

Radiazioni non ionizzanti

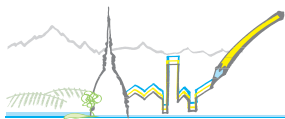
Radiazioni ionizzanti

Radiazioni

Foto: L. Beccati



12



12.1 RADIAZIONI NON IONIZZANTI

**Sara Adda, Laura Anglesio, Bruno Barbera,
Enrica Caputo, Stefania Facta,
Mauro Mantovan - Arpa Piemonte**

Le onde elettromagnetiche sono generate dall'oscillazione nello spazio e nel tempo del campo elettromagnetico. Il campo elettromagnetico è una proprietà fisica dello spazio intorno a corpi carichi (campo elettrico) o percorsi da corrente (campo magnetico) che ne costituiscono le sorgenti. All'interno di un campo elettromagnetico si possono avere effetti su oggetti carichi o percorsi da corrente, con la propagazione di energia nello spazio.

Le onde elettromagnetiche vengono classificate in base alla frequenza di oscillazione del campo elettromagnetico. La frequenza è legata all'energia trasportata dall'onda elettromagnetica e si misura in Hertz (1 Hz = 1 oscillazione al secondo). Alle frequenze più basse (0Hz-300GHz) le onde elettromagnetiche non hanno sufficiente energia per ionizzare la materia e vengono perciò dette radiazioni non ionizzanti.

Le radiazioni non ionizzanti vengono ulteriormente classificate in base alla frequenza. Alle frequenze inferiori si hanno i campi statici o quasistatici (0-50Hz), poi le onde radio (fino a 1GHz), le microonde (fino a 300GHz), le radiazioni infrarosse, visibili e ultraviolette. A seconda della frequenza, le radiazioni non ionizzanti differiscono nel modo di propagarsi nello spazio e di interagire con la materia circostante.

Le radiazioni non ionizzanti presenti in ambiente di vita e di lavoro vengono generate principalmente da

sorgenti legate all'utilizzo dell'energia elettrica e alle telecomunicazioni, in particolare dagli elettrodotti e dalle antenne per telecomunicazione, sorgenti che possono provocare l'esposizione di un elevato numero di persone. La conoscenza di questi impianti sul territorio è la base per la valutazione dello stato ambientale. A questo fine sono fondamentali il catasto degli impianti per telecomunicazioni, attivo già da qualche anno, e quello delle linee di trasporto e distribuzione dell'energia elettrica, in fase di popolamento. Lo stato attuale in Piemonte è riassunto nella tabella seguente, in cui è riportato l'aggiornamento degli indicatori al 2005. Rispetto agli anni precedenti i fattori di pressione tendono a stabilizzarsi, ad eccezione dell'aumento continuo degli impianti per telecomunicazioni (in particolare per le nuove tecnologie di telefonia mobile e Tv digitale). Si osserva anche un netto miglioramento del sistema di monitoraggio e controllo dei livelli di inquinamento, in modo particolare per i campi a radiofrequenza, legato all'implementazione di reti con acquisizioni prolungate e di monitoraggio ripetuti nel tempo.

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

Si è ritenuto opportuno dedicare un box agli aggiornamenti normativi seguenti alla recente Legge Regionale (19/04) che ha introdotto una disciplina sia per gli impianti di telecomunicazione che per gli elettrodotti.

Indicatore / Indice	DPSIR	Fonte dei dati	Unità di misura	Copertura geografica	Anno di riferimento	Disponibilità dei dati
Densità di impianti per telecomunicazioni	D	Arpa Piemonte	numero/km ²	Provincia Regione	2000-2005	+++
Linee elettriche	D	Arpa Piemonte	km/km ²	Regione	2005	++
Potenza complessiva dei siti con impianti per telecomunicazioni	P	Arpa Piemonte	Watt	Regione	2000-2005	+++
Interventi di misura per i campi a radiofrequenza	R	Arpa Piemonte	numero	Regione	1999-2005	+++
Interventi di misura per campi a bassa frequenza	R	Arpa Piemonte	numero	Regione	1999-2005	+++
Popolazione esposta a livelli di campo elettrico prodotto da impianti per telecomunicazioni	S	Arpa Piemonte	percentuale di popolazione	Regione	2005	+
Superamenti dei limiti e dei valori di cautela	S	Arpa Piemonte	numero	Regione	1999-2005	++
Impianti di telecomunicazioni a cui è stato rilasciato parere/pronuncia	R	Arpa Piemonte	numero	Regione	1998-2005	+++

Per quanto riguarda gli impianti di telecomunicazione, l'8 settembre 2005 è stata pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione Piemonte, come previsto dalla LR 19/04, la DGR 5 settembre 2005, n. 16-757 "Direttiva tecnica in materia di localizzazione degli impianti radioelettrici, spese per attività istruttorie e di controllo, redazione del regolamento comunale, programmi localizzativi, procedure per il rilascio delle autorizzazioni del parere tecnico". Tale direttiva, che si applica per gli impianti di nuova installazione o per i quali si richieda modifica delle caratteristiche, fissa i criteri generali per localizzare gli impianti e per individuare le aree sensibili e le misure di cautela da adottarsi in esse, definisce la misura degli oneri da corrispondere agli Enti titolari delle funzioni autorizzative sia per le attività di autorizzazione sia per quelle di controllo, definisce le procedure per la richiesta e il rila-

scio dell'autorizzazione comunale all'installazione e modifica degli impianti e stabilisce le modalità per il rilascio del parere tecnico da parte di Arpa.

Per quanto riguarda gli elettrodotti, nel corso del 2005 è stata stilata la guida CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (art.6). Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo" pubblicata nel febbraio 2006, dove per fascia di rispetto si intende l'area intorno all'elettrodotto all'interno della quale non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario, o ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore. Tale guida risponde al DPCM 08/07/03 che, pur fornendo alcuni parametri per la determinazione delle fasce di rispetto, demandava la definizione della metodologia di calcolo ad un

atto successivo di APAT. La Guida è suddivisa in due parti, la prima relativa alle linee aeree e in cavo interrato e la seconda, ancora in fase di elaborazione, in quanto considerata meno urgente ai fini dell'applicazione del DPCM 8 luglio 2003, relativa alle cabine e alle sottostazioni. La prima parte fornisce una metodologia generale per il calcolo dell'ampiezza delle fasce di rispetto con riferimento a valori prefissati di induzione magnetica e di portata di corrente dell'impianto, applicabile nella maggior parte delle situazioni pratiche riscontrabili per le linee aeree e in cavo interrato. La valutazione delle fasce di rispetto viene quindi effettuata seguendo la metodologia di calcolo proposta e utilizzando, come valore prefissato di induzione magnetica, l'obiettivo di qualità di $3 \mu T$ e, come portata di corrente dell'impianto, il valore della portata in corrente in servizio normale dichiarato dal gestore.

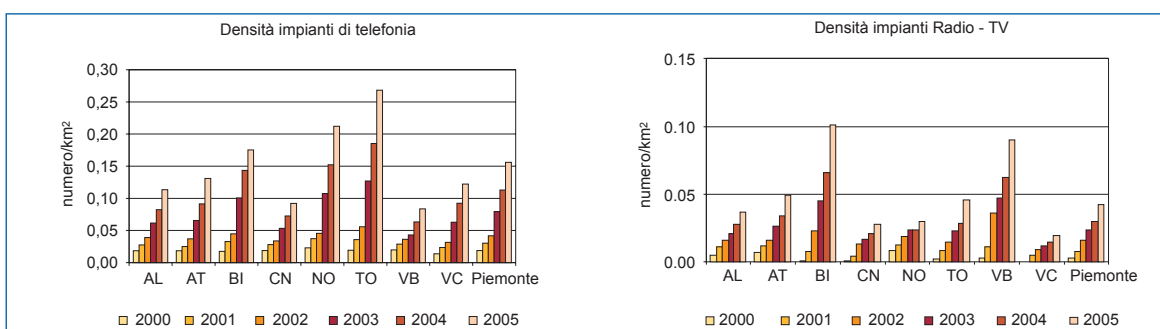
12.1.1 Densità di impianti per telecomunicazioni

In figura 12.1 è riportato l'andamento negli anni della densità di impianti per telecomunicazioni (numero di impianti per km²) presenti nelle diverse province, differenziando tra stazioni radiobase (SRB) e impianti radiotelevisivi.

È evidente un aumento abbastanza costante negli anni della densità di impianti, sia per la telefonia

mobile (SRB) sia per le antenne Radio-TV. Per valutare la densità di SRB, si è stimato che vengano realizzati il 90% degli impianti con parere favorevole, dal momento che a un parere favorevole non segue sempre la realizzazione dell'impianto e il dato sulla realizzazione o meno non perviene all'Arpa. La densità di impianti radio-TV è nota con maggiore precisione, in quanto la quasi totalità degli impianti per i quali viene presentata ad Arpa istanza di parere sono già realizzati e in esercizio.

Figura 12.1 - Densità di impianti per telecomunicazioni - anni 2000-2005



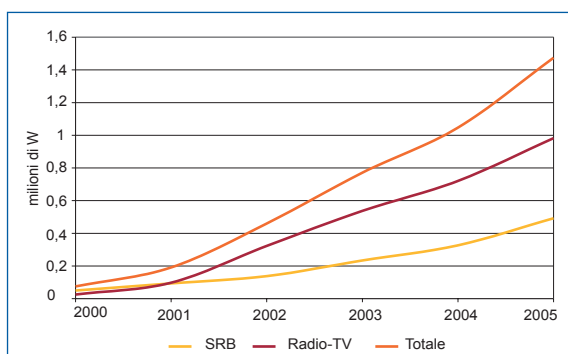
Fonte: Arpa Piemonte

• La crescita della densità di impianti è legata alla sempre maggiore diffusione della telefonia mobile e alla maggiore completezza del censimento degli impianti radiotelevisivi.

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 (anche se non in modo esclusivo) dalla potenza di alimentazione degli impianti stessi. Essendo aumentato nel corso degli anni il numero di impianti, è anche aumentata la potenza complessiva degli impianti, come riportato in figura 12.2. E' evidente il significativo aumento della potenza complessiva degli impianti Radio-Tv dovuto alla regolarizzazione autorizzativa degli impianti stessi (soprattutto a seguito dell'entrata in vigore della nuova legge regionale LR 19/04). La crescita della potenza degli impianti di telefonia è invece decisamente più graduale e costante nel tempo.

Figura 12.2 - Andamento nel tempo della potenza complessiva degli impianti per telecomunicazioni - anni 2000-2005

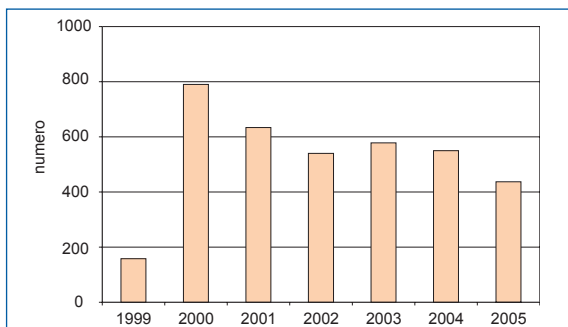


Fonte: Arpa Piemonte

12.1.3 Interventi di controllo e monitoraggio

Per quanto riguarda la valutazione dei livelli di esposizione della popolazione, sono stati effettuati, tra il 1999 e il 2005, 3.687 interventi di misura su tutta la regione (figura 12.3), di cui 437 durante l'anno 2005.

Figura 12.3 - Interventi di misura dei campi a radiofrequenza effettuati nei diversi anni su tutta la regione - anni 1999-2005



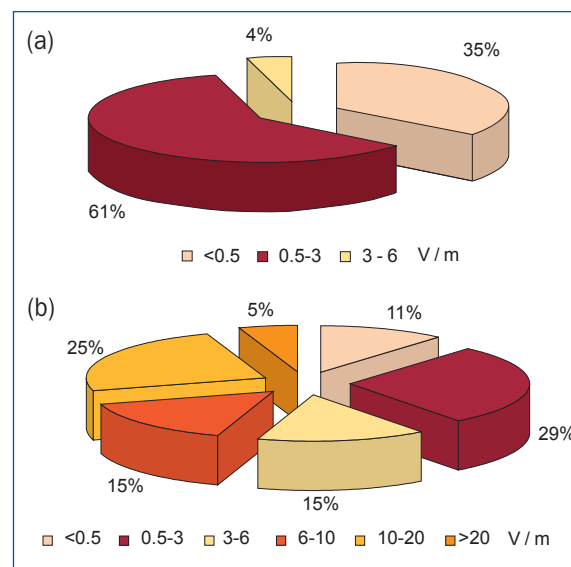
Fonte: Arpa Piemonte

In figura 12.4 sono riportate le distribuzioni dei livelli di campo misurati in prossimità delle SRB (a) e nel monitoraggio dei siti Radio-Tv (b).

I livelli di campo rilevati in prossimità delle SRB sono minori rispetto a quelli rilevati in prossimità delle antenne Radio-Tv, essendo le potenze utilizzate inferiori.

In prossimità delle SRB non si hanno superamenti del limite di esposizione di 20V/m (valore di campo che non deve essere mai superato in alcuna condizione di esposizione, DPCM 08/07/03) o del valore di attenzione di 6 V/m (valore di campo che non deve essere superato all'interno di edifici adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore giornaliere), e più in generale i livelli di campo, indipendentemente dall'area considerata, sono ampiamente inferiori al limite, valore di attenzione e obiettivo di qualità.

Figura 12.4 - 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 2005



Fonte: Arpa Piemonte

I valori di campo rilevati in prossimità delle SRB sono sempre inferiori ai limiti applicabili nei singoli punti di misura. Nel caso delle misure effettuate in prossimità delle antenne radio-tv si hanno diversi casi di superamento, spesso comunque in luoghi privi di abitazione e accessibili alla popolazione solo tramite sentieri.

Valori più alti sono stati rilevati nel monitoraggio dei siti radio-tv e in prossimità delle antenne stesse. In questo caso nel 4,5% delle misure si ha un superamento del valore di attenzione di 6 V/m, dove applicabile, a fronte di un totale del 45% di valori misurati superiori a 6 V/m. Nel 5% dei casi viene inoltre superato il limite di esposizione di 20 V/m. E' comunque

Nel corso degli anni, a parte alcune oscillazioni nella fase iniziale, il numero di interventi varia tra 400 e 600 interventi l'anno.

da rilevare che queste misure vengono spesso condotte in siti critici, per il rilascio di pareri o nel caso in cui le valutazioni teoriche forniscano indicazioni di livelli di campo elevati. Pertanto la distribuzione di frequenza di questi valori non è rappresentativa dei valori di campo medi presenti su tutta la regione.

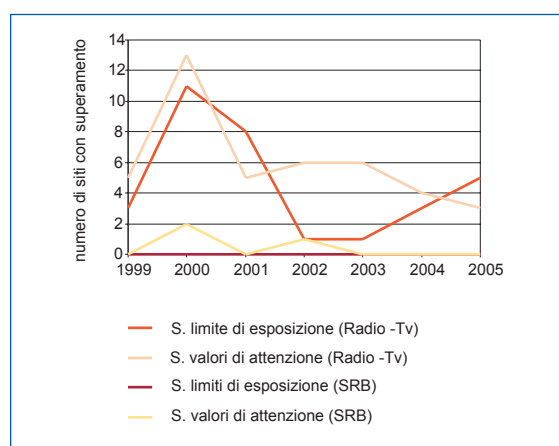
12.1.4 Superamenti dei limiti e dei valori di attenzione, risanamenti

In figura 12.5 è riportato il numero di situazioni in cui nel corso degli anni si è riscontrato superamento dei limiti di esposizione e dei valori di attenzione di campo elettromagnetico a radiofrequenza fissati dal DPCM 28/08/03. Il numero di superamenti è riportato separatamente per le emissioni dovute alle antenne radiotelevisive e quelle dovute alle SRB.

In corrispondenza delle SRB non si sono più registrati superamenti, mentre in prossimità di impianti radiotelevisivi se ne sono riscontrati in totale 8. Le situazioni non a norma corrispondono generalmente a siti collinari nei quali si concentrano diverse emittenti con potenze di trasmissione elevate. In diversi casi il superamento avviene in aree dove non sono presenti

abitazioni, spesso accessibili solo tramite sentieri o strade sterrate, e che pertanto non danno luogo a esposizione indebita di un gran numero di persone. In altri casi, tuttavia, gli impianti sono in prossimità di abitazioni, parchi e aree comunque molto frequentate, provocando esposizioni elevate e prolungate su una popolazione anche numerosa.

Figura 12.5 - Superamenti (S) del valore di attenzione e dei limite di esposizione dovuti alle antenne radiotelevisive e alle stazioni radio base - anni 1999-2005



Fonte: Arpa Piemonte

• Nel caso delle SRB, vengono sempre rispettati i limiti fissati dalla normativa vigente, mentre per quanto riguarda gli impianti radiotelevisivi permangono delle situazioni non a norma.

box 2 Gli sviluppi tecnologici nel campo dei sistemi di telecomunicazione

L'enorme diffusione dei sistemi portatili di telecomunicazione, quali computer portatili e palmari, e la richiesta di velocità di connessione sempre maggiori ha sviluppato i sistemi "wireless" a larga banda quali il Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) e il Wi-Max (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*). I sistemi WiFi, operanti sulla banda dei 2.4GHz e 5GHz, rispondono allo standard IEEE 802.11 e utilizzano potenze di trasmissione non superiori a 1 W (²EIRP) che consentono collegamenti fino a 300 m circa. Vengono normalmente utilizzati per fornire accessi Internet a larga banda con un *bitrate* compreso tra 2 Mbit/s e 54 Mbit/s. Data la bassa potenza utilizzata, non presentano particolari problemi di inquinamento elettromagnetico. Diverso è il discorso

per i sistemi Wi-Max (IEEE 802.16), utilizzati per integrare i sistemi WiFi e garantirne l'interoperabilità, consentendo connessioni fino a 50 km con potenze di trasmissione fino a 20 W. Questi sistemi, ancora in fase sperimentale, presentano alcune problematiche per quanto concerne la misura dei campi elettromagnetici a causa della larghezza di banda utilizzata (tra 1.25MHz e 20MHz) ed è quindi in corso uno studio, nell'ambito di un gruppo CEI, sulle risposte dei sensori a segnali digitali a larga banda. Altro sistema di telecomunicazione è la televisione digitale per dispositivi portatili (DVB-H, ovvero *Digital Video Broadcast - Handheld*). Si tratta di una nuova tecnologia di diffusione (*broadcasting*) che consente la fruizione di contenuti

televisivi in mobilità su terminali portatili quali telefoni cellulari, PC portatili e palmari (PDA). Gli aspetti principali di questa tecnologia, derivata dalla televisione digitale terrestre (DVB-T), sono l'adozione di più efficaci metodi di compressione dei dati (MPEG4), l'utilizzo di modulazioni più resistenti alle interferenze (COFDM 4k), e lo sviluppo di sistemi per la riduzione del consumo delle batterie del dispositivo portatile (*Time Slicing*). Il sistema funziona operando una sinergia tra il fornitore del servizio televisivo (*broadcaster*) e il gestore di telefonia mobile che abilita il servizio implementando sui propri impianti antenne dedicate al servizio con potenze di trasmissione dell'ordine dei 10 W.

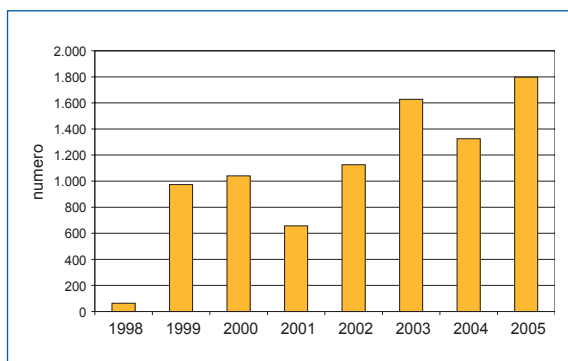
¹IEEE: Institute of Electrical and Electronic Engineers - ²EIRP: Equivalent Isotropic Radiated Power.

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

L'installazione di un nuovo impianto per le telecomunicazioni e la modifica di un impianto già esistente richiedono che venga rilasciato da Arpa un parere tecnico o un pronunciamento (rispettivamente ai sensi della LR 19/04 e del DLgs 259/03).

Entrambi vengono formulati sulla base di una valutazione teorica dei livelli di campo immessi nell'ambiente dal nuovo impianto, o dall'impianto su cui deve essere effettuata la modifica, ai fini della verifica dei limiti di legge. Il numero totale di pareri e pronunciamenti rilasciati rappresenta un buon indicatore sia dell'attività di controllo svolta dall'Agenzia in risposta alle richieste normative sia dello sviluppo delle reti per telecomunicazioni.

Figura 12.6 - Pratiche analizzate per il rilascio di pareri - anni 1998-2005



Dal grafico è evidente che il numero di pratiche analizzate è sensibilmente aumentato nel corso degli anni. L'aumento rilevato nel 2005 è legato all'entrata in vigore della legge regionale LR 19/04 nell'agosto del 2004 e alla successiva regolarizzazione di molti impianti radio-TV.

12.1.6 Il progetto di monitoraggio con centraline fisse rilocabili

Per verificare le variazioni temporali dei campi elettromagnetici a radiofrequenza prodotti da impianti di telecomunicazione, in particolare dalle stazioni radio base per la telefonia cellulare, e individuare eventuali situazioni di criticità, si sono utilizzati sistemi di monitoraggio in continuo, in modo estensivo e capillare, nell'ambito di un progetto nazionale finanziato dal Ministero delle Comunicazioni.

Con decreto del Ministro delle Comunicazioni del 26

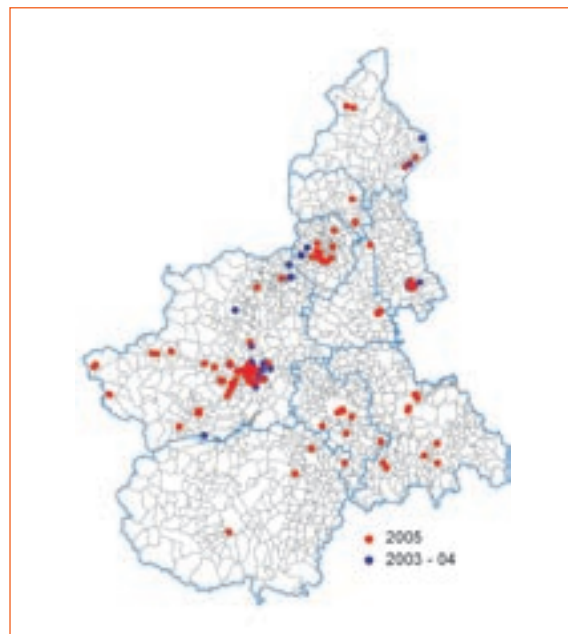
aprile 2004 sono state approvate 'Le Linee Guida per la realizzazione della rete di monitoraggio dei livelli di campo elettromagnetico', nelle quali sono stati identificati i criteri per la progettazione e per il dimensionamento di una rete di monitoraggio nazionale dei campi elettromagnetici.

Inoltre venivano disciplinati i rapporti tra la Fondazione Ugo Bordoni e le Agenzie Regionali per la Protezione Ambientale. Per il Piemonte la realizzazione della una rete di monitoraggio in continuo è gestita da Arpa.

Nell'ambito di incontri tra Regione e Arpa, sono state definiti i criteri di localizzazione e quindi, con le Province, sono stati individuati i singoli Comuni in cui si sarebbero posizionate le centraline.

In ogni sito, le centraline vengono posizionate per un periodo di circa quattro settimane, durante il quale inviano giornalmente i dati via GSM al centro di controllo.

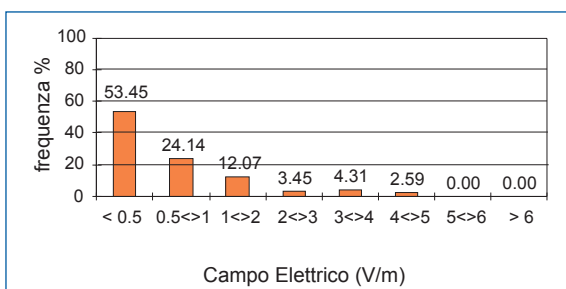
Figura 12.7 - Dislocazione delle centraline posizionate al 31/12/2005



In figura 12.7 si riporta la distribuzione dei 184 siti monitorati in Piemonte al 31/12/2005.

La statistica dei valori medi misurati dalle centraline evidenzia valori inferiori a 2 V/m in quasi il 90% dei casi (figura 12.8).

Figura 12.8 - Statistica dei valori medi rilevati nel 2005



I dati misurati dalle centraline sono validati e quindi trasmessi al centro di controllo nazionale, che provvede a pubblicarli sul sito internet, permettendo così la visione al cittadino.

box 3 Studio di un indicatore di impatto degli elettrodotti

Un'indicazione dell'impatto delle linee elettriche sul territorio regionale, in termini di popolazione esposta ai campi elettrici e magnetici da esse generati, è stata ricavata valutando la densità di edificato all'interno di corridoi a cavallo delle linee stesse.

In particolare, si è lavorato su fasce di ampiezza determinata in funzione della tipologia di linea, sulla base dell'obiettivo di qualità sul campo magnetico (3 μ T). All'interno di tali fasce è possibile riscontrare livelli di esposizione significativi rispetto ai normali livelli domestici. Le ampiezze utilizzate sono le seguenti:

- Linee con tensione 380kV - 80m a cavallo della linea
- Linee con tensione 220kV - 50m a cavallo della linea
- Linee con tensione 132kV - 30m a cavallo della linea

Per ogni tronco di linea è stata quindi calcolata l'area complessiva degli edifici ricadente all'interno dell'area delimitata dal corridoio.

L'indicatore calcolato è dunque la percentuale di edificato rispetto all'area del corridoio, che dà un'informazione sintetica sul "peso" di una determinata linea per quanto riguarda la popolazione esposta ai

12.1.7 Sviluppo delle linee elettriche

Sulla base del catasto regionale degli elettrodotti in fase di popolamento, è stata elaborata la mappa della distribuzione delle linee elettriche ad alta tensione sul territorio piemontese (vedi RSA 2005).

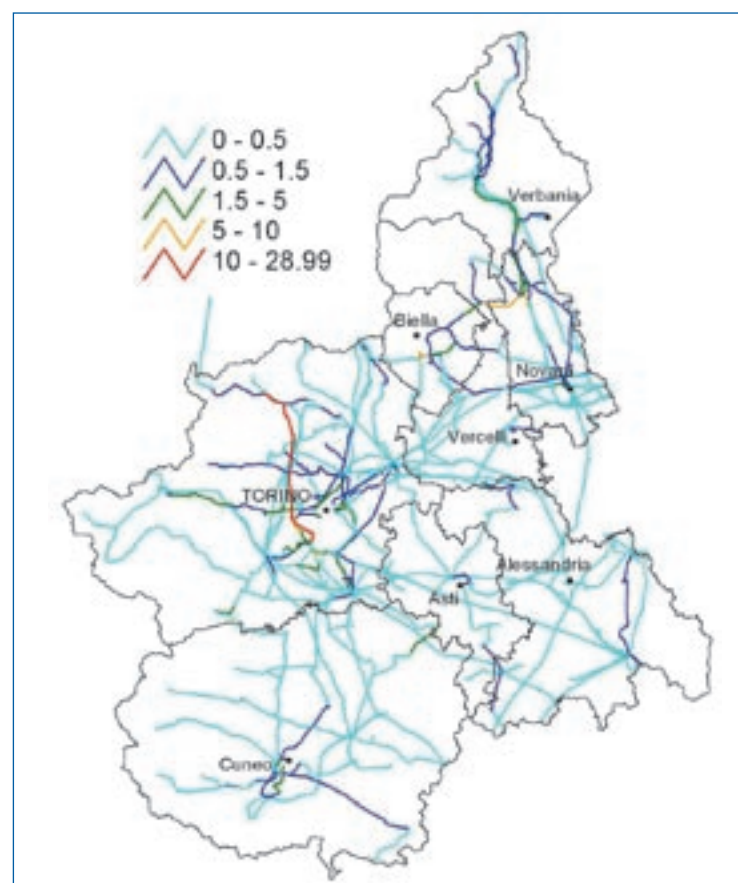
Tale mappa è sovrapposta alla rappresentazione della densità delle linee nelle diverse province (km di linee per unità di superficie), dalla quale si può evidenziare come le province con maggiore impatto da parte degli elettrodotti siano quelle di Torino e Novara, mentre un impatto decisamente inferiore, in rapporto alla superficie totale, si verifica per le province di Biella, Asti e Cuneo. I dati sono risultati invariati rispetto all'anno 2004.

campi elettromagnetici: nella figura a ciascuna linea è stato associato un colore in funzione del valore assunto dall'indicatore.

Si può osservare come a più dell'80%

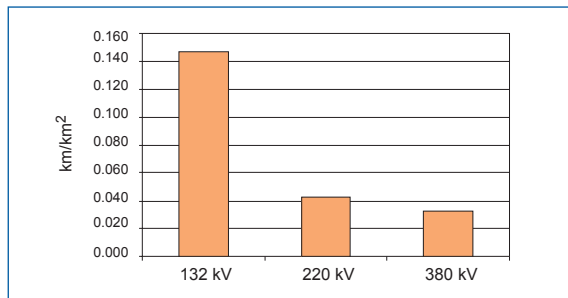
dei tronchi di linea sia associato un valore di percentuale di edificato inferiore all'1,5%, mentre solamente per il 3% dei tronchi tale indicatore ha valore maggiore del 10%.

Distribuzione della percentuale di edificato rispetto all'area del corridoio per le linee ad alta tensione



Fonte: Arpa Piemonte e CSI Piemonte

Figura 12.9 - Sviluppo delle linee elettriche in rapporto alla superficie regionale - anno 2005



Fonte: Arpa Piemonte

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.

Foto: L. Beccari



12.1.8 Interventi di controllo e monitoraggio per le basse frequenze

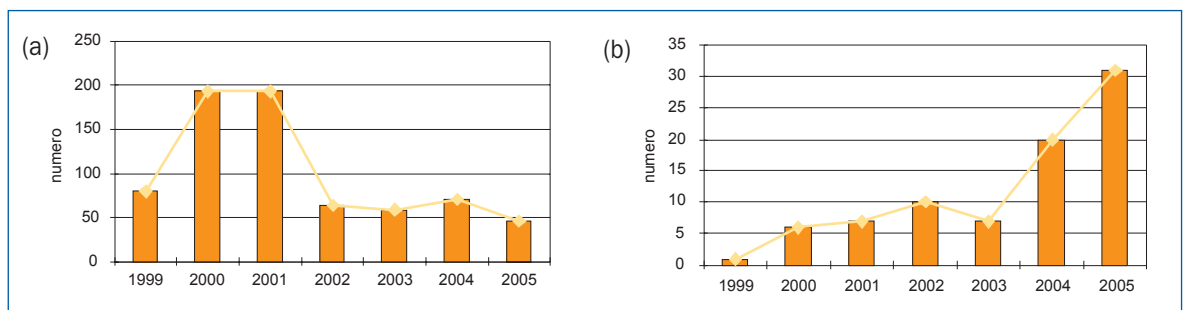
Al fine di valutare i livelli di esposizione della popolazione, nel 2005 sono stati effettuati 46 interventi di misura in tutta la regione, suddivisi fra esposti provenienti dai cittadini, richieste da parte di amministrazioni pubbliche e attività di monitoraggio.

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 elettodotto). Nell'anno 2005 sono state effettuate 31 tra valutazioni teoriche e pareri preventivi.

La figura 12.10 riporta la variazione del numero di interventi (a) e del numero di pareri (b) negli anni dal 1999 al 2005.

Si osserva, a fronte di una diminuzione del numero di interventi di misura negli ultimi anni, un aumento costante dell'attività di valutazione teorica ed emissione pareri, con un picco nel 2005, anche a causa dell'attuazione di quanto previsto dal DPCM 08/07/03.

Figura 12.10 - Interventi di misura dei campi elettrici e magnetici a bassa frequenza (a) e valutazioni teoriche e pareri preventivi (b) - anni 1999-2005



Fonte: Arpa Piemonte

12.2 RADIAZIONI IONIZZANTI

A cura di **Luca Albertone, Donatella Bianchi, Enrico Chiaberto, Maria Clivia Losana, Mauro Magnoni, Laura Porzio** - Arpa Piemonte

Le radiazioni ionizzanti possono essere sia di origine naturale - generate dagli elementi radioattivi presenti nella crosta terrestre e dai raggi cosmici provenienti dallo spazio - sia di origine artificiale - generate da attività antropiche. L'impiego delle radiazioni ionizzanti in medicina, nell'industria, nella produzione di energia e nella ricerca scientifica implica necessariamente la generazione di rifiuti radioattivi e l'immissione di contaminanti nell'ambiente, sia in condizioni di normale esercizio che in caso di rilasci accidentali. L'indice dell'esposizione a queste fonti di radiazioni ionizzanti è la "Dose Efficace", grandezza sulla quale il sistema normativo pone delle limitazioni.

Lo scopo delle azioni di monitoraggio e controllo è quello di garantire la tutela dell'ambiente e il rispetto delle dosi alla popolazione

Nella tabella sottostante sono riportati gli indicatori identificati per le radiazioni ionizzanti.

12.2.1 Reti regionale e nazionale di monitoraggio

Mauro Magnoni, Donatella Bianchi, Enrico Chiaberto, Maria Clivia Losana - Arpa Piemonte

Nell'ambito delle reti di monitoraggio vengono analizzate matrici ambientali e alimentari. I risultati delle matrici analizzate per la rete nazionale vengono inviati ad Apat, che li utilizza per il calcolo della dose media italiana e li invia a sua volta alla Comunità Europea per alimentare la banca dati europea. I risultati delle matrici analizzate nell'ambito della rete regionale sono utilizzati dal Centro Regionale di Arpa per valutazioni dosimetriche relative al territorio piemontese e per lo studio approfondito di alcune realtà territoriali. L'analisi di alcune matrici è di fondamentale importanza per la tempestiva identificazione di incidenti nucleari o radiologici nazionali ed esteri. L'analisi di

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	2005	+++
Concentrazione di Cesio 137 nelle matrici ambientali	S	Arpa Piemonte	Bq/kg; Bq/m ² Bq/m ³	Puntuale	2005	+++
Concentrazione di radon indoor	S	Arpa Piemonte	Bq/m ³	Regione	2005	++
Dose efficace	I	Arpa Piemonte	mSv/anno	Regione	2005	+++

Reti locali di monitoraggio dei siti nucleari

Impianti nucleari	D	Apat	numero	Puntuale	2005	+++
Impianti nucleari: attività di radioisotopi rilasciati in aria e in acqua	P	Apat, Sogin, Deposito Avogadro	Bq	Puntuale	2005	+++
Quantità di rifiuti radioattivi e combustibile irraggiato detenuti	P	Apat, Sogin, Deposito Avogadro	Bq	Puntuale	2005	+++
Concentrazione di attività di radionuclidi in matrici ambientali e alimentari	S	Arpa Piemonte	Bq/kg, Bq/l Bq/m ² , Bq/m ³	Puntuale	2005	+++
Dose efficace media agli individui dei gruppi critici in un anno	I	Arpa Piemonte	mSv/anno	Puntuale	2005	+++
Attuazione delle reti locali di sorveglianza della radioattività ambientale	R	Arpa Piemonte	numero campioni	Regione	2005	+++

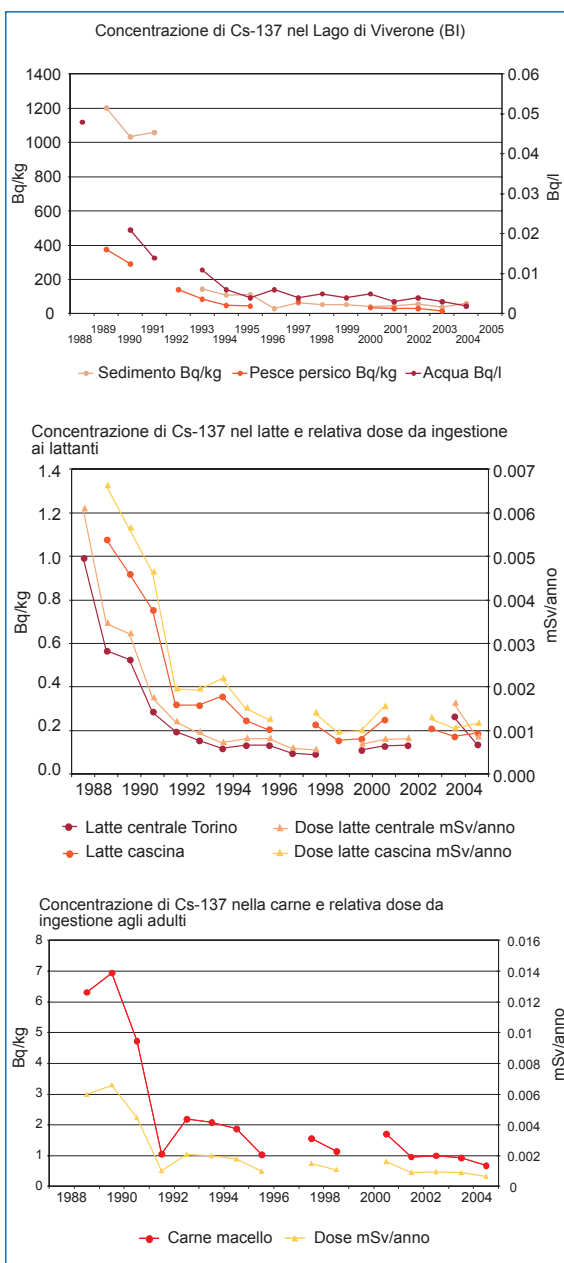
Tabella 12.1 - Alcune matrici analizzate nell'ambito delle Reti di monitoraggio della radioattività ambientale

Matrice	Matrici ambientali		Matrice	Matrici alimentari	
	Scopo principale	Periodicità minima di misura		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

• Si osserva che la carne contiene mediamente più Cs-137 del latte e che quest'ultimo presenta differenze a seconda della provenienza (cascina o centrale), anche se la contaminazione risulta modesta. Si rileva inoltre come ad oggi il latte, consumato in quantità maggiori, fornisca una dose simile alla carne - 0,001 mSv/anno - che, come detto, ha una concentrazione di Cs-137 più elevata.

Figura 12.11 - Andamento della concentrazione di Cs-137 in alcune matrici ambientali e alimentari - anni 1988-2005



Fonte: Arpa Piemonte

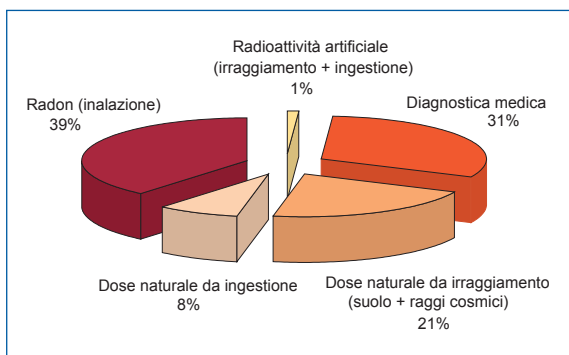
altre matrici è utile per identificare, in caso di incidente, le vie critiche di esposizione e la conseguente dose alla popolazione. In assenza di incidenti i risultati delle analisi sono comunque utili ai fini di conoscenza del territorio. Infatti il monitoraggio effettuato attraverso le reti, oltre al fine sanitario del rispetto dei limiti di dose stabiliti dalla normativa, è particolarmente utile per conoscere la distribuzione degli inquinanti radioattivi nell'ambiente e l'eventuale dispersione o accumulo in zone o matrici particolari.

Il numero di matrici analizzate nell'ambito delle reti di monitoraggio è aumentato negli ultimi anni, soprattutto per quanto riguarda le matrici alimentari. Infatti dal 2002 al 2005 l'incremento è stato del 10% (da 680 campioni a 753 campioni). Il radionuclide artificiale su cui viene focalizzata l'attenzione è il Cs-137, in quanto è quello ancora maggiormente diffuso a livello ambientale, in conseguenza sia dell'incidente di Chernobyl del 1986 sia degli esperimenti nucleari in atmosfera degli anni '50-'60. Le concentrazioni del Cs-137 nelle matrici ambientali e alimentari sono rimaste in linea con le concentrazioni misurate negli ultimi anni. Infatti, dopo una rapida decrescita negli anni successivi all'incidente di Chernobyl, i livelli di Cs-137 in ambiente si sono stabilizzati e, a seconda delle matrici analizzate, si hanno diminuzioni più o meno marcate e concentrazioni che vanno dalla frazione di Bq/kg per le matrici alimentari alla decina di Bq/kg per alcune matrici ambientali. Analogamente è anche diminuita nel corso degli anni la dose dovuta all'ingestione di alimenti contaminati da Cs-137, calcolata supponendo un consumo medio da parte della popolazione (0.8 l/giorno di latte per i lattanti e 0.2 kg al giorno di carne per gli adulti) e utilizzando i coefficienti di dose riportati sulla normativa

(DLgs 241/00).

Le concentrazioni di Cs - 137 nel latte, nella carne e in generale nelle matrici alimentari non influiscono tuttavia in modo significativo sulla dose annuale alla popolazione, che in assenza di gravi incidenti radiologici è dovuta principalmente alla radioattività di origine naturale, in primo luogo all'inhalazione di gas radon. Infatti la dose dovuta alla radioattività artificiale è solo 1% della dose totale, mentre la dose da radon rappresenta il 39% della dose totale stimata per la popolazione piemontese in 3,8 mSv/anno.

Figura 12.12 - Dose efficace media individuale



Fonte: Arpa Piemonte

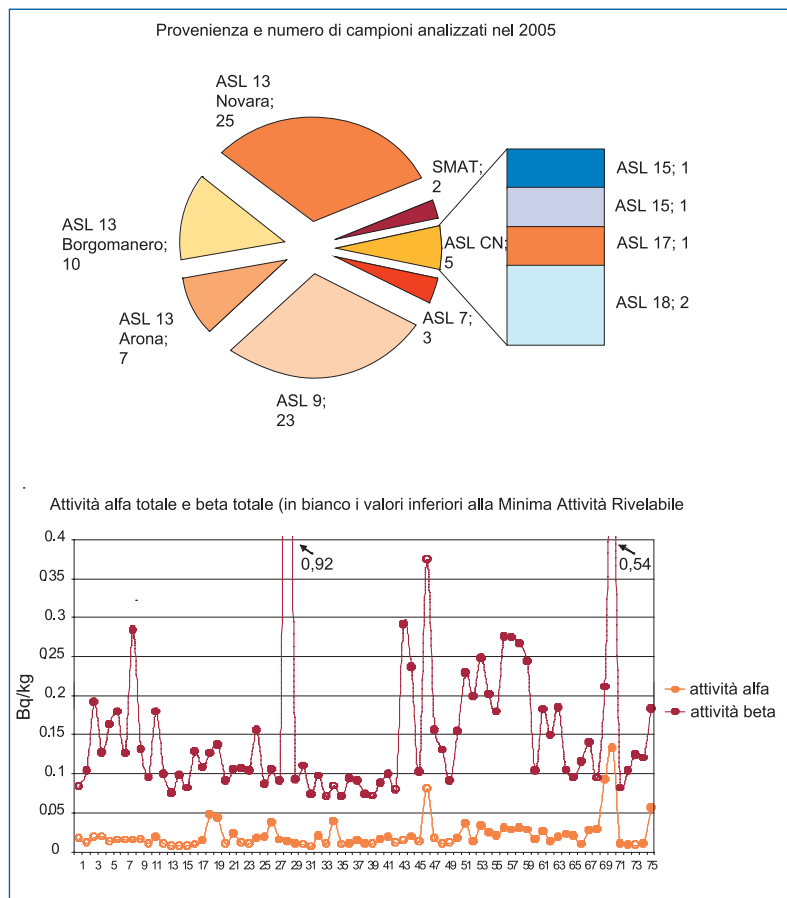
Analisi su campioni di acque destinate al consumo umano ai sensi del DLgs 31/01

In attuazione del DLgs 31/01 vengono effettuate per conto del Servizio Sanitario analisi di attività alfa totale e beta totale su campioni di acqua destinata al consumo umano. Nel corso del 2005 sono state effettuate 75 analisi alfa totale e beta totale.

Tali analisi sono finalizzate alla valutazione della dose totale indicativa e la conseguente verifica del rispetto del limite di 0,1 mSv/anno imposto dal suddetto decreto.

Poiché la dose totale indicativa è una grandezza non misurabile ma valutabile, le analisi di attività alfa totale e beta totale fungono da *screening* per identificare le acque sulle quali è necessario effettuare analisi più approfondite e calcolare successivamente la dose. In mancanza di riferimenti normativi nazionali, si considerano come valori limite quelli indicati

Figura 12.13 - Analisi su campioni di acque destinate al consumo umano - anno 2005



Fonte: Arpa Piemonte

dall'OMS, precisamente 0,5 Bq/kg per l'attività alfa totale e 1 Bq/kg per l'attività beta totale. Nel corso del 2005 non sono state riscontrate concentrazioni superiori a tali valori in alcun campione analizzato (figura 12.13).

12.2.2 Le reti locali di monitoraggio dei siti nucleari

Luca Albertone, Laura Porzio - Arpa Piemonte

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.

Gli impianti si trovano tutti in stato di fermo e si stanno avviando le prime operazioni propedeutiche al *decommissioning* degli stessi. Vengono rilasciati

• In nessun caso le concentrazioni di attività alfa totale e beta totale hanno superato i valori raccomandati. I valori massimi si attestano intorno a 0,1 Bq/kg per l'attività alfa e 0,9 Bq/kg per l'attività beta.

Tabella 12.2 - Gli impianti nucleari piemontesi

Sito nucleare	Impianto	Tipologia
Bosco Marengo (AL)	Ex FN-SOGIN	Fabbricazione combustibile nucleare
Trino (VC)	Centrale "E. Fermi"-SOGIN	Impianto di potenza
Saluggia (VC)	Eurex-SOGIN	Riprocessamento combustibile irraggiato
	Deposito Avogadro	Deposito temporaneo combustibile irraggiato

nell'ambiente effluenti radioattivi liquidi e aeriformi nel rispetto di precise formule di scarico assegnate in sede autorizzativa.

Quantità di rifiuti radioattivi e combustibile irraggiato

Tutti gli impianti ospitano depositi temporanei di stoccaggio di rifiuti radioattivi solidi e, nel caso dell'impianto Eurex di Saluggia, anche di rifiuti liquidi derivanti dall'esercizio pregresso. Inoltre nelle piscine di stoccaggio della centrale "E. Fermi" di Trino, dell'impianto Eurex e del Deposito Avogadro di Saluggia è ancora presente del combustibile nucleare irraggiato, mentre presso l'impianto di Bosco Marengo alla data del 31-12-2005 era depositato combustibile fresco (figura 12.14).

Il Piemonte presenta attualmente la quantità più ingente di rifiuti radioattivi a livello nazionale e si stima che, a conclusione delle operazioni di *decommissioning* degli impianti, continuerà ad ospitare il quantitativo maggiore di rifiuti radioattivi da inviare al deposito nazionale quando questo sarà disponibile.

Per quanto riguarda invece il combustibile nucleare irraggiato, attualmente è l'Emilia Romagna ad ospitarne il quantitativo maggiore in attesa dell'invio al riprocessamento.

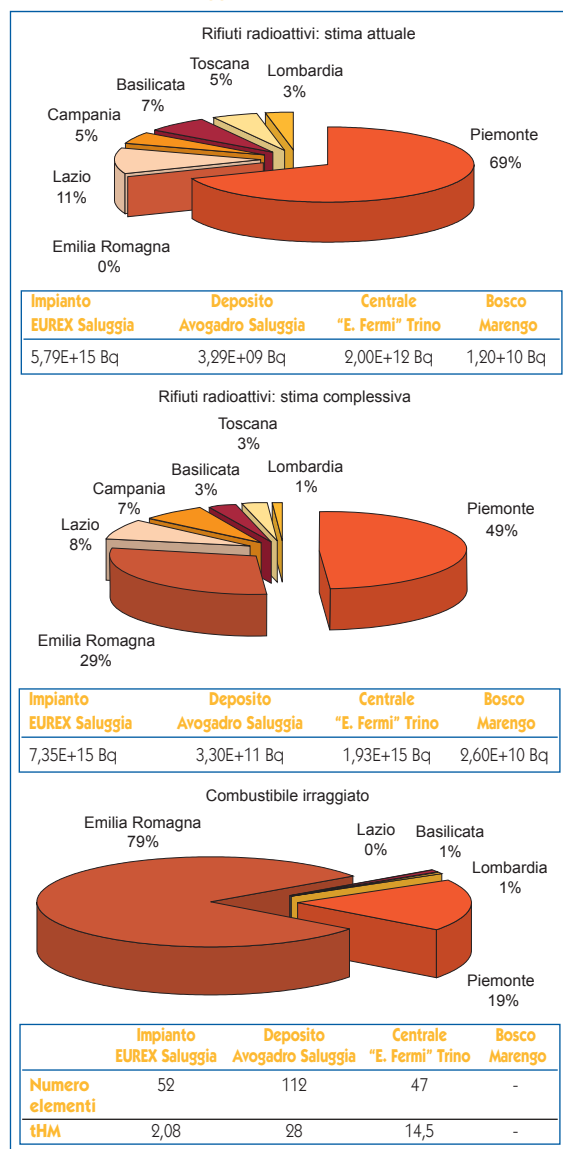
Il combustibile fresco, presente solo presso il sito di Bosco Marengo per una quantità complessiva di 47 tonnellate distribuite tra Uranio impoverito, Uranio naturale e Uranio arricchito, è destinato all'alienazione all'estero nel corso dell'anno 2006.

Concentrazione di attività di radionuclidi in matrici ambientali e alimentari

Lo scarico di effluenti radioattivi liquidi e aeriformi nonché la presenza presso i siti di rifiuti radioattivi e di combustibile nucleare costituiscono un forte fattore di pressione per il territorio e inducono a tenere costantemente sotto controllo lo stato radiologico dell'ambiente.

Arpa gestisce tre reti locali di monitoraggio della radioattività ambientale che prevedono il prelievo periodico di matrici ambientali e alimentari in punti ritenuti significativi: a partire dal grado di contaminazione di queste matrici è possibile effettuare la valutazione della dose efficace ai gruppi critici della popolazione. Nei grafici di figura 12.15 sono riportati gli andamenti di matrici particolarmente significative quali particolato atmosferico, acqua potabile e di falda superficiale. I valori misurati delle concentrazioni dei radioisotopi di

Figura 12.14 - Distribuzione delle quantità di rifiuti radioattivi e combustibile irraggiato - anno 2005



Fonte: Apat

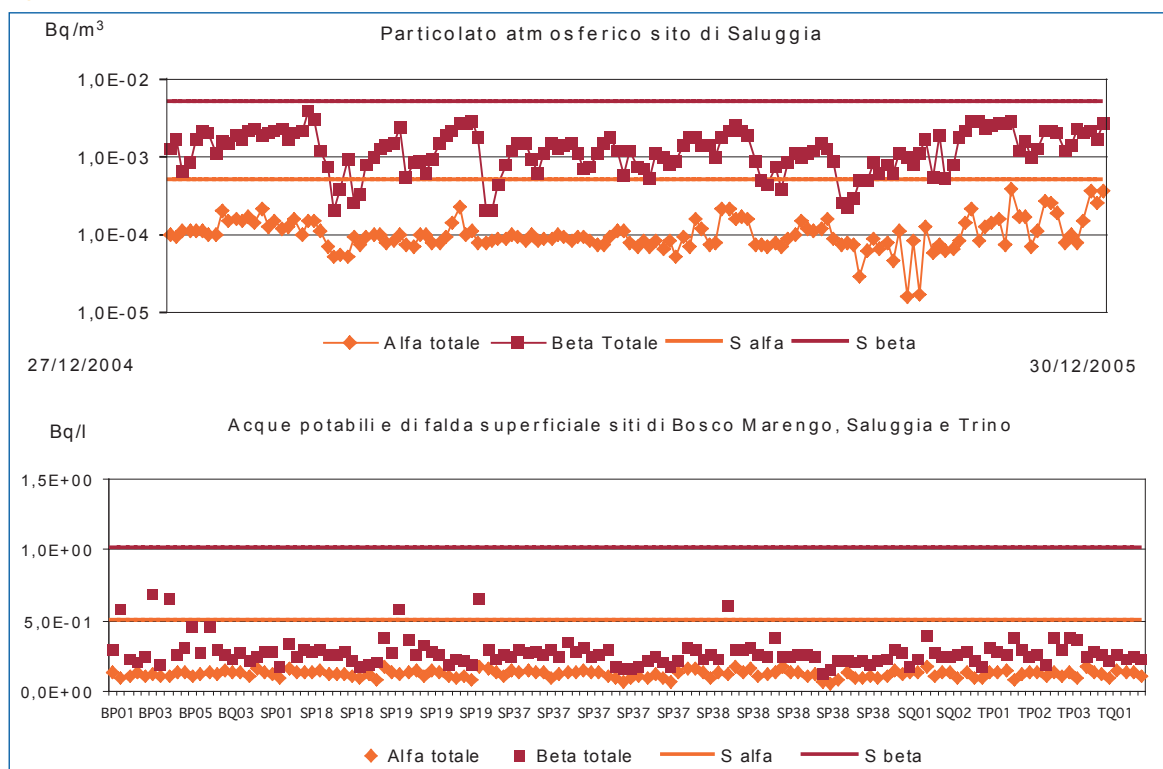
interesse nelle matrici ambientali e alimentari si sono mantenuti al di sotto dei valori di riferimento adottati (indicati nei grafici dalle linee continue) che corrispondono al limite per la non rilevanza radiologica fissato dal DLgs 230/95 e s.m.i. in 10 µSv per anno.

Stato di attuazione delle reti locali di monitoraggio dei siti nucleari

Le strategie di controllo nel corso degli ultimi anni sono state adeguate all'evoluzione delle attività svolte dagli impianti. In particolare si è ritenuto necessario:

- intensificare i punti di prelievo di alcune matrici;
- definire i livelli operativi ovvero sia i valori soglia di concentrazione per i radionuclidi di interesse in ogni matrice considerata, tenendo conto anche dei valori di *screening* e dei valori guida fissati a livello internazionale per alcune matrici, al fine di disporre di un

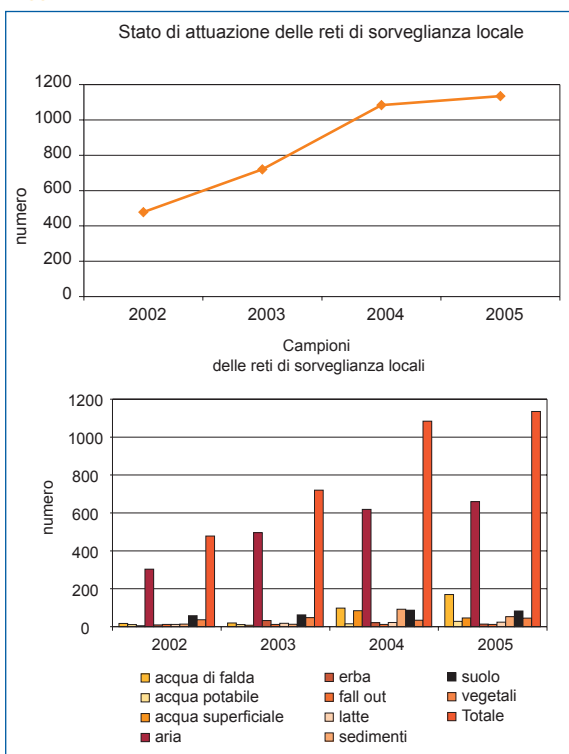
Figura 12.15 - Concentrazione di attività di radionuclidi in matrici ambientali e alimentari



• I valori misurati sono risultati al di sotto dei valori di riferimento adottati (linee continue).

Fonte: Arpa Piemonte

Figura 12.16 - Stato di attuazione delle reti locali di monitoraggio dei siti nucleari



Fonte: Arpa Piemonte

• A partire dall'anno 2002, al fine di adeguare le reti locali di monitoraggio della radioattività ambientale dei siti nucleari di Bosco Marengo (AL), Saluggia (VC) e Trino (VC) ai nuovi scenari legati alle attività di decommissioning, il numero di punti di prelievo e la frequenza di campionamento di matrici ritenute significative è progressivamente aumentato.

immediato strumento di confronto con i limiti di dose fissati dal DLgs 230/95 e s.m.i. (limite di dose efficace pari a 1 mSv per anno e limite per la non rilevanza radiologica pari a 10 µSv per anno).

I risultati delle misure non hanno evidenziato fenomeni significativi di contaminazione ambientale e la dose efficace agli individui dei gruppi critici della popolazione riferibili ai tre siti nucleari piemontesi si è mantenuta al di sotto del limite per la non rilevanza radiologica (10 µSv per anno).

L'adeguamento delle reti locali di monitoraggio della radioattività ambientale e la loro corretta attuazione costituiscono una garanzia per la tutela dell'ambiente (figura 12.16)

12.2.3 Il radon e la mappatura del rischio in Piemonte

Mauro Magnoni, Enrico Chiaberto - Arpa 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).

In Italia si stima siano imputabili al radon ben 3.000

casi di tumore al polmone all'anno e ciò pone sicuramente tale inquinante al secondo posto dopo il fumo di sigaretta quale causa di neoplasie polmonari. Dal punto di vista sanitario l'interesse verso questo inquinante naturale degli ambienti confinati è quindi notevole.

Sotto l'aspetto normativo il radon è disciplinato nei DLgs 241/00. 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 ad elevata probabilità di alte concentrazioni di attività di radon (*radon prone areas*) nelle quali l'obbligo della misura del radon è estesa anche ai luoghi di lavoro non interrati.

Per questo motivo la Regione, nel corso del 2005, ha incaricato ufficialmente Arpa di predisporre una proposta di classificazione del rischio radon sul territorio piemontese, nonostante la perdurante assenza di indicazioni a livello nazionale sui criteri di definizione delle suddette aree a rischio.

Il principale compito di Arpa Piemonte in questo settore è dunque quello di costruire una mappa che descriva la distribuzione territoriale del rischio radon. Per far ciò Arpa sta operando in varie direzioni:

1. effettuazione di nuove campagne di misura, al fine di ottenere nuovi dati a completamento dell'attuale database (tabella 12.3);
2. creazione di un data base georeferenziato;
3. armonizzazione del campione e normalizzazione dei punti di misura;
4. studio e applicazione dei criteri per la definizione delle aree ad elevata probabilità di alte concentrazioni;
5. analisi con metodi statistici delle distribuzioni radon locali a partire da una suddivisione del territorio in unità amministrative (province e comuni);
6. indagini e valutazioni geologiche connesse al problema dell'emanazione del radon dal suolo e correlazione con le misure del radon;
7. studi epidemiologici degli effetti sulla salute del radon in Piemonte.

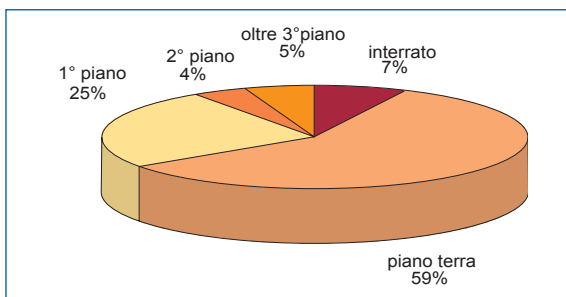
Un aspetto di particolare interesse è stato l'armonizzazione dei dati rivolta alla definizione delle *radon prone areas*. Partendo da una composizione eterogenea del campione (figura 12.17) sono state elaborate le distribuzioni di densità di probabilità lognormali al variare del piano dell'edificio (figura 12.18), per poi ottenere la normalizzazione delle concentrazioni radon al piano terra (figura 12.19). Possedere un campione di misure radon normalizzato al piano terra permette, infatti, di studiare e individuare eventuali correlazioni tra il radon e la litologia e geologia del suolo. La distri-

Tabella 12.3 - Le misure del radon: monitoraggi, indagini e campagne di misura - anni 1990 - 2006

Misura	Abitazioni	Periodo	Punti di misura numero
Radon in aria	Campagna Nazionale in Piemonte	1990 -1991	432
	Provincia di Cuneo	1992 -1994	244
	Provincia di Biella - valle Cervo	1993	80
	Campagne nel Torinese	1995	148
	Campagna Canavese (TO)	2001 -2002	212
	Campagna nel Verbano	2002 -2003	204
	Provincia di Vercelli	2003	18
	Provincia di Novara	2003-2004	50
	Totale misure in abitazioni		1.388
Misura	Scuole	Periodo	Punti di misura numero
Radon in aria	Provincia di Alessandria	2001	100
	Provincia di Asti	2003 - 2004	76
	Provincia di Novara	2003 - 2004	50
	Città di Biella	2004 - 2005	30
	Materne e elementari della provincia di Torino	2004 - 2006	226
	Provincia Biella - Vercelli - Asti	2005 - 2006	60
	Provincia Cuneo	2005 - 2006	31
	Provincia Verbania	2005 - 2006	30
Totale misure in edifici scolastici		603	

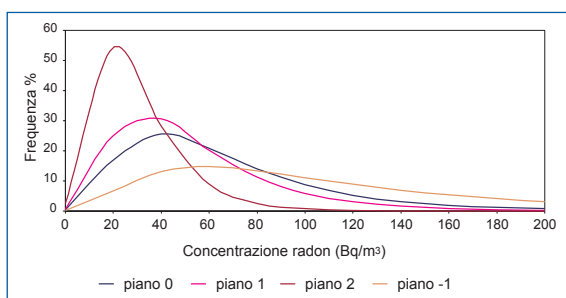
buzione ottenuta è risultata congruente con i soli dati originariamente già riferiti al piano terra, a garanzia dell'efficacia della normalizzazione operata sull'intero campione.

Figura 12.17 - Campione di misure del radon analizzato sulla base del piano dell'edificio in cui è stata effettuata la misura



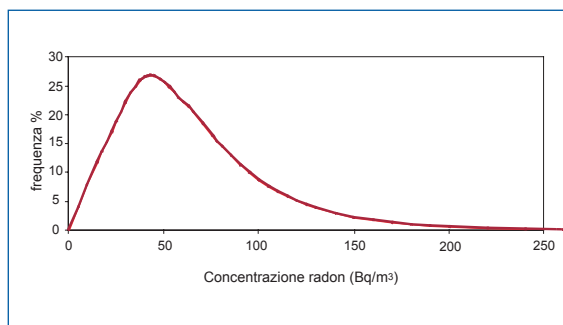
Fonte: Arpa Piemonte

Figura 12.18 - Analisi delle distribuzioni lognormali della concentrazione di attività radon al variare dell'altezza del piano in cui è stata effettuata la misura



Fonte: Arpa Piemonte

Figura 12.19 - Distribuzione lognormale del radon a partire dal campione di dati normalizzato al piano terra



Fonte: Arpa Piemonte

Oltre ai compiti legati strettamente agli aspetti istituzionali, l'attività di Arpa si è rivolta ad approfondire ulteriori, diversi, campi di particolare interesse:

- la messa a punto in laboratorio di metodiche e protocolli di misura;
- lo studio e la messa in opera di azioni di bonifica;
- la divulgazione del problema del radon;
- lo studio del radon *outdoor* come tracciante di inquinanti atmosferici;
- la partecipazione ad interconfronti nazionali e internazionali;
- esposizioni a concentrazioni controllate in "camera radon";
- studio del radon in acqua (tabella 12.4).

Tabella 12.4 - Le misure del radon: campagne di misura in acqua - anni 1998-2006

Misura	Località	Periodo	Punti di misura numero
Radon in acqua	Val di Susa (acque potabili)	1998 -1999	27
	Canavese (acque potabili)	1999	184
	Provincia di Vercelli (acque potabili)	2003	28
	Acque minerali e termali	1997 -1998	56
	Acque minerali e termali (in corso)	2005-2006	15
	Totale misure in acqua		



Fonte: Archivio Arpa

BIBLIOGRAFIA

APAT - *Annuario dei dati ambientali edizione 2004*.

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.

RACCOMANDAZIONE 2000/473/Euratom.

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

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