



*Da sempre sulla Terra è presente un fondo naturale di radiazione elettromagnetica non ionizzante dovuto ad emissioni del sole, della Terra stessa e dell'atmosfera. Il progresso tecnologico ha aggiunto a questo fondo naturale un contributo sostanziale dovuto alle sorgenti legate alle attività umane. Parallelamente agli enormi benefici dovuti alle varie forme di uso dell'elettricità, sono cresciute le preoccupazioni per i potenziali rischi sanitari e di impatto sull'ambiente delle onde elettromagnetiche, dato che l'esposizione a loro complesse miscele di diverse frequenze riguarda ogni individuo della popolazione.*

I campi elettromagnetici presentano caratteristiche diverse a seconda della frequenza: quelli a bassa frequenza (come quelli emessi dalle linee elettriche) vanno trattati separatamente da quelli ad alta frequenza (quali quelli impiegati nella trasmissione via radio) in quanto caratterizzati sia da diverse modalità di interazione biologica che da differente metodologia di valutazione.

Si distinguono quindi due categorie principali:

- RF e MW = radiofrequenze e microonde
- ELF = frequenze estremamente basse

Le principali sorgenti di radiofrequenze e microonde sono costituite da:

- impianti per le telecomunicazioni e la radiotelevisione
- apparati di riscaldamento industriale (per la fusione dei metalli, per l'incollaggio di legno e plastica, per la vulcanizzazione della gomma)
- apparecchiature per applicazioni bio-medicali (ipertermia, marconiterapia, radarterapia)

Le ultime due categorie riguardano proble-

matiche specifiche che possono comportare esposizione soprattutto dei lavoratori addetti e non hanno ricadute esterne al luogo di lavoro; la prima categoria comprende invece impianti che diffondono il segnale su aree abbastanza vaste (es. stazioni radio-base per la telefonia cellulare ed impianti radiotelevisivi), oppure impianti di tipo direttivo (ponti radio, ovvero collegamenti tra due punti tra loro in vista).

Le sorgenti artificiali di produzione di onde elettromagnetiche a frequenze estremamente basse (ELF) possono essere distinte in due categorie principali:

- elettrodotti, ovvero l'insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione utilizzate per il trasporto e la distribuzione di energia elettrica;
- apparecchi alimentati da corrente elettrica, elettrodomestici e videoterminali compresi.

Entrambe le categorie riguardano la popolazione in genere e la seconda riguarda l'ambiente interno.

I campi elettromagnetici ai quali la popolazione è normalmente esposta si mantengono molto al di sotto di valori che possano essere causa di effetti acuti, ossia effetti certi e facilmente individuabili.

Lo studio dei possibili effetti a lungo termine dell'esposizione a bassi livelli di campi elettromagnetici invece ha assunto negli ultimi anni una rilevanza crescente ed è considerato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità una delle attuali priorità di indagine.

Gli studi di carattere protezionistico e scientifico sono iniziati alcuni decenni fa e le normative nazionali fanno riferimento a limiti ricavati da raccomandazioni fornite da organismi internazionali quali ICNIRP (International Commission on Non Ionizing Radiation Protection).

Negli anni più recenti la sensibilità e l'interesse del pubblico verso le problematiche connesse con i campi elettromagnetici e verso il problema dell'impatto paesaggistico causato dall'aumento degli impianti per radiocomunicazioni o degli elettrodotti ad alta tensione sono cresciuti.

La combinazione fra la non piena conoscenza degli effettivi rischi e la preoccupazione di subire comunque effetti negativi produce insicurezza ed allarme. In un recente sondaggio, più della metà dei cittadini intervistati sostiene di non voler rinunciare a nessuno degli strumenti di comunicazione disponibili e nello stesso tempo sollecita l'intervento pubblico per ridurre l'esposizione ai campi elettromagnetici. Senza una forte campagna di educazione all'uso delle tecnologie e di informazione scientificamente corretta ed equilibrata, non saranno possibili efficaci politiche di contenimento dell'esposizione ai campi elettromagnetici.

## 12.1 Impianti radio

Per la trasmissione di informazioni a distanza gli impianti radio sfruttano la capacità di propagazione nello spazio del campo elettromagnetico. Il campo elettromagnetico è il "foglio" sul quale, attraverso tecniche di modulazione, vengono "scritte" le informazioni con tecniche sempre più sofisticate ed

### RIFERIMENTI NORMATIVI

Recentemente è entrata in vigore la Legge n.36 del 22-02-2001 "Legge Quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", che ha lo scopo di predisporre un contesto di riferimento omogeneo per tutte le problematiche connesse all'esposizione al campo elettromagnetico, sia nel caso dell'esposizione della popolazione che nel caso di esposizione di carattere professionale. Questa legge introduce oltre al concetto di limite di esposizione, inteso come massimo valore da non superare per la tutela della salute della popolazione e dei lavoratori da effetti di tipo acuto, anche il valore di attenzione, volto alla protezione di possibili effetti a lungo termine e l'obiettivo di qualità, quest'ultimo inteso sia come criterio urbanistico-localizzativo che come valore di campo.

Sulla base di queste definizioni dovranno essere stabiliti dallo Stato nuovi limiti e valori di riferimento. Al momento attuale non è ancora stato pubblicato alcun decreto applicativo in materia e rimangono pertanto validi tutti i riferimenti normativi precedenti, relativi alla limitazione della esposizione (D.P.C.M. 23-04-1992 per le basse frequenze e DM 381/98 per le alte)

Nel caso di mancato rispetto dei limiti la normativa prevede il risanamento con tempi e modalità diverse a seconda della tipologia della sorgente.

#### Campo elettrico e magnetico a bassa frequenza

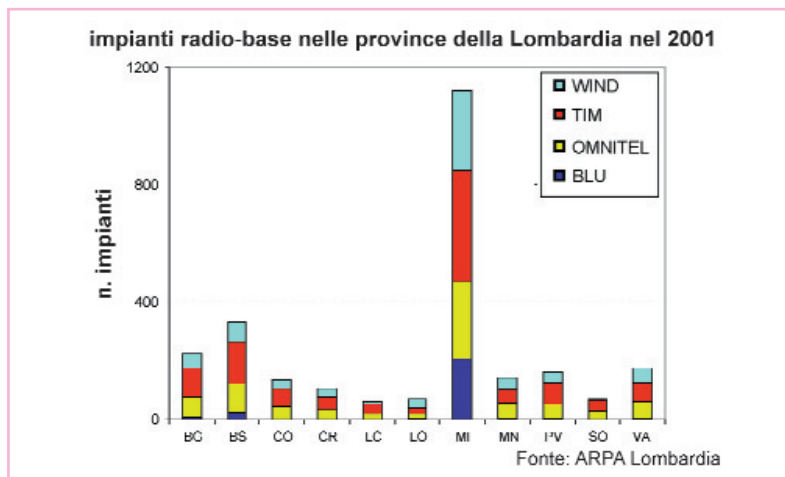
I limiti massimi di esposizione al campo elettrico e magnetico alla frequenza industriale nominale negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno sono contenuti nel D.P.C.M. 23-04-1992. I limiti di esposizione vengono fissati in 5 kV/m e 0.1 mT (100  $\mu$ T), rispettivamente per l'intensità del campo elettrico e di induzione magnetica, in aree o ambienti in cui si possa ragionevolmente attendere una permanenza prolungata, mentre in 10 kV/m e 1 mT (1000  $\mu$ T), rispettivamente per l'intensità del campo elettrico e di induzione magnetica, nel caso in cui l'esposizione sia limitata a poche ore al giorno. Nello stesso DPCM vengono anche fissate distanze di rispetto tra gli elettrodotti e i fabbricati destinati alla permanenza per periodi prolungati; in particolare, per le linee con tensione pari a 132 kV la distanza è di 10 m, per le linee con tensione pari a 220 kV la distanza è di 18 m, per le linee con tensione pari a 380 kV la distanza è di 28 m.

#### Campi elettromagnetici generati da impianti fissi per telecomunicazioni e radiotelevisione

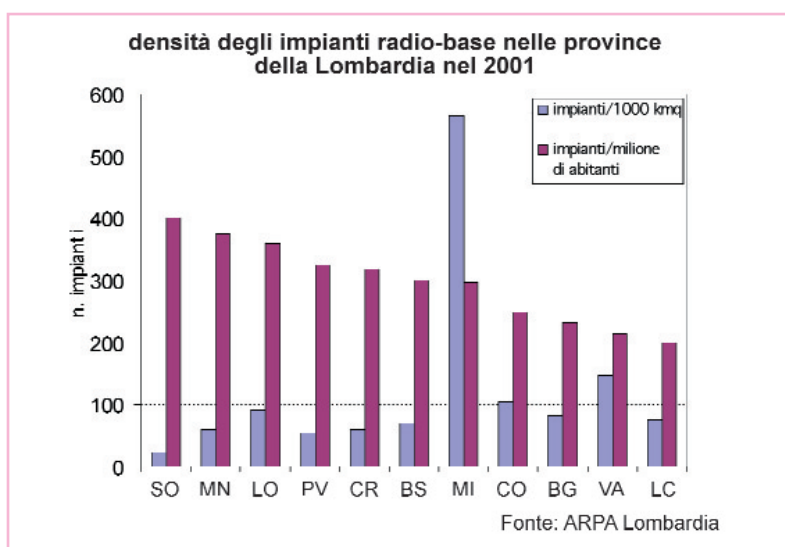
I campi elettromagnetici generati da questa particolare tipologia di applicazioni, all'interno dell'intervallo di frequenze compreso tra 100 kHz e 300 GHz sono regolamentati dal decreto del ministero dell'Ambiente n.381 del 1° settembre 1998.

Il decreto prevede inoltre il concetto di ottimizzazione nella progettazione e realizzazione degli impianti, in maniera tale da rendere il più basso possibile il campo elettromagnetico emesso e conseguentemente minimizzare l'esposizione della popolazione; inoltre in corrispondenza ad edifici adibiti a permanenze non inferiori alle quattro ore non devono essere superati i seguenti valori, validi per tutte le frequenze e relativi ad intervalli di 6 minuti: 6 V/m per il campo elettrico, 0.016 A/m per il campo magnetico e 0.10 W/m<sup>2</sup> per la densità di potenza.

La legge regionale n.11 dell'11 maggio 2001, in conformità con quanto previsto dal citato decreto ministeriale e con la legge quadro n.36/2001 detta indirizzi per l'ubicazione, l'installazione, la modifica e il risanamento degli impianti fissi per le telecomunicazioni e le radiotelevisioni.



**Figura 12.1** gli impianti dei gestori della telefonia cellulare (Tim, Omnitel, Wind e Blu) attualmente in funzione sono distribuiti in tutte le province lombarde e Milano risulta essere quella con il maggior numero assoluto di impianti. Il 52% dei radio-base della Lombardia utilizza la tecnica GSM, il 38% DCS e ormai solo il 10 % TACS. E' in diffusione la tecnica UMTS.



**Figura 12.2** Mentre Milano risulta la provincia lombarda con la maggior densità di SRB rispetto alla superficie, la densità di impianti rispetto agli abitanti è più elevata nelle province di Sondrio, Mantova, Lodi, Pavia, Cremona e Brescia.

efficienti. Le telecomunicazioni e la radiotelevisione comportano, di conseguenza, la presenza nell'ambiente del campo elettromagnetico come supporto dell'informazione da trasportarsi a distanza.

Tra i principali emettitori ambientali di onde radio si trovano quindi gli impianti per la telefonia mobile, i ponti radio e gli impianti per la diffusione radiotelevisiva.

#### Impianti radio-base per la telefonia cellulare (SRB) e ponti radio.

La telefonia cellulare deve il suo nome al fatto che le antenne di una stazione radio base coprono una porzione di territorio, detta appunto cella, avente diametro di dimensione che va da poche decine di metri a diversi chilometri. Le dimensioni della cella sono determinate dalle caratteristiche tecniche degli impianti radio base (guadagno, potenza, inclinazione, tipologia, ecc.), che vengono impostate dal gestore tenendo conto delle esigenze di copertura del territorio.

La maggior parte delle stazioni radio base è situata nelle aree più densamente abitate, allo scopo di poter servire un elevato numero di utenti: questa grande capacità di traffico viene garantita attraverso un numero rilevante di stazioni riceventi e trasmittenti. Per evitare interferenze tra stazioni radio-base contigue che adottano le stesse frequenze e lo stesso standard di trasmissione (TACS, GSM, DCS, UMTS) la potenza di emissione per ogni singolo impianto è limitata a poche decine di watt. Le antenne sono generalmente montate su edifici o tralicci ad un'altezza dal suolo dai 15 ai 50 metri. Queste antenne emettono fasci di energia a radiofrequenza che sono tipicamente molto stretti nella direzione verticale, ma abbastanza larghi nella direzione orizzontale. Grazie alla piccola apertura verticale del fascio, l'intensità al suolo direttamente sotto l'antenna è assai bassa. L'installazione di stazioni radio-base è soggetta ad iter autorizzativi da parte dell'Amministrazione comunale, che tiene conto di aspetti di natura urbanistica, paesaggistica, edilizia e del parere tecnico di ARPA per quanto concerne la verifica del

rispetto dei limiti di esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici.

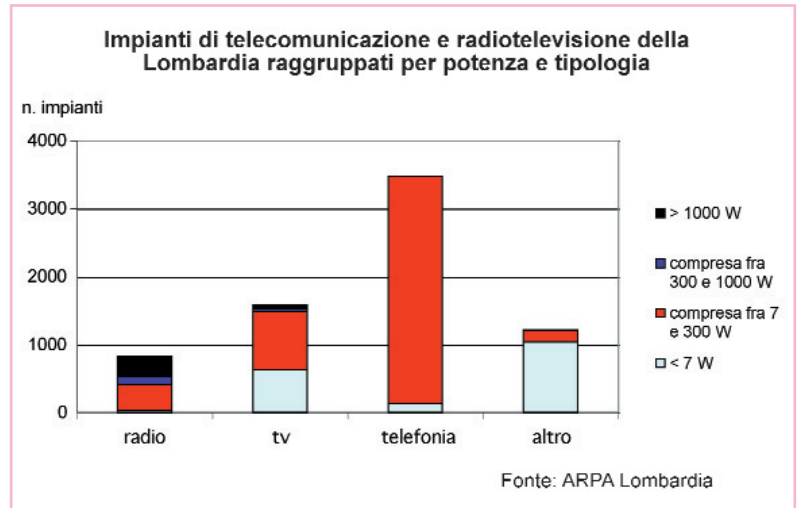
Negli ultimi anni si è avuto un incremento considerevole degli impianti di telefonia cellulare su tutto il territorio italiano: in Lombardia sono aumentati di circa il 70% nel periodo 1999-2001, ovvero si è passati da circa 1500 impianti a più di 2600; per il 2002 le proiezioni indicano un'ulteriore considerevole crescita.

Sono forti infatti le prospettive di sviluppo delle reti delle telecomunicazioni, soprattutto grazie al prossimo avvento dei sistemi di terza generazione (UMTS) che richiedono intrinsecamente una più capillare diffusione degli impianti sul territorio sebbene di potenza più limitata. Ciò non si traduce in un aumento delle esposizioni della popolazione ai campi elettromagnetici, perché grazie allo sviluppo della tecnica - anche per quanto riguarda la tecnica digitale televisiva - e alla doverosa razionalizzazione degli impianti, si prevede una diminuzione generalizzata dei livelli di esposizione attuali.

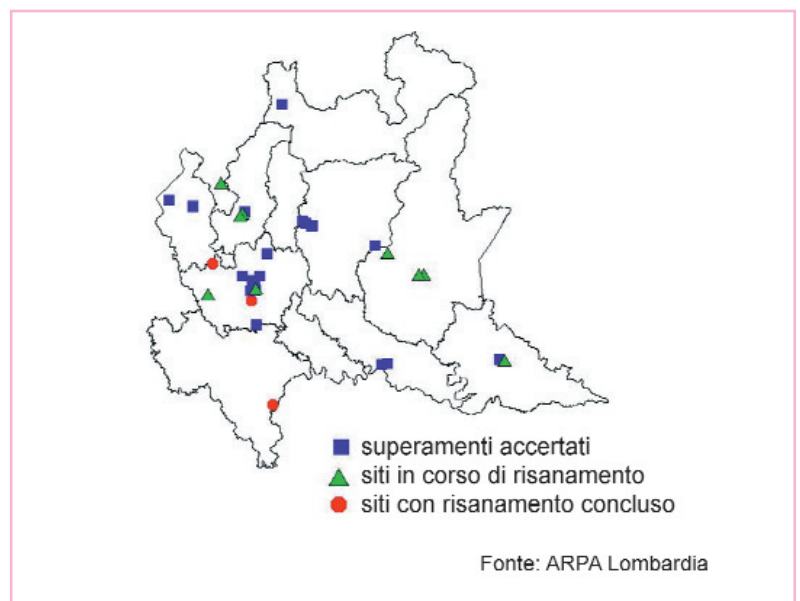
I ponti radio vengono generalmente realizzati con antenne paraboliche che irradiano l'energia elettromagnetica in fasci molto stretti, sia orizzontalmente che verticalmente; grazie alle caratteristiche di direttività ed all'elevato guadagno, riescono a garantire la trasmissione del segnale a grandi distanze impiegando potenze in molti casi inferiori ad 1 Watt. I ponti radio servono pertanto per collegare due antenne fisse distanti tra loro senza ostacoli interposti, emettendo il segnale in una direzione precisa. Questi impianti hanno spesso dimensioni non indifferenti ed un notevole impatto visivo e sono collocati in genere su sostegni già ospitanti altri impianti. Grazie tuttavia delle loro caratteristiche tecniche non rappresentano un problema, poiché non aggiungono contributi all'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici.

**Impianti radiotelevisivi**

Gli impianti radiotelevisivi possono avere potenze molto superiori a 1000 Watt, dovendo a volte diffondere il segnale su aree piuttosto vaste e coprire bacini di utenza che



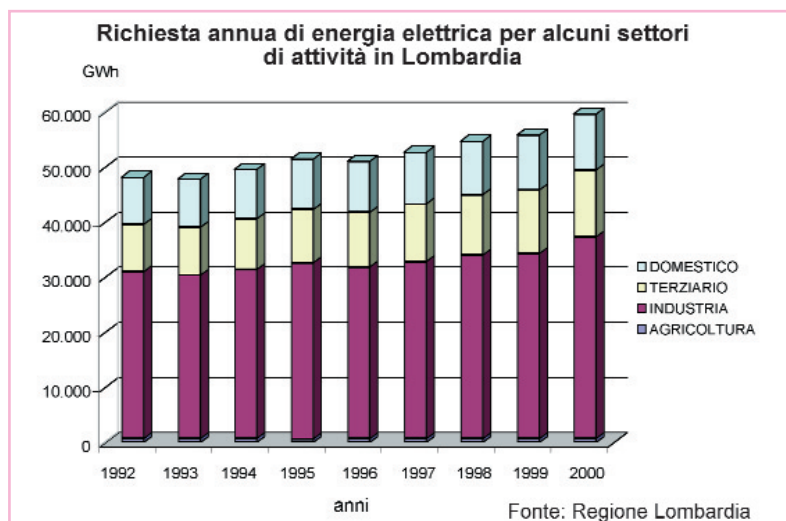
**Figura 12.3** analizzando i dati della Lombardia si ricava che la potenza totale di tutte le stazioni radio base rappresenta solo il 7% circa di quella degli impianti radiotelevisivi.



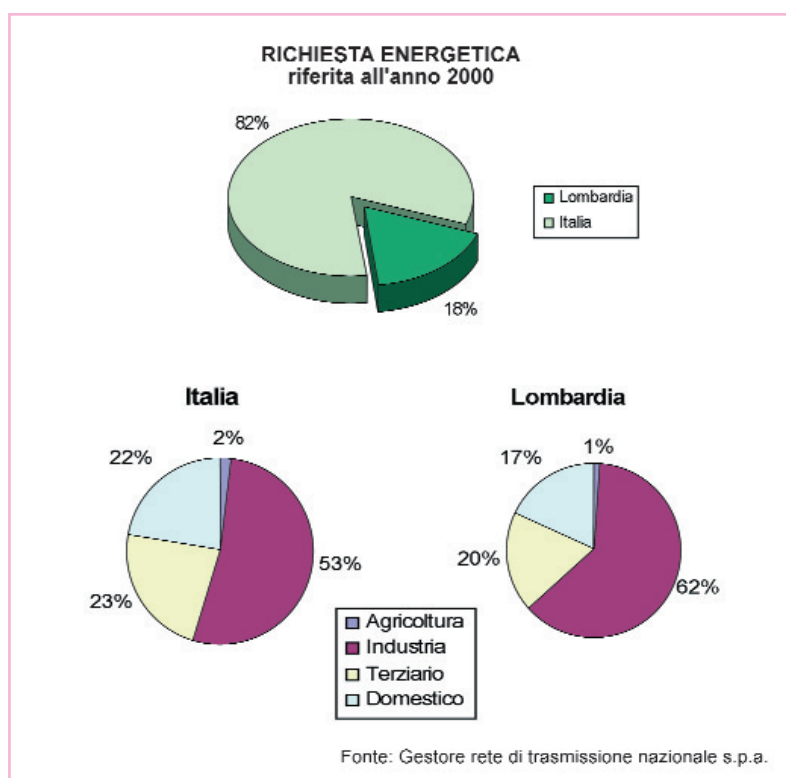
**Figura 12.4** Siti lombardi nei quali si verifica il superamento dei limiti e livelli di esposizione ai campi elettromagnetici generati da impianti di telecomunicazione e radiotelevisione (DM 381/98)

Frequenza (MHz)	Valore efficace dell'intensità di campo elettrico E (V/m)	Valore efficace di intensità di campo magnetico H (A/m)	Densità di potenza dell'onda piana equivalente (W/m <sup>2</sup> )
0,1 – 3	60	0,2	-
>3– 3.000	20	0,05	1
>3.000– 300.000	40	0,1	4

**Tabella 12.1** Limiti di esposizione per la popolazione ai campi elettromagnetici (DM 381/98)



**Figura 12.5** In 8 anni (dal 1992 al 2000) in Lombardia i consumi totali di energia elettrica sono aumentati mediamente di circa il 24%, di cui il 40% dovuto al settore terziario, il 21% al settore industriale ed il 19% a quello domestico.



**Figura 12.6** In Lombardia attualmente la percentuale dell'energia elettrica totale richiesta dal settore industriale è superiore alla percentuale nazionale.

interessano anche più province.

Questo tipo di impianti è perciò spesso sorgente di campi elettromagnetici di entità maggiore a quella dovuta agli impianti radio-base.

In Lombardia, negli ultimi anni, sono stati accertati 37 siti nei quali si verifica il superamento dei limiti e dei livelli dettati a tutela della popolazione dal D.M. 381/98.

Solamente uno di questi superamenti era causato dalla presenza di una stazione radio-base per la telefonia cellulare; tutti gli altri casi vedono la presenza di diversi impianti radiotelevisivi su un unico traliccio o su più sostegni adiacenti. Attualmente 3 di questi casi sono già stati risanati e 14 sono in corso di risanamento.

Il catasto degli impianti fissi per le telecomunicazioni e la radiotelevisione della Lombardia, recentemente istituito dalla LR 11/01 e gestito dall'ARPA, ha individuato la presenza di più di 2500 impianti radiotelevisivi: solamente 600 hanno potenza elevata e maggiore di 1000 W, mentre 1400 circa hanno potenza piuttosto contenuta e minore di 100 W.

## 12.2 Elettrodotti

L'emissione di campo elettrico e magnetico (ELF) da parte degli elettrodotti e, più in generale, degli apparecchi e delle linee che trasportano o impiegano corrente elettrica costituisce un effetto secondario, indesiderato ma ineliminabile, dell'uso dell'elettricità. I campi elettrico e magnetico emessi da queste sorgenti sono indipendenti tra di loro: il primo dipende solo dalla tensione dei conduttori, ed il secondo solo dalla corrente presente. Molto diverse sono anche le interazioni con i vari materiali ed il corpo umano stesso: l'assorbimento e lo schermaggio sono molto pronti per la componente elettrica dell'emissione, e lo sono molto meno per la componente magnetica.

Anche in ambiente domestico sono presenti sorgenti di campo ELF, quali elettrodomestici e strumenti di uso personale: le esposizioni che ne derivano, sebbene talvolta molto intense, sono però nella maggior parte dei

casi di breve durata e interessano porzioni limitate del corpo dell'utilizzatore. Le maggiori sorgenti esterne, in generale, investono in modo più uniforme il corpo umano e presentano un'emissione più costante nel tempo. L'esposizione a queste sorgenti, inoltre, non è direttamente sotto il controllo della popolazione esposta, a differenza della maggior parte delle sorgenti domestiche.

Tra le principali sorgenti di campo elettromagnetico, a livello ambientale, debbono essere citati gli elettrodotti.

Le caratteristiche principali di un elettrodotto sono la tensione di esercizio e la corrente trasportata. Le tensioni di esercizio delle linee elettriche in Italia sono 15 e 60 KV per la bassa e media tensione, 132, 220, 380 KV per l'alta tensione.

La corrente trasportata è variabile nel tempo in dipendenza dalle richieste di energia e mediamente può assumere valori, da alcuni ampere ad un migliaio di ampere, a seconda della linea elettrica.

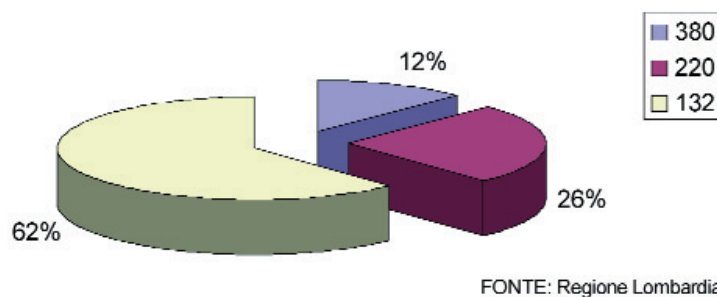
Il campo elettrico generato nelle vicinanze di un elettrodotto ha un'intensità proporzionale alla tensione, è massimo al centro di una campata e decresce allontanandosi dalla linea.

Il campo magnetico prodotto dipende invece dalla corrente trasportata (è quindi variabile nel tempo) e dipende anch'esso dalla distanza dalla linea.

La lunghezza delle linee elettriche ad alta tensione in Lombardia è di circa 3500 km, pari al 16 % di quella nazionale; la loro densità sul territorio è pari però a più del doppio di quella italiana.

Il DPCM 23/4/1992 ha fissato i limiti di esposizione per la popolazione e le distanze di rispetto degli edifici dagli elettrodotti: nel caso in cui i limiti di esposizione non vengano rispettati, è prevista un'azione di risanamento. Il numero di progetti di risanamento per l'alta tensione in Lombardia è attualmente di 19 per un totale di 38 km di linee, ovvero solo l'1% della lunghezza della rete. Questo mostra un sostanziale rispetto dei limiti di esposizione per la popolazione per quanto riguarda le linee elettriche lombarde.

consistenza delle linee elettriche da 132, 220 e 380  
Lombardia (anno 2001)



**Figura 12.7** Le linee con tensione minore o uguale 132 kV sono utilizzate per la distribuzione di energia elettrica verso l'utenza, mentre le alte tensioni servono per il trasporto dalle centrali alla distribuzione.

#### Effetti dei campi elettromagnetici

I campi elettromagnetici ad alta e bassa frequenza vanno considerati separatamente anche per quanto riguarda gli eventuali effetti sanitari.

Per le ELF, l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) nel giugno 2001 ha rivalutato tutta la documentazione scientifica in materia, - relativa sia agli studi effettuati sull'uomo, che sugli animali o sulle culture cellulari, arrivando a classificare il campo magnetico ELF come possibile cancerogeno per l'uomo, sulla base degli studi epidemiologici sulla leucemia nei bambini. Relativamente ad altri tipi di patologie ha ritenuto i dati a disposizione insufficienti o inconsistenti.

La classificazione "possibile cancerogeno per l'uomo" è utilizzata dallo IARC per quei fattori o agenti inquinanti per i quali esistono limitate evidenze di cancerogenicità nell'uomo e meno che sufficienti per quanto riguarda le sperimentazioni animali e rappresenta la categoria più debole tra le tre utilizzate per la classificazione dei potenziali agenti cancerogeni.

Per il campo elettromagnetico a radiofrequenza e microonde l'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità), pur evidenziando la necessità di ulteriori studi per delineare in maniera più completa i possibili rischi sanitari soprattutto a livelli di campo più bassi, in questo momento sottolinea che non c'è alcuna evidenza convincente che l'esposizione al campo elettromagnetico in questo intervallo di frequenze sia in grado di indurre o promuovere tumori. L'OMS, congiuntamente con l'IARC effettueranno una nuova valutazione degli studi scientifici relativi e renderanno noti i risultati alla fine del 2003.

## Radiazioni non ionizzanti

**Programma generale progetti di risanamento  
linee elettriche rete di trasporto a 380 kV**

denominazione linea elettrica	km da modificare	anno di presentazione progetto
Bovisio-Cislago	4,748	1996
Bovisio-Bulciago	6,963	1997
Fiero-Travagliato	2,194	1997
Gorlago-Verderio	2,769	1998
Baggio-Turbigo	0,395	1998
Baggio-Castelnuovo	2,412	1998
Bovisio-Verderio	2,924	1998
Lonato-Nave	0,809	1999
Verderio-Tavazzano c.d. Ciserano	1,889	1999
Caorso- S.Rocco	0,851	1999
Edolo-S.Floriano	0,641	1999
Bulciago-Soazza	3,885	1999
S.Rocco-Tavazzano	0,865	2000
Ostiglia-Fiero	1,959	2000
Fiero-Cremona-Caorso	1,929	2000
Travagliato-Chiari	0,777	2000
Turbigo-Mercallo-Musignano	0,994	2000
<b>Totale</b>	<b>37,004</b>	

**programma generale progetti di risanamento  
linee elettriche rete di trasporto a 220 kV**

Brugherio-Verderio	0,585	2000
Dalmine-Verderio	0,735	2000
<b>Totale</b>	<b>1,32</b>	

FONTE: Regione Lombardia

**Tabella 12.2** I progetti di risanamento derivano dall'applicazione dell' art.7 DPCM 23/4/92 e art.3 DPCM 28/9/95 che dettano norme per limitare l'esposizione ai campi elettromagnetici .

**RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI  
E DI APPROFONDIMENTO**

Cicigoi E., Sgorbati G., 2002. *L'Inquinamento elettromagnetico. Controlli, Interventi, Risanamento e Responsabilità. Problemi e casi pratici*. Giuffrè Editore per i pubblici amministratori e per i professionisti.

Free Foundation for Research on European Economy, 2002. *Libro bianco su l'esposizione ai Campi Elettromagnetici a Radiofrequenza*

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection : <http://www.icnirp.org>

Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro: <http://www.ispesl.it>

Organizzazione Mondiale della Sanità: <http://www.who.int>

Istituto Superiore di Sanità: <http://www.iss.it>

Medical College of Wisconsin: <http://www.mcw.edu/gcrc/cop.html>