

Cristiano Vergani
Responsabile R & D
Deparia Engineering S.r.l.
E-mail: cristiano.vergani@deparia.com

L'inquinamento elettromagnetico

Negli ultimi anni l'intensità delle onde elettromagnetiche nell'ambiente in cui viviamo è andata crescendo in modo esponenziale: elettrodomestici, telefoni cellulari, elettrodotti e trasmettitori radiotelevisivi sono i maggiori responsabili di una forma di inquinamento da non trascurare a causa delle conseguenze sulla nostra salute e sul nostro benessere.

La specie umana si è evoluta in un ambiente caratterizzato da campi elettromagnetici naturali, di varia natura ed intensità. La luce, i raggi cosmici, il campo magnetico terrestre, le correnti elettrostatiche, i fenomeni elettrici temporaleschi sono solo alcuni esempi delle forze elettromagnetiche alle quali sono stati esposti i nostri progenitori. Per questo motivo il nostro organismo ha subito un processo di adattamento progressivo che ci ha permesso di convivere con questa forma di energia, fondamentale allo sviluppo stesso della vita. Da un certo punto della propria storia in poi, l'uomo ha però scoperto il modo di "imbrigliare" i fenomeni elettrici e di piegarli alla propria volontà ed alle proprie necessità, provocando l'esplosione del progresso tecnologico. Questo fatto ha avuto, tra l'altro, la conseguenza di permeare il nostro ambiente di campi elettromagnetici di frequenza ed intensità mai provate prima dai nostri organismi: poco più di due secoli è nulla in confronto ai tempi evolutivi e, per quanto la fisiologia dell'uomo possieda un certo grado di adattabilità, è logico attendersi un qualche tipo di conseguenza dall'esposizione ai campi elettromagnetici artificiali. Questo pensiero è apparso fin da subito nella mente dei primi studiosi dei fenomeni elettrici, tanto è vero che l'elettrofisiologia è antica quanto la scoperta dell'elettricità. Per

quanto riguarda l'influenza dei campi elettromagnetici sui tessuti viventi, si tratta di un tema ampiamente studiato e dibattuto fin dall'inizio del secolo, con una imponente produzione di letteratura scientifica e, a volte, pseudoscientifica o di propaganda politico-militare (negli anni '30-'40 vi fu, su scala ridotta, una corsa alla super arma elettromagnetica simile a quella che portò alla realizzazione delle armi nucleari: il nucleare mise ben presto in secondo piano le ricerche sulle armi elettromagnetiche, anche se ultimamente esiste un notevole ritorno di interesse). Il semplice fatto che dell'argomento si siano fortemente interessate le forze militari, fa pensare che le onde elettromagnetiche possano produrre seri danni agli organismi; d'altra parte, si sa che uno dei trattamenti terapeutici più efficaci nel campo della riabilitazione è la magnetoterapia, molto usata dagli atleti professionisti, che altro non è che l'applicazione di particolari campi elettromagnetici per accelerare la guarigione di fratture e distorsioni. Dunque, sono dannose o benefiche le onde elettromagnetiche? Dobbiamo preoccuparci del fatto che in Italia vi siano in circolazione quasi 20 milioni di telefoni cellulari? Oppure se un elettrodotto ad alta tensione passa a pochi metri dalla nostra stanza da letto? Come spesso accade, non esiste una risposta univoca: dipende da molti fattori e, in ogni caso, si tratta di un argomento molto complesso e delicato per gli enormi risvolti economici che interessano il settore della energia e delle telecomunicazioni. Sappiamo bene che l'uomo tecnologico è purtroppo disposto a subire pesanti compromessi pur di mantenere un elevato standard di vita: quando si sale in auto, difficilmente si pensa al pericolo di restare vittima di un incidente o di prendersi una leucemia per colpa del benzene contenuto nei gas di scarico. Si parla allora di *rischio accettabile*, un concetto quanto mai discutibile ma saldamente radicato nelle istituzioni umane; ma come valutare e quantificare questo rischio, nella selva di informazioni contraddittorie che ci circonda? Sui vari mezzi di informazione l'inquinamento elettromagnetico (spesso chiamato *elettrosmog*) è un argomento molto presente, spesso con il fine di allarmare o tranquillizzare più o meno a sproposito, raramente per informare e per capire la consistenza

del problema.

La particolare situazione italiana

Nel nostro panorama urbano, le antenne trasmettenti hanno assunto un ruolo onnipresente e familiare. Nessuno più si stupisce di vedere palazzi irti di tralicci di tutti i generi, che irradiano segnali in tutte le direzioni. Questo fatto costituisce di sicuro uno scempio estetico, con antenne che spuntano perfino da edifici storici o dalle cattedrali, ma rappresenta anche una situazione di rischio per l'ambiente e la salute. Infatti, come vedremo, esistono degli effetti sicuramente accertati delle onde elettromagnetiche (effetti termici) e degli effetti non ancora definitivamente accertati (effetti non termici) ma riscontrati a livello epidemiologico. Vi sono delle norme specifiche a livello internazionale, nazionale e regionale che disciplinano la sicurezza degli impianti di trasmissione, attualmente basate su livelli massimi accettabili in gran parte concepiti per evitare gli effetti termici. Alcune Regioni si sono date leggi più restrittive, cercando, per quanto possibile, di tutelare la popolazione anche dal rischio legato agli effetti non termici, che si manifesterebbero a livelli di irradiazione molto bassi. Occorre notare che la situazione italiana rappresenta un caso pressoché unico al mondo di concentrazione di trasmettitori radio: abbiamo tre gestori di telefonia cellulare (fra poco arriverà anche un quarto) in concorrenza fra loro, ognuno con la propria rete di trasmettitori. Inoltre, l'enorme sviluppo della diffusione radiotelevisiva italiana degli ultimi 20 anni, con la cosiddetta liberalizzazione dell'etere (in Italia abbiamo circa 2400 stazioni radio e 700 emittenti televisive, una cifra pari ad un terzo del totale dell'intero pianeta), ha portato ad una completa "saturazione" delle potenzialità di trasmissione: come ben sanno gli operatori del settore, per coprire un'area urbana di pochi chilometri quadrati oggi occorrono trasmettitori di grandissima potenza. Può dunque capitare, in casi particolarmente sfortunati, di avere sullo stesso palazzo qualche decina di kW di trasmettitori radiotelevisivi e telefonici. Per avere un termine di paragone "illuminante" si tenga presente che, all'interno di un forno a microonde, 1 kW di radiofrequenza è in grado di cuoce-

re un pollo in pochi minuti... Di certo, se gli impianti sono stati realizzati e mantenuti a regola d'arte, le distanze di sicurezza rispettate e quant'altro, gli abitanti del palazzo non saranno esposti ad un campo elettromagnetico superiore ai limiti consentiti (non si potrà comunque permettere l'accesso al tetto e si dovranno predisporre barriere di sicurezza intorno ai tralicci). In ogni caso, è necessario ricordare che i controlli da parte delle autorità sanitarie, tranne rare eccezioni, sono inesistenti per carenze organizzative, di personale e di strumentazioni adeguate; i limiti di esposizione tengono attualmente conto solo degli effetti termici ed inoltre non prendono in considerazione l'esposizione cumulativa, ovvero, l'inquilino dell'ultimo piano non solo è esposto continuamente ad un campo elettromagnetico sia pure ai limiti consentiti, ma a questo campo se ne possono sommare altri sia costantemente (linee elettriche interne ed esterne) sia discontinuamente ma con alta intensità (asciugacapelli, rasoi elettrici), con effetti ancora non determinati. Rispetto alla situazione fuori da ogni controllo di qualche anno fa, ora, in seguito alla sensibilizzazione sempre maggiore della opinione pubblica, l'attenzione delle istituzioni è maggiore, come pure l'impegno dei legislatori e dei ricercatori. Esiste il sospetto, in base a recenti (nonché discussi) studi epidemiologici, di una correlazione tra esposizione prolungata a radiofrequenza ed un aumento dei casi di leucemia infantile nella popolazione: per questo motivo, l'orientamento attuale, pur in assenza di prove certe ed incontrovertibili, è quello di tutelare almeno i cittadini più deboli contro i possibili rischi ponendo dei limiti al proliferare incontrollato dei trasmettitori. La Regione Lombardia, per esempio, ha recentemente posto una distanza minima di 150 metri tra i trasmettitori della telefonia cellulare ed edifici che ospitano scuole, asili, ospedali e simili.

Cosa sono i campi elettromagnetici

Non è possibile in questa sede descrivere compiutamente la natura ed il comportamento dei campi elettrici ma solo, con le inevitabili semplificazioni ed approssimazioni, indivi-

duarne grossolanamente gli aspetti principali. Un campo elettromagnetico è un campo di forza, ovvero, secondo la fisica, una regione di spazio intorno ad un oggetto particolare (detto sorgente del campo), nella quale si manifestano forze su altri oggetti: nel caso specifico, qualunque conduttore percorso da corrente elettrica rappresenta una sorgente di una combinazione di forze elettriche e magnetiche, determinando nelle vicinanze un campo elettromagnetico in grado di interferire sullo stato di corpi dotati di cariche elettriche o conduttori di elettricità. Siccome i tessuti viventi rientrano in queste due categorie, esiste una interazione fra essi ed il campo elettromagnetico. Occorre fare subito una importante distinzione, tra energia radiante (onde elettromagnetiche vere e proprie) e campo elettromagnetico: la differenza sta nella capacità da parte della sorgente di comportarsi da antenna o meno, in funzione del cambiamento periodico della polarità della corrente e delle dimensioni fisiche della sorgente: per fare un esempio, la linea di un elettrodotto genera un campo elettromagnetico intenso, ma irradia onde elettromagnetiche molto deboli, perché la frequenza della corrente che lo attraversa è molto bassa (In Italia 50 Hz) e la lunghezza che dovrebbe avere uno spezzone continuo di linea per funzionare come antenna è di circa 6 km. In tal caso, il campo elettrico ed il campo magnetico nelle vicinanze del conduttore possono essere considerati come entità a sé stanti (campo vicino). Diversamente, una antenna di un trasmettitore radio è un conduttore percorso da una corrente alternata ad alta frequenza (per es. 88-108 Mhz nel caso delle radio FM, 900 Mhz o 1800 Mhz nei telefoni cellulari ecc.) caratterizzato da una lunghezza fisica "risonante" con la lunghezza d'onda del segnale elettrico. I tali condizioni, quasi tutta l'energia viene irradiata nello spazio sotto forma di onde elettromagnetiche, con campo elettrico e magnetico considerati come unica entità. Un'altra distinzione elementare è che il campo elettromagnetico cessa immediatamente al cessare della corrente che attraversa il conduttore, mentre le onde elettromagnetiche una volta emesse si propagano anche se l'antenna non viene più alimentata (il trasmettitore che ha rilanciato la voce dell'astronauta Armstrong dalla Luna

alla Terra non funziona più, ma il segnale che ha trasmesso sta ancora viaggiando nello spazio ed ora si trova a circa 30 anni-luce da noi).

Il campo elettrico (E) si misura in V/m, mentre il campo magnetico di misura in A/m; la densità di potenza elettromagnetica si esprime in W/m^2 e dipende dal valore efficace dei campi elettrico e magnetico combinati. Il campo di frequenza oggetto di studio per le interazioni con i tessuti viventi si estende in un campo molto vasto, da 10 Hz a 300 GHz; per frequenze inferiori a 10 Mhz gli effetti indotti dipendono principalmente dalle correnti indotte nei tessuti per induzione da parte del campo magnetico (in questo caso si definiscono limiti di esposizione, indicati in unità di intensità di flusso o Tesla e suoi sottomultipli mT, μT e nT). Per le frequenze maggiori di 10 Mhz diventa invece importante il concetto di potenza specifica assorbita dall'organismo vivente (SAR) espressa in W/kg (concezione dosimetrica dell'esposizione), perché la lunghezza d'onda è significativamente piccola da interagire direttamente con le strutture del corpo umano. Nella Figura 1 possiamo vedere un diagramma riepilogativo dello spettro delle emissioni elettromagnetiche, con in evidenza l'intervallo di frequenze maggiormente usato per le telecomunicazioni (100kHz - 10 GHz).

Gli effetti sulla salute

Come già accennato, i limiti di sicurezza raccomandati attualmente (Figura 2) derivano principalmente dalla osservazione degli effetti di tipo termico, cioè determinati da correnti indotte nei tessuti che provocano riscaldamento per effetto Joule. Tale riscaldamento può provocare gravi danni in tessuti particolarmente sensibili: il cristallino oculare può andare incontro ad opacizzazione; nel testicolo si può avere alterazione della spermatogenesi e conseguente sterilità, la componente elastica della parete delle arterie può danneggiarsi; un fenomeno tipico è quello degli acufeni, rumori provocati da impulsi di microonde che inducono brusche dilatazioni termiche in diverse strutture (ossa craniche, organo acustico ecc.) e dei magnetofosfeni (lampi di luce provocati dall'irradiazione della retina); inoltre si

può determinare una sintomatologia classica da colpo di calore. In caso di esposizione ad altissimi livelli di radiofrequenza, si possono avere delle vere e proprie ustioni interne, specialmente nei punti di passaggio tra tessuti diversi, con esiti anche gravissimi (questi casi riguardano principalmente incidenti sul lavoro che coinvolgono manutentori di radar o installatori di trasmettitori di potenza o di generatori di microonde per usi industriali). La Tabella 1 riassume gli effetti di tipo acuto riscontrabili in seguito ad esposizioni di elevata entità. Numerosi studi epidemiologici hanno però messo in evidenza una serie di effetti legati ad esposizioni molto basse, non correlabili ad effetti termici. Allo stato attuale della ricerca non si è ancora riusciti a stabilire un incontrovertibile nesso causa-effetto tra esposizione e malattia, anche perché vi possono essere delle concause (ad esempio l'azione di particolari agenti cancerogeni potrebbe essere potenziata dall'influenza del campo elettromagnetico). Tra questi effetti, oltre ad una serie di disturbi nervosi e del comportamento, vi è anche un incremento di alcune forme tumorali, soprattutto leucemie. Tali effetti, chiamati "non termici a lungo termine", non hanno ancora avuto una spiegazione certa riguardo al possibile meccanismo d'azione, anche se sono state formulate diverse ipotesi, tuttora allo studio.

Campi magnetici emessi dagli elettrodotti

Nella Figura 3 troviamo illustrato l'andamento dell'intensità del campo magnetico generato da un elettrodotto da 380 kV, a doppia trave da 2000 MW di potenza trasportata, sospeso a 11,34 m. La curva riproduce il variare dell'intensità all'aumentare della distanza lateralmente dall'asse della linea: da un massimo di 15,6 μT si scende gradualmente fino a al di sotto dei 0,2 μT ad una distanza di circa 80 m. La soglia di 0,2 μT è considerata dalla letteratura scientifica internazionale come livello minimo di sicurezza per evitare effetti cronici da esposizione a campi magnetici a 50 Hz. Nella Tabella 2 troviamo i limiti di sicurezza previsti dalla normativa nazionale ed i nuovi limiti previsti dalla Regione Veneto

(con una legge regionale attualmente bloccata da un intervento del Commissario del Governo, in seguito alla fortissima reazione contraria delle Aziende elettriche), entro la soglia di $0,2 \mu\text{T}$ (detta anche SAE, Soglia di Attenzione Epidemiologica). Una questione spesso dibattuta è relativa alla convenienza di aumentare o meno l'altezza di sospensione dei conduttori: come si può vedere nelle Figg. 4 e 5, l'aumento della altezza da 11,34 m a 20 m fa scendere il picco massimo di emissione a $5,2 \mu\text{T}$, ma la distanza oltre la quale si scende sotto la soglia dei $0,2 \mu\text{T}$ diminuisce solo di 2,4 m, una quantità trascurabile. Una via più efficace per diminuire la distanza di sicurezza potrebbe essere l'interramento dei conduttori, come si vede in Figura 6: a parità di corrente trasportata, il picco massimo è circa doppio, ma l'intensità decresce molto più rapidamente con la distanza. Purtroppo, l'interramento pone dei problemi di altra natura, principalmente maggiori perdite per dispersione e costi di esecuzione molto elevati, come minimo doppi rispetto agli elettrodotti sospesi (vedi la Tabella 3). L'interramento è una realtà percorribile solo per linee fino ad un massimo di 90 kV. Una ulteriore possibilità di diminuire il campo magnetico consiste nell'adottare configurazioni speciali dei conduttori sospesi (*split phases* o linee compatte) che oltretutto comportano un minor impatto ambientale.

Altre fonti campi magnetici a 50 Hz

Negli ambienti domestici esistono numerose fonti di campi magnetici, le cui emissioni si possono sommare fino a raggiungere livelli non trascurabili: l'impianto elettrico di servizio e gli elettrodomestici costituiscono una sorgente importante. Negli appartamenti di un condominio urbano i livelli del campo magnetico sono sensibilmente superiori a quelli rilevabili in una abitazione a sé stante posta in periferia. Ciò a causa proprio del sommarsi delle emissioni provenienti dagli appartamenti adiacenti e dall'esterno. Nella Figura 7 sono posti a confronto due tracciati dell'andamento del campo magnetico in un appartamento ed in una casa singola periferica. Oltre ad essere superiore, il campo magnetico dell'apparta-

mento mostra una evidente variazione giorno/notte, dovuta alla maggiore attività diurna di utenze elettriche. I piccoli elettrodomestici rappresentano una fonte assai cospicua di campi magnetici, spesso sottovalutata: come si può dedurre dalla Figura 8, le emissioni di un asciugacapelli a 10 cm di distanza sono ben superiori a quelle di un elettrodotto ad alta tensione posto ad alcuni metri. Fortunatamente si tratta di emissioni discontinue, tuttavia sospette di indurre numerosi disturbi. Per i piccoli elettrodomestici è in arrivo un forte inasprimento delle norme di omologazione riguardo all'emissione di campi elettromagnetici, nonostante l'ovvia resistenza da parte dei costruttori. Appositi accorgimenti costruttivi e schermature antimagnetiche stanno per diventare importanti argomenti di vendita nel settore elettrodomestico, data la sempre maggiore attenzione del consumatore alla tutela della salute e della sicurezza.

Emissioni elettromagnetiche della telefonia cellulare

Come già accennato, lo sviluppo della telefonia cellulare ha assunto in Italia un andamento esplosivo, con una densità di telefoni assolutamente da record (circa un cellulare ogni 3 abitanti, compresi bambini ed anziani, in aumento). Per soddisfare una simile frenesia comunicativa, il nostro Paese è stato letteralmente ricoperto di centrali di servizio, equipaggiate con antenne omnidirezionali a basso guadagno o con antenne direttive ad alto guadagno (Figure 9 e 10). Le prime sono sempre installate a gruppi di 3, con una antenna centrale trasmittente e due laterali riceventi, le seconde sono formate da pannelli contenenti una antenna trasmittente e due riceventi, installati a gruppi di tre. In genere, ogni antenna trasmittente è asservita ad un trasmettitore da 1-2 kW di potenza. Nelle Figure 11, 12, 13 e 14 sono visibili i diagrammi polari di emissione elettromagnetica di queste antenne, rispettivamente sui piani orizzontale e verticale. Le norme di sicurezza internazionali ANSI/IEEE prescrivono un'area di rispetto che si estende per una decina di metri sul piano orizzontale dell'antenna. In ogni caso non ci si deve esporre ad una intensità di

campo superiore a 0.57 mW/cm^2 . In ambito nazionale, dal 2 gennaio di quest'anno è in vigore un decreto che fissa il limite massimo per la popolazione in generale di 20 V/m , che scendono a 6 V/m in caso di esposizioni superiori alle quattro ore giornaliere. Alcune Regioni, tra cui la Lombardia, hanno introdotto o stanno per introdurre limiti ancora più restrittivi (esposizione massima 2 V/m , distanza di sicurezza minima tra tralicci ed abitazioni di $100\text{-}150 \text{ m}$).

Effetti acuti del campo magnetico a 50 Hz e normative		
Effetto	Campo magnetico	Densità di corrente
riscaldamento dei tessuti (0,4 W/kg)	1.600.000 μT	10.000 mA/m ²
induzione di extrasistole (rischio di fibrillazione)	130.000 μT	800 mA/m ²
percezione sensoriale, magnetofosfeni	16.000 μT	100 mA/m ²
prestandard CENELEC per lavoratori	1.600 μT	10 mA/m ²
prestandard CENELEC per popolazione	640 μT	4 mA/m ²
linee guida ICNIRP per lavoratori	500 μT	3 mA/m ²
rumore elettrofisiologico	160 μT	1 mA/m ²
linee guida ICNIRP per po- polazione normativa italiana	100 μT	0,6 mA/m ²

Tabella 1

Nella tabella un breve riassunto degli effetti acuti legati all'esposizione a valori crescenti di campo magnetico: il valore di 0,4 W/kg è il riferimento tipico per le normative fondate sugli effetti termici dei campi elettromagnetici ad radiofrequenza e microonde; si tratta di un livello molto modesto: per confronto si consideri che il calore generato spontaneamente da un organismo umano in condizioni di riposo ("metabolismo basale") ammonta a circa 1,2 W/kg. Si tenga anche conto che il calore prodotto dall'esposizione al campo magnetico è direttamente proporzionale al quadrato dell'intensità del campo.

Da: IROE / CNR

	DCPM 27/04/1992 (modificato nel 1995)		Legge Regionale Veneto
Elettrodotti o cabine AT/BT	Nuovi (art.5)	Esistenti (art.4)	Esistenti e nuovi
132 kV media tensione	10 metri	Qualche metro (100 μ T)	60 metri (0,2 μ T)
220 kV alta tensione	18 metri	Pochi metri (100 μ T)	100 metri (0,2 μ T)
380 kV altissima tensione	28 metri	Pochi metri (100 μ T)	150 metri (0,2 μ T)

Tabella 2

Limiti di sicurezza previsti dalla normativa nazionale ed i nuovi limiti previsti dalla Regione Veneto, entro la SAE - Soglia di Attenzione Epidemiologica - (in metri sono indicate le distanze minime di sicurezza).

elettrodotti	Costo dell'interramento
Fino a 132 kV	2 volte
132 kV (media tensione)	2,5 volte
220 kV (alta tensione)	10 volte
380 kV (altissima tensione)	n.d.

Tabella 3

Costi relativi alla trasformazione degli elettrodotti da sospesi ad interrati, forniti dalla Commissione prevista dall'art.8 del DPCM del 1992.

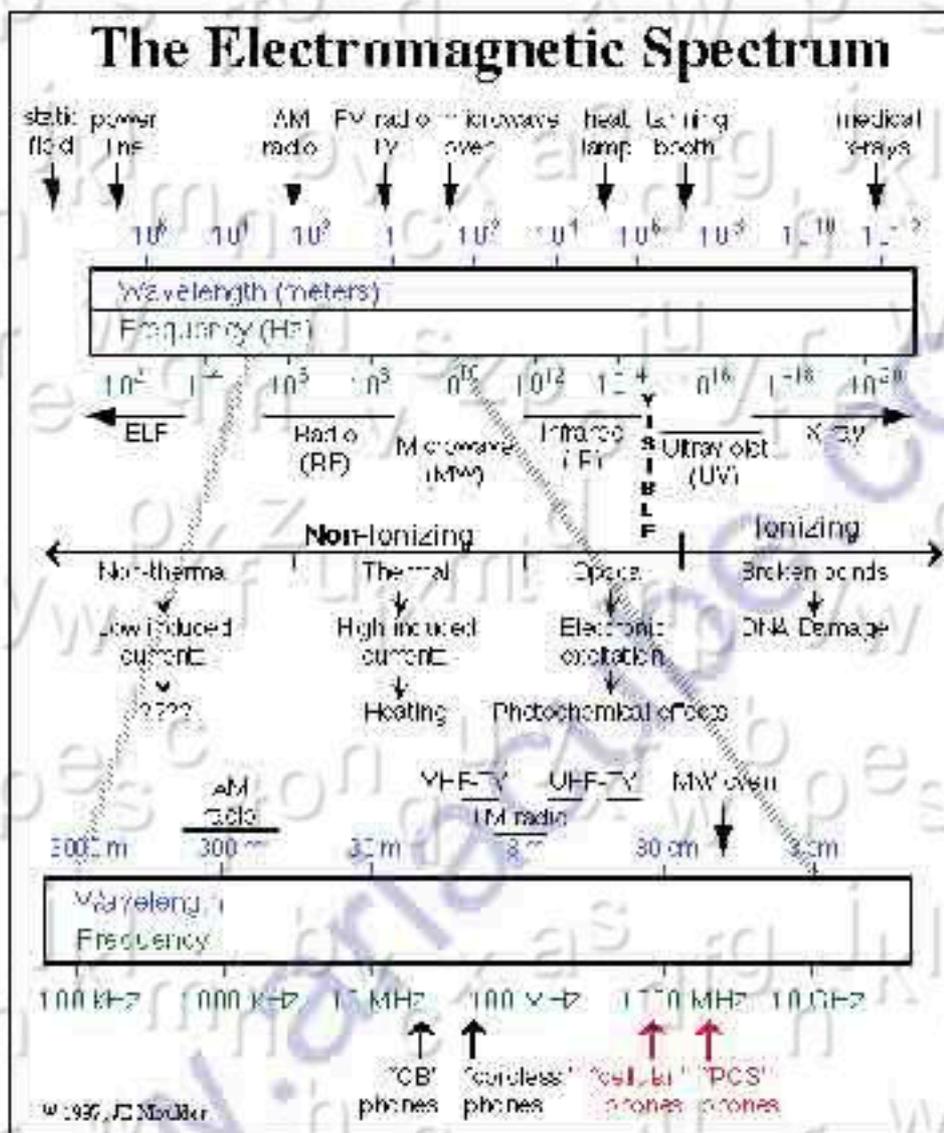


Figura 1

Diagramma riepilogativo dello spettro elettromagnetico. In evidenza il settore da 100 khz a 10 Ghz, particolarmente importante per le telecomunicazioni.

Da: J.E. Moulder (modif.)

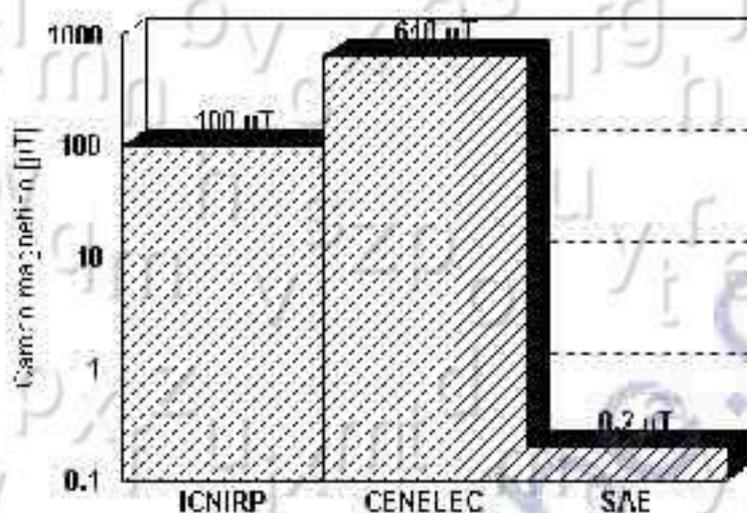
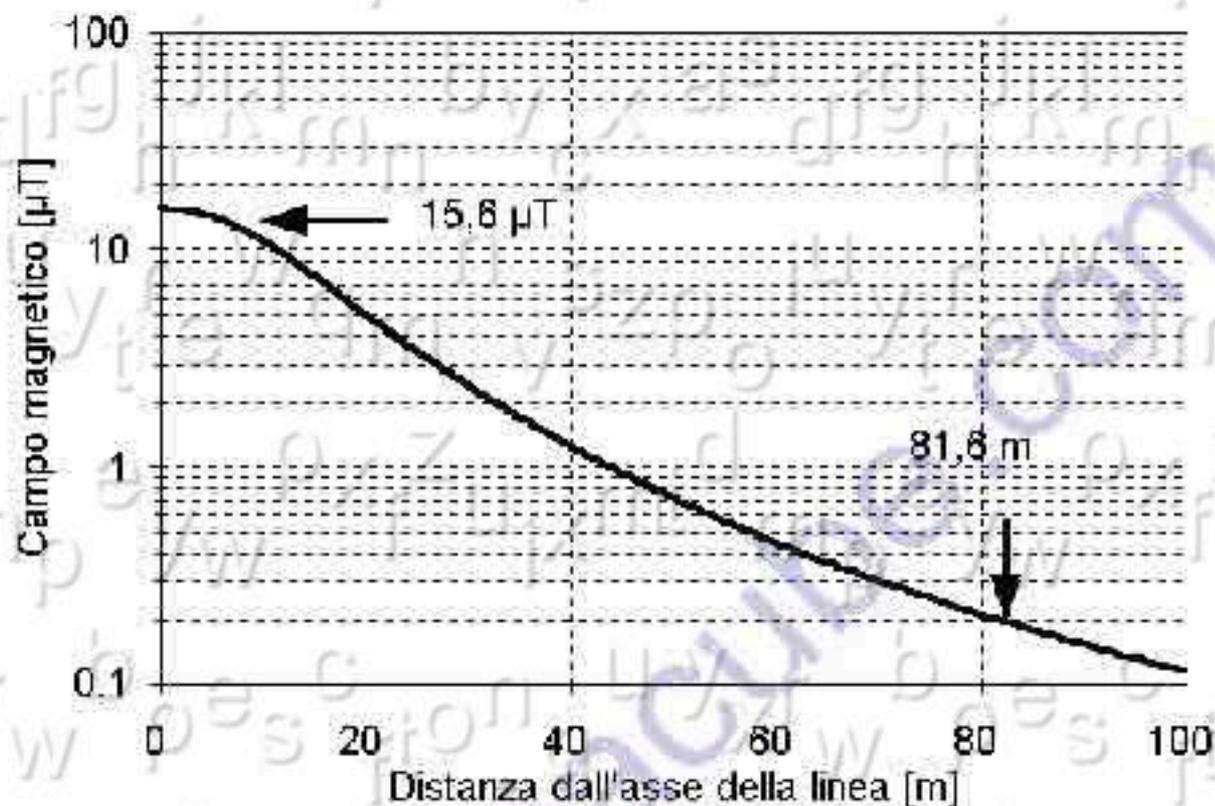


Figura 2

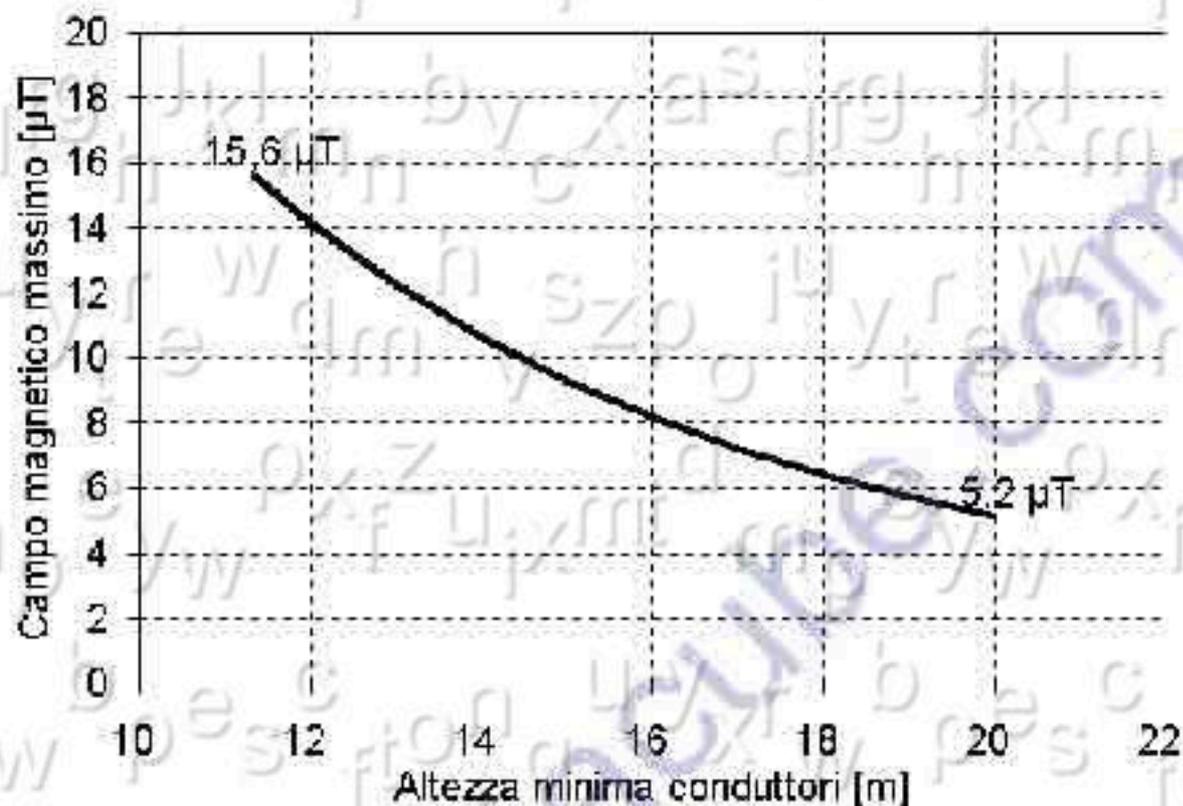
Livelli massimi di esposizione continuativa ai campi magnetici, secondo gli standard nazionali ed internazionali ICNIRP – DCPM 23/4/92 (100µT) e CENELEC (640µT). La soglia a 0,2µT corrisponde alla SAE (Soglia di Attenzione Epidemiologica) al di sotto della quale non ci si aspettano effetti causati dall'esposizione a lungo termine, secondo gli studi epidemiologici. E' evidente come la considerazione dei soli effetti "acuti" porti a soglie molto elevate (tra l'altro assai diverse tra loro, con la normativa italiana molto più prudente).

Da IROE/ CNR

**Figura 3**

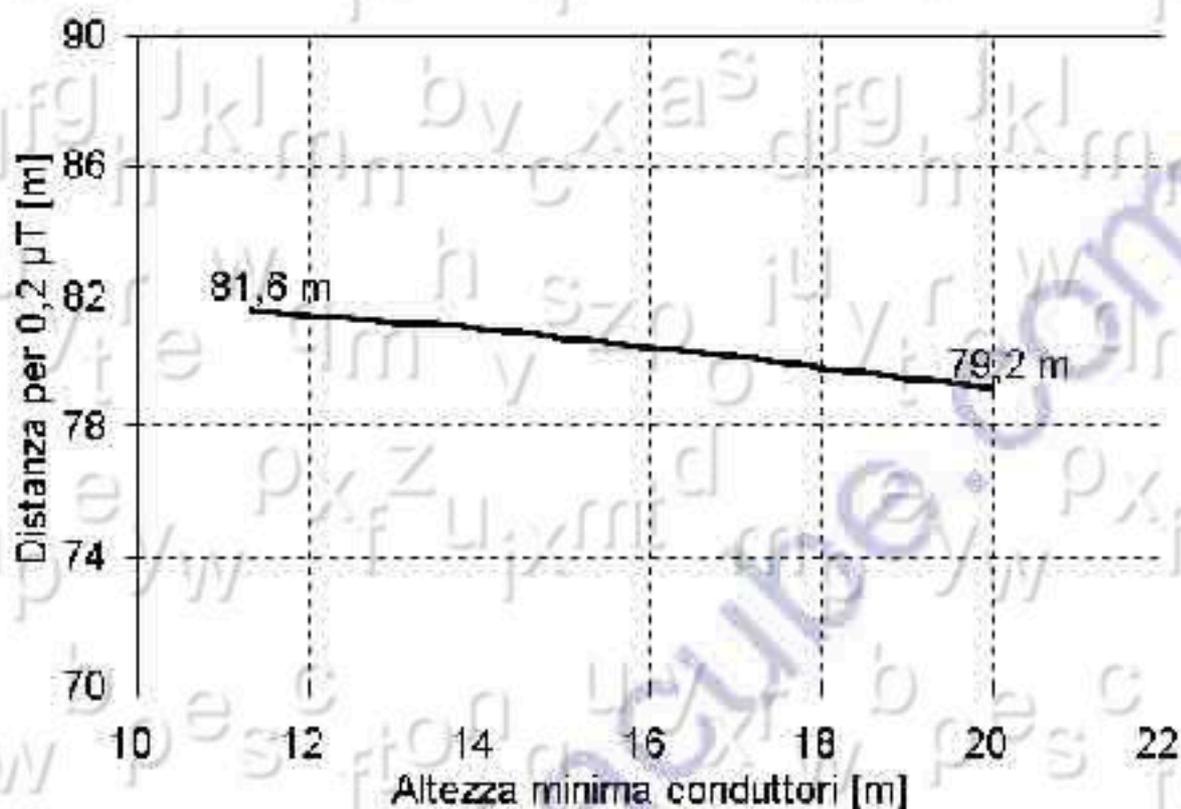
Nella figura possiamo vedere l'andamento del campo magnetico prodotto al suolo da un elettrodotto a 380 kV doppia terna da 2000 MW (1500 A), a partire dall'asse della linea fino a 100 m di distanza, con altezza minima dei conduttori dal suolo di 11,34 m (normativa italiana DMLP 16/01/91).

Da: IROE / CNR

**Figura 4**

La curva in figura ci mostra come, aumentando l'altezza dei conduttori dal suolo, si possa diminuire efficacemente il valore massimo del campo magnetico al suolo. Purtroppo, ciò non diminuisce di molto la distanza di sicurezza al di sotto della SAE (Soglia di Attenzione Epidemiologica) come si può vedere nella Fig. 5.

Da: IROE / CNR

**Figura 5**

Portare l'altezza dei conduttori da 11,34 m a 20 m non diminuisce significativamente l'area al di sopra della SAE, perciò non conviene alzare gli elettrodotti per diminuire il livello di esposizione.

Da: IROE / CNR

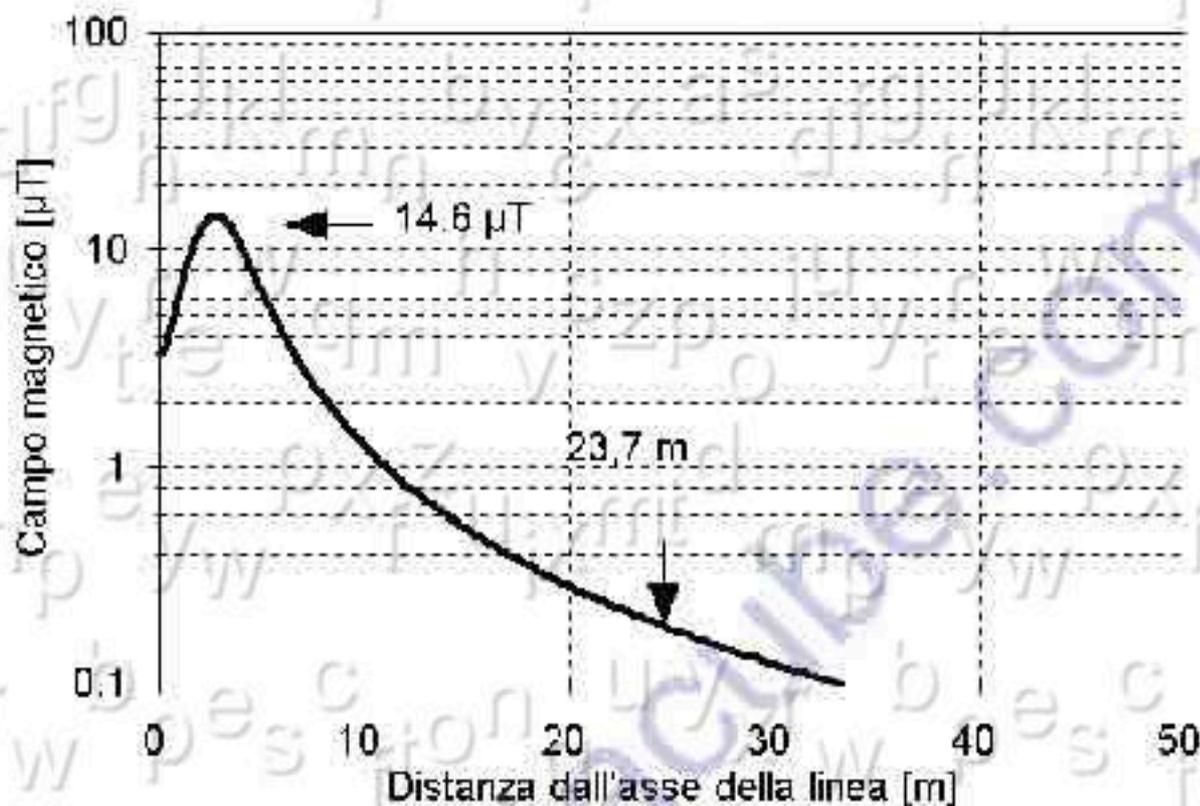
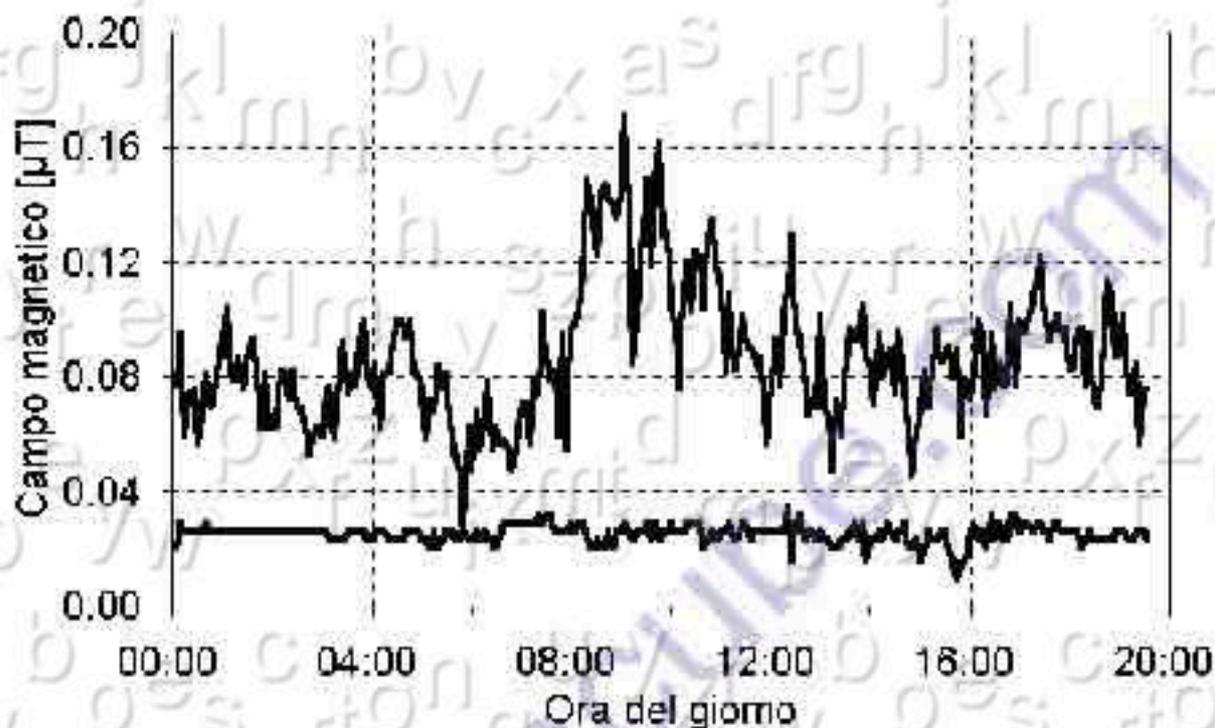


Figura 6

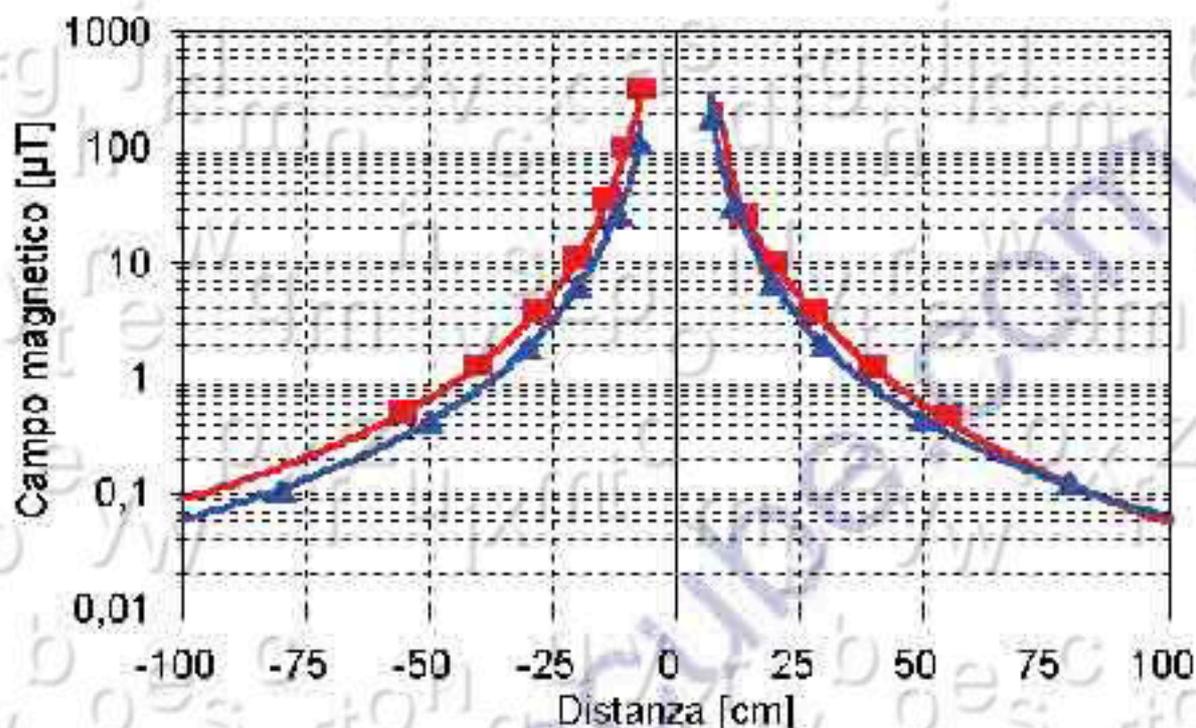
La curva mostra l'andamento del campo magnetico a livello del suolo generato da un elettrodotto interrato a 380 kV doppia terna piana da 1000 MW (790 A). Rispetto all'elettrodotto sospeso della Fig. 3, possiamo notare come, tenendo conto della diversa potenza trasportata (circa la metà), il valore del campo magnetico risulti elevato, ma si vada riducendo più rapidamente con la distanza. Gli elettrodotti interrati, fino ad una certa potenza, possono ridurre la distanza di sicurezza entro la SAE, ma sono decisamente più costosi da realizzare e comportano maggiori dispersioni.

Da: IROE / CNR

**Figura 7**

La figura riporta a confronto l'andamento del campo magnetico in un appartamento di un condominio urbano (linea superiore) e di una abitazione singola di un quartiere periferico (linea inferiore). Le misurazioni, una ogni 5 minuti, coprono un arco di 20 ore. I valori rilevati nell'appartamento sono influenzati dalle numerose fonti urbane di campi magnetici, ma rimangono di poco inferiori alla SAE.

Da: IROE / CNR.

**Figura 8**

I piccoli elettrodomestici possono rappresentare delle fonti di campo magnetico tutt'altro che trascurabili: nel grafico possiamo vedere l'emissione di un asciugacapelli (linea blu) e di uno spremiagrumi (linea rossa). Come si può vedere, nelle immediate vicinanze degli apparecchi è facile superare addirittura il limite di sicurezza ICNIRP a 100µT: per scendere al di sotto della SAE si dovrebbe allontanarsi di almeno 60-70cm, cosa impossibile da fare azionando un piccolo elettrodomestico.

Da: IROE / CNR

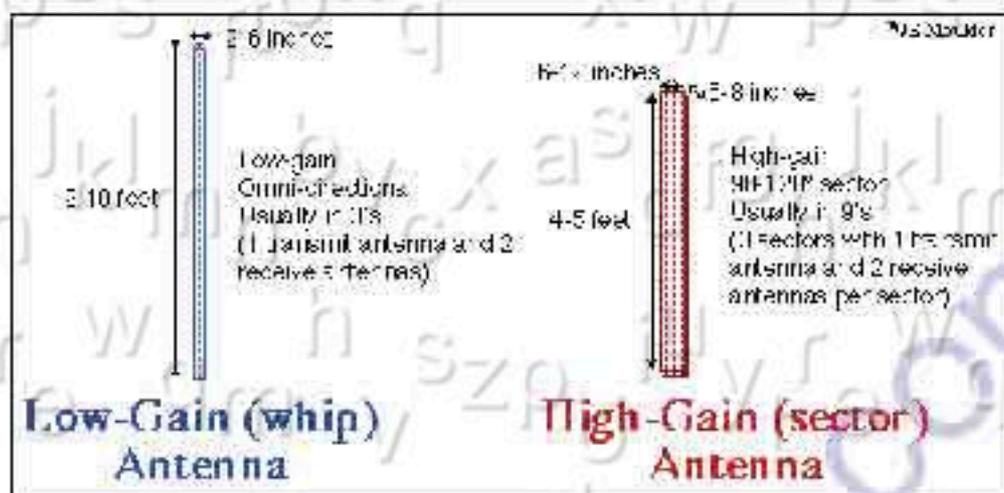
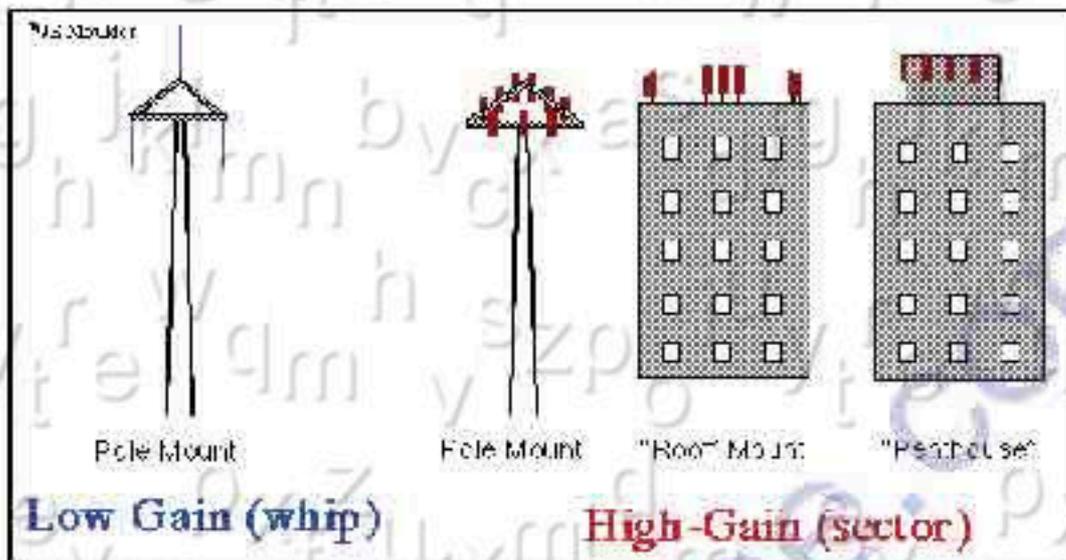


Figura 9

Aspetto delle antenne comunemente usate per le stazioni fisse della telefonia cellulare.

**Figura 10**

Le antenne per la telefonia cellulare sono facilmente riconoscibili per forma e disposizione.

Da: JE Moulder (modif.)

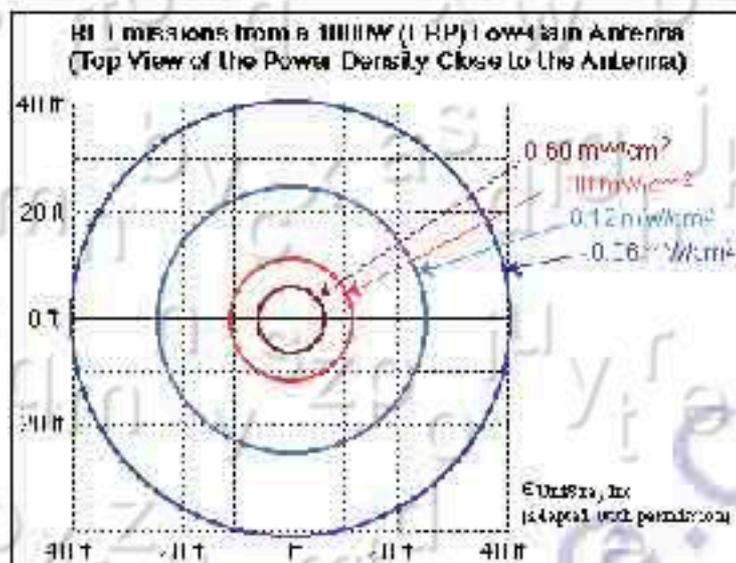
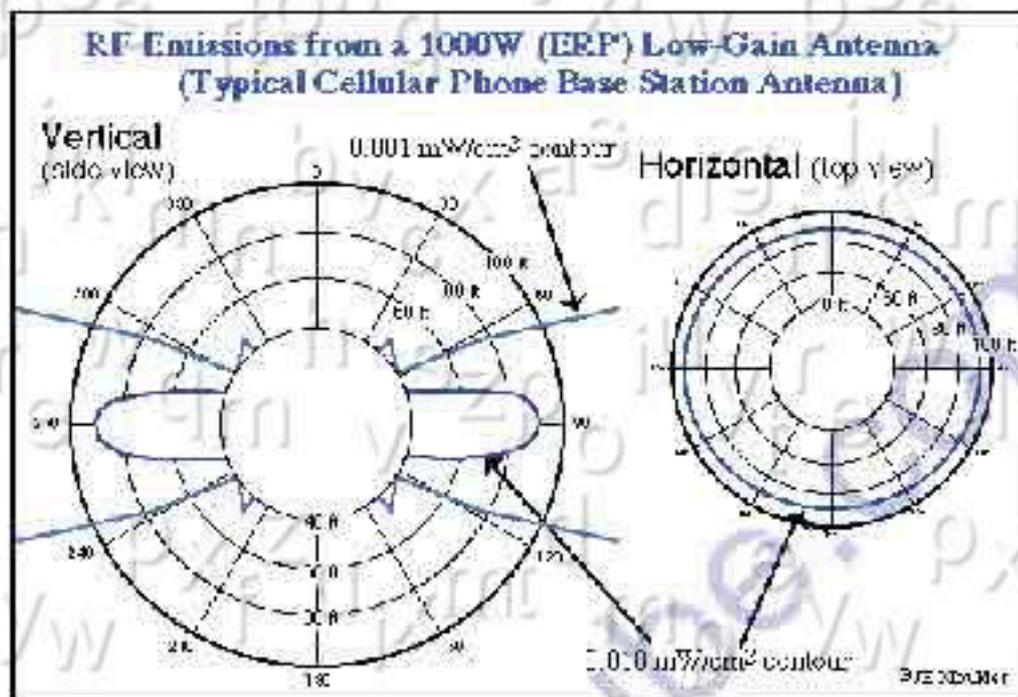


Figura 11

Diagramma dell'emissione RF sul piano orizzontale di una tipica antenna omnidirezionale per la telefonia cellulare, connessa ad un trasmettitore da 1kW. Fino ad un raggio di circa 4 metri il livello del campo elettromagnetico rimane su valori pericolosi

Da: Unisite Inc (modif.)

**Figura 12**

Confronto tra il diagramma di emissione sul piano verticale, a sinistra e sul piano orizzontale, a destra di una antenna omnidirezionale per la telefonia cellulare, connessa ad un trasmettitore da 1 kW. Come si può vedere, l'emissione significativa sul piano verticale è contenuta entro una quindicina di gradi.

Da: JE Moulder (modif.)

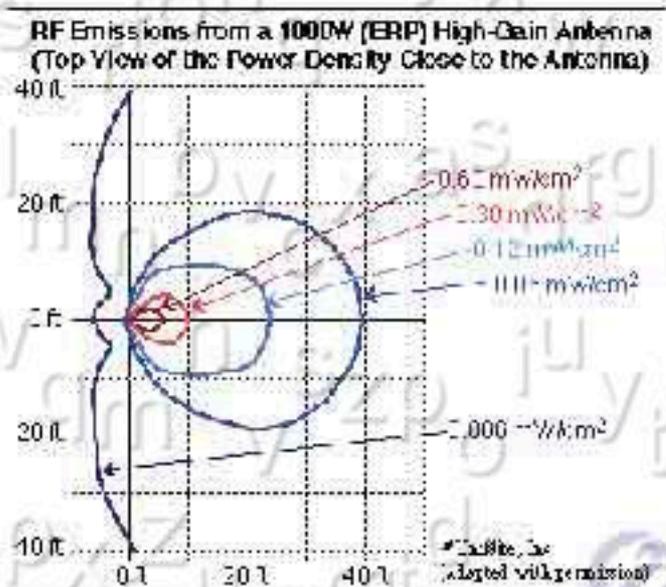
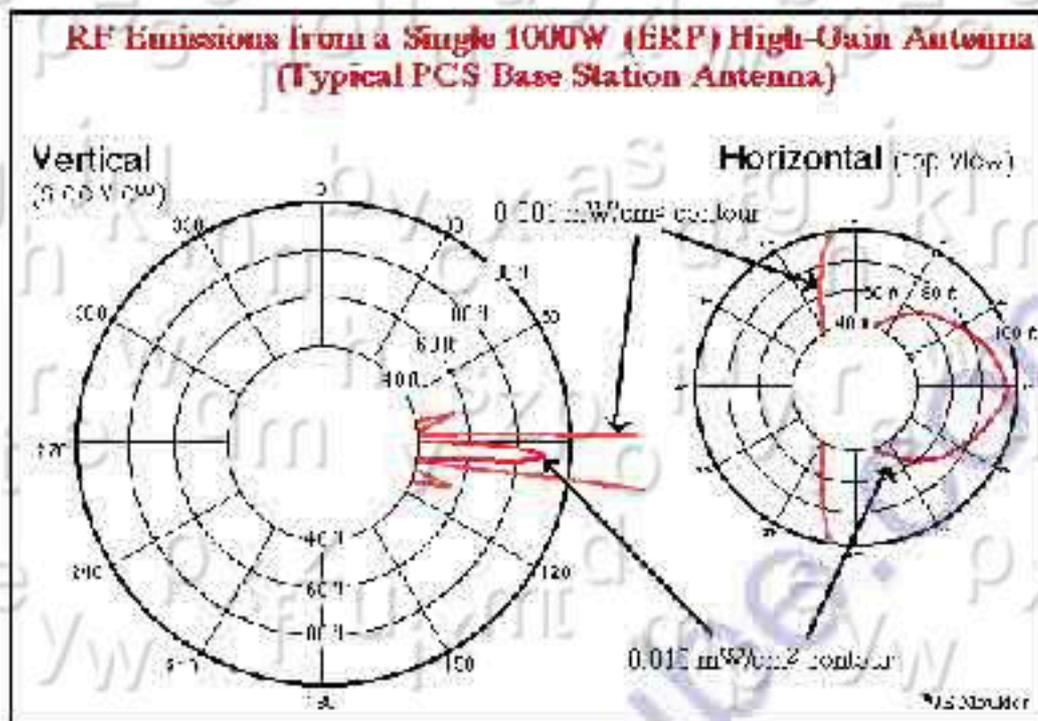
**Figura 13**

Diagramma dell'emissione RF sul piano orizzontale di una tipica antenna direzionale ad alto guadagno per la telefonia cellulare, connessa ad un trasmettitore da 1kW. Fino ad un raggio di circa 4 metri il livello del campo elettromagnetico rimane su valori pericolosi.

Da: Unisite Inc. (modif.)

**Figura 14**

Confronto tra il diagramma di emissione sul piano verticale, a sinistra e sul piano orizzontale, a destra di una antenna direzionale ad alto guadagno per la telefonia cellulare, connessa ad un trasmettitore da 1 kW. Come si può vedere, l'emissione significativa sul piano verticale è ancora più contenuta rispetto ad una antenna omnidirezionale.

Da: JE Moulder (modif.)

Bibliografia

Protezione dai campi elettromagnetici non ionizzanti. IROE (Istituto di Ricerca sulle Onde Elettromagnetiche), Firenze, 1988

Margherita Fronte, *Campi elettromagnetici. Innocui o pericolosi ?*. Avverbi Edizioni, Roma, 1997

Guido Santonocito, *Inquinamento elettromagnetico. un conflitto aperto*. Atterzione, n.5, aprile 1997

AA.VV., a cura di P. Bevitori, *Inquinamento elettromagnetico. Aspetti tecnici, sanitari e normativi. Campi elettrici e magnetici a frequenza industriale (50-60 Hz) generati da elettrodomesti ed apparecchi elettrici*. Maggioli Editore, Rimini, 1998

U.S. National Research Council, *Possible health effects from exposure to power-line frequency electric and magnetic fields*. National Academy Press, Washington, 1997

NIEHS Working Group, *Assessment of health effects from exposure to power-line frequency electric and magnetic fields*. National Institute of Environmental Health Sciences / National Institutes of Health, 1998

Siti di consultazione su Internet

www.mcw.edu/qcrc/cop/powerlines-cancer-FAQ/toc.html

documento a domande e risposte sugli effetti degli elettrodotti

www.mcw.edu/qcrc/cop/cell-phone-health-FAQ/toc.html

documento a domande e risposte sugli effetti della telefonia cellulare

www.irpe.fi.cnr.it

sito dell'Istituto di Ricerca sulle Onde Elettromagnetiche "Nello Carrara" di Firenze