



18 RADIAZIONI NON IONIZZANTI E IONIZZANTI

A cura di
**Laura Anglesio, Sara Adda, Mauro Magnoni,
Maria Clivia Losana** – Arpa Piemonte, Dipartimento di Ivrea

18.1 RADIAZIONI NON IONIZZANTI

A cura di - **Laura Anglesio, Sara Adda, Stefania Facta**
Arpa Piemonte, Polo regionale radiazioni non ionizzanti

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 tale campo si possono avere effetti su altri oggetti carichi o percorsi da corrente con la propagazione di energia dalla sorgente allo spazio circostante. Il campo elettrico e quello magnetico si propagano oscillando sia nello spazio che nel tempo. Queste oscillazioni possono avvenire a diversa frequenza che determina differenti proprietà delle radiazioni. In base alla frequenza viene definito infatti lo spettro elettromagnetico. Alle frequenze più basse (da 0 Hz a 300 GHz

circa) vi sono le radiazioni meno energetiche e perciò dette non ionizzanti. All'aumentare della frequenza si hanno le radiazioni infrarosse, poi visibili, ultraviolette e infine le radiazioni ionizzanti.

Nell'ambito dell'intervallo di frequenze delle radiazioni non ionizzanti i meccanismi di propagazione e di interazione dei campi con la materia variano molto, e per questo motivo si distingue in modo netto tra le frequenze più basse e quelle più elevate.

Le radiazioni non ionizzanti presenti in ambiente di vita e di lavoro vengono generate principalmente da sorgenti legate all'utilizzo dell'energia elettrica (emissioni a bassa frequenza da linee ad alta e bassa tensione, elettrodomestici, macchinari industriali, ecc.) e alle telecomunicazioni (emissioni ad alta frequenza da ripetitori, antenne, cellulari, ecc.). Alcune di queste sorgenti possono causare l'esposizione di un numero elevato di persone in ambienti non controllati e, in questo senso, sono a maggiore impatto dal punto di vista ambientale: di particolare importanza sono gli elettrodotti (bassa frequenza) e le antenne per telecomunicazioni (radiofrequenza). La conoscenza di tali sorgenti e delle loro emissioni è alla base della valutazione dello stato ambientale: in Piemonte è attivo un catasto degli impianti per telecomunicazioni, mentre è in fase di popolamento quello delle linee di trasporto e distribuzione dell'energia elettrica.



Rispetto agli anni precedenti si osserva una situazione più "problematica" per quanto riguarda l'aumento del numero di sorgenti dei campi a radiofrequenza, mentre un miglioramento si è registrato nella messa a norma di siti di telecomunicazioni in cui si era evidenziato in pas-

sato il superamento dei limiti di campo fissati dalla normativa nazionale. I restanti indicatori forniscono il ritratto di una situazione abbastanza stabile, con una tendenza al miglioramento per quanto riguarda il sistema di monitoraggio e controllo dei livelli di inquinamento.

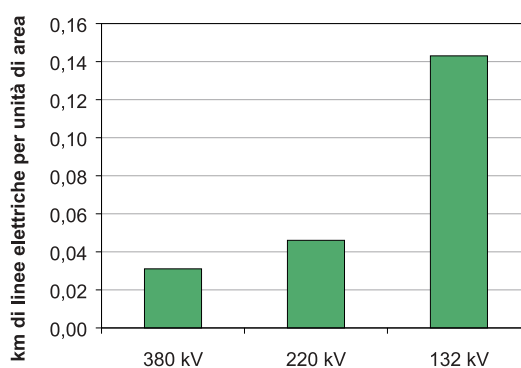
Indicatore / Indice	DPSIR	Unità di misura	Livello territoriale	Anni di riferimento	Disponibilità dei dati	Andamento numerico	Stato Ambientale
Linee elettriche per unità di area	D	km/km ²	Regionale	2000	☺	↗	☺
Interventi di misura per campi a bassa frequenza	R	numero	Regionale	1999-2002	☺	↔	☺
Densità di impianti per telecomunicazioni	D	numero/km ²	Regionale	2000-2002	☺	↗	☹
Potenza complessiva dei siti con impianti per telecomunicazioni	P	Watt	Regionale	2000-2002	☺	↘	☺
Interventi di misura per i campi a radiofrequenza	R	numero	Regionale	1999-2002	☺	↔	☺
Superamenti dei limiti e dei valori di cautela	S	numero	Regionale	2001-2002	☺	↘	☺
Pareri per impianti di telecomunicazione	R	numero	Regionale	1998-2002	☺	↘	☹

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 0 Hz a 10 kHz), i restanti indicatori si riferiscono alle radiofrequenze e microonde (RF-MW, frequenze da 100 kHz a 300 GHz)

18.1.1 SVILUPPO IN CHILOMETRI DELLE LINEE ELETTRICHE IN RAPPORTO ALL'AREA

I dati disponibili per questo indicatore riguardano il 2000. Per un aggiornamento di queste informazioni è in via di realizzazione il catasto delle linee ad alta tensione da parte della Regione Piemonte. Il catasto sarà costituito da un archivio informatico contenente informazioni tecniche e amministrative relative agli impianti elettrici esistenti sul territorio regionale, e la sua definizione renderà possibile il popolamento di ulteriori indicatori, ad esempio la valutazione dell'esposizione della popolazione residente entro certe fasce di distanza dalle linee, tramite il calcolo teorico dei livelli di campo magnetico emesso.

Figura 18.1 - Sviluppo in km delle linee elettriche in rapporto alla superficie regionale - anno 2000



Fonte: ENEL

I valori riportati rappresentano la media su tutta la regione: in alcune aree la densità di linee è decisamente più elevata (in particolare nelle valli montane, nelle quali si concentrano linee che importano energia dall'estero e che si dipartono dalle centrali idroelettriche), mentre in altre aree è particolarmente bassa (ad esempio le zone delle Langhe e del Monferrato).

BOX 1 - NORMATIVA

Nell'arco del 2002 è variato il quadro normativo di riferimento per quanto riguarda le procedure autorizzative all'installazione di impianti per telecomunicazioni. Fino al settembre 2002 tali procedure erano regolate in Piemonte dalla Legge Regionale n.6/89 (e DPGR 23.04.2000). A questa legge si è aggiunto il Decreto Legislativo n.198 (4 settembre 2002), "Disposizioni volte ad accelerare la realizzazione delle infrastrutture di telecomunicazioni strategiche per la modernizzazione e lo sviluppo del Paese, a norma dell'articolo 1, comma 2, della legge 21 dicembre 2001, n. 443" (si applica ad impianti per telefonia GSM e UMTS). In particolare il decreto stabilisce un regime di autocertificazione per i gestori di telefonia, che sono tenuti (per gli impianti con potenza di alimentazione superiore a 20 W) ad effettuare una valutazione preventiva del livello di inquinamento aggiunto a quello esistente nell'area interessata dall'installazione dell'impianto stesso, mentre prevede la sola denuncia di inizio attività per gli impianti fino a 20 W.

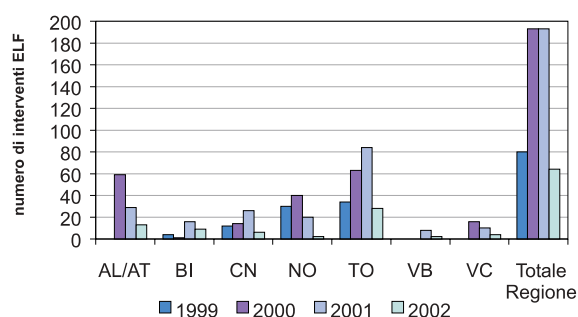
Questa variazione nella normativa sta avendo un notevole impatto sui diversi indicatori correlati agli impianti per telefonia: trattandosi di un sistema di semplificazione delle pratiche, l'entrata in vigore del decreto ha portato a un aumento nelle richieste di installazione e anche ad un aumento della potenza mediamente utilizzata per l'alimentazione (la legge regionale prevedeva una semplificazione della pratica per impianti fino a 5 W di potenza, mentre il D.Lgs. 198 lo fa per impianti fino a 20 W, incentivando il passaggio di molti impianti da 5 a 20 W).

18.1.2 INTERVENTI DI CONTROLLO E MONITORAGGIO PER LE BASSE FREQUENZE

Per quanto riguarda la valutazione dei livelli di esposizione della popolazione, sono stati effettuati nel 2002 63 interventi di misura in tutta la regione. La figura 18.2 riporta la variazione in termini di numero di interventi di misura negli anni dal 1999 al 2002, per le diverse province e tutta la regione.

Rispetto al 2001, si osserva per alcune province un aumento/stabilizzazione del numero di interventi, mentre per altre si osserva una diminuzione. In generale il numero di esposti ricevuti da parte della popolazione si è mediamente stabilizzato. Per la provincia di Verbania i dati partono dal 2001 e in precedenza sono inclusi nella provincia di Novara.

Figura 18.2 - Numero di interventi di misura dei campi elettrici e magnetici a bassa frequenza negli anni 1999-2002



Fonte: Arpa Piemonte

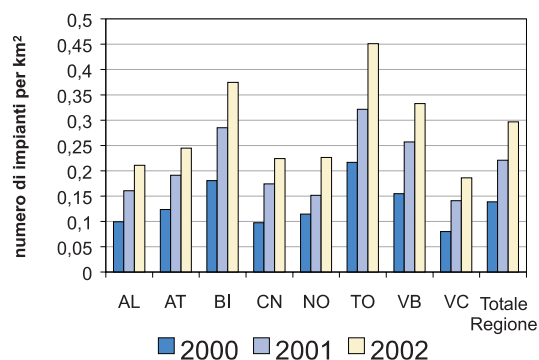
Il trend globale in diminuzione per questo indicatore è legato da un lato ad una diminuzione delle richieste di questo tipo di misura da parte della popolazione (che ha invece aumentato la pressione per quanto riguarda i campi a radiofrequenza) e dall'altro lato all'assestamento nel numero di persone addette a questi interventi.

18.1.3 DENSITÀ DI IMPIANTI PER TELECOMUNICAZIONI

Nella figura 18.3 è riportata la densità di impianti per telecomunicazioni (numero di impianti per km²) presenti sul territorio del Piemonte e nelle diverse province per gli anni 2000-2002.

Il numero totale di impianti censiti è salito da 5.600 a 7.524, aumento legato sia all'incremento nell'installa-

Figura 18.3 - Densità di impianti per telecomunicazioni censiti negli anni 2000-2002



Fonte: Arpa Piemonte

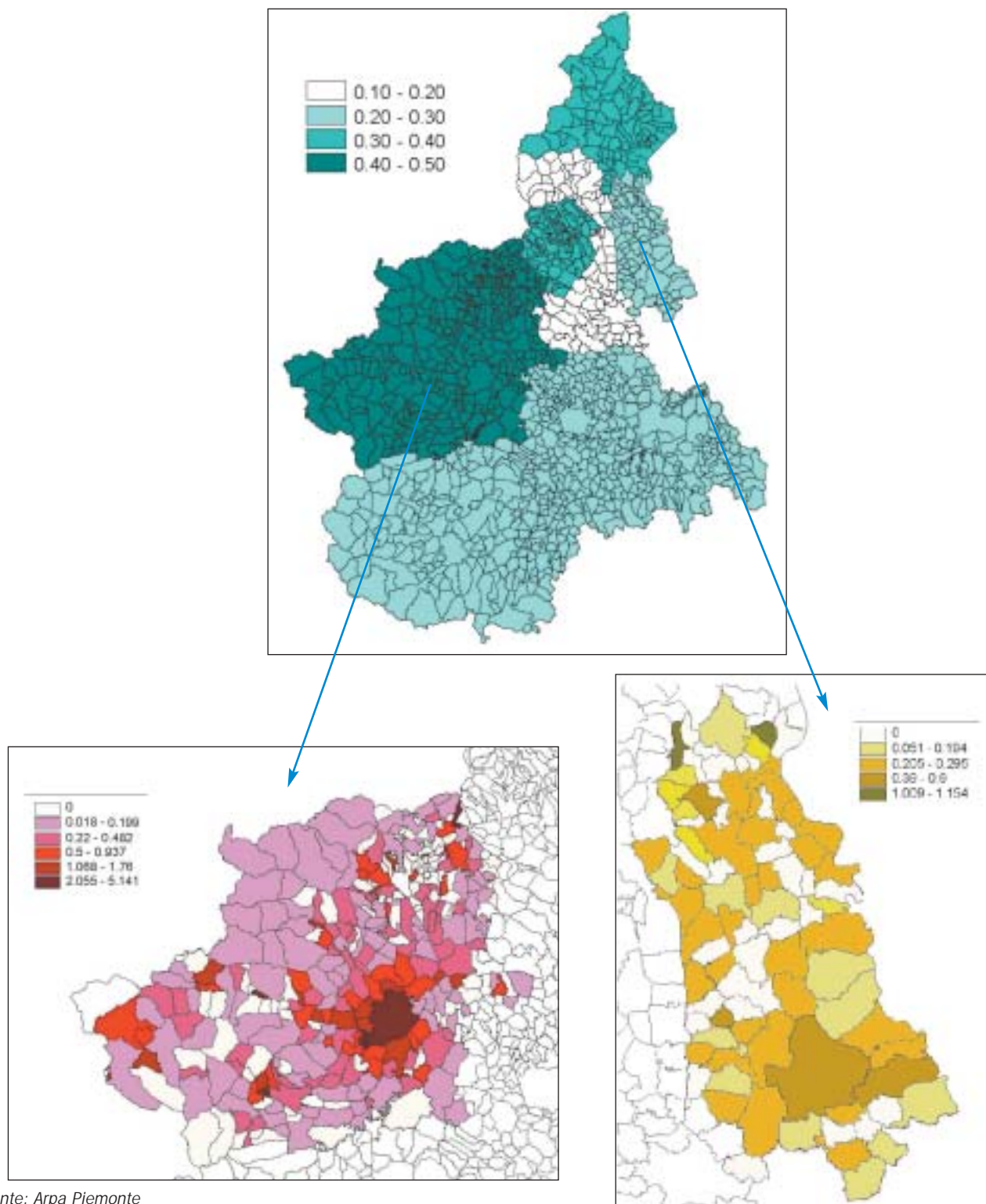
Si osserva un andamento di crescita rapida dell'indicatore, legato alla sempre maggiore diffusione della telefonia mobile (in particolare installazione di impianti a nuova tecnologia UMTS) e alla maggiore completezza del censimento degli impianti radiotelevisivi.



zione di impianti (in particolare telefonia UMTS), sia alla regolarizzazione degli impianti radiotelevisivi (e loro conseguente acquisizione nel catasto). Per chiarire meglio la distribuzione sul territorio degli impianti, il dato più

recente (2002) è stato rappresentato sulla mappa della regione (figura 18.4) con dettaglio provinciale e, per due province rappresentative, con dettaglio comunale.

Figura 18.4 - Distribuzione della densità di impianti di telecomunicazioni sul territorio della regione. Valori medi per tutte le province e dettaglio comunale per Torino e Novara - anno 2002



Fonte: Arpa Piemonte

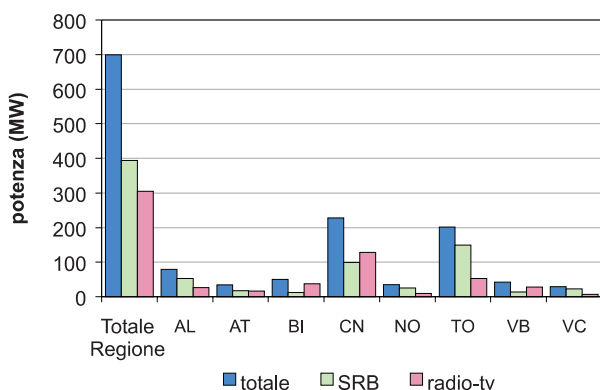
18.1.4 POTENZA COMPLESSIVA DEGLI IMPIANTI PER TELECOMUNICAZIONI

La pressione effettiva degli impianti per teleradiocomunicazioni sul territorio è legata all'intensità dell'emissione, la quale dipende principalmente (anche se non esclusivamente) dalla potenza di alimentazione degli impianti stessi. In figura 18.5 è riportata la potenza complessiva degli impianti nella regione e nelle varie province, sia per quanto riguarda le stazioni radiobase (SRB), sia per gli impianti radiotelevisivi e per il totale.

Si può osservare che la potenza irradiata dagli impianti radio-tv è prossima, e in alcuni casi maggiore, a quella irradiata dalle stazioni radiobase per telefonia cellulare, nonostante queste ultime siano molto numerose e spesso composte da molte antenne (il numero medio di celle per ciascun impianto radiobase è 4, utilizzate per le diverse direzioni di irraggiamento e i diversi sistemi di trasmissione). Ciò è dovuto al fatto che la potenza del singolo impianto radio o tv è in media 6 volte maggiore di quella di una cella di una SRB.

In particolare le province caratterizzate da un territorio più montuoso (Verbania, Cuneo, Biella) presentano livelli di potenza elevati per gli impianti radiotelevisivi, in quanto la copertura di tali aree richiede la presenza di un numero maggiore di impianti rispetto alle zone più pianeggianti.

Figura 18.5 - Potenza complessiva degli impianti per telecomunicazioni censiti nella regione - anno 2002



Fonte: Arpa Piemonte

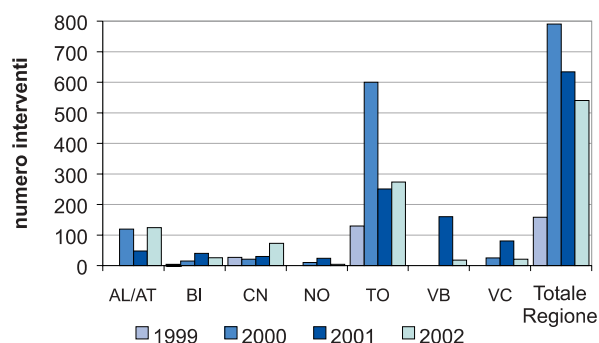
Si osserva un contributo elevato degli impianti radiotelevisivi alla potenza complessiva: nonostante essi siano meno numerosi delle stazioni radiobase per telefonia cellulare, utilizzano mediamente una potenza molto più elevata degli impianti di telefonia al fine di servire aree più vaste.

18.1.5 INTERVENTI DI CONTROLLO E MONITORAGGIO

Per quanto riguarda la valutazione dei livelli di esposizione della popolazione, sono stati effettuati, tra il 1999 e il 2002, 2142 interventi di misura in tutta la regione, di cui 536 durante l'anno 2002.

L'attività durante il 2002 è stata caratterizzata da alcuni monitoraggi: il monitoraggio a frequenza settimanale del Colle della Maddalena a Torino (sito particolarmente problematico per l'elevatissima densità di impianti e per il superamento dei limiti di legge, vedi capitolo Ambiente Urbano), il monitoraggio dei siti radiotelevisivi di tutta la regione (aggiornamento dell'attività svolta durante il 2000) e il monitoraggio nel tempo, tramite centraline, dei livelli di campo emessi da stazioni radiobase in ambi-

Figura 18.6 - Numero di interventi di misura dei campi elettrici e magnetici a bassa frequenza negli anni 1999-2002



Fonte: Arpa Piemonte

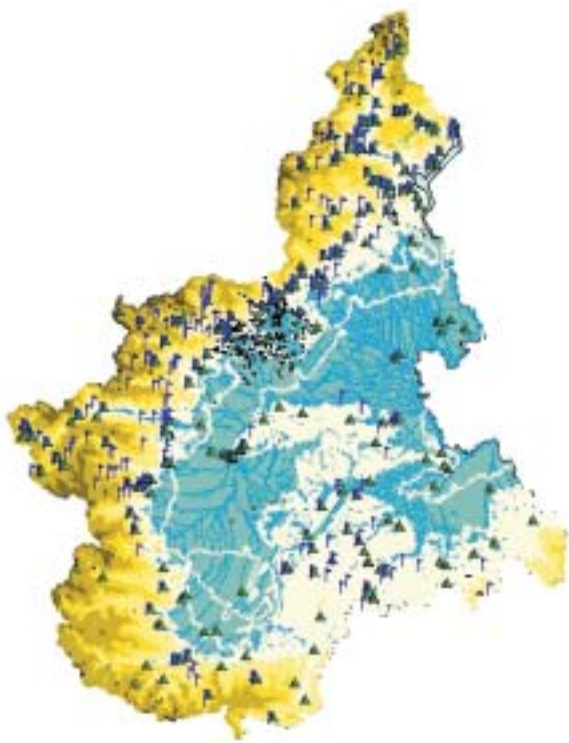
Il trend per gli anni 2001-2002 evidenzia mediamente un leggero aumento del numero di interventi in 4 province su 8 (Alessandria, Asti, Cuneo e Torino) e in stabilizzazione per Biella. Per le restanti province, la diminuzione è legata prevalentemente a problemi di personale e mezzi.

to urbano (8 siti nel comune di Torino, per un totale di 189 giorni di acquisizione) e da impianti radiotelevisivi (6 punti di installazione) [vedere box approfondimento]. Per quanto riguarda il monitoraggio dei siti radiotelevisivi, si riporta di seguito una mappa della regione con indicate le installazioni e i punti di misura (in totale 123).

Da questo monitoraggio è emersa la distribuzione dei livelli di campo misurati.

I livelli di campo elettrico rilevati in prossimità degli impianti radiotelevisivi monitorati sono risultati per la

Figura 18.7 - Installazioni di impianti radiotelevisivi (▲) e punti di misura del monitoraggio (▶) - anno 2002



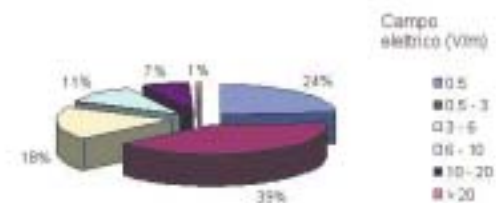
Fonte: Arpa Piemonte

Un elevato numero di impianti radiotelevisivi risulta installato in aree montuose e in corrispondenza dei rilievi in prossimità delle grandi aree urbane. Si può osservare come il monitoraggio effettuato abbia permesso il controllo di una percentuale elevata delle aree su cui insistono gli impianti.

maggior parte dei casi piuttosto bassi (63% delle rilevazioni al di sotto dei 3 V/m), anche se in un numero non trascurabile di casi si sono registrati livelli confrontabili con i limiti fissati dalla normativa. Questo fatto è caratteristico per gli impianti radiotelevisivi, i quali utilizzano potenze decisamente più elevate di quelle delle stazioni radiobase per telefonia mobile, creando in generale livelli più elevati di campo elettrico nelle immediate vicinanze dell'impianto.

Il confronto si può fare osservando la distribuzione dei livelli di campo misurati presso stazioni radiobase.

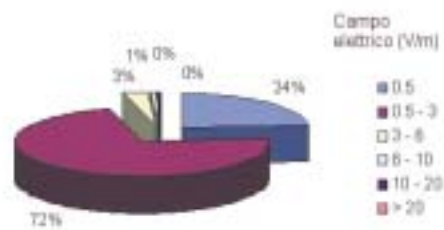
Figura 18.8 - Distribuzione dei livelli di campo elettrico misurati durante il monitoraggio dei siti radiotelevisivi - anno 2002



Fonte: Arpa Piemonte

Si osserva come la maggior parte delle rilevazioni abbiano dato risultati entro i limiti fissati dal DM 381/98: l'81% delle rilevazioni è al di sotto del valore di cautela di 6 V/m (da rispettarsi nei luoghi ove si può avere permanenza di persone superiore alle 4 ore) e il 99% al di sotto del limite di 20 V/m (da rispettarsi ovunque).

Figura 18.9 - Distribuzione dei livelli di campo elettrico misurati in prossimità di stazioni radiobase per telefonia cellulare - anno 2002



Fonte: Arpa Piemonte

I livelli di campo misurati sono nel 96% dei casi inferiori a 3 V/m, e nel 99% dei casi anche inferiori al livello di cautela di 6 V/m. Non risultano casi di superamento del limite di 20 V/m.



BOX 2 - VARIABILITÀ TEMPORALE DELLE EMISSIONI

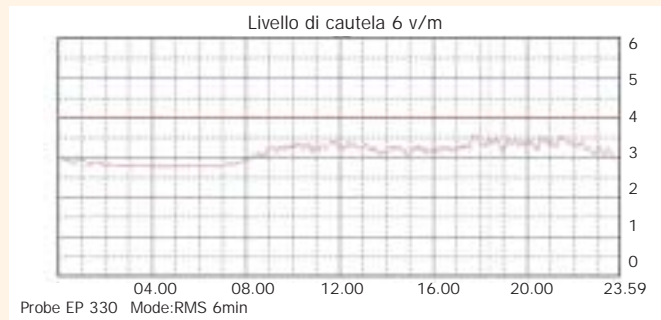
Parallelamente all'attività di monitoraggio dei siti radiotelevisivi e di telefonia cellulare effettuata tramite misure puntuali, sono state portate avanti attività di monitoraggio dei livelli di campo generati dalle sorgenti sopracitate utilizzando centraline in grado di acquisire e trasmettere tali livelli con continuità per lunghi periodi e misure periodiche aggiuntive in punti di particolare interesse.

Una serie di misure a cadenza settimanale sono state effettuate per circa 1 anno (da giugno 2002 a maggio 2003) in alcuni punti del Colle della Maddalena, Eremo dei Camaldolesi e Superga al fine di verificare le variazioni nel tempo delle emissioni dalle antenne ivi installate. È stato verificato che il livello globale dato dalla somma dei contributi di tutte le emittenti rimane pressoché costante nel tempo. Questa bassa variabilità del livello complessivo è stata verificata anche in altri 3 siti radiotelevisivi del Piemonte nei quali è stata posizionata la centralina di monitoraggio per periodi da 1 a 3 mesi (Vercelli, Graglia, Castagneto Po).

Il monitoraggio in continua con centraline è stato anche utilizzato per valutare la variabilità nel tempo dei campi elettromagnetici generati da stazioni radiobase per telefonia cellulare in ambito urbano (città di Torino). Infatti queste ultime utilizzano una potenza variabile a seconda del traffico telefoni-

co, e quindi hanno emissioni che variano nell'arco della giornata. La variabilità media su 24 ore verificata in 8 diversi siti è risultata di circa il 30%. Si riporta un esempio di andamento su 24 ore.

Livello di campo elettrico registrato per 24 ore sul terrazzo di un'abitazione in prossimità di stazioni radiobase per telefonia cellulare



Si osserva come il livello di campo elettrico vari durante la giornata in base al traffico telefonico: si ha un aumento a partire dalle 8, una lieve flessione dopo l'ora di pranzo e un nuovo aumento intorno alle ore 20. Le variazioni nelle 24 ore risultano in genere non molto accentuate (tra il 20 e il 40% tipicamente). In particolare, nelle ore notturne si ha la presenza di un livello di fondo dovuto principalmente ai segnali radiotelevisivi (il traffico telefonico è basso).

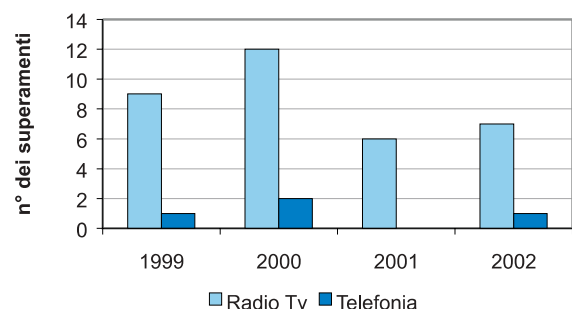
18.1.6 SUPERAMENTI DEI LIMITI E DEI VALORI DI CAUTELA, RISANAMENTI

In questo paragrafo si riporta la fotografia delle situazioni in cui è stato riscontrato superamento dei limiti e del livello di cautela di campo elettromagnetico a radiofrequenza fissati dal DM 381/98 (limite: 20 V/m; valore di cautela: 6 V/m). Nella figura 18.10 si evidenzia il numero di superamenti riscontrati negli anni 1999-2002 in prossimità sia di siti radiotelevisivi sia di stazioni radiobase per telefonia cellulare.

Le misure effettuate nel 2002 sono state anche volte alla verifica dell'avvenuta riduzione a conformità per quei siti per i quali era stata prescritta a seguito di riscontro di superamento negli anni passati: sono stati risanati tutti i casi di superamento nei siti di telefonia e 5 casi nei siti radiotelevisivi.

Le situazioni non a norma nel caso delle radio e televisioni corrispondono ad alcuni siti collinari nei quali si concentrano diverse emittenti con potenze di trasmis-

Figura 18.10 - Superamenti del livello di cautela o dei limiti fissati dal DM 381/98 riscontrati negli anni 1999-2002



Fonte: Arpa Piemonte

Il numero di superamenti (sia dei limiti sia dei livelli di cautela fissati dalla normativa) riscontrati negli ultimi due anni su tutta la regione è diminuito rispetto al passato, pur mantenendo il numero di controlli effettuati circa costante. La maggioranza delle situazioni non a norma riguarda comunque i siti radiotelevisivi, mentre nel 2002 si è registrato un solo caso di superamento del livello di cautela per la telefonia cellulare (nessun superamento del limite).

sione elevate. In diversi casi il superamento avviene in aree ove non sono presenti abitazioni, spesso accessibili solo tramite sentieri o strade sterrate, e dunque non coinvolge grandi popolazioni in termini di esposizione. Ci sono però alcuni casi in cui gli impianti sono in prossimità di abitazioni, parchi e aree comunque molto frequentate, provocando esposizioni elevate e prolungate in una popolazione anche numerosa.

18.1.7 PARERI PER IMPIANTI FISSI DI TELECOMUNICAZIONI

A seguito dell'entrata in vigore del decreto 198/2002 (vedi box normativa), in Piemonte sono attualmente in uso due norme per la regolamentazione delle autorizzazioni per gli impianti per telecomunicazioni: oltre al già citato decreto (che si applica all'iter autorizzativo per gli impianti di telefonia mobile di ultima generazione, GSM e UMTS), rimane in vigore la legge regionale n. 6/89 e il successivo Decreto del Presidente della Giunta Regionale n. 1/R del 14 aprile 2000, che si applicano alle restanti tipologie di impianti (radiotelevisivi, telefonia TACS, ecc.).

Ai sensi del decreto 198, l'Arpa rilascia un pronunciamento sulla congruità della documentazione tecnica e delle valutazioni di emissione autocertificate dai gestori, mentre ai sensi della L.R. 6/89 rilascia un parere sulla base di una valutazione delle emissioni dell'impianto e controllo del rispetto dei limiti stabiliti dal Decreto Ministeriale 381/1998.

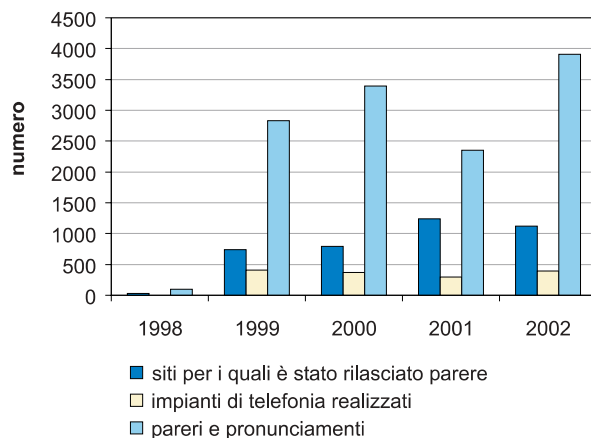
Il numero di pareri e pronunciamenti rilasciati annualmente dall'Arpa Piemonte è perciò un indicatore dell'attività di controllo in risposta alle richieste normative.

Il parere Arpa viene rilasciato al singolo elemento radiante in ogni impianto: se ad esempio una stazione radio-base per telefonia cellulare è composta da 3 celle, ad essa saranno associati 3 pareri. Nella figura 18.11 viene perciò riportato sia il numero di pareri/pronunciamenti effettivamente rilasciati (colonna azzurra), sia il numero di siti effettivi ai quali questi fanno riferimento (colonna blu). Il numero complessivo di pareri rilasciati comprende sia le nuove installazioni, sia le modifiche degli impianti già esistenti.

E' stato anche aggiunto il numero di impianti di telefonia effettivamente realizzati ed attivi tra quelli che hanno ricevuto parere favorevole.

L'attività effettuata per il rilascio pareri/pronunciamenti, oltre ad essere una risposta alle richieste normative, costituisce un'attività di pianificazione nell'installazione degli impianti per telecomunicazioni. Da sottolineare il

Figura 18.11 - Pareri/pronunciamenti rilasciati da Arpa negli anni 1998-2002



Fonte: Arpa Piemonte

Si osserva una crescita globale del numero di pratiche portate a termine, con una diminuzione localizzata nell'anno 2001 (vi è stata una diminuzione delle richieste dopo il boom di adeguamenti al DM381/98 avvenuto negli anni 199-2000). Il trend degli ultimi 2 anni è di crescita molto rapida dell'attività.

fatto che su un totale di 10.180 richieste ricevute tra gli anni 2000 e 2002 è stato espletato (nello stesso arco di tempo) un totale di 9.656 pratiche (pari al 90% circa).

Con la collaborazione di: Luca Albertone, Luca Bellina, Enrica Caputo, Flavio Duretto, Davide Guasco, Emanuela Marga, Franco Ossola, Laura Porzio, Ivo Riccardi, Stefania Saudino Fusette - Arpa Piemonte.

18.2 RADIAZIONI IONIZZANTI

A cura di **Mauro Magnoni, Maria Clivia Losana, Enrico Chiaberto** - Arpa Piemonte, Polo regionale radiazioni ionizzanti

Le radiazioni ionizzanti che hanno una rilevanza ambientale sono quelle emesse da nuclidi radioattivi. La radioattività è l'emissione di energia da parte di nuclei atomici di elementi instabili. Per raggiungere infatti un livello energetico stabile, questi nuclei decadono trasformandosi in altri elementi emettendo radiazioni. Queste radiazioni hanno energia sufficiente a ionizzare gli atomi della materia irradiata e vengono chiamate radiazioni ionizzanti. Le radiazioni ionizzanti possono essere di tipo fotonico (i raggi gamma, che costituiscono la parte più energetica dello spettro elettromagnetico) o corpuscolare (particelle alfa o



beta). In associazione ai decadimenti radioattivi vengono spesso emessi anche raggi X, che nello spettro elettromagnetico si collocano tra i raggi ultravioletti e i raggi gamma. La radioattività ambientale può essere sia di origine artificiale che di origine naturale. La diversa origine determina modalità differenti di impatto sull'ambiente e sulla salute umana e quindi necessariamente diverse modalità di studio. La radioattività artificiale viene prodotta per scopi bellici, medici o energetici e i livelli di radioattività artificiale, in genere molto bassi, che si riscontrano nell'ambiente derivano infatti principalmente dall'utilizzo di isotopi radioattivi negli ospedali o in seguito a eventi incidentali. L'informazione sui detentori di sorgenti di radiazioni ionizzanti è aumentata, grazie all'utilizzo del database regiona-

le. Inoltre, nel corso del 2002, hanno avuto inizio i monitoraggi straordinari sugli impianti nucleari, nell'ambito delle procedure per lo smantellamento.

La radioattività naturale è composta dai raggi cosmici che provengono dallo spazio, dai radionuclidi cosmogenici, prodotti dall'interazione dei raggi cosmici con l'atmosfera e dai radionuclidi primordiali (uranio, torio, potassio-40) e loro prodotti di decadimento. La componente che contribuisce maggiormente alla dose efficace alla popolazione è il radon, un gas che deriva dal decadimento radioattivo delle famiglie dell'uranio e del torio. E' proseguita la misura di radon in diverse zone della regione, ai fini di individuare le zone soggette a rischio.

Indicatore / Indice	DPSIR	Unità di misura	Livello territoriale	Anni di riferimento	Disponibilità dei dati	Andamento numerico	Stato Ambientale
Impianti nucleari	D	numero	Provinciale	2002	☺	↗	☺
Altri detentori materiale radioattivo	D	numero	Puntuale	2002	☺	↗	☺
Concentrazione radon indoor	S	Bq/m ³	Puntuale	1990-2002	☺	↗	☺
Concentrazione attività in aria	S	Bq/m ³	Puntuale	2002	☺	↔	☺
Deposizione al suolo	S	Bq/m ²	Puntuale	2002	☺	↔	☺
Concentrazione attività nel latte	S	Bq/kg	Provinciale	2002	☺	↔	☺
Concentrazione di Cs-137 al suolo	S	Bq/m ²	Regionale	1993-95	☺	↔	☺
Dose efficace	I	mSv/anno	Regionale	2002	☺	↔	☺

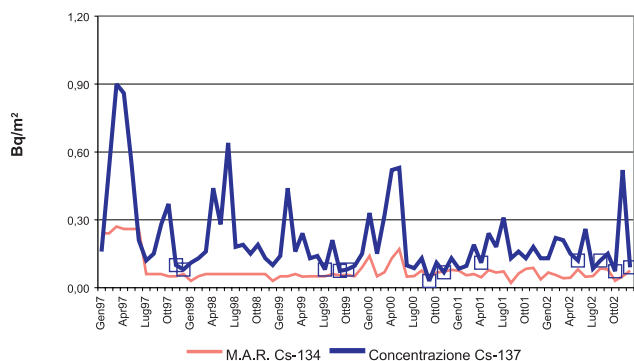
18.2.1 RADIOATTIVITÀ ARTIFICIALE E RETI DI MONITORAGGIO

La radioattività di origine artificiale che si misura in ambiente è composta da una componente con lungo tempo di decadimento e da una componente con breve tempo di decadimento. Nella prima si trovano radionuclidi come Cs-137, Sr-90, plutonio e americio provenienti dagli esperimenti nucleari effettuati in atmosfera negli anni '50-'60 o da incidenti nucleari di rilievo (per esempio l'incidente alla centrale nucleare di Chernobyl occorso nel 1986). Nella componente a vita breve si trovano radionuclidi come I-131 che viene rilasciato con continuità nell'ambiente dagli scarichi ospedalieri. La misura di questo tipo di radionuclidi, se non si riesce a correlarne la presenza a uno scarico cronico, è indice di un incidente recente. Il Cs-134 ha un tempo di decadimento intermedio ed ormai è misurabile solo talvolta in particolari matrici, mentre negli anni successivi all'incidente di Chernobyl era misurabile in quasi tutte le matrici ambientali.

Dopo l'incidente di Chernobyl è stata istituita una rete a livello nazionale, gestita e coordinata dall'APAT, con lo scopo di monitorare il livello di radioattività ambientale e individuare tempestivamente eventuali incidenti, anche transfrontalieri. I radionuclidi gamma-emettitori principali in caso di incidente sono I-131 e il Cs-137. Le matrici più significative nell'ambito di un monitoraggio ambientale sono il particolato atmosferico, la deposizione al suolo, il latte e il suolo.

Il particolato atmosferico è la matrice che indica nel tempo più breve l'accadimento di un evento incidentale, in quanto le masse di aria si spostano rapidamente da una zona all'altra. Sul territorio piemontese vengono effettuate le analisi giornalmente dall'Arpa. E' inoltre attiva una stazione di prelievo gestita dall'Aeronautica Militare (Stazione di Capo Mele - SV) i cui filtri vengono inviati all'Arpa per la misure. La concentrazione di Cs-137 e di I-131 in condizioni di normalità risulta sempre inferiore alla Minima Attività Rivelabile (M.A.R.) che è un indice della sensibilità strumentale. I radionuclidi artificiali beta-emettitori sono

Figura 18.12 - Andamento della concentrazione di Cs-134 e Cs-137 nella deposizione al suolo prelevata a Vercelli - anni 1997 - 2002



Fonte: Arpa Piemonte

I valori relativi al Cs-134 sono sempre inferiori alla M.A.R. (Minima Attività Rivelabile). I valori relativi al Cs-137 sono sempre superiori alla M.A.R. tranne che per i mesi evidenziati con i quadratini vuoti.

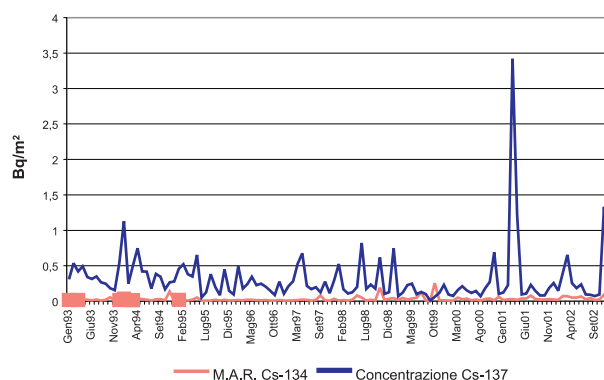
misurabili tramite un'analisi di attività beta totale sul filtro, dopo cinque giorni dal prelievo in modo da lasciar decadere gran parte dei radionuclidi di origine naturale. I valori medi sono dell'ordine del mBq/m³.

La deposizione al suolo (fallout) è la misura di quanta radioattività presente nell'aria ricade al suolo, sia per deposizione secca che in seguito a precipitazioni. Il campionamento viene effettuato in genere mensilmente, raccogliendo e portando a secco ciò che si deposita sul fondo di apposite vasche poste in genere sul tetto. Nelle figure 18.12 - 15 viene riportato l'andamento del Cs-137 misurato (le misure di Cs-134 sono sempre risultate inferiori alla M.A.R.). La sensibilità (M.A.R.) di queste misure varia a seconda delle condizioni sperimentali ed è, per il Cs-137 compresa tra 0,05 e 0.9 Bq/m².

L'analisi su campioni di latte è molto interessante non solo dal punto di vista dosimetrico, ma anche da quello radioecologico. Il latte infatti non solo è l'alimento fondamentale nella dieta dei neonati e dei bambini, che sono i membri della popolazione più vulnerabili, ma è anche un particolare accumulatore dei radionuclidi che vengono dispersi in ambiente. Seguire quindi l'andamento nel tempo di campioni di latte prelevati sempre nei medesimi punti fornisce utili indicazioni sulle modalità di diffusione dei radionuclidi in ambiente. Il livello di Cs-134 e I-131 risulta sempre inferiore alla M.A.R., mentre talvolta, specie in campioni di latte provenienti da alpeggi in alta montagna, sono stati misurati valori positivi di Cs-137. Questi valori, non rilevanti dal punto di vista dosimetrico, sono rappresentati nel grafico di figu-

ra 18.16. Come si può osservare i valori sono ampiamente al di sotto di quello indicato dal Regolamento CEE 737/90, che stabilisce i limiti per l'importazione di 370 Bq/kg. Sul latte vengono anche effettuate analisi radiochimiche per misurare la concentrazione di Sr-90. In seguito ai test nucleari in atmosfera degli anni '50-'60 e all'incidente di Chernobyl, le concentrazioni misurate sono dell'ordine di 0,1-0,01 Bq/kg. Anche la misura della concentrazione di Cs-137 nel suolo dà informazioni sulla dispersione del Cesio nell'ambiente. Nei primi anni dopo l'incidente di Chernobyl del 1986, infatti, era presente nello strato superficiale del terreno, depositato dall'atmosfera. Col passare degli anni però ha iniziato a migrare sempre più in profondità nel suolo e oggi si può riscontrare anche negli strati sottostanti. La concentrazione di Cs-137 varia però molto da punto a punto e non è rappresentativo indicare un valor medio per l'intero territorio piemontese. I valori misurati variano da migliaia di Bq/m², nelle zone di pianura, a decine di migliaia di Bq/m² nelle zone montane, dove ci sono state forti precipitazioni atmosferiche durante i giorni dell'incidente di Chernobyl. Negli anni 1993-95 è stata svolta una campagna di misure su tutto il Piemonte. Questo studio, che ha portato a una pubblicazione specifica, ha permesso di costruire una mappa della deposizione e della corrispondente dose da irraggiamento del suolo, sull'intero territorio piemontese. Per informazioni più dettagliate vedasi Facchinelli e Magnoni, 1998.

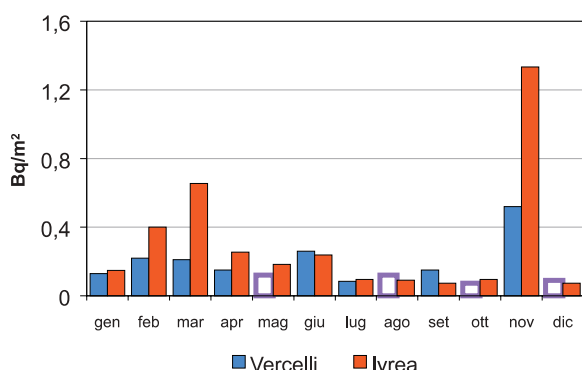
Figura 18.13 - Andamento della concentrazione di Cs-134 e Cs-137 nella deposizione al suolo prelevata a Ivrea - anni 1993 - 2002



Fonte: Arpa Piemonte

I valori relativi al Cs-137 sono sempre superiori alla M.A.R. (Minima Attività Rivelabile). I valori relativi al Cs-134 sono sempre inferiori alla M.A.R. tranne che per alcuni mesi, ancora non molto distanti dall'incidente di Chernobyl del 1986 (valori evidenziati con i quadratini pieni).

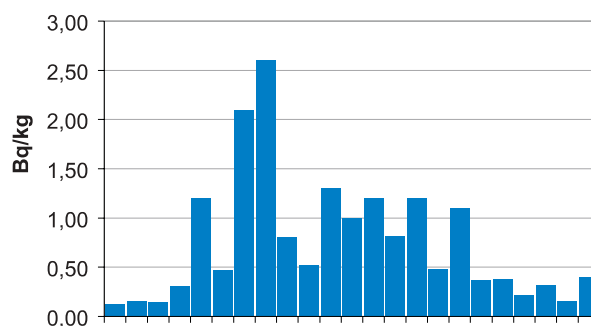
Figura 18.14 - Andamento della concentrazione di Cs-137 nella deposizione al suolo - anno 2002



Fonte: ARPA Piemonte

Si può osservare come nei mesi più piovosi i valori siano più elevati. I valori delle misure di Vercelli relativi ai mesi di maggio, agosto, ottobre e dicembre sono inferiori alla MAR. Le misure della provincia di Alessandria sono sempre risultate inferiori alla MAR e non sono state riportate nel grafico.

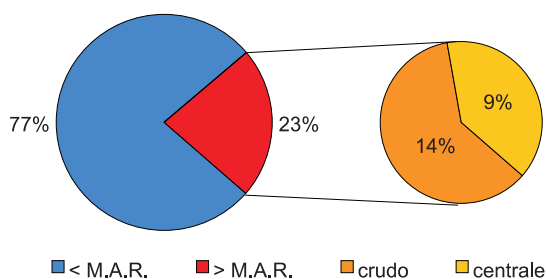
Figura 18.16 - Valori di concentrazione di Cs-137 nei campioni di latte - anno 2002



Fonte: ARPA Piemonte

In questo grafico sono stati riportati i campioni i cui valori risultano superiori alla Minima Attività Rivelabile (23% del totale analizzato). In ogni caso, i valori sono molto al di sotto del limite stabilito dal Regolamento CEE 737/90, che definisce i livelli massimi di concentrazione nei prodotti d'importazione pari a 370 Bq/kg.

Figura 18.15 - Concentrazione di Cs-137 nei campioni di latte analizzati in Piemonte - anno 2002



Fonte: Arpa Piemonte

Il 23% dei campioni analizzati presentano concentrazione di Cs-137 superiore alla M.A.R. Tali campioni provengono principalmente da alpeggi di montagna.

18.2.2 IMPIANTI NUCLEARI

A cura di **Laura Porzio, Luca Albertone** - Arpa Piemonte, Dipartimento di Vercelli;

Donatella Bianchi - Arpa Piemonte, Dipartimento di Alessandria

La disciplina per la disattivazione degli impianti nucleari è regolamentata dal D.Lgs. 230/1995 così come modificato dal D.Lgs. 241/2000. Il programma governativo del dicembre 1999 fissa gli indirizzi per la disattivazione degli

impianti nucleari superando la fase di "custodia protettiva passiva" e prevedendo lo smantellamento fino al rilascio incondizionato del sito (cioè senza vincoli radiologici) entro il 2020. Questi indirizzi sono stati riconfermati dal D.M. del Ministero delle Attività Produttive del 7.5.2001. Sul territorio piemontese sono presenti tre siti con installazioni nucleari, che costituiscono una delle maggiori fonti di pressione. E' attiva una rete di monitoraggio ambientale Arpa dello stato radiologico degli impianti nucleari. I dati relativi al periodo 2000-2002 sono disponibili sul sito Web dell'Agenzia.

- Il Compensorio Nucleare di Saluggia

Presso il Compensorio Nucleare di Saluggia hanno sede:

1. Gli stabilimenti di produzione di radiofarmaci del complesso Sorin - Amersham;
 2. L'ENEA EUREX che è un impianto per il ritrattamento di elementi di combustibile nucleare irraggiati ad alto arricchimento in U-235 di tipo M.T.R. (Materials Test Reactor). L'impianto attualmente non è più in esercizio ma nel corso della sua attività ha prodotto un grande quantitativo di rifiuti radioattivi sia solidi che liquidi, attualmente stoccati all'interno dell'area.
- L'avvio delle operazioni di decommissioning implica preliminarmente:
- il condizionamento dei rifiuti radioattivi liquidi ad alta attività (sono attualmente al vaglio progetti di cementificazione o vetrificazione);



- lo svuotamento della piscina del combustibile.

3. Il Deposito Avogadro di FIAT-AVIO trova sede nella piscina, riadattata allo scopo, del reattore di ricerca AVOGADRO RS1 che ha cessato la sua attività nell'anno 1971.

Per l'avvio delle operazioni di *decommissioning* del Deposito è previsto lo svuotamento della piscina, in cui sono attualmente immagazzinati elementi di combustibile nucleare irraggiato di proprietà Sogin provenienti dalla centrale nucleare del Garigliano e da quella di Trino Vercellese. Parte di questo materiale deve essere riprocessato (2003-2004) presso l'impianto di Sellafield (UK) e ritornerà poi in Italia per essere conferito nel deposito nazionale (2009-2010). Le procedure per la definizione del sito di questo deposito sono ormai iniziate. Il materiale che non verrà riprocessato dovrà essere sistemato in sicurezza in un deposito provvisorio. L'Arpa ha fornito in questo contesto supporto alla Regione per la formulazione di un parere inoltrato al Ministero dell'Ambiente. La soluzione al momento più probabile è la costituzione di due depositi di stoccaggio a secco, uno sul sito di Saluggia e uno presso l'impianto di Trino. Il materiale dovrà poi essere trasferito nel deposito nazionale.

I risultati delle indagini eseguite consentono di affermare che lo stato radiologico del Compensorio Nucleare di Saluggia è sostanzialmente buono. I valori delle concentrazioni dei radionuclidi di origine artificiale nelle varie matrici sono quasi sempre al di sotto dei limiti di sensibilità strumentale (peraltro molto bassi). In particolare:

- nell'acqua di pozzo di Località Benne si riscontrano tracce di Cobalto 60, la cui presenza è imputabile all'incidente occorso nell'anno 1986 presso gli stabilimenti Sorin; le concentrazioni sono tuttavia estremamente basse ed il rischio radiologico è del tutto trascurabile, anche in relazione alla non potabilità dell'acqua in questione (per la presenza di inquinanti convenzionali);

- nei suoli è sempre riscontrabile la presenza di Cesio 137 in conseguenza dell'incidente di Chernobyl. Inoltre, in alcuni campioni, si riscontrano tracce di Cobalto 60 (incidente Sorin); le concentrazioni sono tuttavia molto basse ed il rischio radiologico è trascurabile;

- nell'acqua del fiume Dora Baltea si riscontra la presenza di Cesio 137 in concentrazioni compatibili con le attività rilasciate durante l'incidente di Chernobyl;

- nell'acqua potabile, nel latte e negli ortaggi non si riscontra presenza di radionuclidi artificiali.

La Centrale elettronucleare "E. Fermi" di Trino Vercellese

L'impianto attualmente si trova nello stato di custodia protettiva passiva e si stanno avviando le operazioni che por-

teranno al suo definitivo smantellamento.

Dette operazioni hanno finora riguardato solamente l'abbattimento di alcune strutture convenzionali poiché l'intervento sull'edificio reattore potrà avere inizio solo dopo l'individuazione del Deposito nazionale per i rifiuti radioattivi di seconda e terza categoria (2009-2010).

I risultati delle indagini eseguite consentono di affermare che lo stato radiologico del sito di Trino Vercellese è sostanzialmente buono. I valori delle concentrazioni dei radionuclidi di origine artificiale nelle varie matrici sono quasi sempre al di sotto dei limiti di sensibilità strumentale (peraltro molto bassi). In particolare:

- nei suoli e nell'acqua del fiume Po è sempre riscontrabile presenza di Cesio 137 in concentrazioni compatibili con le attività rilasciate durante l'incidente di Chernobyl;

- nell'acqua potabile, nell'acqua di pozzo, nel latte e negli ortaggi non si riscontra presenza di radionuclidi artificiali.

- Le FN di Bosco Marengo

Presso l'impianto, utilizzato in passato per la produzione di elementi di combustibile nucleare, è attualmente in corso un programma propedeutico di dismissione e decontaminazione, attività espressamente richiesta dall'APAT con lo scopo di fornire elementi utili di analisi finalizzati alla concessione disattivazione dell'impianto stesso. La domanda di disattivazione è stata presentata al Ministero delle Attività Produttive alla fine dello scorso anno e l'iter autorizzativo previsto del D.Lgs.230/1995 è attualmente ancora in corso.

Nell'impianto è ancora presente il combustibile nucleare, costituito da uranio naturale, depleto e arricchito. Sono inoltre presenti rifiuti solidi trattati e non trattati in fusti. Come conseguenza delle operazioni di cui sopra, vengono inoltre prodotti scarichi radioattivi liquidi ed aeriformi.

I risultati degli studi e dei monitoraggi eseguiti permettono di dedurre un buono stato dell'ambiente circostante, infatti:

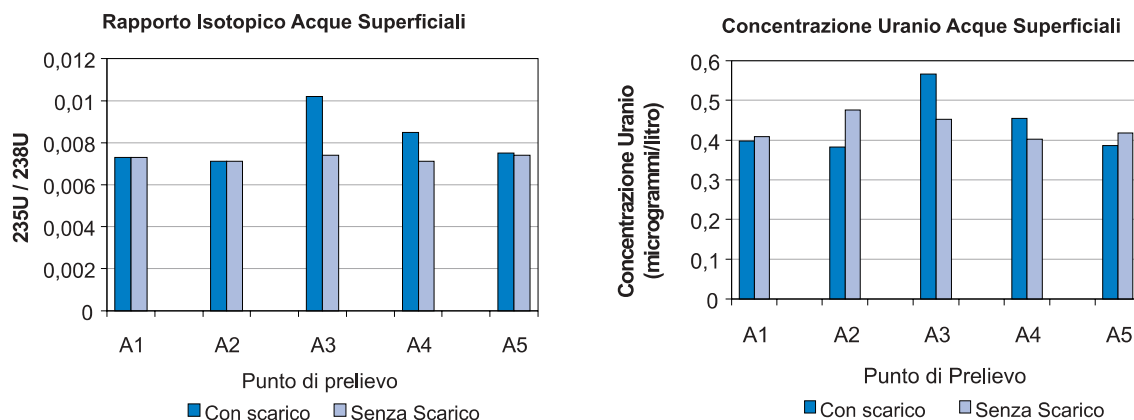
- nelle acque sotterranee non è mai stata rilevata la presenza di uranio in concentrazione rilevabile;

- nei suoli circostanti l'abbondanza isotopica dell'uranio è sempre risultata congruente ai valori naturali;

- l'impatto sulle acque del rio Lovassina, ricettore degli effluenti liquidi radioattivi, è limitato nel tempo alle poche ore in cui avviene uno scarico di tipo nucleare e nello spazio, al punto di scarico vero e proprio.



Figure 18.17 - Le FN di Bosco Marengo - anno 2001



Fonte: Arpa Piemonte

Per i punti A3, A4 e A5 (a valle del punto di scarico) si osserva un rapporto isotopico maggiore nei campioni prelevati durante le operazioni di scarico rispetto a quelli prelevati in

assenza di scarico. Tale rapporto comunque diminuisce progressivamente

18.2.3 DETENTORI DI SORGENTI DI RADIAZIONI IONIZZANTI

Sul territorio piemontese sono presenti numerose industrie che utilizzano sorgenti radioattive per ricerca o per finalità produttive (gascromatografi, misura di spessori, gammagrafie su strutture ad elevata densità, sterilizzazione di oggetti, rivelatori di fumo). Per eseguire controlli radiografici vengono spesso utilizzate macchine radiogene. A parte qualche laboratorio di ricerca, la maggior parte delle sorgenti è in forma sigillata, quindi non è previsto un rilascio nell'ambiente di radioattività. Anche gli ospedali detengono sorgenti radioattive sia allo stato solido (utilizzate in genere per la terapia di tumori) sia allo stato liquido (utilizzate per sia per diagnosi che per terapia) e macchine radiogene. Dallo scorso anno l'Arpa sta aggiornando un database con i dati degli utilizzatori e delle sorgenti utilizzate sul territorio piemontese. Il software è stato ormai installato nelle strutture ARPA e, se utilizzato con continuità, sarà un utile strumento per conoscere la distribuzione delle sorgenti utilizzate. Ai sensi della normativa in materia (D.Lvo 241/2000), infatti, vi è l'obbligo di comunicare anche all'Arpa l'inizio e la fine di ogni pratica che comporta la detenzione e l'utilizzo di sorgenti di radiazioni ionizzanti, quindi il reperimento e l'aggiornamento dei dati non presentano difficoltà.

18.2.4 RADIOATTIVITÀ NATURALE

L'elemento di origine naturale più importante per questo studio è senza dubbio il radon, perché da solo comporta circa i 2/3 della dose da sorgenti di radiazioni naturali. Il radon è un gas radioattivo facente parte delle famiglie radioattive dell'U-238, dell'U-235 e del Th-232. Il più significativo è il Rn-222 che deriva dall'U-238. Il radon, essendo gassoso, si libera dal terreno, e in minor misura dai materiali da costruzione, e si accumula nell'ambiente se il luogo è chiuso o poco aerato. Quindi la concentrazione di radon, in particolare in locali interrati o seminterrati, può raggiungere livelli molto alti.

La normativa vigente (D.Lvo 241/2000) impone l'obbligo di misure di concentrazione media annuale nei luoghi di lavoro interrati o in zone specifiche che la regione deve individuare (zone ad alta probabilità di elevate concentrazioni di attività radon). Se viene superato il livello di azione (500 Bq/m³) vi è l'obbligo di azioni di rimedio.

L'Arpa sta effettuando campagne sul territorio piemontese per identificare le zone a rischio radon che dovranno, eventualmente essere poi definite dalla Regione Piemonte per mezzo di un'apposita legge. La normativa italiana non si pronuncia sui limiti di concentrazione nelle abitazioni. La Raccomandazione 90/143/EURATOM suggerisce i livelli di 400 Bq/m³ per gli edifici esistenti e 200 Bq/m³ per quelli in costruzione. Dalle campagne effettuate negli anni passati la concentrazione italiana media di radon nelle abitazioni risulta di 77 Bq/m³, mentre quella piemontese di 69 Bq/m³.

BOX 3 - IL RADON

Il radon, gas naturale radioattivo proveniente dal suolo, accumulandosi all'interno di abitazioni e luoghi frequentati dall'uomo (radon indoor) è causa ogni anno in Italia del 5-20% (1500-6000) di tutti i casi di tumore al polmone ed è classificato dallo IARC -OMS nel gruppo 1 (massima evidenza di cancerogenicità).

I primi studi sul radon in Italia risalgono a più di un ventennio fa, mentre la prima indagine su larga scala, volta a fornire un quadro preciso della situazione italiana, regione per regione, si ha a partire dal 1989, anno in cui ha inizio la Campagna Nazionale organizzata e coordinata da ANPA (ora APAT) e Istituto Superiore di Sanità e condotta dai CRR (Centri di Riferimento Regionale per il controllo della radioattività). Per quanto riguarda il Piemonte l'indagine è stata realizzata dal Laboratorio di Sanità Pubblica dell'USL 40 di Ivrea ora Polo Radiazioni Ionizzanti dell'Arpa Piemonte.

La campagna Nazionale ha visto in Piemonte la misura della concentrazione di attività annua di radon in ben 434 abitazioni dalle quali è stato possibile ottenere una media Piemontese pari a 69 Bq/m³. La media Nazionale è risultata invece pari a 77 Bq/m³.

Dalla Campagna Nazionale ad oggi sono proseguite indagini e ricerche sul radon allo scopo di approfondire la conoscenza sul radon sia indoor sia presente in altre matrici con la misura del gas radon disciolto in acqua. Tra le Campagne svolte dall'Arpa si possono citare Peveragno Chiusa Pesio Boves (533 misure dal '92 al '94), Valle Cervo (80 misure nel '93), Collegno e Grugliasco (350 misure nel '95), Canavese (184 misure in acqua nel '99) e Valle di Susa (27 misure in acque potabili negli anni '98' e '99).

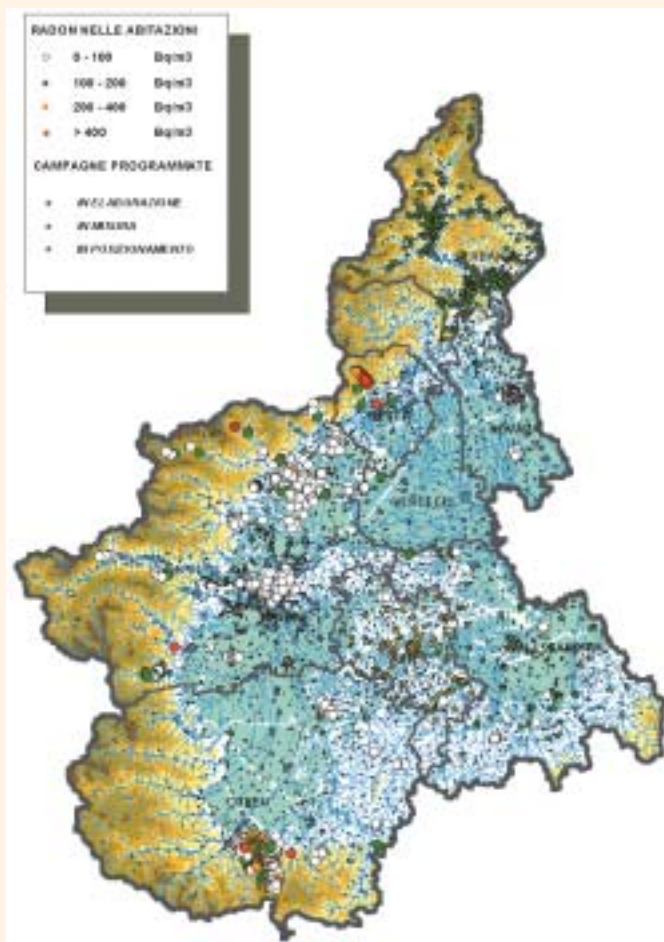
Un notevole impulso all'attività di monitoraggio e misura del radon si ha però negli ultimi anni con l'emanazione del Decreto L.vo 241/2000 che per la prima volta in Italia disciplina l'ambito della radioattività naturale.

Tale Decreto L.vo stabilisce quindi per il radon un Livello d'Azione per i Luoghi di Lavoro interrati di 500 Bq/m³. Superato tale livello si rendono 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 (prone areas) nelle quali l'obbligo della misura del radon si dovrà estendere anche ai luoghi di lavoro non interrati.

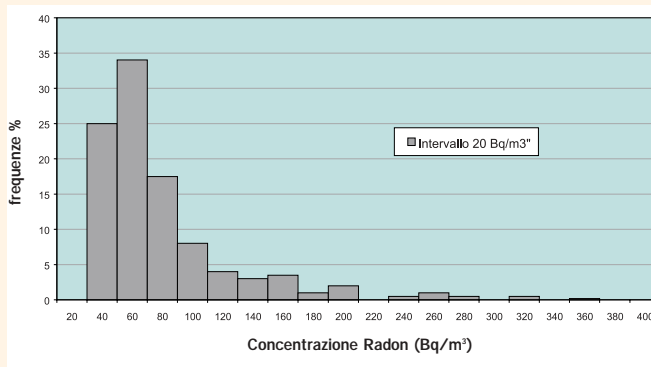
Di conseguenza si è assistito ad una crescente attenzione verso tale problematica ambientale che finora era stata assai poco divulgata dai mass media.

L'Arpa Piemonte è tuttora impegnata nello studio del radon e, a partire dal 2000, sono state intraprese numerose Campagne, sviluppate ad hoc per completare il quadro di misure in quelle aree ancora poco conosciute.

Carta del Piemonte riportante le misure di concentrazione radon in aria.



Istogramma riportante le frequenze % dell'attività radon in Piemonte (dati Campagna Nazionale)





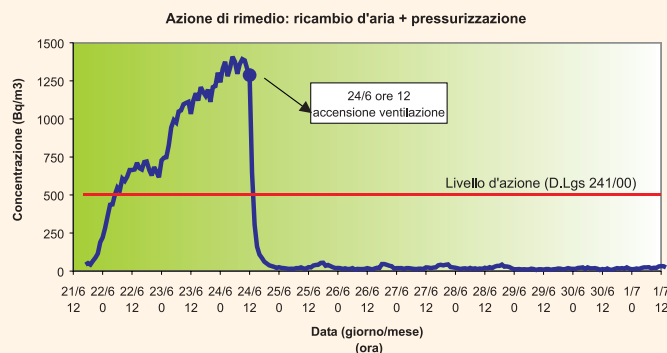
In questo contesto è stata avviata e conclusa un'indagine nelle abitazioni del Canavese (213 misure), realizzata in collaborazione con l'ASL9 di Ivrea, mentre stanno concludendosi le indagini in 60 scuole nell'alessandrino e in 230 abitazioni nel Verbano.

È invece in corso una campagna di misure in più di 70 scuole dell'astigiano. Tale studio è stato organizzato in collaborazione con l'ASL 19 di Asti. Altri estesi monitoraggi sul territorio regionale sono inoltre in fase di progetto.

L'attività svolta dall'ARPA non si è rivolta solo al monitoraggio, ma ha anche riguardato altri importanti aspetti quali:

- messa a punto di metodiche e protocolli di misura (partecipazione a interconfronti e intercalibrazioni);
- studio e messa in opera di azioni di bonifica (vedi figura);
- realizzazione di opuscoli informativi rivolti alla popolazione.

Esempio di bonifica di un locale seminterrato ad alta concentrazione di radon (1500-1900 Bq/m³)



Monitoraggio in continuo nel locale in cui è stata attuata l'azione di bonifica: l'accensione della ventilazione abbatte il radon di un fattore superiore a 100 e riduce il radon nel locale a concentrazioni dell'ordine di poche decine di Bq/m³.

18.2.5 DOSE EFFICACE ALLA POPOLAZIONE

La dose alla popolazione è l'indicatore dell'impatto delle radiazioni ionizzanti sugli individui. Alle dose complessive concorrono sia le sorgenti naturali che artificiali, anche se il contributo preponderante, in assenza di situazioni anomale o incidentali, è dovuto a quelle naturali. I livelli di radioattività di origine artificiale che si misurano in ambiente sono infatti così bassi da non essere rilevanti dal punto di vista dosimetrico, pur avendo un interesse dal punto di vista dello studio degli ecosistemi. L'attuale normativa (D.Lvo 230/95 come modificato dal D.Lvo 241/2000) stabilisce come limite di dose alla popolazione da sorgenti artificiali 1 mSv/anno (Sv=Sievert). Il maggior contributo alla dose di origine artificiale è dovuto agli esami medici che utilizzano radioisotopi o raggi X, ma questa dose non è però soggetta a limitazioni da parte della normativa. La dose da radiazioni di origine naturale varia tuttavia molto da zona a zona. Le principali componenti sono l'irraggiamento

dal suolo e dai raggi cosmici e il radon, che da solo ne costituisce più del 50 %. L'irraggiamento dal suolo dipende dal tipo di rocce che costituiscono il sottosuolo, mentre l'irraggiamento dai raggi cosmici dipende dall'altitudine e aumenta in modo significativo con l'aumentare della quota. Anche l'irraggiamento ai polmoni dovuto al radon è di difficile quantificazione, in quanto la concentrazione di radon nei luoghi chiusi dipende da molti fattori e non può essere predetta con certezza, ma soltanto misurata. In Italia la dose efficace media di origine naturale viene stimata in circa 3 mSv/anno e di questi 2 mSv sono causati dal radon. La dose di origine antropica è di circa 1 mSv/anno, dovuta essenzialmente alle pratiche mediche (ENEA, 1999). La dose efficace da ingestione di radionuclidi artificiali, anche se è irrilevante da un punto di vista radioprotezionistico, può essere calcolata a partire dai risultati di concentrazione di attività misurata negli alimenti. Limitando i calcoli al solo Cs-137, che è di gran lunga l'isotopo più presente, e ai soli alimenti tra quelli maggiormente consumati per i

Tabella 18.1 - Valori di dose efficace da ingestione (mSv/anno)

Alimento	Consumo kg/anno	Attività media Bq/kg	Coeff. dose mSv/Bq	Dose mSv/anno
Latte	95	0,634	2,1 x 10 ⁻⁵ (bambini)	1,26 x 10 ⁻³
Carne	40	0,960	1,3 x 10 ⁻⁵ (adulti)	0,49 x 10 ⁻³

Fonte: Arpa Piemonte.

quali si misurano talvolta concentrazioni in attività superiori alla M.A.R. si ottengono i risultati riportati nella tabella seguente. Il valore di attività è stato ottenuto mediando i valori misurati su tutto il territorio piemontese. Il valore ottenuto, già calcolato in modo conservativo

in quanto tiene conto solamente dei campioni in cui l'attività è risultata superiore alla M.A.R. è di gran lunga inferiore al limite di 1 mSv/anno.

La dose da inalazione è del tutto trascurabile. Una certa rilevanza ha invece l'irraggiamento dal suolo in seguito



alla deposizione di Cs-137 dovuta all'incidente di Chernobyl. Uno studio dell'Arpa Piemonte degli anni scorsi ha potuto valutare questa dose, che in media risulta di 0,120 mSv/anno (Facchinelli, Magnoni, 1998).

Con la collaborazione di: Laura Porzio, Luca Albertone, Donatella Bianchi - Arpa Piemonte.

BIBLIOGRAFIA

CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE. Istituto di ricerca sulle Onde Elettromagnetiche "Nello Carrara", 2001. *Protezione dai campi elettromagnetici non ionizzanti* (Andreuccetti e altri) - 3a edizione (reperibile sul sito www.ifac.cnr.it).

DOSSIER ENEA, 1999. *La radioprotezione in Italia - La salvaguardia della popolazione e dell'ambiente.* pag. 50.

FACCHINELLI A., MAGNONI M., 1998. *Radioattività e radiocontaminazione dei suoli piemontesi. Ricerca condotta negli anni 1993-95.* Regione Piemonte - Assessorato all'Ambiente, Collana Ambiente.

ORGANIZZAZIONE MONDIALE DELLA SANITÀ. Fact Sheet marzo 2000. *Electromagnetic fields and public health - Cautionary policies* (reperibile sul sito www.who.int/home-page/).

ORGANIZZAZIONE MONDIALE DELLA SANITÀ. Fact Sheet, n. 236, ottobre 2001. *Electromagnetic fields and public health - Extremely Low Frequency fields and cancer* (reperibile sul sito www.who.int/home-page/).