiori al limite di rivelabilità, dell'ordine di  $10^{-1}$  Bq/kg per il Cs-134 e lo I-131.
  - Il Cs-137 è sempre misurato, in concentrazioni anche dell'ordine delle decine di Bq/kg.
  - Nel 2022 sono stati eseguiti il prelievo e la conseguente misura solo sul Lago di Viverone. I risultati delle analisi di spettrometria gamma sono stati sempre inferiori al limite di rivelabilità per il Cs-134 e lo I-131.
  - Il Cs-137 è stato misurato nell'unico campione con un valore di  $65,9 \pm 6,0$  Bq/kg.
  - A causa del ridimensionamento dell'attività, nel 2022 non sono state eseguite misure radiochimiche volte a misurare lo Sr-90 e il plutonio.

### **DMOS (Detrito Minerale Organico Sedimentabile)**

- *Costituisce un indicatore ambientale utile per evidenziare eventuali accumuli.*
- *Particolato in sospensione nell'acqua dei fiumi prelevato con appositi campionatori.*
- *Dettaglio dei risultati delle misure in Tabella A12 e A12bis.*
- *Misura semestrale sul fiume Dora Baltea a monte e a valle del comprensorio di Saluggia e sul fiume Po a monte e a valle dell'impianto di Trino Vercellese; misura annuale sul Ticino.*
- Negli ultimi anni in questa matrice i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono sempre inferiori al limite di rivelabilità dell'ordine di  $10^{-1}$  Bq/kg per il Cs-134.
- Il Cs-137 è stato sempre rivelato, in concentrazioni anche dell'ordine delle decine di Bq/kg.
- Lo I-131 può essere misurato a valle dei grossi centri abitati in concentrazioni dell'ordine di qualche Bq/kg in quanto utilizzato per scopi medici e poi dismesso dai pazienti nei sistemi fognari.
- Nel 2022 non sono stati eseguiti i prelievi del secondo semestre per il Po e la Dora Baltea e quello annuale per il Ticino.
- I risultati delle analisi di spettrometria gamma sono stati sempre inferiori al limite di rivelabilità per il Cs-134.
- Il Cs-137 è stato misurato in concentrazioni dell'ordine di qualche Bq/kg (valore massimo di  $5,3 \pm 2,6$  Bq/kg) compatibile con la contaminazione ambientale post Cernobil.
- Lo I-131 è risultato inferiore al limite di decisione nei campioni della Dora Baltea e del Ticino, mentre è stato misurato in concentrazioni dell'ordine di qualche Bq/kg nei campioni prelevati sul Po (valore massimo  $1,9 \pm 1,3$  Bq/kg); queste concentrazioni sono dovute agli scarichi dei pazienti trattati con I-131 per patologie tiroidee e sono in linea con quelle degli anni scorsi.
- Le misure di Sr-90 e plutonio hanno fornito risultati inferiori al limite di rivelabilità pari a qualche Bq/kg.

### **Particolato atmosferico**

- *Il punto di campionamento è posto sul tetto della sede Arpa di Ivrea, in Via Jervis 30.*
  - *Il sistema è in grado di prelevare circa 100 m<sup>3</sup> in 24 ore.*
  - *Misure giornaliere di spettrometria gamma e attività alfa e beta totale.*
  - *Misure di spettrometria gamma sul pacchetto di filtri settimanali.*
  - *Misure di spettrometria gamma sul pacchetto di filtri mensili.*
  - *Dettaglio dei risultati delle misure in Tabella A13 e Tabella A14.*
- Nei filtri giornalieri i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono sempre inferiori al limite di rivelabilità, dell'ordine di 10<sup>-3</sup> Bq/kg per il Cs-134, il Cs-137 e lo I-131.
  - Nel pacchetto settimanale i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono sempre inferiori al limite di rivelabilità, dell'ordine di 10<sup>-4</sup> Bq/kg per il Cs-134, il Cs-137 e lo I-131.
  - Nel pacchetto mensile i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono sempre inferiori al limite di rivelabilità, dell'ordine di 10<sup>-5</sup> Bq/kg per il Cs-134, il Cs-137 e lo I-131.
  - Nei filtri giornalieri le concentrazioni di attività beta totale si attestano intorno al mBq/m<sup>3</sup>.
  - Nei filtri giornalieri le concentrazioni di attività alfa totale si attestano intorno ai decimi di mBq/m<sup>3</sup>.
  - Nel 2022 sono anche state implementate misure ad hoc per l'emergenza dovuta alla guerra in Ucraina. Queste misure, effettuate a puro scopo precauzionale, non hanno rivelato alcuna anomalia dei livelli di radioattività nel particolato atmosferico.

Figura 3 - Concentrazione di attività alfa e beta totale nel particolato atmosferico prelevato a Ivrea nel 2022.  
Si osserva come le misure siano adeguate al limite di rivelabilità indicato dalle Linee Guida ISPRA n. 83/2012.

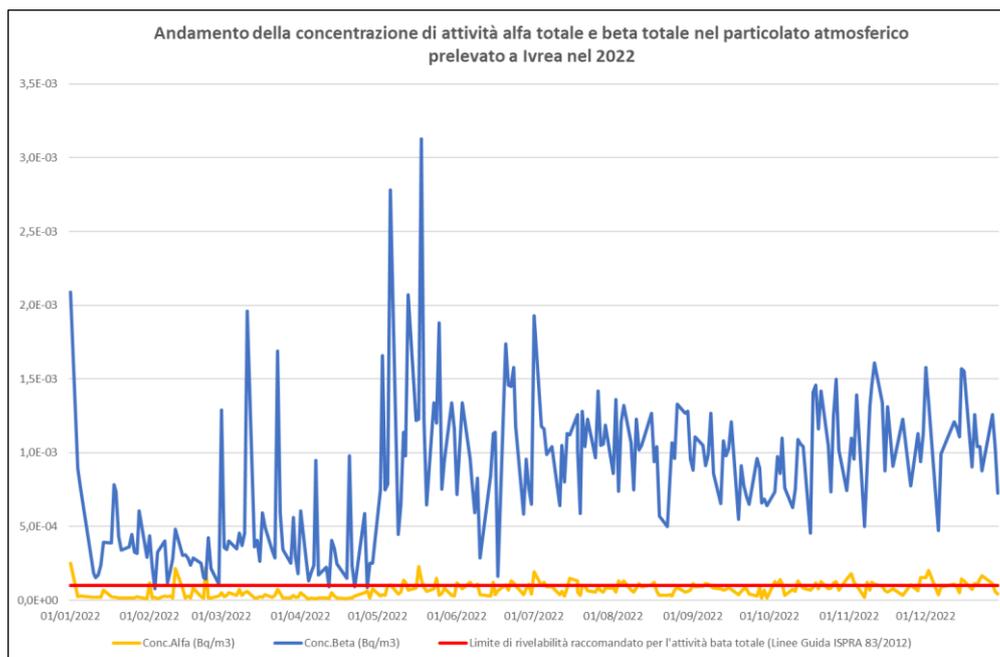


Figura 4 – Limite di rivelabilità delle misure di Cs-137, Cs-134 e I-131 nel particolato atmosferico mensile prelevato a Ivrea nel 2022. Si osserva come i livelli raggiunti siano ampiamente adeguati al livello indicato dalle Linee Guida ISPRA n. 83/2012 per questo tipo di misure.

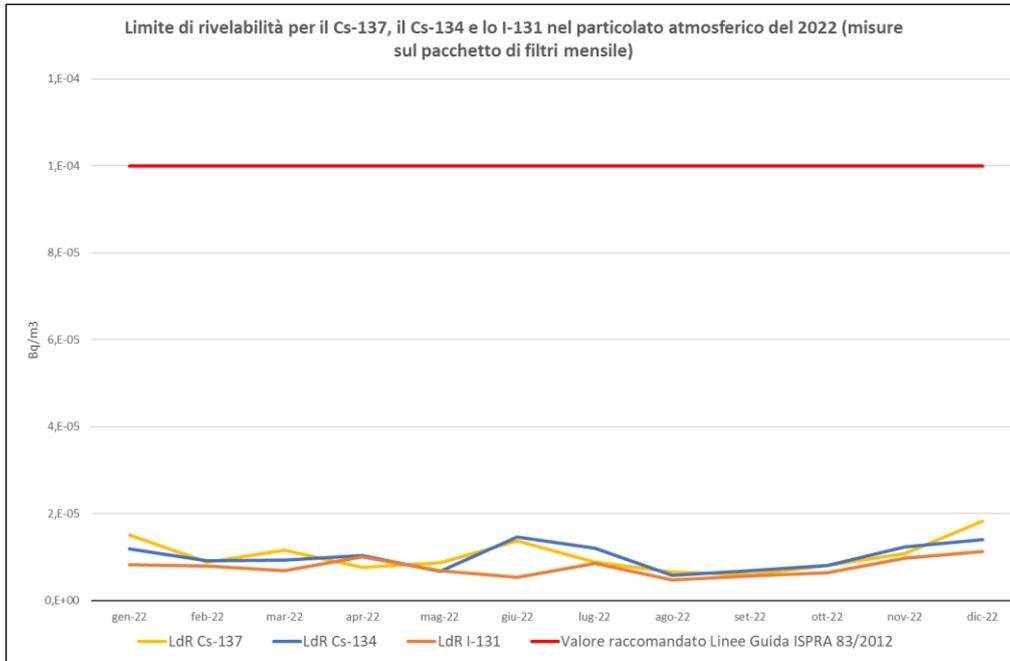
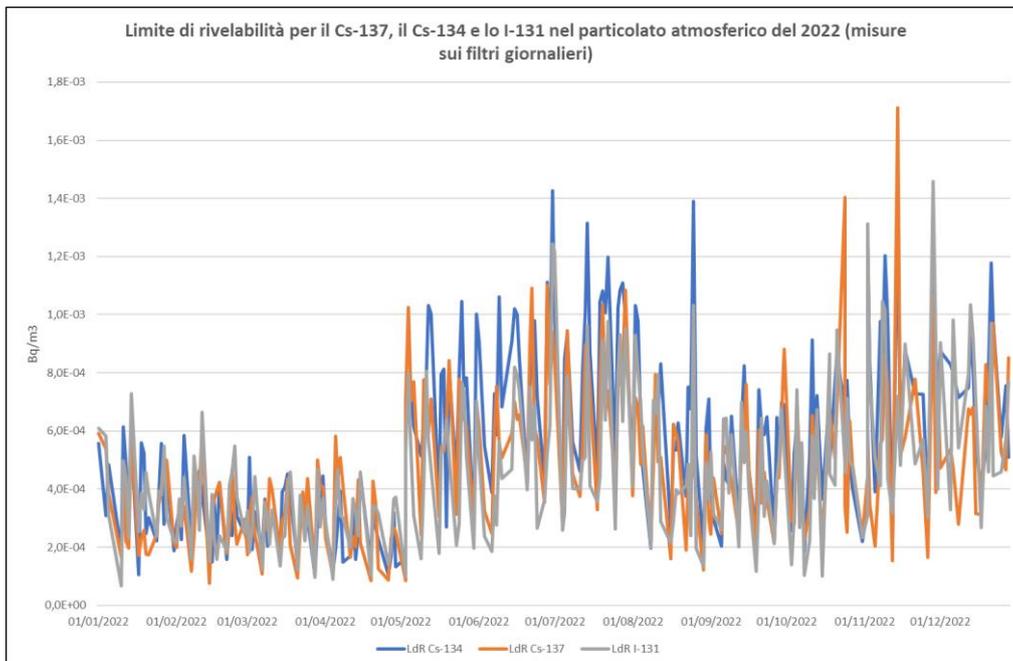


Figura 5 – Limite di rivelabilità (MAR) delle misure di Cs-137, Cs-134 e I-131 nel particolato atmosferico giornaliero prelevato a Ivrea nel 2022 (ordine di grandezza attorno al mBq/m³).



### ***Deposizione al suolo umida e secca (fallout)***

- *È un indicatore ambientale molto utile e molto sensibile per valutare eventuali ricadute al suolo e, indirettamente, la concentrazione di attività in atmosfera.*
- *Il punto di campionamento è posto sul tetto della sede Arpa di Ivrea, in Via Jervis 30.*
- *Superficie di raccolta pari a circa 4 m<sup>2</sup>.*
- *Dettaglio dei risultati delle misure in Tabella A15 e Tabella A15bis.*
- *12 campioni provenienti dalla raccolta mensile più un campione proveniente dal punto di campionamento presso la sede Arpa di Vercelli, Via Trino.*
- Negli ultimi anni in questa matrice i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono sempre inferiori al limite di rivelabilità, dell'ordine di 10<sup>-2</sup> Bq/m<sup>2</sup> per il Cs-134 e lo I-131.
- Il Cs-137 è talora misurato, in concentrazioni dell'ordine del limite di rivelabilità.
- Nel 2022 i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono stati sempre inferiori al limite di rivelabilità per il Cs-134 e lo I-131.
- Il Cs-137 è stato misurato in 10 campioni su 12 e nel campione proveniente da Vercelli, sul quale è stato misurato il valore più elevato (0,071 ± 0,040 Bq/m<sup>2</sup> riferito al mese di aprile 2022).
- Lo Sr-90 e il plutonio sul campione composito semestrale del primo semestre sono risultati inferiori al limite di rivelabilità dell'ordine di grandezza di 10<sup>-2</sup> Bq/m<sup>2</sup> per lo Sr-90 e 10<sup>-3</sup> Bq/m<sup>2</sup> per il plutonio.

Figura 6 - Concentrazione di Cs-137 nel fallout prelevato a Ivrea nel 2022. I rettangoli bianchi rappresentano il limite di rivelabilità.

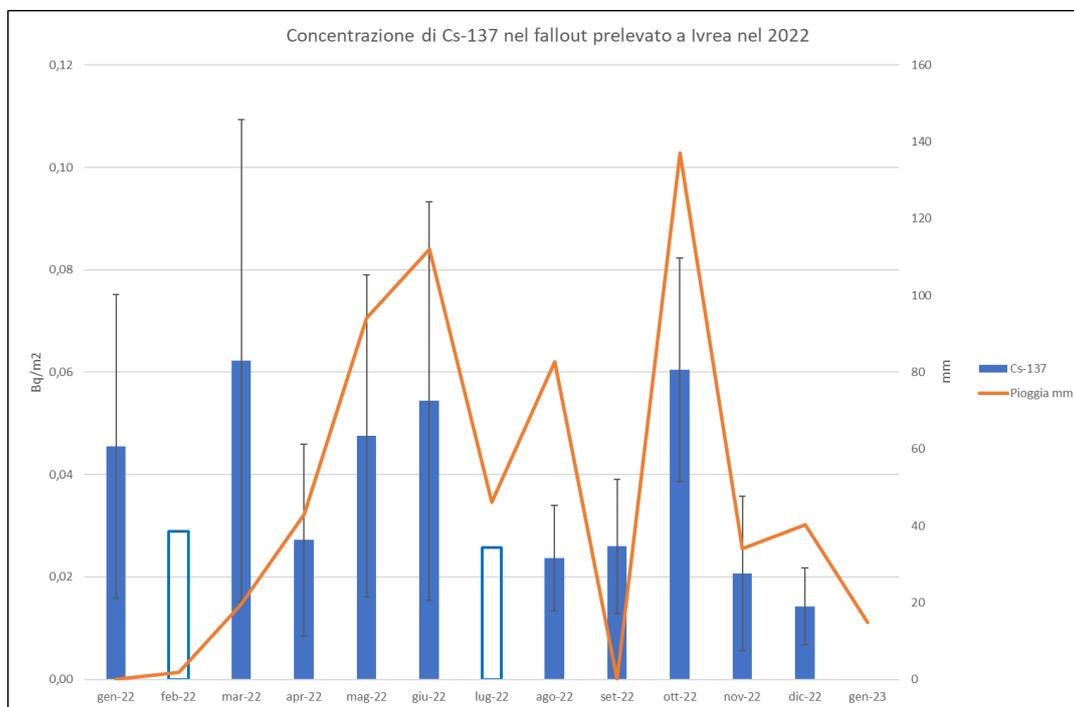
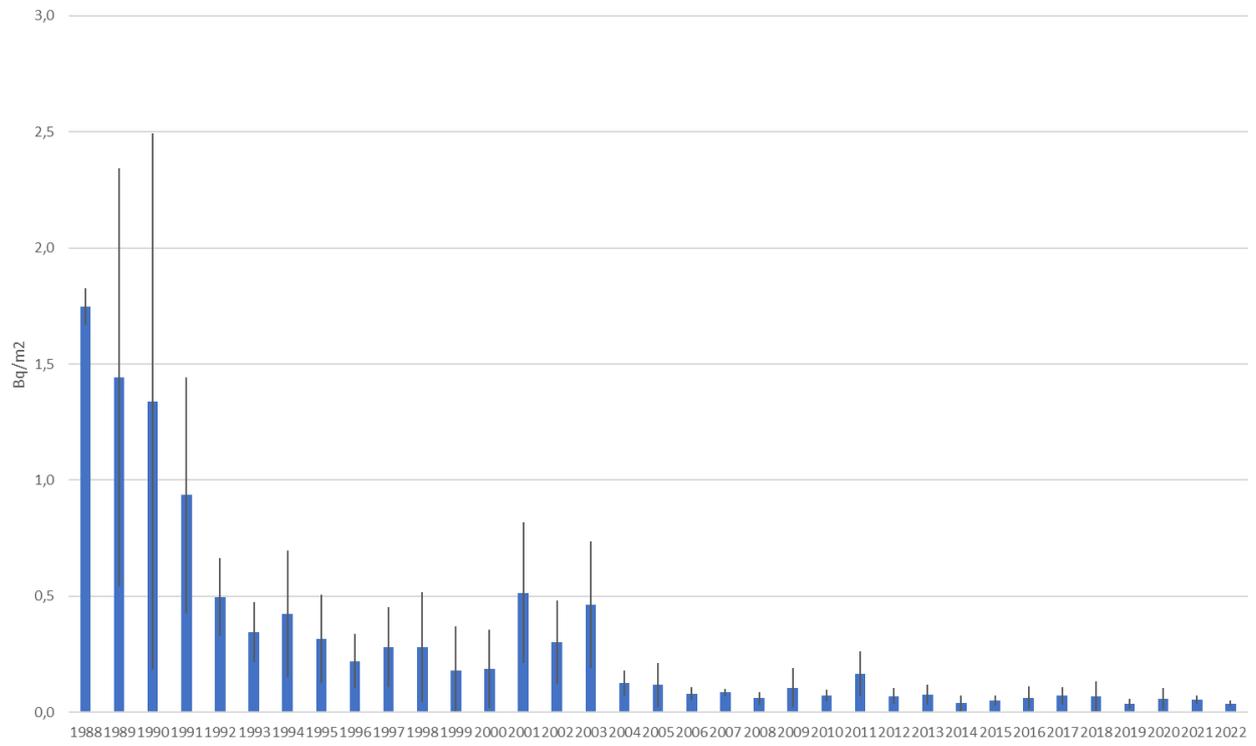


Figura 7 - Andamento della concentrazione di Cs-137 nel fallout prelevato a Ivrea nel corso degli ultimi anni. Dopo una marcata diminuzione negli anni successivi all'incidente di Chernobyl, la concentrazione di Cs-137 sembra attestarsi su valori più o meno costanti.

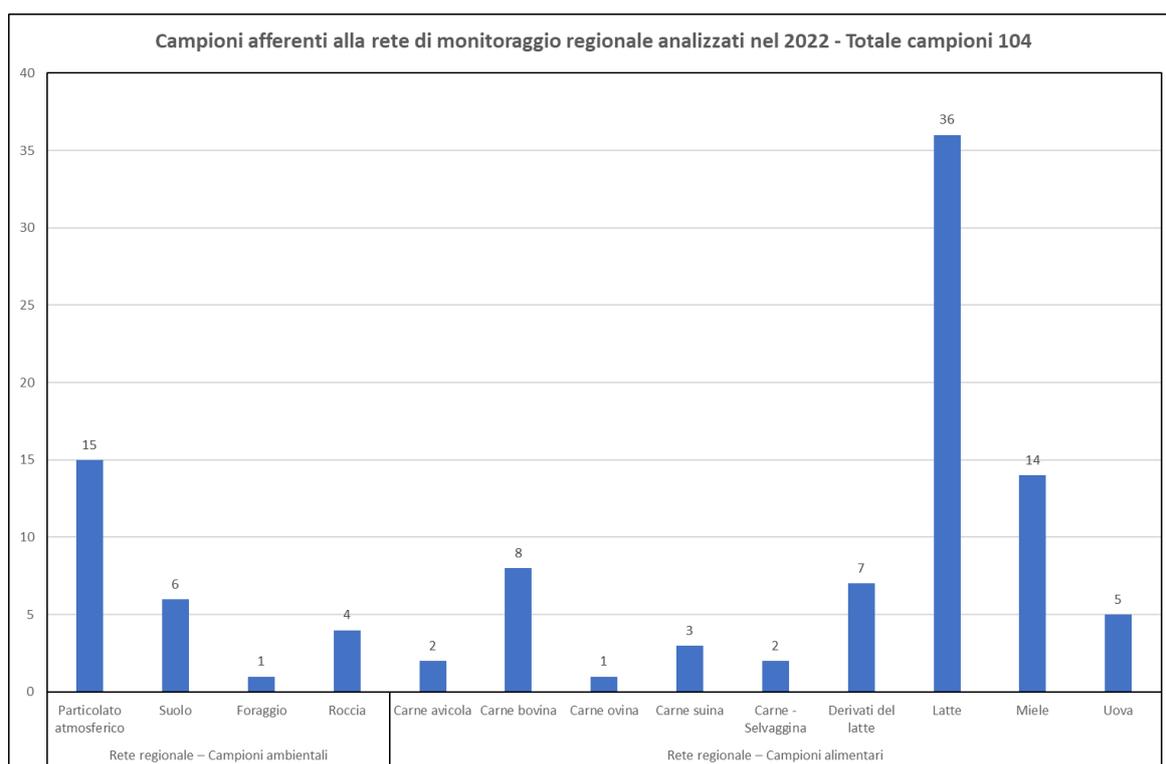
Andamento della concentrazione del Cs-137 nella deposizione al suolo prelevata a Ivrea  
Anni 1988-2022



## 6.2 La rete regionale

La rete regionale, come già anticipato, integra la rete nazionale con alcune specifiche matrici, scelte sulla base della loro specificità territoriale: ad esempio, latte crudo prodotto in allevamenti che impiegano perlopiù mangimi di provenienza locale, selvaggina, miele. Il numero dei campioni analizzati nel 2022 è illustrato nel grafico di Figura 8. Rispetto agli anni passati sono stati inseriti nella rete regionale, che fino al 2020 prevedeva solamente matrici alimentari, anche i filtri di particolato atmosferico prelevati a Beinasco in prossimità dell'inceneritore del Gerbido e alcuni campioni di suolo prelevati in quattro punti nella zona montana del comune di Ceresole Reale.

Figura 8 – Numero di campioni analizzati per la rete regionale nel 2022 (Totale campioni 104).



## Matrici funzionali al calcolo della dose da ingestione

### Carne

- *Fa parte integrante della dieta.*
  - *Consumo medio pro capite 91 kg/anno per gli adulti, considerando tutti i tipi di carne (da INEA, L'agricoltura italiana conta", INEA, 2011).*
  - *Dettaglio dei risultati delle misure in Tabella A16.*
  - *16 campioni di cui 2 di carne avicola, 8 di carne bovina, 1 di carne ovina, 3 di carne suina e 2 di selvaggina.*
  - *Campioni provenienti dalle province di Torino, Alessandria, Cuneo, Vercelli e Verbano-Cusio-Ossola.*
- Negli ultimi anni in questa matrice i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono sempre inferiori al limite di rivelabilità, dell'ordine di  $10^{-1}$  Bq/kg per il Cs-134 e lo I-131.
  - Concentrazioni di Cs-137 non particolarmente elevate possono essere talora rivelate nelle carni di allevamento.
  - Concentrazioni di Cs-137 anche relativamente elevate possono essere riscontrate nella selvaggina.
  - Anche nel 2022 i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono stati sempre inferiori al limite di rivelabilità per il Cs-134 e lo I-131.
  - In 5 campioni è stato rivelato il Cs-137 (due di carne bovina, uno di carne suina e due di selvaggina).
  - Il valore massimo di Cs-137 nella carne di allevamento è risultato di  $1,271 \pm 0,454$  Bq/kg.
  - Il valore massimo di Cs-137 nella selvaggina è risultato di  $26,01 \pm 1,83$  Bq/kg.

### **Latte vaccino crudo**

- *Non è considerato parte integrante della dieta della popolazione, essendo il suo consumo relativamente limitato (rispetto al latte pastorizzato ed omogeneizzato). E' comunque una matrice interessante perché direttamente correlabile al ciclo suolo-foraggio-animale.*
- *Consumo medio pro capite 70 kg/anno per gli adulti, per una minoranza di popolazione (da INEA, L'agricoltura italiana conta", INEA, 2011).*
- *Dettaglio dei risultati delle misure in Tabella A17 e Tabella A17bis.*
- *36 campioni di latte vaccino crudo prelevati direttamente negli allevamenti provenienti dalle province di Torino, Alessandria, Biella, Cuneo, Novara, Vercelli e Verbano-Cusio-Ossola.*
- Negli ultimi anni in questa matrice i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono sempre inferiori al limite di rivelabilità, dell'ordine di  $10^{-1}$  Bq/l per il Cs-134 e lo I-131.
- Viene invece spesso riscontrato il Cs-137, sia nel latte vaccino che in quello caprino e ovino.
- Nel 2022 i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono stati sempre inferiori al limite di rivelabilità per il Cs-134 e lo I-131 per tutti i campioni.
- Il Cs-137 è stato misurato in 9 campioni.
- Nei campioni mensili di un latte di cascina del Canavese il Cs-137 è stato misurato in 4 campioni su 5 (valore massimo  $0,325 \pm 0,096$  Bq/l riferito al mese di febbraio 2022).
- Il valore massimo di Cs-137 è stato pari a  $0,979 \pm 0,186$  Bq/l in un latte vaccino proveniente da un alpeggio sito nel comune di Locana, nella Valle di Ceresole Reale.
- Le misure di Sr-90 sul latte della cascina del Canavese hanno fornito valori dell'ordine di  $10^{-1}$  -  $10^{-2}$  Bq/l, in linea con gli anni scorsi (valore massimo  $0,083 \pm 0,020$  Bq/l).

Figura 9 - Concentrazione di Cs-137 nel latte vaccino crudo prelevato in una cascina del Canavese nel 2022. A causa del ridimensionamento dell'attività non sono stati effettuati prelievi dal mese di giugno. I rettangoli bianchi rappresentano il limite di rivelabilità.

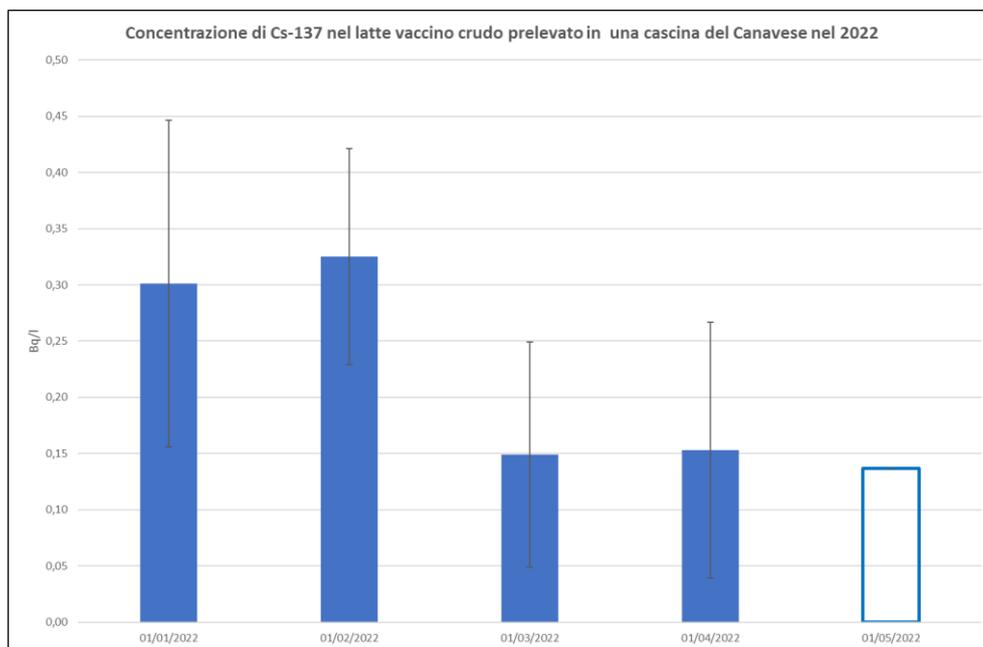


Figura 10 - Concentrazione di Sr-90 nel latte vaccino crudo prelevato in una cascina del Canavese nel 2022. A causa del ridimensionamento dell'attività sono stati effettuati solo i primi due semestri dell'anno. I rettangoli bianchi rappresentano il limite di rivelabilità.

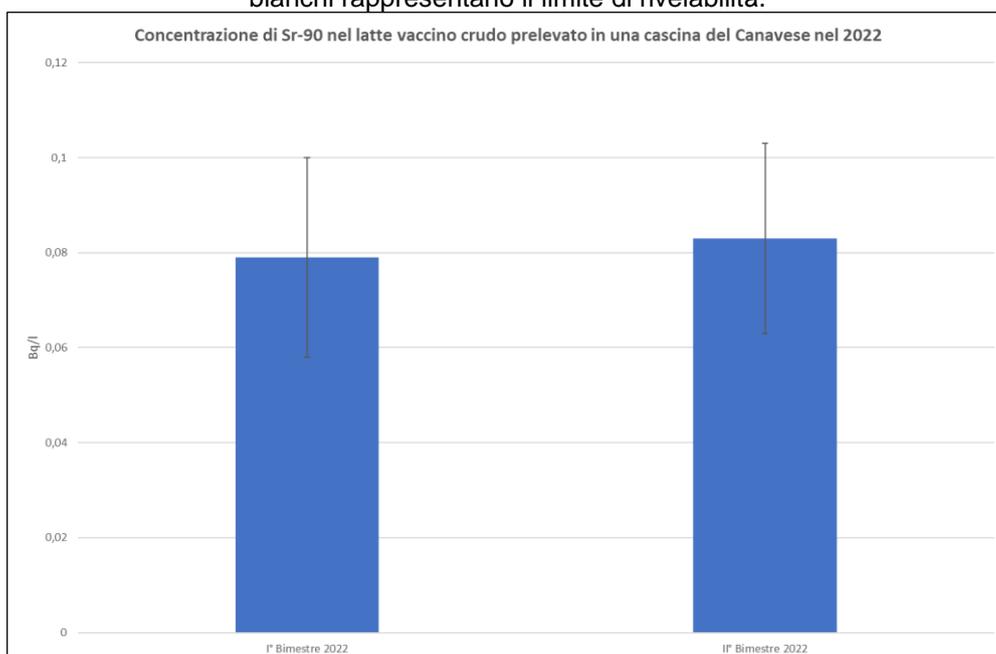
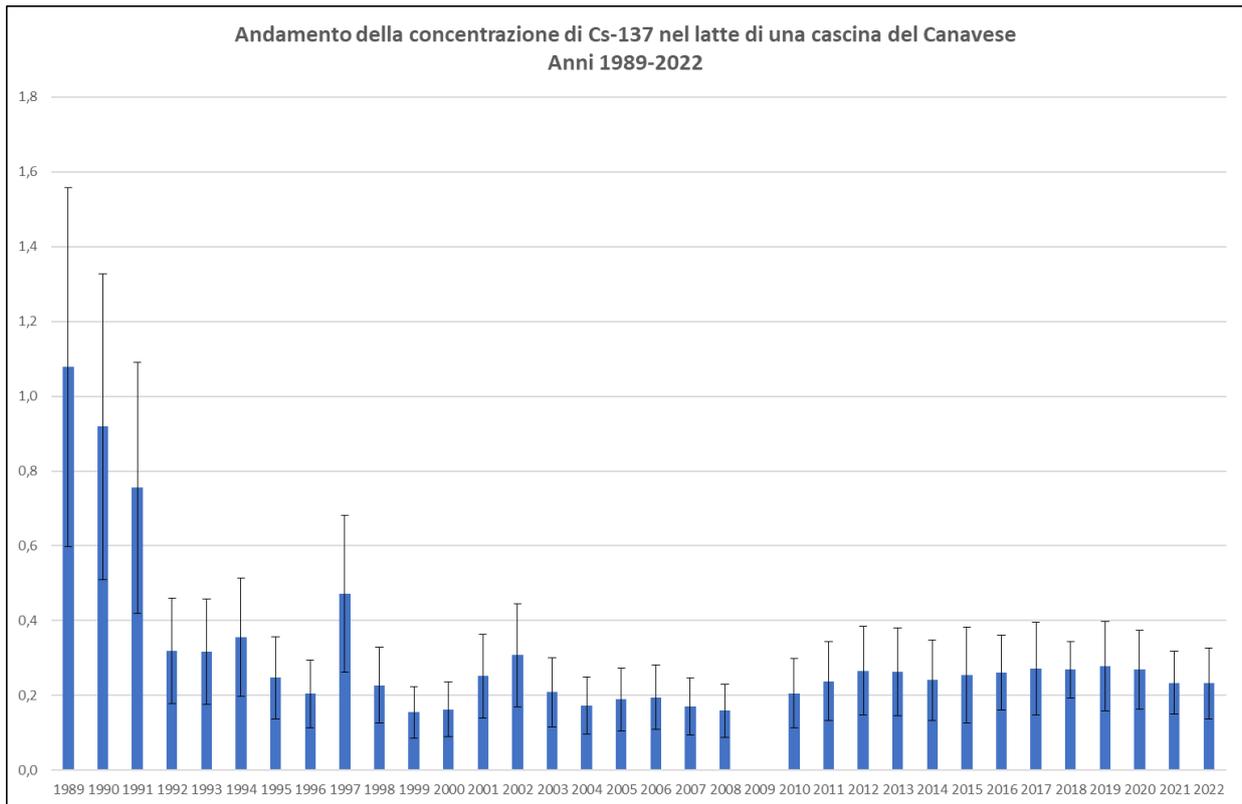


Figura 11- Andamento della concentrazione di Cs-137 nel latte vaccino crudo prelevato in una cascina del Canavese nel corso degli ultimi anni. Dopo una marcata diminuzione negli anni successivi all'incidente di Chernobyl, la concentrazione di Cs-137 sembra ora attestarsi su valori più o meno costanti.



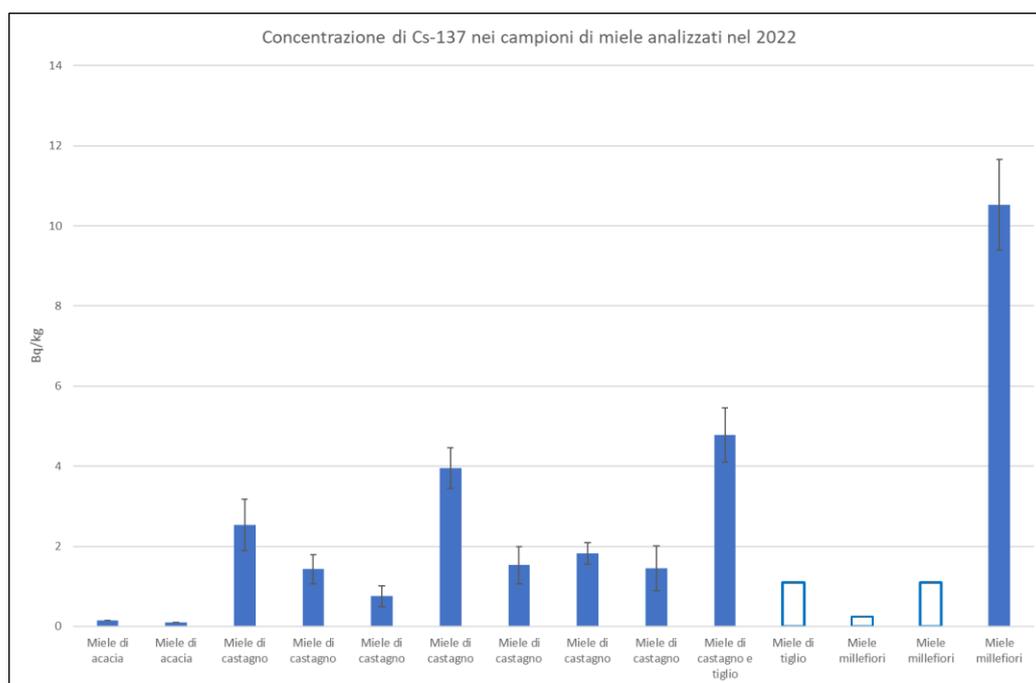
### ***Derivati del latte***

- *Fanno parte integrante della dieta.*
- *Consumo medio pro capite 22,6 kg/anno per gli adulti (da INEA, L'agricoltura italiana conta", INEA, 2011).*
- *Dettaglio dei risultati delle misure in Tabella A18.*
- *7 campioni di derivati del latte (formaggi tipo toma) provenienti dalle province di Biella, Cuneo e Verbano-Cusio-Ossola.*
- Negli ultimi anni in queste matrici i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono sempre inferiori al limite di rivelabilità, dell'ordine di  $10^{-1}$  Bq/l per il Cs-134 e lo I-131.
- E' invece talvolta rivelato il Cs-137, tuttavia in concentrazioni non particolarmente elevate.
- Anche nel 2022 i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono stati sempre inferiori al limite di rivelabilità per il Cs-134 e lo I-131 per tutti i campioni.
- Tracce di Cs-137 sono state trovate in due campioni (valore massimo  $0,428 \pm 0,226$  Bq/kg in un campione proveniente dalla provincia di Biella).

### ***Miele***

- *Dato il limitato consumo non può essere considerato parte integrante della dieta tipo: è però una matrice molto interessante, essendo un bioaccumulatore e un indicatore di presenza di contaminazione.*
- *Dettaglio dei risultati delle misure in Tabella A19.*
- *14 campioni di differenti tipologie (2 di acacia, 7 di castagno, 1 castagno e tiglio, 1 tiglio e 3 millefiori) provenienti dalle province di Biella, Cuneo, Novara, Vercelli e Verbano-Cusio-Ossola.*
- Negli ultimi anni in questa matrice i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono sempre inferiori al limite di rivelabilità, dell'ordine di  $10^{-1}$  Bq/kg per il Cs-134 e lo I-131.
- Il Cs-137 è talora misurato in concentrazioni dell'ordine di qualche Bq/kg.
- Anche nel 2022 i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono stati sempre inferiori al limite di rivelabilità per il Cs-134 e lo I-131.
- Il Cs-137 è stato misurato in 9 campioni (valore massimo  $10,524 \pm 1,130$  Bq/kg).
- Il Cs-137 è stato misurato nella totalità dei campioni di miele di castagno.

Figura 12 - Concentrazione di Cs-137 nel miele nel 2022. Le concentrazioni maggiori si hanno nel miele di castagno. Il miele di acacia non accumula il Cs-137: i livelli sono infatti ovunque molto bassi, anche nei campioni provenienti dalle zone del Piemonte in cui maggiore è stata la ricaduta di Cs-137 dell'incidente di Chernobyl. I rettangoli vuoti rappresentano il limite di rivelabilità.



### Uova

- Fanno parte integrante della dieta.
- Consumo medio pro capite 10,9 kg/anno per gli adulti (da INEA, *L'agricoltura italiana conta*, INEA, 2011).
- Dettaglio dei risultati delle misure in Tabella A20.
- 5 campioni provenienti dalle province di Cuneo, Novara e Vercelli.
- Negli ultimi anni in queste matrici i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono sempre inferiori al limite di rivelabilità, dell'ordine di  $10^{-1}$  Bq/kg per il Cs-134, il Cs-137 e lo I-131.
- Anche nel 2022 i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono stati sempre inferiori al limite di rivelabilità tutti e tre i radionuclidi.

## Matrici funzionali al calcolo della dose da irraggiamento

### **Suolo e roccia**

- *6 campioni di suolo provenienti dalla provincia di Torino prelevati in quattro punti di cui uno tramite stratigrafia fino a 12 cm di profondità (30x30x5 cm).*
- *un campione di roccia prelevato nel punto del prelievo stratigrafico e tre campioni di roccia prelevati in tre punti della provincia del Verbano-Cusio-Ossola*
- *Dettaglio dei risultati delle misure in Tabella A21 e A21bis.*
- *Suolo indisturbato.*
- Negli anni in questa matrice i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono sempre inferiori al limite di rivelabilità, dell'ordine di 10 Bq/m<sup>2</sup> per il Cs-134 e lo I-131.
- Il Cs-137 è sempre misurato, in concentrazioni dell'ordine delle migliaia o più di Bq/m<sup>2</sup> o di centinaia di Bq/kg.
- Nel 2022 i risultati delle analisi di spettrometria gamma, espressi in Bq/kg, sono stati sempre inferiori al limite di rivelabilità per il Cs-134 e lo I-131.
- Il Cs-137 è stato misurato in tutti i campioni.
- Lo Sr-90 è risultato inferiore al limite di rivelabilità pari a circa 2 Bq/kg.
- Il plutonio è risultato inferiore al limite di rivelabilità dell'ordine di 10<sup>-1</sup> Bq/kg tranne che in un campione.

### **Erba**

- *Costituisce un indicatore ambientale utile per valutare eventuali ricadute al suolo.*
- *Dettaglio dei risultati delle misure in Tabella A22.*
- *1 campione proveniente dalla provincia di Torino prelevato su una superficie pari a 30x30x5 cm.*
- *Suolo indisturbato.*
- In questa matrice i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono sempre inferiori al limite di rivelabilità, dell'ordine di 1 Bq/kg per il Cs-134 e lo I-131.
- Il Cs-137 è sempre misurato, in concentrazioni dell'ordine di qualche Bq/kg.
- Anche nel 2022 i risultati delle analisi di spettrometria gamma sono stati sempre inferiori al limite di rivelabilità per il Cs-134 e lo I-131.
- Il Cs-137 è stato misurato con una concentrazione pari a 1,49 ± 0,88 Bq/kg.

## Indicatori ambientali

### **Particolato atmosferico**

- *Il punto di campionamento è posto accanto alla centralina della qualità dell'aria di Beinasco, prossima all'inceneritore del Gerbido.*
- *Il sistema automatico è in grado di cambiare il filtro di prelievo ogni 24 ore.*
- *I tecnici Arpa effettuano un prelievo dei filtri ogni 15 giorni circa.*
- *Misure quindicinali o mensili di spettrometria gamma sul pacchetto di filtri prelevati ogni 15 giorni finalizzate alla verifica dell'assenza di radioattività artificiale nel particolato. La radioattività artificiale potrebbe essere infatti indice della fusione accidentale di una sorgente insieme ai rifiuti, sfuggita ai sistemi di controllo della radioattività in ingresso all'inceneritore.*
- *Dettaglio dei risultati delle misure in Tabella A23. Oltre ai radionuclidi tipici degli incidenti nucleari (Cs-134, Cs-137 e I-131) è riportato anche l'Am-241, in quanto potrebbe essere presente in alcune sorgenti erroneamente incenerite insieme ai rifiuti.*
- *I risultati delle analisi di spettrometria gamma sono sempre inferiori al limite di rivelabilità, dell'ordine di  $10^{-4}$  Bq/kg per il Cs-134, il Cs-137 e lo I-131.*
- *Non sono mai stati rivelati radionuclidi di origine artificiale e le concentrazioni di Am-241 sono sempre state inferiori al limite di rivelabilità.*

### 6.3 La rete di allerta

La misura del rateo di dose gamma ambientale è effettuata in continuo tramite una rete automatica di monitoraggio della radioattività ambientale, installata da Arpa nel 2006, costituita da 29 centraline equipaggiate con sensori Geiger-Mueller.

Scopo di tale rete è quello di ottenere in tempo reale un dato sui livelli di radioattività in atmosfera. Il dato fornito dai sensori Geiger-Mueller è il rateo di dose gamma in aria, espresso in nSv/h (nanoSievert/ora). Per ogni centralina sono stati definiti un livello di attenzione e un livello di allarme; se il rateo di dose gamma in aria misurato supera il livello di attenzione occorre monitorare l'evoluzione della situazione, mentre se supera il livello di allarme si può supporre che sia accaduto un incidente radiologico o nucleare nelle vicinanze e si iniziano a effettuare valutazioni dosimetriche. Dall'installazione ad oggi non si sono verificati aumenti di dose gamma in aria giudicati anomali. La rete si interfaccia strettamente con i dati meteo-idrografici: i sensori sono infatti installati in corrispondenza di alcune stazioni della rete meteo-idrografica di ARPA Piemonte.

La Figura 13 riporta la dislocazione delle centraline sul territorio regionale, per il loro posizionamento si è tenuto conto del fatto dei possibili rilasci provenienti dagli impianti nucleari transfrontalieri di Francia e Svizzera.

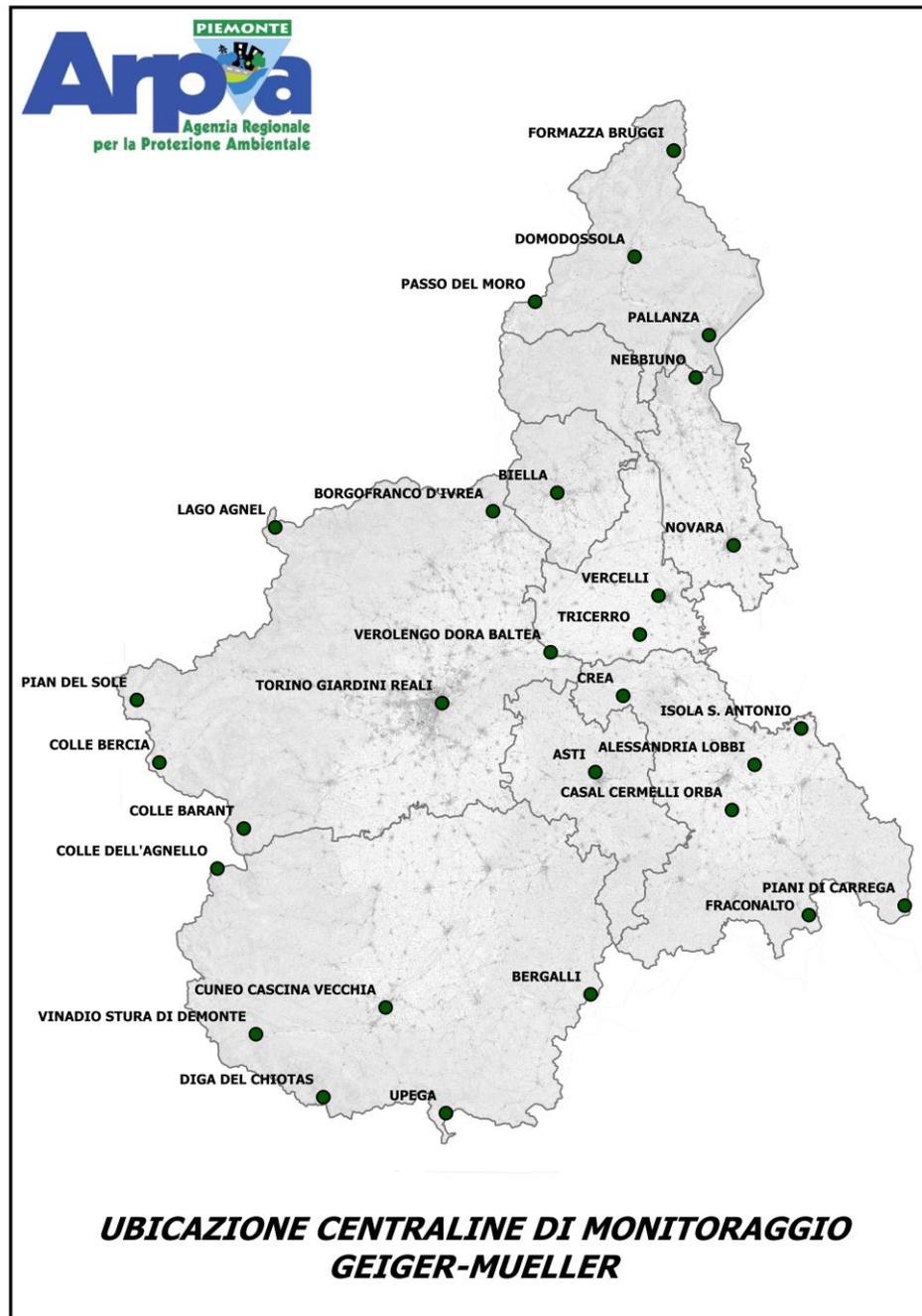


Figura 13 – Ubicazione delle centraline di misura del rateo di dose gamma in aria.

Nella seguente tabella 2 si riporta il valore medio annuale del rateo di dose gamma in aria misurato da ogni centralina dal 2016 al 2022.

Tabella 2 - media annuale dose gamma in aria delle 29 centraline della rete di allerta Geiger-Mueller, dal 2016 al 2022.

<b>Stazione</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>
<b>Alessandria</b>	101.3	103.2	102.1	103.0	103.0	99	90.5
<b>Asti</b>	125.7	130.8	129.8	129.6	129.9	133	130.9
<b>Bardonecchia</b>	125.1	126.7	117.1	120.6	120.7	123.3	119.6
<b>Bergalli</b>	93.3	94	93.1	92.7	93.8	93.4	92.8
<b>Biella</b>	161.5	163.8	166.2	168.4	168.7	138.9	138.2
<b>Borgofranco</b>	109.1	107.6	106.6	105.8	106.6	105.4	104.9
<b>Bruggi</b>	129.8	130.5	120	126.9	121	122	133.3
<b>Casal_Cermelli</b>	58.4	58.3	58	58	59.5	67.6	65.5
<b>Colle_Barant</b>	128	120.5	122.3	123.9	128	127.3	118.8
<b>Colle_Bercia</b>	95.5	94.7	95.1	96	95.3	97.2	93.1
<b>Colle_Dell_Agnello</b>	150.7	155.1	148.2	124.5	167.8	162.6	144.3
<b>Crea</b>	77.2	79.4	80.8	83.8	82.7	83.7	82.6
<b>Cuneo</b>	139.5	141	140.6	140.3	140.2	140.6	139.3
<b>Diga_Chiotas</b>	134.2	130.3	128.5	133.5	132.8	136.6	138.8
<b>Domodossola</b>	153.6	152.5	142.9	142.9	142.6	141.5	142.0
<b>Fraconalto</b>	67.4	64.3	65	65	64.1	63.9	62.8
<b>Isola_Sant_Antonio</b>	85.4	86.7	84.7	84.8	89.6	89.9	88.9
<b>Lago_Agnel</b>	150.3	150.3	140.4	143.2	152	161	153.4
<b>Nebbiuno</b>	140.3	142.4	141.9	139.7	138	139.2	143.3
<b>Novara</b>	112.2	116.2	113.3	113.9	112.4	114.3	113.4
<b>Pallanza</b>	114.4	115.6	116.1	115.5	115.4	112.5	110.8
<b>Passo_Del_Moro</b>	172.6	191.1	172	171	136.7	217.2	174.3
<b>Piani_di_Carrega</b>	110.6	114.4	111.1	112.3	109.3	110.8	110.9
<b>Torino</b>	102.1	104.1	102.5	102.1	102.3	102.1	101.0
<b>Tricerro</b>	109.4	111.5	109.4	109.9	109.3	110.8	110.7
<b>Upega</b>	101.8	103.8	101.6	102.3	102.8	102.4	100.0
<b>Vercelli</b>	116.2	116.5	100	100.6	101.5	101.9	101.0
<b>Verolengo</b>	119.7	119.8	118	114.1	110.4	111	110.0
<b>Vinadio</b>	133.4	132.1	128.9	131.6	130.9	130	131.1

Il rateo di dose gamma in aria misurato dalle centraline può variare anche significativamente nel corso di una giornata e dell'anno a causa di fenomeni naturali. La Figura 14 evidenzia un aumento

della dose gamma in aria dovuto ai radionuclidi naturali normalmente presenti nel pulviscolo atmosferico, che precipitano al suolo insieme alle polveri durante un fenomeno di piovoso. Questo aumento, dovuto alla radioattività naturale generata dal radon, si esaurisce però nel giro di poche ore dalla fine dell'evento piovoso: dopodiché i livelli di radioattività rientrano entro valori normali nel giro di poche ore.

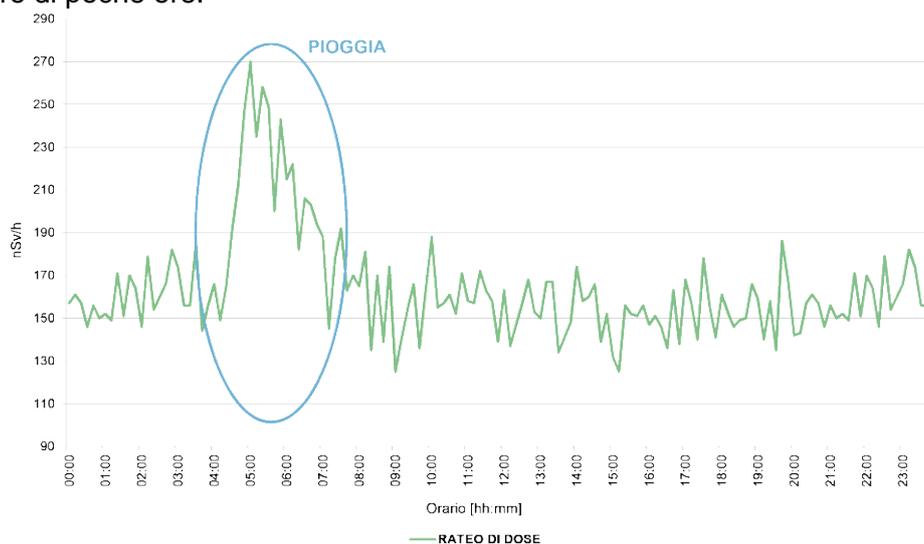


Figura 14 - Aumento della dose gamma in aria in seguito a precipitazioni.

Nelle Figure 15 e 16 si può osservare l'effetto della schermatura del manto nevoso sul contributo della dose gamma proveniente dal suolo, cosicché, per le centraline situate oltre i 2000 m.s.l.m. per le quali si ha uno spessore di neve consistente, in inverno si ha una diminuzione della dose gamma in aria totale. L'effetto di schermatura dovuta al manto nevoso sulla dose gamma proveniente dal suolo produce una riduzione del rateo di dose nel periodo invernale che può essere anche più del 50% rispetto al periodo estivo.

Le figure si riferiscono ai trend stagionali del rateo di dose gamma in aria per la stazione di Passo del Moro - Macugnaga (VB) - e di Lago Agnel - Ceresole Reale (TO).

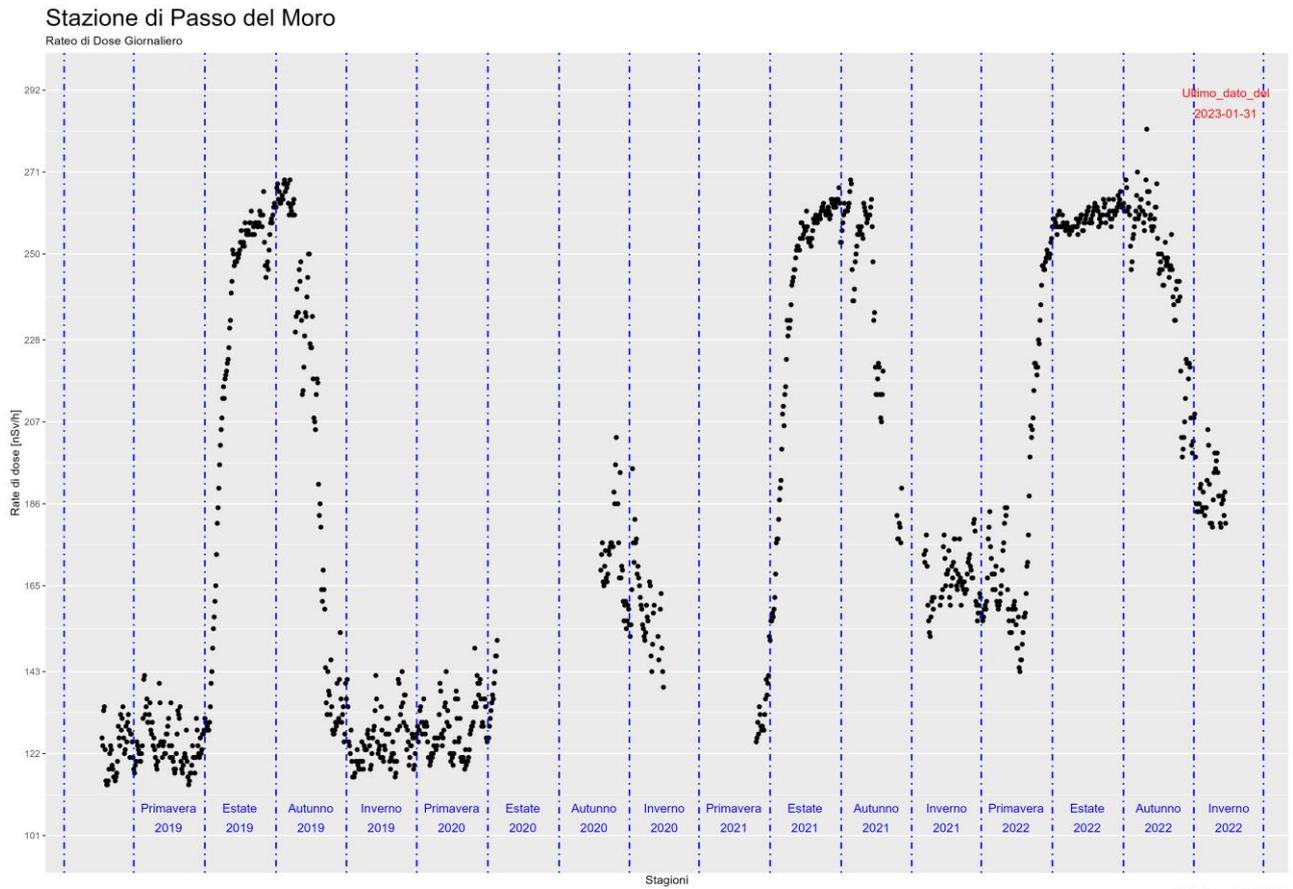


Figura 15 - Variazioni della dose gamma in aria dovute alla copertura nevosa del suolo in inverno presso la stazione di Passo del Moro – Macugnaga (VB)

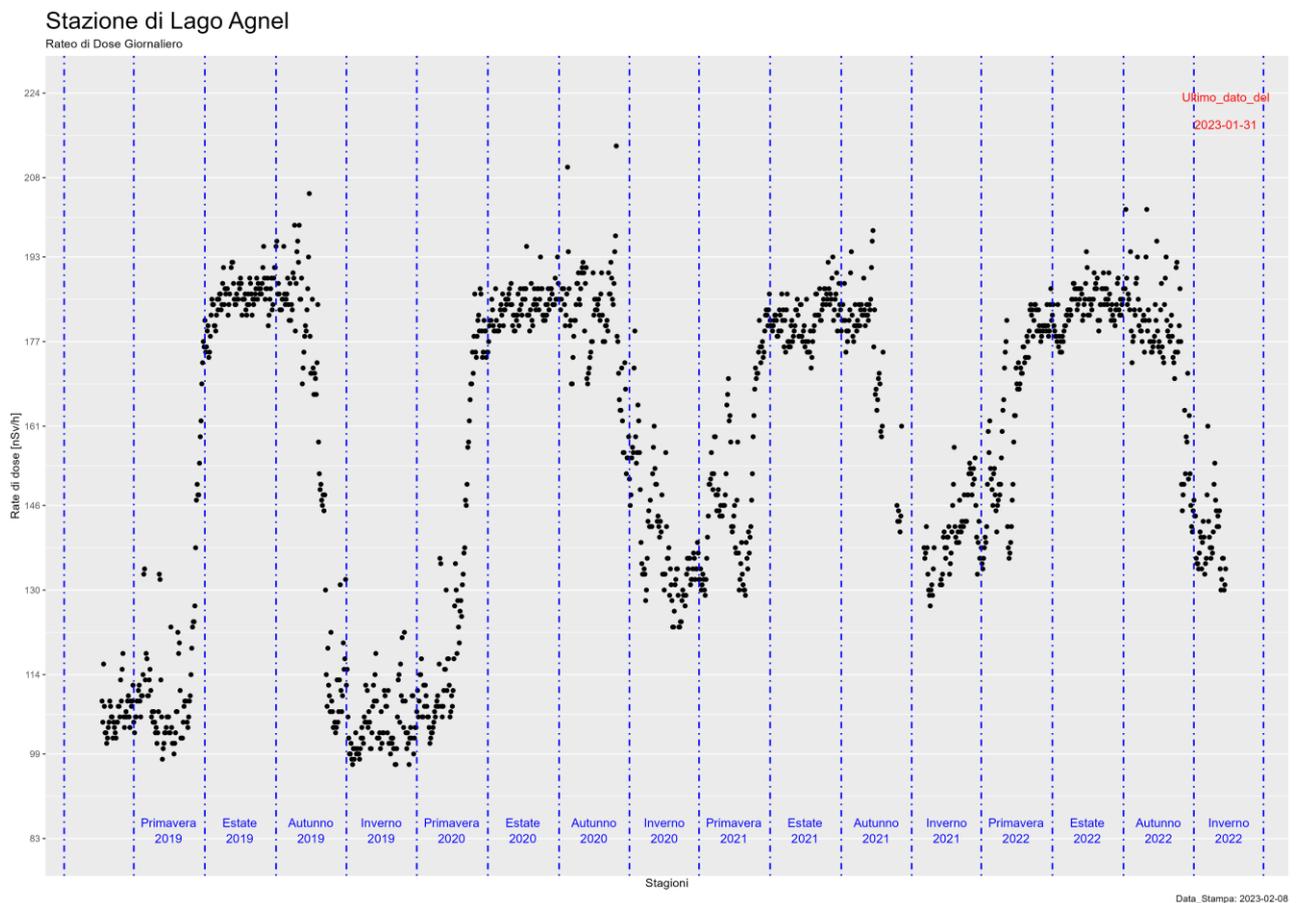


Figura 16 – Variazioni della dose gamma in aria dovute alla copertura nevosa del suolo in inverno presso la stazione di Lago Agnel – Ceresole Reale (TO)

## 7 VALUTAZIONI DOSIMETRICHE

Le valutazioni dosimetriche sono state effettuate prendendo in considerazione tutte le possibili vie di esposizione e tutte le fonti. Lo scopo originario delle reti di monitoraggio nazionale e regionale (ex art. 152 del D. Lgs. 101/2020) è essenzialmente il calcolo della dose da esposizione alla radioattività di origine artificiale; tuttavia, per completezza e per il suo ruolo preponderante, si è tenuto conto anche del contributo della radioattività naturale. La tabella seguente riporta le diverse componenti che concorrono alla dose efficace complessiva, distinguendo per le differenti vie di esposizione, specificando anche per ciascuna di esse il metodo di valutazione.

Tabella 3 - Metodi di valutazione dei vari contributi alla dose efficace per le diverse vie di esposizione

Fonti	Via di esposizione	Metodo di valutazione
Naturali	Inalazione (radon)	Bibliografia
	Irraggiamento di origine naturale	Valutazione Arpa Piemonte
	Ingestione di radionuclidi naturali	Bibliografia
Artificiali	Irraggiamento di Cs-137 dal suolo	Valutazione Arpa Piemonte
	Ingestione di Cs-137	Valutazione Arpa Piemonte
	Ingestione di Sr-90	Valutazione Arpa Piemonte
	Irraggiamento da nube contaminata	Trascurabile
	Inalazione	Trascurabile
	Diagnostica medica	Bibliografia

### 7.1 Dose da fonti naturali

La dose da esposizione dovuta a fonti naturali è stata valutata considerando tre vie di esposizione: l'inalazione di radon, l'irraggiamento dal suolo e dai raggi cosmici e l'ingestione di radionuclidi naturali.

L'inalazione di gas radon è la via di esposizione che fornisce la dose maggiore. Tenendo conto che gli ultimi aggiornamenti della mappatura della Regione indicano una concentrazione media di 71,4 Bq/m<sup>3</sup> si ricava, facendo riferimento alle ultime indicazioni dosimetriche dell'ICRP, una dose pari a circa 2,7 mSv/anno. La dose da ingestione di radionuclidi naturali è stata invece stimata in 0,304 mSv/anno (Dossier ENEA del 1999; ISBN 88-8286-074-4). L'irraggiamento da parte dei radionuclidi naturali contenuti nella crosta terrestre e da parte dei raggi cosmici è stato valutato direttamente tramite un lavoro effettuato negli anni scorsi, basato sulla misura sperimentale del contenuto di radionuclidi naturali nel suolo in tutta la Regione (spettrometria gamma) a partire dalla quale venne poi effettuato un calcolo del relativo irraggiamento con successiva interpolazione kriging dei dati di dose (Losana M.C., Magnoni M., Procopio S., Bertino S.; La dose  $\gamma$  in aria in Piemonte a partire da dati di spettrometria  $\gamma$  su campioni di suolo: modelli di calcolo e costruzione di una mappa tramite il metodo del kriging; Atti del Convegno Nazionale "Dal monitoraggio degli agenti fisici sul territorio alla valutazione dell'esposizione ambientale", Villa Gualino, Torino, 29-31 ottobre 2003). Il valore medio regionale della dose è risultato in definitiva essere pari a 0,850 mSv/anno.

La dose totale da radioattività naturale, considerando le tre vie di esposizione, risulta quindi essere complessivamente pari a 3,854 mSv/anno.

## 7.2 Dose da fonti artificiali

La dose efficace da esposizione dovuta a fonti artificiali è stata valutata considerando l'irraggiamento di Cs-137 dal suolo e l'ingestione sia di Cs-137 che di Sr-90. L'irraggiamento, l'inalazione e l'ingestione dovute ai radionuclidi presenti in atmosfera sono considerate vie di esposizione ampiamente trascurabili.

Nel calcolo del contributo di dose dovuto a fonti artificiali si è comunque deciso di adottare un approccio ampiamente conservativo, in particolare per la dose da ingestione di alimenti contaminati: i valori che verranno quindi calcolati in questa sezione sono da intendersi più come "il caso peggiore" di un ipotetico "gruppo critico" della popolazione che si trova a consumare alimenti aventi tutti il massimo grado di contaminazione osservato piuttosto che un valore medio riferito a tutta la popolazione.

La dose da ingestione è stata valutata sia per il Cs-137 che per lo Sr-90, considerando gli alimenti per i quali la concentrazione di Cs-137 e Sr-90 è risultata almeno una volta superiore al limite di decisione e prendendo questi valori come riferimento, trascurando quindi tutti gli altri. Operando in questo modo si è evidentemente adottato un metodo di calcolo ampiamente conservativo, dal momento che sono stati presi in considerazione solo i dati superiori al limite di decisione.

L'irraggiamento di Cs-137 dal suolo è stato valutato invece a partire dallo studio già citato in precedenza e aggiornato al 2013 (Relazione "Monitoraggio straordinario della radioattività ambientale in Piemonte Anno 2013; sito istituzionale Arpa Piemonte). La concentrazione di Cs-137 per i suoli coltivati è stata considerata uniforme per lo strato superficiale di 40 cm e nulla al di sotto. Per i suoli indisturbati è invece stato ipotizzato che la concentrazione segua un profilo lognormale partendo dalla superficie del suolo e andando in profondità (supponendo una contaminazione superficiale risalente al tempo dell'incidente di Chernobyl che col passare del tempo migra in profondità). La dose media da irraggiamento di Cs-137 dal suolo è risultata essere pari a 0,033 mSv/anno.

Le quantità di alimenti consumate annualmente dalla popolazione, riportate in Tabella 4, sono state tratte da INEA, "L'agricoltura italiana conta", 2011. Per gli alimenti non riportati in tabella è stato assunto conservativamente un consumo di 10 kg/anno. Nella Tabella 5 sono riportate le concentrazioni di Cs-137 misurate negli alimenti nel corso del 2021, tralasciando i dati inferiori al limite di rivelabilità. Quando la concentrazione di Cs-137 è stata misurata in più campioni di una stessa matrice è stata riportata la media aritmetica delle singole misure. Nelle tabelle 7, 8 e 9 sono riportati i risultati delle valutazioni per il Cs-137 e lo Sr-90, riferite ai componenti principali della dieta (Tabella 7) e ai componenti accessori (funghi, miele, ecc; Tabelle 8 e 9). Tali dati, per quanto detto sopra, sono da intendersi come le dosi massime raggiungibili per l'ingestione. Per i calcoli della dose sono stati considerati alimenti base quelli riportati nella Tabella 4. Conservativamente è stata attribuita agli alimenti la concentrazione media del Cs-137 che solitamente viene misurato solo in una parte dei campioni, o addirittura in un solo campione.

Le valutazioni dosimetriche sono state effettuate per la popolazione adulta.

Tabella 4 – Consumi alimentari annui per la popolazione italiana adulta (INEA, L'agricoltura italiana conta, 2011). Per gli alimenti non riportati in tabella è stato assunto conservativamente un consumo di 10 kg/anno.

<b>Consumi alimentari</b>	<b>Kg / anno</b>
Cereali e derivati (riso compreso)	170,4
Latte	70
Formaggi	22,6
Carne totale	91
Carne bovina	23
Carne suina	38
Frutta fresca	54,4
Agrumi	39,3
Patate	44,3
Pomodori	72,20
Uova	10,90

Tabella 5 – Concentrazioni di Cs-137 misurate nelle diverse matrici alimentari nel 2022. Per gli alimenti che non compaiono in tabella le concentrazioni sono sempre risultate inferiori al limite di rivelabilità. Per il calcolo del valor medio non sono stati considerati i valori inferiori al limite di rivelabilità.

<b>Alimento</b>	<b>Cs-137 Bq/kg</b>	<b>Note</b>	<b>Numero campioni analizzati</b>
Latte vaccino crudo	0,459	Valor medio di 9 dati	36
Latte vaccino pastorizzato	0,245	Valore medio di 3 dati	29
Formaggio	0,302	Valore medio di 2 dati	7
Carne bovina	0,795	Valor medio di 2 dati	10
Carne suina	0,155	Valore misurato in un unico campione	3
Selvaggina	16,141	Valor medio di 2 dati	2
Castagne	15,197	Valor medio di 3 dati	3
Noci	0,862	Valore medio di 2 dati	2
Funghi	12,69	Valor medio di 4 dati	8
Miele	3,198	Valor medio su 9 dati	14
Succo di mirtillo	119,53	Valore misurato in un unico campione	1

Tabella 6– Concentrazioni di Sr-90 misurate nel latte nel 2022.

Alimento	Sr-90 Bq/kg	Note	Numero campioni analizzati
Latte crudo	0,081	Valor medio di 2 dati	2

Tabella 7 – Dose da ingestione massima da alimenti contaminati da Cs-137 per la popolazione adulta nel 2022. Conservativamente è stata attribuita a tutto il latte la concentrazione di Cs-137 misurata in soli 3 campioni risultati positivi, alla carne bovina la concentrazione di Cs-137 misurata in 2 campioni, alla carne suina quella misurata in un solo campione e al formaggio quella misurata in due campioni.

Alimento	Consumo kg/anno	coeff. Sv/Bq	Cs-137 Bq/kg	Dose efficace mSv/anno
Latte pastorizzato	70	1,30E-08	0,245	0,000223
Carne bovina	23	1,30E-08	0,795	0,000238
Carne suina	38	1,30E-08	0,155	0,000077
Formaggio	22,6	1,30E-08	0,302	0,000089
			<b>TOTALE</b>	<b>0,000626</b>

Tabella 8 – Dose da ingestione massima da alimenti contaminati da Sr-90 per la popolazione adulta nel 2022. E' stato considerato un consumo di latte crudo pari a 10 litri all'anno. Nel latte pastorizzato, consumato dalla maggior parte della popolazione, non è stato mai misurato lo Sr-90.

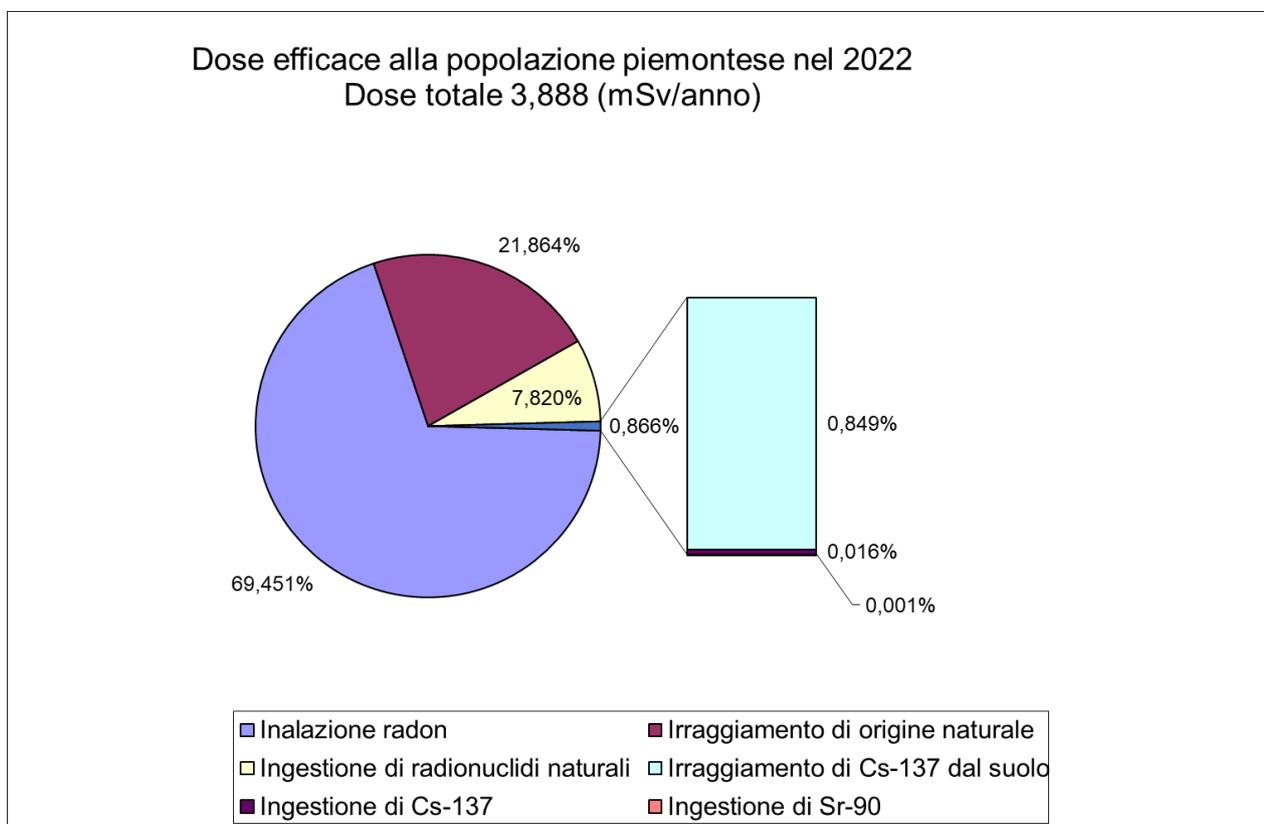
Alimento	Consumo kg/anno	coeff. Sv/Bq	Sr-90 Bq/kg	Dose efficace mSv/anno
Latte crudo	10	2,80E-08	0,081	0,000023
			<b>TOTALE</b>	<b>0,000023</b>

Tabella 9 – Dose da ingestione massima da alimenti particolari della dieta contaminati da Cs-137 per la popolazione adulta nel 2022. Conservativamente è stato assunto per il latte crudo un consumo pari a quello del latte pastorizzato (70 kg/anno) e per gli altri alimenti un consumo di 10 kg/anno.

Alimento	Consumo kg/anno	coeff. Sv/Bq	Cs-137 Bq/kg	Dose efficace mSv/anno
Latte crudo	70	1,30E-08	0,459	0,000418
Funghi	10	1,30E-08	12,69	0,001650
Castagne	10	1,30E-08	15,197	0,001976
Noci	10	1,30E-08	0,862	0,000112
Miele	10	1,30E-08	3,198	0,000416
Succo di mirtillo	10	1,30E-08	119,53	0,015539
Selvaggina	10	1,30E-08	16,141	0,002098
			<b>TOTALE</b>	<b>0,022208</b>

Si può osservare dalle tabelle che il contributo maggiore della dose da ingestione deriva per la maggior parte dagli alimenti accessori della dieta (funghi, latte crudo, miele, ecc.) che, a causa dei livelli di concentrazione più elevati, finiscono per avere un impatto radiologico maggiore, anche se comunque molto basso: si parla infatti, nel caso peggiore (succo di mirtillo) di valori di poco superiori a 10  $\mu\text{Sv}$  all'anno. In definitiva, la dose totale da radioattività artificiale, considerando l'irraggiamento dal suolo e l'ingestione di Cs-137 e Sr-90, risulta quindi di 0,034 mSv/anno, che può salire fino a 0,055 considerando quei gruppi della popolazione che consumano in gran quantità taluni alimenti particolari (vedi Tabella 9). Come già detto, questi valori non rappresentano la dose media da ingestione per la popolazione piemontese ma piuttosto una stima per quel "gruppo critico della popolazione" che si trova a consumare i cibi più contaminati. Tuttavia, anche considerando questo scenario, il contributo complessivo della dose da radionuclidi artificiali resta trascurabile, come si può vedere dal seguente diagramma a torta di Figura 17, in cui sono mostrati i vari contributi di dose: attorno all'1%. La dose efficace annua complessivamente stimata per la popolazione risulta infine pari a 3,888 mSv. Si tratta di un valore che non include il contributo dovuto all'esposizione per scopi medici, peraltro non soggetta ai limiti di legge, che può essere stimata in 1,178 mSv/anno (Dossier ENEA del 1999; ISBN 88-8286-074-4).

Figura 17 - Dose efficace alla popolazione piemontese adulta nel 2022.



## **8 ATTIVITA' DI VIGILANZA E CONTROLLO**

In quest'ultima sezione sono descritte sinteticamente le attività e i risultati relativi agli interventi di vigilanza e controllo svolti sul territorio piemontese nel 2021. In particolare ci si riferisce alle attività previste dalla DGR n°23 – 6389 del 19 gennaio 2018, di cui ai punti 4, 5, 6 e 7, sulle seguenti tematiche, di seguito esplicitamente richiamate con i riferimenti legislativi aggiornati in conseguenza dell'entrata in vigore del D.Lgs. 101/2020:

- *Sorveglianza radiometrica su materiali o prodotti semilavorati metallici o prodotti in metallo (art. 72 D. Lgs. 101/2020)*
- *Pareri per nulla osta di categoria A e B e relativa attività di monitoraggio su depositi e siti di detenzione di materiali radioattivi (articoli, 50, 51, 52 del D. Lgs. 101/2020)*
- *Interventi a seguito di ritrovamento di sorgenti di radiazioni ionizzanti o materiali radioattivi (art. 45 e art. 204 del D. Lg. 101/2020)*
- *Controllo di depositi di materiale radioattivo (articoli 56 e 59 del D. Lgs. 101/2020)*
- *Controllo ambientale della radioattività di origine naturale (Capo II D. Lgs. 101/2020: art. 20, art. 21, art. 22, art. 23, art. 24, art. 25, art. 26).*

### ***Sorveglianza radiometrica su materiali o prodotti semilavorati metallici o prodotti in metallo***

La norma (art. 72 D. Lgs. 101/2020) disciplina il regime dei controlli necessari per un'efficace prevenzione del rischio radiologico legato alla possibile presenza di sorgenti radioattive in rottami metallici e semilavorati metallici. Per questo motivo sono previste tutte una serie di controlli e procedure a carico delle aziende coinvolte nella gestione dei suddetti materiali. L'attività di prevenzione di ARPA Piemonte si esplica essenzialmente tramite il sopralluogo e la verifica, sia documentale che diretta mediante rilievi radiometrici, presso le aziende interessate. Tali interventi sono effettuati sulla base di una programmazione annuale oppure a seguito di segnalazioni di anomalia. Nella seguente Tabella 10 sono sinteticamente riportati gli interventi di questo tipo effettuati nel corso del 2022.

Tabella 10 – Interventi effettuati nell’ambito delle attività di vigilanza ex art. 72 D. Lgs. 101/2020.

IMPIANTO/DITTA	TIPOLOGIA	LUOGO e DATA	MOTIVAZIONE	ESITO
HME Brass Italy S.p.A.	Fonderia	Serravalle Scrivia (AL), 01/02/2022	Allarme ai portali	Rinvenimento di Ra-226; oggetto contaminato non identificato perché il carico è stato respinto
Magifer S.r.l.	Raccogliore rottami metallici	Costigliole d'Asti (AT), 05/05/2022	Allarme ai portali	Rinvenimento di sfere metalliche contaminate da Ra-226; probabile NORM
AFV Acciaierie Beltrame S.p.A.	Fonderia	San Didero (TO), 27/06/2022	Allarme ai portali	Rinvenimento di rottami metallici contaminati da Ra-226
Sacal S.p.A.	Fonderia	Carisio (VC), 20/12/2022	Attività di vigilanza	Non sono stati riscontrati livelli anomali di radioattività; fatte prescrizioni sulle procedure di controllo radiometriche

***Pareri per nulla osta di categoria A e B e relativa attività di monitoraggio su depositi e siti di detenzione di materiali radioattivi***

In quest’ambito ARPA Piemonte ha svolto nel 2021 sia attività istruttoria per l’emissione di pareri che di vigilanza sul campo. Per quanto riguarda l’emanazione di pareri per l’impiego di sorgenti di radiazioni ionizzanti di categoria B (rilasciati ex art. 50 e art. 52 D. Lgs. 101/2020), gran parte di essi sono stati emessi nell’ambito degli organismi tecnici consultivi di quadrante (OTC), di cui i rappresentanti ARPA Piemonte fanno parte, istituiti ai sensi della Legge Regionale n°5/2010:

OTC Torino (Provincia di Torino): 38 pareri

OTC Cuneo (Provincia di Cuneo): 16 pareri

OTC Novara (Province di Novara, Biella, Vercelli, VCO): 17 pareri

OTC Alessandria (Province di Alessandria e Asti): 2 pareri

Sono stati inoltre emessi pareri di categoria B direttamente alle seguenti Prefetture che ne avevano fatto diretta domanda:

Prefettura di Alessandria: 14 pareri

Prefettura di Biella: 1 parere

Prefettura di Vercelli: 2 pareri

E’ stato inoltre emesso 1 parere per impieghi di categoria A, richiesto dalla Regione, riferito alla ditta AAA.

Nel 2022 non sono stati emanati pareri alla Regione per lo smaltimento ai sensi dell’art. 54 del D.Lgs. 101/2020 da parte di ditte che detengono sorgenti radioattive ma non necessitano di decreti autorizzativi, in quanto l’attività detenuta è tale per rientrare nel solo regime di notifica ai sensi dell’art. 46 del D.Lgs. 101/2020.

***Interventi a seguito di ritrovamento di sorgenti di radiazioni ionizzanti o materiali radioattivi (art. 45 e art. 204 del D. Lg. 101/2020)***

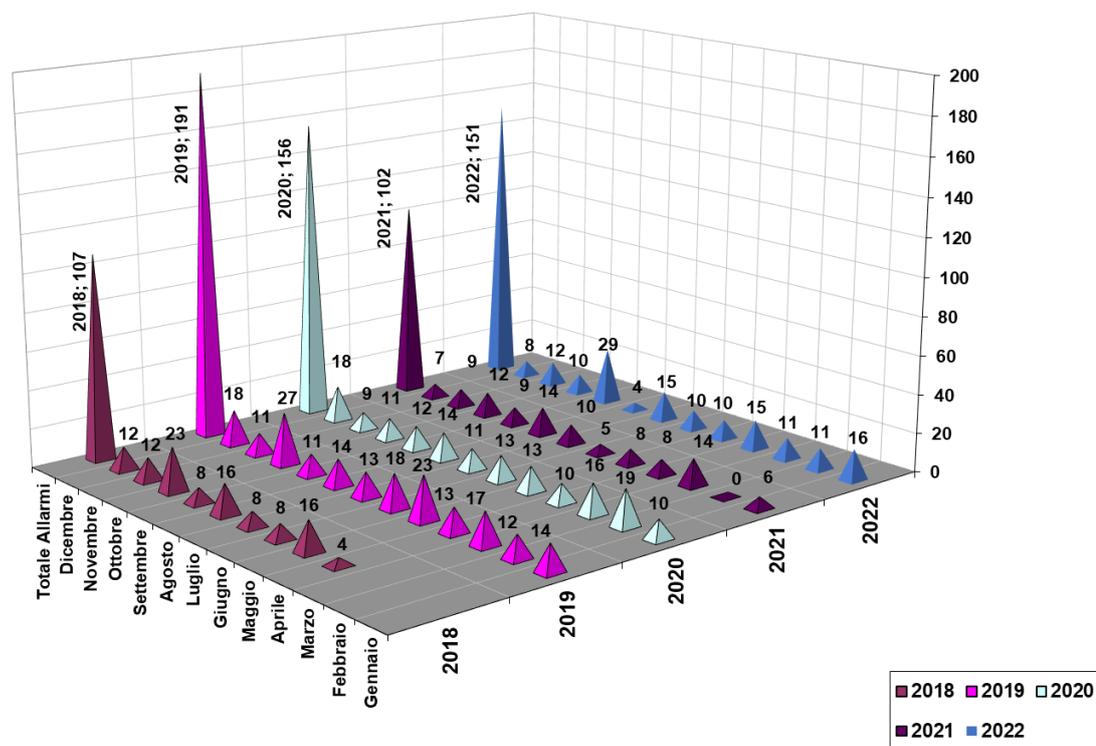
Nel corso del 2022 sono stati effettuati diversi interventi legati al ritrovamento di sorgenti e/o a segnalazioni di anomalie radiometriche di varia natura. Le sorgenti sono state identificate e avviate a smaltimento anche se nessuno di questi eventi ha comportato rischi significativi di contaminazione ed esposizione e pertanto non sono mai state attivate procedure previste dai piani di emergenza e di allerta.

Un intervento è stato effettuato presso la ditta Rosso S.r.l. di Fossano (CN), che effettua attività di recupero e smaltimento di rifiuti di varia natura, dopo la segnalazione da parte della ditta stessa di una leggera anomalia radiometrica da parte di quattro cassoni. L'intervento di Arpa Piemonte ha verificato che la lana di origine animale contenuta nei cassoni aveva un contenuto di radioattività naturale (K-40) abbastanza elevato. La concentrazione, tuttavia, non era tale da far rientrare il materiale nella categoria dei rifiuti radioattivi, e quindi è stato destinato allo smaltimento convenzionale in discarica.

Vi sono state inoltre frequenti segnalazioni di anomalie radiometriche provenienti dai carichi di Rifiuti Solidi Urbani in ingresso all'impianto di termovalorizzazione di Torino (Gerbido) gestito da TRM. La gran parte delle segnalazioni erano riconducibili a radionuclidi di origine ospedaliera che, per loro natura, non costituiscono un'apprezzabile fonte di rischio radiologico.

La ditta TRM SpA è dotata di procedure per il controllo radiometrico sui carichi di rifiuti che entrano ed escono dallo stabilimento. Tali procedure, redatte anche in collaborazione con Arpa Piemonte e in accordo con le autorità locali, prevedono il passaggio attraverso dei portali di rilevazione radiometrica di tutti i mezzi che conferiscono rifiuti all'impianto o che, in uscita, trasportano all'esterno i reflui prodotti. Nelle citate procedure è specificato che ogni allarme segnalato dai portali deve essere comunicato agli organi di controllo, tra i quali anche Arpa. A partire dal 15 Aprile 2018 Arpa ha quindi registrato sistematicamente tutti gli allarmi ricevuti. Nella successiva figura 22 è riportato l'andamento delle registrazioni degli allarmi ricevuti in funzione dell'anno e del mese in cui si sono verificati, dal 15 Aprile 2018 fino fine 2022.

Figura 18 - Numero mensile di anomalie radiometriche registrate dai portali TRM (carichi di rifiuti in ingresso all'impianto)



Dall'analisi del numero degli allarmi complessivi per anno, si ha che in media la ditta rileva un allarme radiometrico ogni 2 giorni.

Praticamente la quasi totalità degli allarmi registrati sono stati causati da materiale radioattivo di tipo medicale smaltito insieme ai rifiuti solidi urbani, in modo quasi certamente inconsapevole da parte di pazienti sottoposti a trattamento con radiofarmaci.

Delle sostanze radioattive di origine medicale ritrovate, si è quasi sempre trattato di Iodio 131, tranne che nei casi riportati in tabella 11. Tale radionuclide è infatti usato nel trattamento dell'ipertiroidismo e di alcuni tipi di tumore alla tiroide. I pazienti trattati con tale radionuclide sono sottoposti al cosiddetto isolamento post terapeutico: tuttavia, in base ai protocolli, peraltro regolarmente autorizzati e conformi alle normative sia nazionali che internazionali, vengono sovente dimessi quando ancora il carico di Iodio 131 presente nel corpo non si è completamente esaurito. Il ritrovamento di Iodio 131 nei rifiuti solidi urbani (RSU), in particolare, come è stato anche direttamente verificato, in sacchetti contenenti pannolini, o salviette o materiale analogo, è quindi del tutto plausibile e difficilmente eliminabile in modo completo. Potrebbe tuttavia essere limitato da una gestione più attenta, sia da parte dei pazienti che da parte delle strutture sanitarie, di questi materiali.



Tabella 11 – Interventi effettuati nell’ambito di attività di vigilanza programmata in siti di interesse o a seguito di ritrovamenti o sospetti ritrovamenti di sorgenti radioattive.

<b>IMPIANTO/DITTA</b>	<b>TIPOLOGIA</b>	<b>LUOGO e DATA</b>	<b>MOTIVAZIONE</b>	<b>ESITO</b>
TRM	Impianto di termovalorizzazione	Torino, Via Gorini 50, 07/03/2022	Rilevamento anomalie radiometriche in ingresso da impianto a portale	Rinvenimento di minerale con elevati livelli di radioattività naturale. Materiale avviato poi a smaltimento tramite ditta autorizzata.
TRM S.p.A.	Impianto di termovalorizzazione	Torino, Via Gorini 50, 11/04/2022	Rilevamento anomalie radiometriche in ingresso da impianto a portale	Ritrovamento di materiale contaminato da Ra-226. Avviato a smaltimento tramite ditta autorizzata. Prelievo di campioni di polveri e scorie per analisi in laboratorio.
Rosso S.r.l.	Impianto di deposito e smaltimento rifiuti	Fossano, Via Ghiglione 18, 30/05/2022	Rilevamento anomalie radiometriche	Lana animale con elevato contenuto di K-40. Avviato a smaltimento in discarica.
TRM S.p.A.	Impianto di termovalorizzazione	Torino, Via Gorini 50, 29/06/2022	Rilevamento anomalie radiometriche in ingresso da impianto a portale	Ritrovamento di materiale sanitario contaminato da Lu-177. Avviato a incenerimento dopo opportuno decadimento.

### **Controllo di depositi di materiale radioattivo**

E' stato effettuato un sopralluogo presso il deposito della società Campoverde S.r.l. a Tortona (AL), in seguito a una richiesta del comune di Tortona. Nel corso del sopralluogo sono state effettuate misure di rateo di dose gamma in aria e sono stati prelevati alcuni smear test sul pavimento del capannone. Il rateo di dose al confine della proprietà è pari al fondo ambientale e non si configurano pertanto, allo stato attuale, rischi di natura radiologica per il gruppo di riferimento della popolazione.

### **Controllo ambientale della radioattività di origine naturale**

Rientrano in questa categoria tutte le attività svolte sul territorio che riguardano la valutazione e la prevenzione dell'esposizione alla radioattività naturale, ad eccezione del radon per il quale è previsto un report a sé stante.

#### Controlli Cantieri TAV

Nel 2022, tali attività si sono riferite in gran parte alle attività di monitoraggio dei cantieri TAV della Val di Susa e del III Valico. Nello specifico:

- Nuovo collegamento internazionale Torino - Lione - Sezione internazionale - Cunicolo esplorativo della Maddalena e Parte comune Italo-Francese - Tratta in territorio italiano
- Tratta alta velocità / alta capacità Milano - Genova - Terzo Valico dei Giovi

Relativamente a tali opere, che riguardano la realizzazione di tratte ferroviarie ad alta velocità/capacità, Arpa si occupa della valutazione degli elaborati, presentati dal proponente, inerenti i monitoraggi ambientali previsti nelle varie fasi: Ante Operam, Corso d'Opera e Post Operam. Attività che è condotta con tavoli tecnici tematici per verificare la corretta attuazione del Piano di Monitoraggio e del Sistema di Gestione Ambientale in termini di rispondenza alle esigenze di tutela ambientale e di rispetto delle prescrizioni contenute nelle delibere del CIPE (Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica).

Le strutture Arpa, inoltre, come stabilito nel Programma delle Attività previste dal Protocollo d'intesa dell'Osservatorio, effettuano il controllo dei dati ambientali trasmessi, anche con sopralluoghi presso i cantieri, finalizzati al monitoraggio in campo e al prelievo di campioni per analisi di laboratorio.

Durante i sopralluoghi effettuati nei cantieri, vengono generalmente condotte misure di radon entro le zone di scavo, acquisite misure di rateo di dose gamma entro le gallerie e sui cumuli di smarino, eseguiti prelievi di acque per analisi di alfa e beta totale e di campioni di rocce e di fanghi per analisi di spettrometria gamma in laboratorio. Le attività sono proseguite anche nel corso del 2022 e di seguito sono elencati gli interventi effettuati nel corso dell'anno.

Nuovo collegamento internazionale Torino - Lione - Sezione internazionale - Cunicolo esplorativo della Maddalena e Parte comune Italo-Francese - Tratta in territorio italiano

Nella tabella seguente sono riportate le attività effettuate nell'anno 2022

Tabella 12 – Attività di controllo effettuate sul cantiere della Maddalena in Val Susa.

Attività	Numero
Sopralluoghi ARPA presso il cantiere	4
Misure di concentrazione di attività radon entro il cunicolo "la Maddalena"	53
Prelievo di campioni di smarino per analisi di spettrometria gamma in laboratorio	3
Prelievo di campioni di acqua di venuta dal cunicolo in ingresso all'impianto di depurazione per analisi Alfa e Beta totale in laboratorio	4

Tratta alta velocità / alta capacità Milano - Genova - Terzo Valico dei Giovi: Cantieri "Vallemme" COP1 - Voltaggio, Cantiere "Castagnola" COP2 - Fraconalto, Cantiere Moriassi COP4 - Arquata Scrivia, Cantiere Libarna COP5 – Serravalle, Cantiere COP7 – Novi Ligure, Cantiere Radimero COP20 - Arquata Scrivia.

Negli anni precedenti, nel corso dei vari sopralluoghi, effettuati presso i cantieri del Terzo Valico dei Giovi, le acquisizioni di rateo di dose gamma entro le zone di scavo e sui cumuli di smarino hanno evidenziato valori sempre nella norma, dati confermati anche dalle analisi di spettrometria gamma condotte sui campioni di roccia provenienti dalle zone di scavo. I valori di concentrazione di attività dei principali radionuclidi naturali sono sempre risultati caratteristici di materiali estrattivi a medio-basso contenuto di radioattività. Durante le attività di vigilanza si effettuano di norma i seguenti rilievi e prelievi:

- Misure di rateo di dose gamma al fronte di scavo e nei pressi dei cumuli di smarino
- Prelievi di campioni di smarino
- Posizionamento e sostituzione di dosimetri radon
- Prelievi di campioni di acque

Tabella 13 – Attività di controllo cantieri del Terzo Valico

Attività	Numero
Sopralluoghi presso i cantieri	18
Posizionamento di dosimetri passivi per la misura di concentrazione di attività radon entro la zona di scavo	181
Prelievo di campioni di smarino per analisi di spettrometria gamma in laboratorio	9
Prelievo di campioni di acqua di venuta dal cunicolo in ingresso all'impianto di depurazione per analisi Alfa e Beta totale in laboratorio	9
Misure in campo di rateo di dose gamma in aria	12