

12 Radiazioni

- Campi elettromagnetici
- Radiazioni ionizzanti
- Siti nucleari





Con il termine radiazione vengono indicati un insieme di fenomeni caratterizzati dal trasporto di energia nello spazio. La luce, il calore o il suono sono esempi di radiazioni il cui trasporto di energia viene percepito dai sensi. Escludendo le onde acustiche, il trasporto di energia da parte delle radiazioni può essere ricondotto alla propagazione di onde elettromagnetiche o di particelle materiali di origine atomica o nucleare. Tutte le diverse forme di radiazione riconducibili alla propagazione di onde elettromagnetiche sono rappresentate nel cosiddetto “spettro elettromagnetico” in funzione della loro lunghezza d’onda o frequenza.

Lo spettro elettromagnetico include due grandi categorie di radiazioni: le “radiazioni ionizzanti”, più nocive per la salute umana, che possono trasportare un’energia sufficientemente elevata da produrre effetti di ionizzazione nell’interazione con la materia, e le “radiazioni non ionizzanti” che non possono produrre l’effetto di ionizzazione e, pertanto, risultano meno dannose per l’uomo.

Quella parte dello spettro elettromagnetico relativa alle radiazioni non ionizzanti non riconducibili alla luce visibile, infrarossa e ultravioletta (radiazione ottica) viene comunemente denominata con il termine “Campi Elettromagnetici”. Con questo termine viene, quindi, identificata per convenzione quella parte delle radiazioni non ionizzanti di frequenza compresa tra 0 Hz e 300 GHz. che, a sua volta, viene suddivisa nei seguenti sotto intervalli:

- Campi elettrici e magnetici ELF (*Extremely Low Frequency*), per l’intervallo di frequenze 0 Hz - 300 Hz
- Campi elettromagnetici LF (*Low Frequency*), per l’intervallo di frequenze 300 Hz - 300 kHz
- Campi elettromagnetici RF (*Radio Frequency*), per l’intervallo di frequenze 300 kHz - 300 GHz

Oltre alle radiazioni ionizzanti di natura elettromagnetica, quali i raggi X e gamma, vi sono le radiazioni ionizzanti di origine corpuscolare, costituite da particelle quali elettroni (radiazioni beta), nuclei di elio (radiazioni alfa) o, ancora, altre particelle di origine nucleare quali neutroni o protoni.

In questo capitolo verranno trattati i temi del controllo e monitoraggio ambientale dei campi elettromagnetici e delle radiazioni ionizzanti che, pur rappresentando problematiche molto differenti sia dal punto di vista delle sorgenti coinvolte che delle modalità di esposizione, si riconducono entrambi al più ampio tema della protezione da radiazioni.

Stefania Facta
Sara Adda
Laura Anglesio
Arpa Piemonte

12.1 CAMPI ELETTROMAGNETICI

Le sorgenti di maggiore interesse per l’esposizione della popolazione emettono campi elettrici e magnetici a frequenze ELF e campi elettromagnetici RF. Tra le prime vi sono gli elettrodomesti e tutte le apparecchiature che, in quanto alimentate elettricamente, disperdono in ambiente campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz e alle sue armoniche, tra le seconde vi sono tutti i dispositivi usati per le telecomunicazioni quali trasmettitori radiotelevisivi e stazioni radio base per telefonia mobile.

La conoscenza di questi impianti sul territorio è un elemento indispensabile per valutare lo stato ambientale. A questo fine è fondamentale la disponibilità di basi dati relative alla descrizione delle caratteristiche tecniche e alla georeferenziazione degli impianti e alle misure ad essi associate. In Arpa è presente un archivio informatizzato sugli impianti per telecomunicazioni ed è in fase di predisposizione quello relativo alle linee di trasporto e distribuzione dell’energia elettrica.

Rispetto agli anni scorsi, i fattori di pressione tendono a stabilizzarsi, ad eccezione degli impianti per telecomunicazioni che continuano a crescere soprattutto in seguito allo sviluppo e diffusione delle nuove tecnologie di telefonia mobile e della Tv digitale. Per fare fronte al maggior numero di sorgenti, è aumentato il numero di controlli sul territorio.

Sono riportati di seguito i dati di popolamento degli indicatori: i primi tre riguardano i campi elettromagnetici a frequenze estremamente basse (ELF, frequenze da 0Hz a 10kHz), mentre i restanti si riferiscono alle radiofrequenze e microonde (RF-MW, frequenze da 100kHz a 300GHz).

Indicatore/Indice	DPSIR	Fonte dei dati	Unità di misura	Copertura geografica	Anno di riferimento	Disponibilità dei dati
Estensione linee elettriche per unità di area	D	Arpa Piemonte	km/km ²	Regione	2007	++
Interventi di misura per campi a bassa frequenza	R	Arpa Piemonte	numero	Regione	2007	+++
Valutazioni teoriche e pareri preventivi per i campi a bassa frequenza	R	Arpa Piemonte	numero	Regione	2007	+++
Densità di impianti per telecomunicazioni	D	Arpa Piemonte	numero/km ²	Regione	2007	+++
Potenza complessiva dei siti con impianti per telecomunicazioni	P	Arpa Piemonte	Watt	Regione	2007	+++
Popolazione esposta a livelli di campo elettrico prodotto da impianti per telecomunicazioni	S	Arpa Piemonte	percentuale di popolazione	-	2007	+
Interventi di misura per i campi a radiofrequenza	R	Arpa Piemonte	numero	Regione	2007	+++
Superamenti dei limiti e dei valori di attenzione	S	Arpa Piemonte	numero	Regione	2007	++
Impianti di telecomunicazioni a cui è stato rilasciato parere/pronuncia	R	Arpa Piemonte	numero	Regione	2007	+++

 www.arpa.piemonte.it → reporting ambientale → indicatori

12.1.1 Densità di impianti per telecomunicazioni

In **figura 12.1** è riportato l'andamento negli anni della densità di impianti per telecomunicazioni presenti nelle diverse province del Piemonte, in riferimento sia alle stazioni radio base (SRB) per telefonia mobile sia ai trasmettitori radiotelevisivi. I dati si basano sul numero di pareri e pronunciamenti rilasciati da Arpa e, nel caso delle SRB, possono non corrispondere al numero di impianti di telefonia attivi sul territorio, in quanto alcuni tra gli impianti per i quali è stato richiesto e rilasciato un parere potrebbero non essere stati realizzati o non ancora attivi. Si ritiene comunque che tali fattori non incidano in modo significativo e che, pertanto, i dati riportati si possano associare, con buona approssimazione, anche alla distribuzione degli impianti presenti sul territorio e già attivati.

Dall'esame della figura risulta evidente un costante aumento negli anni della densità di impianti, sia per le SRB sia per le antenne Radio-Tv. La crescita è legata alla sempre maggiore diffusione della telefonia mobile e alla evoluzione tecnologica che porta ad un costante sviluppo delle reti. Per quanto riguarda gli impianti Radio-Tv la loro crescita è, in realtà, in parte apparente perché dovuta anche all'entrata in vigore della LR 19/04 che ha comportato l'emersione di impianti precedentemente non censiti. Negli ultimi due anni, il numero di impianti radiotelevisivi si è stabilizzato, in quanto la maggior parte di questi risulta ormai censita.

Aumento degli impianti di telecomunicazione e aumento della potenza impegnata dagli impianti.



12.1.2 Potenza complessiva degli impianti per telecomunicazioni

La pressione effettiva degli impianti per le telecomunicazioni sul territorio è legata all'intensità dell'emissione, la quale dipende principalmente dalla potenza di alimentazione degli impianti stessi.

L'incremento del numero di impianti ha come diretta conseguenza l'aumento della loro potenza complessiva che, negli ultimi anni, ha avuto l'andamento crescente riportato in **figura 12.2**.

Si osserva inoltre che la potenza complessiva applicata agli impianti radiotelevisivi è maggiore rispetto a quella irradiata dalle stazioni radio base per telefonia mobile, nonostante queste siano in numero molto maggiore. Ciò è dovuto al fatto che la potenza di un impianto Radio-Tv è mediamente molto maggiore di quella di una SRB.

12.1.3 Interventi di controllo e monitoraggio a radiofrequenza

La misura dei livelli di campo elettromagnetico presenti nell'ambiente è un'attività di controllo che permette di valutare i livelli di esposizione della popolazione e di verificare il rispetto dei limiti di legge. Tra il 1999 e il 2007, sono stati effettuati 5.614 interventi di misura su tutta la regione (**figura 12.3**), di cui 1.081 nel 2007. Dall'analisi della figura risulta evidente un significativo aumento di interventi effettuati negli ultimi anni. Tale aumento è legato all'incremento degli impianti per telecomunicazioni che ha reso necessario un

maggior controllo da parte dell'Agenzia.

Dai risultati delle misure effettuate sul territorio si possono determinare le distribuzioni percentuali dei livelli di campo elettromagnetico presenti nelle diverse condizioni di esposizione. In **figura 12.4** vengono riportate le distribuzioni dei livelli di campo misurati in prossimità agli impianti. Tali dati, rilevati a seguito di richieste specifiche dei cittadini o di azioni di controllo sugli impianti, sono rappresentativi delle situazioni di maggiore esposizione e non dell'esposizione media della popolazione.

I livelli di campo rilevati in prossimità delle SRB sono mediamente inferiori a quelli rilevati in prossimità dei trasmettitori Radio-Tv, essendo maggiori le potenze utilizzate da questi ultimi impianti.

Nelle misure di controllo effettuate su SRB non si sono mai riscontrati superamenti del limite di esposizione di 20 V/m, mentre in tre casi (corrispondenti all'1,8% delle misure) si è rilevato il superamento del valore di attenzione di 6 V/m (aree adibite a permanenza prolungata). Complessivamente, tenendo conto anche delle aree dove non è applicabile il valore di attenzione (permanenze non prolungate), valori superiori a 6 V/m sono stati rilevati nel 2,5% delle misure. Si può quindi affermare che, in generale, i livelli di campo elettromagnetico, rilevabili in prossimità di stazioni radio base per telefonia mobile, sono ampiamente inferiori al limite di esposizione, valore di attenzione e obiettivo di qualità, indipendentemente dall'area considerata, sia essa un'area intensamente frequentata, adibita a permanenze prolungate o solo di pubblico accesso.

Valori più elevati sono stati misurati nel corso delle attività di monitoraggio e controllo riguardanti i siti Radio-Tv. In questo caso, nel 21% delle misure si è riscontrato un superamento del valore di attenzione di 6 V/m, dove applicabile, a fronte di un totale del 51% di valori misurati superiori a 6 V/m. In circa il 13% dei casi si è inoltre rilevato il superamento del limite di esposizione di 20 V/m in aree accessibili alla popolazione anche se, spesso, scarsamente frequentate. E' da rilevare che la maggioranza di queste misure viene condotta in siti già considerati critici, nell'ambito dell'attività di istruttoria tecnica per il rilascio di pareri.

Il numero di superamenti dei limiti fissati dal DPCM 08/07/03 rilevati negli anni in prossimità dei trasmettitori radiotelevisivi e delle SRB per telefonia mobile è riportato in **figura 12.5**.

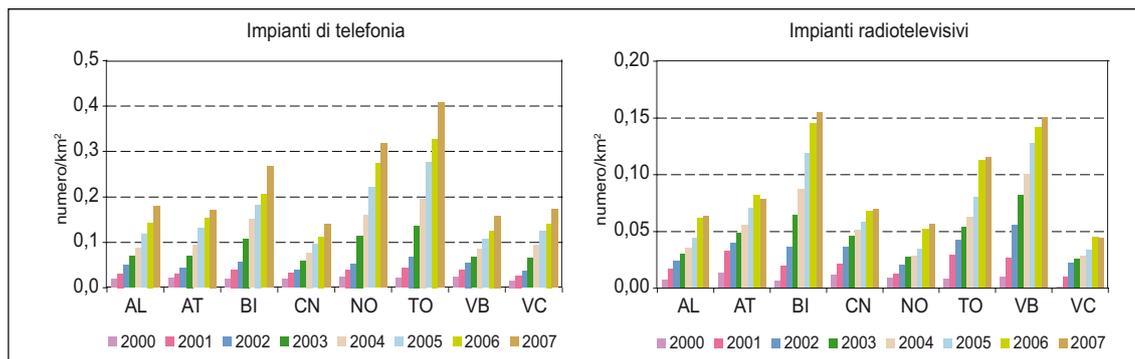
Per quanto riguarda i livelli di campo presenti mediamente sul territorio, una delle maggiori fonti di conoscenza deriva dall'attività di monitoraggio, effettuata con una rete di centraline fisse e rilocabili dislocate in modo capillare su tutto il territorio. Tale attività fino allo scorso anno era stata svolta all'interno di un progetto finanziato dal Ministero delle Comunicazioni, coordinato a livello nazionale dalla Fondazione Ugo Bordoni. Nel corso del 2007 l'attività di monitoraggio con centraline è continuata; anche se parte delle stesse è stata dedicata al monitoraggio di siti critici, in cui precedenti misure avevano già evidenziato livelli di campo prossimi o superiori ai valori limiti, mentre negli scorsi anni le centraline erano dislocate in modo uniforme sul territorio. Sono state effettuate in Piemonte 962 misure a partire dal 2003, di cui 115 nel 2007.

Una ulteriore fonte di conoscenza dei livelli di campo presenti mediamente sul territorio deriva dall'attività di monitoraggio dei livelli di campo a radiofrequenza effettuata con strumentazione a banda larga, indipendentemente dalla presenza di sorgenti di campo nelle vicinanze. Nell'ambito di questa attività nel corso del 2007 sono stati effettuati 254 interventi.

La distribuzione dei livelli di campo misurati con la rete di centraline e nel corso dell'attività di monitoraggio è riportata in **figura 12.6**: nel 31,4% delle misure i livelli di campo sono risultati inferiori a 0,5 V/m, e nel 88 % inferiori a 3 V/m, valore pari alla metà del valore di attenzione (6 V/m). Per quanto riguarda il confronto con i limiti, nell'1,1% dei casi (corrispondenti a 4 misure) sono stati riscontrati livelli di campo superiori al limite di esposizione (20 V/m), mentre nell'1,6% (6 misure) si è rilevato il superamento del valore di attenzione. Questi casi corrispondono comunque al monitoraggio con centraline di siti critici già evidenziati e compresi in figura.

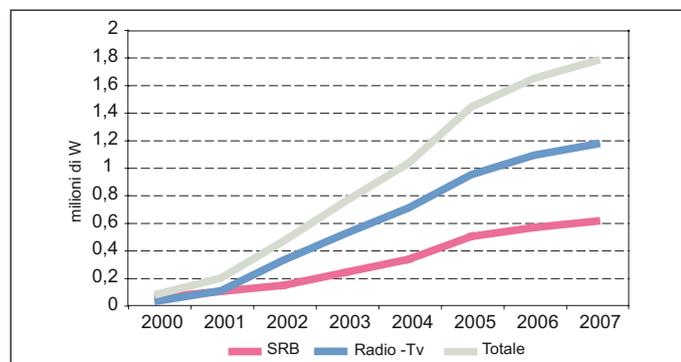
Dall'analisi di questi dati si evince, pertanto, che i livelli medi di esposizione della popolazione a campi elettromagnetici, determinati indipendentemente dalla presenza di sorgenti di campo nelle vicinanze, sono nella quasi totalità dei casi di gran lunga inferiori ai valori limite.

Figura 12.1 - Densità di impianti per telecomunicazioni - anno 2007



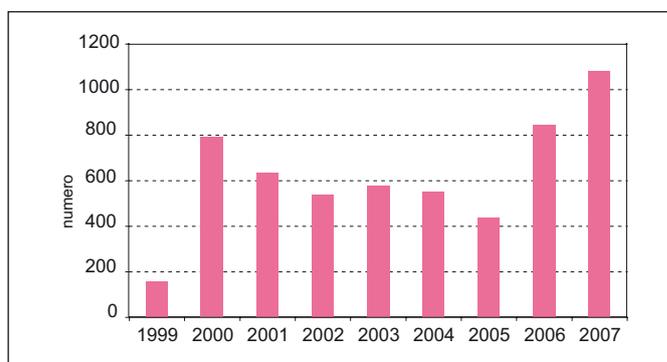
Fonte: Arpa Piemonte

Figura 12.2 - Andamento nel tempo della potenza complessiva degli impianti per telecomunicazioni censiti - anni 2000-2007



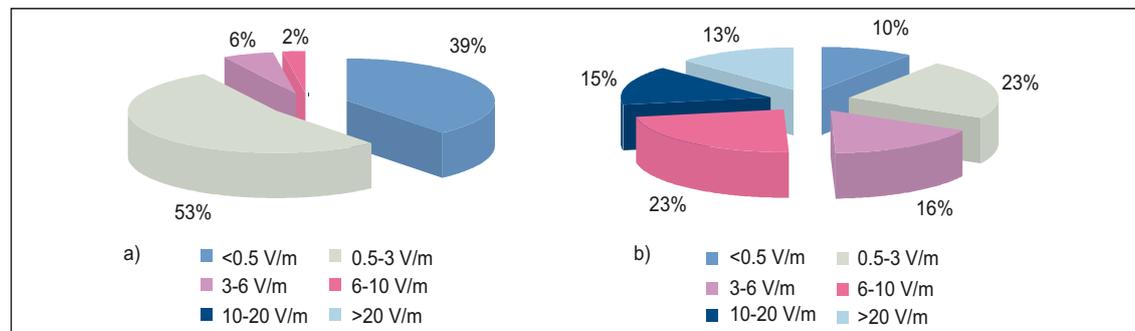
Fonte: Arpa Piemonte

Figura 12.3 - Interventi di misura dei campi a radiofrequenza - anni 1999-2007



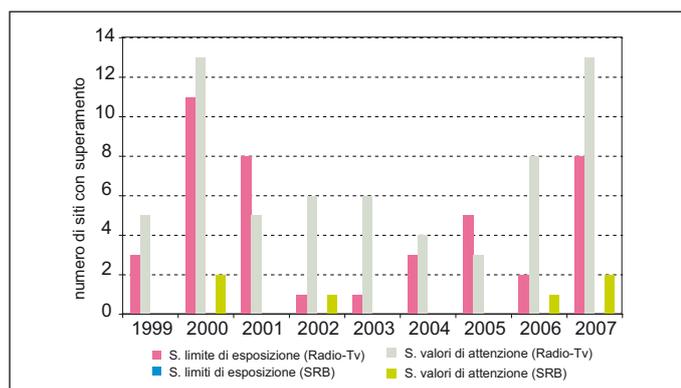
Fonte: Arpa Piemonte

Figura 12.4 - Distribuzione dei livelli di campo elettrico misurati in prossimità delle stazioni radio base (a), durante il monitoraggio dei siti radiotelevisivi e in prossimità di antenne radiotelevisive (b) - anno 2007



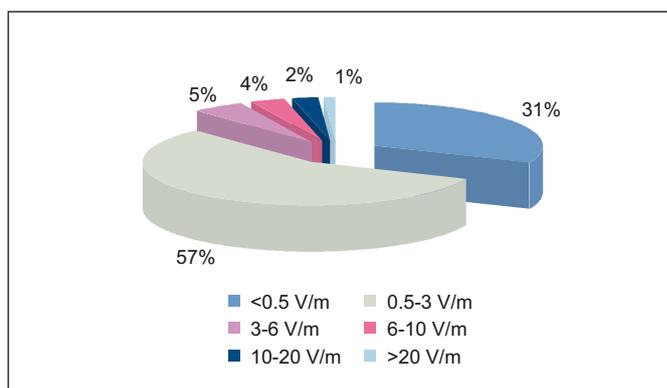
Fonte: Arpa Piemonte

Figura 12.5 - Superamenti del valore di attenzione e dei limite di esposizione dovuti alle antenne radiotelevisive e alle stazioni radio base - anni 1999-2007



Fonte: Arpa Piemonte

Figura 12.6 - Livelli di campo misurati sul territorio - anno 2007



Fonte: Arpa Piemonte

12.1.4 Pareri e pronunciamenti per l'installazione e modifica degli impianti fissi per telecomunicazioni

Per ogni nuova installazione o modifica di un impianto di telecomunicazione Arpa, sulla base delle valutazioni previsionali dei livelli di campo elettromagnetico emessi dall'impianto e di quelli già eventualmente presenti, verifica il rispetto dei limiti di legge e rilascia un parere tecnico o un pronunciamento (rispettivamente ai sensi della LR 19/04 e del DLgs 259/03). Tale parere è alla base dell'autorizzazione all'installazione ed esercizio dell'impianto rilasciata dal Comune.

Il numero totale di pareri e pronunciamenti rilasciati rappresenta un buon indicatore sia dell'attività di controllo svolta dall'agenzia, in relazione alla richiesta normativa, sia dello sviluppo delle reti per telecomunicazioni (**figura 12.7**).

Dal grafico è evidente che il numero di pratiche analizzate, per il rilascio di pareri tecnici, è sensibilmente aumentato nel corso degli anni, soprattutto tra il 1998 e il 2003. L'aumento rilevato nel 2005 è legato all'entrata in vigore della legge regionale 19/04 e alla successiva regolarizzazione di molti impianti radiotelevisivi. Nel corso del 2006 e del 2007 il numero di pratiche analizzate si è stabilizzato su valori più bassi, intorno al migliaio di pratiche/anno.

12.1.5 Sviluppo in chilometri delle linee elettriche in rapporto all'area

La distribuzione delle linee elettriche ad alta tensione sul territorio piemontese è sostanzialmente invariata. Le province con maggiore impatto da parte degli elettrodotti sono quelle di Torino e Novara, mentre un impatto decisamente inferiore, in rapporto alla superficie totale, si riscontra per le province di Biella, Asti e Cuneo. Si rimanda al RSA 2004 per la rappresentazione grafica della distribuzione delle linee.

In **figura 12.8** viene riportato lo sviluppo delle linee elettriche per unità di area. Si osserva la netta preponderanza delle linee di distribuzione 132 kV rispetto alle linee di trasmissione ad altissima tensione. Queste ultime, in numero abbastanza limitato, sono le linee che possono generare i livelli di esposizione più elevati e territorialmente estesi, mentre le prime, benché più numerose, sono spesso associabili a livelli di corrente mediamente più bassi e quindi a livelli di campo magnetico inferiori.

12.1.6 Interventi di monitoraggio per le basse frequenze

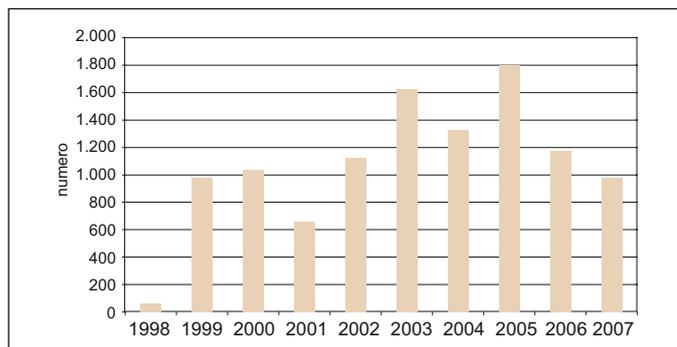
Al fine di valutare i livelli di esposizione della popolazione, nel 2007 sono stati effettuati 79 interventi di misura in tutta la regione, suddivisi fra esposti provenienti dai cittadini, richieste da parte di amministrazioni pubbliche e attività di monitoraggio. In **figura 12.9** è riportato l'andamento dell'indicatore negli anni: dopo l'aumento rilevato nel corso del 2000 e 2001, il numero di interventi di controllo si è assestato intorno a circa 70 l'anno.

12.1.7 Valutazioni teoriche per le basse frequenze

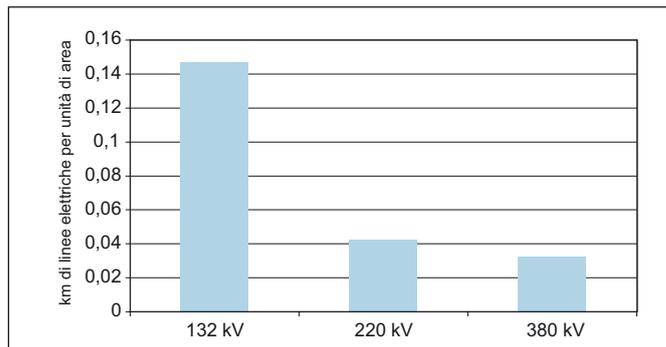
Oltre all'attività di misura, il controllo sui livelli di campo elettrico e magnetico generati dagli elettrodotti viene effettuato tramite valutazioni teoriche e pareri preventivi, in particolare per rispondere a quanto previsto dal DPCM 08/07/03 (per ciò che riguarda la verifica del rispetto dell'obiettivo di qualità nei nuovi fabbricati in prossimità di elettrodotti e per la costruzione di nuove parti di elettrodotti). Nell'anno 2007 sono state effettuate 52 valutazioni teoriche nell'ambito dei procedimenti sopra citati (44 su linee a media, alta e altissima tensione e 8 su cabine di trasformazione da media tensione a bassa tensione). L'andamento nel tempo di questa attività tecnica è riportato in **figura 12.10**, nella quale si evidenzia un deciso aumento a partire dall'anno 2004, dovuto anche all'attuazione di quanto previsto dal DPCM 08/07/03.

Sulla base delle valutazioni effettuate, suffragate dall'attività di misure sul campo riportate, sono stati identificati alcuni siti (circa una decina sul territorio regionale) nei quali, in particolari condizioni di carico, si può riscontrare il superamento del valore di attenzione per il campo magnetico (10 μ T) fissato dalla normativa vigente. La verifica di tali superamenti richiede l'effettuazione di campagne di monitoraggio mirate alla verifica delle situazioni evidenziate dalle analisi teoriche.

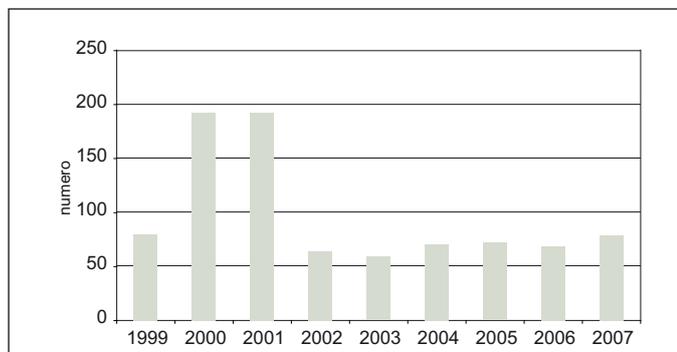
Un esempio di queste campagne di monitoraggio è l'indagine effettuata nella provincia di Torino nel corso del 2007 (vedi box 1).

Figura 12.7 - Pratiche analizzate per il rilascio di pareri - 1998-2007

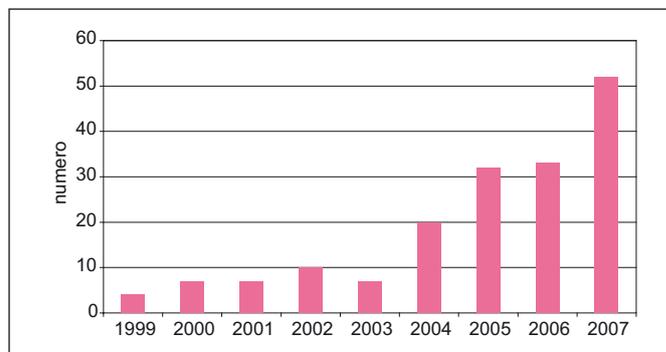
Fonte: Arpa Piemonte

Figura 12.8 - Sviluppo in km delle linee elettriche in rapporto alla superficie regionale - anno 2007

Fonte: Arpa Piemonte

Figura 12.9 - Interventi di misura dei campi elettrici e magnetici a bassa frequenza - anni 1999-2007

Fonte: Arpa Piemonte

Figura 12.10 - Valutazioni teoriche e pareri preventivi - anni 1999-2007

Fonte: Arpa Piemonte

Box 1 - Indagine sui campi elettrici e magnetici generati da elettrodotti nella provincia di Torino

Nell'ambito di quanto previsto dalla Legge 36/01 e dal DPCM 08/07/03, è stato attivato un progetto, finanziato dalla Provincia di Torino, per mettere a disposizione di Provincia e Comuni uno strumento per la gestione del territorio relativamente ad eventuali superamenti dei limiti o valori di attenzione fissati dal decreto (e quindi ai possibili risanamenti degli elettrodotti), e per la definizione delle fasce di rispetto dagli elettrodotti stessi (come previste dalla Legge 36).

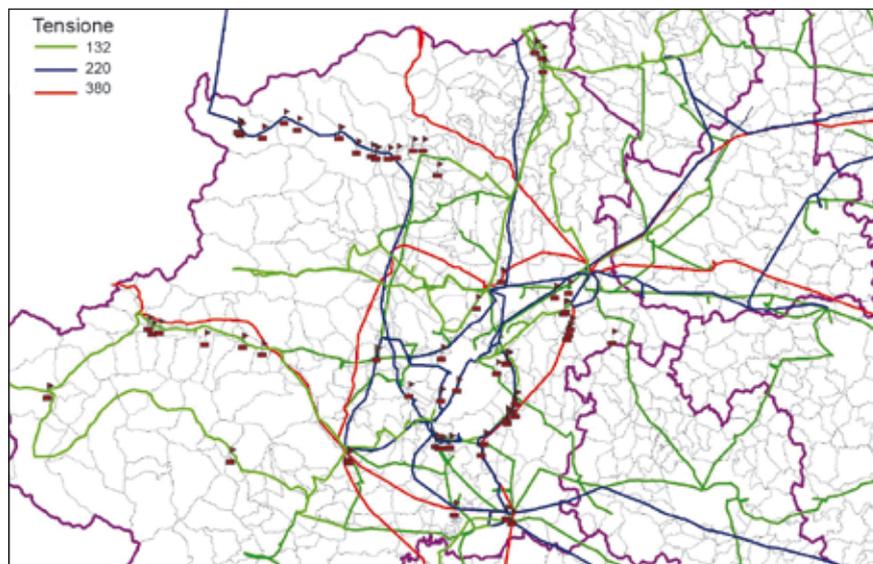
Pertanto è stata effettuata un'analisi cartografica delle interferenze tra gli elettrodotti e i fabbricati che ha fornito la base, insieme a opportuni criteri di priorità, per l'individuazione di aree di monitoraggio nelle quali eseguire le misurazioni.

Questa fase del progetto prevedeva il supporto dei Comuni interessati per l'individuazione dei punti di misura e per l'accesso alle abitazioni, ma soltanto il 30% circa dei comuni interpellati ha fornito una risposta. Sono state effettuate misure in 22 comuni,

per un totale di 81 punti di misura su 34 linee ad alta e altissima tensione (4 linee a 380 kV, 10 a 220 kV e 20 a 132 kV).

I risultati delle misure, integrate da valutazioni teoriche (calcolo delle emissioni della

Punti di misura nella provincia di Torino (bandierine rosse) con la mappatura degli elettrodotti



Sintesi dei risultati del monitoraggio della provincia di Torino

	Linee a 380 kV (4 linee monitorate)	Linee a 220 kV (10 linee monitorate)	Linee a 132 kV (20 linee monitorate)
Punti con valore significativo di campo magnetico (1)	6	11	8
Possibili superamenti del valore di attenzione sul campo magnetico (2)	1	7	0
Superamenti del valore di attenzione sul campo magnetico	1	2	0
Superamenti del limite di campo elettrico	4	0	0

(1) punti in cui il livello di campo (valutato come mediana su 24 ore nelle condizioni massime di esercizio annuale delle linee) è superiore a $2 \mu\text{T}$, ossia ad $1/5$ del valore di attenzione fissato dal DPCM 08/07/03

(2) punti in cui il superamento del valore di attenzione è stato riscontrato all'esterno dei fabbricati e non è stato possibile accedere alle zone di permanenza prolungata per effettuare misure di conferma, oppure i casi in cui l'effettivo superamento si riscontrerebbe soltanto in caso di raggiungimento dei carichi di corrente massimi tollerabili dal tipo di conduttore installato sull'elettrodotto (evento possibile ma mai registrato dai dati storici delle linee)

linea, ad esempio, in aree non accessibili per la misura), hanno identificato un quadro delle criticità sul territorio provinciale.

Si osserva che il mancato rispetto del limite di campo elettrico è stato riscontrato esclusivamente in prossimità di linee a tensione 380 kV (la più elevata tra quelle in uso in Italia), e in meno del 5% del totale dei punti di monitoraggio.

I casi critici per quanto riguarda l'esposizione al campo magnetico (valori significativi, possibili superamenti e superamenti) sono invece in maggioranza localizzati in prossimità di linee a 220 kV: questa tipologia di linee è in effetti caratterizzata, in regione, da carichi mediamente alti e da tracciati che passano sovente molto vicino ad aree edificate, cioè da due elementi che possono causare livelli elevati di campo magnetico in fabbricati e aree in cui è possibile la permanenza prolungata della popolazione. Gli effettivi superamenti costituiscono comunque meno del 4% del totale dei punti monitorati.

Per quanto riguarda le linee a tensione 132 kV, è stato verificato che, pur essendo presenti in alcuni casi valori significativi di campo magnetico, non si riscontrano

Esempio di fascia di rispetto, intesa come corridoio simmetrico all'asse dell'elettrodotto (linea rossa)

particolari criticità né per quanto riguarda il campo magnetico né tanto meno per quanto concerne il campo elettrico.

All'interno di questo progetto è stata prevista anche un'attività di valutazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti monitorati, ai sensi della normativa vigente: le fasce calcolate, con metodologia di calcolo provvisoria fornita dal Ministero dell'Ambiente, sono corridoi all'esterno dei quali è garantito il rispetto dell'obiettivo di qualità

($3 \mu\text{T}$ nelle condizioni di massimo carico tollerabile dalla linea per tempi prolungati). Un esempio di corridoio è visibile in figura. Le ampiezze di tali corridoi variano da linea a linea, e anche per diverse tratte della stessa linea, in funzione delle caratteristiche geometriche ed elettriche della stessa. Nella tabella seguente sono riportati gli intervalli di valori di ampiezza dei suddetti corridoi ricavati per le linee analizzate, e raggruppati per tipologia di tensione.

Sintesi dei risultati del calcolo delle fasce di rispetto

Linee a 380 kV	Linee a 220 kV	Linee a 132 kV
Da 62 a 92 m	Da 50 a 74 m	Da 28 a 40m

12.2 RADIAZIONI IONIZZANTI

Mauro Magnoni
Laura Porzio
Arpa Piemonte

Le radiazioni ionizzanti - cioè quelle radiazioni che possiedono energia sufficiente a ionizzare gli atomi della materia con la quale interagiscono - possono essere prodotte da apparecchi generatori o dal decadimento radioattivo di nuclei instabili, fenomeno comunemente noto come radioattività e che può essere di origine sia naturale che artificiale.

Il largo impiego delle radiazioni ionizzanti in campo medico, industriale e di ricerca nonché il loro possibile utilizzo per scopi bellici o illeciti (terrorismo) può produrre un impatto radiologico sull'ambiente (in termini di contaminazione) e sulla popolazione (in termini di dose efficace) che deve essere quantificato e controllato. Non trascurabile è inoltre la presenza di radioattività di origine naturale con particolare riferimento al radon, che è il maggiore responsabile della dose annuale alla popolazione.

A questi scenari sono rivolte le attività di monitoraggio e controllo effettuate da Arpa Piemonte che consentono di tracciare il quadro ambientale dettagliato in questo rapporto.

Radioattività artificiale	- Ospedali - Industrie - Fonderie - Incidenti	→	Rete regionale di monitoraggio Rete nazionale di monitoraggio
	- Impianti nucleari piemontesi	→	Rete locale di monitoraggio - Bosco Marengo (AL) Rete locale di monitoraggio - Saluggia (VC) Rete locale di monitoraggio - Trino (VC)
	- Impianti nucleari transfrontalieri	→	Rete regionale di monitoraggio Rete Geiger di allerta
Radioattività naturale	- Radon	→	Mappatura rischio radon

Reti regionale e nazionale di monitoraggio - radon

Indicatore/Indice	DPSIR	Fonte dei dati	Unità di misura	Copertura geografica	Anno di riferimento	Disponibilità dei dati
Concentrazione di Cesio 137 nelle matrici alimentari	S	Arpa Piemonte	Bq/kg	Puntuale	2007	+++
Concentrazione di Cesio 137 nelle matrici ambientali	S	Arpa Piemonte	Bq/kg	Puntuale	2007	+++
Concentrazione di radon indoor	S	Arpa Piemonte	Bq/m ³	Regione	2007	++
Dose efficace	I	Arpa Piemonte	mSv/anno	Regione	2007	+++
Detentori di sorgenti di radiazioni ionizzanti	P	Arpa Piemonte	numero	Regione	2007	++

Reti locali di monitoraggio dei siti nucleari

Indicatore/Indice	DPSIR	Fonte dei dati	Unità di misura	Copertura geografica	Anno di riferimento	Disponibilità dei dati
Impianti nucleari	D	Apat	numero	Puntuale	2007	+++
Impianti nucleari: attività di radioisotopi rilasciati in aria e in acqua	P	Apat, Sogin, Deposito Avogadro	Bq	Puntuale	2007	+++
Quantità di rifiuti radioattivi e combustibile irraggiato detenuti	P	Apat, Sogin, Deposito Avogadro	Bq	Puntuale	2007	+++
Concentrazione di attività di radionuclidi in matrici ambientali e alimentari	S	Arpa Piemonte	Bq/kg, Bq/l, Bq/m ² , Bq/m ³	Puntuale	2007	+++
Dose efficace media agli individui dei gruppi critici in un anno	I	Arpa Piemonte	mSv/anno	Locale	2007	+++
Attuazione delle reti locali di sorveglianza della radioattività ambientale	R	Arpa Piemonte	numero campioni	Regione	2007	+++

Maria Clivia Losana
Mauro Magnoni
Arpa Piemonte

12.2.1 Reti regionale e nazionale

Le reti di monitoraggio hanno lo scopo di valutare la contaminazione ambientale da radionuclidi artificiali, sia al fine di seguire l'andamento nel tempo dei livelli di radioattività dovuti ad un evento trascorso (quale, ad esempio, l'incidente nella centrale nucleare di Chernobyl nel 1986) che di individuare tempestivamente un incidente radiologico o nucleare. Esistono due tipi di reti: quelle basate sul monitoraggio periodico di matrici ambientali e alimentari, che forniscono informazioni sulla contaminazione a seguito delle operazioni di campionamento e analisi delle matrici, e quelle in grado di fornire dati in tempo reale tramite appositi rivelatori, quali Geiger, che da remoto inviano i valori di radioattività rilevati in aria ad un centro di controllo.

In Piemonte l'attività di monitoraggio della radioattività ambientale si svolge nell'ambito di una rete nazionale, istituita ai sensi dell'art. 104 del DLgs 230/95, coordinata da ISPRA (ex Apat) e una rete regionale gestita da Arpa Piemonte con lo scopo di studiare in dettaglio la specifica realtà piemontese. Queste due reti non forniscono dati in tempo reale e sono basate sull'analisi di matrici ambientali e alimentari rappresentative del territorio nonché sulla dieta della popolazione. Uno degli scopi principali delle suddette reti è il calcolo della dose media alla popolazione dovuta ai radionuclidi artificiali dispersi in ambiente. Non è tuttavia da sottovalutare l'importanza dell'analisi di alcune matrici dal punto di vista radioecologico per studiare la diffusione nell'ambiente di determinati inquinanti.

Tabella 12.1 - Alcune matrici analizzate nell'ambito delle Reti di monitoraggio della radioattività ambientale

Matrici ambientali			Matrici alimentari		
Matrice	Scopo principale	Periodicità minima di misura	Matrice	Scopo principale	Periodicità minima di misura
Particolato atmosferico	individuazione incidenti	giornaliera	Latte	valutazioni dosimetriche	mensile
Deposizione al suolo	individuazione incidenti	mensile	Carne	valutazioni dosimetriche	mensile
Suolo	diffusione inquinanti	semestrale	Pesce	diffusione inquinanti	semestrale
Acque superficiali	diffusione inquinanti	trimestrale	Funghi	diffusione inquinanti	semestrale
DMOS* fluviale	diffusione inquinanti	semestrale	Alimenti per l'infanzia	valutazioni dosimetriche	semestrale

* Detrito Minerale Organico Sedimentabile: è il particolato in sospensione trasportato dalle acque fluviali

Gli unici radionuclidi artificiali rilevati talvolta nelle matrici analizzate nell'ambito delle reti (circa 700 all'anno) sono il Cs-137, lo Sr-90 e il Plutonio (tracce). Il Cs-137, dovuto principalmente all'incidente di Chernobyl, raggiunge concentrazioni dell'ordine di qualche Bq/kg al massimo negli alimenti e leggermente superiori in alcune matrici ambientali. Lo Sr-90 e il Plutonio, dovuti principalmente agli esperimenti nucleari degli anni '50-'60, sono talvolta misurati in concentrazioni non elevate (per lo Sr-90 dell'ordine del mBq/kg nel latte e di qualche Bq/kg nel suolo o nel DMOS; per il Plutonio nell'ordine della frazione di Bq/kg nel suolo o nel DMOS). Dal punto di vista radioprotezionistico, le concentrazioni dei radionuclidi artificiali non sono pericolose per la salute umana. I calcoli dosimetrici infatti, eseguiti in maniera conservativa, forniscono dosi alla popolazione molto inferiori al limite stabilito dalla normativa italiana pari a 1 mSv/anno (DLgs 230/95). La maggior parte della dose è dovuta alla radioattività naturale, principalmente all'inalazione di gas radon.

Andamento della concentrazione di Cs-137 nel latte

Attualmente le concentrazioni di Cs-137 nelle matrici alimentari e ambientali, dopo una rapida diminuzione negli anni immediatamente successivi all'incidente di Chernobyl, si sono attestate su valori più o meno stabili, che variano da frazioni di Bq/kg ad alcuni Bq/kg a seconda delle matrici. Nelle matrici ambientali in genere le concentrazioni sono maggiori che in quelle alimentari. Nella **figura 12.11** sono riportate le concentrazioni di Cs-137 nel latte e la relativa dose. Si osserva come la dose da ingestione sia diminuita nel corso degli anni parallelamente alla diminuzione del Cs-137. Ai fini della dose complessiva (**figura 12.12**), tuttavia, la radioattività artificiale è decisamente secondaria rispetto alla radioattività naturale (l'inalazione di gas radon contribuisce per il 39 % alla dose totale annuale).

Rete Geiger di allerta

Per quanto riguarda le reti in grado di fornire dati in tempo reale, in Piemonte è attiva una rete automatica di rivelatori Geiger-Mueller (29 sensori). I rivelatori, dislocati lungo tutto l'arco alpino e in tutti i capoluoghi di provincia, misurano in tempo reale il rateo di dose in aria in modo da individuare tempestivamente un innalzamento anomalo dovuto ad un evento incidentale.

In **figura 12.13** è riportata la posizione delle centraline Geiger che misurano in tempo reale il rateo di dose gamma in aria. Per ogni centralina è stata definita una soglia di attenzione e una soglia di allarme. Nel corso del 2007 non sono avvenuti innalzamenti anomali del fondo ambientale.

È divenuta pienamente operativa la rete di monitoraggio delle radiazioni gamma mediante 29 sensori Geiger - Mueller.

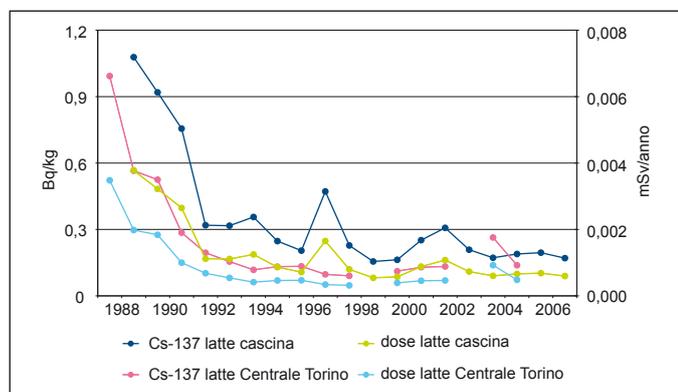


Analisi su campioni di acque destinate al consumo umano ai sensi del DLgs 31/01

I controlli sulle acque potabili, sanciti dal DLgs 31/01, sono effettuati per verificare il limite per la concentrazione di trizio e per la dose totale indicativa da ingestione. In Piemonte, bassi livelli di trizio misurati in tutti i comparti ambientali rendono non necessaria l'esecuzione di sistematici controlli sulle acque potabili. Invece, per la valutazione della dose totale indicativa vengono effettuate verifiche puntuali sugli acquedotti. Per una prima valutazione di questo parametro, vengono effettuate analisi di *screening* di attività alfa totale e beta totale. Solo nel caso in cui le concentrazioni superino i valori di soglia raccomandati a livello internazionale (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.

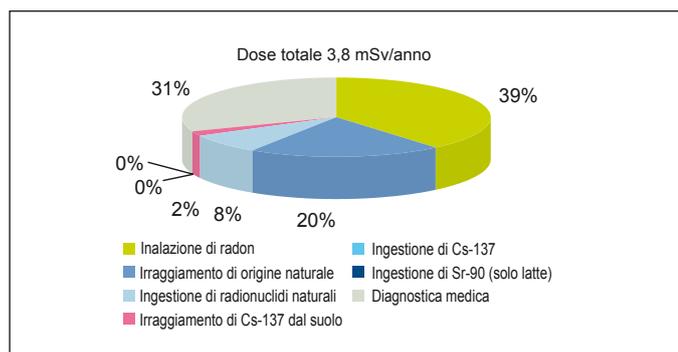
Nelle **figure 12.14** sono riportati i punti di campionamento e le concentrazioni di attività alfa totale e di attività beta totale misurate. Sono stati analizzati finora più di 400 campioni provenienti da tutto il territorio piemontese. In nessun caso sono state riscontrate concentrazioni maggiori dei valori raccomandati a livello internazionale.

Figura 12.11 - Concentrazione di Cs-137 e relativa dose ai bambini (1-2 anni) - anni 1988-2007



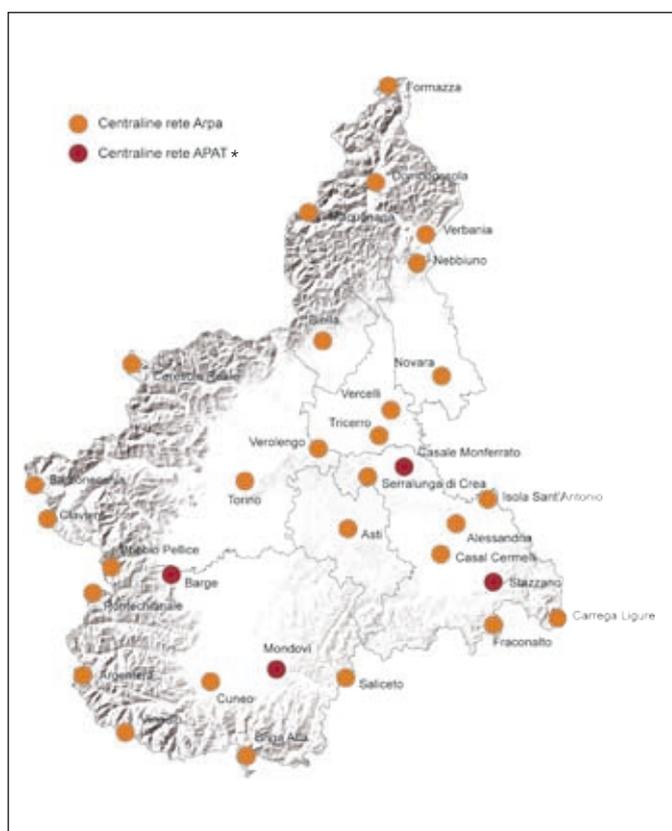
Fonte: Arpa Piemonte

Figura 12.12 - Dose complessive alla popolazione - anno 2007



Fonte: Arpa Piemonte

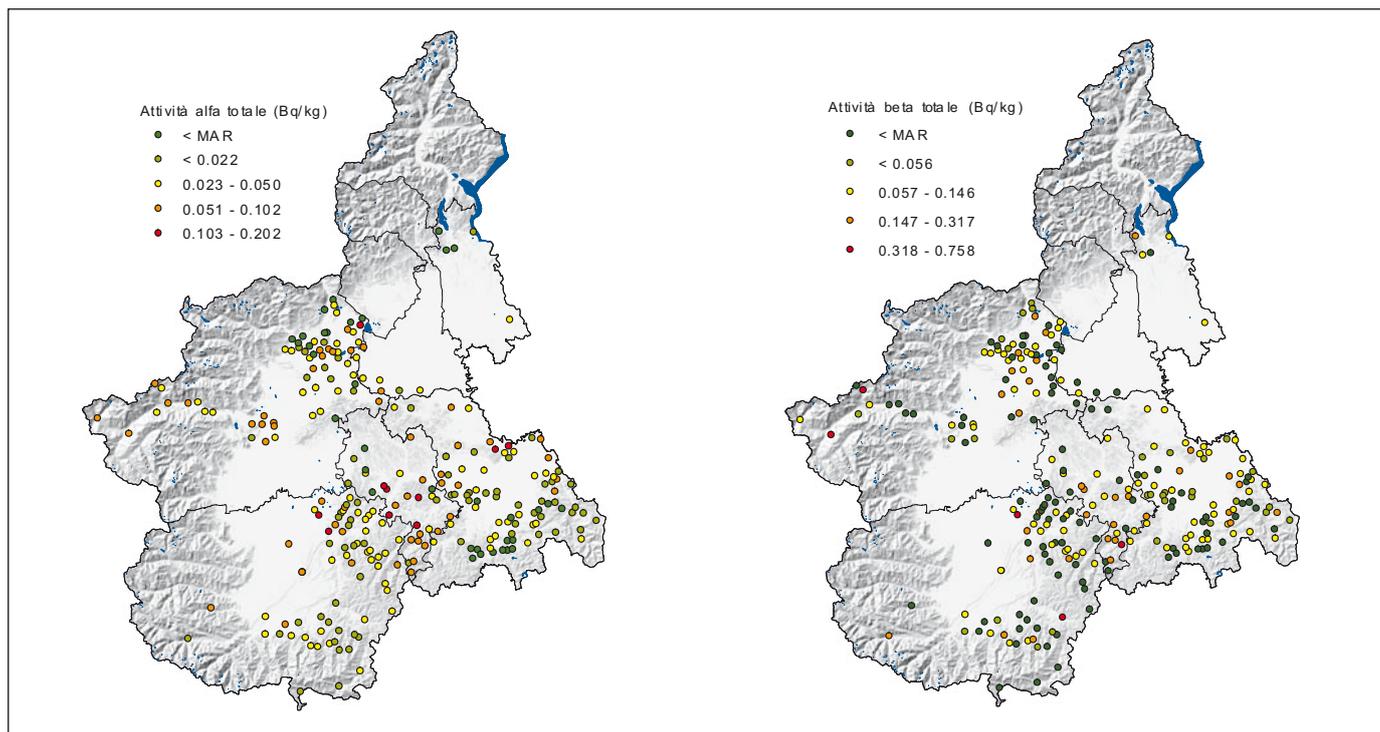
Figura 12.13 - Localizzazione centraline Geiger - anno 2007



Fonte: Arpa Piemonte

*Attualmente ISPRA

Figura 12.14 - Concentrazioni di attività alfa totale e di attività beta totale misurate nelle acque destinate al consumo umano - anno 2007



Fonte: Arpa Piemonte MAR: Minima Attività Rilevabile

Luca Albertone
Laura Porzio
Arpa Piemonte

12.2.2 Reti locali di monitoraggio dei siti nucleari

Il Piemonte ospita sul proprio territorio tre siti nucleari presso i quali hanno sede, unico caso in Italia, impianti rappresentativi di tutto il ciclo del combustibile nucleare (figura 12.15).

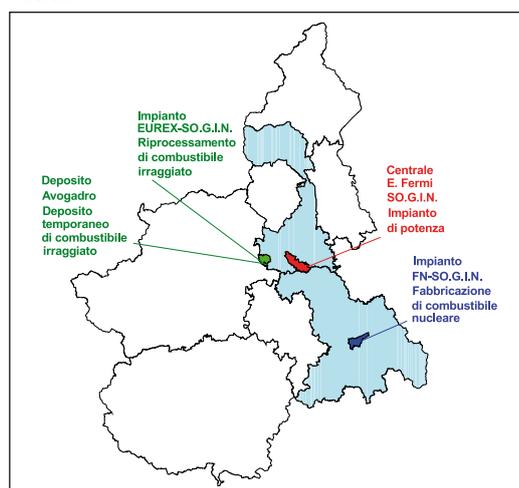
Pur avendo cessato la produzione, presso gli impianti piemontesi sono in atto alcune attività legate alla gestione in sicurezza e alle prime operazioni propedeutiche al *decommissioning*. Queste attività possono produrre un impatto ambientale di tipo radiologico che, seppure non comparabile con quello relativo alla fase di esercizio, non può essere trascurato. Principalmente l'impatto è correlabile a:

- scarico autorizzato di effluenti radioattivi liquidi
- scarico autorizzato di effluenti radioattivi aeriformi
- possibili eventi anomali o incidentali

Tra i fattori di rischio sopra riportati gli scarichi autorizzati sono i più controllabili poiché avvengono nel rispetto di una determinata *formula di scarico* assegnata ad ogni impianto dall'autorità di controllo. La sua elaborazione tiene conto della *ricettività ambientale*, ossia della quantità massima di *radionuclidi* che può essere scaricata in un determinato ambiente senza che i *gruppi critici* di popolazione ricevano, attraverso le *vie critiche* di esposizione, un equivalente di dose superiore a quella fissata dalla normativa vigente.

L'esecuzione di un monitoraggio radiologico è in questo contesto necessaria per garantire che non si verifichino nell'ambiente fenomeni di accumulo legati al mancato rispetto delle formule di scarico o alla variazione delle modalità di diffusione dei contaminanti correlabili a modificazioni ambientali (ad esempio: variazione dell'assetto fluviale, variazioni meteorologiche, sfruttamento del territorio). I rilasci conseguenti eventi anomali o incidentali invece non sono controllabili e necessitano di volta in volta di azioni mirate alla situazione.

Figura 12.15 - Ubicazione e tipologia degli impianti nucleari



Attività di radioisotopi rilasciati in aria e in acqua

Arpa Piemonte, in accordo con ISPRA (ex Apat) e con gli Esercenti, effettua controlli sistematici sui campioni di effluenti liquidi, al fine di verificare il rispetto delle formule di scarico, e indagini ambientali specifiche in occasione di ogni scarico. Per quanto riguarda gli effluenti aeriformi il monitoraggio ambientale viene effettuato tramite postazioni di campionamento di particolato atmosferico. Negli ultimi anni le formule di scarico sono state in media impegnate per piccole frazioni (tabella 12.2).

Tabella 12.2 - Composizione isotopica media degli effluenti radioattivi liquidi scaricati nel periodo 2005-2007

Al fine di valutare correttamente l'impatto radiologico prodotto dagli scarichi di effluenti radioattivi sull'ambiente e sulla popolazione è importante verificare non solo il rispetto delle formule di scarico ma anche la composizione isotopica media degli scarichi stessi. Di queste informazioni è opportuno tenere conto nelle valutazioni dosimetriche.	Sito di Saluggia (VC)					
	Am-241	Co-60	Cs-134	Cs-137	Sr-90	Altri
	< 0,045%	0,21%	< 0,019%	92,6%	7,09%	< 0,041%
	Sito di Trino (VC)					
	H-3	Cs-134	Cs-137	Sr-90	Co-60	Altri
	14,28%	0,17%	31,29%	0,24%	50,29%	3,74%
Sito di Bosco Marengo (AL)						
Uranio arricchito: arricchimento medio negli scarichi pari al 2%						
Impianto	Impegno formula di scarico anno 2005		Impegno formula di scarico anno 2006		Impegno formula di scarico anno 2007	
Eurex-SOGIN - Saluggia	0%		0,006%		0%	
Deposito Avogadro-Saluggia	39%		0%		0%	
Centrale "E. Fermi" -Trino	9,2% (dati Sogin)		3,4% (dati Sogin)		2,3% (dati Sogin)	
Ex FN - Bosco Marengo	1,1%		1,45%		1,44%	

Fonte: Arpa Piemonte

Quantità di rifiuti radioattivi e combustibile irraggiato

La quantità di rifiuti radioattivi solidi e liquidi ospitata nei depositi di stoccaggio temporaneo degli impianti - pari al 69% di tutto il quantitativo nazionale - è rimasta invariata (vedi RSA 2006). Anche la quantità complessiva di combustibile nucleare irraggiato - pari al 19% di tutto il quantitativo nazionale - è rimasta invariata. Tuttavia il combustibile presente nella piscina di stoccaggio dell'impianto Eurex-SOGIN è stato trasferito alla piscina di stoccaggio del Deposito Avogadro (vedi Box 2).

Box 2 - Trasferimento del combustibile nucleare irraggiato dall'impianto Eurex-SOGIN al Deposito Avogadro

Nel periodo maggio-luglio 2007 si sono svolte le operazioni di trasferimento del combustibile nucleare irraggiato presente nella piscina di stoccaggio dell'impianto Eurex-SOGIN alla piscina del Deposito Avogadro. Tali operazioni si sono rese necessarie in seguito alla situazione di criticità determinatasi in relazione alla parziale perdita di contenimento della



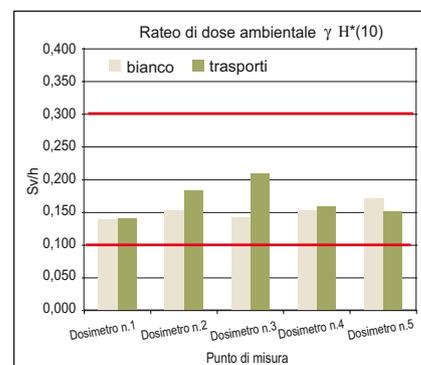
piscina dell'impianto Eurex-SOGIN e alla conseguente contaminazione da Sr-90 dell'acqua di falda superficiale.

Complessivamente sono stati effettuati 10 trasporti durante i quali sono stati trasferiti:

- 52 elementi di combustibile nucleare irraggiato di tipo cruciforme proveniente dalla Centrale nucleare di Trino
- 48 semibarrette di un elemento di combustibile nucleare irraggiato proveniente dalla centrale di Garigliano
- 10 lamine provenienti dal reattore sperimentale di Petten (Olanda)

Benché la distanza tra i due impianti interessati sia soltanto di circa 800 metri e i trasporti abbiano avuto luogo all'interno del comprensorio, sono state messe in atto rigorose azioni di controllo - a tutela della popolazione e dell'ambiente - che hanno visto ancora una volta Arpa impegnata sia per quanto riguarda

il monitoraggio radiologico ambientale sia come Ente Terzo. I controlli eseguiti hanno consentito di affermare che le operazioni di trasferimento non hanno prodotto un impatto radiologico significativo per l'ambiente e per la popolazione.



Fonte: Arpa Piemonte

I valori del rateo di dose ambientale misurati sono compresi nell'intervallo dei valori medi caratteristici della zona (linee rosse).

Concentrazione di attività di radionuclidi in matrici ambientali e alimentari

I risultati delle misure eseguite sui campioni di matrici ambientali e alimentari, prelevati nell'ambito delle reti locali di monitoraggio della radioattività ambientale, evidenziano un quadro sostanzialmente invariato rispetto agli anni precedenti per quanto riguarda i siti di Bosco Marengo e Trino (vedi RSA 2007). Per quanto riguarda il sito di Saluggia invece si riscontra la presenza di contaminazione radioattiva nell'acqua di falda superficiale (vedi Box 3).

Box 3 - Contaminazione radioattiva dell'acqua di falda superficiale presso il sito di Saluggia

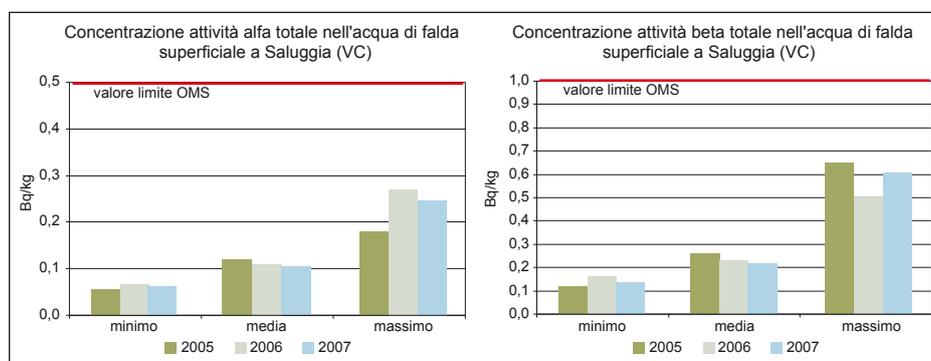
Nelle acque potabili e di falda è sempre riscontrabile contaminazione radioattiva di origine naturale in quantità che varia in funzione delle caratteristiche geologiche del territorio. E' inoltre possibile riscontrare la presenza di radionuclidi di origine artificiale correlabili ad attività antropiche - in atto o pregresse - di tipo industriale, sanitario, di ricerca, bellico.

Per quanto riguarda in particolare il sito di Saluggia (VC) la presenza di contaminazione radioattiva da Sr-90, Co-60 e H-3 nell'acqua di falda superficiale è riconducibile a possibili eventi anomali occorsi agli impianti presenti (Impianto Eurex-SOGIN, Deposito Avogadro, Complesso Sorin).

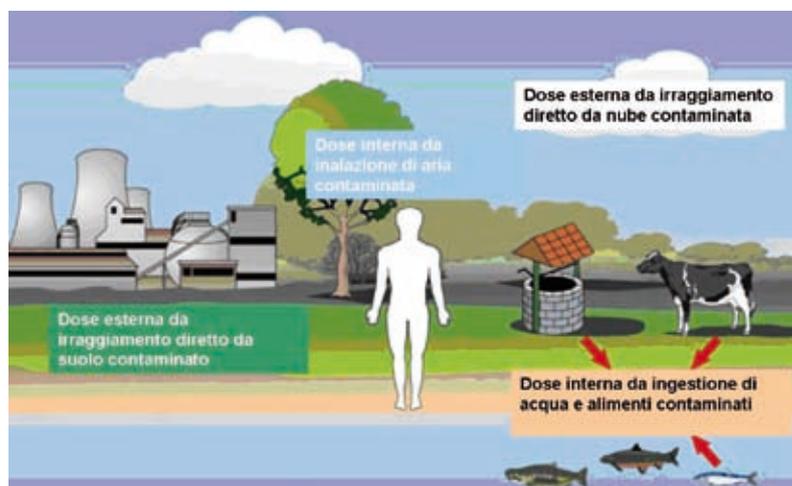
L'impatto radiologico prodotto da questa anomalia sull'ambiente e sulla popolazione è tale che:

- la contaminazione interessa solo la falda superficiale entro 10 m di profondità
- non risultano contaminati pozzi destinati ad uso potabile, in particolare quelli dell'Acquedotto del Monferrato

- i livelli di contaminazione sono comunque ampiamente inferiori ai valori fissati dalla normativa vigente e in particolare i valori dell'attività alfa totale e beta totale si mantengono al di sotto dei limiti (livelli di *screening*) fissati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità per l'acqua potabile.



Fonte: Arpa Piemonte



Dose efficace media agli individui dei gruppi critici

Utilizzando i dati di contaminazione delle matrici alimentari e ambientali, tenendo conto delle vie critiche individuate, è possibile effettuare, per ogni sito, una stima della dose efficace ricevuta dagli individui dei gruppi critici della popolazione (figura 12.16). Questa grandezza si è mantenuta al di sotto del limite per la non rilevanza radiologica - fissato dal DLgs 230/95 in 10 μ Sv per anno - anche presso il sito di Saluggia dove, a partire dal 2006, è stata riscontrata contaminazione da Sr-90 nell'acqua di falda superficiale (Box 3).

Stato di attuazione delle reti locali di monitoraggio dei siti nucleari

Nel 2007 le reti locali di monitoraggio della radioattività ambientale dei siti di Bosco Marengo e Trino sono rimaste invariate, mentre presso il sito di Saluggia è stata ulteriormente potenziata la rete di monitoraggio straordinario mirata al controllo dell'acquifero superficiale.

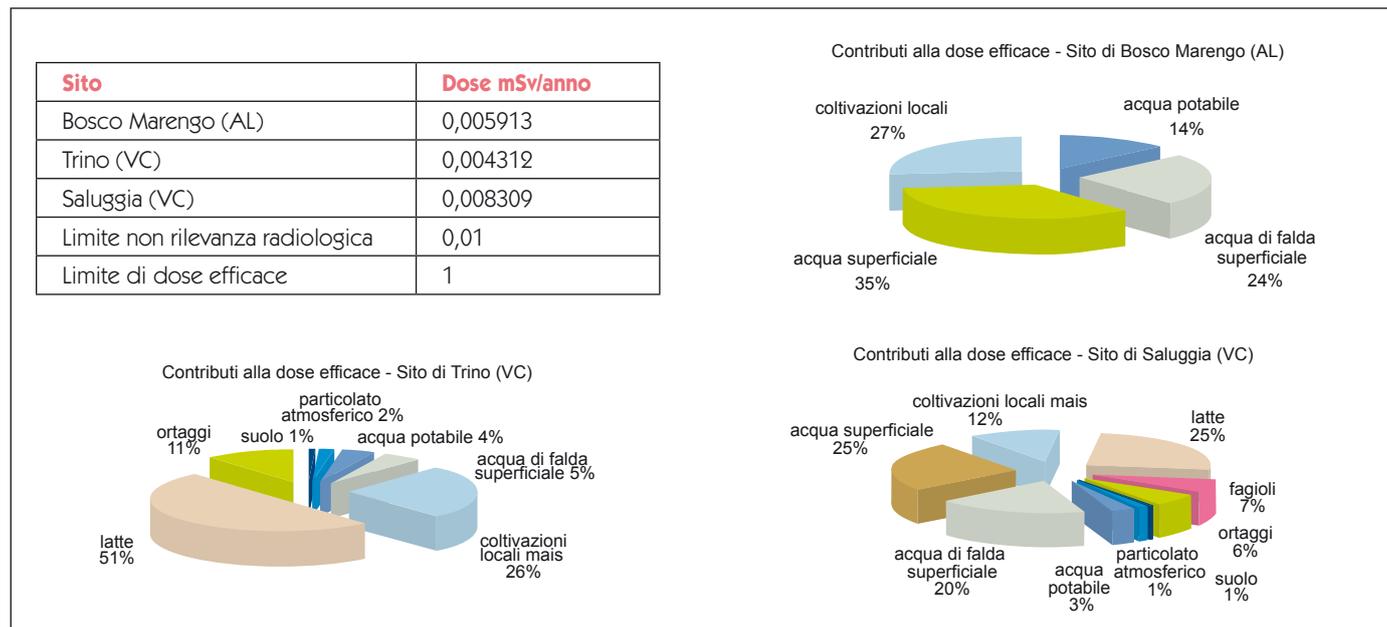
I programmi stabiliti sono stati rispettati e portati a termine a garanzia della tutela dell'ambiente e della popolazione.

In figura 12.17 è riportata la distribuzione dei campioni per tipologia di matrice prelevati nell'ambito delle reti locali di monitoraggio dei siti nucleari piemontesi, mentre in figura 12.18 sono riassunte le misure eseguite, suddivise per tipologia.



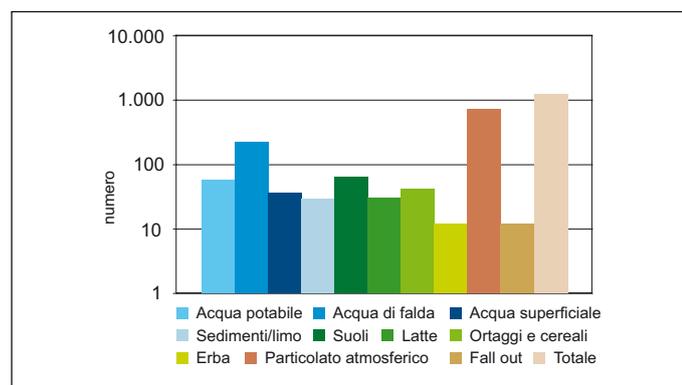
La dose efficace alla popolazione residente intorno ai siti nucleari si è mantenuta ampiamente al di sotto dei limiti di legge.

Figura 12.16 - Stima della dose efficace ai gruppi critici della popolazione residente intorno ai siti nucleari piemontesi; nei grafici i contributi dai diversi comparti ambientali - anno 2007



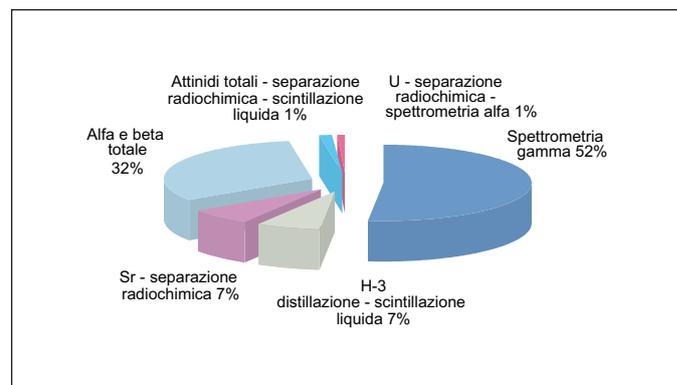
Fonte: Arpa Piemonte

Figura 12.17 - Distribuzione dei campioni prelevati nell'ambito delle reti locali di monitoraggio dei siti nucleari - anno 2007



Fonte: Arpa Piemonte

Figura 12.18 - Distribuzione delle tipologie di misure eseguite nell'ambito delle reti locali di monitoraggio dei siti nucleari - anno 2007



Fonte: Arpa Piemonte

12.2.3 Il radon e la mappatura del rischio in Piemonte

Il radon è un inquinante naturale degli ambienti confinati. Provenendo principalmente dal suolo, tende ad accumularsi in abitazioni, luoghi di lavoro ed edifici specialmente se poco aerati. È radioattivo e può provocare, assieme ai suoi prodotti di decadimento a vita breve, il tumore al polmone. Per tale motivo è classificato dallo IARC-OMS nel gruppo 1 (massima evidenza di cancerogenicità).

Sotto l'aspetto normativo, il radon è disciplinato nel DLgs 241/00, in attuazione alla Direttiva europea Euratom 29/96. In tale Decreto è stabilito per il radon un Livello d'Azione per i Luoghi di Lavoro interrati di 500 Bq/m³. Superato tale livello si rendono perciò necessarie opere di bonifica tali da ridurre la concentrazione di attività e quindi l'esposizione dei lavoratori.

Il Decreto impone inoltre alle Regioni di individuare l'eventuale presenza di aree a rischio radon, nelle quali l'obbligo della misura del radon è estesa anche ai luoghi di lavoro non interrati.

Nonostante l'assenza di indicazioni a livello nazionale sui criteri per la definizione delle suddette aree a rischio, la Regione, nel corso del 2005, ha incaricato ufficialmente Arpa Piemonte di predisporre una proposta di classificazione del rischio radon sul territorio piemontese.

*Mauro Magnoni
Enrico Chiaberto
Franco Righino
Salvatore Procopio
Elena Serena
Arpa Piemonte*

Il Progetto di mappatura radon nel Piemonte è quasi concluso e quindi nel 2008 sarà disponibile un rapporto tecnico scientifico completo e corredato con le prime evidenze cartografiche sulla distribuzione territoriale di questo pericoloso quanto sottovalutato inquinante.

Il dettaglio risolutivo e analitico scelto privilegerà le unità amministrative comunali per ciascuna delle quali saranno disponibili gli indicatori più appropriati: media aritmetica e geometrica e probabilità percentuale di superare un certo livello di concentrazione.

Nella tabella 12.3 sono riportati per provincia il numero complessivo di punti di monitoraggio della concentrazione di attività radon in abitazioni residenziali, nella tabella 12.4 il numero di misure effettuate in edifici scolastici, mentre in tabella 12.5 infine sono indicati il numero di campionamenti di rocce destinati all'analisi del contenuto di radionuclidi naturali.

Tabella 12.3 - Misure di radon: monitoraggi in edifici residenziali

Misura	Province	Punti di misura numero
Radon in aria	AL	34
	AT	45
	BI	72
	CN	381
	NO	59
	TO	643
	VB	209
	VC	1
Totale misure nelle abitazioni		1.444

Fonte: Arpa Piemonte

Tabella 12.4 - Misure di radon: monitoraggi negli edifici scolastici

Misura	Province	Punti di misura numero
Radon in aria	AL	161
	AT	91
	BI	97
	CN	71
	NO	148
	TO	388
	VB	14
	VC	56
Totale misure negli edifici		1.026

Fonte: Arpa Piemonte

È importante aggiungere che la suddivisione del territorio regionale, adottata ai fini della presente opera di caratterizzazione territoriale, è quella che tiene conto sia dei confini amministrativi che litologici e geologici del Piemonte.

La carta litologica piemontese è stata infatti sovrapposta ai dati radon e le concentrazioni radon medie sono state rielaborate partendo da una suddivisione amministrativa della regione, in prima analisi su base provinciale e quindi procedendo su base comunale. L'obiettivo di fornire una mappa del rischio radon con dettaglio comunale è ritenuto di fondamentale importanza al fine di rendere lo studio maggiormente fruibile anche da parte delle amministrazioni locali.

Tabella 12.5 - Campionamenti di rocce per l'analisi con spettrometria gamma del contenuto di radioattività naturale in diverse litologie

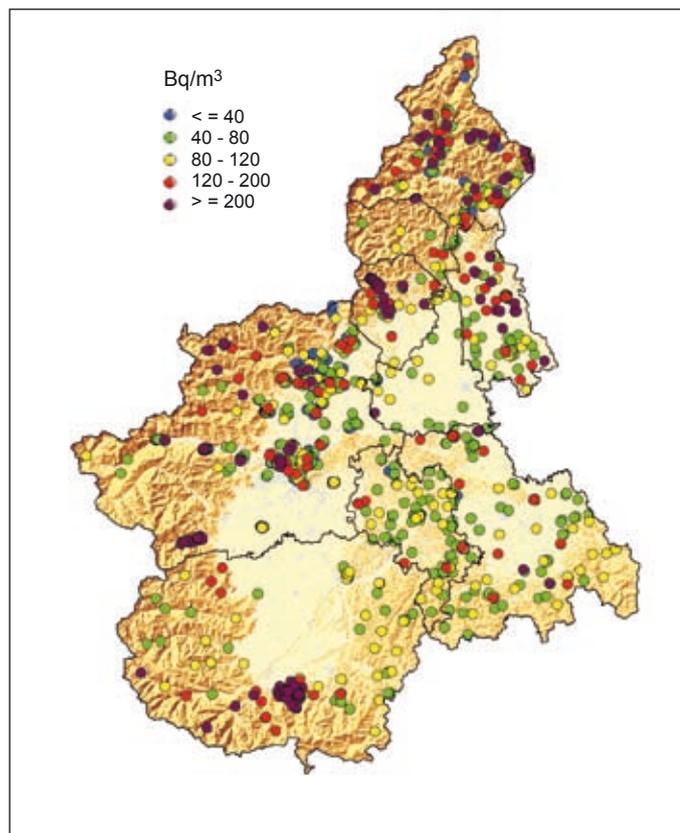
Misura	Province	Punti di misura numero
Ricerca di radionuclidi naturali in campioni di rocce	AL	19
	AT	5
	BI	11
	CN	64
	NO	17
	TO	2
	VB	13
Totale misure nei campioni di rocce		131

Fonte: Arpa Piemonte

Nella **figura 12.19** sono indicati i punti di monitoraggio della concentrazione radon sul territorio regionale che contribuiscono attualmente allo studio del radon alla base del progetto di mappatura ambientale.

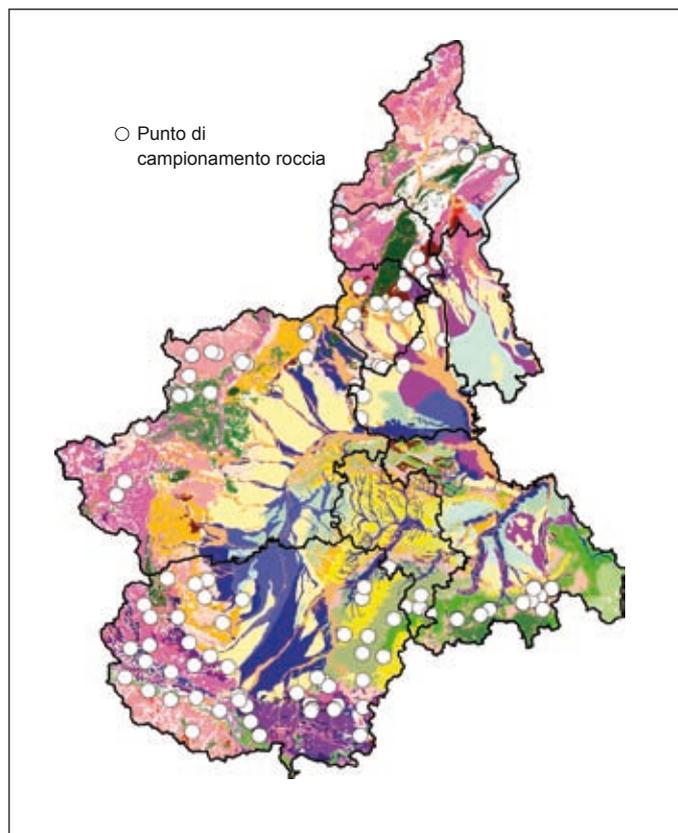
Nella **figura 12.20** si riporta, invece, l'indicazione dei punti in cui è stato prelevato un campione di roccia per lo studio delle specificità radiologiche delle diverse litologie piemontesi.

Figura 12.19 - Misura della concentrazione di attività radon in abitazioni e scuole - anno 2007



Fonte: Arpa Piemonte

Figura 12.20 - Campionamento rocce per lo studio delle litologie - anno 2007



Fonte: Arpa Piemonte

Bibliografia

ADR, 2003. *Regolamentazione concernente il trasporto internazionale di sostanze pericolose su strada.*

APAT, 2007. *Annuario dei dati ambientali.*

DECRETO LEGISLATIVO 17 marzo 1995, n. 230. *Attuazione delle direttive Euratom 80/836, 84/467, 84/466, 89/618, 90/641 e 92/3 in materia di radiazioni ionizzanti.* Supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 136 del 13 giugno 1995.

DECRETO LEGISLATIVO 26 maggio 2000, n. 241. *Attuazione della direttiva 96/29 Euratom in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti.* Supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 203 del 31 agosto 2000.

DECRETO LEGISLATIVO 9 maggio 2001, n. 257. *Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 26 maggio 2000, n. 241, recante attuazione della direttiva 96/29/Euratom in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti.* Supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 153 del 4 luglio 2001.

DECRETO LEGISLATIVO 2 febbraio 2001, n. 31. *Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano.* Supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 52 del 3 marzo 2001.

DPCM 10 febbraio 2006. *Linee guida per la pianificazione di emergenza per il trasporto di materie radioattive e fissili, in attuazione dell'articolo 125 del Decreto legislativo 17 marzo 1995, n. 230 e successive modificazioni e integrazioni.*

IAEA, 1996. *Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material.* Edition Revised.

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

RACCOMANDAZIONE 2000/473/Euratom sull'applicazione dell'articolo 36 del Trattato Euratom riguardante il controllo del grado di radioattività ambientale allo scopo di determinare l'esposizione dell'insieme della popolazione.

RACCOMANDAZIONE 90/143/Euratom sulla tutela della popolazione contro l'esposizione al radon in ambienti chiusi.

REGIONE PIEMONTE Assessorato alla assistenza sanitaria, 1994. *Indagine sull'esposizione alla radioattività naturale nelle abitazioni del Piemonte* a cura del Laboratorio di Sanità pubblica Sezione fisica USSL n. 40 Ivrea (ora Arpa).

STAVEN L.H., NAPIER B.A, RHOADS K., STRENGE D.L., 2003. *A Compendium of Transfer Factors for Agricultural and Animal Products*. Pacific Northwest National Laboratory Richland, WA 99352.

UNSCEAR, 2000. *Report*. vol. I.

WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2004. *Guidelines for Drinking-water Quality*. Third Edition.

www.arpa.piemonte.it (Campi elettromagnetici e radiazioni ionizzanti)