



2013

PRESSIONI AMBIENTALI

# RADIAZIONI IONIZZANTI

## PRESSIONI AMBIENTALI

# RADIAZIONI IONIZZANTI

Con il termine “radiazioni ionizzanti” si è soliti indicare un’ampia categoria di radiazioni, siano esse corpuscolari o elettromagnetiche, che hanno la capacità di ionizzare la materia che incontrano. Quando le radiazioni ionizzanti attraversano la materia vivente, la ionizzazione indotta nei tessuti provoca degli effetti biologici molto marcati a livello cellulare che possono causare gravi danni, temporanei o permanenti, all’organismo nel suo complesso.

Per questo motivo si è sviluppata, a partire dagli anni '20 del secolo scorso, agli albori della fisica nucleare, una disciplina, chiamata radioprotezione, che ha lo scopo di proteggere l’uomo dagli effetti nocivi delle radiazioni ionizzanti. Questa disciplina, dapprima confinata agli ambiti medici e della ricerca, si è col tempo estesa anche al campo ambientale. Le vicende storiche del secondo dopoguerra che hanno visto, durante la prima fase della guerra fredda (1950 - 1963), lo sviluppo degli armamenti nucleari con la conseguente diffusione a livello planetario dei residui radioattivi delle esplosioni in atmosfera degli ordigni nucleari, hanno chiaramente mostrato alla pubblica opinione che l’esposizione alle radiazioni ionizzanti poteva interessare tutti. Da qui la necessità di sviluppare un sistema di controllo ambientale della radioattività in grado di rilevare livelli anche minimi di radiazioni provenienti da attività antropiche. Più recentemente, la necessità di un controllo ambientale delle radiazioni ionizzanti si è imposta anche a seguito degli incidenti alle centrali nucleari di potenza, tra cui ricordiamo: Three Mile Island (USA, 1979), Chernobyl (Ucraina, 1986), Fukushima (Giappone, 2011).

Contemporaneamente, con lo sviluppo di un sempre più attento monitoraggio della radioattività ambientale si è gradatamente preso coscienza dell’importanza, in termini di esposizione alle radiazioni ionizzanti, della componente naturale, dovuta ai radionuclidi naturali presenti nella crosta terrestre e ai raggi cosmici.

Si è arrivati così ai nostri giorni dove un attento monitoraggio delle radiazioni ionizzanti prevede un controllo sistematico delle principali matrici ambientali e alimentari. In questo contesto Arpa Piemonte opera con reti di monitoraggio e con campionamenti e analisi finalizzati alla prevenzione del rischio radiologico proveniente sia dall’estero (*in primis*, centrali nucleari francesi e svizzere) che dal territorio piemontese, dove sono tutt’ora presenti, sia pure in fase di smantellamento, diversi impianti nucleari (Bosco Marengo (AL), Saluggia (VC), Trino (VC)). Completa il quadro il monitoraggio della radioattività naturale (radon, soprattutto) e l’attività di vigilanza sugli utilizzi industriali delle radiazioni ionizzanti.

## LA RADIOATTIVITA' AMBIENTALE: LO STATO ATTUALE

### Le reti di monitoraggio

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

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

### Rete nazionale e rete regionale

Dopo l’incidente alla centrale nucleare di Chernobyl del 1986, che ha causato anche in Italia una contaminazione diffusa di radioattività artificiale, è stata istituita a livello nazionale la rete di monitoraggio della radioattività ambientale. Tale rete, coordinata da Ispra (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) con sede a Roma, ha un laboratorio in ogni regione o provincia autonoma. Arpa Piemonte è il riferimento della rete nazionale in Piemonte e per questo il laboratorio del Dipartimento Radiazioni analizza diverse matrici, sia ambientali che alimentari.

## RADIAZIONI IONIZZANTI

Oltre alla rete nazionale è presente anche una rete regionale, per la quale vengono analizzate ulteriori matrici, spesso di interesse locale.

La Regione Piemonte, così come stabilito dalla legge regionale n. 5 del 18 febbraio 2010 "Norme sulla protezione dai rischi da esposizione a radiazioni ionizzanti", impartisce le direttive per la gestione delle reti, sentita Arpa stessa e Ispra.

Le reti di monitoraggio hanno lo scopo di valutare la contaminazione ancora presente nell'ambiente, principalmente a seguito dell'incidente di Chernobyl, ma anche a seguito dei test nucleari effettuati in atmosfera negli anni '50-'60 del secolo scorso. Durante i giorni dell'incidente di Chernobyl le abbondanti precipitazioni occorse sul nord-Italia depositarono al

suolo i radionuclidi presenti nella nube radioattiva. Lo Iodio-131 (I-131), sebbene molto significativo nel primo periodo, dopo poco tempo non fu più rivelabile, a causa del suo breve tempo di dimezzamento (8 giorni). Il Cesio-134 (Cs-134), che ha un tempo di dimezzamento di circa 2 anni e mezzo, fu misurato ancora per qualche anno. Ad oggi solo il Cesio-137 (Cs-137) è ancora misurabile in alcune matrici, in virtù del suo tempo di dimezzamento di circa 30 anni. Ai test nucleari del passato si possono invece far risalire il Plutonio e lo Stronzio-90 ancora presenti, seppur in modeste quantità, nei suoli.

Nei grafici seguenti sono riportati il numero e la tipologia delle matrici analizzate nell'ambito della rete nazionale e della rete regionale nell'anno 2012.

### Reti regionale e nazionale di monitoraggio

Indicatore / Indice	Unità di misura	DPSIR	Fonte dei dati	Copertura geografica	Copertura temporale	Stato attuale	Trend
Concentrazione di Cesio 137 nelle matrici alimentari	Bq/kg	S	Arpa Piemonte	Puntuale	2012	😊	⬇️
Concentrazione di Cesio 137 nelle matrici ambientali	Bq/kg	S	Arpa Piemonte	Puntuale	1988-2012	😊	⬇️
Rateo di dose gamma in aria in continuo	nSv/h	S	Arpa Piemonte	Regionale	2012	😊	⬅️➡️

Gli indicatori delle radiazioni ionizzanti sono anche consultabili sul sito di Arpa Piemonte

<http://www.arpa.piemonte.it/reporting>

Nella tabella sono riportati gli indicatori che descrivono lo stato della contaminazione ambientale.

Come si può osservare dalle figure 18.3-18.8, la situazione non è preoccupante, in quanto il Cs-137 viene riscontrato ancora in alcune matrici ambientali (suolo, sedimenti, talvolta fallout) e in particolari matrici alimentari (funghi, miele, selvaggina, frutti di bosco, talvolta latte), ma in concentrazioni non rilevanti. I valori misurati sono diminuiti molto rispetto ai primi anni dopo l'incidente di Chernobyl e stanno quasi raggiungendo valori più o meno stabili ([www.arpa.piemonte.it](http://www.arpa.piemonte.it), Temi ambientali, Radioattività, Documentazione).

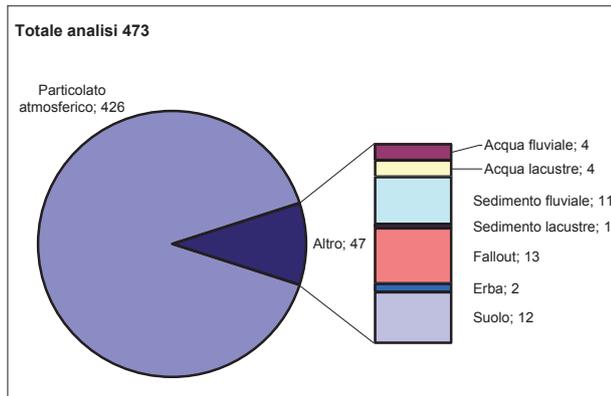
Il passaggio del Cs-137 dalla superficie agli strati più profondi del suolo indisturbato avviene con lentezza e il Cs-137 si trova ancora principalmente nei primi centimetri (figura 18.5). Questo fa sì che i funghi e

le piante con radici poco profonde (mirtilli, bacche, ecc.) tendano ad accumulare maggiormente il Cs-137 rispetto alle piante cresciute su suoli coltivati, dove il Cs-137 è stato diluito sui primi 40-60 cm dalle operazioni di aratura.

Le concentrazioni di Cs-137, misurate sia nelle matrici ambientali (figure 18.3-18.6) che in quelle alimentari (figure 18.7-18.8), non costituiscono tuttavia un rischio per la salute umana. Negli alimenti non riportati nei grafici la concentrazione di Cs-137 è sempre risultata inferiore alla sensibilità strumentale. La dose da ingestione di alimenti contenenti Cs-137 risulta di molto inferiore al limite di 1 mSv/anno e ininfluente al computo della dose totale, dovuta principalmente alla radioattività di origine naturale. Le valutazioni dosimetriche sono illustrate in dettaglio nel paragrafo dedicato.

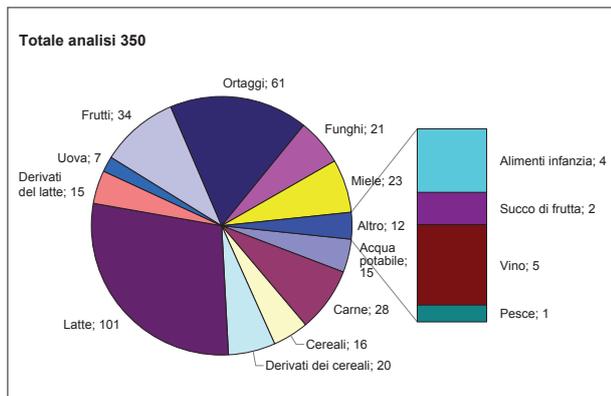
## RADIAZIONI IONIZZANTI

Figura 18.1 - Matrici ambientali analizzate - anno 2012



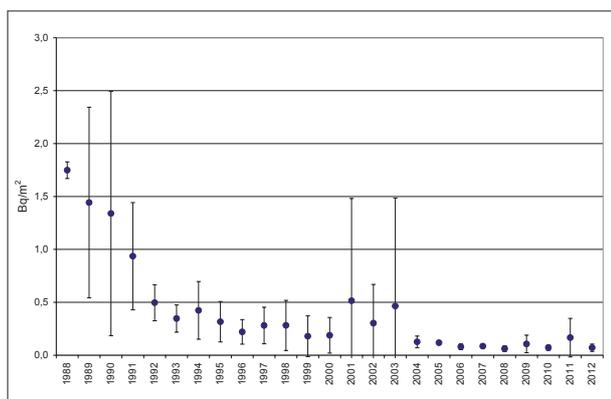
Fonte: Arpa Piemonte

Figura 18.2 - Matrici alimentari analizzate - anno 2012



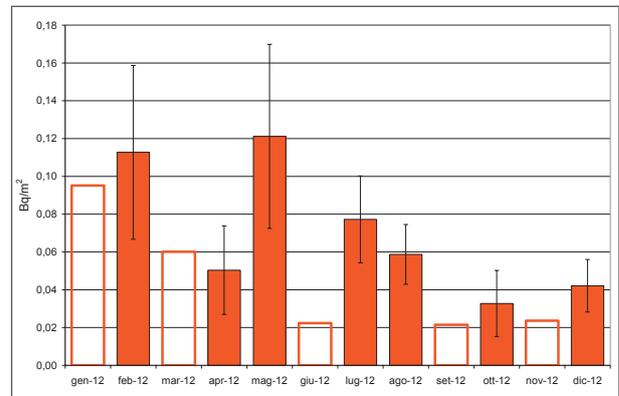
Fonte: Arpa Piemonte

Figura 18.3 - Concentrazione di Cs-137 nel fallout prelevato a Ivrea - anni 1988-2012



Fonte: Arpa Piemonte

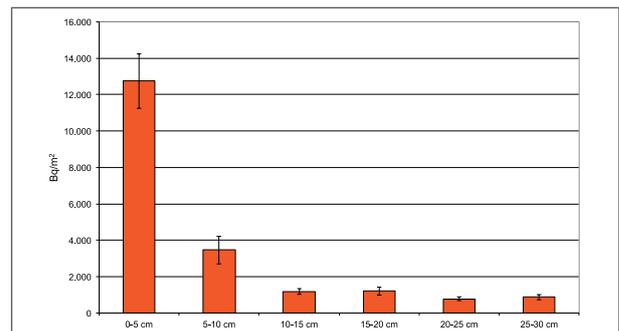
Figura 18.4 - Concentrazione di Cs-137 nel fallout prelevato a Ivrea - anno 2012



Quando la concentrazione è risultata inferiore alla sensibilità dello strumento è stata riportata una barra non colorata.

Fonte: Arpa Piemonte

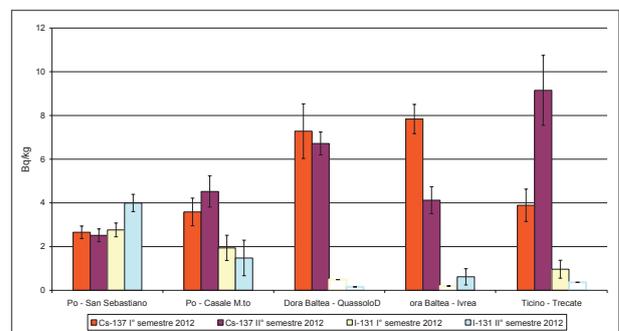
Figura 18.5 - Andamento della concentrazione di Cs-137 in profondità in un suolo indisturbato - anno 2012



Il valore di concentrazione riportato è la media delle concentrazioni di due campioni per ogni profondità. Il luogo del prelievo si trova ad Albareto Superiore, sulla Serra di Ivrea, nel comune di Bollengo (TO).

Fonte: Arpa Piemonte

Figura 18.6 - Concentrazione di Cs-137 nel DMOS (sedimento fluviale) - anno 2012

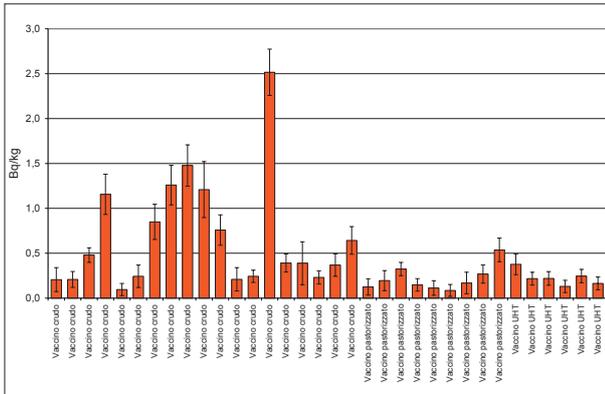


In questa matrice è possibile rivelare, oltre al Cs-137 dovuto all'incidente di Chernobyl, anche lo I-131 utilizzato in medicina e escreto dai pazienti nella rete fognaria dopo le dimissioni. Quando la concentrazione è risultata inferiore alla sensibilità strumentale sul grafico è stata riportata una barra non colorata.

Fonte: Arpa Piemonte

## RADIAZIONI IONIZZANTI

Figura 18.7 - Concentrazione di Cs-137 nel latte - anno 2012

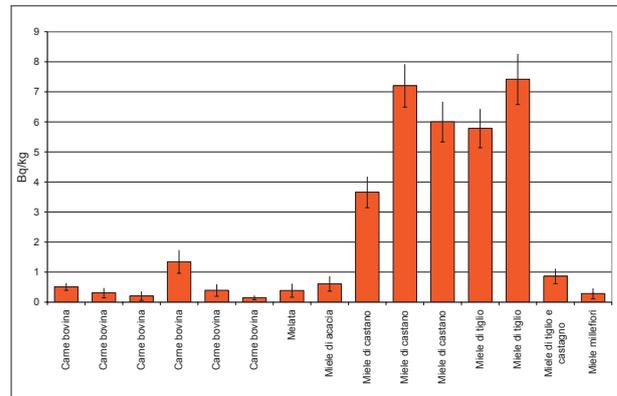


Sono riportati nel grafico solamente i campioni per i quali la concentrazione di Cs-137 è risultata superiore alla sensibilità strumentale (34 su 101).

Fonte: Arpa Piemonte

Anche se non fa parte delle reti di monitoraggio vere e proprie, viene riportato il monitoraggio delle acque potabili ai sensi del DLgs 31/01 in quanto, oltre a vari parametri chimici e batteriologici, il decreto stabilisce anche 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 del 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

Figura 18.8 - Concentrazione di Cs-137 nella carne e nel miele - anno 2012



Sono riportati nel grafico solamente i campioni per i quali la concentrazione di Cs-137 è risultata superiore alla sensibilità strumentale (34 su 101).

Fonte: Arpa Piemonte

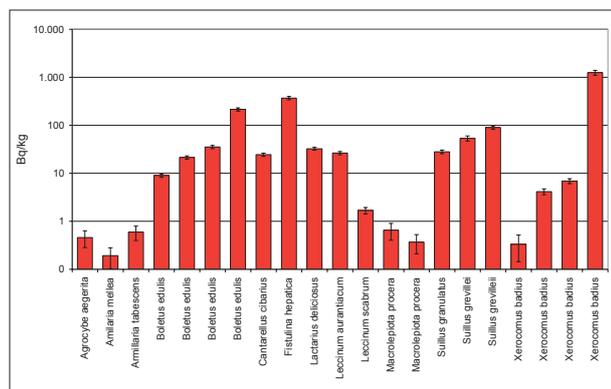
valori di soglia stabiliti dall'Organizzazione Mondiale per la Sanità (0,5 Bq/kg per l'attività alfa totale e 1 Bq/kg per l'attività beta totale), vengono disposte analisi più approfondite, per identificare i singoli radioisotopi. Nel 2012 sono state effettuate analisi su campioni di acque provenienti dal territorio biellese, novarese, pinerolese e canavese. 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. I dati delle analisi possono essere consultati sul sito [www.arpa.piemonte.it](http://www.arpa.piemonte.it) alla voce Dati, Geoportale Arpa Piemonte alla tematica Radiazioni.

### BOX 1 - CONCENTRAZIONE DI CS-137 IN PARTICOLARI ZONE DEL TERRITORIO E IN SPECIFICHE MATRICI

In seguito al grave incidente occorso alla centrale nucleare ucraina di Chernobyl il 26 aprile del 1986 e alle precipitazioni più abbondanti nelle zone montane nord-occidentali della regione, sul Piemonte furono contaminate maggiormente queste aree rispetto alle zone di pianura. Di tutti i radionuclidi depositatisi al suolo, attualmente è ancora possibile riscontrare il Cs-137, a causa del tempo di dimezzamento di circa 30 anni che non ha permesso ancora il completo decadimento. In alcune zone del territorio è quindi possibile misurare concentrazioni medio-alte di Cs-137 nel suolo o in matrici specifiche. Tra le matrici animali c'è in particolare la selvaggina e tra quelle vegetali ci sono i funghi, i mirtilli, le bacche e i frutti di bosco. Poichè nelle zone montane il terreno non viene arato per la coltivazione, il Cs-137, già depositatosi maggiormente rispetto alle zone di pianura, si trova ancora soprattutto nei primi 10 cm di suolo. Per questo motivo le piccole radici degli arbusti o i miceli dei funghi hanno maggiore probabilità di assorbire il Cs-137 e trasferirlo ai frutti. Di conseguenza anche gli animali selvatici, che si nutrono di queste piante, accumulano più Cs-137 degli animali che vivono in zone meno contaminate. Arpa Piemonte studia da anni questo fenomeno, effettuando misure di Cs-137 su funghi, frutti di bosco, castagne, selvaggina, ecc. Nei grafici seguenti sono riportate le concentrazioni misurate in alcune di queste matrici.

## RADIAZIONI IONIZZANTI

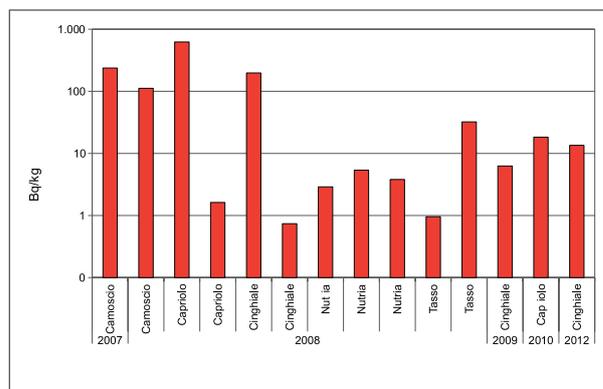
Figura a - Concentrazione di Cs-137 nei funghi anno 2012



In tutti i campioni analizzati (21 campioni) la concentrazione di Cs-137 è risultata superiore alla sensibilità strumentale. Anche se per alcuni campioni le concentrazioni superano il centinaio di Bq/kg (più di 1.000 Bq/kg nel campione più attivo), la maggior parte dei campioni presenta una concentrazione inferiore a 50 Bq/kg.

Fonte: Arpa Piemonte

Figura b - Concentrazione di Cs-137 negli animali selvatici anni 2007-2012



Le concentrazioni misurate non sono tali da creare un rischio per la salute umana, in quanto la dose che può derivare dal consumo degli animali commestibili è trascurabile rispetto alla dose totale, dovuta perlopiù alla radioattività di origine naturale.

Fonte: Arpa Piemonte

Le concentrazioni misurate, seppur a volte significativamente maggiori di quelle riscontrate in altre matrici alimentari, non hanno però peso ai fini della dose alla popolazione. Infatti la dose dovuta al consumo di questi alimenti è di circa 60 volte inferiore alla dose da radioattività naturale e 25 volte inferiore al limite imposto dalla normativa (DLgs 230/95) per la dose da radioattività di origine artificiale pari a 1 mSv/anno. Nella tabella sono infatti riportati i valori di dose annuale per la popolazione adulta ottenuti con le concentrazioni di Cs-137 misurate in questi alimenti nel 2012. Per i consumi annuali sono stati volutamente utilizzati dei valori elevati, come se il consumo di questi alimenti fosse continuativo e non occasionale come in genere avviene.

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

Fonte: Arpa Piemonte

Link al sito [www.arpa.piemonte.it](http://www.arpa.piemonte.it), Temi ambientali, Radioattività, Documentazione:

C.Brini, L.Sala, M.Magnoni, B.Bellotto, S.Bertino, M.Ghione, E.Serena, R.Tripodi, G.Garbarino "Monitoraggio della radioattività in matrici e indicatori ambientali prelevati nel territorio biellese (2006-2008)", Atti del quarto Convegno Nazionale "Controllo ambientale degli agenti fisici: nuove prospettive e problematiche emergenti", Vercelli, 24-27 marzo 2009.

## RADIAZIONI IONIZZANTI

### Rete di allerta

La rete di allerta gestita da Arpa Piemonte consiste in 29 sensori Geiger-Mueller distribuiti lungo tutto l'arco alpino della regione (zone di confine), nei capoluoghi di provincia e in alcuni altri punti del territorio piemontese. I sensori forniscono la misura di rateo di dose gamma in aria in continuo e in tempo reale. Tramite un sistema di comunicazione radio i dati giungono alla sala operativa di Arpa Piemonte e possono essere visualizzati via internet da qualsiasi computer. Nel caso di gravi incidenti, nazionali o esteri, con elevata dispersione di radionuclidi in aria, l'aumento del rateo di dose gamma in aria identificherebbe prontamente l'incidente e sarebbe così possibile stabilire le azioni del caso. Il sistema è infatti dotato di due livelli di attivazione degli operatori, che sono specifici per ogni sito (dipendono dal valore medio di rateo di dose in aria nel punto in cui è installato il sensore). Il più basso si attiva quando viene superato un certo rateo di dose e costituisce la cosiddetta soglia di attenzione. L'operatore seguirà quindi con attenzione l'evolversi della situazione. Il secondo livello, più alto, costituisce la cosiddetta soglia di allarme. In questo caso il sospetto che un incidente grave sia occorso è fondato. I sensori Geiger sono stati installati presso centraline meteorologiche gestite da Arpa Piemonte e quindi assieme ai valori di rateo di dose in aria è possibile

avere anche informazioni su temperatura, precipitazioni, venti, ecc.

In questo modo eventuali variazioni del rateo di dose gamma in aria possono essere correlate con i fenomeni atmosferici. Molto spesso, infatti, violente precipitazioni depositano al suolo la radioattività naturale presente in aria, facendo temporaneamente innalzare il livello del rateo di dose anche sopra alla soglia di attenzione. In genere il fenomeno si esaurisce in breve tempo e correlandolo con la precipitazione si possono escludere incidenti.

Per tutto il 2012 il rateo di dose gamma in aria misurato in tutto il Piemonte non si è mai discostato in maniera significativa dal fondo medio.

### Radon

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 5/10 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 e alla radioattività di origine naturale e che competono ad Arpa le attività di controllo ambientale della radioattività di origine naturale.

### Radon: indicatore di stato

Indicatore / Indice	Unità di misura	DPSIR	Fonte dei dati	Copertura geografica	Copertura temporale	Stato attuale	Trend
Concentrazione di radon indoor	Bq/m <sup>3</sup>	S	Arpa Piemonte	Regionale	1991-2012		

### Le azioni

Dal 1991 con la Campagna Nazionale ad oggi sono state raccolte in Piemonte più di 3.000 misure di concentrazione annuale in scuole e abitazioni distribuite sui 1.206 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").

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

Tra gli indicatori possibili per il radon si è scelto di fornire la media aritmetica comunale al piano terra (figura 18.9) e la probabilità di ottenere valori di concentrazione superiori ad una soglia di 400 Bq/m<sup>3</sup> (figura 18.10).

La media aritmetica comunale fornisce un'utile e immediata indicazione di dettaglio sulla distribuzione territoriale del radon, mentre la probabilità di ottenere in una data area valori di concentrazioni in abitazioni superiori a 400 Bq/m<sup>3</sup> è un indicatore rappresentativo dell'esposizione della popolazione. Per il loro aggiornamento si utilizza un modello di calcolo che tiene conto sia delle misure sperimenta-

## RADIAZIONI IONIZZANTI

li 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.

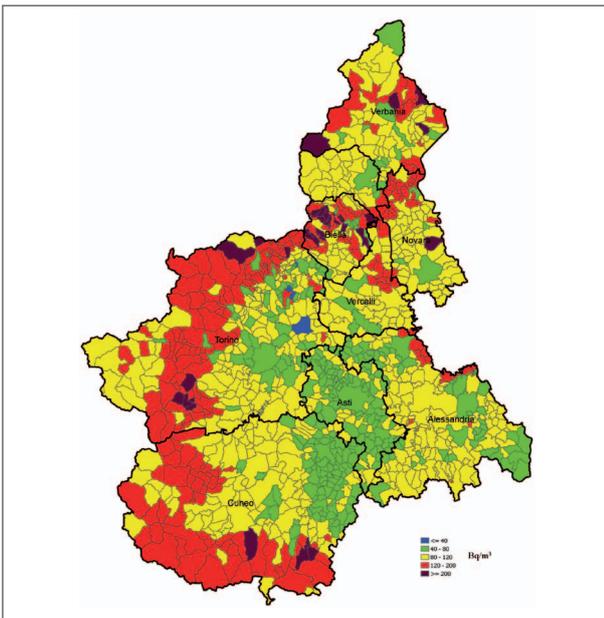
Pertanto con la progressiva disponibilità di nuovi dati vi saranno certamente in futuro degli aggiornamenti che potranno condurre a modifiche dell'attuale quadro.

La conoscenza della distribuzione del radon risulta di particolare importanza anche 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.

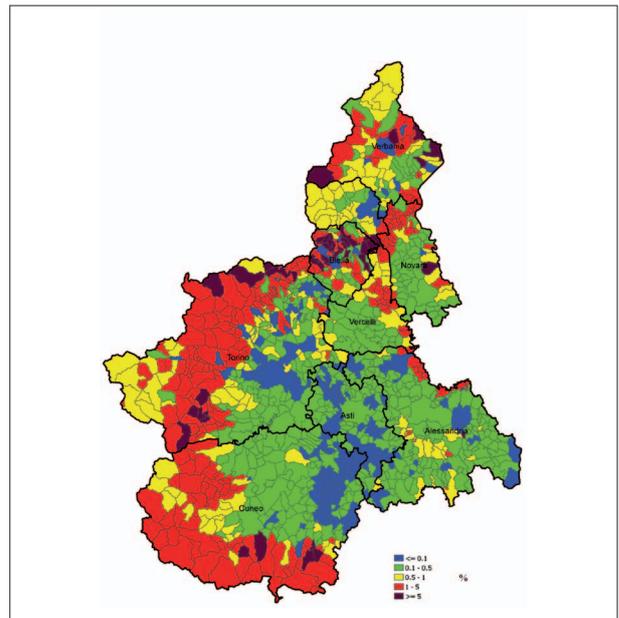
Un altro importante aspetto legato al radon è quello che riguarda le azioni di rimedio. Arpa sta verificando l'efficacia di numerose azioni di bonifica intraprese in edifici scolastici in cui, nel corso dei monitoraggi passati, erano state riscontrate elevate concentrazioni. Agendo sul ricambio d'aria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

**Figura 18.9 - Concentrazione media di radon al piano terra nelle abitazioni**



Fonte: Arpa Piemonte

**Figura 18.10 - Probabilità in percentuale di superare il valore di 400 Bq/m³ in abitazioni**



Fonte: Arpa Piemonte

## BOX 2 - PROGETTO RADICAL - RADON

Nel febbraio 2011 è stato attivato il progetto RADICAL (RADon: *Integrating Capabilities of Associated Labs*) che fa parte del programma di Cooperazione Interreg Italia Svizzera 2007-2013. I partecipanti alle attività oltre ad Arpa Piemonte sono l'Università dell'Insubria (*team leader*), Arpa Valle d'Aosta e la Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana (SUPSI Dipartimento di Tecnologie Innovative e il Centro Competenza Radon). Gli obiettivi principali del progetto sono lo sviluppo tecnologico per creare una rete di strumenti per il monitoraggio in continuo del radon distribuita sul territorio che permetterà il monitoraggio e lo studio di edifici a pubblico accesso in tempo reale e il controllo in ambienti di misura sotterranei. Lo studio prevede inoltre di approfondire le seguenti tematiche: l'ottimizzazione delle procedure per il risanamento e la bonifica di edifici e l'esecuzione di studi dosimetrici in correlazione con la concentrazione di polveri ambientali.

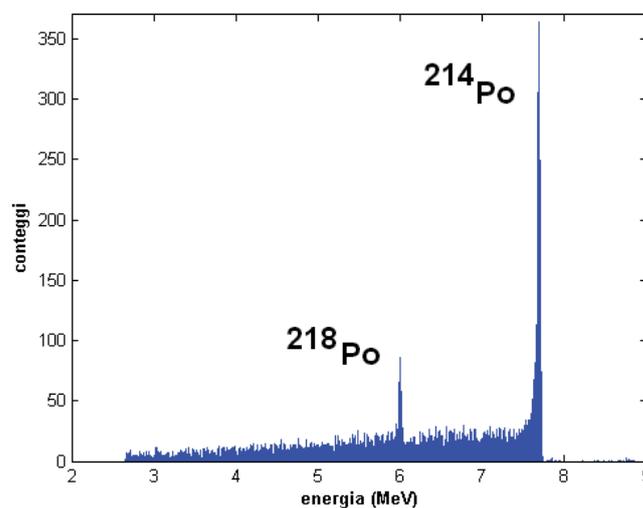
Le attività tecnico scientifiche costituiscono la base per le attività di gestione e disseminazione dei risultati. Le azioni di informazione e comunicazione saranno perseguite insieme ai partner istituzionali (Regioni, Province, ASL e autorità federali e cantonali) che hanno aderito alla proposta progettuale,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

Nel 2012, in Piemonte, sono continuati i monitoraggi su alcuni siti di interesse già selezionati lo scorso anno in base a priorità legate ai valori di concentrazione riscontrati in scuole e in edifici pubblici. 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, inoltre, è stata sviluppata una piattaforma Web per la raccolta e l'analisi dei dati e la loro gestione.

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

Spettro alfa su particolato indoor raccolto su filtro



## RADIAZIONI IONIZZANTI

### Valutazioni dosimetriche

Per effettuare le valutazioni dosimetriche alla popolazione occorre considerare sia le sorgenti naturali che quelle artificiali di radiazioni ionizzanti e tutte le possibili vie di esposizione a cui gli individui sono esposti. Le principali vie di esposizione sono l'irraggiamento (le radiazioni colpiscono un indivi-

duo provenendo da una sorgente esterna al corpo), l'inalazione e l'ingestione (le sorgenti di radiazioni vengono introdotte nell'organismo per inalazione o ingestione e lo irradiano quindi dall'interno).

Tramite opportuni coefficienti di dose tabulati, è possibile calcolare la dose dovuta a queste tre vie di esposizione mediante dei calcoli abbastanza semplici.

### Indicatore di impatto per la radioattività ambientale Valutazioni dosimetriche

Indicatore / Indice	Unità di misura	DPSIR	Fonte dei dati	Copertura geografica	Copertura temporale	Stato attuale	Trend
Dose efficace	mSv/anno	I	Arpa Piemonte	Regionale	1988-2012		

### Dose da irraggiamento

La dose da irraggiamento tiene conto di tutte le radiazioni che colpiscono un individuo. Il principale contributo è addebitabile ai radionuclidi naturali contenuti nel suolo. Una quota di norma inferiore ma apprezzabile e che aumenta con l'altitudine, è dovuta all'irraggiamento diretto dei raggi cosmici. Anche il Cs-137, depositatosi sul suolo in seguito all'incidente di Chernobyl e tuttora presente, contribuisce all'irraggiamento anche se, in generale, in misura assai più contenuta. Uno specifico studio sulla dose gamma da irraggiamento sviluppato da Arpa Piemonte ha permesso di stimare in 0,779 mSv/anno l'irraggiamento medio di origine naturale (radionuclidi + raggi cosmici) e in 0,074 mSv/anno quello addebitabile al solo Cs-137.

### Dose da inalazione

La dose da inalazione è generata dall'inalazione di radionuclidi, che una volta depositatisi nei tessuti polmonari possono irraggiare l'organismo dall'interno. Tuttavia, il sistematico monitoraggio della radioattività in atmosfera permette di escludere la presenza di radionuclidi artificiali in quantità elevate. Ne consegue

che la componente artificiale della dose da inalazione è insignificante (< 1 nSv /anno, almeno 4 ordini di grandezza inferiore al limite di non rilevanza radiologica) e dunque può senz'altro essere trascurata. Diverso è il discorso per la radioattività naturale. Infatti il radon, gas radioattivo discendente dall'Uranio-238, liberandosi dal terreno e dai materiali da costruzione, si disperde in atmosfera e tende ad accumularsi nei luoghi chiusi, specialmente se poco aerati. Inoltre, come visto in precedenza, decadendo, genera alcuni radionuclidi (figli) che attaccandosi al particolato vengono inalati e trattenuti nell'apparato respiratorio. Ciò determina un contributo di dose assai variabile (i livelli di radon sono assai differenti da ambiente a ambiente) ma comunque considerevole: si può infatti stimare un valore medio di 1,49 mSv/anno. Va ricordato che anche per il radon, facendo parte della radioattività naturale, non si applica il limite di dose annuo di 1 mSv.

### Dose da ingestione

La dose da ingestione, analogamente a quella da inalazione, è prodotta dai radionuclidi ingeriti contenuti nel cibo, che durante i pasti vengono introdotti nell'organismo<sup>1</sup>.

1. La formula utilizzata è la seguente:  $E = \sum_i C_i \cdot Q_i \cdot k$

dove  $E$  è la dose efficace,

$C_i$  è la concentrazione del radionuclide nell' $i$ -esimo alimento, ottenuta dalle analisi radiometriche;

$Q_i$  è la quantità dell' $i$ -esimo alimento consumato in un anno da un individuo;

$k$  è il coefficiente di conversione Sv/Bq per il radionuclide, riportato sul DLgs 230/95 e s.m.i.

La sommatoria andrebbe estesa a tutti i radionuclidi e a tutti gli alimenti.

## RADIAZIONI IONIZZANTI

La dose da ingestione, dovuta alla radioattività di origine naturale, è stata stimata in studi specifici (Dossier 1999 "La radioprotezione in Italia - La salvaguardia della popolazione e dell'ambiente", Enea). Per quella dovuta alla radioattività di origine artificiale è stato considerato solo il Cs-137 in quanto è il radioisotopo artificiale più diffuso nell'ambiente. Negli anni scorsi il calcolo era stato effettuato anche per lo Sr-90 che, pur essendo presente in minor quantità, è chimicamente affine al calcio e si concentra quindi in modo particolare nel latte, uno degli alimenti centrali per la dieta umana. Nel 2012 però le concentrazioni di Sr-90 nel latte sono sempre risultate inferiori alla sensibilità strumentale e quindi i calcoli dosimetrici sono stati effettuati solamente per il Cs-137. Il valore di concentrazione di Cs-137 utilizzato è stato ottenuto mediando le concentrazioni

misurate in tutti i campioni di uno stesso alimento nel corso del 2012, trascurando tutte le misure che hanno dato una concentrazione inferiore alla sensibilità strumentale. In questo modo la concentrazione è stata considerata in maniera conservativa, cioè maggiore della concentrazione media realmente presente negli alimenti.

Per i consumi medi annuali degli alimenti è stato fatto riferimento alla dieta media proposta da Unsear (Report 2000 vol. I) e riportata nella tabella 18.1. Sono stati trascurati gli alimenti per i quali le concentrazioni di Cs-137 sono sempre risultate inferiori alla sensibilità strumentale.

Nelle tabelle 18.2-18.4 sono riportati i valori di dose da ingestione da radioattività di origine artificiale ottenuti per i diversi gruppi della popolazione.

**Tabella 18.1 - Consumi medi annuali della popolazione per classi d'età**

Consumi medi annuali - kg/anno			
Classe di popolazione	lattanti ≤1 anno	bambini 7-12 anni	adulti >17 anni
latte e derivati	120	110	105
carne	15	35	50
cereali	45	90	140
vegetali freschi	20	40	60
frutta	60	110	170
pesce	5	10	15
acqua e bevande	150	350	500

Fonte: Unsear 2000

**Tabella 18.2 - Dose da ingestione (mSv/anno) da radioattività artificiale alla popolazione adulta - anno 2012**

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

Fonte: Arpa Piemonte

## RADIAZIONI IONIZZANTI

Tabella 18.3 - Dose da ingestione (mSv/anno) da radioattività artificiale per i bambini (7-12 anni) - anno 2012

Alimento	Consumo	Coefficiente	Cs-137 - Bq/kg	Dose efficace mSv/anno
	kg/anno	Sv/Bq	2012	2012
Carne bovina	35	9,60E-09	0,49	0,0002
Latte e derivati	110	9,60E-09	0,52	0,0006
<b>TOTALE Cs-137</b>				0,0007
Limite di non rilevanza radiologica mSv				0,0100
Limite dose efficace mSv/anno				1,0000

Fonte: Arpa Piemonte

Tabella 18.4 - Dose da ingestione (mSv/anno) da radioattività artificiale per i lattanti ( $\leq 1$  anno) - anno 2012

Alimento	Consumo	Coefficiente	Cs-137 - Bq/kg	Dose efficace mSv/anno
	kg/anno	Sv/Bq	2012	2012
Carne bovina	15	2,10E-08	0,49	0,0002
Latte e derivati	120	2,10E-08	0,52	0,0013
<b>TOTALE Cs-137</b>				0,0015
Limite di non rilevanza radiologica mSv				0,0100
Limite dose efficace mSv/anno				1,0000

Fonte: Arpa Piemonte

### Dose efficace totale

La dose efficace totale è la somma di tutti i contributi, derivanti sia dalla radioattività di origine naturale

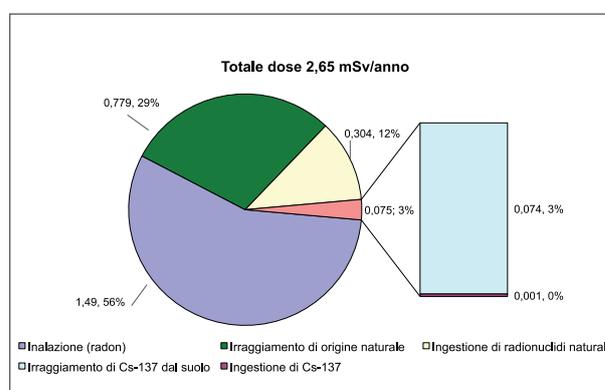
che artificiale e dalle diverse vie di esposizione. Nella tabella 18.5 e nella figura 18.11 vengono riportati tali contributi per il 2012 per la popolazione adulta.

Tabella 18.5 - Dose efficace totale (mSv/anno) per la popolazione adulta

	Via di esposizione	mSv/anno	Fonte dei dati
Naturali	Inalazione (radon)	1,49	Dossier ENEA
	Irraggiamento di origine naturale	0,779	Arpa Piemonte
	Ingestione di radionuclidi naturali	0,304	Dossier ENEA
Artificiali	Irraggiamento di Cs-137 dal suolo	0,074	Arpa Piemonte
	Ingestione di Cs-137	0,001	Arpa Piemonte
	Irraggiamento da nube contaminata	Trascurabile	-
	Inalazione	Trascurabile	-
	<b>TOTALE mSv/anno</b>	2,648	
	Diagnostica medica	1,178	Dossier ENEA

Fonte: Arpa Piemonte, Dossier Enea 1999

Figura 18.11 - Dose efficace totale (mSv/anno) per la popolazione adulta - anno 2012



Si osserva come la dose originata dalla radioattività di origine artificiale (esclusa la dose dovuta a scopi medici) è solamente il 3% della dose totale.

Fonte: Arpa Piemonte

## RADIAZIONI IONIZZANTI

### Attività di sorveglianza di fonti di rischio radiologico sul territorio non riconducibili agli impianti nucleari

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

Le sorgenti industriali sono generalmente allo stato solido e hanno tempi di dimezzamento a volte molto lunghi. Se per errore finiscono in un carico di rifiuti o di rottami possono, oltre che irraggiare gli operai vicini, anche procurare una contaminazione territoriale. Per questo motivo la normativa italiana disciplina la materia, prevedendo l'obbligo di controllo radiometrico sui rottami metallici e sui semilavorati metallici di importazione.

Nella tabella 18.6 sono elencati alcuni dei principali radionuclidi utilizzati.

**Tabella 18.6 - Principali radionuclidi utilizzati in campo medico e industriale**

Utilizzo	Scopo	Radionuclidi
Industriale	Rivelatori di fumo	Am-241, Ra-226
Industriale	Misuratore di spessore	Sr-90, Kr-85, Am-241
Industriale	Misuratore di livello/densità	Cs-137, Co-60
Industriale	Gammagrafie	Se-75, Ir-192
Medico	Diagnostica	Tc-99m, F-18, TI-201
Medico	Terapia	Co-60, I-131, I-125, P-32, Sr-89, Y-90, S-153

Fonte: Arpa Piemonte

### Sorgenti utilizzate in campo industriale

Le sorgenti utilizzate in campo industriale in genere hanno tempi di dimezzamento abbastanza lunghi. È quindi probabile che abbiano ancora una certa attività quando non vengono più utilizzate. Se non vengono smaltite correttamente, è possibile che finiscano nei materiali derivanti dallo smantellamento di impianti industriali. Oltre all'irraggiamento di persone che potrebbero trovarsi nelle vicinanze, le sorgenti sono pericolose se vengono fuse accidentalmente nelle fonderie insieme ad altri rottami metallici. A seconda del radionuclide presente, la contaminazione può andare nel me-

tallo (per esempio Co-60) o nelle poveri e nelle scorie (per esempio Cs-137 e Am-241). In entrambi i casi, oltre a un eventuale danno sanitario del personale della fonderia, sicuramente la ditta ne avrà un danno economico perché dovrà chiudere l'impianto fino a decontaminazione avvenuta. 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 (DLgs 52/07) e un regime autorizzativo per tutti gli utilizzatori di sorgenti con una attività (o di macchine radiogene con una potenza) superiore a determinati valori. Essi devono infatti essere in possesso di un nulla osta preventivo, rilasciato a seconda dei casi dalla Prefettura territorialmente competente o dal Ministero. Arpa svolge un ruolo di supporto,

**Tabella 18.7 - Pareri tecnici per la concessione/revoca di nulla osta all'impiego di sorgenti industriali anno 2012**

Tubi radiogeni (analizzatore di materiali)	7
Tubi radiogeni per radiografie industriali	1
Rivelatori di fumo	4
Misuratori grammatura carta	2
Altro	1

Fonte: Arpa Piemonte

fornendo un parere tecnico agli organi preposti al rilascio. Nella tabella 18.7 sono indicati i pareri rilasciati nel 2012.

Oramai da alcuni anni Arpa Piemonte ha realizzato un database in cui inserire tutti i detentori di sorgenti di radiazioni ionizzanti, anche quelle ad attività minore e pertanto non soggette al nulla osta. Con il passare del tempo questo database diventerà sempre più aggiornato e potrà fornire un valido aiuto nell'individuazione di impianti a rischio radiologico. Nella tabella seguente è riportato l'indicatore "Detentori di sorgenti di radiazioni ionizzanti". Allo stato attuale non sono ancora state inserite nel database alcune realtà significative del nostro territorio. Il trend è comunque in aumento in quanto il numero di detentori di sorgenti tende ad aumentare sempre più.

## RADIAZIONI IONIZZANTI

### Indicatore di pressione per la radioattività ambientale

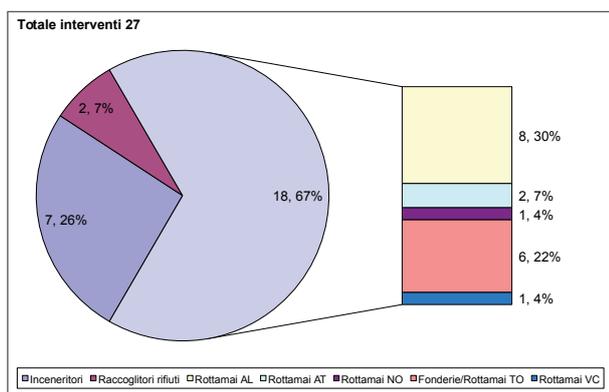
Indicatore / Indice	Unità di misura	DPSIR	Fonte dei dati	Copertura geografica	Copertura temporale	Stato attuale	Trend
Detentori di sorgenti di radiazioni ionizzanti	numero	P	Arpa Piemonte	Regionale	2012	😊	▲

Per quanto riguarda invece i controlli sui materiali, attualmente chiunque commerci, abbia in deposito o fonda rottami metallici è tenuto alla sorveglianza radiometrica, mentre sono soggetti a tale obbligo solo gli importatori di semilavorati da paesi non comunitari (DLgs 239/94, DLgs 100/11, LR 5/10, DGR 37-2776 del 18 ottobre 2011).

Nel 2012 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 normativa e sulla necessità di effettuare i controlli da parte delle ditte stesse.

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

**Figura 18.12 - Interventi di controllo effettuati presso impianti di recupero rottami, rottamai e fonderie - anno 2012**



Fonte: Arpa Piemonte

### 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 uti-

lizzatrice, perdono quindi le loro proprietà radioattive e possono essere smaltite alla stregua dei rifiuti non radioattivi. Possono quindi difficilmente venire rivelate in ambiente, a meno che non vengano immesse con continuità. Il caso più conosciuto è quello dello I-131, che viene ormai sempre rivelato nel sedimento fluviale (DMOS) dei principali fiumi del Piemonte, specie a valle dei grossi centri urbani. Questo radionuclide viene introdotto nel paziente (che diventa quindi egli stesso una sorgente radioattiva) e viene successivamente smaltito dall'organismo con gli escreti e con il sudore. Per questo motivo le strutture sanitarie hanno luoghi separati per la degenza dei pazienti, nonché un sistema fognario che prevede la conservazione degli escreti radioattivi fino al completo decadimento dell'attività. Tuttavia i pazienti vengono dimessi con ancora in corpo una certa quantità di radioattività, che viene escreta nel sistema fognario domestico e successivamente viene ritrovata nei sedimenti fluviali (figura 18.6). La radioattività dei pazienti viene anche trasferita a oggetti personali quali lenzuola, fazzoletti, pannolini, ecc. Gli effetti personali di pazienti trattati, quando non vengono conservati per tempi sufficientemente lunghi, possono dare allarmi ai grossi centri di raccolta dei rifiuti, quali gli inceneritori di rifiuti urbani.

## I SITI NUCLEARI: LO STATO ATTUALE

### La gestione residuale e le reti locali di monitoraggio

Il Piemonte ospita tre importanti siti nucleari nei quali sono ubicati quattro impianti del ciclo del combustibile nucleare e un insediamento industriale che attualmente gestisce un deposito di rifiuti radioattivi. Dopo il referendum popolare del 1987 che ha sancito la fine dell'era nucleare in Italia, gli impianti del ciclo del combustibile hanno progressivamente cessato le loro attività produttive o di ricerca finalizzata e solo a partire dal 2000 sono stati avviati gli iter per la disattivazione. Lo stato attuale degli impianti piemontesi è riassunto in tabella 18.8, mentre sul

## RADIAZIONI IONIZZANTI

lungo periodo le prospettive per le attività residuali del nucleare sono fortemente condizionate dalla disponibilità di un sito unico di stoccaggio nazionale, condizione indispensabile per non gestire a lungo termine depositi temporanei di rifiuti radioattivi sui siti e per il loro rilascio definitivo senza vincoli radiologici (prato verde). I fattori di pressione per l'ambiente correlati agli impianti nucleari sul territorio regionale sono costituiti principalmente dal rilascio

di effluenti radioattivi e dalla presenza di depositi di rifiuti radioattivi, sia liquidi che solidi, nonché di combustibile nucleare irraggiato.

### Attività di radioisotopi rilasciati in aria e in acqua

Ogni impianto nucleare può essere autorizzato a scaricare nell'ambiente effluenti radioattivi liquidi ed effluenti radioattivi aeriformi nel rispetto delle *formule di scarico* assegnate (Box 3).

Tabella 18.8 - Gli impianti nucleari piemontesi- anno 2012

Impianto	Stato impianto	Decreto VIA disattivazione	Decreto ministeriale disattivazione	Prospettive a breve termine
Ex FN-SOGIN di Bosco Marengo (AL)	In disattivazione	Non applicabile	Decreto. Ministero dello Sviluppo Economico in data 27 novembre 2008	Fine disattivazione e gestione deposito temporaneo rifiuti radioattivi
EUREX-SOGIN di Saluggia (VC)	In esercizio	-	-	Solidificazione rifiuti liquidi con Impianto Cemex - Decreto Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 19 settembre 2008
Deposito Avogadro-FIAT di Saluggia (VC)	In esercizio	-	-	Svuotamento piscina di stoccaggio combustibile nucleare e avvio iter disattivazione
Centrale nucleare "E. Fermi"-SOGIN di Trino (VC)	In disattivazione	Decreto Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 24 dicembre 2008	Decreto Ministero dello Sviluppo Economico del 2 agosto 2012	Attività di disattivazione

Fonte: Arpa Piemonte

### Indicatore di pressione per la radioattività ambientale

Indicatore / Indice	Unità di misura	DPSIR	Fonte dei dati	Copertura geografica	Copertura temporale	Stato attuale	Trend
Impianti nucleari	numero	D	Ispra	Puntuale	2012	☹️	↔️
Impianti nucleari: attività di radioisotopi rilasciati in aria e in acqua	Bq	P	Arpa Piemonte	Puntuale	2006-2011	😊	↔️
Quantità di rifiuti radioattivi detenuti	Bq	P	Ispra, Sogin, Deposito Avogadro	Puntuale	2010	☹️	⬆️
Quantità di combustibile irraggiato detenuto	Bq	P	Ispra, Sogin, Deposito Avogadro	Puntuale	2012	☹️	⬇️
Concentrazione di attività di radionuclidi in matrici ambientali e alimentari	Bq/kg Bq/l Bq/m <sup>2</sup> Bq/m <sup>3</sup>	S	Arpa Piemonte	Locale	2011	☹️	↔️

## RADIAZIONI IONIZZANTI

### BOX 3 - LA FORMULA DI SCARICO

La formula di scarico è l'insieme delle prescrizioni che regola l'immissione controllata dei radionuclidi nell'ambiente. È costituita da:

- una formula matematica che quantifica, per i radionuclidi di riferimento per ogni singolo impianto o installazione, l'attività di cui è autorizzato lo scarico;
- l'indicazione del periodo temporale di riferimento (es. anno, trimestre, giorno);
- l'indicazione delle condizioni ambientali di riferimento (es. portata del corpo idrico ricevente).

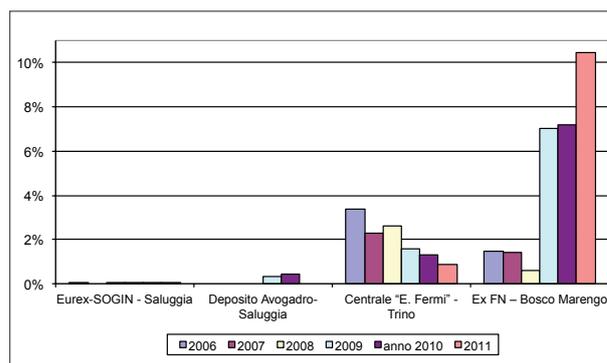
Viene elaborata utilizzando modelli matematici per la diffusione dei radionuclidi nell'ambiente, avendo come obiettivo il rispetto dei limiti di dose per la popolazione fissati dalla normativa vigente in materia. In particolare, negli ultimi anni, Ispra ha autorizzato gli scarichi nel rispetto del criterio di "non rilevanza radiologica" stabilito dalle norme comunitarie in 10 microSievert/anno e recepito dal DLgs 230/95 e ss.mm.ii., valore 100 volte inferiore al limite di dose per gli individui della popolazione fissato in 1 milliSievert/anno dallo stesso DLgs 230/95 e ss.mm.ii.

Arpa valuta il potenziale impatto radiologico prodotto dal rilascio in ambiente di effluenti radioattivi attraverso il monitoraggio ambientale.

Il rispetto delle formule di scarico per effluenti radioattivi liquidi è effettuato direttamente attraverso controlli sistematici sui campioni prelevati dai serbatoi di stoccaggio prima di ogni scarico (figura 18.13).

Il rispetto delle formule di scarico per effluenti radioattivi aeriformi è effettuato indirettamente tramite postazioni di campionamento del particolato atmosferico posizionate all'interno degli impianti (Box 4).

**Figura 18.13 - Impegno delle formule di scarico per effluenti radioattivi liquidi - anni 2006-2011**



Fonte: Arpa Piemonte



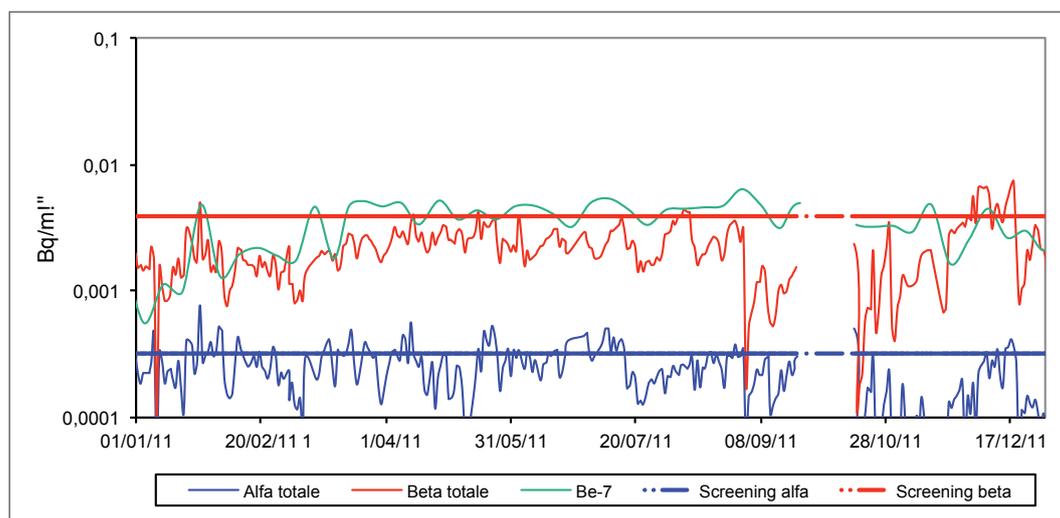
#### BOX 4 - CONTROLLO DEGLI SCARICHI DI EFFLUENTI RADIOATTIVI AERIFORMI

In aria sono abitualmente presenti radionuclidi a vita non breve di origine naturale e cosmogenica a cui sono imputabili le concentrazioni di attività alfa totale e beta totale ritardate misurate sui filtri del particolato atmosferico.

Uno scostamento significativo delle concentrazioni di attività alfa totale e beta totale dai valori medi può indicare la presenza di radionuclidi artificiali o di origine antropica.

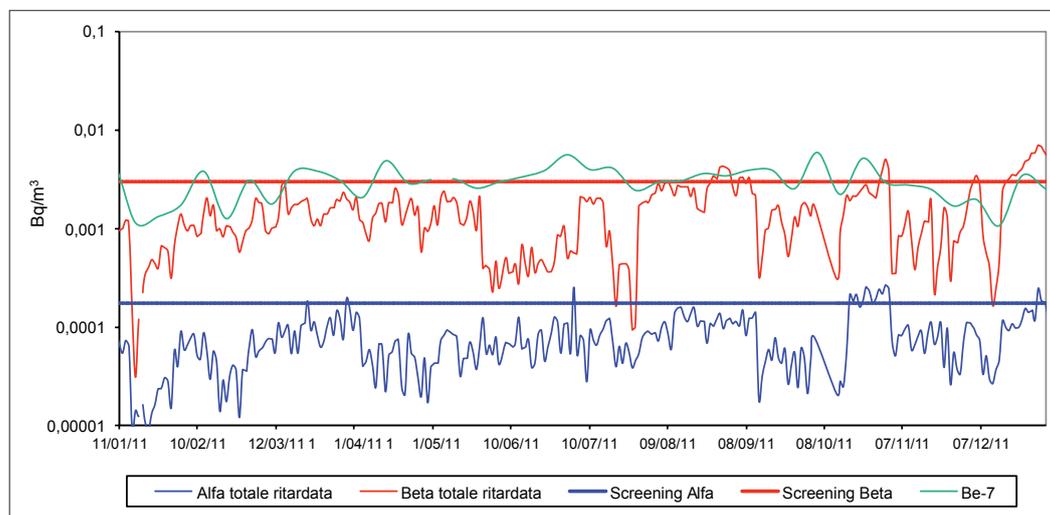
La Raccomandazione 2000/473/Euratom stabilisce il livello di contaminazione per l'attività beta totale ritardata in aria *notificabile* ( $0,005 \text{ Bq/m}^3$ ), sulla base del quale Arpa ha fissato dei *valori di screening*, ossia dei valori al superamento dei quali risulta giustificata, dal punto di vista radioprotezionistico, un'analisi approfondita del contenuto di radionuclidi e quindi un'accurata valutazione della dose efficace da inalazione.

**Figura a - Andamento delle misure di attività alfa totale e beta totale e di Be-7 sui campioni di particolato atmosferico prelevati presso l'impianto FN-SOGIN di Bosco Marengo - anno 2011**



Fonte: Arpa Piemonte

**Figura b - Andamento delle misure di attività alfa totale e beta totale e di Be-7 sui campioni di particolato atmosferico prelevati presso l'impianto FN-SOGIN di Saluggia - anno 2011**



Fonte: Arpa Piemonte

## RADIAZIONI IONIZZANTI

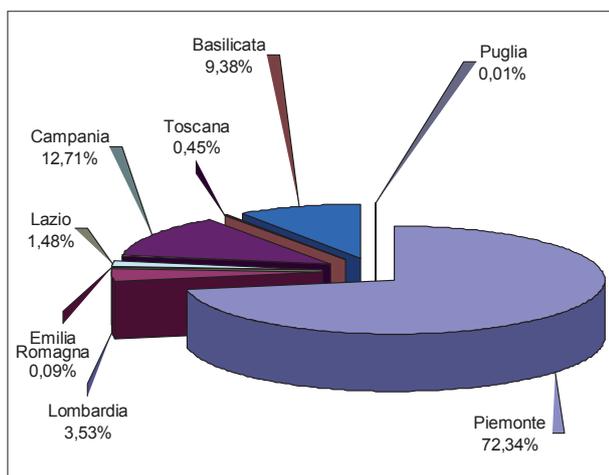
Questi *valori di screening* sono stati indicati nei grafici delle **figure a e b** solo al fine di disporre di un valore qualitativo: i campionatori di particolato atmosferico sono infatti posizionati all'interno degli impianti in prossimità del punto di immissione in ambiente degli effluenti aeriformi e i valori misurati sono pertanto indicativi per valutare i rilasci degli effluenti ma non sono rappresentativi per valutare la dose alla popolazione.

L'occasionale superamento dei *valori di screening* riscontrato sia per l'attività alfa totale che per l'attività beta totale è in linea con l'impegno delle formule di scarico.

### Quantità di rifiuti radioattivi detenuti

In Piemonte continua ad essere stoccata la maggiore quantità di rifiuti radioattivi a livello nazionale come mostrato nel grafico di figura 18.14<sup>3</sup>.

**Figura 18.14 - Quantità di rifiuti radioattivi detenuti a livello nazionale - anno 2010**



Fonte: Ispra

### Quantità di combustibile irraggiato detenuto

A seguito dell'avvio della campagna di trasferimento del combustibile nucleare irraggiato stoccato negli impianti piemontesi all'impianto di La Hague (F) per il riprocessamento sono attualmente stoccate 64 barre di combustibile irraggiato nella piscina del Deposito Avogadro di Saluggia e 47 barre di combustibile irraggiato nella piscina della centrale "E. Fermi" di Trino (aggiornamento aprile 2013).

### Concentrazione di attività di radionuclidi in matrici ambientali e alimentari

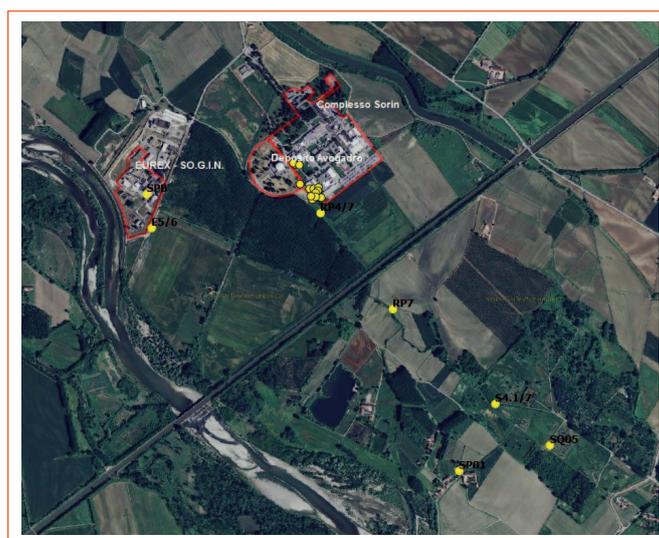
I dati relativi alle misure effettuate nel tempo nell'ambito delle reti locali di monitoraggio della radioattività ambientale continuano a non evidenziare criticità o fenomeni di accumulo nell'ambiente circostante i siti nucleari di Bosco Marengo e di Trino. Presso il sito di Saluggia permane una lieve contaminazione di alcune matrici ambientali, imputabile alle attività svolte dagli impianti del Comprensorio nucleare e particolare attenzione va rivolta alla falda acquifera superficiale (Box 5)

3. Dati tratti da Ispra. Annuario dei Dati Ambientali. Edizione 2011 aggiornati all'anno 2010.

### BOX 5 - MONITORAGGIO STRAORDINARIO DELLA FALDA ACQUIFERA SUPERFICIALE PRESSO IL SITO NUCLEARE DI SALUGGIA (VC)

Il monitoraggio straordinario della falda acquifera superficiale presso il sito di Saluggia ha avuto inizio nel 2006 a seguito dell'evidenza della perdita di contenimento della piscina di stoccaggio del combustibile irraggiato dell'impianto EUREX-SO.G.I.N. ed è tuttora in atto secondo un programma che è stato modificato nel tempo per adattarlo alle nuove conoscenze del fenomeno.

**Figura a - Distribuzione dei punti di prelievo dell'acqua di falda nel Comprensorio nucleare di Saluggia (VC)**



In particolare nell'ottobre 2012 è stata eseguita la caratterizzazione radiologica dei 10 nuovi pozzi di controllo realizzati da Sorin Site Management e da Deposito Avogadro a valle delle "Celle calde" e dell'area destinata a deposito di rifiuti radioattivi (indicati in **figura b** con le sigle SO11-SO17 e A10) la cui predisposizione si era resa necessaria al fine di meglio definire dal punto di vista radiologico tale area. I risultati delle misure eseguite fanno ipotizzare un contributo alla contaminazione proveniente dall'area destinata a deposito di rifiuti radioattivi. Il programma di campionamento è stato pertanto ridefinito all'inizio del 2013 (figura a), tenendo conto dei risultati delle misure di caratterizzazione eseguite.

**Figura b - Dettaglio della distribuzione dei punti di prelievo dell'acqua di falda all'interno del Complesso Sorin**



## RADIAZIONI IONIZZANTI

Il quadro radiologico risultante dalla valutazione complessiva dei dati analitici relativi al 2012 non si discosta significativamente da quello degli anni precedenti e non si configurano pericoli per la popolazione.

Nel dettaglio:

- le concentrazioni di radioisotopi artificiali (Sr-90, Cs-137, Co-60 e H-3) rilevate nell'acqua di falda superficiale nei pozzi posti all'esterno degli impianti rispettano ampiamente i limiti fissati dalla normativa nazionale e internazionale, in particolare sono di gran lunga inferiori a quelli corrispondenti ai valori di *screening* per la potabilità dell'acqua fissati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità.

Valori di <i>screening</i> fissati dall'OMS per l'acqua potabile	
attività $\alpha$ totale	0,5 Bq/l
attività $\beta$ totale	1,0 Bq/l

- l'acqua dei pozzi nei quali è stata evidenziata la presenza di radioisotopi artificiali non è destinata al consumo umano;
- nei pozzi dell'Acquedotto del Monferrato non è stata rilevata traccia di radioisotopi di origine artificiale.

### Dose efficace media agli individui di riferimento della popolazione

La normativa vigente fissa il limite di *dose efficace*

E per gli individui della popolazione in 1 milliSv per anno solare e in 10 microSv per anno solare il *limite per la non rilevanza radiologica*, soglia al di sotto

### Impianti nucleari piemontesi: indicatore di impatto

Indicatore / Indice	Unità di misura	DPSIR	Fonte dei dati	Copertura geografica	Copertura temporale	Stato attuale	Trend
Dose efficace media agli individui di riferimento in un anno	mSv/anno	I	Arpa Piemonte	Locale	2011		

della quale si può ritenere del tutto trascurabile l'impatto radiologico. Sulla base dei risultati delle misure effettuate nell'ambito delle reti di monitoraggio dei siti nucleari è possibile calcolare la *dose efficace per gli individui di riferimento* della popolazione, indicatore che quantifica l'impatto prodotto sull'uomo dagli impianti nucleari.

Si sottolinea che i valori riportati in figura 18.15 sono da considerarsi contributi aggiuntivi rispetto alla dose efficace media ricevuta da un cittadino piemontese che gli individui di riferimento della popolazione (cioè quelli che risiedono nelle zone limitrofe agli impianti nucleari) ricevono in relazione alla presenza di impianti nucleari stessi.

La stima della dose efficace agli *individui di riferimento* è stata effettuata tenendo conto di tutte le possibili vie di esposizione - vie critiche - e adottando ipotesi estremamente cautelative, in particolare:

- sono stati considerati i contributi dei radionuclidi di riferimento (cioè quei radionuclidi che sono presenti negli scarichi degli impianti perché peculiari del loro ciclo produttivo), anche se al di sotto dei limiti di rivelabilità;
- per i radionuclidi il cui peso negli scarichi è trascurabile è stato comunque considerato cautelativamente il contributo alla dose efficace con un fattore di peso pari a 0,1 (ad eccezione di Sr-90 per il quale il contributo è stato considerato integralmente, data l'elevata radiotossicità);
- le concentrazioni di Uranio misurate presso il sito di Bosco Marengo sono state considerate imputabili esclusivamente alle attività dell'impianto;
- si è assunto che gli individui della popolazione residente nei pressi degli impianti consumino esclusivamente alimenti di produzione locale.

## RADIAZIONI IONIZZANTI

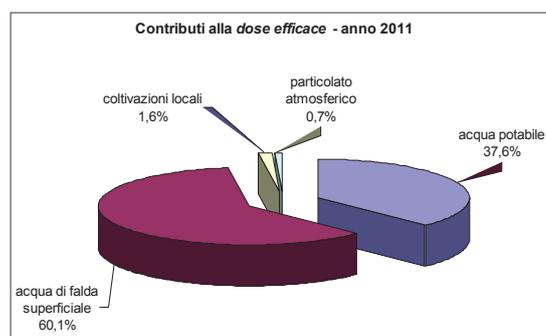
Anche nel 2011 per tutti i siti nucleari piemontesi è sempre stato ampiamente rispettato il limite di 1 mSv/anno fissato dalla normativa vigente per la popola-

zione e non è stato neppure superato il limite di non rilevanza radiologica di 10 microSv/anno (figura 18.15).

**Figura 18.15 - Equivalente di Dose all'individuo di riferimento della popolazione - anno 2011**

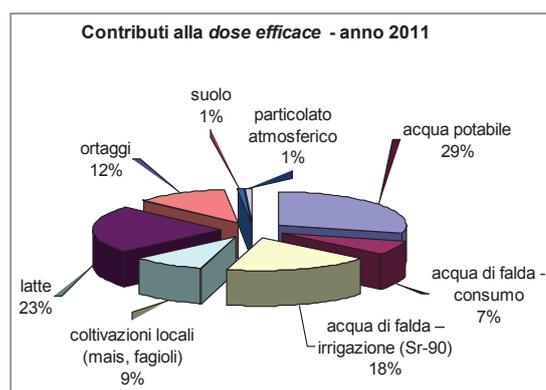
### Sito di Bosco Marengo

Via critica	Matrice	Dose mSv/anno
Ingestione	acqua potabile	0,000889
	acqua di falda superficiale	0,001421
	coltivazioni locali	0,000037
Inalazione	particolato atmosferico	0,000017
<b>Totale</b>		<b>0,002363</b>
<b>Limite non rilevanza radiologica</b>		<b>0,01</b>
<b>Limite di dose efficace</b>		<b>1</b>



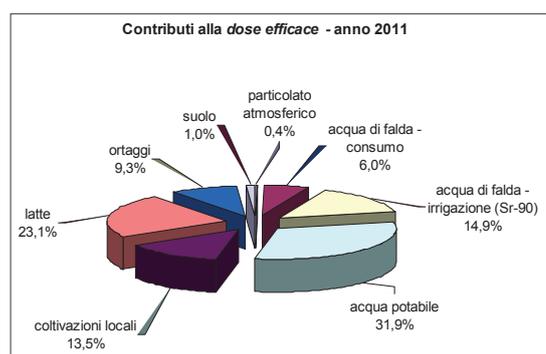
### Sito di Saluggia

Via critica	Matrice	Dose mSv/anno 2011
Ingestione	acqua potabile	0,001072
	acqua di falda - consumo	0,000256
	acqua di falda - irrigazione (Sr-90)	0,000673
	coltivazioni locali (mais, fagioli)	0,000341
	latte	0,000851
	ortaggi	0,000429
Irraggiamento	suolo	0,000036
Inalazione	particolato atmosferico	0,000028
<b>Totale</b>		<b>0,003684</b>
<b>Limite non rilevanza radiologica</b>		<b>0,01</b>
<b>Limite di dose efficace</b>		<b>1</b>



### Sito di Trino

Via critica	Matrice	Dose mSv/anno 2011
Ingestione	acqua potabile	0,00100
	acqua di falda superficiale consumo	0,00019
	acqua di falda superficiale irrigazione (Sr-90)	0,00048
	coltivazioni locali	0,00042
	latte	0,00073
	ortaggi	0,00029
Irraggiamento	suolo	0,00003
Inalazione	particolato atmosferico	0,00001
<b>Totale</b>		<b>0,00315</b>
<b>Limite non rilevanza radiologica</b>		<b>0,01</b>
<b>Limite di dose efficace</b>		<b>1</b>



## RADIAZIONI IONIZZANTI

### Le Azioni: le reti di monitoraggio dei siti nucleari

Il potenziale impatto radiologico prodotto dagli impianti nucleari sul territorio piemontese è valutato da Arpa Piemonte attraverso attività di monitoraggio e controllo.

Il monitoraggio radiologico ambientale, ordinario e straordinario, è uno strumento che consente di valutare lo stato della contaminazione radioattiva dell'ambiente e conseguentemente di stimare l'*equivalente di dose* agli individui dei *gruppi di riferimento*

alla popolazione, grandezza proporzionale al rischio indotto dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti.

Le attività di controllo, effettuate anche in relazione al protocollo operativo in atto tra Arpa Piemonte e Ispra sono principalmente finalizzate al controllo degli scarichi di effluenti radioattivi liquidi e aeriformi immessi in ambiente dagli impianti e al controllo di particolari attività svolte dagli impianti o di eventi anomali.

### Impianti nucleari piemontesi: indicatore di risposta

Indicatore / Indice	Unità di misura	DPSIR	Fonte dei dati	Copertura geografica	Copertura temporale	Stato attuale	Trend
Attuazione delle reti locali di sorveglianza della radioattività ambientale	numero campioni	R	Arpa Piemonte	Locale	2011	😊	◀ ▶

### Stato di attuazione delle reti locali di monitoraggio dei siti nucleari

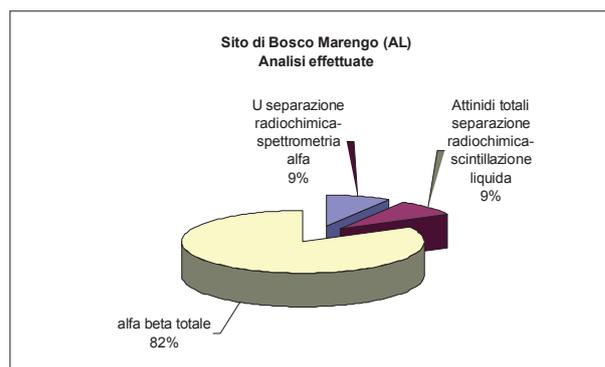
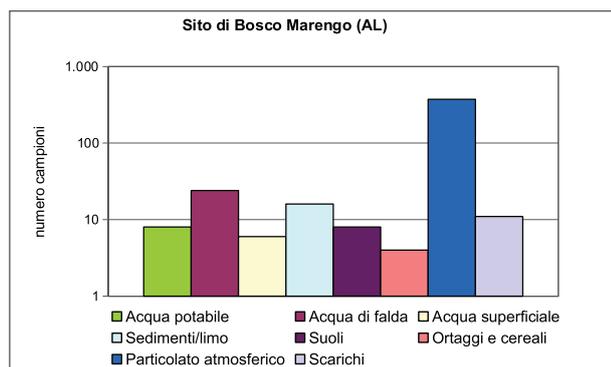
Lo stato di attuazione delle reti locali dei siti nucleari è l'indicatore che consente di valutare l'efficacia delle azioni di monitoraggio messe in atto.

Un monitoraggio, per essere uno strumento efficace, deve essere pianificato sulla base delle indicazioni che emergono da uno studio preliminare. Questo studio, partendo, per ogni sito, dalle informazioni sulle modalità e sulla quantità di effluenti radioattivi scaricati, consente di individuare, con l'ausilio di opportuni modelli di diffusione, le *vie critiche* e i *gruppi di riferimento della popolazione*. Possono così essere scelte le matrici ambientali e alimentari da campionare, i punti di prelievo significativi e la frequenza di campionamento.

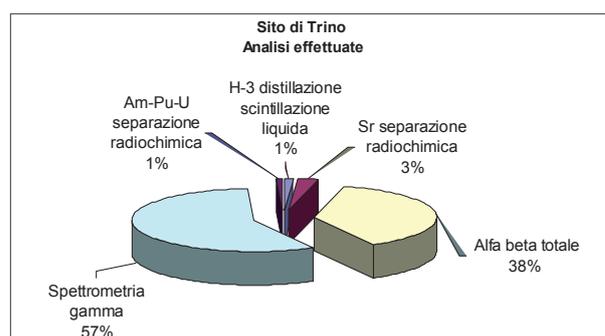
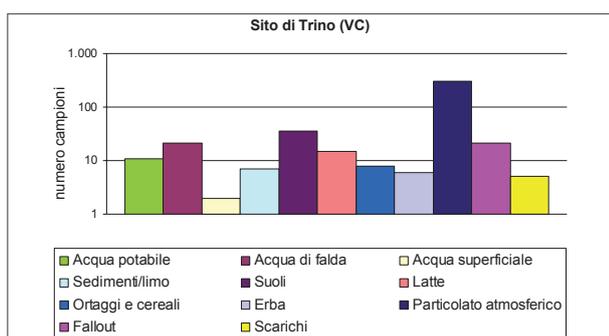
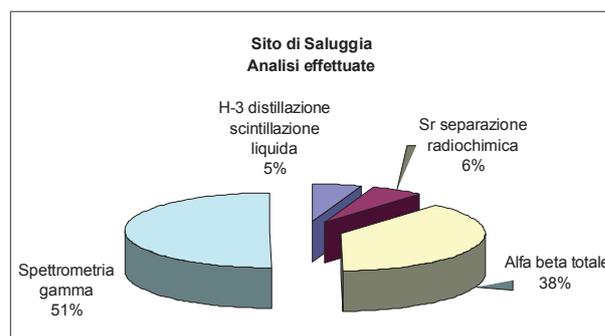
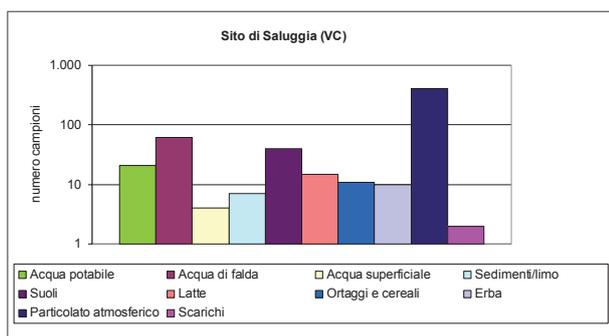
Sulla scorta di queste considerazioni, Arpa Piemonte ha perfezionato i piani di monitoraggio dei tre siti nucleari, adeguandoli nel tempo alle mutate situazioni degli impianti stessi.

I prelievi sono stati effettuati con continuità e i metodi utilizzati per l'esecuzione delle analisi sono stati scelti per permettere la determinazione quantitativa dei contaminanti maggiormente rilevanti dal punto di vista radioprotezionistico rispetto alla natura degli impianti oggetto del monitoraggio.

Figura 18.16 - Attuazione delle reti locali di sorveglianza dei siti nucleari piemontesi - anno 2011



## RADIAZIONI IONIZZANTI



Fonte: Arpa Piemonte

## GLI OBIETTIVI, LE POLITICHE AMBIENTALI E LE AZIONI

Anche nel 2012 la Regione Piemonte ha perseguito la politica ambientale volta ad incrementare le condizioni di sicurezza dei siti che ospitano gli impianti del ciclo del nucleare. Poiché la condizione a cui devono tendere le attività di messa in sicurezza e disattivazione è il "prato verde", è stato costantemente ribadito che quanto prima possibile devono essere avviate le azioni finalizzate alla realizzazione del deposito unico nazionale e che tutti i depositi temporanei che verranno costruiti sui siti piemontesi dovranno essere destinati unicamente allo stoccaggio provvisorio dei soli rifiuti già presenti negli impianti e dei rifiuti che verranno prodotti nelle attività di messa in sicurezza e disattivazione degli stessi. La Regione partecipa in forma attiva al processo in corso, attraverso l'espressione dei pareri previsti dalla normativa statale e con una costante attività di raccordo e coordinamento di tutti i soggetti interessati a vario titolo.

Sul fronte amministrativo, nel corso del 2012, la Regione ha espresso parere favorevole all'autorizzazione per la realizzazione di un metodo di scarico alternativo nella Dora Baltea degli effluenti liquidi prodotti dal Deposito Avogadro di Saluggia e all'autorizzazione per la realizzazione di una nuova stazione di gestione dei materiali ("WMF") presso l'impianto Eurex di Sa-

luggia. Sono poi proseguiti gli incontri del tavolo tecnico sul comprensorio nucleare di Saluggia e dei tavoli tecnici semestrali per l'attuazione delle prescrizioni contenute nei decreti di compatibilità ambientale relativi al progetto di realizzazione dell'impianto di trattamento dei rifiuti liquidi radioattivi "Cemex" presso l'Eurex di Saluggia e al progetto di disattivazione della centrale nucleare E.Fermi di Trino (VC).

Per quanto riguarda l'attività presso gli impianti, nel mese di luglio 2012 è stato effettuato il terzo trasporto della campagna di trasferimento del combustibile irraggiato piemontese a La Hague (Fr) e nel mese di novembre sono state trasportate al porto di Trieste - per il successivo trasferimento via mare negli USA - 10 lamine di un elemento di combustibile nucleare irraggiato proveniente da attività di ricerca (lamine "Petten") stoccate nel Deposito Avogadro di Saluggia. Le operazioni di trasporto del combustibile irraggiato sono coperte da una specifica pianificazione di emergenza predisposta dalle Prefetture interessate dal transito.

La Regione esprime l'intesa sui piani di emergenza predisposti dalle Prefetture sentendo tutte le Amministrazioni locali interessate.

Le Prefetture inoltre hanno anche provveduto a pubblicare sui siti internet istituzionali i piani di comunicazione alle popolazioni interessate dai trasporti.

## RADIAZIONI IONIZZANTI

### AUTORI

Luca ALBERTONE, Enrico CHIABERTO, Maria Clivia LOSANA, Mauro MAGNONI, Laura PORZIO - Arpa Piemonte  
Elisabetta SOSSICH - Regione Piemonte

### RIFERIMENTI

ARPA Piemonte - REGIONE PIEMONTE, 2009. La mappatura del radon in Piemonte. [www.arpa.piemonte.it](http://www.arpa.piemonte.it).

FACCHINELLI, A., M. MAGNONI. Radioattività ambientale e radiocontaminazione dei suoli piemontesi - Ricerca condotta negli anni 1993-95. Regione Piemonte - Assessorato all'ambiente, Collana Ambiente.

ISPRA, 2012. Annuario dei dati ambientali.

ISS-ANPA, ISTISAN, 1994. Indagine nazionale sulla radioattività naturale nelle abitazioni. Congressi 34, Roma.

LABORATORIO DI SANITÀ PUBBLICA SEZIONE fisica USSL n.40 Ivrea (ora ARPA), REGIONE PIEMONTE, Assessorato alla assistenza sanitaria, 1994. Indagine sull'esposizione alla radioattività naturale nelle abitazioni del Piemonte.

RACCOMANDAZIONE CCM, 2008. Avvio del Piano Nazionale Radon per la riduzione del rischio di tumore polmonare in Italia.

STAVEN, L.H., B.A. NAPIER, K. RHOADS, D.L. STRENGE A. Compendium of Transfer Factors for Agricultural and Animal Products. Pacific Northwest National Laboratory. Richland, Washington 99352.

UNSCEAR, 2000. Sources and effects of ionizing radiation. Report vol. I.

WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011. Guidelines for Drinking-water Quality. 4th edition, Geneva.

WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2009. Handbook on indoor radon.

MAGNONI, M., M.C.LOSANA, S.BERTINO, S.PROCOPIO, 2003. La dose D in Piemonte a partire da dati di spettrometria D 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.

Le relazioni tecniche relative alle attività di monitoraggio e controllo effettuate sui siti nucleari, dal 2000 al 2013, sono disponibili sul sito web dell'Agenzia all'indirizzo

<http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/radioattivita/siti-nucleari/>

Tutti i risultati delle misure, dal 2006 al 2011, sono liberamente consultabili, in modo interattivo, nella Sezione Radiazioni del Geoportale di Arpa Piemonte.

Le serie storiche degli indicatori ambientali della tematica radiazioni ionizzanti sono disponibili all'indirizzo:

<http://www.arpa.piemonte.it/reporting>