



LA RADIOATTIVITA' AMBIENTALE IN PIEMONTE

Rapporto anni 2013-2014

Dipartimento Tematico Radiazioni
Struttura semplice Radiazioni ionizzanti

Autori

**Maria Clivia Losana, Enrico Chiaberto, Elena Serena, Giuliana Garbarino e
Mauro Magnoni**

Hanno collaborato:

**Luca Bellina, Stefano Bertino, Brunella Bellotto, Maura Ghione, Anna Prandstatter,
Rosamaria Tripodi**

PREMESSA	4
1 LE RETI DI MONITORAGGIO DELLA RADIOATTIVITA' AMBIENTALE	5
1.1 RETE NAZIONALE E RETE REGIONALE	5
1.1.1 Particolato atmosferico	8
1.1.2 Deposizione al suolo (fallout)	11
1.1.3 Acque superficiali, sedimenti e DMOS (Detrito Minerale Organico Sedimentabile)	12
1.1.4 Suolo ed erba	13
1.1.5 Latte e derivati	15
1.1.6 Carne	18
1.1.7 Cereali e derivati.....	19
1.1.8 Ortaggi e frutta.....	22
1.1.9 Funghi e miele.....	27
1.1.10 Altri alimenti.....	34
1.1.11 Acqua potabile	34
1.1.12 Analisi radiochimiche.....	35
1.2 RETE DI ALLERTA	36
2 RADON.....	38
2.1 ATTIVITA' ISTITUZIONALE	38
2.2 PROGETTO RADICAL	41
3 VALUTAZIONI DOSIMETRICHE.....	43
3.1 DOSIMETRIA PER LA POPOLAZIONE.....	43
4 ALTRE ATTIVITA'	45
4.1 VIGILANZA.....	45
4.1.1 Attività di prevenzione	45
4.1.2 Sorgenti utilizzate in campo industriale	46
4.1.3 Sorgenti utilizzate in campo medico.....	47
4.2 PROGETTI E ATTIVITA' DI SERVIZIO.....	48
4.3 PRIVATI.....	52
4 CONCLUSIONI.....	53

PREMESSA

Questo rapporto illustra e commenta le attività svolte dall'Arpa Piemonte, Dipartimento Tematico Radiazioni, negli anni 2013-2014. 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 o per conto di privati.

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, sedimento fluviale o DMOS, sedimenti, talvolta fallout) e più raramente, a concentrazioni più basse, in alcune matrici 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, 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), ma negli ultimi anni le concentrazioni misurate in questa matrice sono state quasi sempre 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 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 Raccomandazione CE n°274/2003) e sono significativamente inferiori a quelle misurate nei primi anni dopo l'incidente di Chernobyl.

Occorre segnalare inoltre che nel 2013 la Regione Piemonte ha commissionato un monitoraggio straordinario per valutare la contaminazione residua di Cs-137 in alcune zone specifiche della regione. Ciò ha fatto sì che le matrici analizzate nel 2013 siano in

numero maggiore di quelle analizzate in media negli anno precedenti e spiega la discrepanza con il numero delle matrici analizzate nel 2014.

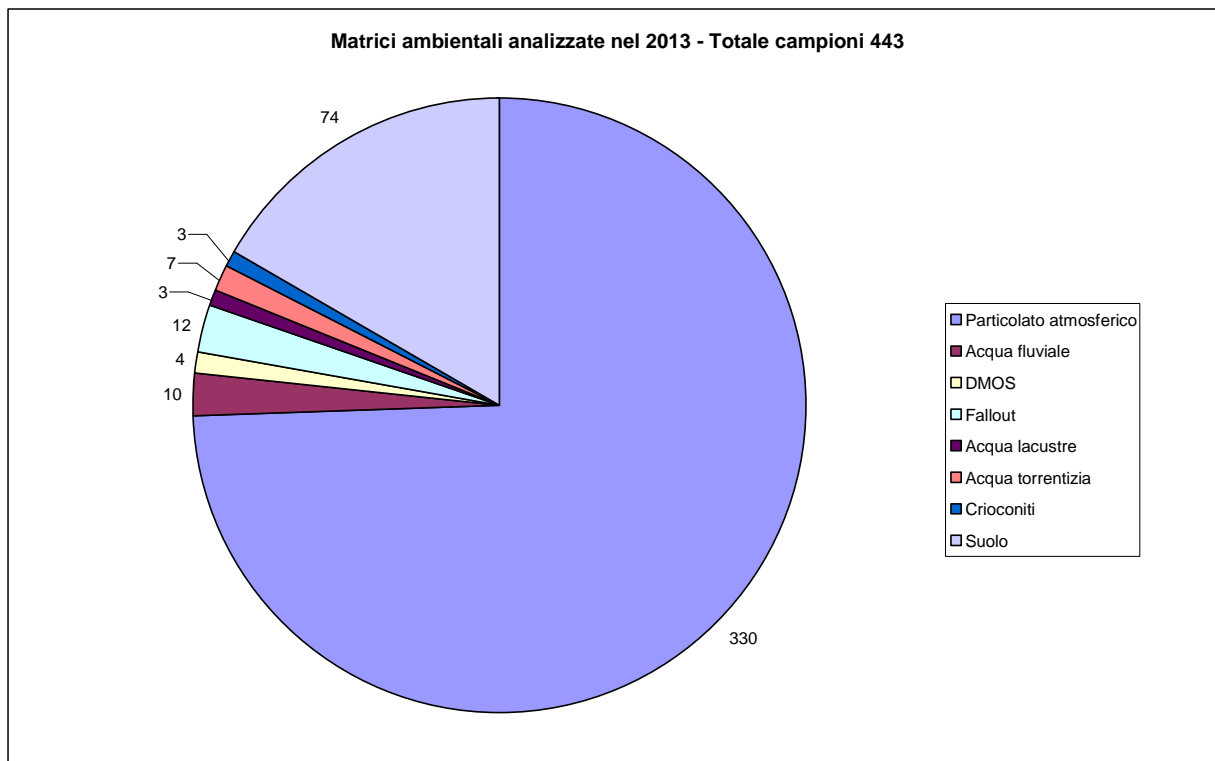


Figura 1: Tipologia di campioni ambientali analizzati nel 2013 nell'ambito delle reti di monitoraggio (nazionale e regionale) e del monitoraggio straordinario.

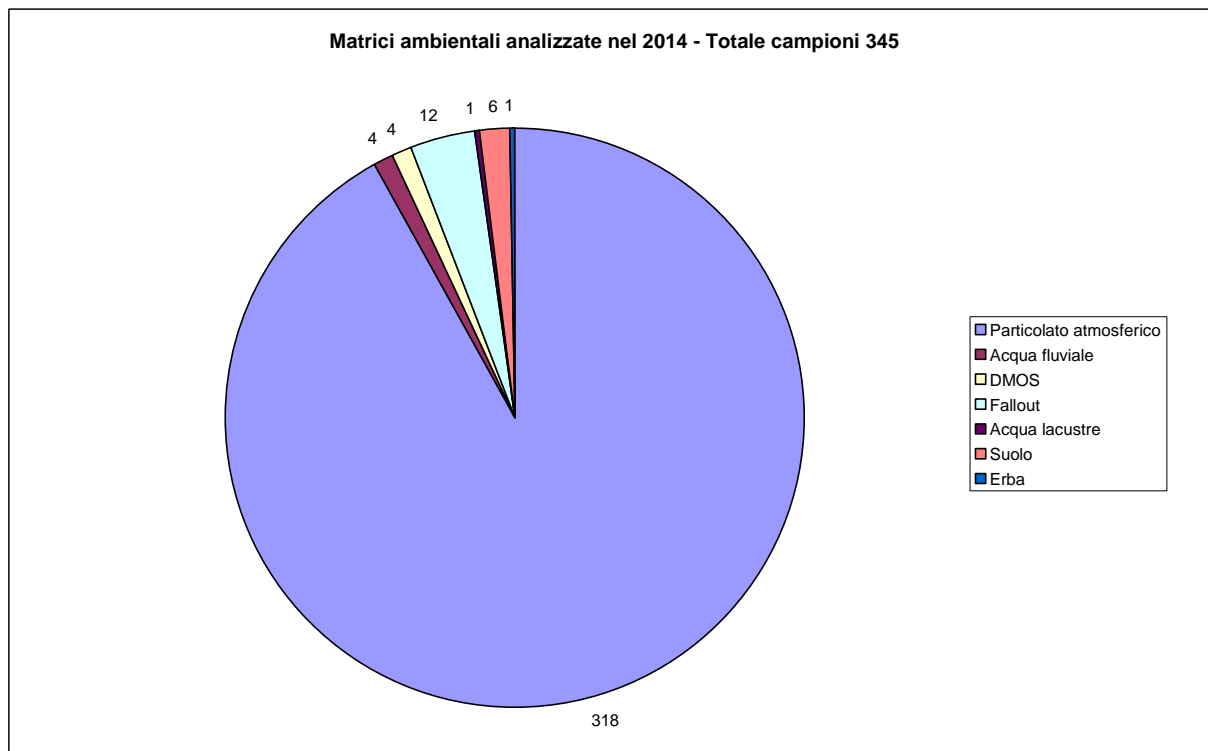


Figura 2: Tipologia di campioni ambientali analizzati nel 2014 nell'ambito delle reti di monitoraggio (nazionale e regionale).

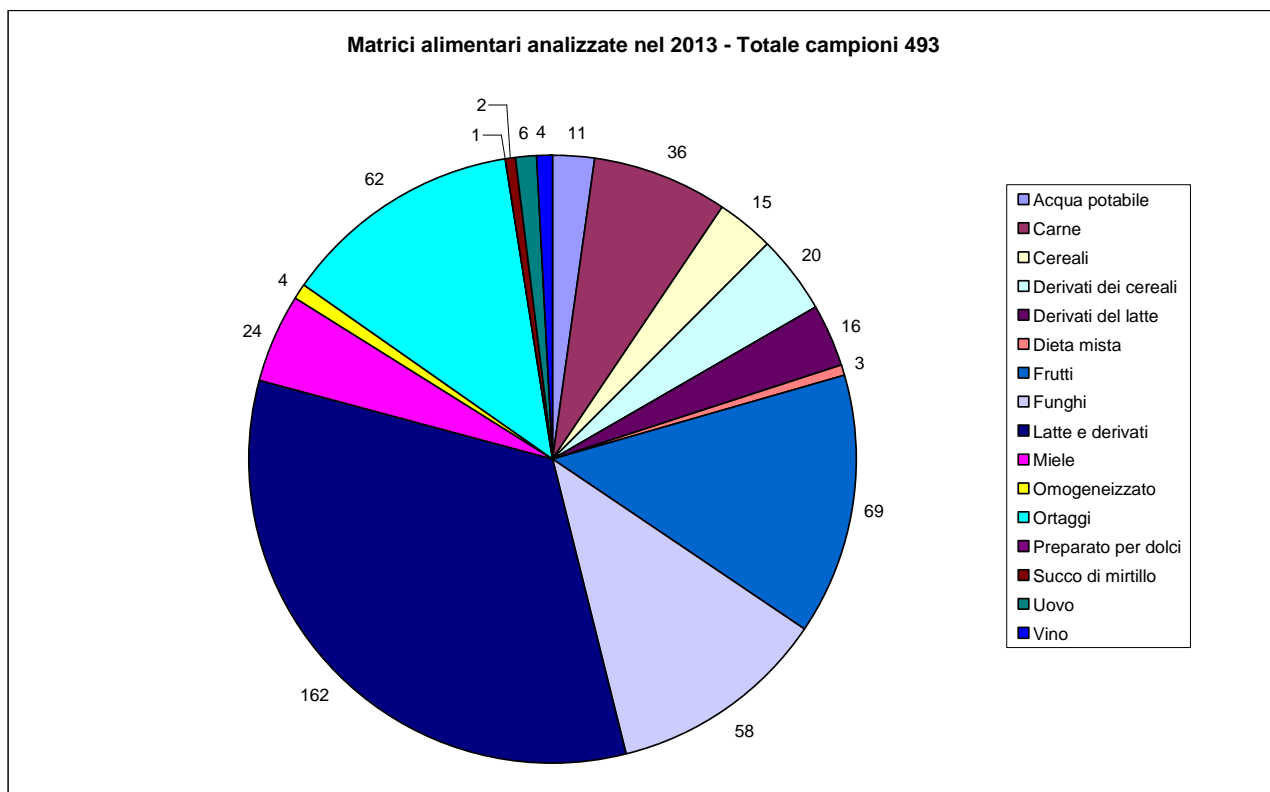


Figura 3: Tipologia di campioni alimentari analizzati nel 2013 nell'ambito delle reti di monitoraggio (nazionale e regionale) e del monitoraggio straordinario.

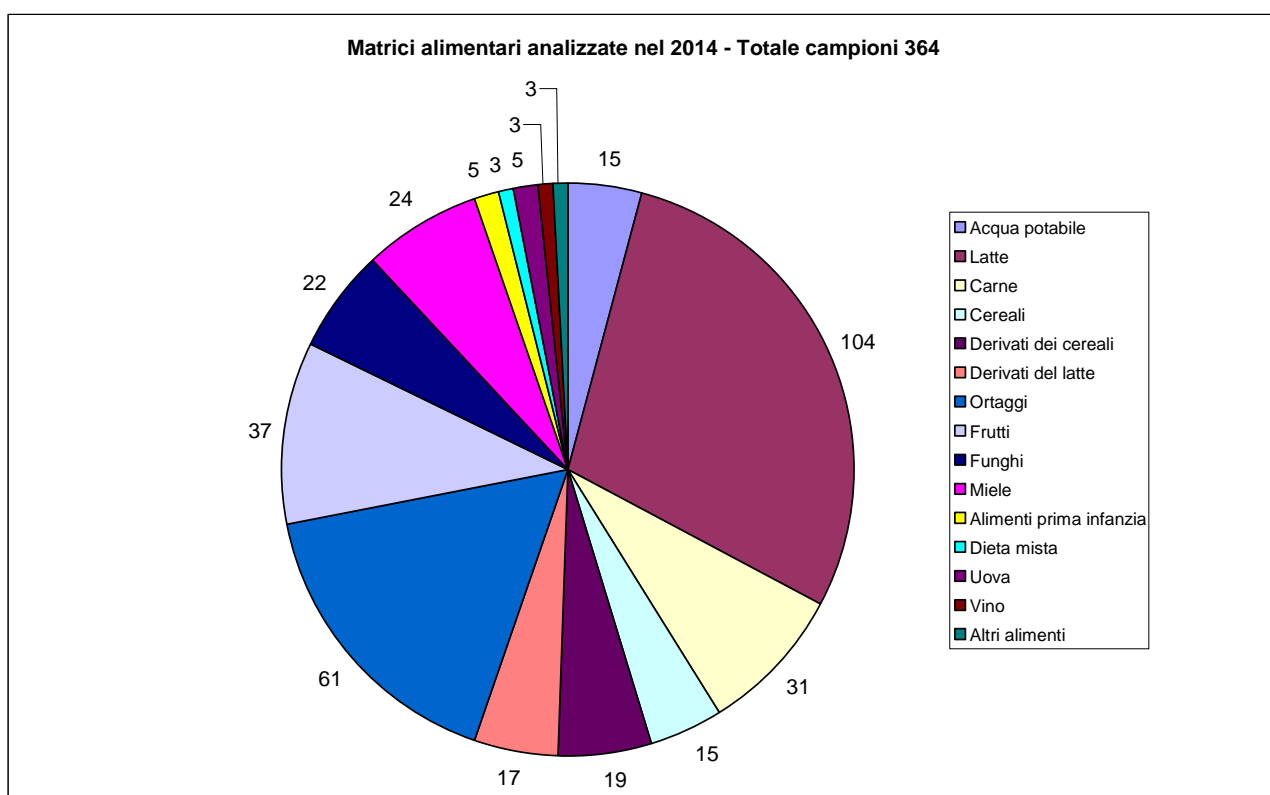


Figura 3: Tipologia di campioni alimentari analizzati nel 2014 nell'ambito delle reti di monitoraggio (nazionale e regionale).

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 spettrometria 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/m³ per l'attività beta e 10^{-4} Bq/m³ per l'attività alfa.

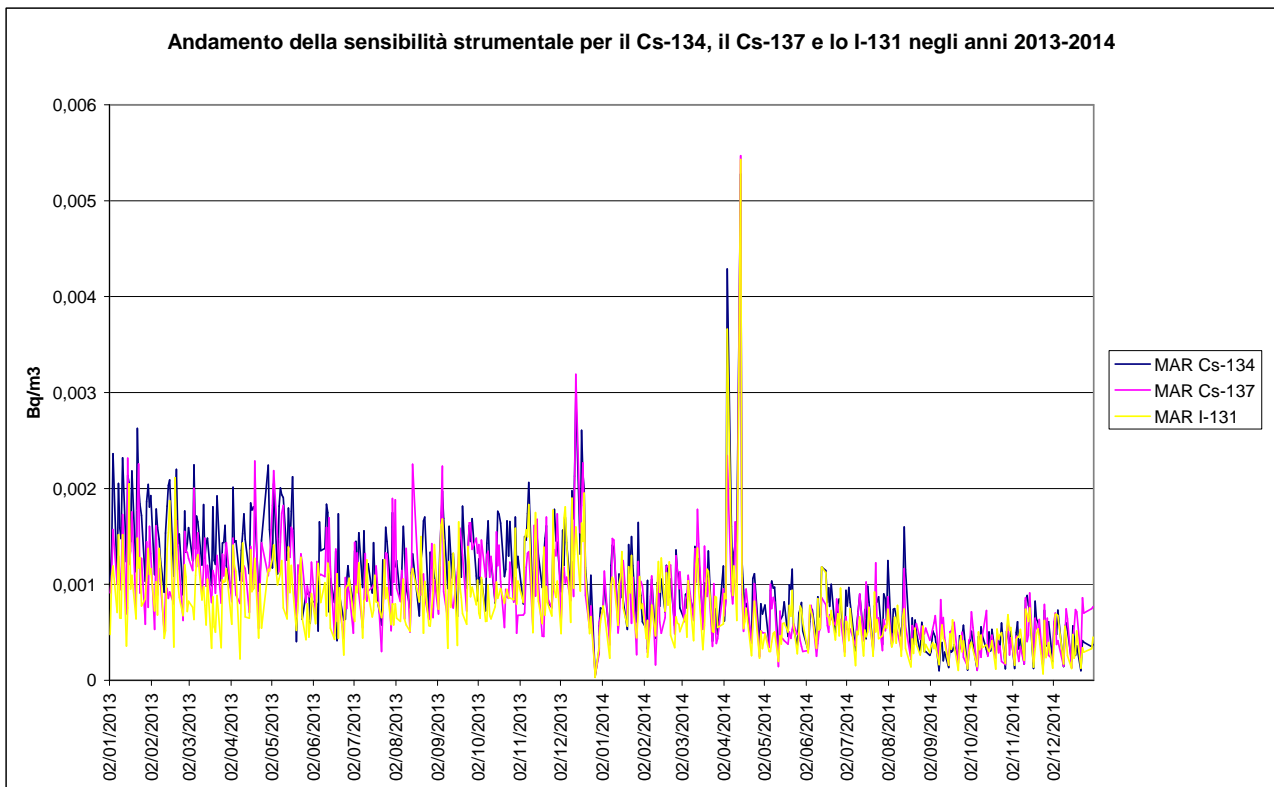


Figura 4: Andamento della sensibilità strumentale in spettrometria gamma per i filtri giornalieri del particolato atmosferico analizzati nel 2013 e 2014 per i radionuclidi artificiali di maggior interesse. Si nota come nei periodi in cui il volume di aria aspirato era inferiore la sensibilità peggiori, dando origine sul grafico a valori dell'ordine di 0,005 Bq/m³. Si tratta comunque, anche nel caso più sfavorevole, di sensibilità molto elevate: circa 1000 volte inferiori ai valori di radioattività che vennero misurati in aria in Italia durante l'incidente di Chernobyl.

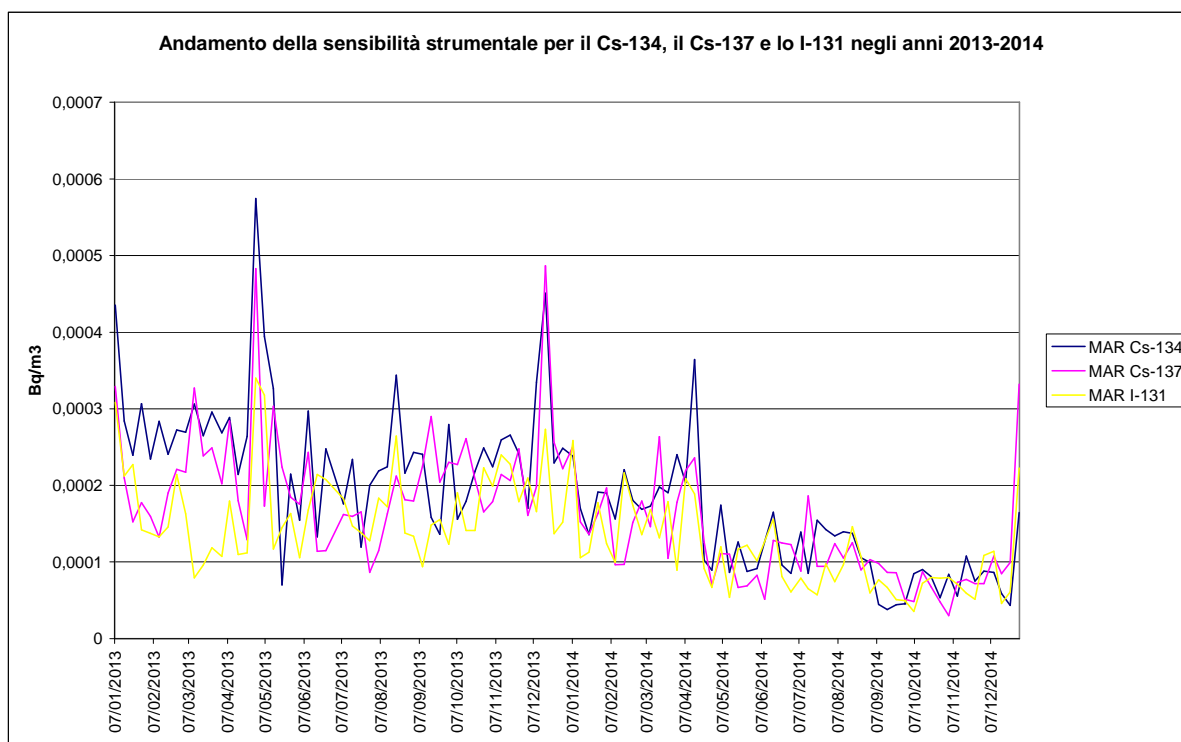


Figura 5: Andamento della sensibilità strumentale in spettrometria gamma per il pacchetto settimanale dei filtri del particolato atmosferico analizzati nel 2013 e 2014 per i radionuclidi artificiali di maggior interesse. Si nota come la sensibilità sia sempre migliore di quella delle analisi dei filtri giornalieri, in quanto il volume aspirato è maggiore (nel pacchetto settimanale il volume aspirato è la somma del volume aspirato su ogni filtro presente nel pacchetto). Nei periodi in cui il volume di aria aspirato era inferiore la sensibilità peggiora, dando origine sul grafico a valori dell'ordine di 0,0005 Bq/m³.

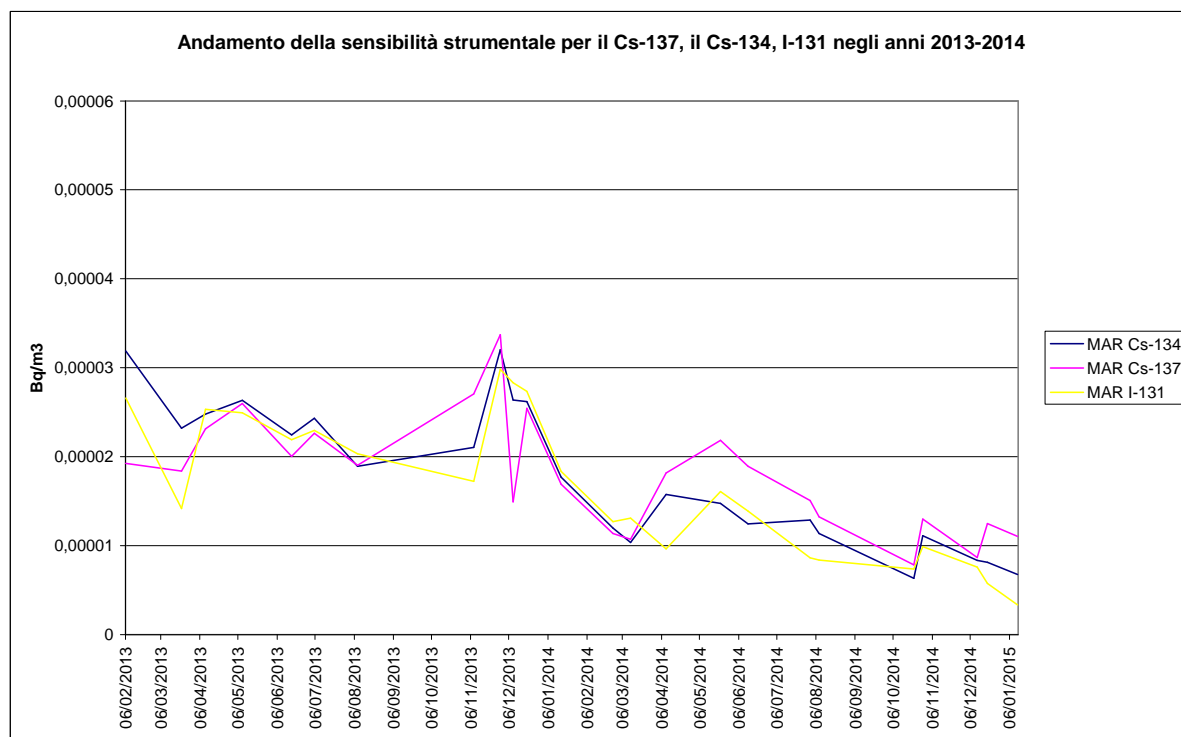


Figura 6: Andamento della sensibilità strumentale in spettrometria gamma per il pacchetto mensile dei filtri del particolato atmosferico analizzati nel 2013 e 2014 per i radionuclidi artificiali di maggior interesse. Si nota come la sensibilità sia sempre migliore di quella delle analisi dei filtri giornalieri e mensili, in quanto il volume aspirato è maggiore (nel pacchetto mensile il volume aspirato è la somma del volume aspirato su ogni filtro presente nel pacchetto).

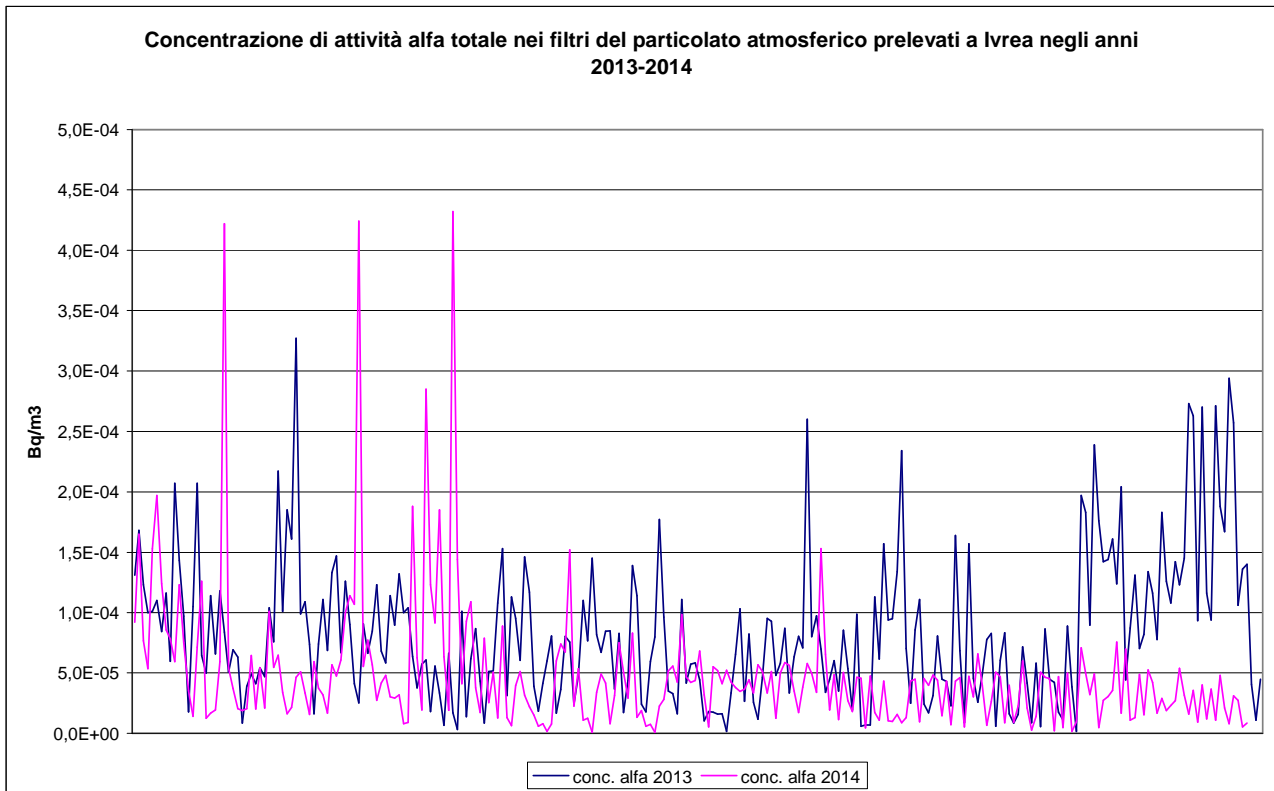


Figura 7: Concentrazione di attività alfa totale nel particolato atmosferico negli anni 2013-2014.

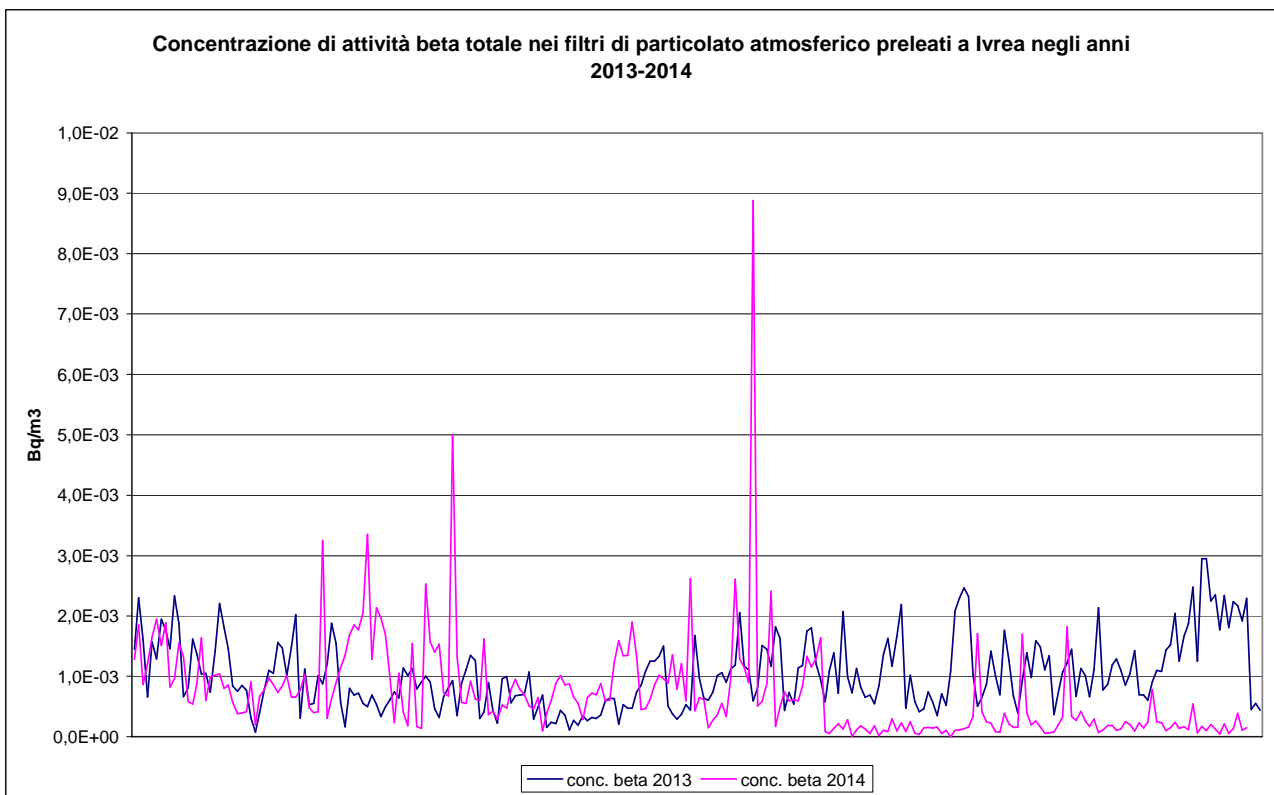


Figura 8: Concentrazione di attività beta totale nel particolato atmosferico negli anni 2013-2014.

Oltre che sul particolato atmosferico prelevato a Ivrea sono anche state effettuate analisi di spettrometria gamma sul pacchetto mensile di filtri provenienti dalla stazione di campionamento di Orti di Alessandria. Anche in queste analisi (in tutto 17) le concentrazioni di Cs-134, Cs-137 e I-131 sono sempre risultate inferiori alla sensibilità strumentale, dell'ordine, come anche per le analisi sui pacchetti mensili di Ivrea, di $0,00001 \text{ Bq/m}^3$.

L'insieme di queste analisi mostra chiaramente che, nel periodo di riferimento, non ci siano evidenze di episodi di contaminazione, nemmeno lievi, dell'atmosfera.

1.1.2 Deposizione al suolo (fallout)

La deposizione al suolo viene raccolta mensilmente tramite una vasca di acciaio inox posta sul tetto dell'edificio della sede Arpa di Ivrea. Portando il contenuto della vasca a secco si ottiene una matrice molto sensibile, in grado di rivelare anche debolissime tracce di radioattività atmosferica. Di seguito sono riportate le misure effettuate negli anni 2013-2014 e l'andamento generale a partire dal 1988.

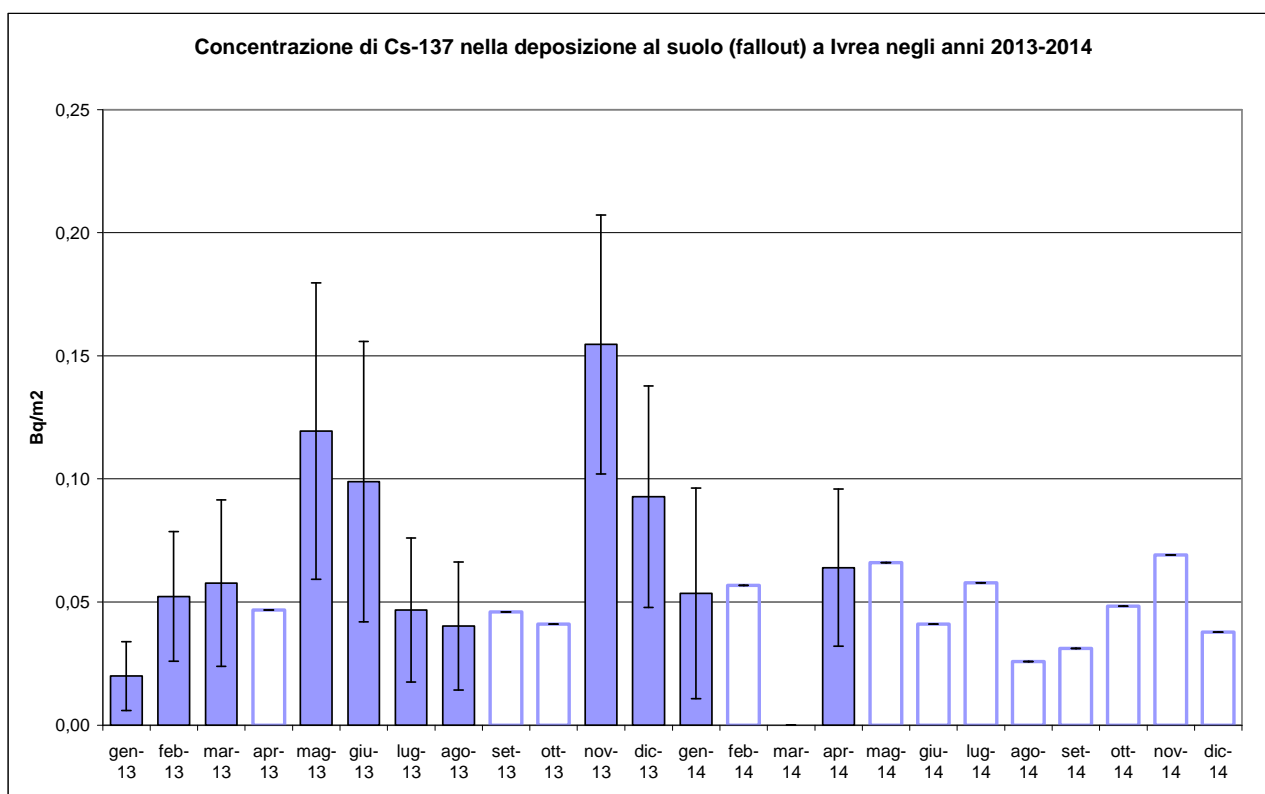


Figura 9: Concentrazione di Cs-137 nella deposizione al suolo prelevata a Ivrea negli anni 2013-2014. In molti mesi le concentrazioni sono inferiori alla sensibilità strumentale (in questi casi il valore della sensibilità è riportato con un rettangolo vuoto): infatti, essendo passato ormai molto tempo dall'incidente di Chernobyl la radioattività presente nel suolo e risospesa in atmosfera è sempre minore.

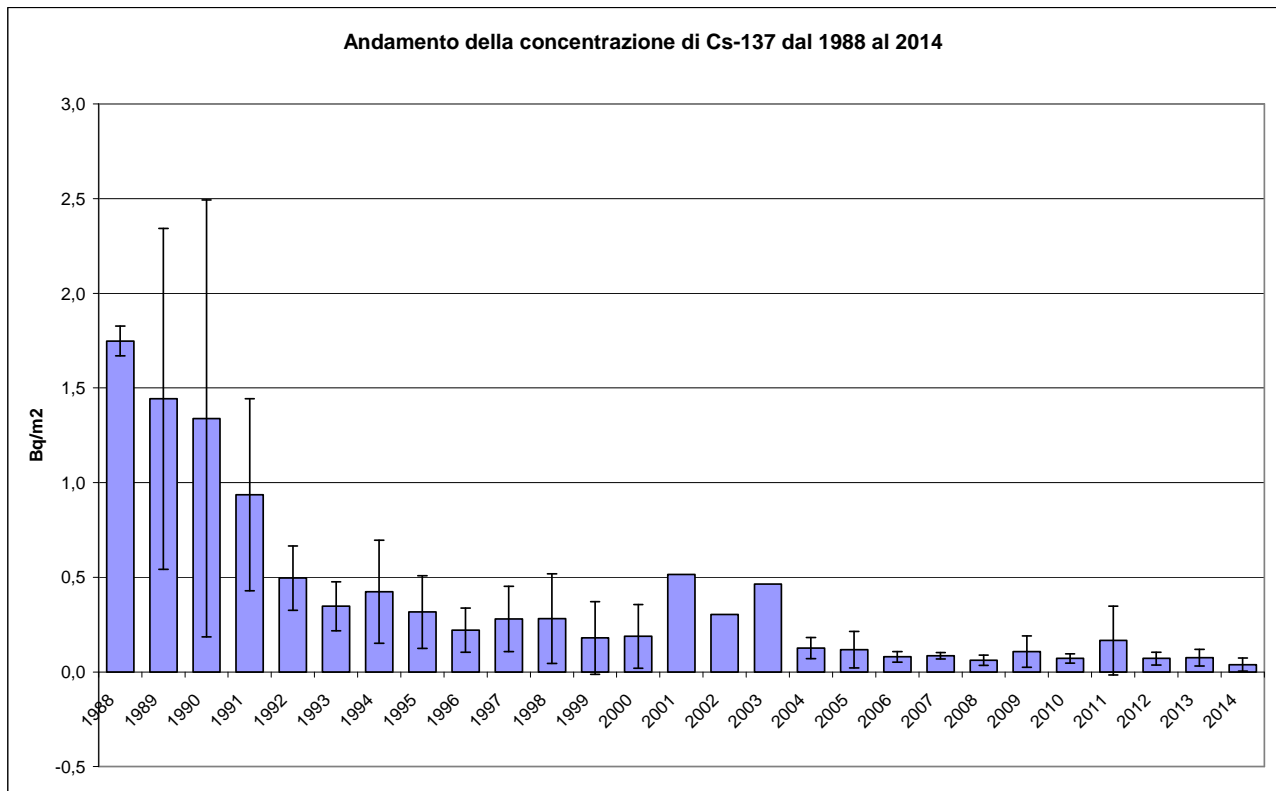


Figura 10: Andamento della concentrazione di Cs-137 nella deposizione al suolo prelevata a Ivrea negli ultimi anni. E' evidente la costante diminuzione dagli anni immediatamente successivi all'incidente di Chernobyl fino a nostri giorni.

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

Il monitoraggio nell'ambito delle reti prevede il campionamento dell'acqua fluviale quattro volte all'anno lungo il fiume Po, a Casale Monferrato. Nel corso del 2013 sono però stati effettuati ulteriori campioni di acque superficiali nell'ambito del monitoraggio straordinario richiesto dalla Regione. I risultati delle analisi effettuate nel 2013 e nel 2014 sono riportati nella tabella seguente. Solo in un caso è stata riscontrata una modesta concentrazione di Cs-137 nell'acqua del Fiume Po, appena superiore alla sensibilità strumentale (0,001 Bq/l), comunque del tutto compatibile con la presenza nell'ambiente del Cs-137.

Matrice	Punto di prelievo	Periodo di riferimento	Cs-134 Bq/l	incertezza	Cs-137 Bq/l	incertezza	I-131 Bq/l	incertezza
Acqua fluviale	Fiume Po - Casale M.to (AL)	I° trimestre 2013	<0.0009	*	<0.0010	*	<0.0010	*
Acqua fluviale	Fiume Po - Casale M.to (AL)	II° trimestre 2013	<0.0007	*	0.0023	0.0011	<0.0009	*
Acqua fluviale	Fiume Po - Casale M.to (AL)	III° trimestre 2013	<0.0014	*	<0.0018	*	<0.0013	*
Acqua fluviale	Fiume Po - Casale M.to (AL)	IV° trimestre 2013	<0.0011	*	<0.0011	*	<0.0009	*
Acqua fluviale	Fiume Tanaro - Ast	14/05/2013	<0.0061	*	<0.0059	*	<0.0051	*
Acqua fluviale	Fiume Stura del Monferrato - Odalengo Grande (AL)	23/05/2013	<0.0030	*	<0.0037	*	<0.0030	*
Acqua torrentizia	Torrente Pellice - Bobbio Pellice (TO)	29/05/2013	<0.0028	*	<0.0025	*	<0.0027	*
Acqua torrentizia	Torrente Angrogna - Torre Pellice (TO)	29/05/2013	<0.0025	*	<0.0033	*	<0.0028	*
Acqua torrentizia	Torrente Maira - Acceglio (CN)	13/06/2013	<0.0040	*	<0.0052	*	<0.0039	*
Acqua torrentizia	Immissario Torrente Elva - Elva (CN)	13/06/2013	<0.0030	*	<0.0022	*	<0.0020	*
Acqua lacustre	Diga del Telesio - Locana (TO)	18/06/2013	<0.0029	*	<0.0036	*	<0.0026	*
Acqua torrentizia	Torrente Soana - Ronco C.se (TO)	18/06/2013	<0.0043	*	<0.0045	*	<0.0040	*
Acqua fluviale	Fiume Sesia - Varallo (VC)	25/06/2013	<0.0027	*	<0.0030	*	<0.0028	*
Acqua lacustre	Lago di Rimasco - Rimasco (VC)	25/06/2013	<0.0027	*	<0.0025	*	<0.0024	*
Acqua lacustre	Lago del Serrù - Ceresole Reale (TO)	05/07/2013	<0.0042	*	<0.0047	*	<0.0041	*
Acqua lacustre	Lago di Ceresole Reale - Ceresole Reale (TO)	05/07/2013	<0.0037	*	<0.0061	*	<0.0049	*
Acqua torrentizia	Torrente Melezzo - Santa Maria Maggiore (VB)	09/07/2013	<0.0029	*	<0.0019	*	<0.0028	*
Acqua torrentizia	Torrente Sabbione - Formazza (VB)	16/07/2013	<0.0021	*	<0.0028	*	<0.0026	*
Acqua torrentizia	Torrente Dora Riparia - Cesana T.se (TO)	06/08/2013	<0.0052	*	<0.0076	*	<0.0054	*
Acqua torrentizia	Fiume Dora di Bardonecchia - Bardonecchia (TO)	13/08/2013	<0.0056	*	<0.0076	*	<0.0042	*
Acqua fluviale	Fiume Po - Casale M.to (AL)	I° trimestre 2014	<0.0008	*	<0.0008	*	<0.0009	*
Acqua fluviale	Fiume Po - Casale M.to (AL)	II° trimestre 2014	<0.0008	*	<0.0007	*	<0.0007	*
Acqua fluviale	Fiume Po - Casale M.to (AL)	III° trimestre 2014	<0.0009	*	<0.0010	*	<0.0009	*
Acqua fluviale	Fiume Po - Casale M.to (AL)	IV° trimestre 2014	<0.0010	*	<0.0015	*	<0.0010	*
Acqua lacustre	Lago Maggiore - Meina (NO)	25/09/2014	<0.0029	*	<0.0022	*	<0.0023	*

Tabella 1: Analisi di spettrometria gamma sui campioni di acque superficiali effettuate negli anni 2013-2014.

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

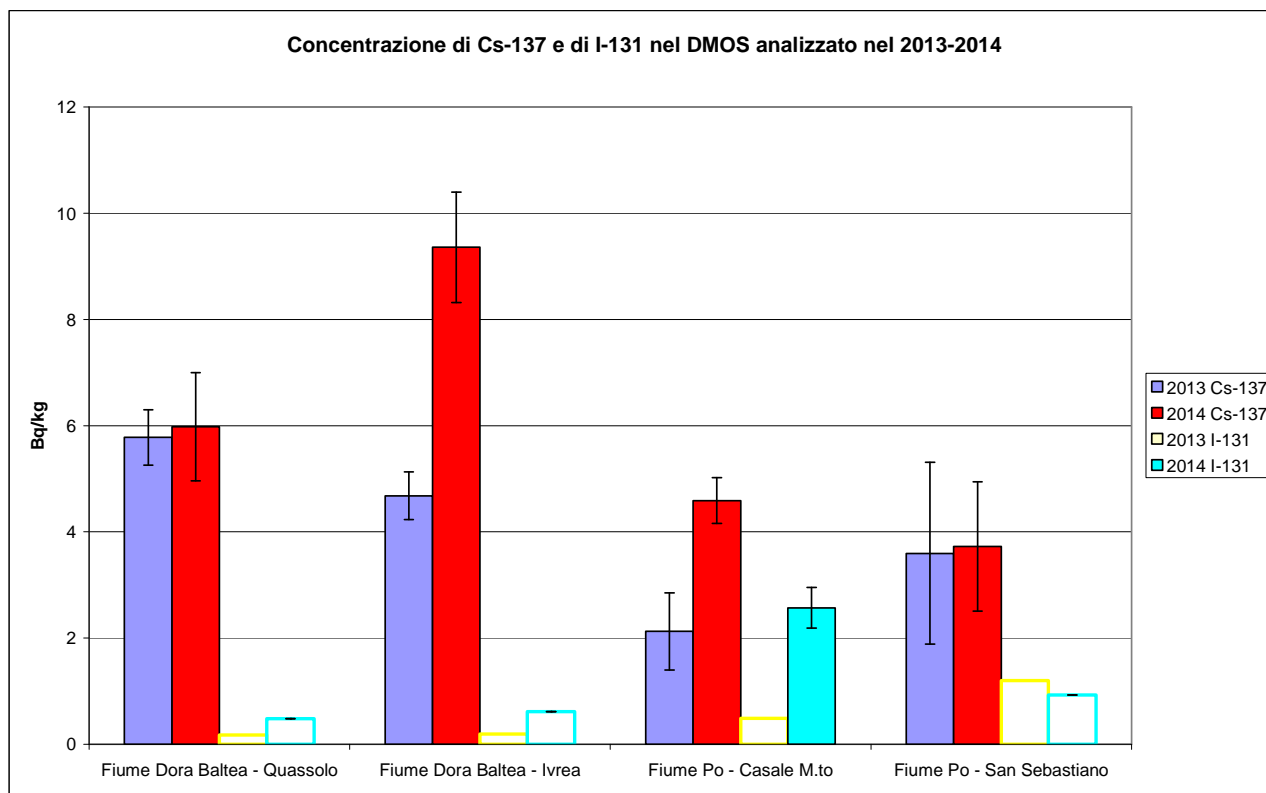


Figura 11: Concentrazione di Cs-137 e di I-131 misurate nel DMOS prelevato nei fiumi piemontesi negli anni 2013-2014. Il Cs-137 è sempre presente, mentre lo I-131 è risultato presente solamente nel Po, nel punto di prelievo di Casale Monferrato.

1.1.4 Suolo ed erba

Suolo ed erba vengono prelevati nell'ambito delle reti di monitoraggio in un prato indisturbato, cioè non sottoposto ad aratura. Rispetto agli anni precedenti, nel 2013 sono stati effettuati parecchi campionamenti aggiuntivi di suolo in tutta l'area piemontese. La misura del Cs-137 ha portato all'aggiornamento della mappa della deposizione di Cs-137 al suolo e al calcolo della dose da irraggiamento che ne deriva (M.C. Losana, S. Bertino, L. Bellina, M. Ghione, G. Garbarino, B. Bellotto, M. Magnoni "La mappa della deposizione al suolo del Cs-137 in Piemonte: un aggiornamento al 2013", Atti del Convegno Nazionale di Radioprotezione AIRP, Palermo 17-20 settembre 2013").

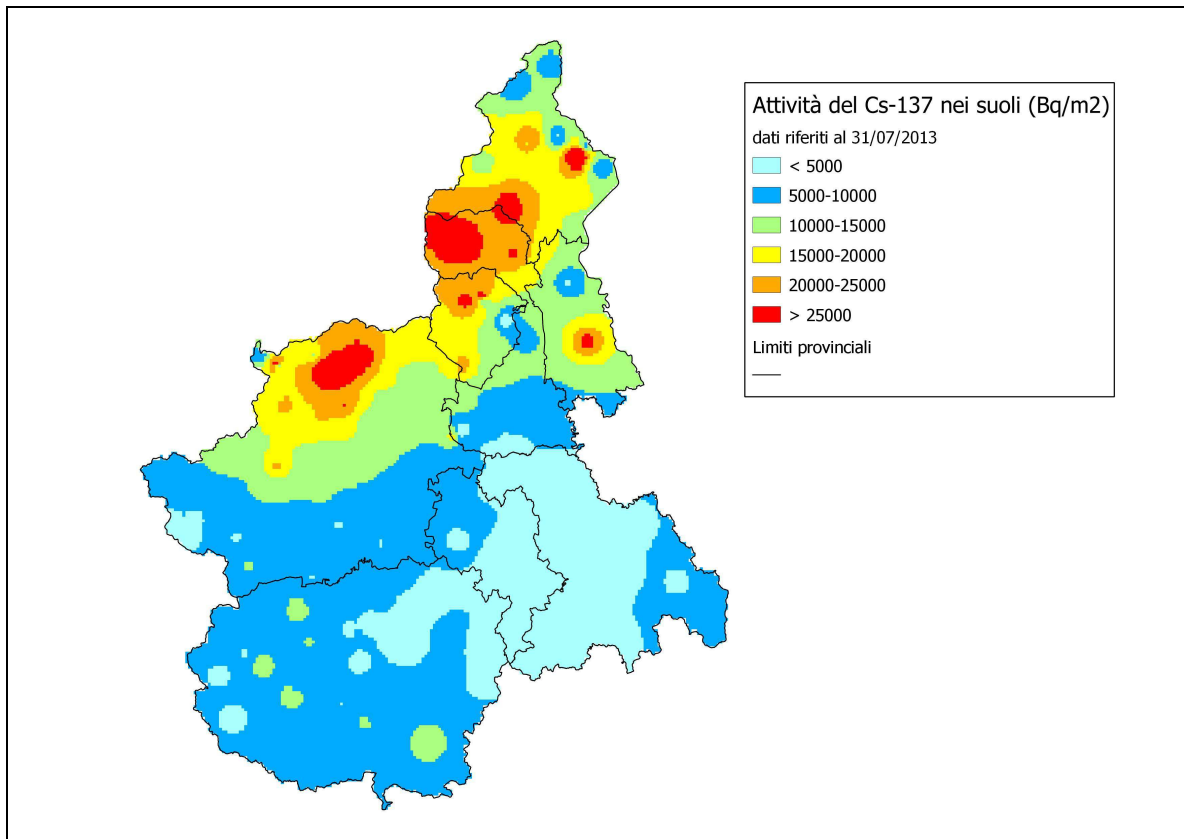


Figura 12: Mappa della deposizione al suolo di Cs-137 originato dall'incidente di Chernobyl aggiornata al 31/07/2013: le aree più contaminate sono quelle alpine, dove più intense furono le precipitazioni all'epoca dell'incidente (1986).

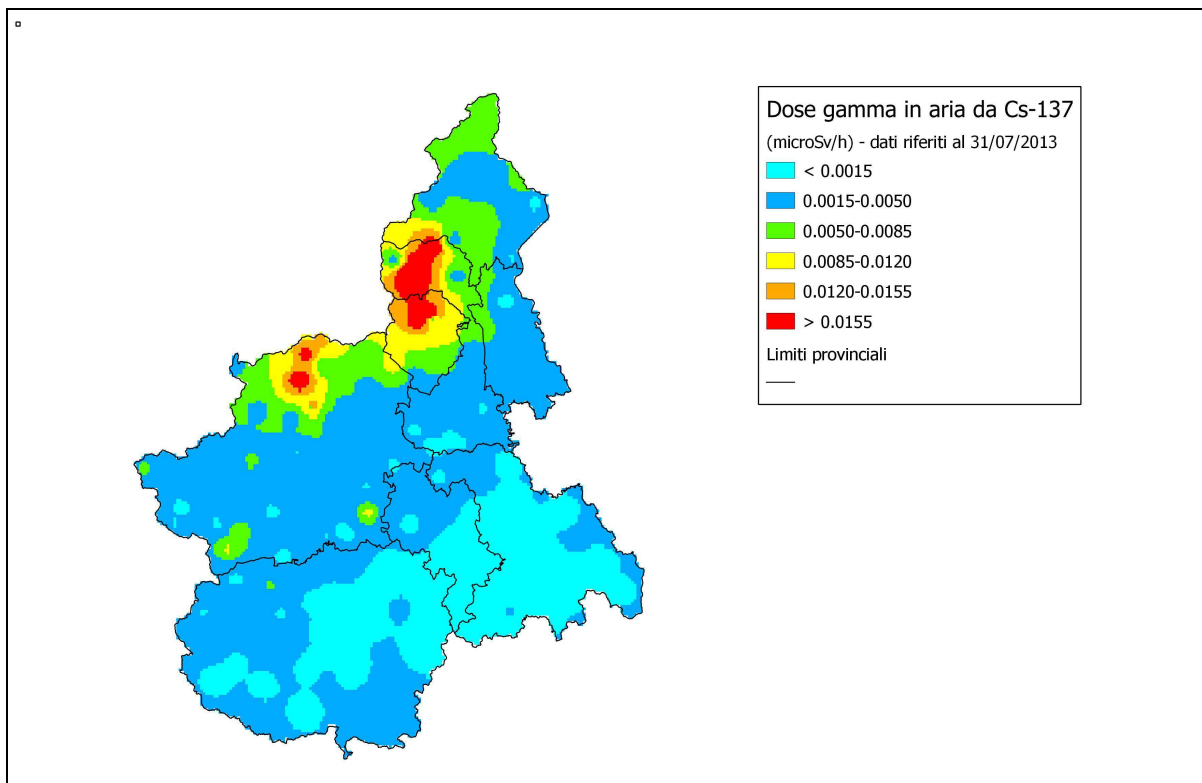


Figura 13: Dose gamma in aria a 1 metro dal suolo aggiornata al 31/07/2013 dovuta al Cs-137 depositatosi al suolo con l'incidente di Chernobyl: si tratta di valori che, pur essendo stati calcolati con criteri conservativi, rapportati al rateo di dose gamma naturale, sono in gran parte irrisori (1-2% circa).

Nei suoli indisturbati 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. La tabella e la figura seguenti illustrano questa situazione per il suolo di Albareto Superiore (Bollengo – TO), sulla collina morenica di Ivrea.

Matrice	Punto prelievo	Data prelievo	Cs-134 Bq/kg	Cs-137 Bq/kg
Erba	Albareto Superiore – Bollengo (TO)	23/10/2014	< 0,556	10,27 ± 1,54

Tabella 2: Concentrazione di Cs-137 nell'erba prelevata a Albareto Superiore (Bollengo – TO) nel 2014.

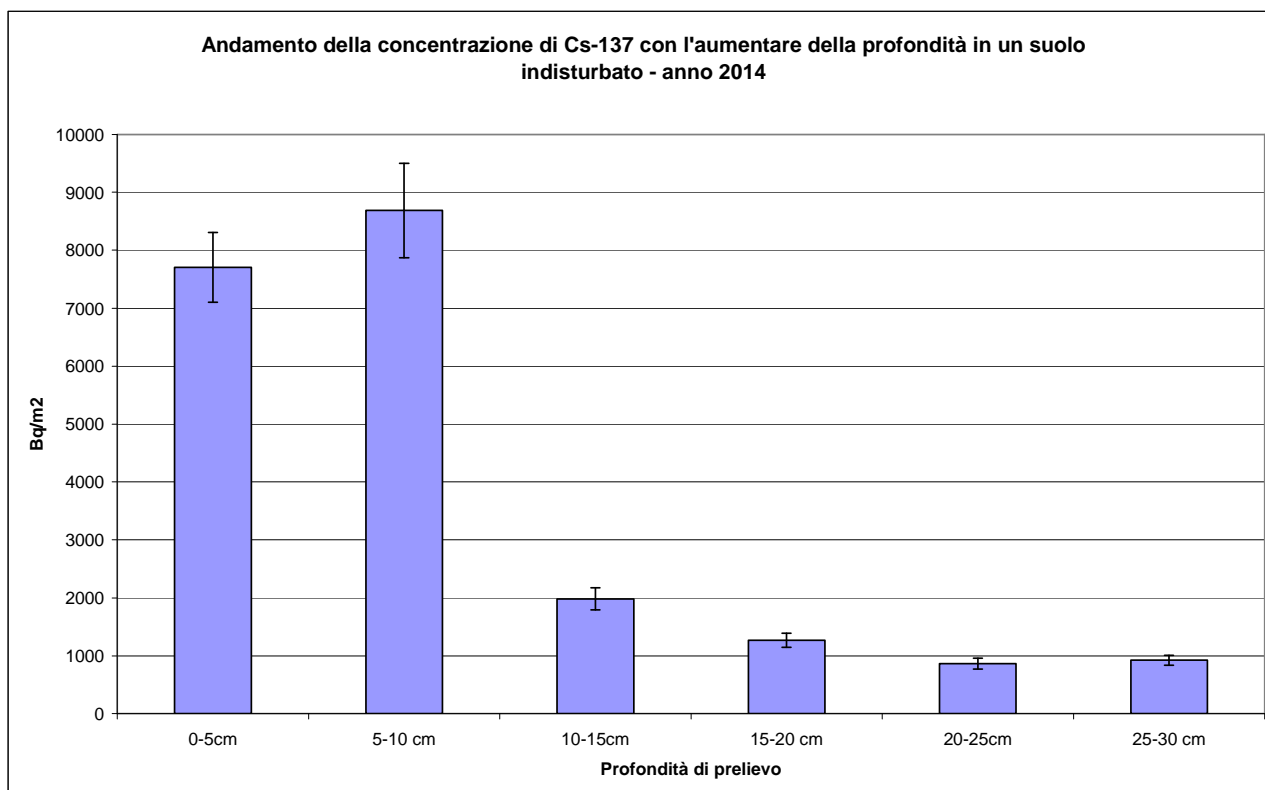


Figura 14: Concentrazione di Cs-137 nel suolo prelevato a Albareto Superiore (Bollengo – TO) nel 2014. Si osserva che il Cs-137 è ancora contenuto per la maggior parte nei primi 10 cm di profondità, con un aumento della contaminazione nello strato 5-10 cm rispetto allo strato 0-5 cm, indice della lenta migrazione del radionuclide in profondità.

1.1.5 Latte e derivati

Nel 2013 sono stati analizzati in tutto 162 campioni di latte, in maggioranza latte vaccino crudo (59%) e latte vaccino pastorizzato fresco (22%), ma anche 12 campioni di latte caprino (7%). Invece nel 2014 sono stati analizzati in tutto 104 campioni di latte, in maggioranza sempre di latte vaccino crudo (52%) e di latte vaccino pastorizzato fresco (32%), il restante di latte caprino e ovino, latte in polvere e latte vaccino UHT. L'importanza del monitoraggio del latte è evidente, visto il 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. Per questo motivo è di interesse studiare la concentrazione del latte in aziende agricole i cui bovini pascolano all'aperto in montagna nella stagione estiva e vengono nutriti con fieno locale nella stagione invernale. In una azienda agricola del Canavese, seguita ormai da più anni, il latte presenta in quasi tutti i mesi dell'anno lievi concentrazioni di Cs-137 che appaiono

sistematicamente maggiori nei mesi estivi, nei quali gli animali pascolano all'aperto (Figura 18). Questa percentuale di positività scende al 47% se si considera il latte vaccino crudo proveniente da tutte le zone del Piemonte, includendo quindi anche zone di pianura in cui i bovini generalmente non pascolano direttamente sul terreno; la percentuale si riduce ulteriormente al 26% per il latte vaccino parzialmente scremato. Infine nel latte UHT la percentuale di campioni in cui è stato possibile rivelare il Cs-137 scende ancora, a circa il 15%.

Anche nelle concentrazioni di Cs-137 misurate si osserva che nei campioni di latte crudo la media è maggiore di 1 Bq/kg mentre quella nel latte pastorizzato è di circa 0,2 Bq/kg. Si osserva quindi come la contaminazione di Cs-137 sia presente quando più stretto è il legame degli animali con l'ambiente (pascolo), mentre diminuisce se il latte è soggetto a un processo industriale di lavorazione. La contaminazione è ovviamente maggiore nelle zone dove al tempo dell'incidente di Chernobyl era stata maggiore la deposizione di Cs-137 al suolo. Infatti i campioni provenienti dalle zone più contaminate (Biellese, Verbano, Alto Canavese, Valle Sesia) hanno una percentuale di concentrazioni positive maggiore che quelli provenienti dalle altre zone della regione. Non a caso la concentrazione più elevata (circa 22 Bq/kg nel 2013 e circa 15 Bq/kg nel 2014) è stata riscontrata in campioni provenienti da una valle del Verbano e dalla Valle di Ceresole, nell'Alto Canavese.

Nelle figure seguenti sono riportati i tipi di latte analizzati, la provenienza dei campioni e le concentrazioni di Cs-137 misurate nel latte dell'azienda agricola del Canavese citata in precedenza, nel 2013 e nel 2014.

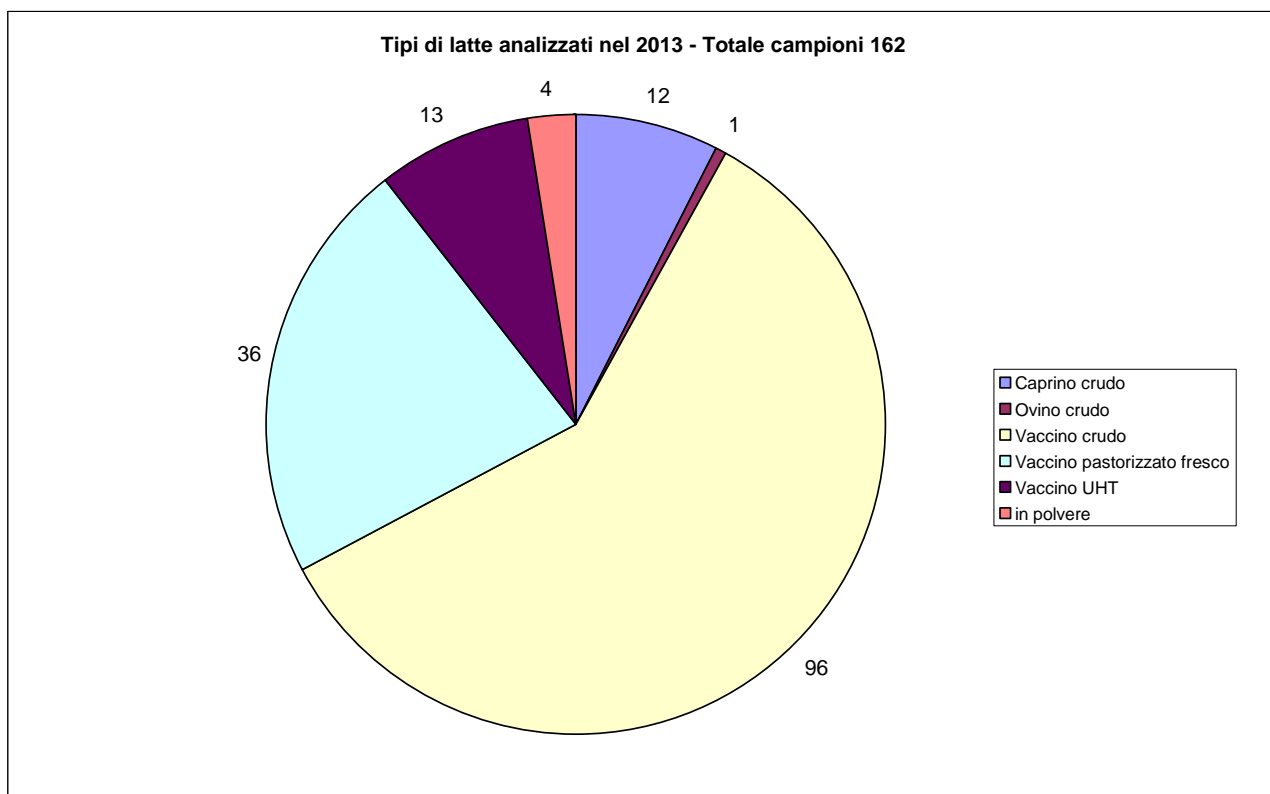


Figura 15: Tipologia dei campioni di latte analizzati nel 2013.

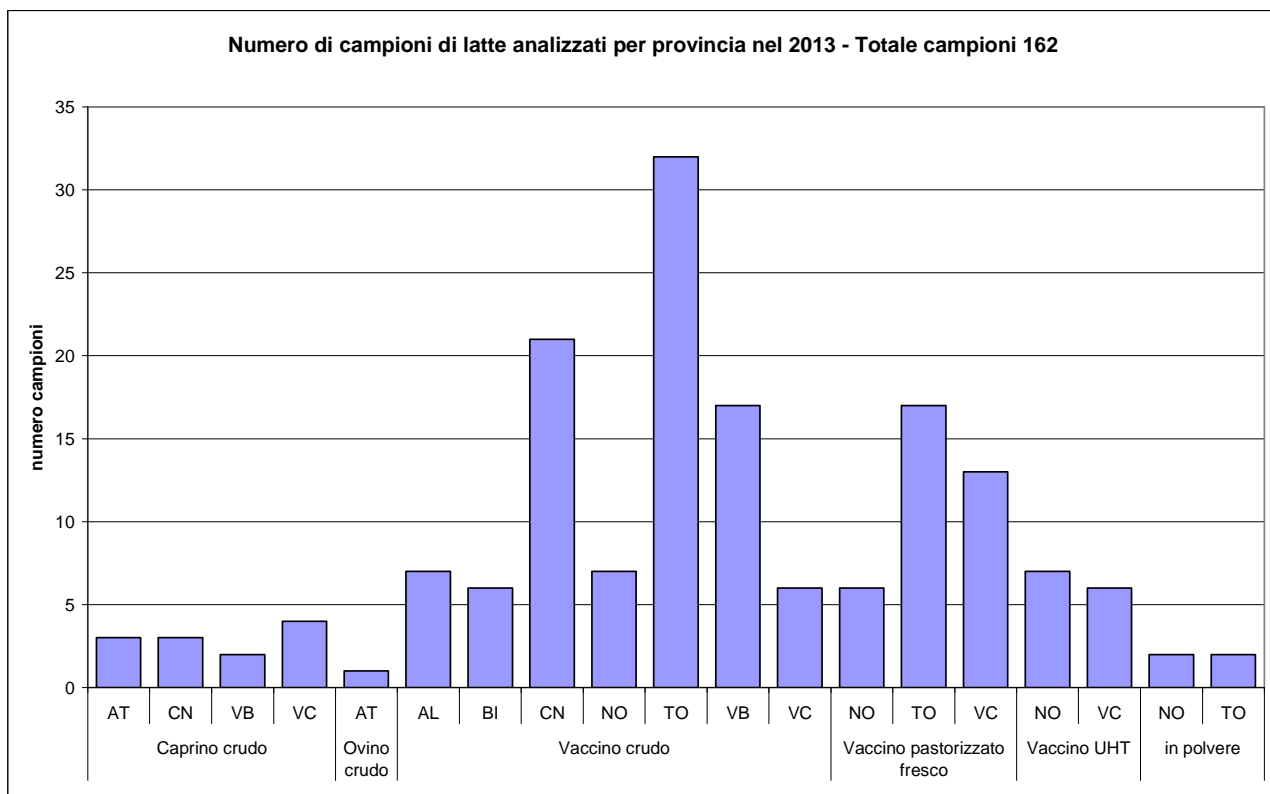


Figura 16: Provenienza dei campioni di latte analizzati nel 2013.

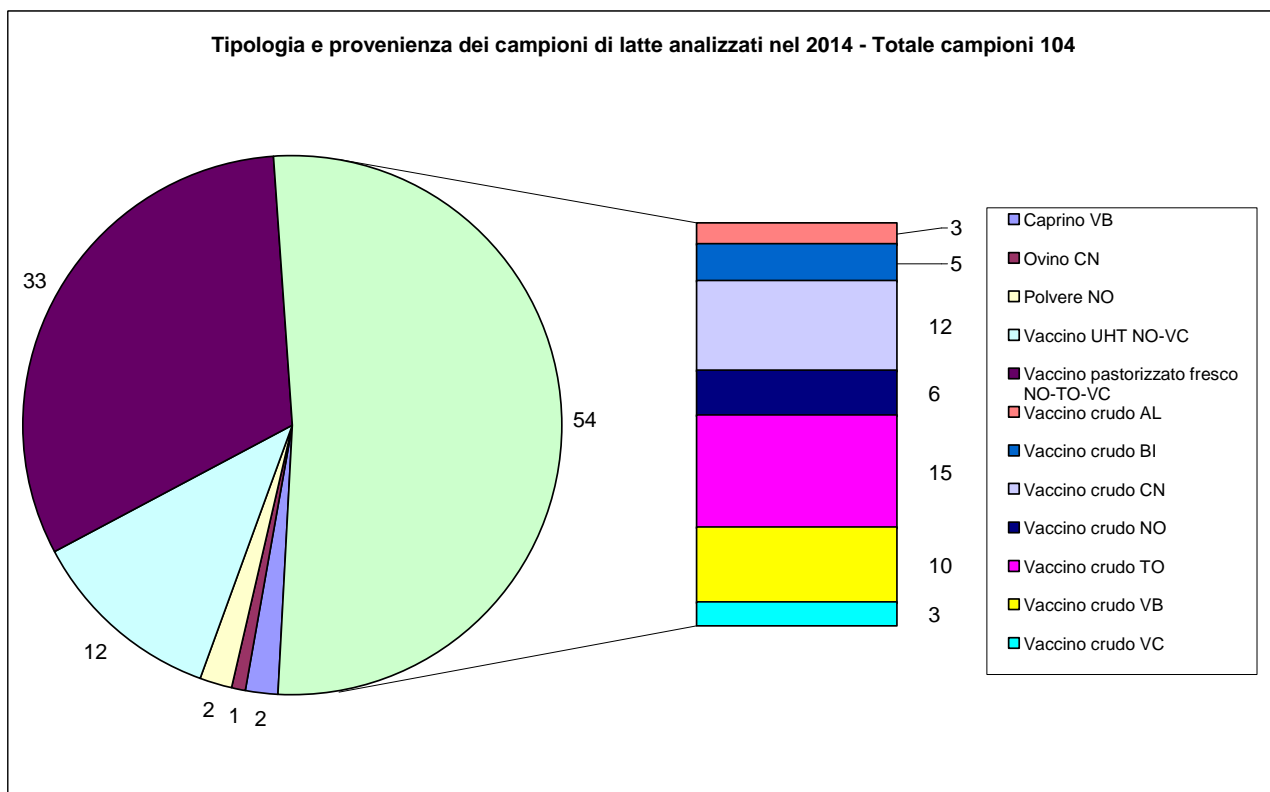


Figura 17: Tipologia e provenienza dei campioni di latte analizzati nel 2014.

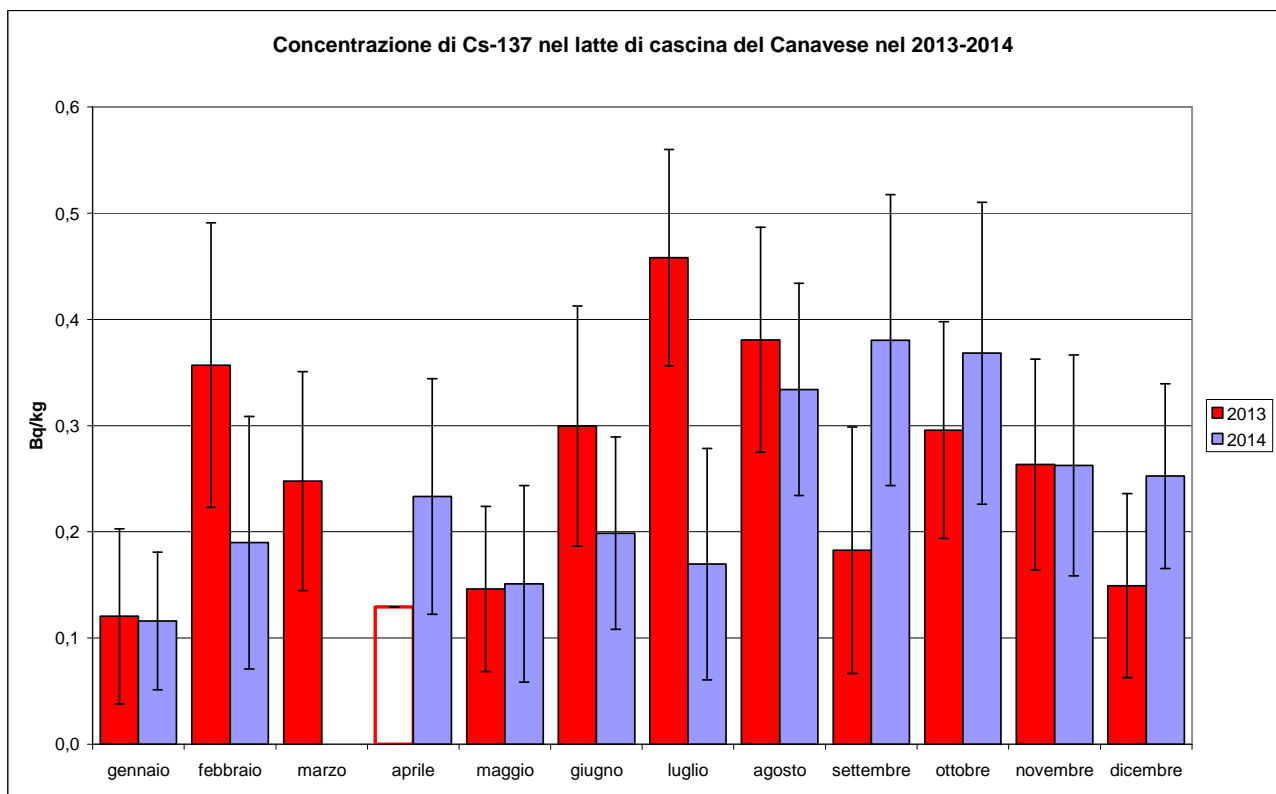


Figura 18: Concentrazione di Cs-137 nel latte di un'azienda agricola del Canavese negli anni 2013-2014.

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 2013 sono stati analizzati 35 campioni di carne di allevamento e 16 campioni di carne di cinghiale, mentre nel 2014 i campioni analizzati sono stati 31, di cui solo uno di selvaggina. Nel complesso, solo in 9 campioni di carne bovina e in due campioni di selvaggina sono state misurate concentrazioni di Cs-137 superiori alla sensibilità strumentale, con una media di 0,55 Bq/kg per la carne bovina. Se si considera anche la selvaggina, la cui concentrazione massima è stata di 50 Bq/kg, la concentrazione media risulta di circa 5 Bq/kg.

Nei 16 campioni di carne di cinghiale analizzati nel 2013 è stata riscontrata una concentrazione di Cs-137 superiore alla sensibilità strumentale solo in 6 campioni, con un valore massimo di circa 47 Bq/kg, non particolarmente elevato se confrontato con le concentrazioni riscontrate in alcuni capi negli anni precedenti. Notiamo però che si trattava di cinghiali provenienti perlopiù dal sud del Piemonte e comunque da aree diverse dalla Valsesia e VCO dove invece sono stati misurati (dall'Istituto Zooprofilattico) diversi campioni con concentrazioni anche superiori al migliaio di Bq/kg. Nella figura seguente sono rappresentati il tipo e la provenienza dei campioni di carne analizzati negli anni 2013 e 2014.

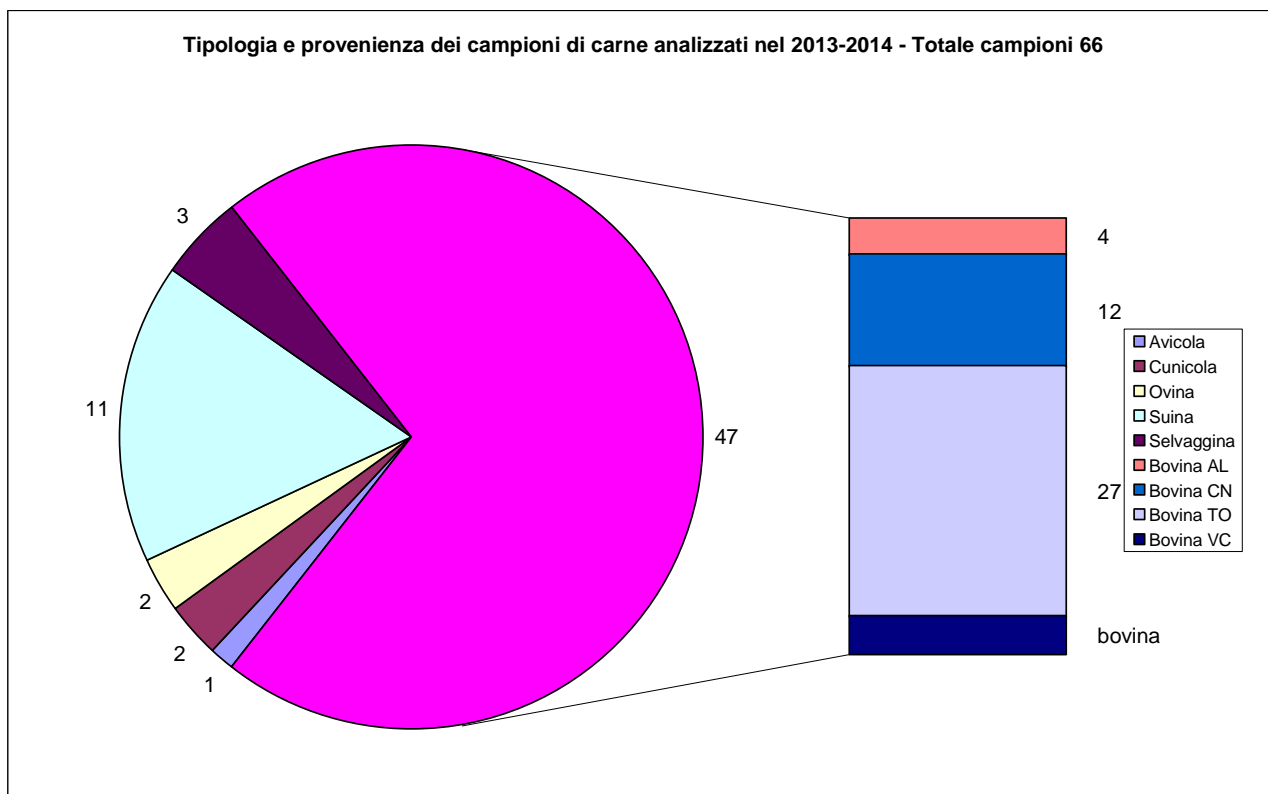


Figura 19: Tipologia e provenienza dei campioni di carne analizzati negli anni 2013-2014.

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 2013 sono stati analizzati 35 campioni di cereali (riso, mais, grano, ecc.) e derivati (pane, pasta) e in nessun campione la concentrazione di Cs-137 è risultata superiore alla sensibilità strumentale. Nel 2014 invece i campioni analizzati sono stati 34 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 da un'effettiva captazione radicale o da tracce di suolo rimasti nel campione: si tratta comunque di valori di poco superiore alla sensibilità strumentale, che non destano quindi alcuna preoccupazione. Nelle figure seguenti sono illustrate la tipologia e la provenienza dei campioni di cereali e di derivati dei cereali analizzati negli anni 2013 e 2014.

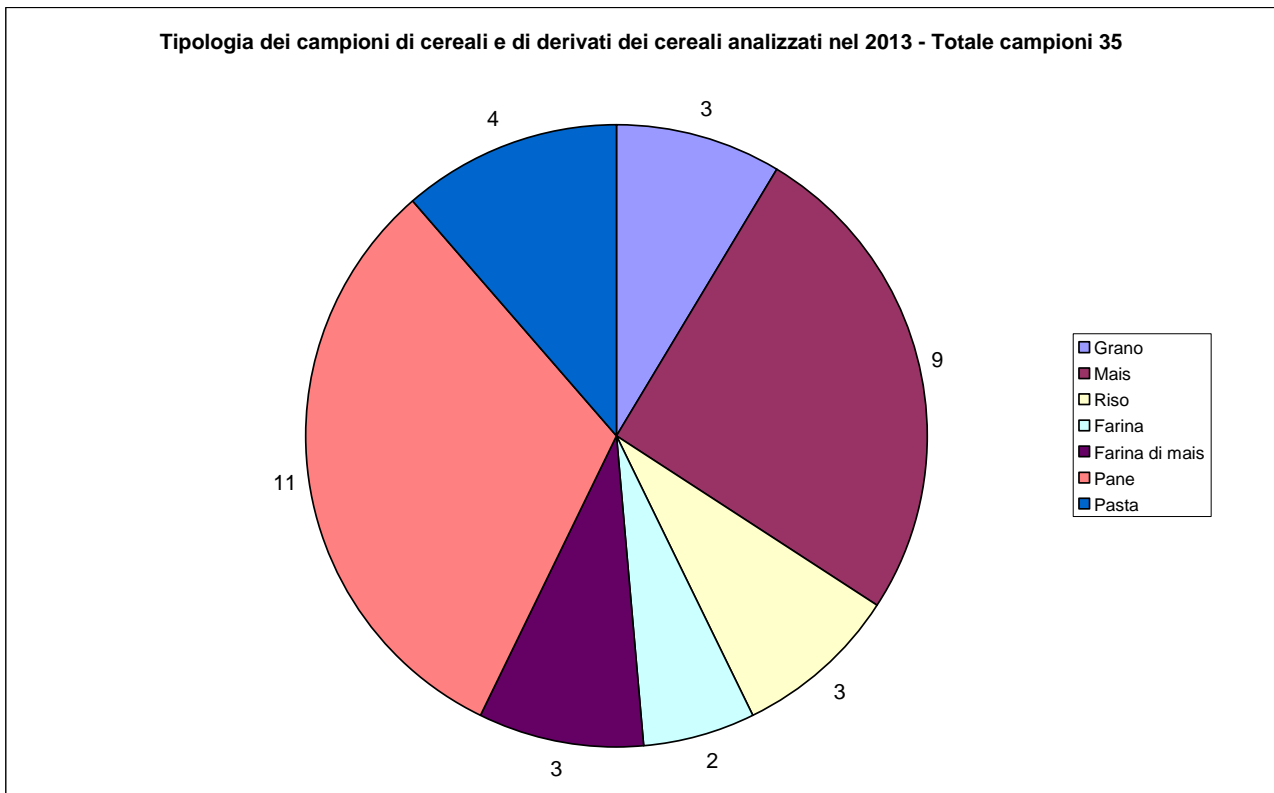


Figura 20: Tipologia dei campioni di cereali e derivati analizzati nel 2013.

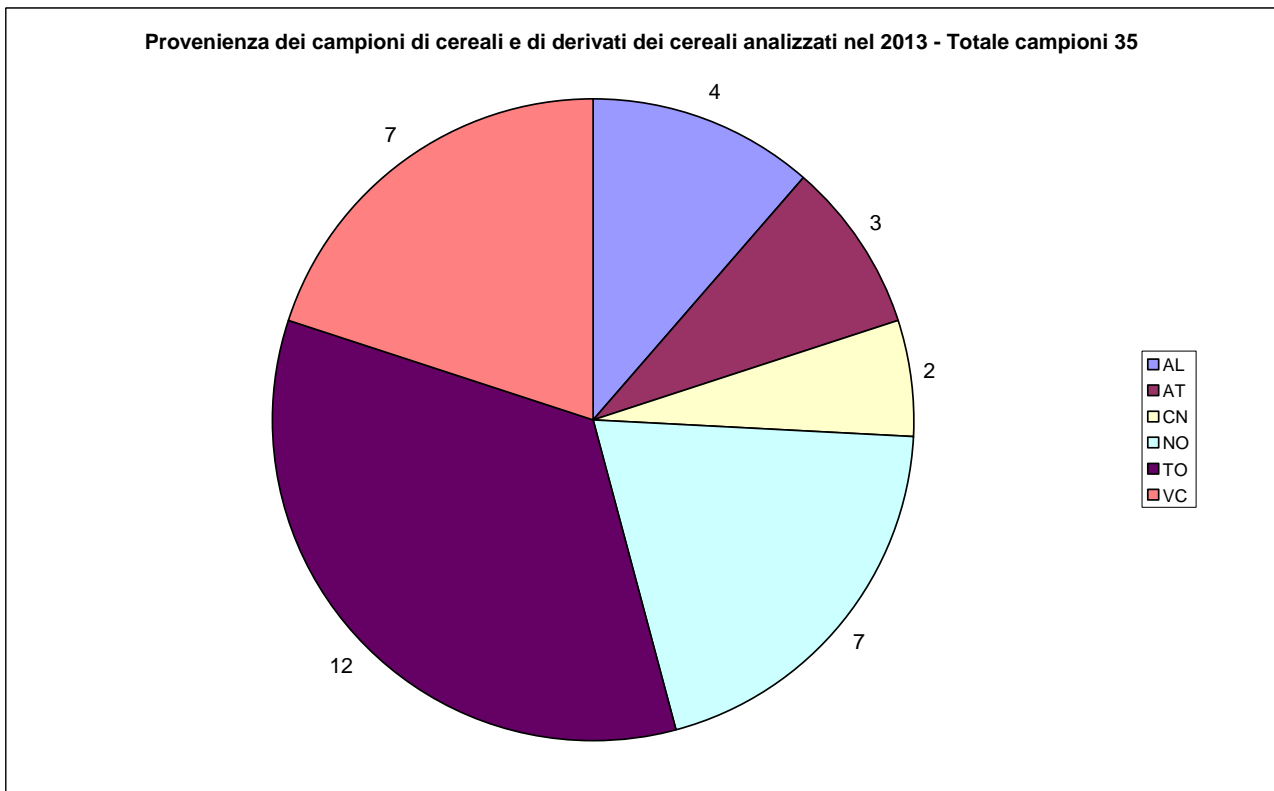


Figura 21: Provenienza dei campioni di cereali e derivati analizzati nel 2013.

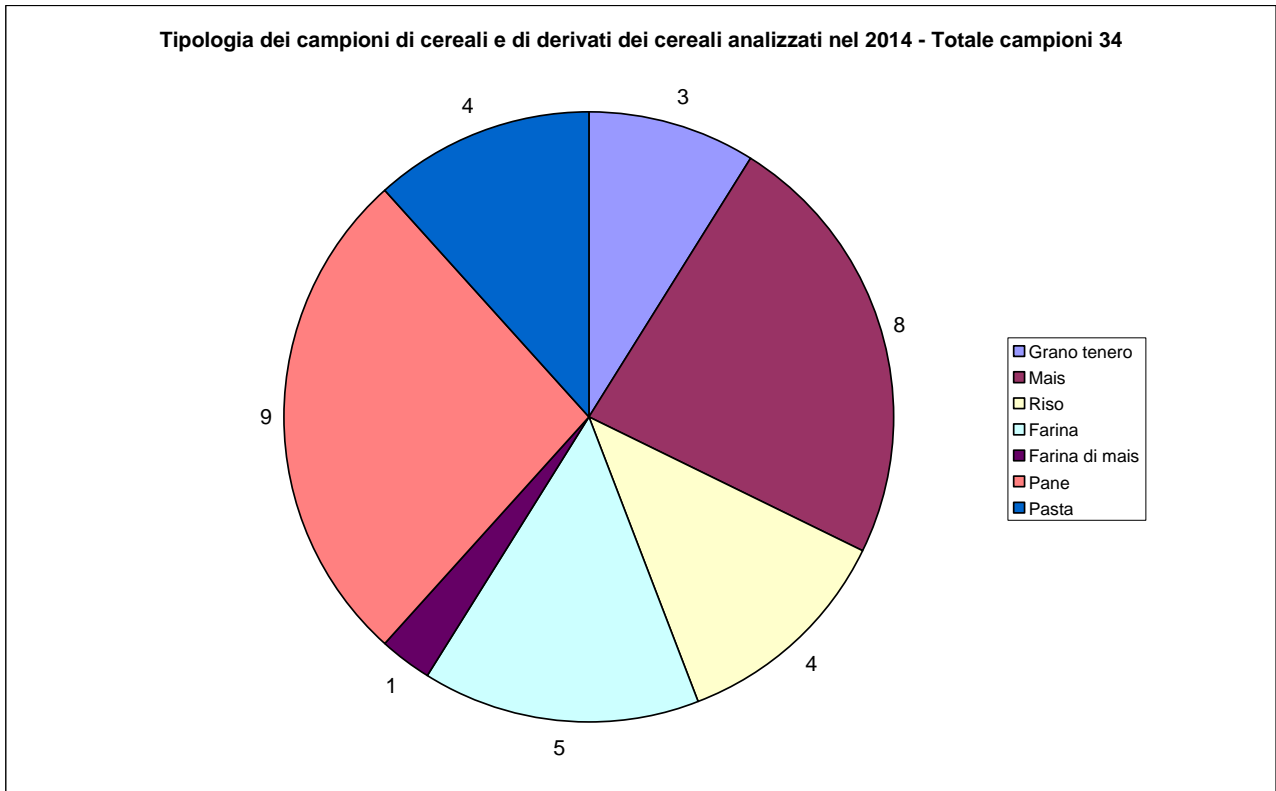


Figura 22: Tipologia dei campioni di cereali e derivati analizzati nel 2014.

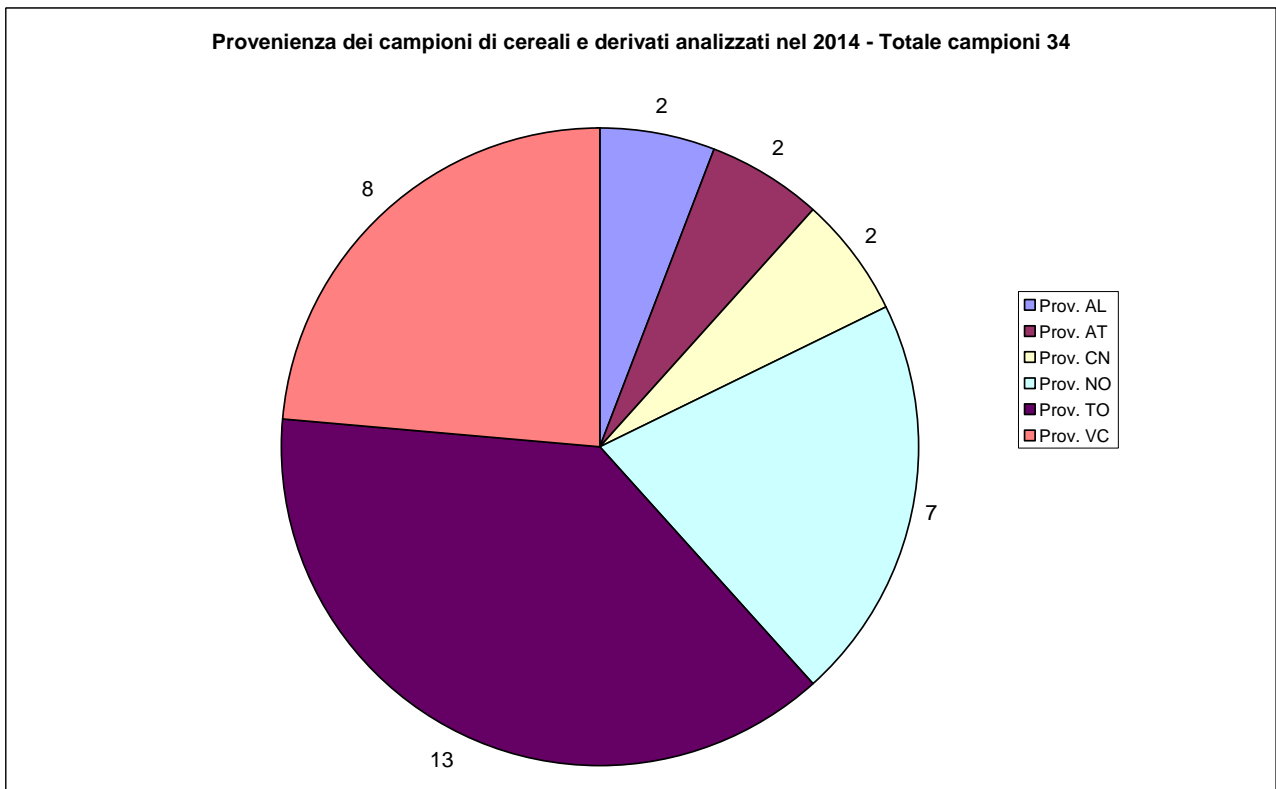


Figura 23: Provenienza dei campioni di cereali e derivati analizzati nel 2014.

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 2013 sono stati analizzati 62 campioni di ortaggi e 69 di frutta. Il Cs-137 è stato misurato solamente in 7 campioni di ortaggi con concentrazioni molto basse, probabilmente dovute a tracce di terra rimaste nel campione dopo il lavaggio e, per quanto riguarda la frutta, nei campioni di castagne, noci, mirtilli e frutti di bosco analizzati nell'ambito del monitoraggio straordinario. Le concentrazioni massime sono state riscontrate nei campioni di castagne e mirtilli, con concentrazioni di qualche decina di Bq/kg. Sono comunque valori che non destano preoccupazione dal punto di vista della dose alla popolazione. Nel 2014 sono stati analizzati 61 campioni di ortaggi e 37 di frutta. Negli ortaggi il Cs-137 è stato misurato solamente in due campioni di insalata e in un campione di patate, probabilmente derivante da tracce di terra non eliminate con il lavaggio. Nella frutta il Cs-137 è stato misurato in campioni di noci e di castagne, specie che notoriamente captano il cesio in modo efficace: la concentrazione massima è stata di 16 Bq/kg, riscontrata in un campione di castagne proveniente dal Verbano-Cusio-Ossola. Nelle figure seguenti sono illustrate la tipologia, la provenienza e le concentrazioni di Cs-137 dei campioni analizzati negli anni 2013 e 2014.

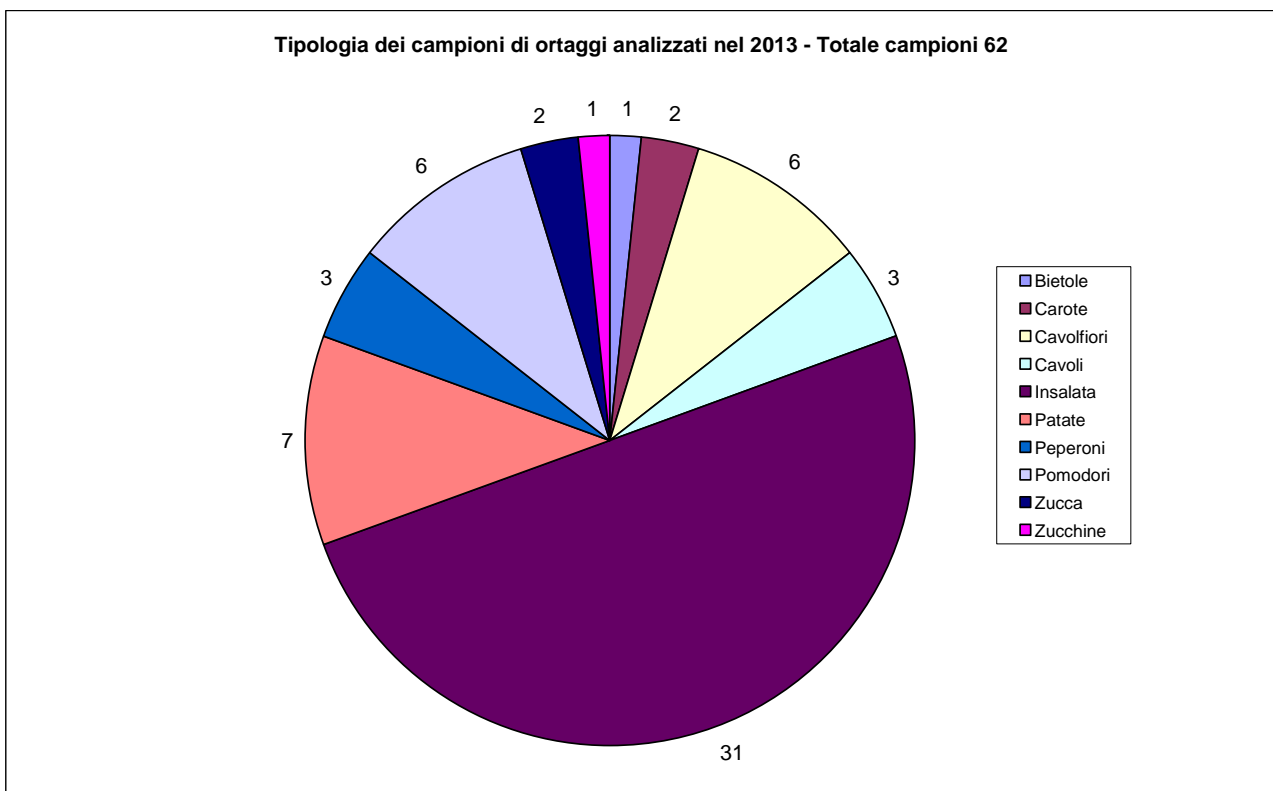


Figura 24: Tipologia dei campioni di ortaggi analizzati nel 2013.

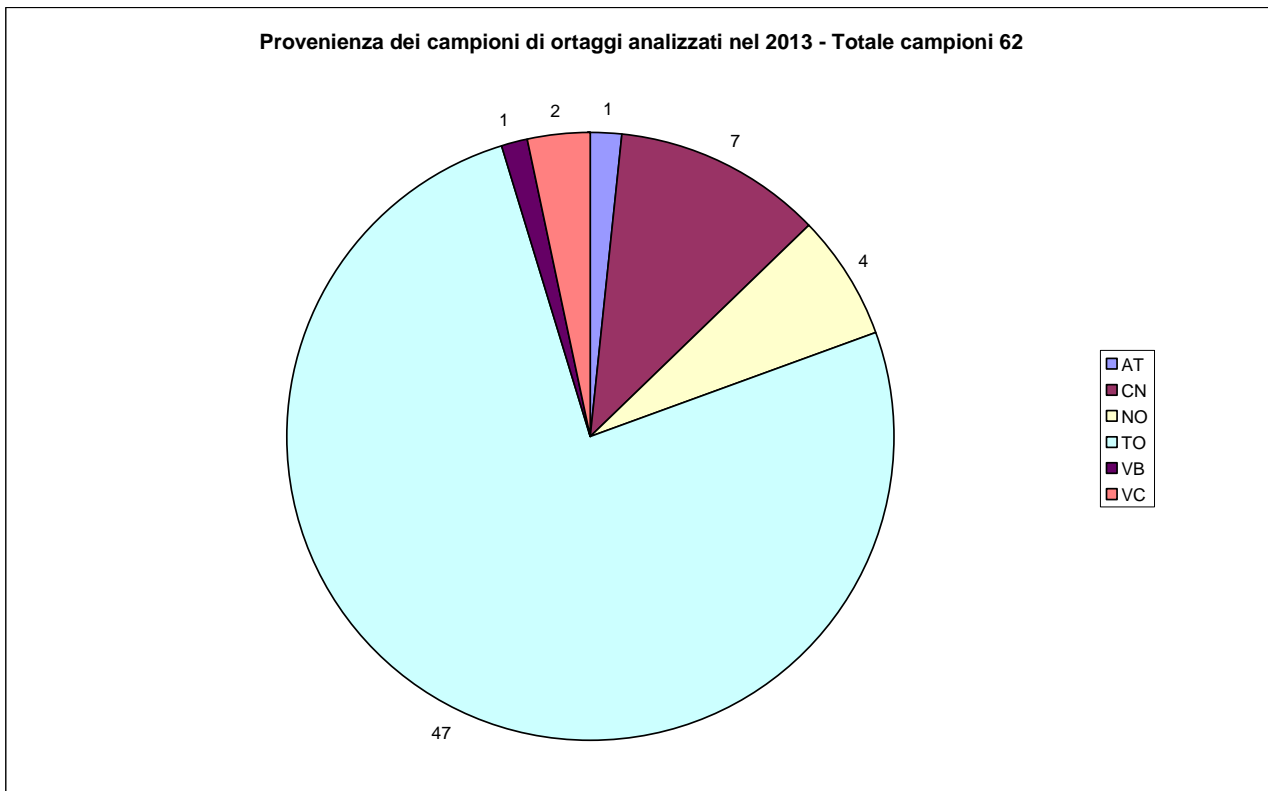


Figura 25: Provenienza dei campioni di ortaggi analizzati nel 2013.

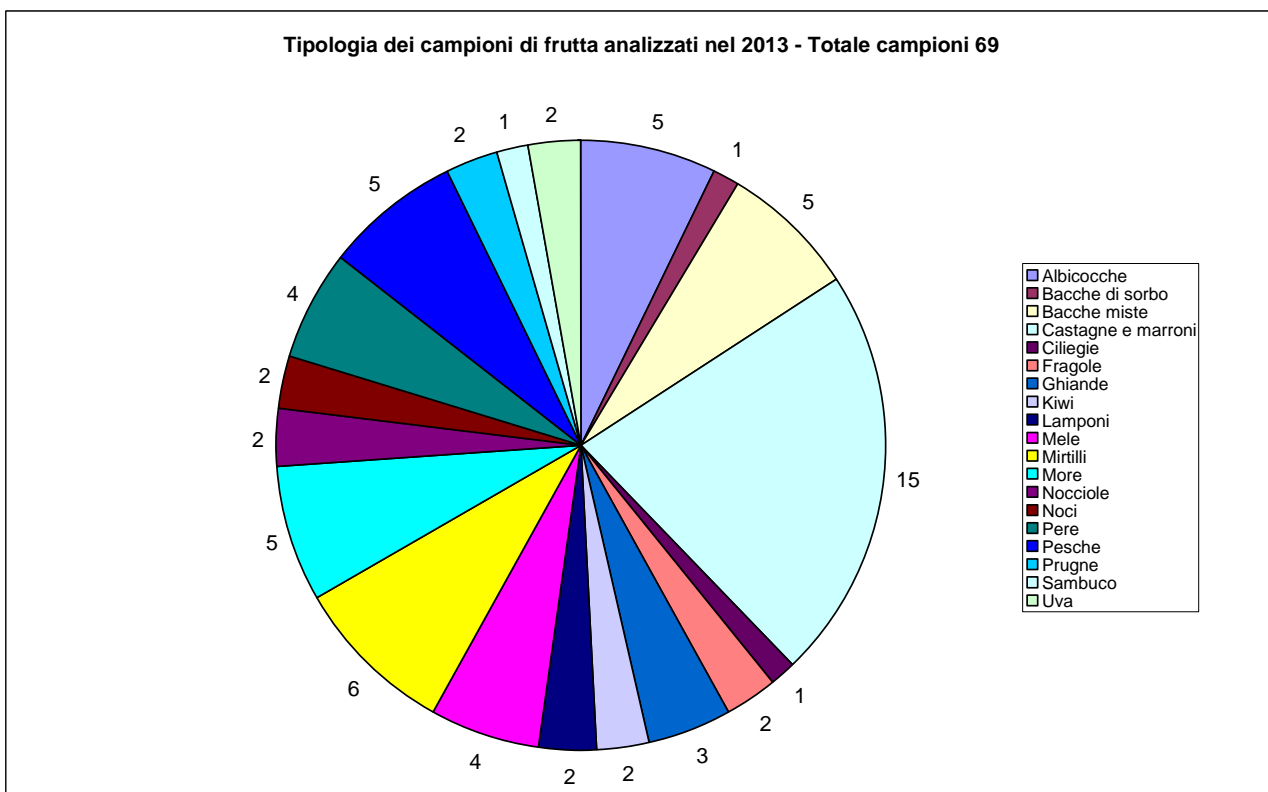


Figura 26: Tipologia dei campioni di frutta analizzati nel 2013 .

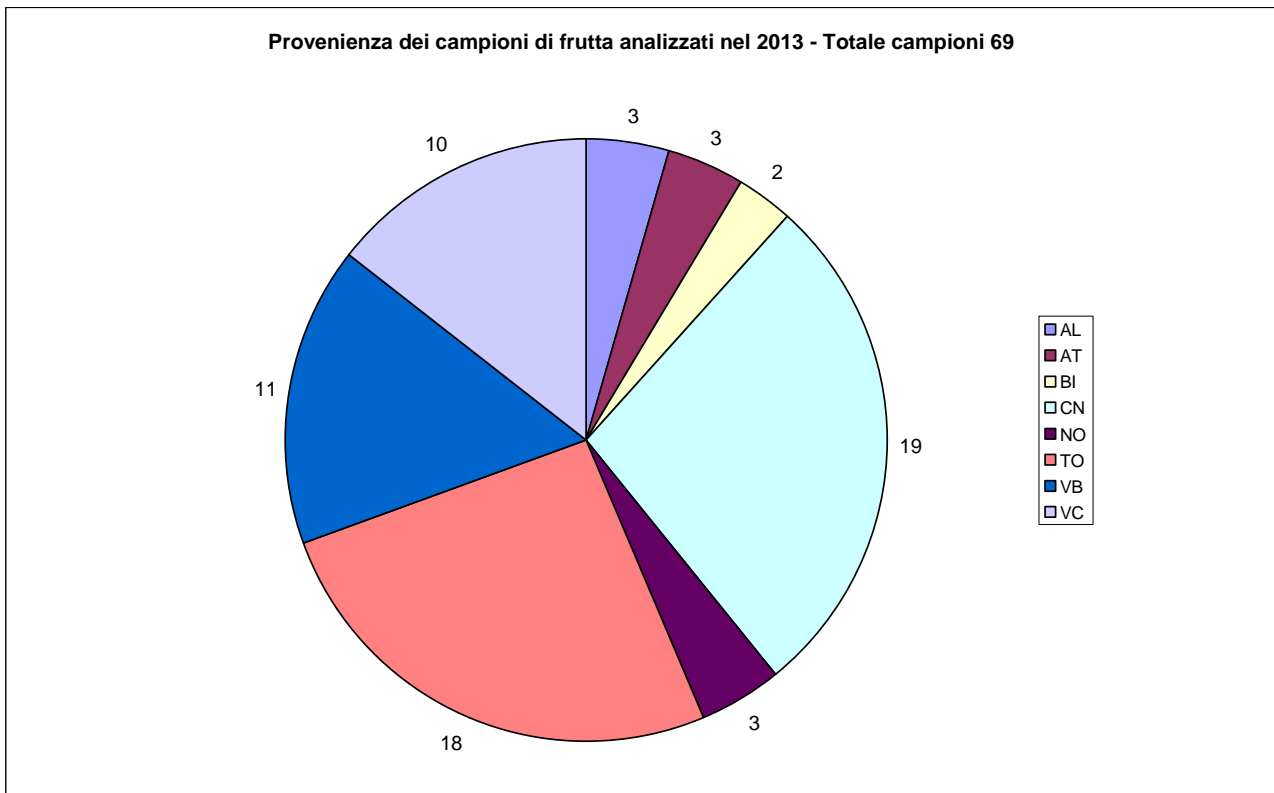


Figura 27: Provenienza dei campioni di frutta analizzati nel 2013.

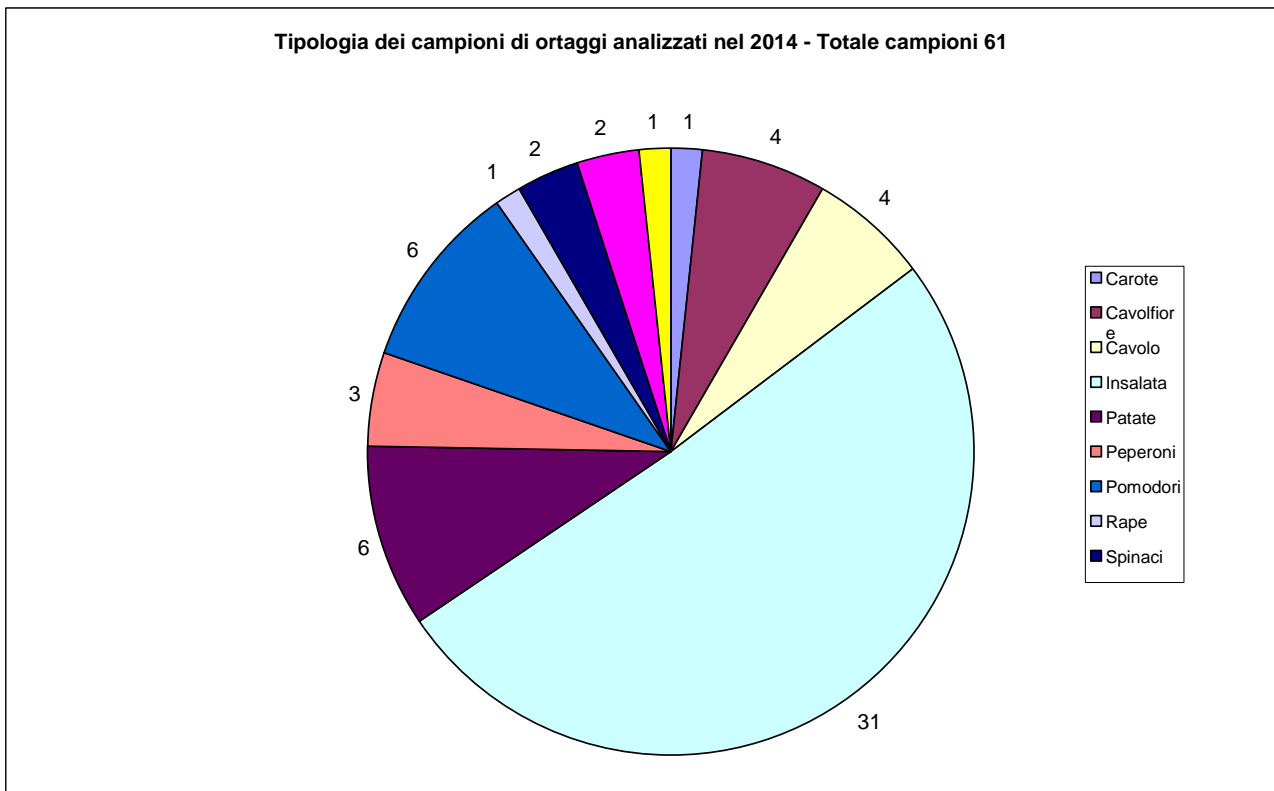


Figura 28: Tipologia dei campioni di ortaggi analizzati nel 2014.

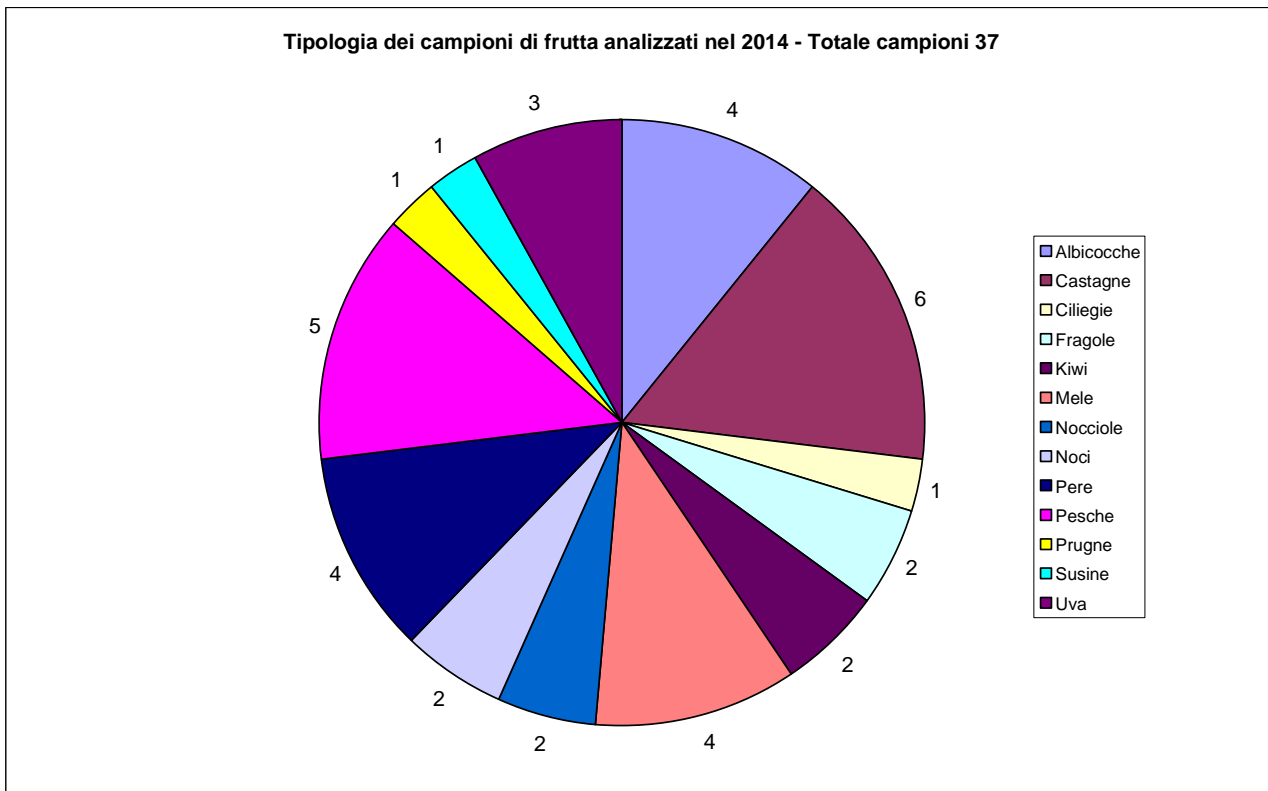


Figura 29: Tipologia dei campioni di frutta analizzati nel 2014.

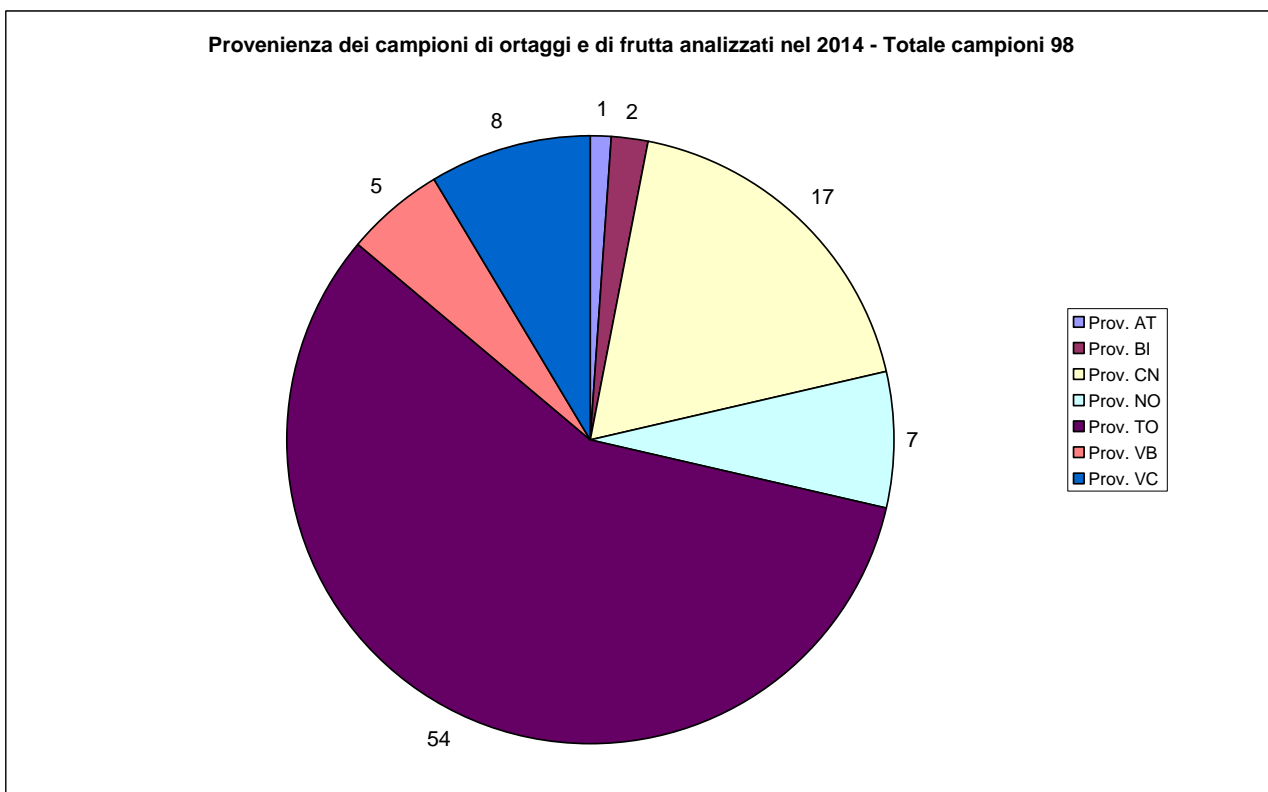


Figura 30: Provenienza dei campioni di ortaggi e di frutta analizzati nel 2014.

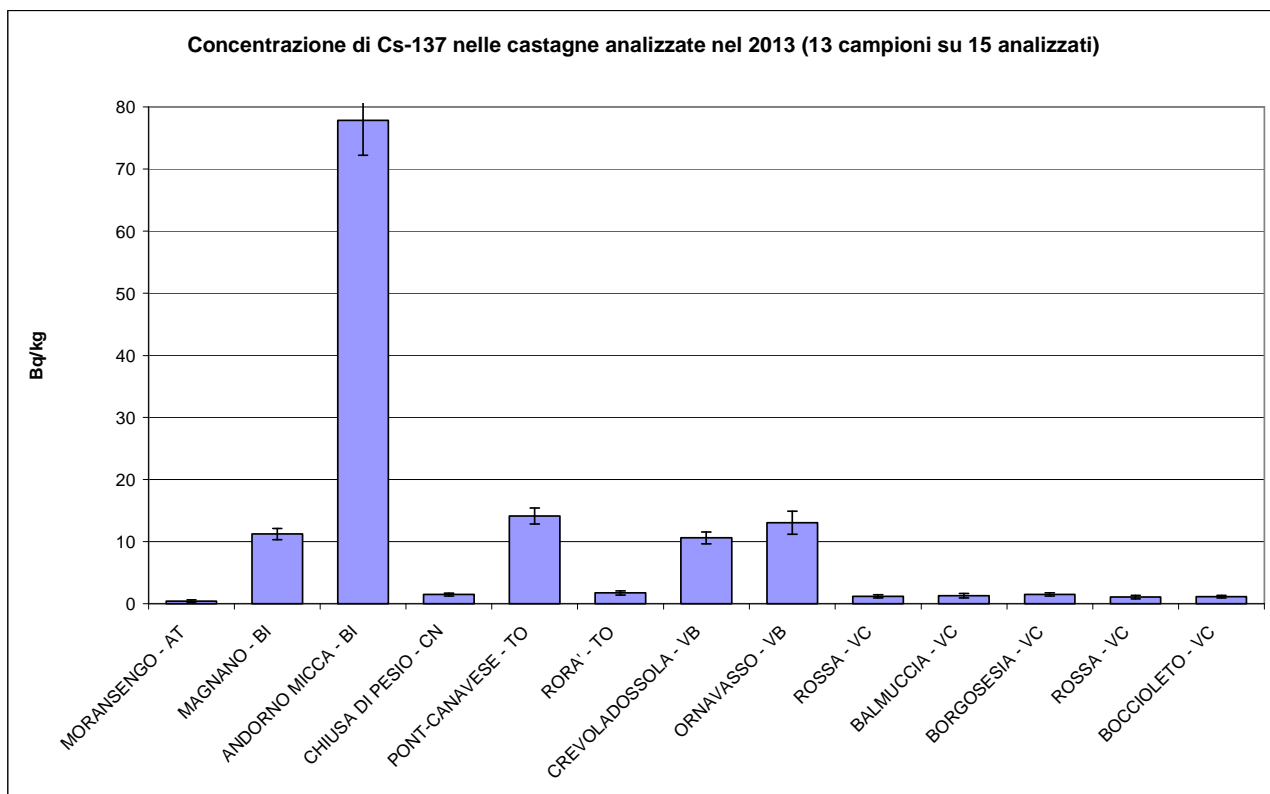


Figura 31: Concentrazione di Cs-137 nei campioni di castagne analizzati nel 2013.

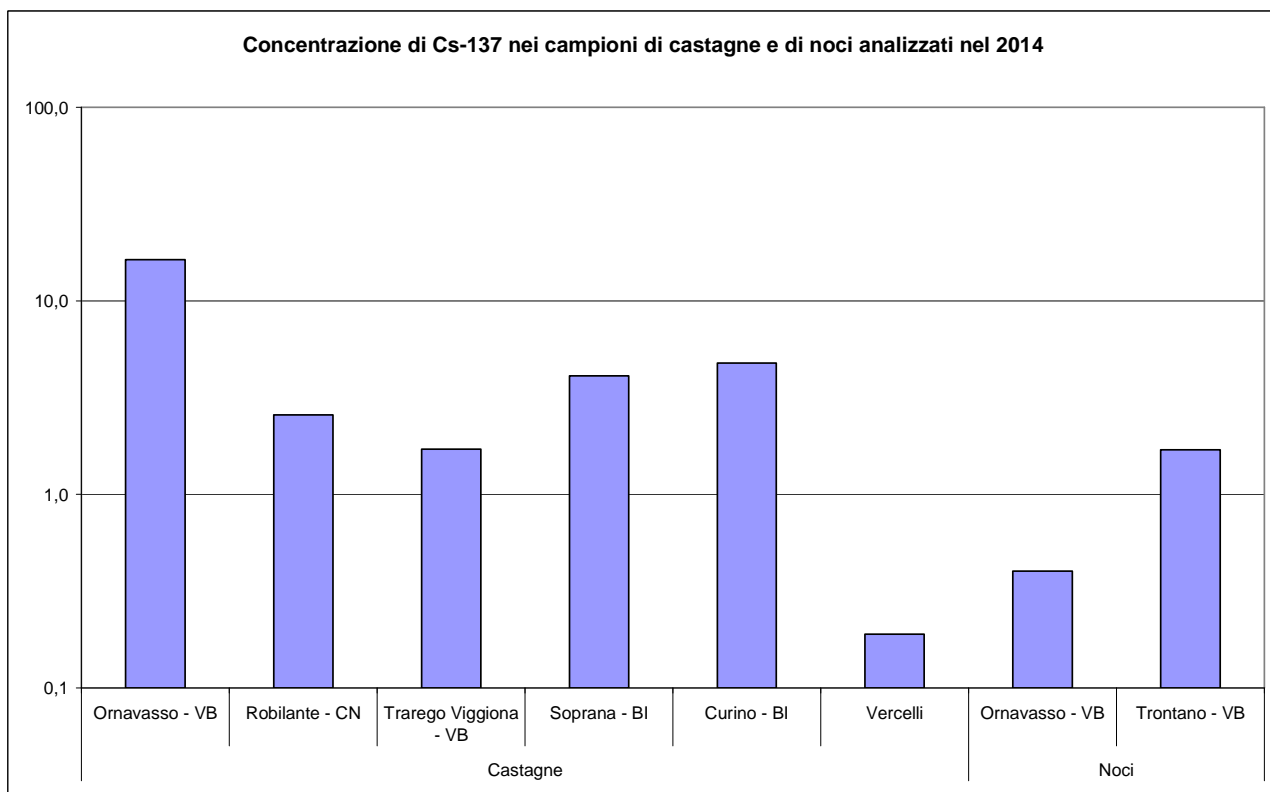


Figura 32: Concentrazione di Cs-137 nei campioni di castagne e di noci analizzati nel 2014.

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 misurare concentrazioni da decine a centinaia di Bq/kg nei funghi e fino a poche decine di Bq/kg nel miele. Quindi, anche se il loro peso nella dieta della maggior parte della popolazione è limitato, sono comunque interessanti e possono dare, in taluni casi, un contributo modesto, ma apprezzabile alla dose da ingestione di Cs-137. Nel 2013 sono stati analizzati 58 campioni di funghi e nella maggior parte dei casi la concentrazione di Cs-137 è risultata superiore alla sensibilità strumentale. Nel 2014 sono stati analizzati 22 campioni di funghi, il cui valore medio è risultato pari a 121 Bq/kg circa.

Nelle figure seguenti sono riportate le tipologie, la provenienza e la concentrazione di Cs-137 (calcolata come media su base provinciale) dei campioni di funghi analizzati nel periodo 2013-2014.

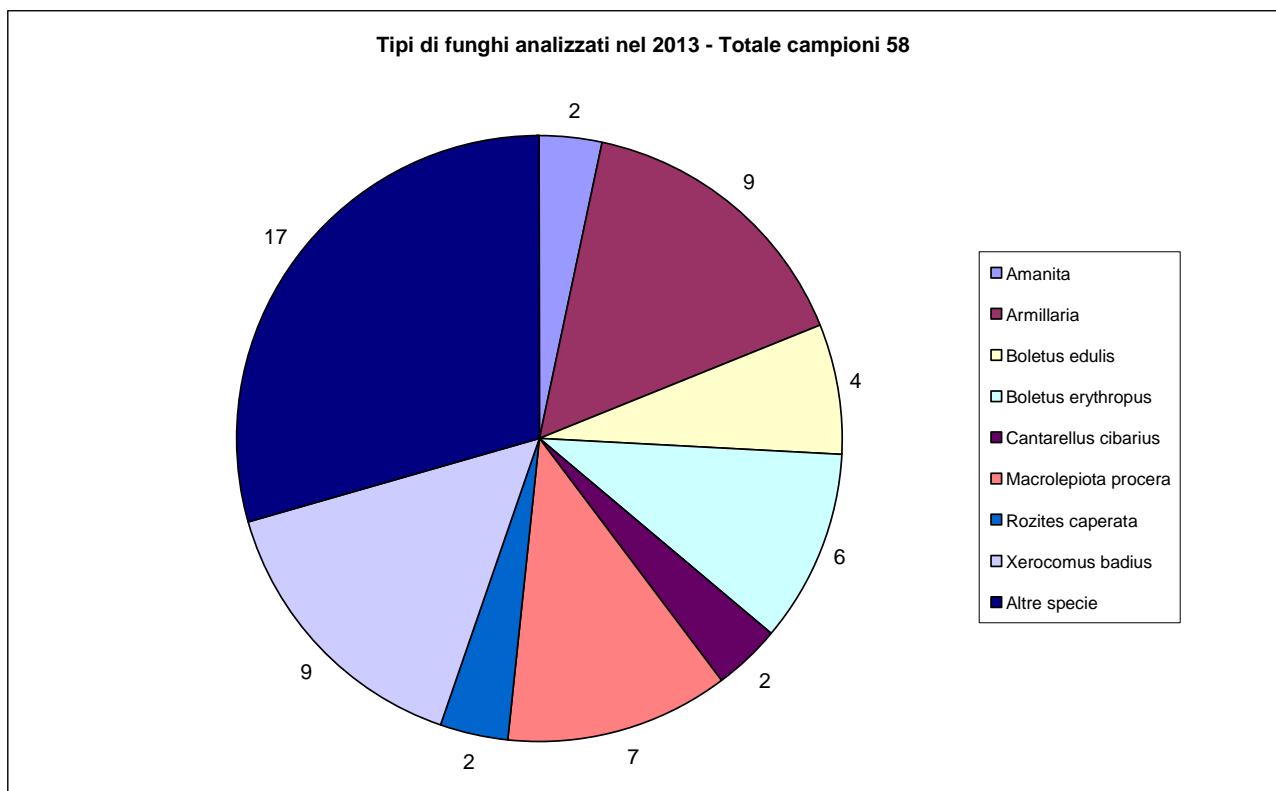


Figura 34: Tipologia dei funghi analizzati nel 2013.

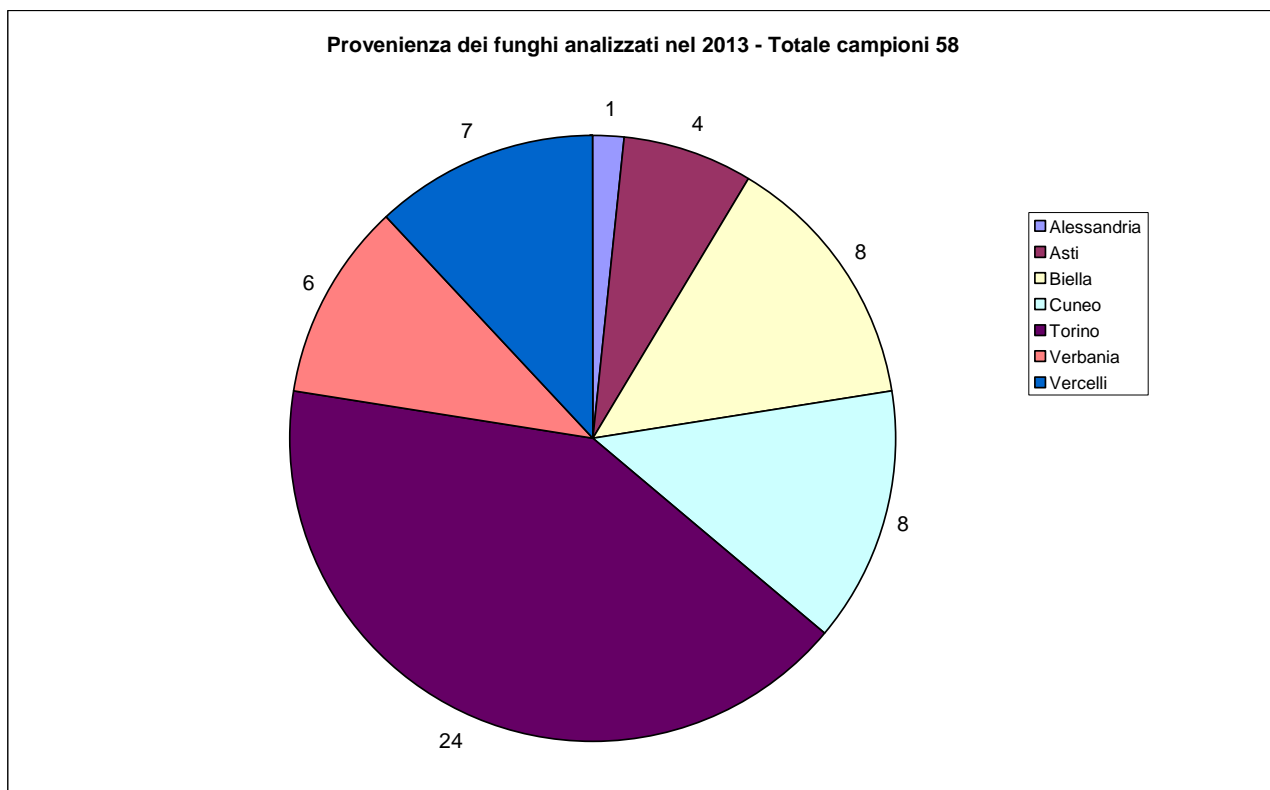


Figura 35: Provenienza dei funghi analizzati nel 2013.

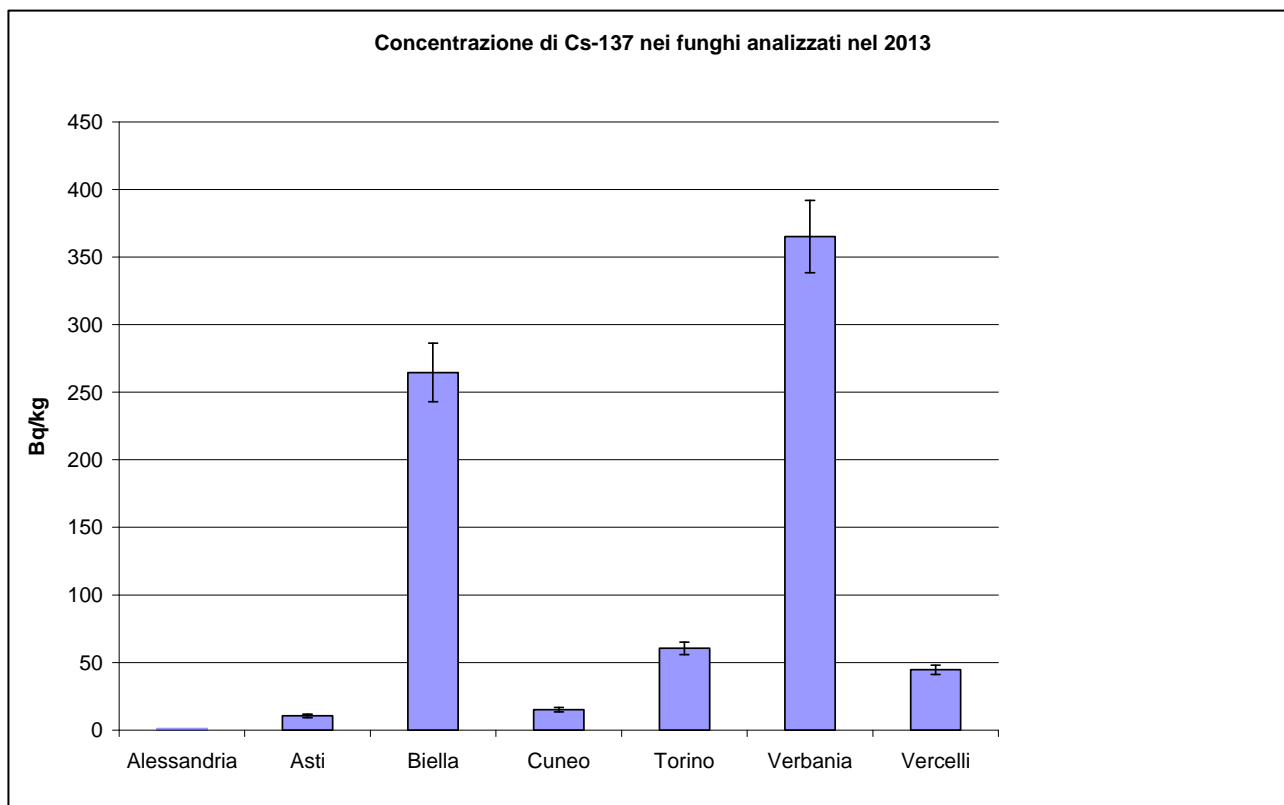


Figura 36: Concentrazione di Cs-137 nei campioni di funghi analizzati nel 2013 (la concentrazione di attività è stata calcolata come media per provincia di provenienza). Per la provincia di Alessandria l'attività misurata è minore della MAR.

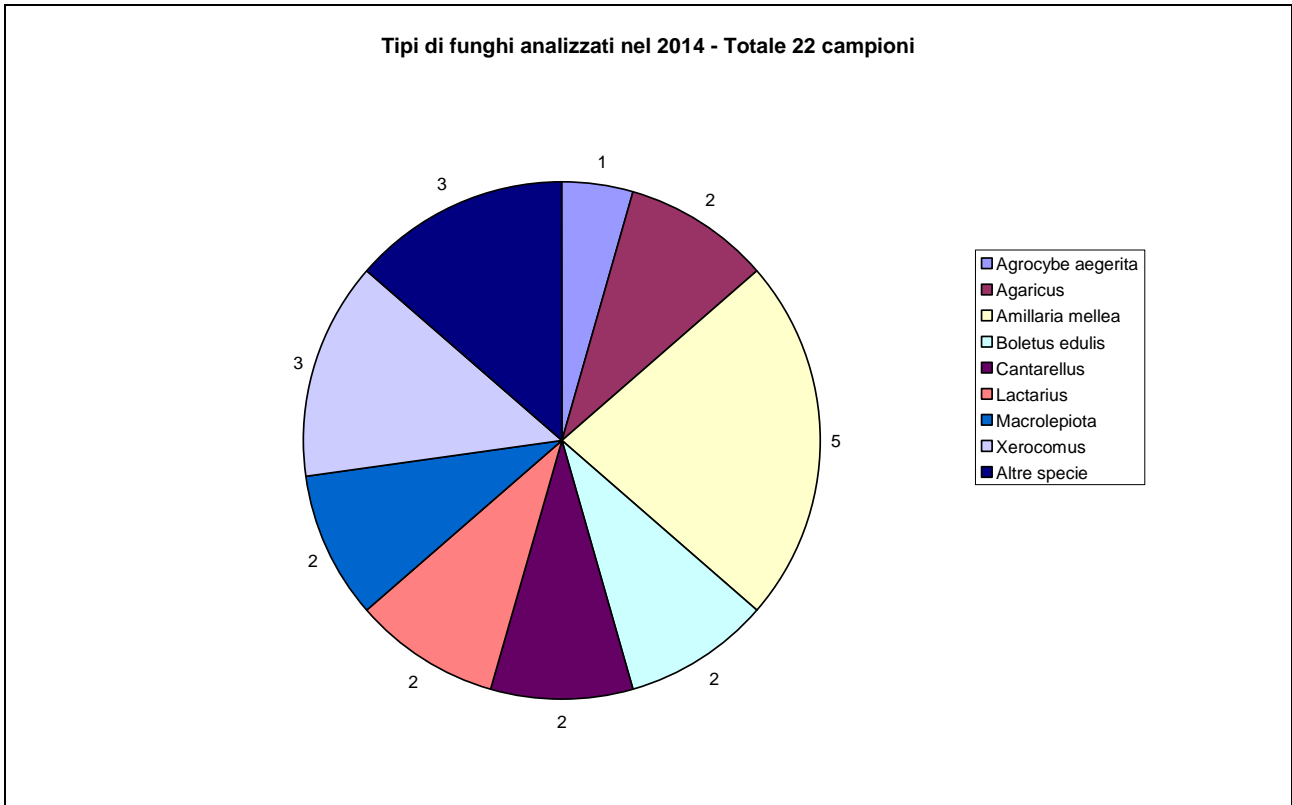


Figura 37: Tipologia dei funghi analizzati nel 2014.

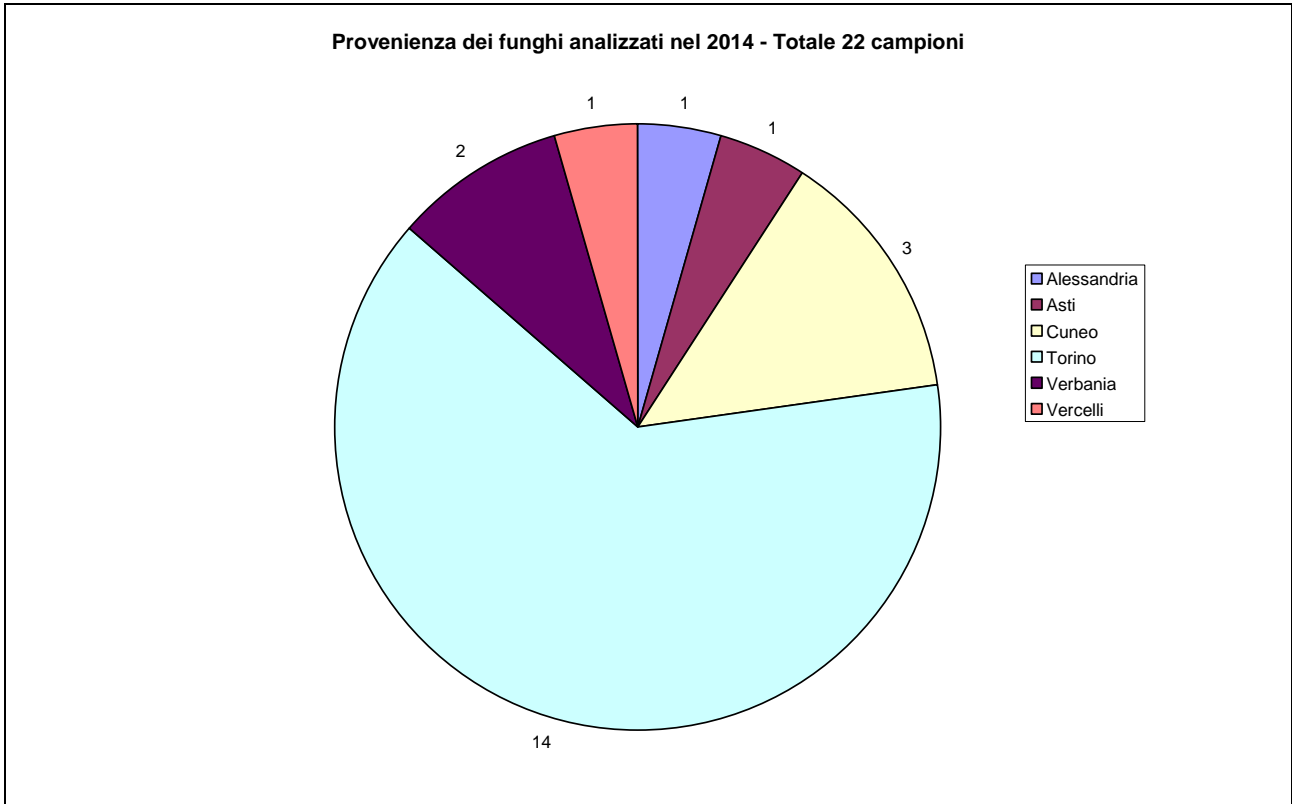


Figura 38: Provenienza dei funghi analizzati nel 2014.

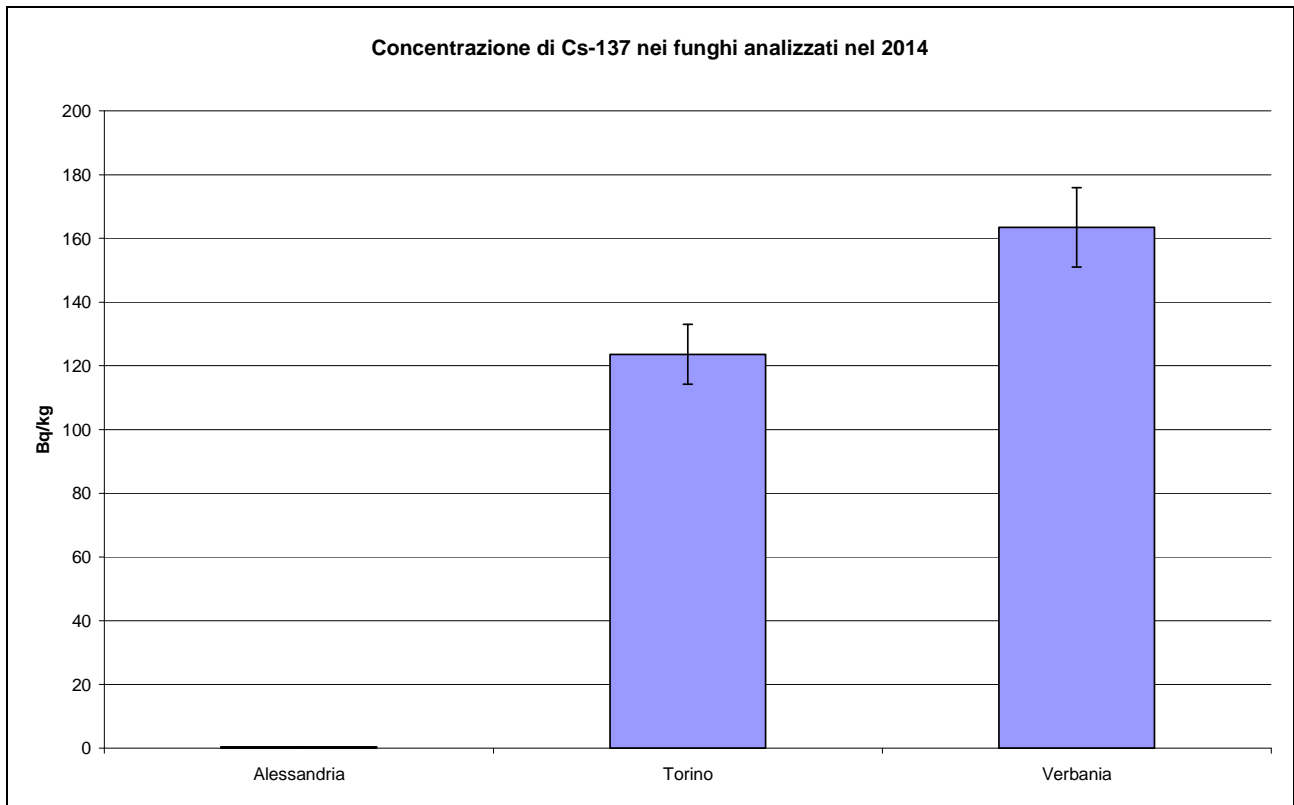


Figura 39: Concentrazione di Cs-137 nei campioni di funghi analizzati nel 2014 (la concentrazione di attività è stata calcolata come media per provincia di provenienza). Non sono stati riportati i risultati delle misure delle provincie di Asti, Cuneo e Vercelli in quanto inferiori alla sensibilità strumentale.

I campioni di miele analizzati nel 2013 sono stati 24 e la concentrazione di attività di Cs-137 è risultata superiore alla sensibilità strumentale in 9 di essi, con un valore massimo di circa 7 Bq/kg.

Nel 2014 sono stati analizzati 27 campioni di miele, la concentrazione di attività di Cs-137 è risultata superiore alla sensibilità strumentale in 13 campioni, con un valore massimo di circa 44 Bq/kg.

Nelle figure seguenti sono riportate le tipologie, la provenienza e la concentrazione di Cs-137 (calcolata come media su base provinciale) dei campioni di miele analizzati nel periodo 2013-2014.

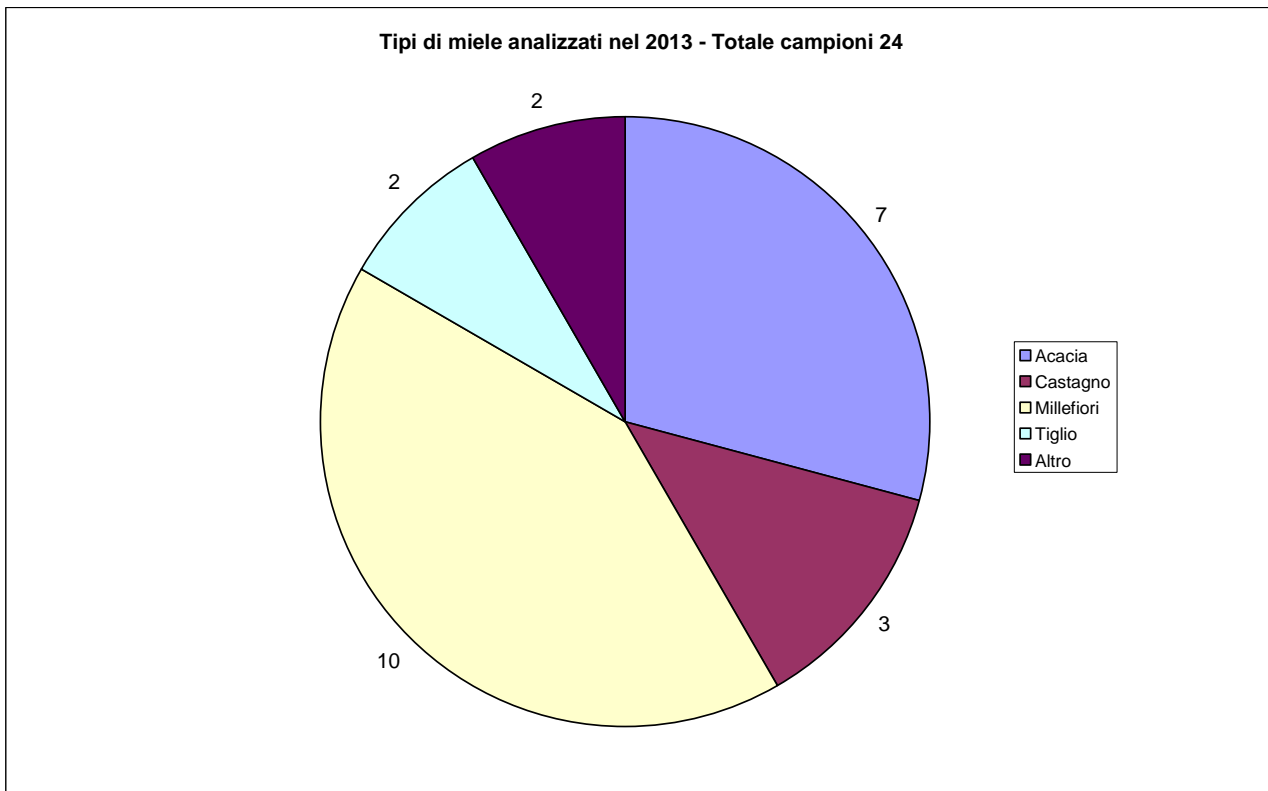


Figura 40: Tipologia dei campioni di miele analizzati nel 2013.

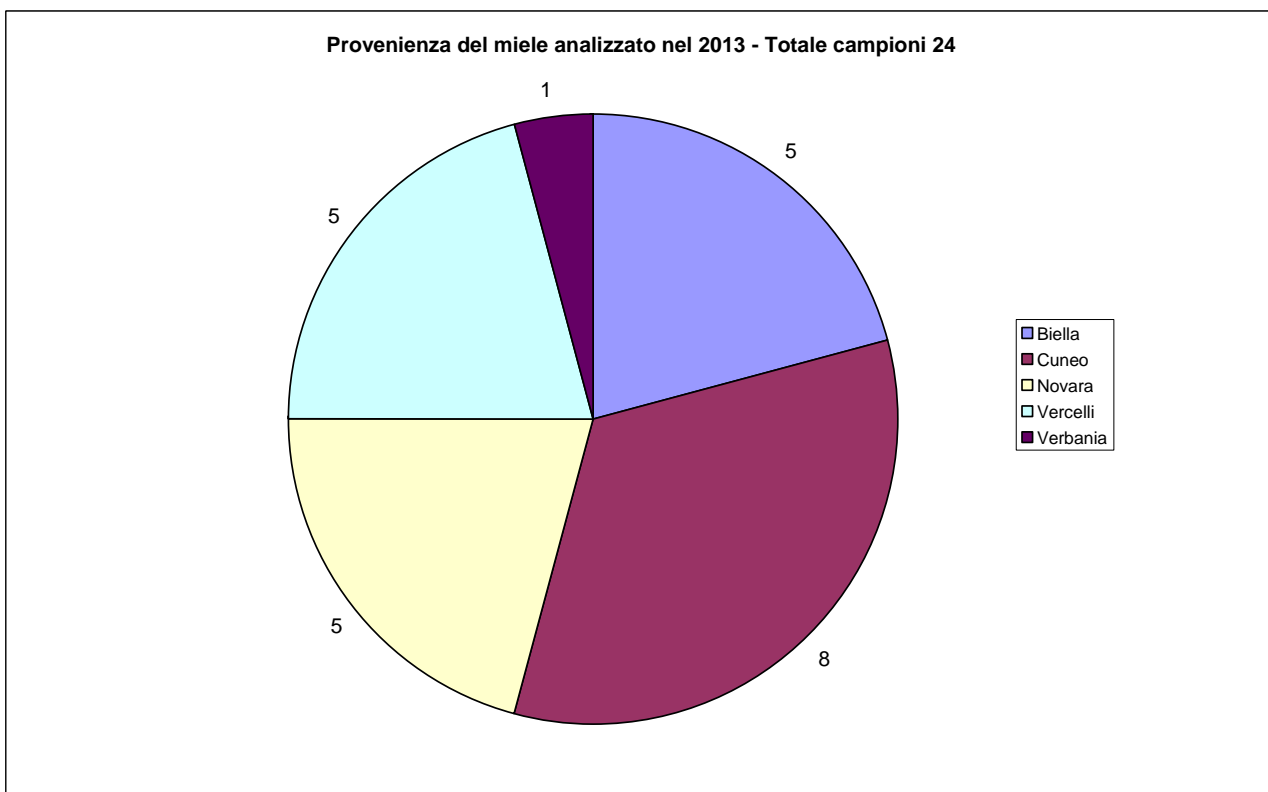


Figura 41: Provenienza dei campioni di miele analizzati nel 2013.

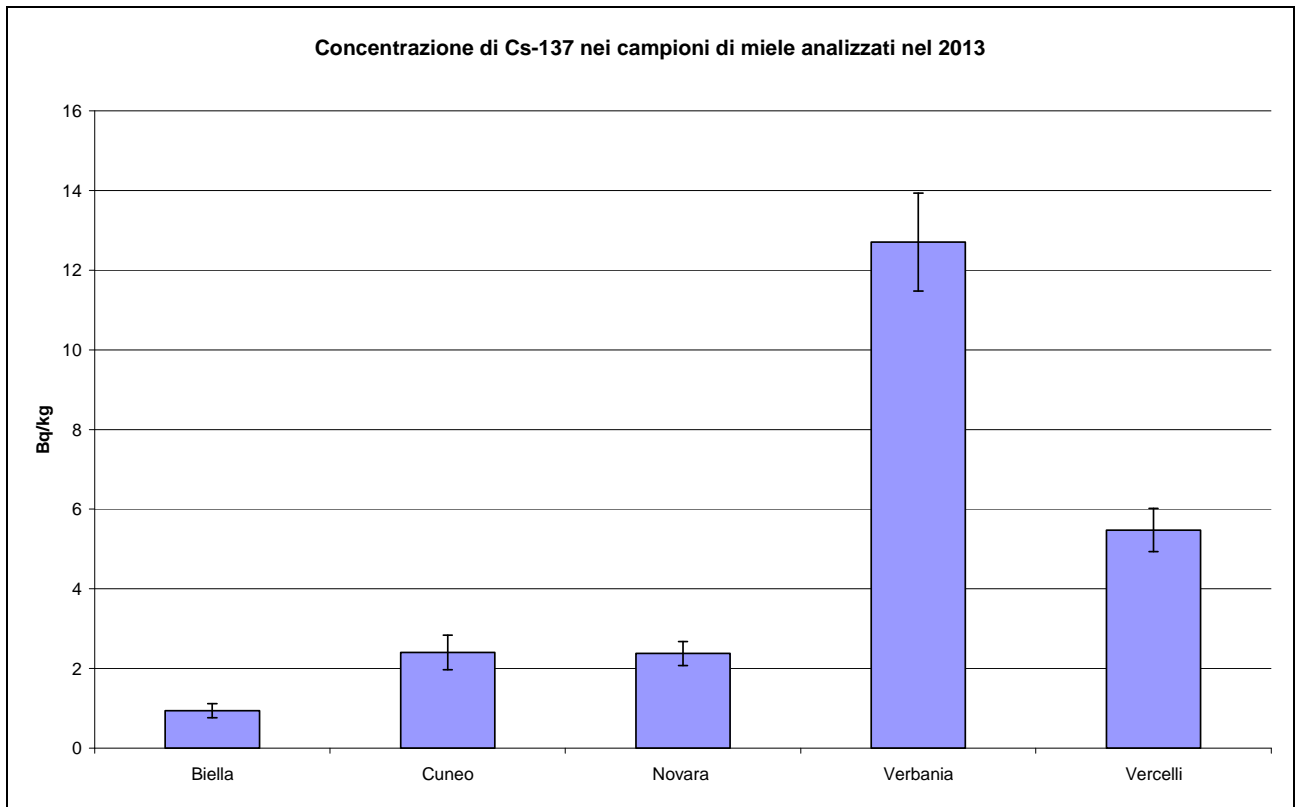


Figura 42: Concentrazione di Cs-137 nei campioni di miele analizzati nel 2013 (la concentrazione di attività è stata calcolata come media per provincia di provenienza).

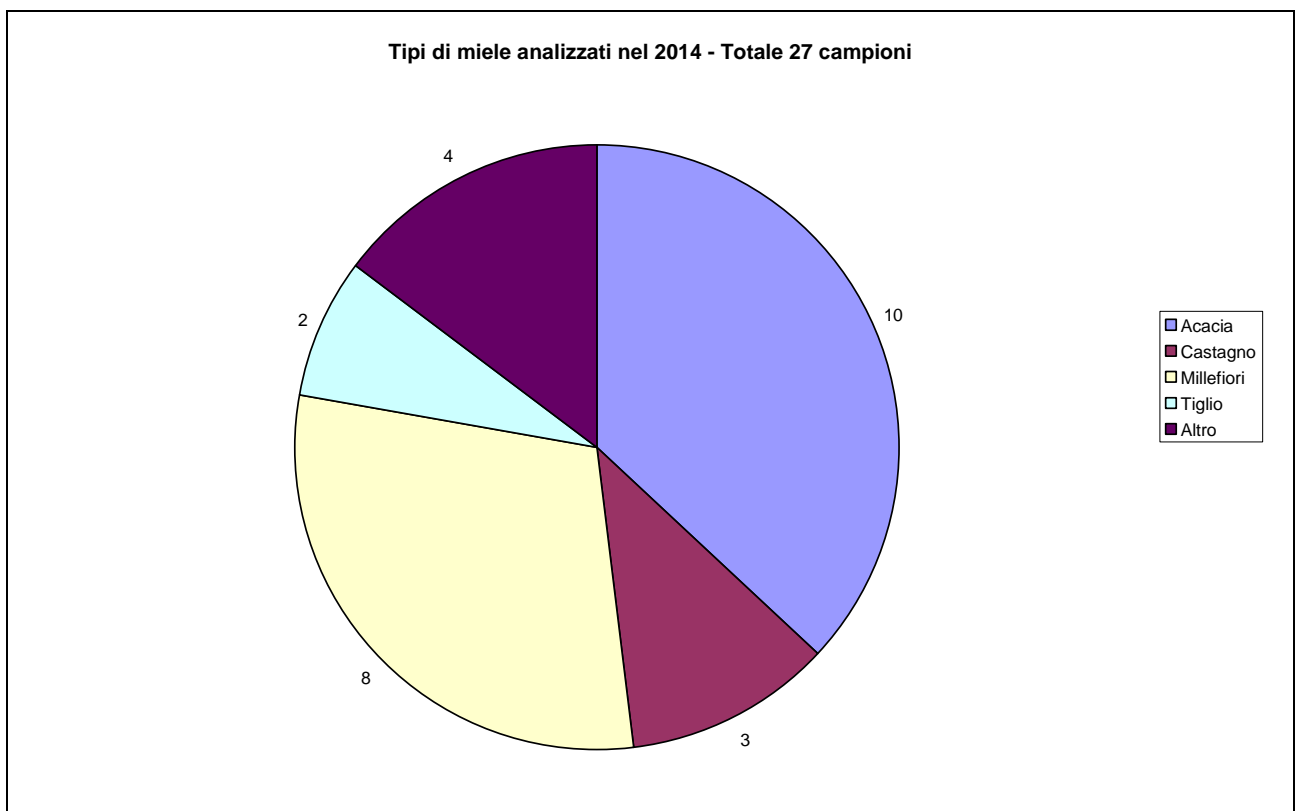


Figura 43: Tipologia dei campioni di miele analizzati nel 2014.

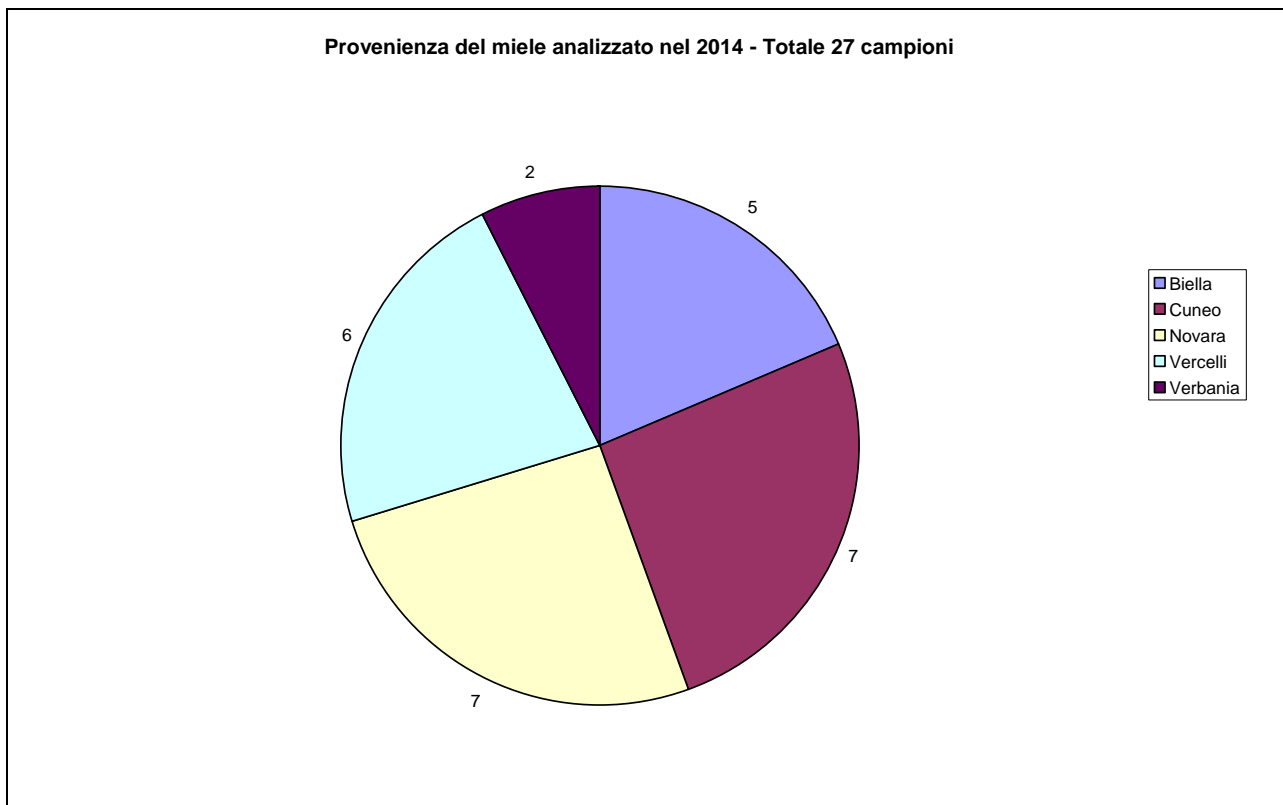


Figura 44: Provenienza dei campioni di miele analizzati nel 2014.

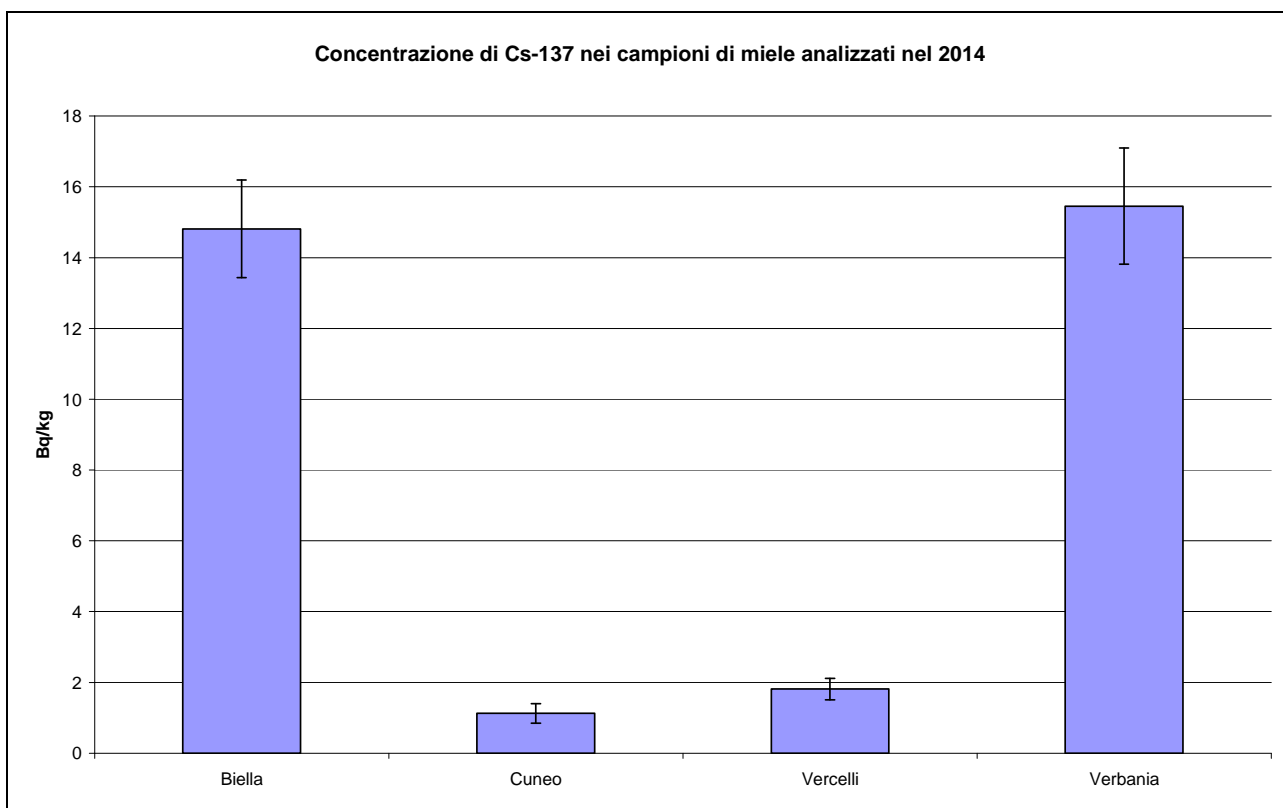


Figura 45: Concentrazione di Cs-137 nei campioni di miele analizzati nel 2014 (la concentrazione di attività è stata calcolata come media per provincia di provenienza). I campioni della provincia di Novara sono risultati tutti minori della MAR e quindi non sono stati rappresentati nel grafico.

1.1.10 Altri alimenti

Gli altri alimenti analizzati nel periodo 2013-2014 comprendono alimenti per l'infanzia (8 campioni), latte in polvere (1 campione), derivati del latte (1 campione), succo di mirtillo (4 campioni), uova (11 campioni) e vino (7 campioni). Sono state riscontrate concentrazioni di Cs-137 superiori alla sensibilità strumentale solo in 3 campioni di succo di mirtillo con una concentrazione media di circa 78 Bq/kg e massima di circa 180 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. Nel nostro laboratorio, a scopo cautelativo, il valore di screening per effettuare le analisi di approfondimento dell'uranio è stato fissato pari a 0,1 Bq/kg.

Le analisi effettuate nel periodo 2013-2014 sono riportate nella seguente tabella.

	Misure alfa e beta totale - anno 2013 -	Misure alfa e beta totale - anno 2014 -	Misure di Uranio - anno 2013 -	Misure di Radio-226 - anno 2014 -
Reti di monitoraggio	8	13		
ASL TO5	46	6	4	2
ASL TO4 Ciriè	24			
ASL TO4 Settimo Torinese	14			
TOTALE	92	19	4	2

Tabella 3: Numero di campioni di acqua potabile analizzati nel biennio 2013-2014, comprensivo dei campioni afferenti alle reti di monitoraggio e di quelli concordati direttamente con le ASL piemontesi.

Le analisi effettuate nel 2013 nell'ambito del monitoraggio concordato con l'ASL TO5 hanno evidenziato in quattro campioni risultati di attività alfa totale superiore al valore di screening di 0,1 Bq/kg; su questi campioni sono state effettuate nel 2013 ulteriori analisi di approfondimento per la determinazione della concentrazione di attività dell'Uranio-234 e dell'Uranio-238. Nel 2014 sono stati prelevati nuovi campioni negli stessi punti di campionamento e su di essi sono state effettuate analisi di approfondimento per la determinazione del Radio-226. Questi approfondimenti hanno confermato che i campioni non presentano alcun rischio per il consumo umano, in quanto i livelli di radioattività sono estremamente bassi.

Allo stato attuale sono stati analizzati più di 700 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.

1.1.12 Analisi radiochimiche

Nell'ambito delle reti di monitoraggio della radioattività ambientale vengono effettuate analisi radiochimiche su campioni alimentari e ambientali per la determinazione di alcuni radionuclidi artificiali presenti in ambiente. In particolare si ricercano lo Stronzio-90, presente in ambiente a seguito dell'incidente di Chernobyl, in matrici alimentari (latte) e ambientali (DMOS, fallout, acqua fluviale) e il Plutonio-239/240, presenti in ambiente a seguito dei test nucleari in atmosfera effettuati negli anni '50-'60, in matrici ambientali (DMOS, fallout, acqua fluviale).

Di seguito si riportano due tabelle riepilogative relative alle analisi di radiochimica effettuate nel biennio 2013-2014 su matrici ambientali e alimentari.

Matrice ambientale	Punto prelievo	Periodo riferimento	Sr-90	incertezza Sr-90	Pu-239/240	incertezza Pu	udm
DMOS	Fiume Dora Baltea - Quassolo	Anno 2013	22,3	10,9	0,066	0,006	Bq/kg
DMOS	Fiume Dora Baltea - Ivrea	Anno 2013	*	*	0,064	0,006	Bq/kg
DMOS	Fiume Po- Casale M.to	Anno 2013	24,8	11,3	0,045	0,008	Bq/kg
FALLOUT	Ivrea	Anno 2013	0,293	0,029	2,72E-05	3,84E-05	Bq/m ²
ACQUA	Fiume Po - Casale M.to	Anno 2013	0,0015	0,0004	3,19E-06	4,6E-07	Bq/l
DMOS	Fiume Po - Casale M.to	Anno 2014	8,45	3,85	0,0919	0,0085	Bq/kg
DMOS	Fiume Ticino - Trecate	Anno 2014	< 7,026	*	0,2261	0,0338	Bq/kg
DMOS	Fiume Po - San Sebastiano da Po	Anno 2014	3,787	3,580	0,1442	0,0149	Bq/kg
DMOS	Fiume Dora Baltea - Quassolo	Anno 2014	4,632	2,16	0,0765	0,0066	Bq/kg
DMOS	Fiume Dora Baltea - Ivrea	Anno 2014	36,9	16,7	*	*	Bq/kg
ACQUA	Acquedotto SMAT -Torino	Anno 2014	*	*	< 8,45E-07	*	Bq/l

Tabella 4: Risultati delle analisi di radiochimica (Sr-90 e Pu239/240) relative al biennio 2013-2014 su matrici ambientali.

Matrici alimentari	Punto prelievo	Periodo riferimento	Attività Sr-90 (Bq/kg)	incertezza Sr-90 (Bq/kg)
LATTE	Az. Agr. Canavese	I° bimestre 2013	< 0,0117	*
LATTE	Az. Agr. Canavese	II° bimestre 2013	< 0,0119	*
LATTE	Az. Agr. Canavese	III° bimestre 2013	< 0,0135	*
LATTE	Az. Agr. Canavese	IV° bimestre 2013	< 0,0119	*
LATTE	Az. Agr. Canavese	V° bimestre 2013	0,1987	0,0356
LATTE	Az. Agr. Canavese	VI° bimestre 2013	< 0,0059	*
LATTE	Provenienza mista regionale	II° bimestre 2013	< 0,0126	*
LATTE	Provenienza mista regionale	III° bimestre 2013	< 0,0130	*
LATTE	Provenienza mista regionale	IV° bimestre 2013	< 0,005	*
LATTE	Provenienza mista regionale	V° bimestre 2013	< 0,0057	*
LATTE	Provenienza mista regionale	VI° bimestre 2013	< 0,0065	*
LATTE	Alpeggio Valprato Soana	*	< 0,0112	*
LATTE	Az. Agr. Canavese	I° bimestre 2014	< 0,0074	*
LATTE	Az. Agr. Canavese	II° bimestre 2014	< 0,0155	*
LATTE	Az. Agr. Canavese	III° bimestre 2014	< 0,0383	*
LATTE	Az. Agr. Canavese	IV° bimestre 2014	< 0,0176	*
LATTE	Az. Agr. Canavese	V° bimestre 2014	0,199	0,036
LATTE	Az. Agr. Canavese	VI° bimestre 2014	< 0,0059	*
LATTE	Centrale del Latte Torino	II° bimestre 2014	< 0,0089	*
LATTE	Centrale del Latte Torino	III° bimestre 2014	< 0,0122	*

Tabella 5: Risultati delle analisi di radiochimica (Sr-90) relative al biennio 2013-2014 su campioni di latte.

Dalle tabelle precedenti è possibile evidenziare la presenza di deboli tracce di Sr-90 e Pu-239/240 sia in matrici ambientali che alimentari. In particolare nei campioni di latte analizzati, comprendenti latte di cascina e di provenienza mista regionale, i valori di Sr-90 misurati nella maggior parte dei campioni sono risultati inferiori alla sensibilità strumentale. Nel corso degli anni si è assistito ad una diminuzione dei valori di Sr-90 nel latte, anche in campioni provenienti da alpeggi, nei quali invece, fino a qualche anno fa, era possibile determinare deboli tracce di stronzio, dell'ordine di pochi mBq/kg.

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 (per maggiori approfondimenti si rimanda al link della Relazione sullo Stato dell'Ambiente 2015 relazione.ambiente.piemonte.gov.it/it/aria/risposte/radiazioni). 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 biennio 2013-2014 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 innalzare il rateo di dose, talvolta in misura significativa.

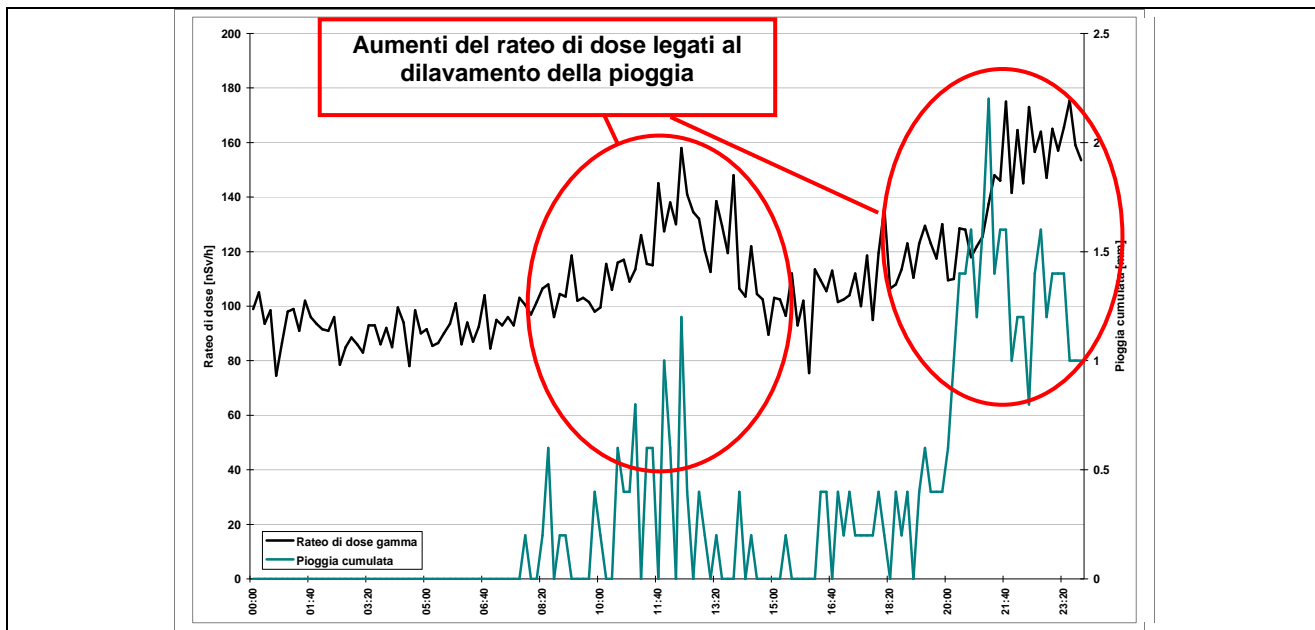


Figura 46: In corrispondenza di precipitazioni (linea grigia) si osserva un temporaneo innalzamento del rateo di dose.

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/m³.

Tra gli indicatori possibili per il radon si è scelto di fornire la media aritmetica comunale al piano terra (Figura 48) e la probabilità di ottenere valori di concentrazione superiori ad una soglia di 400 Bq/m³. 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/m³ è un altro indicatore rappresentativo dell'esposizione della popolazione.

Per la stima delle concentrazioni di radon nei vari Comuni piemontesi si è utilizzato 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. Nel 2013 si è vista, infatti, una nuova revisione (figura 47) con l'aggiunta di nuove medie sperimentali comunali frutto degli approfondimenti in corso dal 2010, mentre è iniziata nel 2014 una nuova serie di misure radiometriche sulle rocce (spettrometria gamma). Inoltre, nello studio, si utilizza rispetto al passato la nuova carta geologica del Piemonte alla scala 1:250.000, assai più affidabile di quella disponibile in precedenza: lo scopo è quello di giungere a un progressivo miglioramento della mappatura del radon in Piemonte, rendendo tale prodotto uno strumento sempre più affidabile per le valutazioni ambientali e sanitarie.

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 azioni di bonifica intraprese in edifici 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.

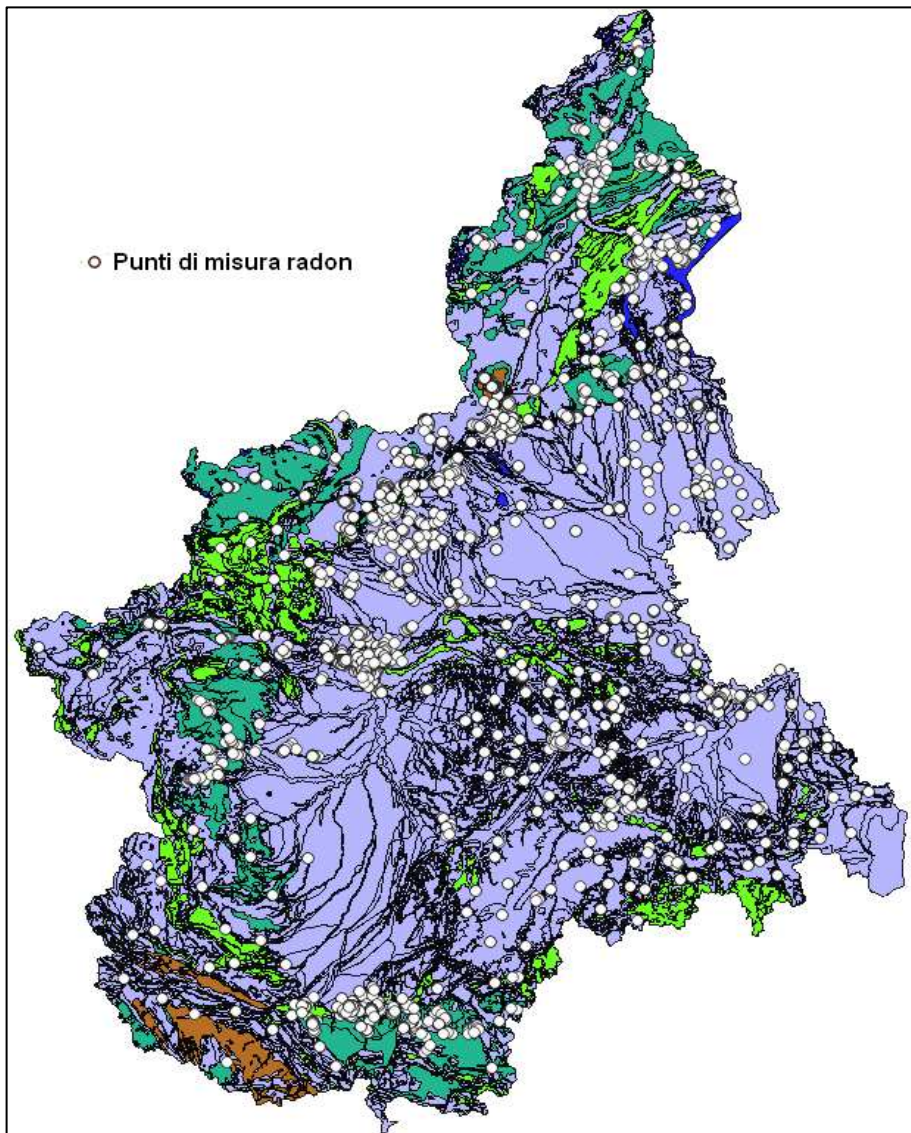


Figura 47: Probabilità in percentuale di superare il valore di 400 Bq/m³ in abitazioni.

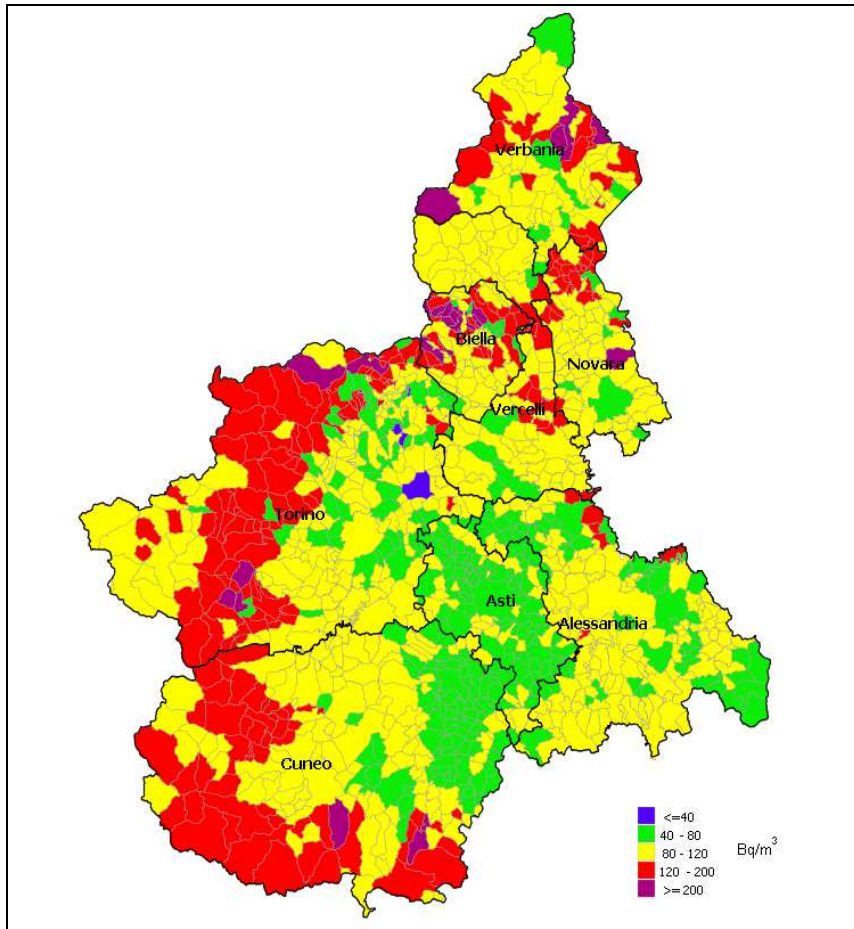


Figura 48: Distribuzione delle medie comunali di concentrazione di attività radon al piano terra.

Nelle tabelle seguenti sono indicati il numero delle misure e delle azioni di bonifica effettuate negli anni 2013 e 2014, nonché i sopralluoghi e i posizionamenti di dosimetri.

Azioni di bonifica proposte	2
Misure istituzionali	1501

Tabella 6: Misure e attività di radon effettuate negli anni 2013 e 2014.

Provincia	TO	VB	AT	BI	CN	VC	AL	NO
Sopralluoghi	482	171	70	99	448	23	118	90

Tabella 7: Numero di sopralluoghi per posizionamento di dosimetri effettuati negli anni 2013 e 2014.

2.2 PROGETTO RADICAL

Nel 2014 si è concluso il progetto RADICAL (RADon: Integrating Capabilities of Associated Labs), istituito nell'ambito del programma di Cooperazione Interreg Italia Svizzera 2007-2013. I partecipanti alle attività, oltre all'ARPA Piemonte, sono stati 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 stati 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 ha previsto 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.

Negli anni 2013 e 2014, in Piemonte, sono continuati i monitoraggi su alcuni siti (scuole ed edifici pubblici) di interesse già selezionati in base a priorità legate ai valori di concentrazione riscontrati. Con le amministrazioni locali sono state avviate delle azioni di rimedio volte a risanare tali ambienti di vita e di lavoro. Nell'ambito del progetto è stata inoltre sviluppata una piattaforma Web per la raccolta e l'analisi dei dati e la loro gestione.

Dal punto di vista più strettamente scientifico si sono conclusi gli studi volti 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. Sono infatti i prodotti di decadimento del radon (i cosiddetti figli) che, attaccandosi al particolato fine e ultrafine, vanno ad irraggiare

l'apparato respiratorio e sono quindi responsabili del rilascio di gran parte della dose all'apparato respiratorio. Sono state anche 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. A titolo di esempio, in figura 49, è mostrato l'andamento del radon e dei prodotti di decadimento a vita breve in uno dei locali monitorati con la "modellizzazione" dell'attività alfa e beta totale nel particolato raccolto su filtro (curve in verde e arancione).

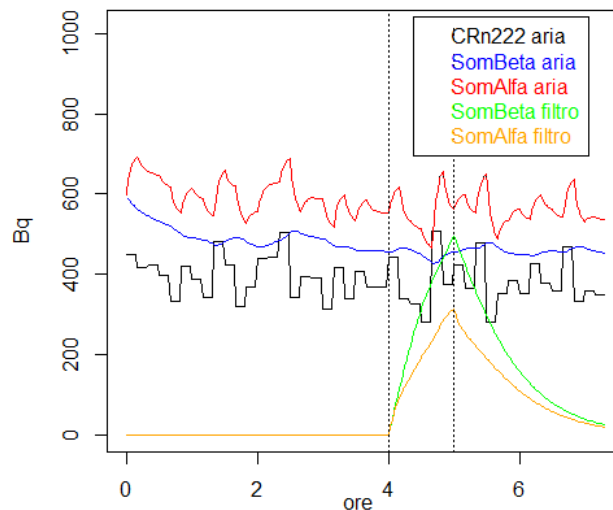


Figura 49: Misure di radon e dei suoi prodotti di decadimento in aria e attività alfa e beta su filtro.

I lavori condotti hanno portato alla pubblicazione dei seguenti lavori:

- “A simple approach to measure the radon equilibrium factor F from air filter gross beta counting” Radiation Protection Dosimetry 2014, Vol.160 (7th International Conference on Protection Against Radon at Home and at Work, Praga 2-6 settembre 2013);
- “Misure in campo del fattore di equilibrio” Atti del XXXVII Congresso Nazionale di Radioprotezione, Aosta 15-17 Ottobre 2014; ISBN 978-88-886484-0-8;
- “Metodi per valutare il fattore di equilibrio con semplici misure di alfa e beta totale su particolato” Atti del XXXVII Congresso Nazionale di Radioprotezione, Aosta 15-17 Ottobre 2014; ISBN 978-88-886484-0-8;
- “Studio delle correlazioni tra le misure su base oraria della concentrazione di Radon indoor da una piccola rete di strumenti ed eventi di natura tellurica” Atti del Convegno Nazionale di Radioprotezione, Aosta 15-17 Ottobre 2014; ISBN 978-88-886484-0-8;
- “Misure di radon al tunnel del monte Bianco” Atti del Convegno Nazionale di Radioprotezione, Aosta 15-17 Ottobre 2014; ISBN 978-88-886484-0-8;

3 VALUTAZIONI DOSIMETRICHE

3.1 DOSIMETRIA PER LA POPOLAZIONE

Il calcolo della dose alla popolazione deve tenere conto di tutte le possibili vie di esposizione (inalazione, irraggiamento e ingestione). Si possono distinguere contributi dovuti sia alla radioattività naturale che alla radioattività artificiale. Per quanto riguarda la radioattività naturale, di gran lunga 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 attualmente l'irraggiamento dal suolo e l'ingestione di alimenti contaminati; l'inalazione può invece essere trascurata, dal momento che, in assenza di incidenti che disperdono radioattività in atmosfera, i livelli dei radionuclidi artificiali in atmosfera sono estremamente bassi, al di sotto della sensibilità strumentale. 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 possono considerare assenti, essendo le loro concentrazioni risultate inferiori alla sensibilità strumentale. Ovviamente si sono tenuti in considerazione solo gli alimenti per i quali la concentrazione del suddetto radionuclide è stata quantificabile, cioè 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 e la selvaggina.

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 quindi da considerarsi superiore alla concentrazione media reale.

Nelle tabelle seguenti sono riportati i risultati delle valutazioni dosimetriche per ingestione per la popolazione adulta per l'anno 2013, considerando la dieta tipo. Per l'anno 2014 i dati non sono stati riportati, in quanto la situazione è del tutto simile a quella del 2013. Per valutazioni di questo tipo infatti ciò che conta è l'ordine di grandezza e non il valore in sé.

Alimento	Consumo	Coefficiente	Cs-137 Bq/kg	Dose efficace $\mu\text{Sv}/\text{anno}$
	Kg/anno	Sv/Bq	2013	2013
Carne bovina	23	1.30E-08	0.58	0,2
Latte	70	1.30E-08	0.35	0,3
Formaggio	22.6	1.30E-08	0.77	0,2
TOTALE Cs-137				0,7
Limite di non rilevanza radiologica mSv				10
Limite dose efficace $\mu\text{Sv}/\text{anno}$				1000

Tabella 8: Dose efficace da ingestione di alimenti contaminati da Cs-137 per gli adulti (> 17 anni) considerando solamente gli alimenti base della dieta tipo, contaminati da Cs-137.

Il valore che si ottiene in tabella 8, sommando tutti i contributi, è minore di 1 μSv , inferiore di un fattore 1000 al limite di dose (1 mSv, D.Lgs. 230/95 e s.m.i.).

Alimento	Consumo	Coefficiente	Cs-137 Bq/kg	Dose efficace $\mu\text{Sv}/\text{anno}$
	kg/anno	Sv/Bq	2013	2013
Funghi	20	1.30E-08	158.73	41,3
Miele	20	1.30E-08	3.16	0.8
Castagne	20	1.30E-08	17.50	4,6
Selvaggina	50	1.30E-08	50.00	32,5
TOTALE Cs-137				79,2
Limite dose efficace Sv/anno				1000
Dose media alla popolazione da radioattività naturale (esposizioni mediche escluse)				2573

Tabella 9: Dose efficace da ingestione per gli adulti (> 17 anni) considerando solamente gli alimenti particolarmente radio-accumulatori.

In tabella 9 è mostrato un calcolo ipotetico di dose da ingestione per un generico individuo, ipotizzando un consumo abnorme di alimenti particolarmente radio-accumulatori. Sono presentati in tabella anche il limite di legge e la dose alla popolazione dovuta alla radioattività naturale. Anche in questo caso, in realtà ampiamente cautelativo, si ottiene un valore pari a 79,2 μSv , di gran lunga inferiore al limite di 1000 $\mu\text{Sv}/\text{anno}$ imposto dalla normativa.

Come si può vedere più chiaramente nel diagramma a torta seguente, la dose dovuta alla radioattività naturale è di gran lunga superiore a quella originata dalla radioattività artificiale (escludendo le esposizioni per scopi medici). Sommando Per il 2013 e 2014 il due contributi, naturale e artificiale, si ottiene che la dose efficace totale alla popolazione adulta è risultata pari a 2,65 mSv/anno, con un contributo della componente artificiale al massimo attorno al 3%.

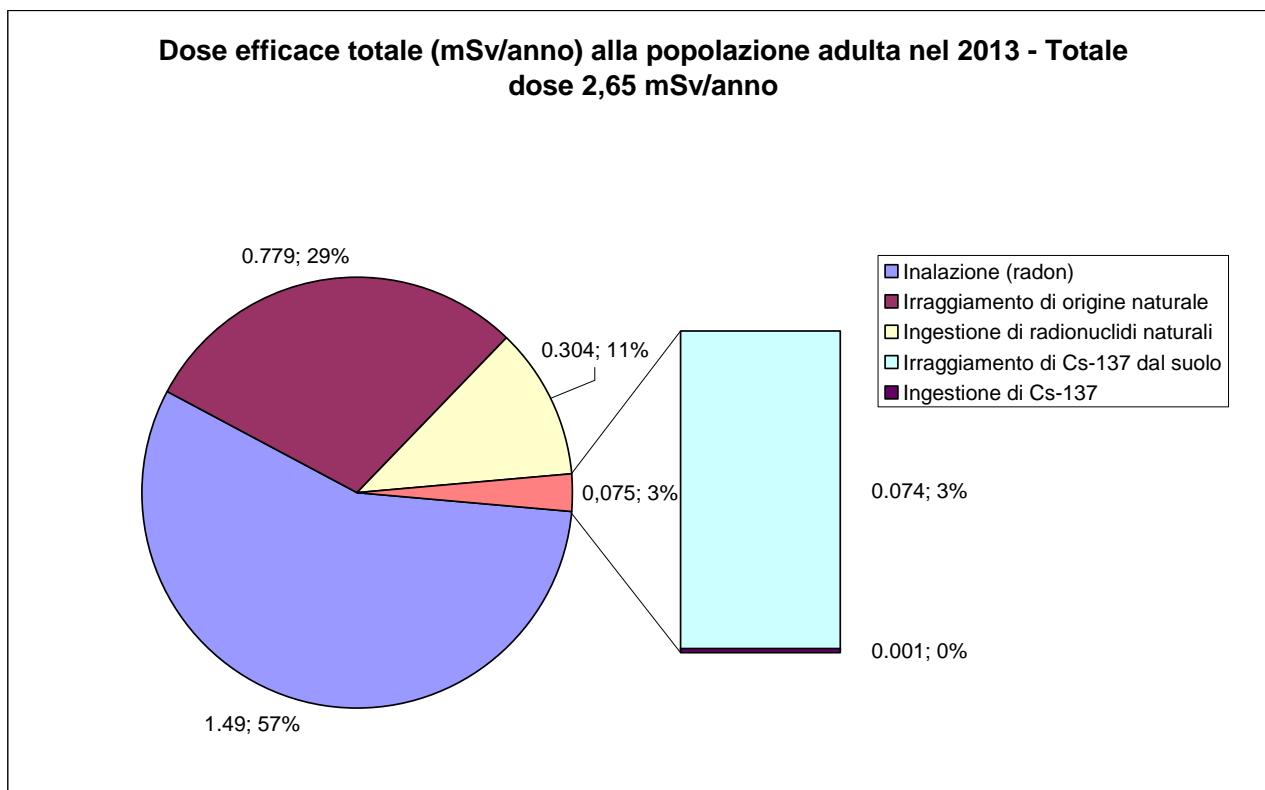


Figura 50: Dose efficace totale alla popolazione piemontese adulta nel 2013. Si nota come il contributo della radioattività artificiale sia molto inferiore a quello della radioattività naturale.

4 ALTRE ATTIVITA'

4.1 VIGILANZA

Nell'attività di vigilanza rientrano tutte quelle attività mirate al controllo delle fonti di radiazioni ionizzanti che possono determinare un'esposizione alla popolazione.

Le numerose sorgenti utilizzate in campo industriale (rivelatori di fumo, misuratori di spessori, calibri, controlli di radiografia industriale, 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 per le 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. Arpa svolge un ruolo di supporto, fornendo un parere tecnico agli organi preposti al rilascio.

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.

4.1.2 Sorgenti utilizzate in campo industriale

Le sorgenti radioattive impiegate nell'industria sono generalmente allo stato solido e hanno tempi di dimezzamento spesso molto lunghi. Se per errore o dolo finiscono in un carico di rifiuti o di rottami possono, oltre che irraggiare gli addetti alle operazioni di smaltimento rifiuti o di riciclo dei rottami, procurare una più o meno grave contaminazione ambientale. La normativa di settore prevede che chiunque commerci, abbia in deposito o fonda rottami metallici è tenuto alla sorveglianza radiometrica; tale obbligo, è esteso anche agli importatori di semilavorati, ma solo se tale importazione proviene da paesi non comunitari (D.Lgs. 239/94, D.Lgs. 100/2011, L.R. 5/2010, DGR 37 -2776 del 18 ottobre 2011).

Nel corso degli ultimi anni 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 a seguito di segnalazioni 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 di interventi anche le verifiche presso cantieri in cui vengono effettuate radiografie o gammagrafie industriali. Questo tipo di attività, effettuata appunto con raggi gamma o con raggi X molto energetici, ha lo scopo di rilevare eventuali imperfezioni nelle saldature di grossi tubi o manufatti destinati a contenere sostanze pericolose (di solito gas). Sono un particolare settore industriale dove il rischio di esposizione indebita può essere elevato ed interessare non solo i lavoratori ma, in talune circostanze, anche la popolazione.

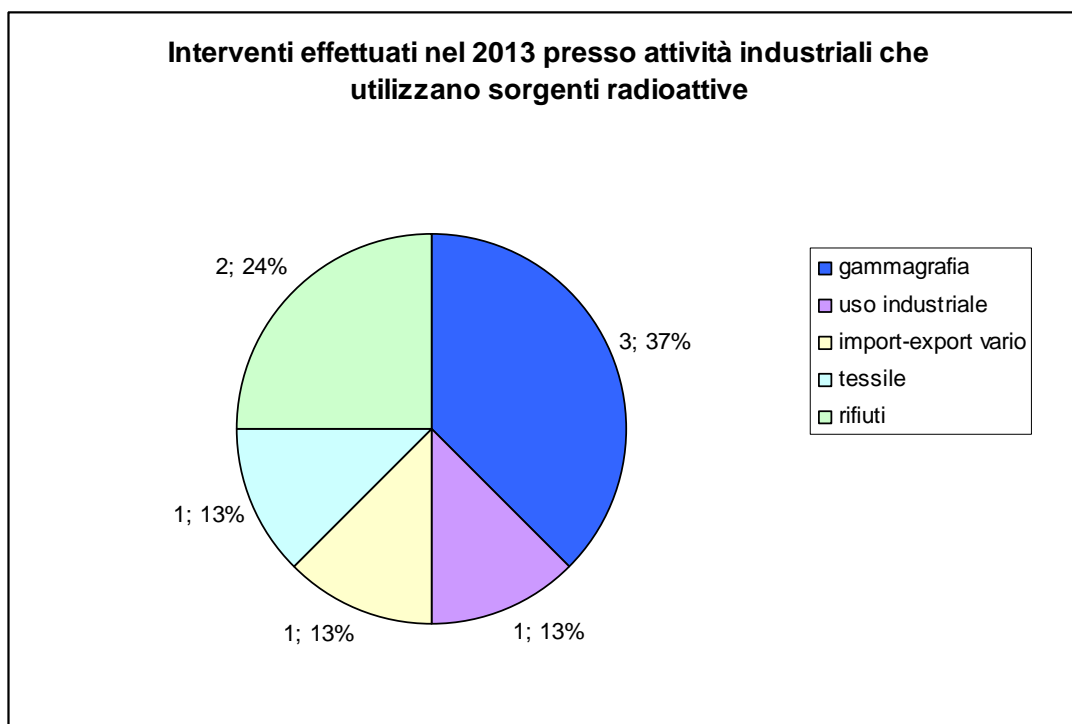


Figura 51: Interventi di controllo effettuati presso attività industriali che utilizzano sorgenti radioattive nel 2013.

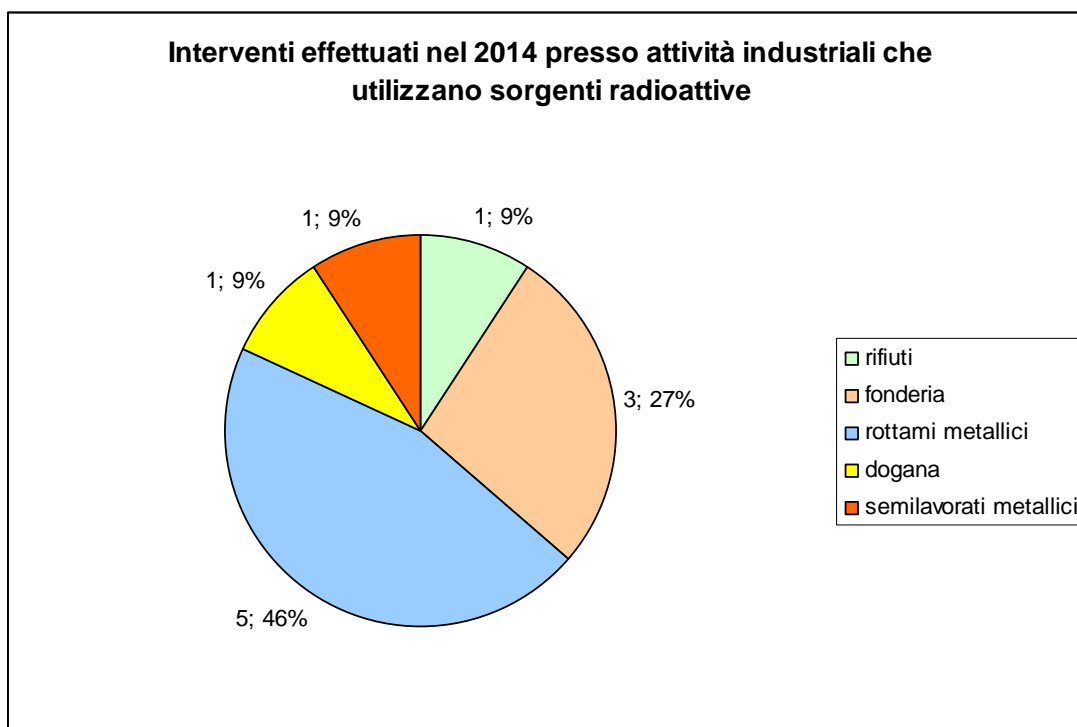


Figura 52: Interventi di controllo effettuati presso attività industriali che utilizzano sorgenti radioattive nel 2014.

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. Un caso emblematico è quello dello I-131, che viene costantemente rivelato, sia pure in tracce, 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 per scopi diagnostici o terapeutici, e viene successivamente smaltito dall'organismo con gli escreti (soprattutto urine). 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 avendo ancora nel proprio organismo una certa quantità di radioattività, che viene quindi immessa nel sistema fognario domestico raggiungendo i corpi idrici per poi concentrarsi nei sedimenti fluviali (vedere Figura 12). 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 raggiungere i centri di raccolta dei rifiuti con ancora presente una certa quantità di radioattività, dando origine ad allarmi da parte dei sistemi di controllo radiometrici.

4.2 PROGETTI E ATTIVITA' DI SERVIZIO

4.2.1 TAV Torino/Lione – cunicolo esplorativo della “Maddalena”.

Nel corso degli anni 2013/2014 il Dipartimento Tematico radiazioni è stato impegnato nell'accompagnamento ambientale di una grande opera: il cantiere TAV della “Maddalena” in Val Susa – il primo cantiere attivo per la realizzazione della Nuova Linea ferroviaria ad alta velocità Torino/Lione (Figura 53).



Figura 53:immagini del cunicolo esplorativo della “Maddalena”

La delibera CIPE 86/2010, infatti, ha attribuito ad Arpa Piemonte un importante compito di programmazione e di verifica del monitoraggio ambientale con un ruolo di accompagnamento basato su un sistema di vigilanza e controllo. In questa attività, Arpa Piemonte ha anche avuto un ruolo strettamente tecnico, orientando e correggendo le modalità e le prassi di monitoraggio fino alla verifica della calibrazione della strumentazione utilizzata da TELT¹.

Il monitoraggio delle radiazioni ionizzanti è stato concordato, nel numero delle stazioni, nei tempi, nelle frequenze delle misure e nelle componenti ambientali da monitorare, partendo dal rispetto delle prescrizioni della delibera CIPE 86/2010 e considerando che essa si svolge in un peculiare contesto ambientale, dove l'adozione di alcune cautele aggiuntive di radioprotezione è particolarmente consigliata. L'opera principale, cioè il “Tunnel di Base”, si sviluppa, infatti, nel massiccio dell'Ambin, una formazione cristallina situata nella media Val di Susa, al confine con la Francia. In quest'area, già negli anni '80 del secolo scorso furono condotti alcuni sondaggi geologici da parte di Agip Nucleare finalizzati alla ricerca di giacimenti d'uranio. Benché tali ricerche diedero esito negativo, in quanto non venne identificata alcuna vena uranifera sfruttabile commercialmente, furono tuttavia trovati alcuni affioramenti rocciosi, in cui le concentrazioni di uranio raggiungevano valori considerevoli.

¹ TELT: Tunnel Euroalpin Lyon Turin – Società nata dall'accordo tra Italia e Francia, nuovo promotore pubblico responsabile della realizzazione e della gestione della Sezione Transfrontaliera della nuova linea ferroviaria.

Per tale motivo si è stabilito un piano di monitoraggio per le radiazioni ionizzanti che amplia di parecchio le attività previste ai sensi del Capo III del D.Lgs.230/95 per il quale sarebbe richiesta unicamente la misura del radon.

Il monitoraggio delle radiazioni ionizzanti è suddiviso in:

MONITORAGGIO INTERNO ALLA ZONA CANTIERE

effettuato attraverso:

- misure in continuo di concentrazione di attività radon nel cunicolo, ai sensi D.Lgs.230/95;
- misure in continuo di rateo di dose gamma sul fronte scavo e sui cumuli di smarino;
- misure di spettrometria gamma su campioni di smarino;
- campionamenti in continuo delle particelle aerodisperse su filtro per PTS² (con analisi alfa e beta settimanale e spettrometria gamma mensile);
- misure di radioattività sulle acque convogliate all'impianto di depurazione;
- misure di rateo di dose gamma sui fanghi di risulta dall'impianto di depurazione.

IL MONITORAGGIO ESTERNO ALLA ZONA DEL CANTIERE

che consiste in:

- misure in continuo di radon outdoor presso la stazione di Chiomonte – Frazione La Maddalena;
- misure settimanali di attività alfa e beta totale e mensili di spettrometria gamma su particolato (PTS_RAD) depositato su filtro tramite pompe ad alto volume, posizionate nei punti: Chiomonte – Frazione La Maddalena e Exilles – Frazione San Giovanni;

Per la componente risorse idriche sono monitorate la concentrazione di alfa e beta emettitori e il trizio (³H), sia in acque superficiali (ASP) che in acque sotterranee (AST).

Per tutti i monitoraggi, in caso di superamenti di specifiche soglie, finora mai avvenuti, sono previsti ulteriori approfondimenti.

Ai sensi della prescrizione n.101 della delibera CIPE n.86/2010, il Dipartimento Tematico Radiazioni controlla la corretta esecuzione del monitoraggio da parte di TELT, nel rispetto del numero di stazioni e dei punti di monitoraggio, delle metodiche strumentali, delle frequenze e dei tempi di misura, ed esamina costantemente i dati di monitoraggio trasmessi (anche con l'acquisizione di campioni già analizzati da TELT).

I tecnici del Dipartimento, inoltre, effettuano sopralluoghi periodici presso il cantiere, nel corso dei quali si eseguono:

- misure di concentrazione radon (entro il cunicolo);
- prelievi di campioni di smarino, di fanghi disidratati dall'impianto di depurazione e di acque di venuta dal cunicolo per analisi di spettrometria gamma;
- misure di dose gamma (anche in doppio) sia entro il cunicolo esplorativo, sia sui cumuli di smarino che sui fanghi disidratati.
- Misure di alfa e beta totale e di spettrometria gamma su filtri per PTS e analisi di alfa e beta su aliquote di campioni di acqua in ingresso all'impianto di depurazione, prelevati da TELT.

Tutti i risultati del monitoraggio condotto da questo Dipartimento sono riportati e all'indirizzo:<http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/grandi-opere/torino-lione/nltl/dati-arpa-1/dati-arpa>.

² PTS: polveri totali sospese.



Figura 54: misure in doppio di rateo di dose gamma sui cumuli di smarino

La tabella che segue riassume l'attività di monitoraggio al cantiere TAV – “La Maddalena”, svolta del Dipartimento Tematico Radiazioni nel corso degli anni 2013/2014:

MONITORAGGIO ARPA C/O IL CANTIERE "LA MADDALENA" - ANNI 2013/2014	
TOTALE sopralluoghi presso il cantiere	12
INTERNO CUNICOLO	
TOTALE misure di Rateo di dose gamma	65
NUMERO misure di rateo di dose gamma in doppio	28
NUMERO misure rateo di dose gamma tramite (TLD)	6
NUMERO misure di Concentrazione di attività radon	70
CUMULI DI SMARINO	
TOTALE misure di Rateo di dose gamma	21
NUMERO misure di rateo di dose gamma in doppio	10
NUMERO Analisi di spettrometria gamma su smarino	12
ANALISI RADIOATTIVITA' PARTICELLE AERODISPERSE	
NUMERO analisi di spettrometria gamma su filtri per PTS	7
NUMERO analisi alfa e beta totale su filtri per PTS	26
ANALISI RADIOATTIVITA' ACQUA DI VENUTA DAL CUNICOLO ESPLOLATIVO	
NUMERO analisi di alfa e beta totale	2
ANALISI RADIOATTIVITA' FANGHI DISIDRATATI DA IMPIANTO DI DEPURAZIONE	
TOTALE misure di Rateo di dose gamma	2
NUMERO misure di rateo di dose gamma in doppio	1
NUMERO analisi di spettrometria gamma	2

Tabella 10: monitoraggio Arpa cantiere: “La Maddalena” – anni 2013/2014

Le misure effettuate da Arpa hanno fornito risultati in linea con i dati trasmessi ad oggi dal proponente.

I monitoraggi condotti da TELT e dal nostro Dipartimento, sia internamente alla zona cantiere che in ambiente esterno, non hanno in alcun caso evidenziato variazioni significative dei normali livelli di fondo della radioattività ambientale.

4.2.2 TRATTA AV/AC MILANO – GENOVA - TERZO VALICO DEI GIOVI

In merito alla realizzazione della Linea AV/AC Milano – Genova – Terzo valico dei Giovi, il Dipartimento Tematico Radiazioni ha partecipato nel corso dell'anno 2014 ad alcuni tavoli tecnici per l'inserimento della componente Radiazioni Ionizzanti nelle attività connesse al monitoraggio ambientale. Per tale motivo, sono stati condotti dei sopralluoghi finalizzati alla verifica dei valori di radioattività ambientale c/o il cantiere attivo di Voltaggio (AL) per la costruzione della finestra "Vallemme".

La tabella 11 riassume le misure effettuate dai tecnici Arpa presso il cantiere.

MONITORAGGIO ARPA C/O IL CANTIERE PER LA FINESTRA "VALLEMME"	
TOTALE sopralluoghi presso il cantiere	2
INTERNO FINESTRA	
TOTALE misure di Rateo di dose gamma	13
NUMERO misure di Concentrazione di attività radon	10
CUMULI DI SMARINO	
TOTALE misure di Rateo di dose gamma	2
NUMERO Analisi di spettrometria gamma su smarino	2
ANALISI RADIOATTIVITA' PARTICELLE AERODISPERSE	
NUMERO analisi di spettrometria gamma su filtri per PTS	1

Tabella 11: monitoraggio Arpa cantiere: finestra "Vallemme" – anno 2014

I dati di rateo di dose acquisiti hanno fornito valori poco discosti dal fondo ambientale; anche le analisi di spettrometria gamma hanno rilevato delle concentrazioni di attività per i radionuclidi naturali nella norma (valori tipici di materiali a medio-basso contenuto di radioattività). I livelli di radioattività in atmosfera sono stati controllati con analisi di spettrometria gamma eseguite presso il nostro laboratorio su pacchetti di filtri mensili (mesi maggio e giugno 2014) utilizzati per il monitoraggio del PM 10 dalla stazione mobile collocata c/o il cimitero di Voltaggio. Le analisi di spettrometria gamma, anche per la componente ambientale atmosfera, hanno fornito valori caratteristici del fondo. Le misure di concentrazione di attività radon, effettuate all'interno della zona di scavo e finalizzate alla tutela dei lavoratori, sono risultate tutte ampiamente inferiori al Livello d'Azione di 500 Bq/m³ (D.Lgs 230/95 e ss.mm.ii.).

I risultati del monitoraggio condotto da questo Dipartimento sono riassunti e commentati nelle due relazioni tecniche: 642/IR del 09/04/2014 e 653/IR del 10/11/2014.

4.3 PRIVATI

Il laboratorio del Dipartimento Tematico Radiazioni effettua anche analisi per committenti privati. Tale servizio, erogato a pagamento sulla base di un apposito tariffario approvato dalla Regione, è talvolta richiesto anche da aziende per l'esportazione dei propri prodotti: molti Paesi extraeuropei richiedono infatti che gli alimenti importati siano corredati da certificati di radioattività e che tale certificazione sia effettuata da laboratori pubblici accreditati e idoneamente attrezzati. L'analisi richiesta è di solito la spettrometria gamma ad alta risoluzione.

Nella seguente tabella sono riportati i campioni analizzati tramite spettrometria gamma negli anni 2013 e 2014 per committenti privati, suddivise per matrice.

Matrice	Numero campioni analizzati nel 2013	Numero campioni analizzati nel 2014
Acqua	-	5
Alga	1	-
Altri prodotti dolciari	9	16
Caffè	5	4
Cereali	-	5
Cioccolato	19	24
Derivati dei cereali	1	-
Derivati del cioccolato	1	1
Frutta	-	1
Integratore alimentare	11	9
Latte in polvere	14	8
Legno	-	2
Ortaggi	-	2
Rifiuti solidi	1	26
Suoli	5	40
Urine	6	8
Zucchero	2	3
TOTALE	75	154

Tabella 12: Analisi di spettrometria gamma effettuate nel biennio 2013 - 2014 per committenti privati.

Nel corso del 2014 sono state effettuate analisi di spettrometria gamma su un considerevole numero di campioni di suolo; alcuni di essi (26 campioni) sono stati analizzati nell'ambito di una convenzione con il Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari dell'Università degli Studi di Torino. Altri 14 campioni di suolo, prelevati nell'area PISQ (Poligono Interforze Salto di Quirra) del comune di Perdasdefogu (Sardegna), sono stati analizzati nell'ambito di una convenzione con la società West System S.r.l.

Nel 2014 sono stati inoltre analizzati 26 campioni di rifiuti solidi, derivanti dalla demolizione di un bunker di un ciclotrone dell'Ospedale San Raffaele di Milano.

In tabella 13 e tabella 14 sono riportati invece i dati relativi alle analisi radiochimiche e alle misure di radon.

Matrice	Radionuclide	Numero campioni analizzati – anno 2013	Numero campioni analizzati – anno 2014
Suolo	Plutonio	5	6
Fallout	Plutonio	2	1
Urine	Uranio	1	1
Latte	Stronzio-90	5	3
Detrito minerale organico sedimentale (DMOS)	Stronzio-90	3	3
Suolo	Stronzio-90	2	2
Fallout	Stronzio-90	2	1
Dieta mista	Stronzio-90	4	3
Integratore alimentare	Stronzio-90	6	3
TOTALE		30	23

Tabella 13: Analisi radiochimiche effettuate nel periodo 2013- 2014 per committenti privati.

Committenti	Numero misure
Cittadini e aziende	1023

Tabella 14: Analisi di radon effettuate negli anni 2013 e 2014 per committenti privati.

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. Solo per alcuni specifici alimenti (miele, funghi, castagne, selvaggina) sono state misurate concentrazioni più elevate, che vanno da qualche Bq/kg a decine di Bq/kg e in rarissimi casi anche centinaia o migliaia di Bq/kg.

Tra gli altri radioisotopi artificiali solo lo I-131, proveniente da impieghi ospedalieri, viene talvolta trovato nei sedimenti fluviali (perlopiù del Po).

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 µSv/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 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 (sicuramente > del 95%). 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.

Per quanto riguarda le altre fonti di rischio, le attività di monitoraggio effettuate non hanno evidenziato particolari criticità, se non forse nell'ambito della gammagrafia industriale dove l'impiego in campo di sorgenti ad elevata attività non sempre avviene nel rispetto della vigente legislazione e delle norme di buona tecnica.