



## Cosa sono i campi elettromagnetici?

### Definizioni e sorgenti

I **campi elettrici** sono creati da differenze di potenziale elettrico, o tensioni: più alta è la tensione, più intenso è il campo elettrico risultante. I **campi magnetici** si creano quando circola una corrente elettrica: più alta è la corrente, più intenso è il campo magnetico. Un campo elettrico esiste anche se non c'è corrente. Se circola una corrente, l'intensità del campo magnetico varia con il consumo di potenza, mentre l'intensità del campo elettrico rimane costante. (Estratto dal volume **Electromagnetic Fields**, pubblicato dall'Ufficio Regionale per l'Europa dell'OMS nel 1999 (Local authorities, health and environment pamphlet series; 32)).

### Sorgenti naturali di campi elettromagnetici

I campi elettromagnetici sono presenti ovunque nel nostro ambiente di vita, ma sono invisibili all'occhio umano. Dei campi elettrici sono prodotti dall'accumulo locale di cariche elettriche nell'atmosfera, in occasione di temporali. Il campo magnetico terrestre fa sì che l'ago di una bussola si orienti lungo la direzione nord-sud ed è utilizzato da uccelli e pesci per la navigazione.

### Sorgenti artificiali di campi elettromagnetici

Accanto alle sorgenti naturali, lo spettro elettromagnetico comprende anche campi generati da sorgenti artificiali: i raggi X, ad esempio, sono utilizzati per diagnosticare la frattura di una caviglia in seguito ad un incidente sportivo. All'elettricità fornita da una qualunque presa di corrente sono associati dei campi elettromagnetici a bassa frequenza. Infine, diversi tipi di radioonde ad alta frequenza sono usati per trasmettere informazioni, attraverso antenne televisive, impianti radiofonici o stazioni radio base per telefonia mobile.

### Il concetto di lunghezza d'onda e frequenza

#### *Cosa rende così diverse le varie forme di campi elettromagnetici?*

Una delle caratteristiche principali di un campo elettromagnetico (CEM) è la sua frequenza o la corrispondente lunghezza d'onda. Campi di lunghezza d'onda diversa interagiscono

col corpo umano in modo diverso. Si possono immaginare le onde elettromagnetiche come una serie di onde che viaggiano ad una velocità enorme, quella della luce. La frequenza descrive semplicemente il numero di oscillazioni, o cicli, al secondo, mentre la lunghezza d'onda rappresenta la distanza tra un'onda e la successiva. Quindi, lunghezza d'onda e frequenza sono legate in modo indissolubile: più alta è la frequenza, più breve è la lunghezza d'onda.

Una semplice analogia può aiutarci ad illustrare il concetto: legate una lunga corda a una maniglia e tenetene in mano l'estremità libera. Se muovete lentamente la corda in su e in giù, questa creerà una singola, grande onda; un movimento più rapido genererà una serie di onde più piccole. La lunghezza della corda rimane costante, quindi più onde voi create (cioè, più alta è la frequenza), più piccola risulta la distanza tra di loro (cioè, più breve è la lunghezza d'onda).

### ***Quale è la differenza tra campi elettromagnetici non ionizzanti e radiazioni ionizzanti?***

Lunghezza d'onda e frequenza determinano un'altra importante caratteristica dei campi elettromagnetici: le onde elettromagnetiche sono trasportate da particelle chiamate quanti. I quanti di frequenza più elevata (e, quindi, di lunghezza d'onda minore) trasportano più energia di quelli di frequenza più bassa (e lunghezza d'onda maggiore). Alcune onde elettromagnetiche trasportano un'energia tale da essere in grado di rompere i legami tra molecole. Nello spettro elettromagnetico, i raggi gamma emessi dai materiali radioattivi, i raggi cosmici ed i raggi X hanno questa proprietà e sono chiamati "radiazioni ionizzanti". I campi i cui quanti hanno energia insufficiente per rompere i legami molecolari vengono invece chiamati "radiazioni non ionizzanti". I campi elettromagnetici prodotti da sorgenti artificiali, che svolgono un ruolo di primo piano nel mondo industrializzato – elettricità, radioonde e campi a radiofrequenza – si trovano nella regione dello spettro elettromagnetico a lunghezze d'onda relativamente grandi e frequenze relativamente basse, ed i loro quanti non sono in grado di rompere i legami chimici.

### **Campi elettromagnetici a bassa frequenza**

Campi elettrici esistono ovunque sia presente una carica elettrica positiva o negativa: Essi esercitano delle forze su altre cariche presenti entro il campo. L'intensità del campo elettrico si misura in volt al metro (V/m). Ogni conduttore elettrico carico produce un campo elettrico. Il campo esiste anche se non circola alcuna corrente. Maggiore è la tensione, più alto è il campo elettrico a una determinata distanza dal conduttore.

L'intensità dei campi elettrici è massima vicino a una carica, o a un conduttore carico, e diminuisce rapidamente allontanandosi da questi. I conduttori, come ad esempio i metalli, schermano molto efficacemente i campi elettrici. Altri mezzi, come i materiali da costruzione e gli alberi, hanno una certa capacità di schermatura. Quindi, i campi elettrici prodotti all'esterno da linee ad alta tensione sono attenuati dalle pareti, dagli edifici e dagli alberi. Quando gli elettrodotti sono interrati, il campo elettrico in superficie è a malapena misurabile.

I campi magnetici derivano dal moto delle cariche elettriche. L'intensità del campo magnetico si misura in ampere al metro (A/m); in genere, nella ricerca sui campi elettromagnetici, gli scienziati usano invece un'altra grandezza a questa collegata, l'induzione magnetica (misurata in tesla, T, o nei suoi sottomultipli come il micrototesla,  $\mu\text{T}$ ). A differenza dei campi elettrici, un campo magnetico si produce soltanto quando un

apparecchio è acceso e circola della corrente elettrica. Più alta è la corrente, maggiore è l'intensità del campo magnetico.

Come i campi elettrici, anche quelli magnetici sono massimi vicino alla loro sorgente e diminuiscono rapidamente a distanze maggiori. I campi magnetici non vengono bloccati dai materiali comuni, come le pareti degli edifici.

Campi elettrici	Campi magnetici
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. I campi elettrici derivano dalla tensione</li> <li>2. La loro intensità si misura in volt al metro (V/m)</li> <li>3. Un campo elettrico può essere presente anche se un apparecchio è spento</li> <li>4. L'intensità del campo elettrico diminuisce con la distanza dalla sorgente</li> <li>5. La maggior parte dei materiali scherma in qualche misura i campi elettrici</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. I campi magnetici derivano dalla corrente elettrica</li> <li>2. La loro intensità si misura in ampere al metro (A/m). Generalmente, i ricercatori usano al suo posto una grandezza associata, l'induzione magnetica (di solito misurata in microtesla, <math>\mu T</math>, o in millitesla, mT)</li> <li>3. I campi magnetici esistono solo se un apparecchio è acceso e circola una corrente</li> <li>4. L'intensità del campo magnetico diminuisce con la distanza dalla sorgente</li> <li>5. I campi magnetici non sono schermati dalla maggior parte dei materiali</li> </ol>



### Campi elettrici

Collegando un apparecchio a una presa si creano dei campi elettrici nello spazio circostante. Più alta è la tensione, più alto è il campo prodotto. Poiché la tensione può esistere anche se non circola corrente, non occorre che un apparecchio sia acceso perché esista un campo elettrico nello spazio circostante.

Per gentile concessione del National Radiological Protection Board, UK



### Campi magnetici

I campi magnetici si creano solo quando circolano correnti elettriche. Quindi i campi elettrici e quelli magnetici coesistono nell'ambiente. Il campo magnetico è tanto più intenso quanto maggiore è la corrente. Nella trasmissione e nella distribuzione dell'elettricità si usano tensioni elevate, mentre in casa si usano tensioni relativamente basse. Le tensioni in uso negli elettrodotti variano poco da un giorno

Per gentile concessione del National Radiological Protection Board, UK

all'altro, mentre le correnti variano con il consumo di energia.

I campi elettrici attorno ai cavi di un apparecchio cessano di esistere quando questo viene scollegato, ma esistono ancora attorno ai cavi che si trovano nel muro.

### ***In cosa differiscono i campi statici da quelli variabili nel tempo?***

Un campo statico non varia nel tempo. Una corrente continua (CC) è una corrente elettrica che scorre in un'unica direzione. In qualunque dispositivo a batteria, la corrente scorre da quest'ultima all'apparecchio per tornare poi alla batteria. Questa corrente crea un campo magnetico statico. Il campo magnetico terrestre è anch'esso un campo statico, così come il campo magnetico creato da una calamita, che può essere visualizzato osservando le figure che si creano quando si sparge della limatura di ferro attorno ad essa.



Per gentile concessione del National Radiological Protection Board, UK

Al contrario, le correnti alternate (CA) producono campi elettromagnetici variabili nel tempo. Le correnti alternate invertono il loro verso ad intervalli regolari. Nella maggior parte dei paesi europei l'elettricità cambia verso ad una frequenza di 50 cicli al secondo, o 50 hertz. Così pure, i corrispondenti campi elettromagnetici cambiano il loro orientamento 50 volte al secondo. Nell'America settentrionale l'elettricità ha una frequenza di 60 Hz.

### ***Quali sono le principali sorgenti di campi elettromagnetici a frequenze basse, intermedie ed alte?***

I campi elettromagnetici variabili nel tempo prodotti dagli apparecchi elettrici sono un esempio di **campi a frequenza estremamente bassa (ELF, extremely low frequency)**. I campi ELF hanno generalmente frequenze fino a 300 Hz. Altre tecnologie producono **campi a frequenza intermedia (IF, intermediate frequency)**, con frequenze tra 300 Hz e 10 MHz e **campi a radiofrequenza (RF)** con frequenze da 10 MHz a 300 GHz. Gli effetti dei campi elettromagnetici sul corpo umano dipendono non solo dalla loro intensità, ma anche dalla loro frequenza. I sistemi che ci forniscono elettricità, e tutti gli apparecchi che la usano, costituiscono le principali sorgenti di campi ELF; gli schermi dei computer, i dispositivi anti-taccheggio e i sistemi di sicurezza sono le principali sorgenti di campi IF; radio, televisione, radar, antenne per la telefonia cellulare e forni a microonde sono le principali sorgenti di campi RF. Questi campi inducono nel corpo umano delle correnti elettriche che, se di intensità sufficiente, possono produrre vari effetti come riscaldamento e scosse elettriche, secondo la loro ampiezza e la loro frequenza. Comunque, per produrre effetti di questo genere i campi esterni al corpo devono essere molto intensi, notevolmente al di sopra di quelli presenti nei normali ambienti.

### **Campi elettromagnetici ad alta frequenza**

I telefoni mobili, i trasmettitori radiotelevisivi ed i radar producono campi elettromagnetici a radiofrequenza. Questi campi sono utilizzati per trasmettere informazioni su lunghe

distanze e costituiscono la base dei sistemi di telecomunicazione e di diffusione radiotelevisiva in tutto il mondo. Le microonde sono campi RF di frequenza elevata, nell'intervallo dei gigahertz (GHz). Nei forni a microonde, queste vengono sfruttate per scaldare rapidamente i cibi.

Nella regione delle radiofrequenze, i campi elettrici e quelli magnetici sono strettamente correlati e generalmente il loro livello viene misurato in termini di densità di potenza, in watt al metro quadro ( $W/m^2$ ).

### **Punti chiave:**

1. Lo spettro elettromagnetico abbraccia sorgenti sia naturali sia artificiali di campi elettromagnetici.
2. La frequenza e la lunghezza d'onda caratterizzano un campo elettromagnetico. In un'onda elettromagnetica, queste due caratteristiche sono strettamente legate l'una all'altra: più alta è la frequenza, più breve è la lunghezza d'onda.
3. Le radiazioni ionizzanti, come i raggi X e gamma, consistono di fotoni che trasportano un'energia sufficiente per rompere i legami molecolari. I fotoni delle onde elettromagnetiche a frequenze industriali e a radiofrequenze hanno un'energia molto inferiore, e non hanno quindi questa capacità.
4. I campi elettrici esistono ovunque sia presente una carica e si misurano in volt al metro (V/m). I campi magnetici derivano dalla circolazione di correnti elettriche. La corrispondente induzione magnetica si misura in microtesla ( $\mu T$ ), o in millitesla (mT).
5. Nella regione delle radiofrequenze e microonde, i campi elettrici e magnetici vengono considerati insieme, come le due componenti dell'onda elettromagnetica. La densità di potenza, misurata in watt al metro quadro ( $W/m^2$ ) descrive l'intensità di questi campi.

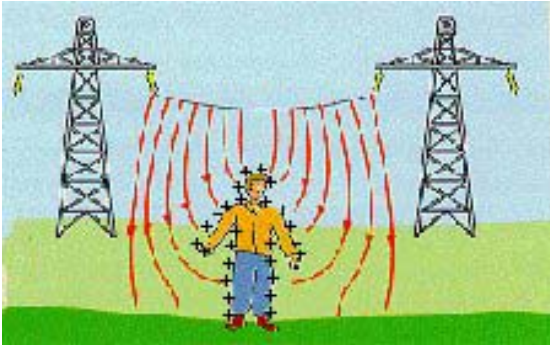
## **Sintesi degli effetti sanitari**

### ***Cosa succede quando siete esposti ai campi elettromagnetici?***

L'esposizione a campi elettromagnetici non è un fenomeno nuovo. Tuttavia, durante il ventesimo secolo, l'esposizione ambientale a campi elettromagnetici di origine umana è costantemente aumentata in quanto la crescita della domanda di elettricità, il continuo avanzamento delle tecnologie ed i cambiamenti nei comportamenti sociali hanno creato sorgenti artificiali in misura sempre maggiore. Ognuno è esposto, sia in casa sia sul posto di lavoro, a una complessa miscela di deboli campi elettrici e magnetici dovuti alla generazione ed al trasporto di elettricità, agli elettrodomestici, agli apparati industriali, alle telecomunicazioni e all'emittenza radiotelevisiva.

Nel corpo umano esistono, anche in assenza di campi elettrici esterni, piccolissime correnti dovute a reazioni chimiche che sono parte delle normali funzioni fisiologiche,. Per esempio, i nervi si scambiano (?) segnali attraverso la trasmissione di impulsi elettrici. La maggior parte delle reazioni biochimiche, dalla digestione all'attività cerebrale, sono

accompagnate da una redistribuzione di particelle cariche. Anche il cuore è elettricamente attivo; il vostro dottore può registrarne l'attività con l'aiuto di un elettrocardiogramma.



Campi elettrici a bassa frequenza agiscono sul corpo umano, esattamente come agiscono su qualunque altro mezzo composto di particelle cariche. Quando i campi elettrici agiscono su materiali conduttori, influenzano la distribuzione delle cariche elettriche sulla loro superficie e provocano un flusso di corrente attraverso il corpo, verso la terra.

Campi elettrici a bassa frequenza agiscono sul

corpo umano, esattamente come agiscono su qualunque altro mezzo composto di particelle cariche. Quando i campi elettrici agiscono su materiali conduttori, influenzano la distribuzione delle cariche elettriche sulla loro superficie e provocano un flusso di corrente attraverso il corpo, verso la terra.



I campi magnetici a bassa frequenza provocano la circolazione di correnti all'interno del corpo. L'intensità di queste correnti dipende dall'intensità del campo magnetico esterno. Se sufficientemente elevate, queste correnti possono provocare la stimolazione di nervi e muscoli o influenzare altri processi biologici. Sia i campi elettrici sia quelli magnetici inducono differenze di potenziale e correnti nel corpo ma, anche nel

caso in cui si sia immediatamente al di sotto di una linea ad alta tensione, le correnti indotte sono piccolissime in confronto alle soglie necessarie per provocare scosse ed altri effetti elettrici.

Il riscaldamento è il principale effetto biologico dei campi elettromagnetici a radiofrequenza. Nei forni a microonde questa circostanza è sfruttata per riscaldare i cibi. I livelli dei campi a radiofrequenza ai quali la gente è normalmente esposta sono di gran lunga inferiori a quelli richiesti per produrre un riscaldamento significativo. Gli effetti di riscaldamento delle radioonde costituiscono la base su cui si fondano le attuali linee guida. Gli scienziati stanno indagando anche la possibilità che, al di sotto dei livelli di soglia necessari per provocare il riscaldamento corporeo, si manifestino altri effetti, legati ad esposizioni a lungo termine. A tutt'oggi, non è stata fornita conferma di alcun effetto nocivo dovuto ad esposizioni a lungo termine a bassi livelli di campi elettromagnetici, a radiofrequenza o a frequenza industriale; comunque, gli scienziati continuano attivamente le ricerche in questo settore.

### ***Effetti biologici o sanitari? Cosa costituisce un rischio per la salute?***

Gli effetti biologici sono risposte misurabili a uno stimolo o a un cambiamento ambientale. Queste risposte non sono necessariamente nocive per la salute. Ad esempio, ascoltare musica, leggere un libro, mangiare una mela o giocare a tennis producono diversi effetti biologici. Pur tuttavia, non ci si aspetta che nessuna di queste attività provochi effetti sanitari. Il nostro corpo possiede sofisticati meccanismi per adattarsi alle molteplici e



diverse influenze che incontriamo nel nostro ambiente. I cambiamenti continui fanno parte normale della nostra vita. Ma, naturalmente, il corpo non possiede meccanismi di compensazione adeguati per qualunque effetto biologico. Cambiamenti irreversibili, o che sottopongano il sistema a stress per lunghi periodi di tempo, possono costituire un rischio per la salute.

Un effetto nocivo provoca un danno rilevabile alla salute del soggetto esposto o a quella della sua prole; un effetto biologico, dal canto suo, può tradursi o meno in un effetto di danno alla salute. È fuori di dubbio che, al di sopra di certi livelli, i campi elettromagnetici possono innescare degli effetti biologici. Esperimenti condotti su volontari sani indicano che esposizioni di breve durata, ai livelli di campo presenti nell'ambiente o in casa, non provocano alcun effetto nocivo evidente. Esposizioni a livelli più elevati, che potrebbero essere pericolose, sono prevenute dalle linee guida nazionali ed internazionali. Il dibattito attuale si concentra sulla possibilità o meno che l'esposizione prolungata a bassi livelli di campo possa sollecitare risposte biologiche e influenzare lo stato di benessere delle persone.



### Preoccupazioni per la salute

Uno sguardo ai titoli giornalistici degli ultimi anni fornisce un'idea delle diverse aree di preoccupazione del pubblico. Nel corso dell'ultimo decennio, interrogativi per la salute sono stati sollevati a proposito di numerose sorgenti di campi elettromagnetici, tra cui linee ad alta tensione, forni a microonde, schermi di computer e

televisori, sistemi di sicurezza, radar e, più recentemente, telefoni mobili e relative stazioni radio base.

### Il Progetto internazionale CEM

In risposta ai crescenti interrogativi su possibili effetti sanitari delle sorgenti di campi elettromagnetici, il cui numero e la cui varietà vanno continuamente aumentando, l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) ha avviato nel 1996 un grande piano di ricerca multidisciplinare. Il Progetto internazionale CEM mette insieme conoscenze e risorse che sono attualmente disponibili presso le maggiori agenzie ed istituzioni scientifiche internazionali e nazionali.

### Conclusioni della ricerca scientifica

Negli ultimi 30 anni, sono stati pubblicati circa 25.000 articoli scientifici nel settore degli effetti biologici e delle applicazioni mediche delle radiazioni non ionizzanti. Sebbene alcuni abbiano la sensazione che si debbano svolgere ancora più ricerche, le conoscenze scientifiche in questo campo sono oggi più ampie che per la maggior parte degli agenti chimici. Sulla base di una recente ed approfondita rassegna della letteratura scientifica, l'OMS ha concluso che le evidenze attuali non provano che l'esposizione a bassi livelli di

campi elettromagnetici abbia alcuna conseguenza sulla salute. Esistono comunque alcune lacune nelle conoscenze sugli effetti biologici, che richiedono ulteriori ricerche.

### **Effetti sulla salute generale**

Alcuni individui del pubblico hanno attribuito una gran varietà di sintomi all'esposizione a bassi livelli di campo elettromagnetico in casa. Questi sintomi comprendono mal di testa, ansia, suicidio e depressione, nausea, stanchezza e perdita della libido. Al momento, le evidenze scientifiche non suffragano un legame tra questi sintomi e l'esposizione a campi elettromagnetici. Almeno alcuni di questi problemi sanitari possono essere causati dal rumore o da altri fattori ambientali, oppure da ansie legate alle nuove tecnologie.

### **Effetti sulla gravidanza**

L'OMS ed altre organizzazioni internazionali hanno esaminato molte, e diverse, sorgenti di esposizione a campi elettromagnetici in ambienti di vita e di lavoro, tra cui schermi di computer, letti ad acqua e coperte elettriche, saldatrici a radiofrequenza, apparati per diatermia e radar. Il bilancio complessivo delle evidenze mostra che l'esposizione a campi elettromagnetici ai tipici livelli ambientali non accresce il rischio di alcun effetto nocivo, come aborti spontanei, malformazioni, peso ridotto alla nascita e malattie congenite. Vi sono state segnalazioni occasionali di associazioni tra problemi sanitari e presunte esposizioni a campi elettromagnetici, nonché segnalazioni di parti prematuri e di peso ridotto alla nascita per figli di lavoratori dell'industria elettrica, ma la comunità scientifica non ha ritenuto che questi effetti fossero necessariamente causati dall'esposizione ai campi (piuttosto che da altri fattori, come l'esposizione a solventi).

### **Cataratte**

Sono state talvolta segnalate irritazioni agli occhi e cataratte in lavoratori esposti ad alti livelli di radiazione a radiofrequenze e microonde, ma gli studi su animali non confortano l'idea che queste forme di danno all'occhio possano prodursi a livelli che non siano pericolosi dal punto di vista termico. Non c'è alcuna evidenza che simili effetti si verifichino ai livelli sperimentati dal pubblico generico.

### **Campi elettromagnetici e cancro**

Nonostante molti studi, le evidenze di effetti cancerogeni di qualsiasi genere restano molto controverse. E' comunque chiaro che, se i campi elettromagnetici avessero effettivamente un effetto sul cancro, l'aumento di rischio, di qualunque tipo, sarebbe estremamente basso. I risultati ottenuti fino ad oggi presentano molte incongruenze, ma non si è comunque trovato nessun aumento consistente di rischio per nessuna forma di cancro, né nei bambini né negli adulti.

Un certo numero di studi epidemiologici suggerisce piccoli aumenti di rischio di leucemia infantile, associati all'esposizione a campi magnetici a bassa frequenza nelle abitazioni. Però, gli scienziati non sono in genere giunti alla conclusione che questi risultati riflettano una relazione di causa ed effetto tra l'esposizione ai campi e la patologia (piuttosto che essere dovuti ad artefatti nello studio o riguardare effetti non collegati all'esposizione ai campi). A questa conclusione si è giunti, in parte, perché gli studi su animali e quelli di laboratorio non hanno provato alcun effetto riproducibile che sia coerente con l'ipotesi che i campi elettromagnetici causino o promuovano il cancro. In numerosi paesi sono in corso studi su larga scala che possono aiutare a chiarire questi punti.



## **Ipersensibilità ai campi elettromagnetici e depressione**

Alcuni individui denunciano una “ipersensibilità” ai campi elettrici e magnetici. Queste persone chiedono di sapere se fastidi e dolori, mal di testa, depressione, letargia, disordini del sonno, ed anche convulsioni e crisi epilettiche, possano essere associati all'esposizione a campi elettromagnetici.

Vi è ben poca evidenza scientifica che sostenga l'idea di un'ipersensibilità ai campi elettromagnetici. Recenti studi scandinavi hanno trovato che, in condizioni di esposizione appropriatamente controllate, i soggetti non presentano reazioni coerenti. Per di più, non esiste alcun meccanismo biologico accettato che spieghi l'ipersensibilità. La ricerca su questo tipo di individui è difficile perché possono entrare in gioco, oltre agli effetti diretti dei campi, molte altre risposte soggettive. Ulteriori studi sulla materia sono in corso.

## **Obiettivi delle ricerche attuali e future**

Notevoli sforzi sono in corso per approfondire gli studi sulle connessioni tra campi elettromagnetici e cancro. Le ricerche su possibili effetti cancerogeni dei campi a frequenza industriale proseguono, seppure a un livello inferiore a quello degli ultimi anni '90.

Gli effetti sanitari a lungo termine dell'uso di telefoni mobili costituiscono attualmente un altro settore di intensa ricerca. Non è stato scoperto nessun ovvio effetto nocivo legato a bassi livelli di campi a radiofrequenza. Tuttavia, date le preoccupazioni del pubblico per la sicurezza dei telefoni cellulari, ulteriori ricerche mirano a stabilire se, a livelli di esposizione molto bassi, possano verificarsi effetti meno ovvi.

## **Punti chiave**

1. Esiste una gran varietà di fattori ambientali che provocano effetti biologici. “Effetto biologico” non è sinonimo di “danno alla salute”. Per identificare e misurare i rischi sanitari occorrono ricerche specifiche.
2. A basse frequenze, i campi elettrici e magnetici esterni inducono la circolazione di deboli correnti nel corpo. Praticamente in tutti i normali ambienti, i livelli delle correnti indotte nel corpo sono troppo bassi per dar luogo a effetti sanitari ovvi. Il principale effetto dei campi elettromagnetici a radiofrequenza è il riscaldamento dei tessuti corporei.
3. E' indubbio che esposizioni di breve durata a livelli molto alti di campo elettromagnetico possano essere pericolose per la salute. Le attuali preoccupazioni del pubblico si concentrano su possibili effetti a lungo termine causati da esposizioni a campi elettromagnetici di livello inferiore a quelli richiesti per attivare risposte biologiche immediate.
4. Il progetto internazionale CEM dell'OMS è stato promosso per fornire risposte scientificamente fondate ed oggettive agli interrogativi del pubblico sui possibili rischi legati a campi elettromagnetici di bassa intensità.
5. Nonostante le ampie ricerche, a tutt'oggi non vi sono evidenze che portino a concludere che l'esposizione a bassi livelli di campi elettromagnetici sia dannosa per la salute umana.
6. La ricerca internazionale è concentrata sull'esame di possibili connessioni tra cancro e campi elettromagnetici, a frequenze industriali e a radiofrequenza.

## Sviluppi della ricerca

Se i campi elettromagnetici costituiscono effettivamente un rischio sanitario, vi saranno conseguenze in tutti i paesi industrializzati. Il pubblico richiede risposte concrete a una domanda sempre più pressante: se i campi elettromagnetici incontrati nella vita quotidiana provochino effetti nocivi per la salute. I mezzi di informazione sembrano spesso avere risposte definitive. Si dovrebbero però valutare con prudenza le loro affermazioni, tenendo presente che il principale interesse dei mezzi di informazione non è quello di istruire. Nella scelta e nella presentazione di una storia, un giornalista può essere motivato da diverse ragioni non tecniche: i giornalisti sono in competizione tra loro, sia sul tempo sia sulle aree da coprire, e i vari giornali lottano per il maggior numero di copie vendute. I titoli sensazionali, che colpiscono il maggior numero possibile di persone, li aiutano a raggiungere questi obiettivi: le cattive notizie non solo notizie grosse, ma spesso sono le sole che ascoltiamo. Il gran numero di ricerche che suggeriscono che i campi elettromagnetici sono innocui ricevono perciò scarsa attenzione, o non ne ricevono affatto. La scienza non può fornire la garanzia di un'assoluta innocuità; i risultati della ricerca sono però, nel loro complesso, rassicuranti.

### Sono necessari diversi tipi di studi



Per poter valutare i potenziali effetti nocivi dei campi elettromagnetici è necessaria una combinazione di studi, in aree di ricerca diverse. I differenti tipi di studi indagano diversi aspetti del problema. Le ricerche di laboratorio su sistemi cellulari mirano a chiarire i meccanismi fondamentali sottostanti ad un eventuale collegamento tra esposizione a campi elettromagnetici e effetti biologici. Queste ricerche cercano di identificare dei meccanismi

che si basano su modificazioni indotte dai campi elettromagnetici a livello molecolare o cellulare; queste modificazioni potrebbero fornire indizi sul modo in cui una forza fisica viene convertita in un'azione biologica all'interno del corpo. In questi studi, singole cellule o tessuti vengono rimossi dal loro normale ambiente di vita, che potrebbe inattivare (?) eventuali meccanismi di compensazione.

Un altro tipo di ricerche, cioè quelle su animali, è più strettamente collegato a situazioni della vita reale. Queste ricerche forniscono dati di più diretta rilevanza per poter stabilire dei livelli di esposizione sicura per l'uomo. Spesso, si impiegano diversi livelli di campo per analizzare le relazioni dose-risposta.

Gli studi epidemiologici, ovvero gli studi sull'uomo, costituiscono un'altra fonte di informazione diretta sugli effetti a lungo termine dell'esposizione. Questi studi indagano cause distribuzioni delle patologie in situazioni della vita reale, entro date comunità e gruppi professionali. I ricercatori cercano di stabilire se esista un'associazione statistica tra esposizione a campi elettromagnetici e incidenza di una specifica patologia, o di altri specifici effetti nocivi. Le indagini epidemiologiche sono però costose. Cosa ancora più importante, esse comportano misure su popolazioni umane molto complesse ed è quindi difficile raggiungere un grado di controllo che consenta di rivelare piccoli effetti.

Per queste ragioni, quando debbono decidere su eventuali rischi per la salute, gli scienziati valutano tutti i dati significativi, forniti dagli studi epidemiologici, da quelli su animali e da quelli su cellule.

### **Interpretazione degli studi epidemiologici**

Gli studi epidemiologici da soli non possono in genere stabilire una chiara relazione di causa ed effetto, soprattutto perché essi rilevano solamente delle associazioni statistiche tra esposizione e patologie, le quali ultime possono o meno essere causate dall'esposizione stessa. Si immagini in proposito un ipotetico studio che segnalasse un legame tra l'esposizione a campi elettromagnetici dei lavoratori della ditta "X-Elettricità" ed un aumento del rischio di cancro. Un'associazione statistica è effettivamente osservata, ma questa potrebbe anche essere dovuta ad altri fattori presenti nel posto di lavoro e su cui si hanno dati incompleti. Ad esempio, i lavoratori potrebbero essere stati esposti a solventi chimici potenzialmente cancerogeni. Inoltre, l'osservazione di un'associazione potrebbe essere dovuta soltanto a effetti statistici, oppure lo studio stesso potrebbe avere delle carenze di progetto.

Quindi, trovare un'associazione tra un certo agente e una specifica patologia non significa necessariamente che il primo abbia causato la seconda. Per stabilire una causalità occorre che il ricercatore esamini molti fattori. L'ipotesi di una relazione di causa ed effetto è rafforzata se esiste una forte associazione tra esposizione ed effetto, una chiara relazione dose-risposta, una spiegazione biologica credibile, il sostegno di pertinenti studi su animali e soprattutto una coerenza tra gli studi. Tali fattori sono in genere risultati assenti negli studi che riguardavano campi elettromagnetici e cancro. Questa è una delle ragioni più forti per le quali gli scienziati sono generalmente riluttanti a concludere che deboli campi elettromagnetici provochino degli effetti sanitari.

### **Difficoltà nell'escludere la possibilità di rischi molto piccoli**

"L'assenza di prove di effetti nocivi non sembra sufficiente nella società moderna. Si pretende invece sempre di più la prova della loro assenza" (Barnabas Kunsch, Centro Austriaco di Ricerca di Seibesdorf).

"Non c'è nessuna evidenza convincente di un effetto nocivo dei campi elettromagnetici", oppure "Non è stata confermata una relazione di causa ed effetto tra campi elettromagnetici e cancro" sono esempi tipici delle conclusioni raggiunte dai comitati di esperti che hanno analizzato il problema. Ciò dà l'impressione che la scienza voglia evitare di dare una risposta. Ma perché la ricerca dovrebbe continuare, se gli scienziati hanno già mostrato che non c'è alcun effetto?

La risposta è semplice: gli studi sull'uomo sono ottimi per identificare grandi effetti, come la connessione tra fumo e cancro. Purtroppo, sono molto meno in grado di distinguere un piccolo effetto dalla mancanza di effetti. Se i campi elettromagnetici, ai tipici livelli ambientali, fossero potenti cancerogeni, sarebbe stato molto facile dimostrarlo. E' però molto più difficile dimostrare se i campi elettromagnetici di bassa intensità sono un debole cancerogeno, o se sono un potente cancerogeno ma solo per un piccolo gruppo di persone all'interno di una comunità più vasta. Infatti, anche nel caso in cui uno studio di ampie proporzioni non mostri alcuna associazione, non potremo mai essere del tutto sicuri che non esista nessuna relazione. L'assenza di un effetto potrebbe significare che effettivamente non ne esiste alcuno, ma potrebbe altrettanto bene significare che

l'effetto è semplicemente non rivelabile con il nostro metodo di misura. Quindi, i risultati negativi sono generalmente meno convincenti di quelli fortemente positivi.

La situazione più difficile di tutte, che purtroppo si è verificata con gli studi epidemiologici sui campi elettromagnetici, è quella in cui un complesso di studi fornisce deboli risultati positivi, che sono però incoerenti tra loro. In questa situazione, è verosimile che gli stessi scienziati si dividano sulla significatività dei dati. Comunque, per le ragioni esposte in precedenza, la maggior parte degli scienziati e dei medici concordano che qualunque tipo di effetto sanitario dei campi elettromagnetici di bassa intensità, ammesso che esista effettivamente, è probabilmente piccolissimo rispetto agli altri rischi che si incontrano nella vita quotidiana.

### Cosa è prevedibile in futuro?

Lo scopo del Progetto Internazionale CEM dell'OMS è promuovere e coordinare la ricerca a livello mondiale, per fornire risposte ben fondate agli interrogativi del pubblico. Per questa valutazione verranno messi assieme i risultati delle ricerche su cellule, su animali e sull'uomo, al fine di consentire una stima più completa possibile dei rischi per la salute. La valutazione d'insieme di una gran varietà di studi significativi ed affidabili fornirà la risposta più attendibile sugli effetti nocivi dell'esposizione a lungo termine a deboli campi elettromagnetici, qualora qualche effetto esista.

Un modo per illustrare come siano necessari dati forniti da diversi tipi di esperimenti è dato dalle parole crociate mostrate in figura. Per poter dire di avere **ACCERTATO** quale è la soluzione, bisogna rispondere a nove domande. Ammettendo di poter rispondere soltanto a tre di esse, potremmo tentare di indovinare la soluzione. Però, le tre lettere date potrebbero far parte di una parola completamente diversa. Ogni ulteriore risposta aumenterà il nostro grado di confidenza. Infatti, la scienza non sarà probabilmente mai in grado di rispondere a tutte le domande, ma più solidi sono i dati che raccogliamo, maggiore sarà la probabilità di indovinare la soluzione.

								A	N	I	M	A	L	E													
												C	E	L	L	U	L	A									
						R	I	P	R	O	D	U	C	I	B	I	L	E									
													E	S	P	O	S	I	Z	I	O	N	E				
							D	O	S	E	-	R	I	S	P	O	S	T	A								
									S	T	A	T	I	S	T	I	C	A									
E	P	I	D	E	M	I	O	L	O	G	I	A															
										P	A	T	O	L	O	G	I	A									
												U	O	M	O												

### Punti chiave

1. Gli studi di laboratorio su cellule tendono a stabilire se esista un meccanismo attraverso il quale l'esposizione a campi elettromagnetici potrebbe causare effetti

biologici dannosi. Gli studi su animali sono essenziali per accertare effetti in organismi superiori, la cui fisiologia somigli in qualche misura a quella dell'uomo. Gli studi epidemiologici osservano le associazioni statistiche tra l'esposizione ai campi e l'incidenza di specifici effetti nocivi nell'uomo.

2. La scoperta di un'associazione statistica tra un certo agente e una specifica patologia non significa che l'agente abbia causato la malattia.
3. L'assenza di effetti sanitari potrebbe significare che non ne esistono, ma potrebbe anche significare che un effetto esistente non è rilevabile con i metodi attuali.
4. Prima di poter trarre conclusioni sui possibili rischi per la salute di un fattore ambientale sospetto si devono considerare, nel loro insieme, i risultati di diversi studi (cellulari, su animali e epidemiologici). Dati coerenti forniti da questi studi molto diversi aumentano il grado di certezza che un vero effetto esista.

## Tipici livelli di esposizione in casa e nell'ambiente

### Campi elettromagnetici in casa

#### Livelli di fondo dei campi elettromagnetici generati da linee di trasmissione e da impianti di distribuzione

L'elettricità viene trasportata su lunghe distanze attraverso linee ad alta tensione. I trasformatori abbassano queste alte tensioni per la distribuzione locale ad abitazioni e uffici. Gli impianti per la trasmissione e la distribuzione, nonché i circuiti degli edifici e gli apparati domestici sono responsabili dei livelli di fondo di campo elettrico e magnetico a frequenza industriale in casa. Nelle abitazioni non situate vicino ad elettrodotti il livello di fondo dell'induzione magnetica può arrivare fino a circa  $0,2 \mu\text{T}$ .

Direttamente al di sotto delle linee i campi sono molto più intensi. L'induzione magnetica al livello del suolo può arrivare fino a diversi microtesla. I livelli di campo elettrico al di sotto degli elettrodotti possono raggiungere i  $10 \text{ kV/m}$ . Comunque i campi (sia elettrici sia magnetici) decadono con la distanza dalla linea. A distanze comprese tra 50 e 100 metri le intensità dei campi sono normalmente al livello di quelle che si incontrano lontano dalle linee ad alta tensione. Inoltre, le pareti dell'abitazione riducono sostanzialmente i livelli del campo elettrico rispetto a quelli che si incontrano in aree analoghe, all'esterno delle case.



#### Apparati elettrici in casa

Le massime intensità di campo elettrico a potenza industriale si trovano solitamente al di sotto di linee ad alta tensione. Invece, i più intensi campi magnetici a frequenza industriale si trovano nelle immediate vicinanze di motori ed altri dispositivi elettrici, nonché in apparati specialistici come i tomografi a risonanza magnetica utilizzati nella diagnostica per immagini.



**Tipiche intensità di campo elettrico misurate in prossimità di apparecchiature domestiche (alla distanza di 30 cm)**

**(Fonte: Ufficio Federale per la Sicurezza dalle Radiazioni, Germania, 1999)**

<b>Apparecchiatura elettrica</b>	<b>Intensità del campo elettrico (V/m)</b>
Ricevitore stereo	180
Ferro a stiro	120
Frigorifero	120
Frullatore	100
Tostpane	80
Asciugacapelli	80
Televisore a colori	60
Caffettiera elettrica	60
Aspirapolvere	50
Forno elettrico	8
Lampada a incandescenza	5
<b>Valore limite delle linee guida</b>	<b>5000</b>

Molte persone sono sorprese quando si rendono conto della varietà dei livelli di campo magnetico che si incontrano vicino ai diversi apparati. L'intensità del campo non dipende da quanto l'apparecchio è grande, complesso, potente o rumoroso. Inoltre, anche tra dispositivi apparentemente simili l'intensità del campo magnetico può variare moltissimo. Ad esempio, mentre alcuni asciugacapelli sono circondati da un campo magnetico molto intenso, altri lo producono a malapena. Queste differenze sono legate alle caratteristiche di progetto del prodotto. La tabella che segue mostra i valori tipici di diversi dispositivi che si trovano normalmente nelle abitazioni e nei posti di lavoro. Le misure sono state effettuate in Germania e tutti gli apparecchi funzionano alla frequenza di 50 Hz. Si deve anche notare che i livelli di esposizione effettivi variano notevolmente secondo il modello dell'apparecchio e la distanza da questo.

## Tipiche intensità del campo magnetico prodotto da dispositivi domestici a varie distanze

Apparato elettrico	A 3 cm ( $\mu\text{T}$ )	A 30 cm ( $\mu\text{T}$ )	A 1 m ( $\mu\text{T}$ )
Asciugacapelli	<b>6 – 2000</b>	0,01 – 7	0,01 – 0,03
Rasoio elettrico	<b>15 – 1500</b>	0,08 – 9	0,01 – 0,03
Aspirapolvere	200 – 800	<b>2 – 20</b>	0,13 – 2
Lampada fluorescente	40 – 400	<b>0,5 – 2</b>	0,02 – 0,25
Forno a microonde	73 – 200	<b>4 – 8</b>	0,25 – 0,6
Radio portatile	16 – 56	<b>1</b>	<0,01
Forno elettrico	1 – 50	<b>0,15 – 0,5</b>	0,01 – 0,04
Lavatrice	0,8 – 50	<b>0,15 – 3</b>	0,01 – 0,15
Ferro da stiro	8 – 30	<b>0,12 – 0,3</b>	0,01 – 0,03
Lavastoviglie	3,5 – 20	<b>0,6 – 30</b>	0,07 – 0,3
Computer	0,5 – 30	<b>&lt;0,01</b>	
Frigorifero	0,5 – 1,7	<b>0,01 – 0,25</b>	<0,01
Televisore a colori	2,5 – 50	0,04 – 2	<b>0,01 – 0,15</b>
Per la maggior parte degli apparati domestici l'induzione magnetica alla distanza di 30 cm è molto al di sotto del limite per il pubblico fissato dalle linee guida e pari a 100 $\mu\text{T}$			

(Fonte: Ufficio Federale per la Sicurezza dalle Radiazioni, Germania, 1999).

Le distanze di normale funzionamento sono indicate in grassetto

La tabella illustra due punti fondamentali. Innanzi tutto, l'intensità del campo magnetico attorno agli apparati diminuisce rapidamente quanto più ci si allontana da questi. In secondo luogo, la maggior parte degli apparecchi non si usano molto vicino al corpo. Alla distanza di 30 cm il campo magnetico che circonda la maggior parte degli apparecchi domestici è oltre 100 volte minore del limite di 100  $\mu\text{T}$  a 50 Hz (83  $\mu\text{T}$  a 60 Hz) fissato dalle linee guida per i membri del pubblico.



### **Televisori e schermi di computer**

Gli schermi di computer ed i televisori funzionano in base a principi simili. Entrambi producono campi elettrici statici e campi elettrici e magnetici alternati a varie frequenze. Comunque, gli schermi a cristalli liquidi usati in alcuni computer portatili e da tavolo non danno luogo a campi elettrici e magnetici significativi. I computer moderni hanno schermi conduttori che riducono il campo elettrostatico a livelli simili a quelli di fondo

in ambienti domestici o lavorativi. Nella postazione dell'operatore (da 30 a 50 cm dallo schermo) i campi magnetici alternati sono tipicamente al di sotto di  $0,7 \mu\text{T}$  come valore dell'induzione magnetica (a frequenza industriale). L'intensità del campo elettrico alternato nella posizione dell'operatore varia da meno di  $1 \text{ V/m}$  a  $10 \text{ V/m}$ .

### **Forni a microonde**

I forni a microonde domestici funzionano a livelli di potenza molto elevati. Tuttavia, un'efficace schermatura riduce le perdite all'esterno del forno a livelli quasi non misurabili. Inoltre, le perdite di microonde si riducono molto rapidamente all'aumentare della distanza dal forno. Molti paesi hanno norme di fabbricazione che specificano i massimi livelli di perdita ammessi per i forni nuovi; un forno che rispetti queste norme non presenta alcun rischio per i consumatori.

### **Telefoni portatili**

I telefoni portatili funzionano a intensità molto più basse di quelli mobili. Ciò è dovuto al fatto che essi vengono usati molto vicino alle loro stazioni radio base domestiche e quindi non richiedono campi intensi per trasmettere su lunghe distanze. Di conseguenza, i campi a radiofrequenza attorno a questi apparecchi sono trascurabili.

## **Campi elettromagnetici nell'ambiente**

### **Radar**

I radar sono usati per la navigazione, per le previsioni meteorologiche, per applicazioni militari e per una varietà di altre funzioni. I radar emettono segnali a microonde pulsati. La potenza di picco in un impulso può essere elevata, anche se la potenza media può essere bassa. Molti radar ruotano o si muovono in alto e in basso; questo riduce la densità di potenza media a cui il pubblico è esposto nelle vicinanze. Anche i radar militari di alta potenza, non rotanti, limitano le esposizioni nelle aree di accesso pubblico al di sotto dei livelli indicati dalle linee guida.

### **Sistemi di sicurezza**

I sistemi anti-taccheggio dei negozi utilizzano delle etichette, che vengono riconosciute da bobine elettriche all'uscita. Quando si effettua un acquisto, l'etichetta viene tolta o disattivata permanentemente. In genere, i campi elettromagnetici generati dalle bobine non superano i livelli raccomandati dalle linee guida. I sistemi per il controllo degli accessi

funzionano nello stesso modo, con l'etichetta incorporata nell'anello di una chiave o in una scheda identificativa. I sistemi di sicurezza delle biblioteche usano etichette che possono essere disattivate quando un libro viene preso in prestito e riattivate quando viene restituito. I metal detector ed i sistemi di sicurezza degli aeroporti creano un intenso campo magnetico, che può raggiungere i 100  $\mu\text{T}$  e che viene disturbato dalla presenza di un oggetto metallico. Vicino al telaio del rilevatore, l'intensità del campo magnetico può avvicinarsi ai valori limite delle linee guida e talvolta superarli. Ciò non costituisce però un pericolo per la salute, come discusso nella sezione relativa alle linee guida (si veda la sezione "Esposizioni al di sopra dei valori delle linee guida sono pericolose?").



### **Treni e tram elettrici**

I treni a lunga percorrenza hanno una o più locomotive separate dai vagoni passeggeri. L'esposizione dei passeggeri deriva soprattutto dal sistema di alimentazione del treno. I campi magnetici nelle carrozze passeggeri dei treni a lunga percorrenza possono raggiungere diverse centinaia di microtesla vicino al pavimento, mentre nelle altre zone del compartimento presentano valori più bassi (decine di microtesla). L'intensità

del campo elettrico può raggiungere i 300 V/m. Le persone che vivono vicino a linee ferroviarie possono essere soggette a campi magnetici dovuti alle linee aeree di alimentazione; secondo i paesi, questi campi possono essere confrontabili con quelli prodotti dalle linee ad alta tensione.



I motori ed i sistemi di trazione dei treni e dei tram sono normalmente collocati sotto il pavimento delle carrozze passeggeri. Al livello del pavimento, l'intensità del campo magnetico può raggiungere le decine di microtesla, nelle zone immediatamente sopra il motore. I campi diminuiscono rapidamente con la distanza dal pavimento e l'esposizione delle parti superiori del corpo è molto inferiore.

### **TV e radio**

Quando scegliete una stazione radiofonica sul vostro apparecchio, vi siete mai chiesti cosa significhino le familiari abbreviazioni AM e FM? I segnali radio vengono indicati come segnali a modulazione di ampiezza (AM, amplitude-modulated) o a modulazione di frequenza (FM, frequency-modulated), secondo il modo in cui trasportano l'informazione. I segnali AM possono essere usati per trasmettere su distanze molto lunghe, mentre quelli FM coprono aree più ristrette, ma possono fornire un suono di qualità migliore.

I segnali radio AM sono trasmessi mediante grandi schiere di antenne, che possono essere alte decine di metri e sono collocate in aree non accessibili al pubblico. Molto vicino alle antenne e ai cavi di alimentazione le esposizioni possono essere elevate, ma riguardano i lavoratori addetti alla manutenzione piuttosto che il pubblico in generale.

Le antenne televisive e quelle delle radio FM sono molto più piccole di quelle delle radio AM e sono montate a schiera in cima ad alti tralicci, che servono solo come strutture di sostegno. Piccole antenne per televisioni e radio locali sono talvolta montate sui tetti delle abitazioni; in questo caso, può essere necessario controllare l'accesso al tetto.



### **Telefoni mobili e loro stazioni radio base**

I telefoni mobili consentono alle persone di essere raggiunte in qualsiasi momento. Questi sistemi a radioonde di bassa potenza trasmettono e ricevono segnali da una rete di stazioni radio base fisse, di bassa potenza. Ogni stazione radio base fornisce copertura a una determinata area. Secondo il numero di chiamate servite, le stazioni radio base possono essere spaziate da poche centinaia di metri nelle grandi città a diversi chilometri in aree rurali.

Le stazioni radio base sono generalmente montate sui tetti degli edifici o su tralicci, ad altezze variabili tra 15 e 50 metri. I livelli delle trasmissioni di una specifica stazione radio base sono variabili e dipendono dal numero di chiamate e dalla distanza dell'utente dalla stazione stessa. Le antenne emettono un fascio di radiazioni molto stretto, che si allarga quasi parallelamente al terreno. Quindi, i campi a radiofrequenza al livello del suolo ed in aree normalmente accessibili al pubblico

sono molte volte al di sotto dei livelli pericolosi. I limiti delle linee guida sarebbero superati soltanto se una persona si avvicinasse fino a un metro o due, direttamente di fronte all'antenna. Fino a quando i telefoni mobili sono diventati di largo uso, i membri del pubblico erano esposti soprattutto a campi a radiofrequenza emessi da stazioni radio e TV. Ancora oggi, le antenne telefoniche aggiungono poco alla nostra esposizione complessiva, perché nelle aree di pubblico accesso le intensità dei loro segnali sono normalmente simili, o inferiori, a quelle dovute a stazioni radio e televisive distanti.

Però, chi usa un telefono mobile è esposto a campi a radiofrequenza molto più alti di quelli che si trovano generalmente nell'ambiente. I telefoni mobili vengono usati molto vicino alla testa; quindi, piuttosto che considerare l'effetto di riscaldamento sull'intero corpo, si deve stabilire come l'energia assorbita si distribuisca nella testa dell'utente. Da sofisticati programmi di simulazione al computer e da misure effettuate su modelli della testa risulta che l'energia assorbita da parte di un telefono mobile non supera i limiti delle attuali linee guida.



Sono stati sollevati interrogativi anche su altri effetti, cosiddetti non termici, derivanti dall'esposizione a campi elettromagnetici che abbiano le frequenze tipiche della telefonia mobile. Tra gli altri, sono stati suggeriti sottili effetti sulle cellule, che potrebbero svolgere un ruolo nello sviluppo del cancro. Sono stati anche ipotizzati effetti su tessuti elettricamente eccitabili, che potrebbero influenzare la funzionalità del cervello, nonché effetti sui tessuti nervosi. Tuttavia, i dati finora disponibili non suggeriscono, nel loro

complesso, che l'uso di telefoni mobili abbia alcun effetto nocivo sulla salute umana.



## ***Campi magnetici nella vita quotidiana: sono veramente così alti?***

Negli ultimi anni, le autorità nazionali di diversi paesi hanno condotto molte misure per indagare i livelli di campo elettromagnetico negli ambienti di vita. Nessuna di queste campagne di misura ha concluso che i livelli dei campi potessero causare danni alla salute.

L'Ufficio Federale per la Sicurezza dalle Radiazioni della Germania ha recentemente misurato l'esposizione quotidiana a campi magnetici di circa 2000 persone, coprendo una vasta gamma di esposizioni professionali e residenziali. A tutti i soggetti sono stati forniti dosimetri personali per 24 ore. L'esposizione misurata variava notevolmente, ma la media giornaliera risultava di 0,10  $\mu\text{T}$ . Questo valore è 1000 volte inferiore al limite di 100  $\mu\text{T}$  per il pubblico e 200 volte inferiore al limite di 500  $\mu\text{T}$  per i lavoratori. Inoltre, i dati delle persone che vivevano al centro delle città mostravano che non vi erano drastiche differenze di esposizione tra la vita in aree rurali e la vita in città. Anche l'esposizione delle persone che vivono vicino a linee ad alta tensione differisce molto poco dall'esposizione media della popolazione.

### **Punti chiave**

1. I livelli di fondo dei campi elettromagnetici in casa sono dovuti soprattutto ai sistemi di trasmissione e di distribuzione dell'elettricità o agli apparecchi elettrici.
2. Gli apparecchi elettrici differiscono molto nell'intensità dei campi che generano. I livelli dei campi, sia elettrici sia magnetici, diminuiscono rapidamente con la distanza dagli apparecchi. In qualunque circostanza, i campi attorno agli apparecchi domestici sono abitualmente molto al di sotto dei limiti stabiliti dalle linee guida.
3. Nella postazione degli operatori, i campi elettrici e magnetici degli apparecchi televisivi e degli schermi dei computer sono centinaia o migliaia di volte inferiori ai limiti stabiliti dalle linee guida.
4. I forni a microonde che rispettano le norme non sono pericolosi per la salute.
5. Fintantoché viene impedito l'accesso del pubblico nelle vicinanze di radar, antenne di trasmissione e stazioni radio base per la telefonia mobile, i limiti di esposizione ai campi a radiofrequenza stabiliti dalle linee guida non vengono superati.
6. L'utente di un telefono mobile sperimenta livelli di campo elettromagnetico molto superiori a qualunque livello incontrato nei normali ambienti di vita.
7. Molte campagne di misura hanno dimostrato che l'esposizione a campi elettromagnetici negli ambienti di vita è estremamente bassa.

### **Normative attuali**

Le normative vengono stabilite per proteggere la nostra salute; sono ben note quelle fissate per molti additivi alimentari, per la concentrazione di sostanze chimiche nell'acqua o per gli inquinanti atmosferici. Analogamente, esistono norme per limitare l'eccessiva esposizione ai campi elettromagnetici presenti nel nostro ambiente.

## Chi decide sulle linee guida?

I diversi paesi stabiliscono le proprie norme nazionali per l'esposizione ai campi elettromagnetici. Comunque, la maggior parte di queste normative nazionali sono basate sulle linee guida elaborate dalla Commissione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni Non Ionizzanti (ICNIRP, International Commission on Non Ionizing Radiation Protection). Questa organizzazione non governativa, formalmente riconosciuta dall'OMS, valuta i risultati scientifici che provengono da tutto il mondo. Sulla base di un'approfondita rassegna della letteratura, l'ICNIRP produce linee guida che raccomandano dei limiti di esposizione. Queste linee guida vengono periodicamente riviste e, se necessario, aggiornate.

I livelli di campo elettromagnetico variano in modo complesso con la frequenza. Un elenco di tutti i valori previsti da tutte le normative e per tutte le frequenze sarebbe difficile da comprendere. La tabella che segue riassume i limiti raccomandati dalle linee guida per le tre aree su cui si sono concentrati gli interrogativi del pubblico: elettricità nelle abitazioni, stazioni radio base per telefonia mobile e forni a microonde. Queste linee guida sono state aggiornate l'ultima volta nell'aprile del 1998.

## Sintesi delle linee guida ICNIRP

	Frequenza industriale europea		Frequenza delle stazioni radio base per telefonia mobile		Frequenza dei forni a microonde
	50 Hz	50 Hz	900 MHz	1,8 GHz	2,45 GHz
	Campo elettrico (V/m)	Induzione magnetica ( $\mu$ T)	Densità di potenza ( $W/m^2$ )	Densità di potenza ( $W/m^2$ )	Densità di potenza ( $W/m^2$ )
Limiti per l'esposizione del pubblico	5.000	100	4,5	9	10
Limiti per l'esposizione professionale	10.000	500	22,5	45	

ICNIRP, Linee guida per i CEM, Health Physics 74, 494-522 (1998)

I limiti di esposizione delle linee guida possono differire di un fattore superiore a 100 rispetto a quelli di alcuni paesi ex-sovietici e occidentali. Con la globalizzazione dei commerci e con la rapida introduzione delle telecomunicazioni su scala mondiale, occorrono però norme universali. Molti paesi dell'ex-Unione Sovietica stanno ora prendendo in considerazione nuove normative; nello stesso tempo, l'OMS ha promosso un'iniziativa per armonizzare le linee guida di esposizione a livello mondiale. Le future normative si baseranno sui risultati del Progetto Internazionale Campi Elettromagnetici dell'OMS.

## ***Su cosa sono basate le linee guida?***

Un punto importante da sottolineare è che i limiti stabiliti dalle linee guida non costituiscono una linea di demarcazione tra sicurezza e pericolo. Non esiste nessun livello particolare al di sopra del quale le esposizioni diventano pericolose per la salute; al contrario, il potenziale rischio per la salute umana aumenta gradualmente all'aumentare dei livelli di esposizione. Le linee guida indicano che, al di sotto di una determinata soglia, l'esposizione a campi elettromagnetici è, secondo le conoscenze scientifiche, sicura. Questo non comporta automaticamente che al di sopra del limite dato l'esposizione sia dannosa.

Per poter stabilire dei limiti di esposizione, occorre però che gli studi scientifici identifichino il livello di soglia a cui si manifestano i primi effetti sanitari. Poiché non si possono usare esseri umani per gli esperimenti, le linee guida si basano sugli studi su animali, analizzati criticamente. Sottili modificazioni del comportamento negli animali a bassi livelli di esposizione precedono spesso alterazioni più gravi della salute, che si manifestano a livelli più alti. Un comportamento anormale è un indicatore molto sensibile di una risposta biologica ed è stato scelto come il più basso effetto sanitario osservabile. Le linee guida raccomandano di evitare esposizioni a livelli ai quali le modificazioni del comportamento diventano apprezzabili.

Questo livello di soglia per le alterazioni del comportamento non è uguale al limite fissato dalle linee guida. L'ICNIRP applica un fattore di sicurezza pari a 10 per ricavare il limite di esposizione professionale e un fattore pari a 50 per ottenere il valore per il pubblico. Quindi, ad esempio, nell'intervallo delle radiofrequenze e microonde il massimo livello di esposizione che potete sperimentare nell'ambiente o in casa è almeno 50 volte inferiore al livello di soglia a cui si manifestano le prime modificazioni nel comportamento animale.

## ***Perché il fattore di sicurezza per l'esposizione professionale è diverso da quello per il pubblico?***

La popolazione esposta per motivi professionali è composta da adulti che generalmente sperimentano campi elettromagnetici in condizioni note. Questi lavoratori sono addestrati a conoscere i potenziali rischi e ad adottare le precauzioni appropriate. Al contrario, il pubblico generico è formato da soggetti di tutte le età e di diverso stato di salute. In molti casi, queste persone non sono consapevoli della loro esposizione ai campi elettromagnetici. Inoltre, non ci si può attendere che i singoli individui del pubblico adottino precauzioni per minimizzare o per evitare l'esposizione. Queste sono le motivazioni alla base della scelta di limiti di esposizione più stringenti per il pubblico che per la popolazione esposta professionalmente.

Come già visto, i campi elettromagnetici a bassa frequenza inducono correnti nel corpo umano (si veda la sezione "Cosa succede quando siete esposti ai campi elettromagnetici?"). Ma diverse reazioni biochimiche interne al corpo generano anch'esse correnti elettriche. Le cellule e i tessuti non sono in grado di rilevare nessuna corrente indotta al di sotto del livello di fondo di queste ultime. Quindi, alle basse frequenze, le linee guida per l'esposizione assicurano che il livello delle correnti indotte da un campo elettromagnetico sia al di sotto di quello delle correnti naturali nel corpo.

Il principale effetto dell'energia a radiofrequenza è il riscaldamento dei tessuti. Di conseguenza, le linee guida per l'esposizione a campi elettromagnetici a radiofrequenze e microonde sono stabilite in modo tale da prevenire effetti sanitari causati da un riscaldamento localizzato o del corpo intero. (si veda la sezione "Cosa succede quando siete esposti ai campi elettromagnetici?"). Il rispetto delle linee guida assicura che gli effetti di riscaldamento siano abbastanza bassi da non essere pericolosi.

### **Ciò che le linee guida non possono prendere in considerazione**

Al momento attuale, le congetture su possibili effetti sanitari a lungo termine non possono costituire la base per la definizione di linee guida o di normative. Se si mettono insieme i risultati di tutti gli studi scientifici, il bilancio complessivo delle evidenze non indica che i campi elettromagnetici provochino effetti a lungo termine, come il cancro. Istituzioni nazionali ed internazionali emanano ed aggiornano, sulla base delle più recenti conoscenze scientifiche, normative per la protezione dagli effetti sanitari conosciuti.

Le linee guida sono sviluppate per la popolazione media e non possono affrontare direttamente le esigenze di una minoranza di persone potenzialmente più sensibili. Le linee guida per l'inquinamento atmosferico, ad esempio, non sono basate sulle particolari necessità degli asmatici. Così pure, le linee guida per i campi elettromagnetici non sono progettate per proteggere le persone dall'interferenza con dispositivi medici impiantati, come gli stimolatori cardiaci (pacemaker). Le situazioni espositive da evitare dovrebbero invece essere previste dai costruttori e dai medici che impiantano il dispositivo.

### **Quali sono i tipici livelli massimi di esposizione in casa e nell'ambiente?**

Alcune informazioni pratiche aiutano a fissare dei termini di riferimento per i valori delle linee guida, già riportati. Nella tabella sottostante trovate le più comuni sorgenti di campi elettromagnetici. Tutti i valori rappresentano i massimi livelli di esposizione del pubblico: la vostra esposizione è verosimilmente molto minore. Per maggiori dettagli sui livelli di campo attorno a singoli dispositivi elettrici, si veda la sezione "Tipici livelli di esposizione in casa e nell'ambiente".

Sorgente	Tipici livelli massimi di esposizione del pubblico	
	Campo elettrico (V/m)	Induzione magnetica ( $\mu$ T)
Campi naturali	20	70 (campo magnetico terrestre)
Prese di corrente (?) (in case non vicine a elettrodotti)	100	0,2
Prese di corrente (?) (sotto grandi elettrodotti)	10.000	20
Treni e tram elettrici	300	50

TV e schermi di computer (nella postazione dell'operatore)	10	0,7
	Tipici livelli massimi di esposizione del pubblico (W/m <sup>2</sup> )	
Trasmittenti radio e TV	0,1	
Stazioni radio base per telefonia mobile	0,1	
Radar	0,2	
Forni a microonde	0,5	

Fonte: Ufficio Regionale per l'Europa dell'OMS

### ***Come si mettono in pratica le linee guida e chi le controlla?***

La responsabilità dell'accertamento dei campi attorno agli elettrodotti, alle stazioni radio base per telefonia mobile e a tutte le altre sorgenti accessibili al pubblico ricade sugli enti governativi e sulle autorità locali. Questi devono assicurare il rispetto delle linee guida.

Per quanto riguarda gli apparati elettronici, il costruttore è responsabile del rispetto dei limiti fissati dalle normative di prodotto. Comunque, come già visto, le caratteristiche della maggior parte dei dispositivi assicurano che i campi emessi siano ben al di sotto dei valori limite. Inoltre, molte associazioni di consumatori effettuano regolarmente delle loro prove. Nel caso in cui abbiate particolari dubbi o preoccupazioni, rivolgetevi direttamente al costruttore o alla vostra autorità sanitaria locale.

### **Le esposizioni al di sopra di quanto raccomandato dalle linee guida sono pericolose?**

Mangiare un vasetto di marmellata di fragole entro la data di scadenza è assolutamente sicuro, ma se la consumate dopo il produttore non può garantirne la qualità. Ciò nonostante, anche qualche settimana o qualche mese dopo la scadenza si potrà di solito mangiare innocuamente la marmellata. In modo analogo, le linee guida per i campi elettromagnetici assicurano che, entro determinati limiti di esposizione, non si verificherà nessun effetto nocivo conosciuto. Un ampio fattore di sicurezza viene applicato al livello che si sa avere conseguenze per la salute. Quindi, anche se sperimentaste intensità di campi elettromagnetici diverse volte superiori a un dato valore limite, la vostra esposizione sarebbe ancora entro questo margine di sicurezza.

Nelle situazioni quotidiane, la maggior parte delle persone non sperimenta campi elettromagnetici che superino i limiti delle linee guida. Le esposizioni tipiche sono molto al di sotto di questi valori. Tuttavia, vi sono situazioni in cui l'esposizione di una persona può, per un breve periodo, avvicinarsi o addirittura superare quanto previsto dalle linee guida. Secondo l'ICNIRP, le esposizioni a campi a radiofrequenze e microonde dovrebbero essere mediati nel tempo per tener conto di effetti cumulativi. Le linee guida specificano



per la media un periodo di sei minuti ed esposizioni di breve durata al di sopra dei limiti sono accettabili.

L'esposizione a campi elettrici e magnetici a bassa frequenza non viene invece mediata nelle linee guida. A complicare ulteriormente le cose, interviene un altro fattore detto accoppiamento. Questo si riferisce all'interazione tra i campi elettrici e magnetici ed il corpo esposto. L'accoppiamento dipende dalle dimensioni e dalla forma del corpo, dal tipo di tessuto e dall'orientamento del corpo rispetto al campo. Le linee guida devono essere cautelative: l'ICNIRP assume sempre il massimo accoppiamento tra il campo e l'individuo esposto. Quindi, i limiti fissati dalle linee guida forniscono la massima protezione. Per esempio, anche se le intensità dei campi magnetici degli asciugacapelli e dei rasoi elettrici sembrano superare i limiti raccomandati, l'accoppiamento estremamente debole tra il campo e la testa impedisce l'induzione di correnti elettriche che possano superare i limiti delle linee guida.

### **Punti chiave**

1. L'ICNIRP emana linee guida basate sulle attuali conoscenze scientifiche. La maggior parte dei paesi si basa su queste linee guida internazionali per le proprie normative nazionali.
2. Le normative per i campi elettromagnetici a bassa frequenza assicurano che le correnti elettriche indotte siano al di sotto dei normali livelli delle correnti di fondo nel corpo. Le norme per i campi a radiofrequenza e microonde prevengono effetti sanitari causati da un riscaldamento localizzato o del corpo intero.
3. Le linee guida non proteggono da possibili interferenze con dispositivi elettromedicali.
4. I massimi livelli di esposizione incontrati nella vita quotidiana sono tipicamente molto al di sotto dei limiti previsti dalle linee guida.
5. Grazie a notevoli fattori di sicurezza, l'esposizione al di sopra dei limiti fissati dalle linee guida non è necessariamente dannosa per la salute. Inoltre, la media temporale prevista per i campi elettromagnetici a radiofrequenza e l'assunzione di condizioni di massimo accoppiamento per quelli a bassa frequenza introducono ulteriori margini di sicurezza.

### **Approcci cautelativi**

Via via che si accumulano nuovi dati della ricerca, diventa sempre più improbabile che l'esposizione a campi elettromagnetici costituisca un serio problema sanitario, anche se rimangono alcune incertezze. Le iniziali discussioni scientifiche sull'interpretazione di risultati controversi si sono trasformate in un problema sociale e politico.

I dibattiti pubblici sui campi elettromagnetici si concentrano sui potenziali danni dei campi elettromagnetici ma spesso ignorano i benefici associati alle tecnologie basate su questi campi. Senza l'elettricità, la società sarebbe alla paralisi. Anche le trasmissioni radiotelevisive e le telecomunicazioni sono un dato di fatto nella vita moderna. E' essenziale analizzare benefici e potenziali rischi e farne un bilancio.

## **Protezione della salute pubblica**

Sulla base delle conoscenze scientifiche del momento vengono sviluppate linee guida internazionali e normative nazionali, che mirano ad assicurare che i campi elettromagnetici che l'uomo incontra non siano pericolosi per la salute. Per tener conto delle incertezze nelle conoscenze (dovute, ad esempio, agli errori sperimentali, all'estrapolazione dall'animale all'uomo o all'indeterminazione statistica), le linee guida includono ampi fattori di sicurezza nei limiti di esposizione. Le linee guida sono regolarmente riviste e, se necessario, aggiornate.

E' stato suggerito che l'adozione di ulteriori precauzioni per tener conto delle residue incertezze possa costituire un'utile politica da adottare in attesa che la scienza migliori le sue conoscenze sulle conseguenze per la salute. Il tipo e l'entità delle misure cautelative scelte dipende però da quanto forte è l'evidenza di un rischio sanitario, nonché dalle dimensioni e dalla natura delle possibili conseguenze. Le azioni precauzionali dovrebbero essere proporzionate al potenziale rischio. Per maggiori dettagli si veda il Promemoria dell'OMS "Politiche cautelative".

Diverse politiche cautelative sono state sviluppate per venire incontro alle preoccupazioni per le esposizioni della popolazione e dei lavoratori e ad altri problemi di salute ambientale e di sicurezza connessi ad agenti chimici e fisici.

## ***Cosa fare mentre la ricerca continua?***

Uno degli obiettivi del Progetto Internazionale CEM è aiutare le autorità nazionali a soppesare i benefici delle tecnologie che usano campi elettromagnetici rispetto alla possibilità che venga scoperto un rischio per la salute. Inoltre, l'OMS fornisce raccomandazioni per misure protettive, quando queste sono necessarie. Occorreranno alcuni anni affinché le ricerche richieste siano completate. Nel frattempo, l'Organizzazione Mondiale della Sanità ha fornito una serie di raccomandazioni:

- Stretta aderenza alle normative nazionali e internazionali esistenti: queste normative, basate sulle conoscenze attuali, sono concepite per proteggere, con un ampio margine di sicurezza, ogni individuo della popolazione.
- Semplici misure di protezione: delle barriere attorno a sorgenti di intensi campi elettromagnetici aiutano a precludere l'accesso non autorizzato ad aree ove i limiti di esposizione potrebbero essere superati.
- Consultazione con le autorità locali e con il pubblico sulla localizzazione di nuovi elettrodotti e stazioni radio base per telefonia mobile: le decisioni sulla localizzazione devono spesso tener conto di fattori estetici e della sensibilità del pubblico. Una comunicazione aperta durante le fasi della pianificazione può aiutare il pubblico a capire e ad accettare meglio un nuovo impianto.
- Comunicazione: un efficace sistema di informazione al pubblico e di comunicazione tra scienziati, governi, industria e pubblico può aiutare a raggiungere una generale conoscenza dei programmi che riguardano l'esposizione a campi elettromagnetici e a ridurre sensazioni di sfiducia e paura.

Per ulteriori informazioni si vedano i Promemoria dell'OMS "Campi elettromagnetici e salute pubblica".

**Traduzione di Paolo Vecchia**

Traduzione dall'originale in lingua inglese "What are electromagnetic fields?"  
(<http://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/en/index1.html>)

*La responsabilità dell'edizione italiana è esclusivamente del Consorzio Elettra2000.*

*Il Consorzio Elettra2000 è costituito dalla Fondazione Ugo Bordoni, dall'Università di Bologna e dalla Fondazione Guglielmo Marconi; lo scopo del consorzio è di promuovere in Italia e all'estero studi e ricerche relative all'impatto sanitario, ambientale sociale delle onde elettromagnetiche nelle sue varie forme, nel settore delle telecomunicazioni.*