

Domande e Risposte sui

CEM

Campi Elettrici e Magnetici

Associati all'Uso di Energia Elettrica

Dicembre 1998

Tradotto e curato da:

Dr. Carla Malacarne
Istituto Trentino di Cultura

INTRODUZIONE.....	pag. 1
L'ENERGIA ELETTRICA	
Termini fondamentali.....	pag. 2
Costruzioni per il trasporto dell'energia elettrica	pag. 3
Corrente continua e corrente alternata	pag. 4
Campi elettrici e magnetici	pag. 5
Frequenza di rete	pag. 6
Campo magnetico terrestre.....	pag. 7
STUDI SULLA SALUTE UMANA	
Epidemiologia	pag. 9
Studi sulla popolazione	pag. 11
Lo studio svedese	pag. 13
<i>Cancer Cluster</i>	pag. 15
Studi sui lavoratori	pag. 16
Incidenza del cancro e aumento del consumo di energia elettrica.....	pag. 19
Effetti non-cancerogeni.....	pag. 20
STUDI DI CARATTERE BIOLOGICO	
Effetti osservati negli studi di laboratorio.....	pag. 21
Melatonina.....	pag. 22
AZIONI DI GOVERNO	
Raccomandazioni	pag. 26
AMBIENTE ELETTROMAGNETICO	
Valori tipici di esposizione.....	pag. 29
Linee di trasmissione ed elettrodomestici	pag. 32
Sottostazioni elettriche	pag. 44
Sorgenti nei trasporti	pag. 44
“Soglia” di 0.2 μ T	pag. 45
Misura dei campi magnetici	pag. 46
Valori tipici di campo magnetico nelle abitazioni	pag. 47
Vivere in prossimità di elettrodotti	pag. 48
Come limitare l'esposizione ai campi	pag. 48
Pubblicità di prodotti.....	pag. 49
Riferimenti bibliografici.....	pag. 50

Introduzione

Oggi l'elettricità fa parte della vita quotidiana, e tutti siamo abituati al fatto che il semplice azionamento di un interruttore ci permette di passare dal buio alla luce. Con l'energia elettrica sono tuttavia necessari alcuni accorgimenti. Elettrodotti, impianti domestici, apparecchiature elettriche possono dar luogo a serie lesioni dovute a shock elettrici, se utilizzate impropriamente. Recentemente è sorto un nuovo interrogativo in merito all'energia elettrica, che ci vede tutti coinvolti: esiste una correlazione tra esposizione a campi elettromagnetici e insorgenza del cancro?

Alcuni studi epidemiologici hanno indicato che può esistere un collegamento tra esposizione a campi elettrici e magnetici a frequenza di rete (CEM¹) ed alcuni tipi di cancro, in primo luogo la leucemia ed il cancro al cervello. Altri studi non hanno trovato tale collegamento. Il personale di ricerca sta studiando in laboratorio come sia possibile tale tipo di correlazione. A tutt'oggi non esiste un consenso scientifico in merito al problema dei CEM – eccetto un generale accordo sul fatto che sia necessaria un'informazione più approfondita. Sono in corso studi di ricerca internazionali sui CEM, e per i prossimi anni ci si attende una maggiore quantità di risultati.

Il presente fascicolo ha lo scopo di dare risposta ad alcune domande circa i possibili effetti sulla salute causati dai CEM. Innanzitutto vengono definiti alcuni termini fondamentali, vengono descritti i CEM, e discussi i recenti studi scientifici. Quindi viene descritto ciò che i governi delle Nazioni Occidentali stanno facendo per dare una risposta alle preoccupazioni della gente relative ai CEM. In seguito vengono proposte le domande che la gente pone in merito alla sua esposizione ai CEM. Infine viene segnalato come ottenere informazioni più dettagliate in merito a problemi connessi con i CEM.

Questo fascicolo è stato preparato nell'ambito del "progetto ELF" condotto in convenzione tra l'Agenzia Provinciale Protezione Ambiente e l'Istituto Trentino di Cultura di Trento. Il testo è stato tradotto ed adattato alla realtà locale dal fascicolo "Questions and Answers about EMF Electric and Magnetic Fields Associated with the Use of Electric Power" redatto dal National Institute of Environmental Health Sciences e dal U.S. Department of Energy nell'ambito del programma EMF Research and Public Information Dissemination (RAPID).

La divulgazione del presente rapporto, che deve comunque avvenire in forma completa, deve essere concordata preventivamente tra l'ITC-irst e l'Agenzia Provinciale Protezione Ambiente mediante comunicazione scritta.

¹ Con gli acronimi italiano CEM (Campi ElettroMagnetici) ed inglese EMF (ElectroMagnetic Fiels) si intendono in generale i campi elettromagnetici a qualsiasi frequenza (si veda lo spettro elettromagnetico della figura a pag. 6). In questo fascicolo tali acronimi verranno tuttavia impiegati facendo riferimento ai soli campi a frequenza di rete, che cadono nell'intervallo denominato ELF (v. pag 6). I campi elettrico e magnetico a tali valori di frequenza non sono accoppiati, come invece succede a frequenze superiori, e di conseguenza non vengono irradiati. Per questo, a tali valori di frequenza, è più accurato parlare di "campi elettrici e magnetici", piuttosto che di "campi elettromagnetici". In generale tuttavia, nella stampa vengono impiegati gli acronimi CEM ed EMF indistintamente, per entrambe queste accezioni.

Funi di guardia (proteggono i conduttori dai fulmini)

Isolatori

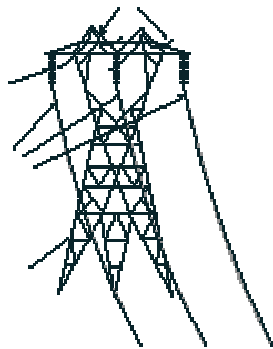
(mantengono i conduttori lontani dai sostegni)

Conduttori

(fili che conducono l'elettricità)

Sostegni

(supporti per i conduttori)

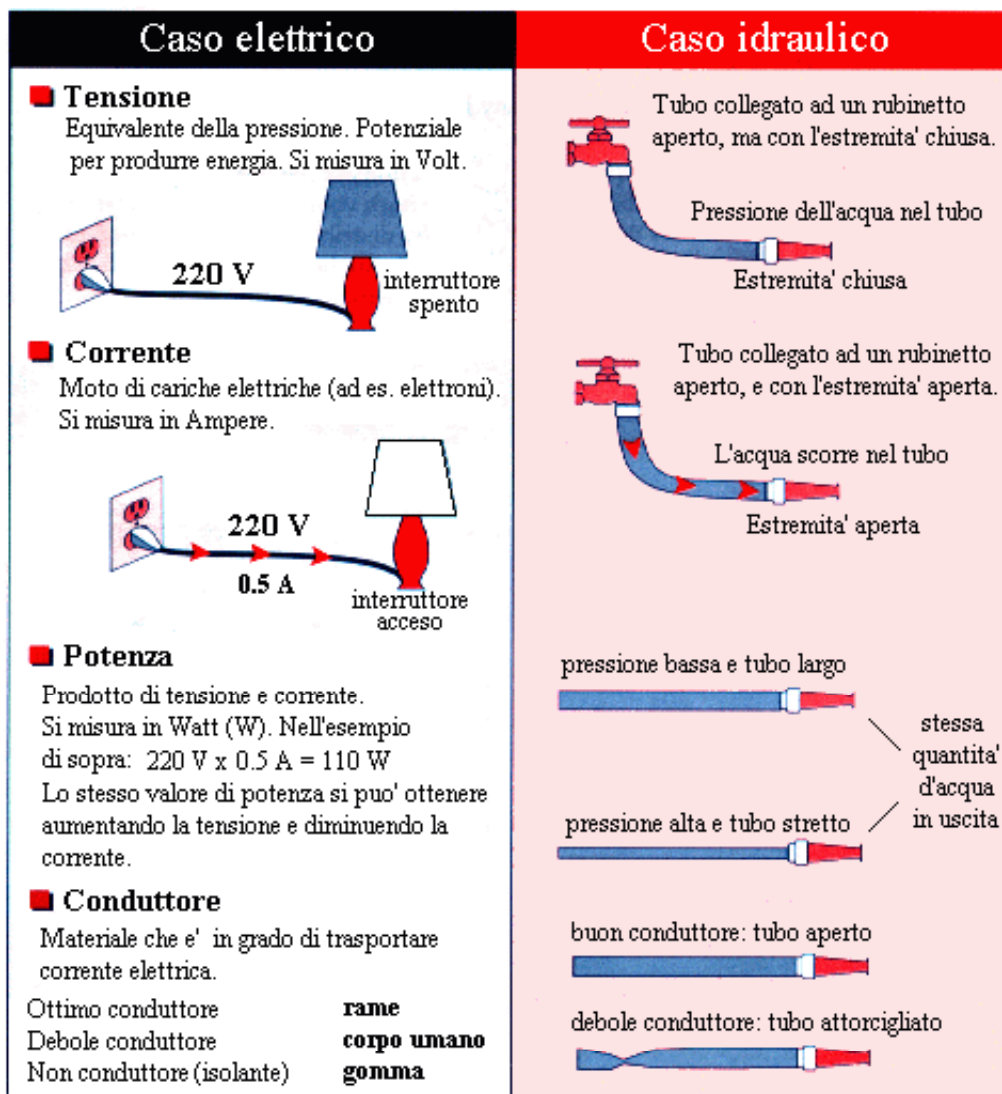


Termini fondamentali

Nel presente fascicolo vengono utilizzati sei termini fondamentali riguardanti l'energia elettrica: conduttore, corrente, tensione, carico, energia e circuito.

Il *conduttore* è il filo che si vede tra i sostegni, e che trasporta elettricità. La *corrente* è data dal moto degli elettroni nel conduttore. La *tensione* è la forza elettrica che dà luogo alla corrente in un

conduttore. Il *carico* è l'*energia* elettrica richiesta dalle case e industrie. Quando un conduttore in tensione viene collegato ad un carico viene realizzato un *circuito*, e vi scorrerà della corrente. I termini utilizzati sono sintetizzati nella figura seguente, dove sono confrontati con gli esempi più familiari relativi all'idraulica.

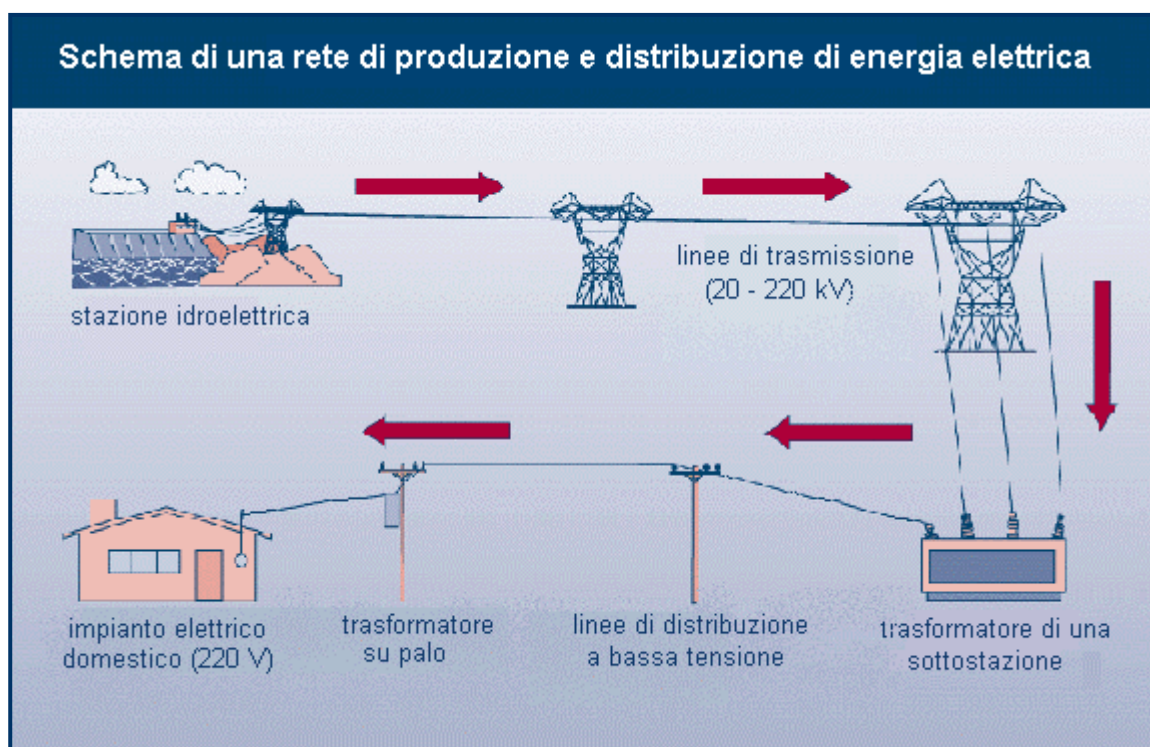


Costruzioni per il trasporto dell'energia elettrica

Esistono due tipi fondamentali di linee elettriche: le linee di trasmissione e le linee di distribuzione. Le *linee di trasmissione* sono elettrodotti ad alta tensione. L'alta tensione consente di trasportare efficientemente l'energia elettrica su lunghe distanze, dalle centrali elettriche alle sottostazioni vicine ad aree urbane. Nella Provincia di Trento le linee di trasmissione ad alta tensione lavorano a corrente alternata (AC), ed hanno tensioni pari a 132 kV o 220 kV (1 kV=1000 V).

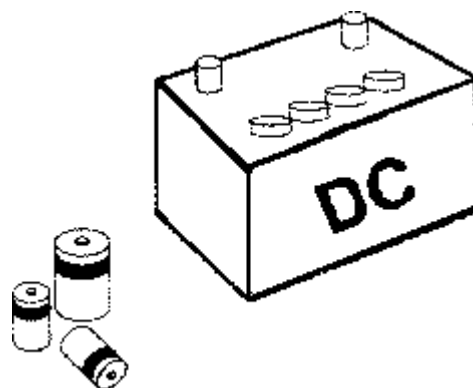
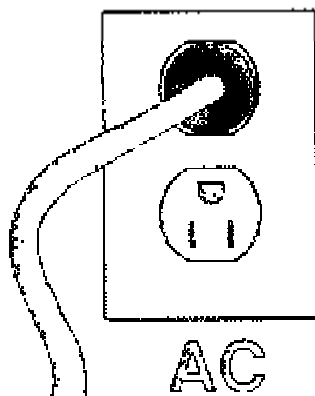
Per il trasporto di energia dalle sottostazioni alle abitazioni, i gestori utilizzano linee di distribuzione a basso voltaggio. Tipicamente per questo tipo di linee di distribuzione vengono impiegate tensioni inferiori ai 50 kV. Nel caso dell'utenza domestica tali valori sono ulteriormente ridotti a 220 V una volta che l'energia è giunta a destinazione.

Le *sottostazioni* sono adibite a funzioni di controllo, ed al trasporto di energia sulla rete elettrica. A seconda delle funzioni svolte da una data sottostazione, in essa possono essere presenti diversi tipi di dispositivi. Ad esempio i *trasformatori* convertono l'alta tensione utilizzata dalle linee di trasmissione nei valori di tensione inferiori, usati dalle linee di distribuzione. Gli *interruttori* vengono impiegati per accendere e spegnere la linea. La figura seguente mostra come sono disposti tutti questi dispositivi a formare una rete elettrica.



Corrente continua e corrente alternata

Le apparecchiature che possono essere alimentate sia con batterie che dall'impianto elettrico domestico sono generalmente dotate di un interruttore AC/DC (Corrente alternata/Corrente continua). Quando tale interruttore è posizionato su AC, l'apparecchio usa l'energia elettrica che scorre avanti e indietro, o in altri termini si "alterna", con una frequenza di 50 cicli al secondo (50 hertz, o Hz). Se al contrario l'interruttore è posizionato su

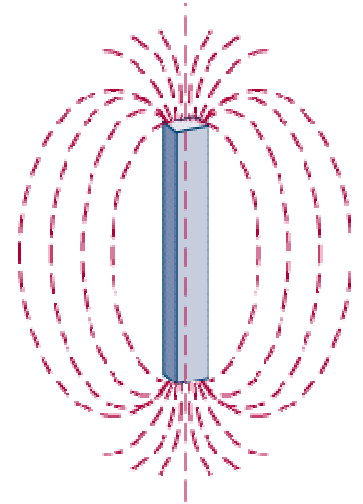


DC la corrente fluisce in un unico verso dalle batterie all'apparecchio. I campi AC inducono deboli correnti elettriche negli oggetti conduttori, incluso lo stesso corpo umano. Lo stesso non accade per i campi DC, ad eccezione che il campo non subisca variazioni nel tempo e/o nello spazio, relativamente alla persona posta nel campo. Nella maggior parte delle situazioni reali, un apparecchio alimentato a batterie non è in grado di indurre correnti nella persona che utilizza l'apparecchio stesso. Le correnti indotte dai campi AC sono state al centro degli studi di ricerca su come i CEM possono influire sulla salute umana.

Concetti basilari

D R Cosa sono i CEM?

Elettrodotti, impianti ed apparecchiature elettriche producono campi elettrici e magnetici. I CEM sono linee di forza invisibili che circondano ciascun dispositivo elettrico. I CEM hanno proprietà diverse e diversi modi di agire nel causare effetti biologici. È bene sottolineare che mentre i campi *elettrici* a frequenza di rete vengono facilmente schermati, almeno parzialmente, da oggetti conduttori (come ad es. alberi, costruzioni, pelle umana), altrettanto non vale per i campi *magnetici*. Tuttavia l'intensità di entrambi decresce all'aumentare della distanza dalla sorgente. Sebbene sia campi magnetici che elettrici siano presenti nelle vicinanze di apparecchiature elettriche ed elettrodotti, i più recenti studi e ricerche sono stati rivolti sui potenziali effetti sanitari dei soli campi magnetici. Questo perché studi epidemiologici hanno trovato una correlazione tra l'aumento del rischio di cancro e la presenza di elettrodotti (v. pag. 31), e tale aumento si pensa sia dovuto ai campi magnetici. Una analoga correlazione non è stata riscontrata per i campi elettrici misurati (v. pag. 8).



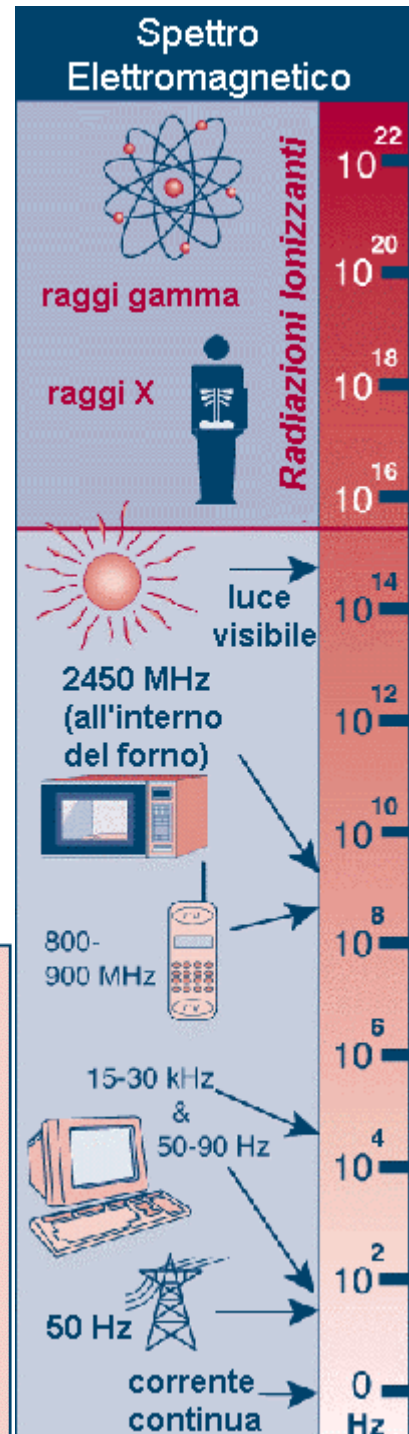
Campo magnetico statico generato da una barra magnetica

Campi elettrici	Campi magnetici
<p>1. Sono prodotti dalla tensione</p> <p>Lampada inserita nella spina ma spenta. La tensione produce un campo elettrico</p> <p>2. Si misurano in Volt per metro (V/m) o suoi multipli (es. kV/m)</p> <p>1 kV = 1000 V</p> <p>3. Vengono facilmente schermati (ridotti) da oggetti conduttori, quali alberi ed edifici a frequenza di rete (50-60 Hz).</p> <p>4. Decrescono in intensità all'aumentare della distanza dalla sorgente</p>	<p>1. Sono prodotti dalla corrente</p> <p>Lampada inserita nella spina ed accesa. Ora la corrente produce anche un campo magnetico</p> <p>2. Si misurano in Tesla (T) o Gauss (G) o loro multipli (es. μT, mG) 1 microtesla (μT) = 10 milligauss (mG) milli (m) = 1 millesimo micro (μ) = 1 milionesimo</p> <p>3. Non vengono facilmente schermati (ridotti) dalla maggior parte dei materiali a frequenza di rete (50-60 Hz).</p> <p>4. Decrescono in intensità all'aumentare della distanza dalla sorgente</p>

D Cosa sono i CEM a frequenza industriale, e come si possono paragonare agli tipi di campi?

R Lo spettro elettromagnetico (v. Figura a destra) copre un intervallo molto ampio di frequenze. Queste frequenze sono espresse in cicli al secondo (cioè Hertz). La frequenza di rete (50 Hz nel caso dei paesi europei, 60 Hz nel caso del Nord America) si trova nell'intervallo di frequenze denominato ELF (Extremely Low Frequency, ossia frequenza estremamente bassa), relativo alle frequenze inferiori a 3000 Hz.

Quanto più elevata è la frequenza tanto minore è la distanza tra un'onda e la successiva, e maggiore è la quantità di energia associata al campo. I campi con frequenze nell'intervallo delle microonde, con lunghezze d'onda dal millimetro alle decine di centimetri, hanno energia sufficiente a provocare il riscaldamento di materiali conduttori. Frequenze ancora più elevate, come i raggi X, possono causare ionizzazione – la rottura dei legami molecolari che danneggia il materiale genetico. I campi a frequenza di rete (50 Hz) sono caratterizzati da una lunghezza d'onda pari a 6000 km, e quindi da valori di energia molto più bassi, che non sono in grado di dar luogo a riscaldamento o ionizzazione. Tuttavia, anche a tali frequenze i campi AC inducono deboli correnti negli oggetti conduttori, incluse le persone e gli animali (v. pag. 8).



Precisazioni sulla figura di destra

La frequenza è espressa in Hertz. 1 Hz = 1 ciclo al secondo
 (Nota che 10⁵ significa 10x10x10x10 = 10000Hz, ecc.
 kHz = kilohertz = 1000 Hz, MHz = megahertz = milioni di Hz

All'aumentare della frequenza la lunghezza d'onda diventa più corta, e più energia viene trasferita agli oggetti di dimensioni confrontabili con la lunghezza d'onda

Esempi

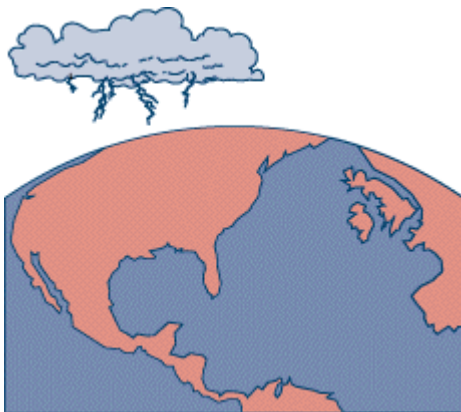
Sorgente	Frequenza	Lunghezza d'onda
Elettrodotto	50 Hz	6000 km
Forno a microonde	2450 MHz	12.2 cm

Diagram showing the form of an electromagnetic wave: "1 ciclo, 1 lunghezza d'onda" and "forma d'onda elettromagnetica".

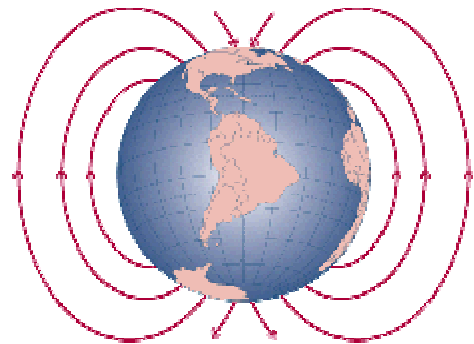
D La terra può generare CEM?

R Sì, la terra genera campi elettrici e magnetici, principalmente sotto forma di campi DC (detti anche per questo campi statici). I campi elettrici sono generati dalle cariche presenti nella ionosfera (la zona dell'atmosfera alta, dove la materia si trova allo stato ionizzato). Vicino al suolo, il campo elettrico statico si aggira intorno ai 200 volt per metro (V/m). Campi molto più intensi, tipicamente di 50 kV/m, si registrano in occasione di temporali, come conseguenza dell'accumulo di cariche nello strato più basso dell'atmosfera, dove hanno sede i fenomeni meteorologici (troposfera).

I campi magnetici terrestri si suppone siano generati dalle correnti elettriche che scorrono in profondità all'interno del nucleo fuso della terra. Il valore di campo magnetico statico si aggira intorno ai 50 microtesla (μT). Questo valore di campo magnetico supera quelli tipici generati da un elettrodotto AC; tuttavia, i campi DC non inducono correnti negli oggetti, come invece succede per quelli AC (v. pag. 8).



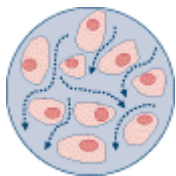
Il campo elettrico statico terrestre è generato dalle cariche presenti nell'atmosfera



Il campo magnetico statico terrestre proviene dalle correnti che circolano all'interno della terra

D Cosa accade quando vengo esposto a CEM?

R I campi AC danno origine a deboli correnti elettriche nei corpi di persone ed animali. Questa è la ragione per cui i CEM possono causare effetti biologici. Come si può vedere in figura, le correnti indotte dai campi elettrici e magnetici sono distribuite in modo differente all'interno del corpo. L'entità di tale corrente è molto piccola (millesimi di ampère), persino se ci si trova direttamente al di sotto di una grande linea di trasmissione. Correnti di questa intensità sono troppo deboli per penetrare le membrane cellulari, pertanto si instaurano principalmente tra le cellule.

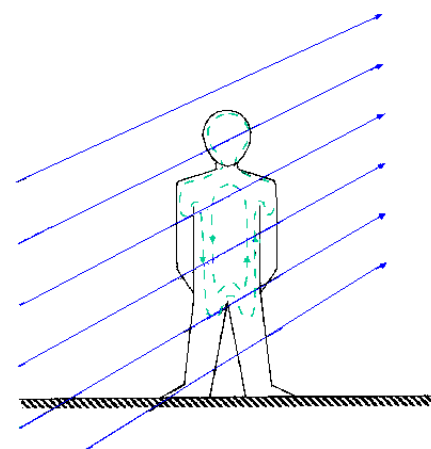
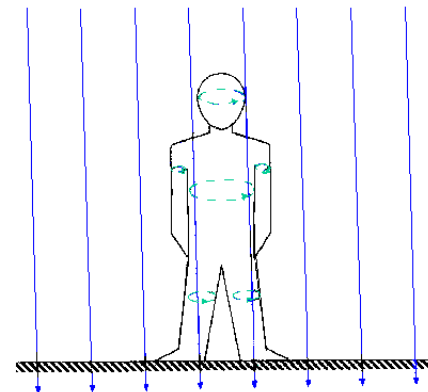


La maggior parte delle correnti a 50 Hz scorre tra le cellule, non attraverso di esse.

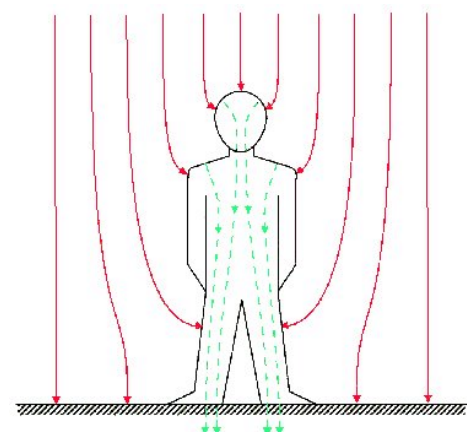
Le correnti dei campi elettromagnetici a 50 Hz sono meno intense delle correnti naturalmente presenti nel corpo, quali quelle generate da attività cerebrale e cardiaca. Alcuni scienziati ritengono che per ciò sia impossibile che i CEM diano luogo ad effetti importanti. Altri scienziati sostengono invece che, come un orecchio allenato è in grado di riconoscere una voce o un

pianto in una folla, così una cellula possa rispondere a correnti indotte come ad un segnale, più basso in intensità e comunque rivelabile persino dal rumore di fondo delle correnti naturali del corpo. Numerosi studi di laboratorio hanno mostrato che l'esposizione a CEM può essere causa di effetti biologici (v. pag. 21). Nella maggior parte dei casi, tuttavia, non è chiara la modalità con la quale i CEM producono tali effetti dimostrati.

Campi elettrici di intensità elevata, come quelli che si registrano in prossimità di una grossa linea di trasmissione, possono far vibrare ad una frequenza prossima a 50 Hz i capelli di una testa esposta, o i peli delle braccia. Da alcune persone viene avvertita anche una sensazione di formicolio. I CEM generati da linee di trasmissione possono causare in talune circostanze anche fastidiose scosse, a causa della tensione indotta dai CEM, in seguito al contatto della persona con alcuni oggetti, quali ad esempio reti metalliche non collegate a terra.



Persona immersa in un campo magnetico (righe blu). Le linee tratteggiate in colore verde rappresentano le correnti indotte.



Persona immersa in un campo elettrico (righe rosse). Le linee tratteggiate in colore verde rappresentano le correnti indotte.

Epidemiologia

D Come possono, gli scienziati, studiare gli effetti sulla popolazione dovuti ai CEM?

R Gli scienziati usano un tipo di ricerca denominato epidemiologia – lo studio di modelli e di possibili cause di malattie per la popolazione umana. Gli epidemiologi studiano gli effetti a breve termine, come epidemie, avvelenamenti alimentari, così come effetti a lungo termine, quali cancro e malattie cardiache. I risultati di tali studi sono riportati in termini di correlazione statistica tra i vari fattori e la malattia. L'obiettivo è quello di stabilire se esistano risultati statistici che indichino una effettiva relazione causale. Ciò include la valutazione di possibili effetti dovuti ad altri fattori (fattori di confusione, o *confounders*), che possono influire sul risultato dello studio stesso. Un risultato viene assunto come statisticamente significativo se esiste una correlazione, entro il 95% di confidenza (la probabilità di confidenza è utilizzata in statistica per dare indicazione del grado di affidabilità della stima statistica realizzata). Tuttavia, una correlazione di tipo statistico non prova necessariamente una relazione di tipo causa-effetto. Generalmente sono necessari ulteriori risultati da studi su animali di laboratorio prima che gli scienziati possano concludere che un determinato fattore è causa di una malattia.

Stime e Rapporti di Odds (Odds Ratios)

Il linguaggio dell'epidemiologia può sembrare, ai non addetti ai lavori, più preciso di quanto realmente sia. Un *rapporto di odds* (si veda l'esempio di pagina seguente) è una *stima*. Gli epidemiologi devono calcolare, assieme ai *rapporti di odds*, l'intervallo di confidenza sul quale tale stima è affidabile. La dimensione del campione è un fattore chiave in tale calcolo: tanto più piccolo è il campione, tanto meno affidabile è l'informazione.

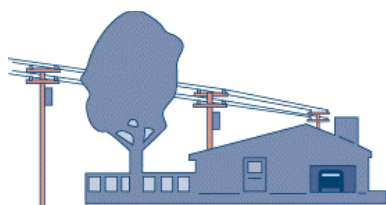
Come vengono condotti gli studi epidemiologici di tipo caso-controllo

Il procedimento	Esempi
<p>1. Viene costituita una lista di soggetti affetti da una determinata malattia. Questi rappresentano i <i>casì</i>.</p> <p>2. Viene realizzata una lista di soggetti analoghi ai casi, ma che non hanno sviluppato la malattia in questione. Questi rappresentano i <i>controlli</i>.</p> <p>3. Vengono stimati i numeri di casi e controlli che sono stati <i>precedentemente</i> esposti al fattore X. Questa è spesso una delle parti più difficili dello studio, poiché le esposizioni spesso sono avvenute molti anni addietro.</p> <p>4. Il rapporto di esposizione (<i>exposure ratio</i>) dei casi viene confrontato con quello dei controlli. Se tali rapporti sono uguali, non c'è relazione tra fattore X e malattia. Se i casi hanno un rapporto <i>maggiore</i>, c'è <u>un'associazione positiva</u>, e il fattore X può essere una causa della malattia. Se i casi hanno un rapporto <i>minore</i>, c'è <u>un'associazione negativa</u>. Ciò suggerirebbe che il fattore X possa aiutare la popolazione a proteggersi dalla malattia.</p>	<p>Di seguito vengono proposti alcuni esempi di possibili esiti di uno studio di un potenziale fattore di rischio X, basato su 300 casi di cancro e 30 controlli.</p> <p>Se 71 casi sono esposti al fattore X e 229 non sono esposti, il rapporto di esposizione dei casi (<i>case exposure ratio</i>) = $71/229 = 0.31$. Se sono esposti anche 71 controlli, il rapporto di esposizione dei controlli (<i>control exposure ratio</i>) è anch'esso pari a 0.31. Dividendo il rapporto di esposizione dei casi per il rapporto di esposizione dei controlli, si ottiene il <u>rapporto di odds (OR)</u>, talvolta chiamato anche <u>rischio relativo</u> ($0.31/0.31=1$). Un OR di 1.00 significa che la quantità di casi esposti al fattore X è la stessa dei controlli. Dunque, nell'esempio, non c'è correlazione tra fattore X e cancro.</p> <p>Ora supponiamo che 110 casi dei 300 totali che sono esposti (ratio = $110/190 = 0.58$), e 71 controlli, vengano esposti (rapporto = 0.31). L'OR = $0.58/0.31 = 1.87$. Se l'OR è maggiore di 1 c'è una correlazione positiva tra fattore X e la malattia. Con tali assunzioni, ciò significa che, nell'esempio, la popolazione esposta al fattore X ha un incremento dell'87% di rischio di sviluppare il cancro.</p> <p>Persino se l'OR è maggiore di 1 devono essere effettuati dei calcoli per vedere se il risultato è <u>statisticamente significativo</u> (e non un semplice caso). Nell'esempio precedente l'OR di 1.87 è statisticamente significativo. Supponiamo che sia realizzato un altro studio con 300 casi e 300 controlli. In tale studio, tuttavia, ci siano solo 11 casi esposti e 6 controlli esposti. Sebbene l'OR sia pari a 1.90, tale risultato non è statisticamente significativo a causa del numero ridotto di soggetti esposti.</p>

D Cosa hanno trovato gli studi epidemiologici in merito all'incidenza del cancro sulla popolazione che vive in prossimità delle linee di trasmissione?

R Al 1995, in 14 studi sono state analizzate le possibili correlazioni tra vicinanza delle linee di trasmissione e vari tipi di cancro infantile. Di questi, otto hanno riportato una correlazione positiva tra vicinanza delle linee di trasmissione e l'insorgenza di alcuni tipi di cancro. Quattro dei quattordici studi hanno mostrato una correlazione statistica significativa con la leucemia.

Dei bambini (di età inferiore ai 14 anni) negli Stati Uniti, circa 14 su 100.000 sviluppano qualche forma di cancro ogni anno. Quasi un terzo di questi tumori è del tipo leucemia acuta linfocitica, la forma più comune di leucemia nei bambini. Per le vittime di leucemia infantile la possibilità di sopravvivere è pari circa al 60 %.



Uno studio condotto a Denver nel 1979 da Wertheimer e Leeper per primo riportò che i bambini che sviluppano qualche forma di cancro hanno una maggiore probabilità di aver vissuto nell'intorno di 40 m da una linea di trasmissione ad elevato trasporto di corrente.

Il primo studio a riportare una correlazione tra linee di trasmissione e cancro fu condotto nel 1979 a Denver da Nancy Wertheimer e Ed Leeper. Essi trovarono che per i bambini che erano morti di cancro c'era una probabilità due o tre volte superiore di aver abitato nell'intorno di 40 metri dalla linea di trasmissione ad alta corrente, rispetto ai casi degli altri bambini studiati. L'esposizione a campi magnetici venne identificata come un possibile fattore in questo studio. Non furono misurati i campi magnetici all'interno delle case. I ricercatori escogitarono invece un metodo alternativo per stimare i valori di campo magnetico prodotto dalle linee di trasmissione. La stima fu basata su dimensione e numero dei fili della linea di trasmissione e sulla distanza tra linea stessa e casa (v. pag. 31).

Un secondo studio condotto a Denver nel 1988, ed uno a Los Angeles nel 1991, trovarono anch'essi una correlazione significativa tra la circostanza di vivere in prossimità di linee di trasmissione ad elevato trasporto di corrente e l'incidenza di cancro infantile. Lo studio di Los Angeles trovò un'associazione con la leucemia, ma non analizzò tutti i tipi di cancro. Lo studio del 1988 di Denver trovò una correlazione con tutti i tipi di cancro. Quando il caso leucemie venne analizzato separatamente, il rischio fu elevato, ma non statisticamente significativo. In nessuno dei due studi fu trovata un'associazione statisticamente significativa quando furono misurati i campi magnetici all'interno delle case, e vennero utilizzati tali valori nelle analisi.

Studi in Svezia (1992) e Messico (1993) trovarono un incremento dell'incidenza di leucemie per bambini che vivevano vicino a linee di trasmissione. Uno studio danese del 1993, come già lo studio a Denver del 1988, trovò un'associazione per l'incidenza di tutti i tipi di cancro infantili, ma non specificatamente per le leucemie. Uno studio finlandese trovò una correlazione con l'incidenza di tumori al sistema nervoso centrale nei giovani. Otto diversi studi esaminarono il rischio di cancro per adulti viventi in prossimità di linee di trasmissione. Di questi, due trovarono una correlazione significativa con il cancro.

La tabella riportata a pagina seguente riassume i risultati degli studi relativi all'insorgenza di cancro nella popolazione vivente vicino agli elettrodotti.

Sommario degli studi sul cancro per persone residenti vicino ad elettrodotti

Studio	Luogo	Leucemia	Altre forme di cancro
Studi di cancro infantile			
Wertheimer & Leeper '79	Denver	OR = 2.35*	Tutti i tipi di cancro OR = 2.22*
Fulton et al. '80	Rhode Island	OR = 1.09	Non studiato
Tomenius '86	Svezia	OR = 0.30	Tumori del SNC OR = 3.70*
Savitz et al. '88	Denver	OR = 1.54	Tutti i tipi di cancro OR = 1.53*
Coleman et al. '89	Regno Unito	OR = 1.50	Non studiato
Lin & Lu '89	Taiwan	OR = 1.31	Tutti i tipi di cancro OR = 1.30
Myers et al. '90	Regno Unito	OR = 1.14*	Tutti i tipi di cancro OR = 0.98
London et al. '91	Los angeles	OR = 2.15*	Non studiato
Lowenthal et al. '91	Australia	O/A = 2.00	
Feychting & Ahlbom '93	Svezia	OR = 3.80*	
Olsen et al. '93	Danimarca	OR = 1.50	Tutti i tipi di cancro OR = 1.30
Petridou et al. '93	Grecia	OR = 1.19	Non studiato
Verkasalo '93	Finlandia	SIR = 1.60	Tutti i tipi di cancro OR = 1.50 Tumori del SNC nei giovani SIR = 4.20*
Fajardo-Gutiérrez et al. '93	Messico	OR = 2.63*	Non studiato
Studi di cancro su persone adulte			
Wertheimer & Leeper '82	Denver	OR = 1.00	Tutti i tipi di cancro OR = 1.28*
McDowall '86	Regno Unito	SMR = 143	Cancro al polmone SMR = 215*
Severson et al. '88	Seattle	OR = 0.80	Non studiato
Coleman et al. '89	Regno Unito	OR = 0.90	Non studiato
Youngson et al. '91	Regno Unito	Leucemia e linfoma OR = 1.29	
Eriksson & Karlsson '92	Svezia	Non studiato	Mieloma multiplo OR = 0.94
Feychting & Ahlbom '92	Svezia	OR = 1.00 (sottotipi di leucemia OR = 1.70)	
Schreiber et al. '93	Olanda	Nessun caso	Tutti i tipi di cancro SMR = 85 Morbo di Hodgkins SMR = 469
<p>Nota: l'obiettivo di questa tabella è quello di sintetizzare brevemente alcuni dei risultati spesso citati, riportati negli studi relativi al cancro in ambiente residenziale: consultare le pubblicazioni complete per i dettagli (v. <i>Riferimenti bibliografici</i>, pag. 50).</p> <p>OR = Rapporto di Odds (v. pag. 9). Un OR pari ad 1.00 significa che non c'è né un aumento né una diminuzione del rischio.</p> <p>SMR = Rapporto Standardizzato di Mortalità. Un SMR pari a 100 significa che non c'è né un aumento né una diminuzione del rischio.</p> <p>SIR = Rapporto Standardizzato di Incidenza. Un SIR pari ad 1.00 significa che non c'è né un aumento né una diminuzione del rischio.</p> <p>SNC = Sistema Nervoso Centrale.</p> <p>O/A = Numero di casi Osservati diviso per il numero di casi Aspettati</p>			
* il numero è statisticamente significativo (maggiore di quello relativo al caso), pag. 10.			
* per tumori non solidi, come leucemie e linfomi.			

Questi diversi studi non possono essere semplicemente “sommati” per ottenere un risultato evidente, o per raggiungere una conclusione in merito agli effetti sanitari, poiché in queste liste sono considerati tipi di studi diversi. Inoltre, molti studi riportano rischi elevati (maggiori di 1) anche se si tratta di studi non statisticamente significativi. I rischi in taluni casi possono non essere considerati “significativi” a causa dell’utilizzo di campioni sottodimensionati. Sono da considerarsi statisticamente significativi quegli studi nei quali, tra i valori di rischio calcolati, associati all’insorgenza di diverse possibili malattie, almeno uno risulta essere positivo. Nei casi in cui sono stati calcolati più rischi, alcuni possono risultare statisticamente significativi in modo casuale. Preme infine sottolineare che gli studi che riportano una correlazione positiva tendono a ricevere una maggiore notorietà rispetto a quelli che non hanno riportato tale correlazione.

D Cosa si può dire in merito allo studio svedese riguardante l’incidenza del cancro su persone residenti in prossimità di elettrodotti?

R Nel 1992 alcuni ricercatori svedesi pubblicarono i risultati di uno studio riguardante l’incidenza del cancro su persone residenti in prossimità di elettrodotti ad alta tensione. Lo studio svedese focalizzò l’interesse di scienziati, popolazione e mezzi di informazione. Nello studio veniva riportato un aumento di leucemia nei bambini svedesi residenti all’interno di una fascia di 50 metri da un elettrodotto. Tale rischio fu trovato crescere progressivamente, parallelamente all’aumento in intensità della media annuale del campo magnetico a 50 Hz. Tuttavia il calcolo del rischio venne effettuato su un esiguo numero di casi (v. tabella riassuntiva di pagina seguente).



I ricercatori svedesi conclusero che i loro studi davano un’evidenza ulteriore per un possibile collegamento tra campi magnetici e insorgenza di leucemia infantile. Tuttavia, gli scienziati hanno espresso opinioni contrastanti in merito a tale studio. Alcuni sostengono l’importanza di tale studio, poiché è basato sui livelli di campo magnetico che si presume siano esistiti nell’arco di tempo in cui furono diagnosticati i casi di cancro.

Altri sono scettici a causa del limitato numero di casi di cancro, e perché non è stata osservata alcuna correlazione con il cancro con gli odierni livelli di campo magnetico misurati nelle case.

STUDI NORD-EUROPEI

I ricercatori di Svezia, Finlandia e Danimarca hanno recentemente combinato i risultati dei loro studi sugli elettrodotti. Il rischio relativo combinato per la leucemia è risultato essere pari a 2.1, ed è statisticamente significativo. Il rischio è stato calcolato su 13 casi totali. Al contrario non è stato riscontrato alcun rischio per il linfoma o per tumori al sistema nervoso centrale.

In Svezia si registrano circa 70 nuovi casi di leucemia infantile all’anno. La Commissione Nazionale Svedese di Sicurezza Elettrica ha stimato che se, come suggerisce lo studio, vivere in prossimità di un elettrodotto determinasse l’aumento del rischio per un bambino di sviluppare la leucemia, allora circa due bambini all’anno dovrebbero sviluppare la leucemia in Svezia come conseguenza del vivere vicino all’elettrodotto.

Nello studio svedese vennero anche raccolte e analizzate informazioni circa l'incidenza del cancro su persone adulte. I ricercatori nel 1994 pubblicarono il risultato che, per gli adulti con la più elevata esposizione cumulativa (più di 15 anni di esposizione) a campi elettromagnetici generati da elettrodotti, era prevista una probabilità doppia di sviluppare la leucemia mieloide acuta o cronica, rispetto agli adulti meno esposti. Sebbene il numero di casi totali fosse esiguo, cosa che rendeva i risultati al limite della significatività statistica, lo studio avvalorava l'ipotesi dell'esistenza di una correlazione tra esposizione a campi elettromagnetici generati da elettrodotti e l'insorgenza della leucemia mieloide acuta o cronica nelle persone adulte.

Sommario degli studi svedesi sul cancro per persone residenti vicino ad elettrodotti

- I casi di cancro (dal 1960 al 1985) ed i controlli furono scelti tra i 500.000 abitanti nel raggio di 300 metri da linee a 200- e 400-kV.
- L'esposizione al campo magnetico fu stimata in base a: (1) misure all'interno delle abitazioni, (2) distanza dell'abitazione dalla linea di trasmissione, e (3) valore di campo magnetico medio annuale calcolato poco tempo prima della diagnosi di cancro.
- Il rischio relativo di leucemia infantile era pari a 1.50 per valori di campo calcolati compresi tra 0.1 e 0.29 μT (basati su 4 casi di leucemia), e 3.80 per valori di campo superiori a 0.3 μT (basato su 7 casi). La tendenza di aumento del rischio al crescere dell'intensità del campo era statisticamente significativa.
- Non venne riscontrata alcuna correlazione con le odierne misure di campo magnetico all'interno delle abitazioni.
- Nel caso di abitazioni situate nel raggio di 50 metri da linee di trasmissione (6 casi) il rischio relativo di leucemia era pari a 2.9, ed era al limite della significatività statistica.
- L'elevato rischio di leucemia fu riscontrato solo in abitazioni unifamiliari. Non sono stati riscontrati rischi elevati per altri tipi di cancro.
- Il controllo sui possibili effetti dovuti ad inquinamento atmosferico e status socioeconomico lasciò inalterati i risultati dello studio.
- Gli adulti con esposizioni cumulative più elevate a CEM generati da elettrodotti hanno un rischio doppio di sviluppare la leucemia mieloide acuta o cronica.

(fonte: Feychting & Ahlbom 1992-93)

D Esiste un'elevata incidenza di cancro nelle immediate vicinanze di elettrodotti o centrali elettriche?

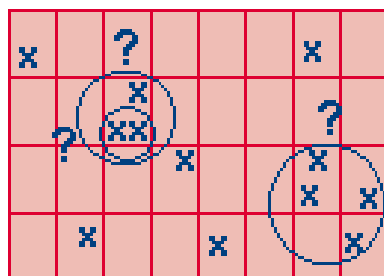
R Gli scienziati sono soliti denominare “*cancer cluster*” (“aggregati di casi di cancro”) un riscontro inconsueto di cancro in una determinata area, o in un determinato periodo. In taluni casi il *cancer cluster* è servito come un vero e proprio allarme di pericolo sanitario. Tuttavia, nella maggior parte dei casi di riscontro di *cancer cluster*, la causa rimane indeterminata, oppure ciò che è stato percepito come *cancer cluster* non è realmente un avvenimento inconsueto.

AGGREGATI, o “CLUSTERS”

Si pensi, per analogia, a come un cognome non molto diffuso possa essere distribuito nelle case all'interno di una città. Sarebbe insolito trovare delle regioni dove vivono, in una stessa area ristretta, due o tre famiglie non imparentate, tutte con il medesimo cognome? Statisticamente si può dimostrare che tale circostanza può essere attribuita al caso. Al contrario, sarebbe più difficile sostenere l'ipotesi di casualità nel caso si trovassero quattro o più di queste famiglie nella stessa area ristretta, anche se ciò non significa che sia impossibile. Una possibile causa (diversa dunque da un caso) per alcuni di questi *aggregati* di nomi è che le famiglie appartengano ad uno stesso gruppo etnico, e che abbiano scelto per questo di vivere vicini.

Tuttavia, nel caso dei *cancer clusters* identificati, le agenzie sanitarie non trovarono mai una causa ambientale comune. È dunque evidente che la definizione di *cluster* dipende dalle dimensioni dell'area considerata.

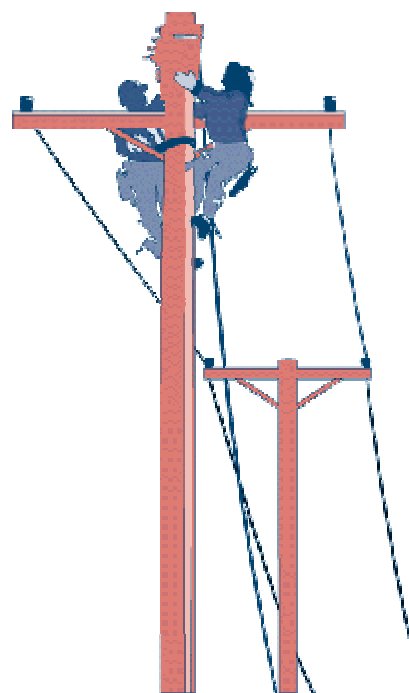
Sono state manifestate preoccupazioni in seguito alla presunta elevata incidenza di cancro in alcuni rioni e scuole situati in prossimità di elettrodotti o centrali. Recentemente i dipartimenti sanitari di tre stati nordamericani hanno studiato i *cancer cluster* apparenti relativi a zone prossime a elettrodotti e centrali. Uno studio realizzato nel Connecticut considerò cinque casi di cancro al cervello ed al sistema nervoso centrale in persone residenti vicino a sottostazioni elettriche. In questo caso non furono riscontrate differenze tra la percentuale di casi di cancro locale e quella relativa all'intero stato. Anche l'esame delle percentuali di cancro in funzione della distanza dalla sottostazione fallì nel tentativo di mostrare l'evidenza di *clustering*. Nel Nord Carolina furono identificati parecchi casi di cancro al cervello in una Contea in cui sorgeva una centrale elettrica. Tuttavia, un'indagine mostrò che la percentuale di cancro al cervello nella Contea era in realtà inferiore rispetto a quella relativa all'intero stato. Infine, tra il personale di una scuola elementare, situata in prossimità di una linea di trasmissione in California, furono identificati 13 casi di forme diverse di cancro. Sebbene tale riscontro fosse in percentuale doppio rispetto al valore atteso, gli autori dello studio conclusero che i casi di cancro potevano essere dovuti al semplice caso.



I casi di cancro (indicati con **X** nella figura di sinistra) possono distribuirsi, ad es. in una città, raggruppandosi in alcune regioni, ed apparire come *aggregati*. Questa circostanza può suggerire l'esistenza di una causa ambientale comune. Generalmente tali aggregati sono dovuti al caso. Inoltre, la delimitazione di un *aggregato* è soggettiva: dove traccereste il cerchio nella figura a fianco?

D I lavoratori elettrici² corrono un rischio maggiore di sviluppare il cancro?

R In parecchi studi è stato riportato un aumento del rischio di cancro per lavoratori impiegati in prossimità di apparecchiature elettriche. A tutt'oggi non è chiaro se tale aumento del rischio sia dovuto ai campi elettromagnetici, o piuttosto ad altri fattori. Il lavoro pubblicato nel 1982 dal dr. Samuel Milham fu uno dei primi ad ipotizzare che per i *lavoratori elettrici* ci fosse un rischio maggiore di sviluppare la leucemia, rispetto agli altri lavoratori. Lo studio di Milham era basato sullo studio dei certificati di morte dello Stato di Washington, e includeva i lavoratori di 10 tipi di occupazioni, caratterizzati dall'aver un'elevata esposizione a campi elettromagnetici. Uno studio successivo dello stesso autore, pubblicato nel 1990, riportò un numero elevato di casi di leucemia e linfomi nel caso di lavoratori di fonderie di alluminio, in cui venivano impiegate ingenti quantità di energia elettrica.



In circa 50 studi è stato finora riportato un aumento statisticamente significativo del rischio per svariati tipi di cancro, in gruppi occupazionali che si presume siano soggetti ad elevate esposizioni a campi elettromagnetici. I livelli di rischio relativo in questi studi erano per lo più inferiori a due, e la potenziale influenza di fattori diversi, quali agenti chimici, non era stata esclusa. Almeno altri 30 studi non trovarono alcun rischio significativo di cancro per i *lavoratori elettrici*. La maggior parte degli studi occupazionali di cui sopra non includeva misure effettive di esposizione a CEM sul lavoro. Al contrario, veniva utilizzata la denominazione di *lavoratore elettrico* come indicatore di una assunta elevata esposizione ai CEM. Recenti studi, tuttavia, hanno incluso un'esauriente valutazione di esposizione ai CEM.

Un lavoro pubblicato nel 1992, ad opera del dr. Joseph Bowman e colleghi fornì alcune informazioni circa le reali esposizioni ai CEM di vari lavoratori elettrici. Come mostra la seguente tabella, i lavoratori elettrici a Los Angeles e a Seattle sono caratterizzati da una maggiore esposizione a CEM, rispetto agli altri lavoratori.

Esposizione a CEM di lavoratori a Los Angeles e Seattle				
Tipo di lavoro	Campo elettrico medio (V/m)		Campo magnetico medio (μ T)	
	Los Angeles	Seattle	Los Angeles	Seattle
Lavoratori elettrici	19.0	51.2	0.96	2.76
Altri lavoratori	5.5	10.6	0.17	0.41

(fonte: Bowman et al.1992)

² Di seguito nel testo si utilizzerà per comodità la locuzione *lavoratori elettrici* (tradotta letteralmente dalla definizione inglese "electrical workers"), intendendo appartenente a tale categoria il personale impiegato nelle fasi di produzione, trasporto, e utilizzo dell'energia elettrica, e manutenzione degli impianti.

In questo studio la categoria di *lavoratori elettrici* includeva tecnici, ingegneri elettronici, elettricisti, operai di cavi e linee di trasmissione, operatori di centrali elettriche, operai delle linee telefoniche, riparatori TV e radio, e saldatori.

“MEDIE”

esistono diversi modi comuni per descrivere il valore medio di un campione di misure:

Media = la somma di tutte le misure del campione, diviso per il numero totale di misure.

Mediana = la misura centrale in un campione ordinato in funzione della grandezza. Ci sono cioè tante misure più grandi della mediana quante sono quelle più piccole. La mediana è utile per dati con alcune misure molto grandi o molto piccole.

In una successiva analisi, pubblicata nel luglio 1994, i dr. Stephanie London, Bowman, e colleghi trovarono una tendenza debolmente positiva dell'aumento del rischio di leucemia in relazione all'esposizione a CEM tra i lavoratori elettrici nella contea di Los Angeles. Tali risultati erano in accordo con quanto riportato negli studi basati sulla denominazione di *lavoratori elettrici*, secondo i quali per tali lavoratori potrebbe esistere un aumento del rischio di sviluppare la leucemia.

Uno studio del 1993 (Sahl et al.) su 36.000 *lavoratori elettrici* della California non trovò alcuna evidenza consistente di associazione tra campi magnetici misurati e cancro. Erano stati osservati degli aumenti di rischi per il linfoma e la leucemia, ma non in maniera statisticamente significativa. Uno studio su lavoratori svedesi del 1992 (Floderus et al.) trovò un'associazione tra esposizione media a CEM e leucemia linfocitica cronica, ma non con la leucemia mieloide acuta.

Venne riportata l'evidenza di un aumento del rischio al crescere dell'esposizione. Lo studio di Floderus riportò anche l'aumento del numero di tumori al cervello in giovani uomini, il cui lavoro comportava esposizioni relativamente elevate a campi magnetici.

Nel 1994 sono vennero pubblicati i risultati di un importante lavoro, relativo ai *lavoratori elettrici* in Canada e Francia. Il gruppo di ricerca, diretto dal dr. Gilles Theriault, analizzò 4151 casi di cancro su 223.292 lavoratori impiegati in due centrali in Francia ed in una in Canada. Ai lavoratori con un'esposizione cumulativa al campo magnetico superiore al valore della mediana (3.1 μ T) era associato un rischio significativamente più elevato (più di tre volte maggiore) di sviluppare la leucemia mieloide acuta. Per i lavoratori maggiormente esposti a campi magnetici risultò un'incidenza di astrocitoma (un tipo di tumore al cervello) dodici volte maggiore rispetto a quella attesa, ma, in accordo con gli stessi autori, tale risultato “ è soggetto a seri limiti statistici”, essendo basato su un numero di casi limitato (5) nel caso della categoria a maggiore esposizione. Nell'analisi del valore mediano cumulativo di esposizione a campo magnetico non venne riscontrato alcun rischio significativo per altri 29 tipi di cancro studiati³.

Nei risultati ottenuti all'interno delle tre diverse centrali si riscontrarono delle inconsistenze e nessuna indicazione chiara sull'andamento dose-risposta. Per questo gli autori conclusero che i risultati da loro riportati non fornivano un'evidenza definitiva sul fatto che i campi magnetici fossero la causa dell'elevato rischio riscontrato di leucemie e cancro al cervello. Tuttavia, essi considerarono “degno di nota” il fatto che, a fronte dell'enorme numero di analisi effettuate, i due

STUDIO FRANCO-CANADESE

Questo importante studio pose attenzione sui tipi di cancro per i quali era già stata trovata precedentemente una correlazione con la presenza di campi magnetici, come il linfoma, la leucemia, il cancro al cervello ed il melanoma. Tutti gli altri tipi di cancro analizzati vennero studiati su base esplorativa.

³ Una successiva analisi riportò un'associazione tra esposizione a campi magnetici molto intensi e di breve durata e l'aumento del rischio di cancro ai polmoni.

tipi di cancro (leucemia e cancro al cervello) per i quali si osservò una correlazione significativa con la presenza di CEM, erano tra i tre tipi per i quali era già stata ipotizzata un'associazione in studi precedenti.

In un ulteriore importante studio basato su un campione di più di 138.000 lavoratori di centrali elettriche (Savitz et al., 1995), gli autori conclusero che i risultati “non confermano l'esistenza di una correlazione tra l'esposizione lavorativa a campi magnetici e l'insorgenza della leucemia, ma suggeriscono un collegamento con l'insorgenza del cancro al cervello.”

D Esistono prove di aumento del numero di casi di cancro al seno come conseguenza dell'esposizione a campi elettromagnetici?

R Ci sono alcune prove epidemiologiche che stabiliscono un'associazione tra esposizione a CEM e cancro al seno, tuttavia alcuni studi hanno anche riportato la prova del contrario.

Uno studio effettuato nel 1994 (Loomis et al.) esaminò le cartelle cliniche di lavoratrici decedute, e trovò che per le donne impiegate nel settore dell'energia elettrica si riscontrava una probabilità di morte per cancro al seno debolmente superiore, rispetto alle donne lavoratrici occupate in altre mansioni. Tuttavia, poiché lo studio non poté controllare fattori come dieta, fertilità e storia familiare (fattori per i quali la correlazione con il rischio di sviluppo del cancro al seno era già stata provata), tali risultati furono considerati come preliminari, ma non conclusivi. Uno studio norvegese del 1994 riportò un aumento del rischio di cancro al seno tra le telegrafo- e radio- operatrici a bordo delle navi. Uno studio danese del 1993 non trovò alcuna correlazione tra esposizione a CEM in ambito occupazionale e incidenza del cancro al seno per le donne lavoratrici. Svariati studi hanno riportato un aumento del rischio di cancro mammario tra uomini impiegati in occupazioni caratterizzate da esposizione a CEM. Tuttavia, lo studio franco-canadese del '94 relativo ai *lavoratori elettrici* non riportò tale associazione.

In tutto il mondo sono in corso parecchi studi su larga scala, per indagare se le donne residenti in case con elevata esposizione a CEM siano soggette ad un maggiore rischio di sviluppare il cancro al seno. La ragione del recente interesse rivolto alla correlazione tra CEM e cancro al seno è più da ricercarsi nei risultati ottenuti negli studi biologici (studi di laboratorio hanno provato il ruolo dei CEM e dell'ormone melatonina nella soppressione e sviluppo del cancro al seno – si veda pag. 22), che non nelle indagini epidemiologiche.

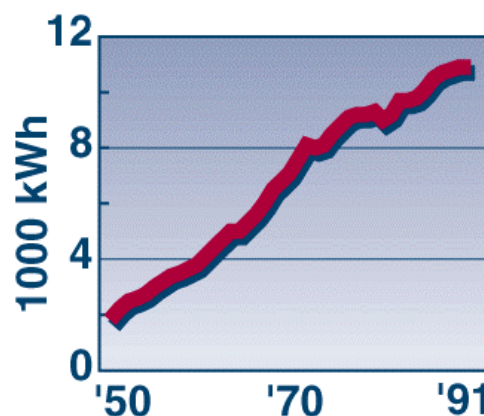
D Se i CEM realmente causano o promuovono il cancro, l'incidenza del cancro non dovrebbe aumentare al crescere del consumo di elettricità?

R Non necessariamente. Sebbene il consumo di elettricità sia cresciuto largamente negli ultimi anni (si vedano i due grafici sulla destra), le esposizioni ai CEM non sono probabilmente cresciute allo stesso modo. Cambiamenti nella modalità con cui vengono realizzati gli impianti elettrici nelle abitazioni, e nelle caratteristiche costruttive delle apparecchiature elettriche, hanno in taluni casi contribuito alla riduzione dei livelli di intensità di campi magnetici. I valori di incidenza di tipi di cancro diversi hanno mostrato degli andamenti talvolta crescenti, talvolta decrescenti negli anni.

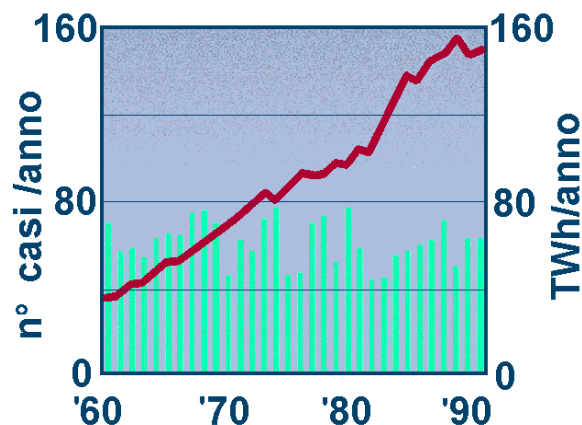
Per esempio, la frequenza di mortalità (numero di casi di morte) per due dei più comuni tipi di cancro infantili è diminuita a causa del miglioramento delle terapie (si vedano i due grafici a pagina seguente). Tuttavia, la frequenza di incidenza (numero di nuovi casi), ad es. negli Stati Uniti, è tesa a crescere per ragioni sconosciute (dati sicuri sulle frequenze di incidenza divennero disponibili solo a partire degli anni '70). La frequenza di incidenza può riflettere cambiamenti nell'esposizione a vari agenti atmosferici, e anche nella diversa modalità con la quale il cancro viene diagnosticato e riportato.

Analogamente in Svezia, a fronte di un elevato aumento del consumo di elettricità, non è stato riscontrato un analogo aumento dell'incidenza di leucemia infantile (grafico a fianco).

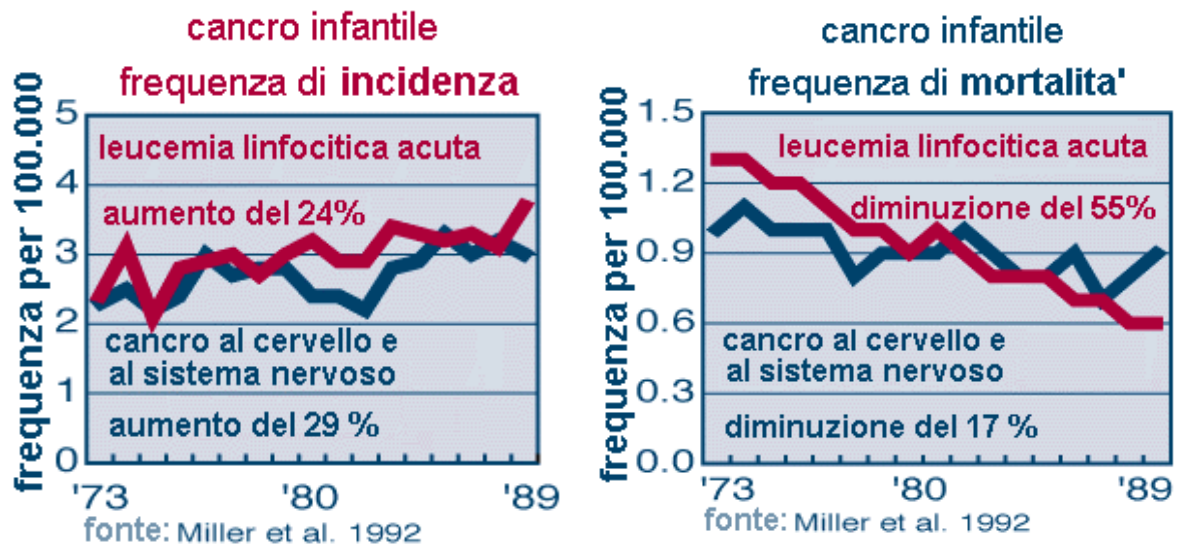
L'effetto di un aumento di rischio del cancro, si consideri ad es. il caso del fumo, è evidente nell'andamento temporale della frequenza di cancro ai polmoni. L'effetto possibile dei CEM potrebbe essere combinato con quello di molti altri fattori, che danno rischi piccoli o moderati per alcune fasce della popolazione. Il contributo singolo di tali fattori potrebbe essere difficile da separare nel calcolo della frequenza di rischio totale.



Consumo di elettricità pro capite negli Stati Uniti dal 1950 al 1992. (Kujawa et al. 1992)



Numero di casi di leucemia per anno in Svezia (barre in colore verde), e consumo totale di elettricità in Svezia, per anno (tracciato in rosso).



D Oltre al cancro, quali altri tipi di effetti sono stati riportati negli studi epidemiologici riguardanti i CEM?

R Svareti studi epidemiologici hanno analizzato gli effetti dovuti ai CEM sugli esiti di gravidanze e sulla salute generale. Sono state analizzate diverse sorgenti di CEM per indagare su un possibile legame con il rischio d'aborto: elettrodotti e sottostazioni, coperte elettriche, monitor dei computer, o videoterminali. Alcuni studi hanno correlato l'esposizione a CEM ad una maggiore frequenza di incidenza di aborto rispetto a quella attesa; altri non hanno riscontrato tale correlazione. Gli studi epidemiologici non hanno riscontrato alcuna evidenza in merito all'associazione tra esposizione a CEM e difetti alla nascita negli umani.

Parecchi studi hanno analizzato lo stato di salute generale di lavoratori impiegati nel campo dell'energia elettrica esposti ad alti campi elettrici, e solo alcuni hanno osservato l'incidenza di suicidio e depressione nelle persone residenti in prossimità di elettrodotti. Alcuni studi hanno anche indagato la possibilità per alcuni individui particolarmente sensibili di manifestare reazioni di tipo allergico ai CEM, fenomeno denominato "elettrosensibilità".

Un rapporto preliminare pubblicato nel 1994 suggerì un possibile collegamento tra esposizione lavorativa a CEM e aumento dell'incidenza del morbo di Alzheimer. Tale studio trovò un aumento dell'incidenza del morbo di Alzheimer tra sarti e confezionatori di abiti.

Studi di carattere biologico

D Quali effetti imputabili ai CEM sono stati riscontrati negli studi di laboratorio?

R Negli studi riguardanti campi elettrici e/o campi magnetici sono stati riscontrati diversi tipi di effetti biologici (si veda la tabella a fondo pagina). Per effetto biologico si intende un cambiamento osservabile di qualche fattore biologico. Questo potrà avere o meno influenza sullo stato di salute. Complessivamente, gli effetti attribuiti ai CEM sono stati di lieve entità e difficili da riprodurre. Per la rivelazione degli effetti prodotti da CEM è necessario seguire protocolli di lavoro specifici. Fino ad ora non è ancora noto come i CEM possano causare tali effetti.

Gli studi di laboratorio a tutt'oggi non hanno risposto agli interrogativi circa i possibili effetti sulla salute umana. Tuttavia, tali studi stanno dando indizi circa il modo di interagire dei CEM con i processi biologici fondamentali. La membrana cellulare può essere un importante sito di interazione con correnti indotte dai CEM.

Bisogna tenere presente che alcuni di questi effetti sono all'interno del "normale" intervallo di variazione. Una risposta biologica ad un particolare stimolo non necessariamente dà luogo ad un effetto sanitario negativo.



CANCRO

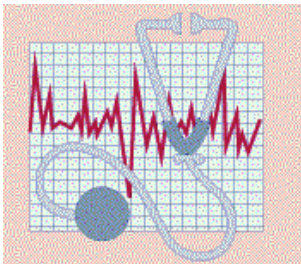
Gli studi hanno mostrato che è improbabile che i CEM promuovano l'insorgenza del cancro. Alcuni studi suggeriscono, tuttavia, che i CEM a frequenza industriale possano promuovere lo sviluppo di alcuni tipi di cancro già esistenti. Svariati studi, realizzati su cavie di laboratorio, condotti su larga scala, sono in corso per sondare tale ipotesi.

Effetti dovuti a CEM ELF riportati in alcuni studi di laboratorio

- Cambiamenti nelle funzioni di cellule e tessuti.
- Diminuzione dell'ormone melatonina.
- Alterazione del sistema immunitario.
- Crescita accelerata del tumore.
- Cambiamenti nei bioritmi.
- Cambiamenti nell'attività cerebrale e frequenza cardiaca umane.

D Cosa si può dire circa gli effetti dei CEM sull'ormone melatonina?

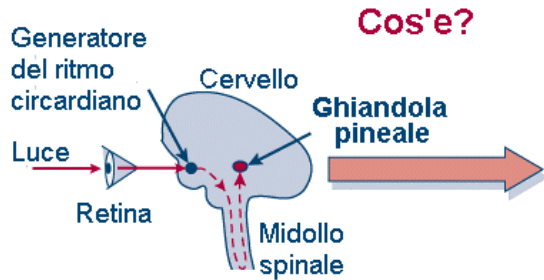
R La melatonina è un ormone prodotto principalmente dall'ipofisi (o ghiandola pineale), una piccola ghiandola che si trova nel cervello. Una delle ragioni per cui gli scienziati hanno rivolto il loro interesse allo studio della melatonina è che questo può aiutare nella comprensione dei risultati ottenuti in alcuni studi epidemiologici riguardanti i CEM. Negli esperimenti di laboratorio è stato riscontrato che la melatonina rallenta la crescita di alcuni tipi di cellule cancerogene, tra cui le cellule del cancro al seno. Se i CEM a frequenza industriale possono influenzare la melatonina negli esseri umani, questo potrebbe dare una spiegazione ai risultati ottenuti in alcuni studi sui CEM relativi al cancro al seno (v. figura pagina successiva).



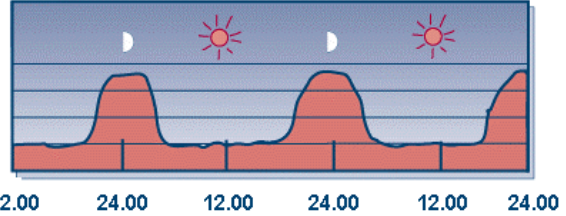
Negli anni '80 gli scienziati trovarono che nei ratti, esposti a campi elettrici a frequenza di rete, i livelli notturni di melatonina erano ridotti. Da allora altri studi hanno riportato che sia i campi magnetici AC che DC possono influire sui livelli di melatonina nei ratti e nei criceti. Tali esperimenti sono molto delicati e dipendono dalla combinazione di più fattori, tra cui l'età dell'animale e la durata diurna. I livelli di melatonina non vennero influenzati nel caso di pecore esposte a CEM per circa un anno, allevate direttamente al di sotto di un elettrodotto ad alta tensione a 500kV. Lo stesso vale per esperimenti condotti su babbuini, che non mostrarono alcuna variazione nei livelli di melatonina. Il Midwest Research Institute (MRI) negli Stati Uniti ha studiato gli effetti di esposizione a campi magnetici a frequenza di rete per la melatonina umana. Nel 1993 il MRI riportò che, sebbene i soggetti non mostrassero alcun effetto in media, gli individui con livelli naturalmente più bassi di melatonina mostravano una decrescita

leggermente superiore del livello di melatonina. Tuttavia, nel 1994 il MRI pubblicò un secondo studio, specificatamente progettato per replicare i risultati precedenti, nel quale tale effetto non venne più riscontrato.

Melatonina



Cos'è?



I livelli di melatonina sono molto bassi durante il giorno, e crescono rapidamente durante le ore notturne. Il tempo di secrezione della melatonina corrisponde con la durata della notte.

Cosa fa?

Regolazione dei parti stagionali

Gli animali selvatici e molte specie domestiche, come le pecore, partoriscono solo in un determinato periodo dell'anno. Se il ciclo di secrezione della melatonina è alterato, possono subire modificazioni i tempi di riproduzione.

Regolazione dei ritmi circadiani

La melatonina interviene nella regolazione quotidiana dei ritmi biologici, come il ciclo del sonno. Sembra che questo ormone influenzi anche umore e comportamento. Alcune forme di depressione e "jet lag" possono venir correlati ad irregolarità nel ritmo della melatonina.

Soppressione del tumore

La melatonina sembra avere un effetto antitumorale. In alcuni studi, il cancro al seno è stato associato a bassi livelli di melatonina. Anche alcuni studi su animali hanno provato che la melatonina aiuta a ridurre la crescita del tumore.

Da cosa viene influenzata?

Ratti di laboratorio

Studi realizzati negli anni '80 hanno riportato per primi che i campi elettrici a 60 Hz riducono pesantemente i livelli di melatonina nei ratti. Studi più recenti non hanno tuttavia confermato tali risultati. Alcuni studi hanno riportato che campi magnetici a 50/60 Hz influiscono sulla melatonina, risultati non confermati da studi successivi.

Criceti

Due differenti studi hanno riportato che i campi magnetici a 60 Hz riducono i livelli di melatonina nei criceti. In tali studi l'esposizione ai campi avveniva solo 15 minuti durante le ore diurne.

Pecore

In uno studio non venne riscontrato alcun effetto sui livelli di melatonina in pecore allevate al di sotto di una linea di trasmissione a 500 kV, in Oregon. Non vennero riscontrati nemmeno effetti sui cicli riproduttivi; tuttavia, venne riscontrato un possibile effetto sul sistema immunitario.

Umani

Uno studio suggerì che i livelli di melatonina venissero influenzati in alcune donne che facevano uso di particolari coperte elettriche. Uno studio è in corso per diagnosticare se i campi magnetici influiscono sulla melatonina delle persone in condizioni di laboratorio. Uno studio a Seattle è in corso per vedere se il cancro al seno è correlato ai campi elettromagnetici.

Azioni di governo

D Cosa hanno concluso gli organi di governo in merito a CEM e cancro?

R Nella maggior parte dei recenti lavori si è concluso che i risultati ottenuti, sebbene indicativi, non dimostrano che i CEM causino i cancro. A questi lavori hanno preso parte l’Agenzia di Protezione Ambientale degli S.U., il Ministero della Sanità Australiano, il Comitato Nazionale per la Protezione Radiologica del Regno Unito, il Ministero della Sanità Danese, l’Istituto Nazionale Francese di Ricerca Medica e Sanitaria, e sono stati finanziati dagli Stati di California, Texas, Connecticut, Illinois, Maryland, e Colorado.



Il governo svedese divulgò un documento di informazione pubblica nel maggio del 1994, che affermava: “Noi sospettiamo che i campi magnetici possano comportare alcuni rischi per la salute, ma non possiamo esserne certi”. Mentre sono in corso studi di ricerca per accertarlo, la pubblicazione continua: “ci sono buone ragioni per adoperare una certa cautela”. Il governo svedese sconsiglia l’insediamento di nuove case e scuole in prossimità di impianti esistenti, sorgenti di campi magnetici, e suggerisce di limitare gli elevati livelli di campi magnetico nelle case, scuole e sui posti di lavoro. Esso afferma specificatamente, tuttavia, che “l’odierna conoscenza non è per noi sufficiente a dirci come i campi magnetici ci

influenzino. Così non abbiamo una base sulla quale stabilire dei limiti [di esposizione]”.

Nella vicina Danimarca, un’agenzia governativa concluse che non c’è ragione scientifica per fissare dei limiti per i campi magnetici generati da linee ad elevato carico.

Alcune citazioni da lavori nazionali sui CEM

“I risultati di alcune indagini epidemiologiche suggeriscono l'esistenza di una correlazione tra valore simulato di esposizione a campi magnetici e l'insorgenza di alcuni tipi di cancro...[la mancanza di dati sufficienti] impedisce per ora la deduzione di causalità per il cancro da queste correlazioni”.

*U.S. EPA Comitato Consultivo Scientifico
1991*

“Non è stato scientificamente provato che i campi magnetici ELF facciano insorgere o promuovano il cancro, o che abbiano alcun altro effetto nocivo sugli esseri umani. Tuttavia, non è stato scientificamente provato che questi campi non siano pericolosi”.

*Commissione Consultiva del Ministero
della Sanità Australiano 1992*

“I risultati epidemiologici che sono stati pubblicati non confermano l'evidenza dell'esistenza di un pericolo di carcinoma causato da esposizione [a CEM]...i risultati per ora possono essere considerati solo sufficienti a giustificare la formulazione di un'ipotesi da verificare con ulteriori indagini”.

*Commissione Nazionale di Protezione
Radiologica del Regno Unito 1992*

“Lo studio Danese e Svedese sostiene l'ipotesi di studi precedenti, secondo cui i bambini residenti in prossimità di impianti ad elevato carico hanno una maggiore incidenza di cancro. Ma i risultati non escludono la possibilità che tale associazione sia casuale.”

Ministero della Sanità Danese 1993

I risultati epidemiologici finora disponibili non permettono l'esclusione di un ruolo dei CEM sull'incidenza della leucemia, in particolar modo nei bambini. Nuove indagini sono necessarie per confermare o smentire tale ruolo.”

*Istituto Nazionale Francese di Ricerca
Medica e Sanitaria 1993*

“Sospettiamo che i campi magnetici possano comportare alcuni rischi per la salute, ma non possiamo esserne certi... Ci sono buone ragioni per adoperare una certa cautela.”

*Commissione Nazionale Svedese di
Sicurezza Elettrica 1994*

Raccomandazioni sui CEM

D Ci sono raccomandazioni da rispettare per i CEM a frequenza industriale?

R Diverse organizzazioni internazionali hanno sviluppato linee guida per l'esposizione a CEM a frequenza industriale, come mostrato nelle tabelle seguenti. È bene sottolineare che queste raccolte di linee guida sono basate su effetti scientificamente fondati, dovuti ai CEM, quali la stimolazione nervosa, e che i livelli proposti sono molto più elevati di quelli che si riscontrano tipicamente negli ambienti di lavoro o domestici. Tali raccomandazioni non fanno riferimento ai bassi livelli di intensità di campo, che i recenti studi epidemiologici hanno associato con una maggiore incidenza del cancro, e in ogni caso non dovrebbero essere interpretate come discriminanti tra livelli di CEM "sicuri" o "pericolosi". A tutt'oggi non ci è dato di sapere se l'esposizione a CEM generati da sorgenti a frequenza industriale costituisca o meno un rischio per la salute. Per questo non è possibile fissare dei limiti che stabiliscano la "sicurezza" o "pericolosità" dell'esposizione.

Linee Guida IRPA/ICNIRP		
Tipo di esposizione	Campo elettrico	Campo magnetico
Lavoratori: per l'intera giornata lavorativa per brevi periodi ^a esposizione degli arti	10 kV/m 30 kV/m ---	0.5 mT 5 mT 25 mT
Popolazione: continuativa per poche ore	5 kV/m 10 kV/m	0.1 mT 1 mT
^a per campi elettrici compresi tra i 10 ed i 30 kV/m, l'intensità del campo, espressa in kV/m, moltiplicata per le ore di esposizione, non dovrebbe superare 80 nel caso di un'intera giornata lavorativa. L'esposizione dell'intero corpo a campi magnetici per periodi di esposizione fino a due ore non dovrebbe superare i 5 mT (1 mT = 1000 μT)		Fonte: IRPA/ICNIRP (the International Radiation Protection Association / International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) 1990

Raccomandazioni ACGIH per i lavoratori, per CEM a 60 Hz	
Campo elettrico	Campo magnetico
L'esposizione dei lavoratori non dovrebbe superare: 25 kV/m (da 0 Hz a 100 Hz) precauzionalmente è consigliato l'uso di dispositivi di protezione (tute, guanti, isolamenti) in campi di intensità superiore ai 15 kV/m per i lavoratori con pacemaker cardiaci: mantenere un'esposizione al di sotto di 1 kV/m	L'esposizione dei lavoratori non dovrebbe superare: 1 mT per i lavoratori con pacemaker cardiaci, l'intensità del campo non dovrebbe superare: 0.1 mT Fonte: ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) 1994

In ambito europeo, nel novembre '94, è stata approvata una Norma Sperimentale (CEI-ENV 50166-1) riguardante l'esposizione umana ai campi elettromagnetici a bassa frequenza (0÷10 kHz), ad opera del CENELEC (Comitato Europeo di Normalizzazione Elettrotecnica). I membri del CENELEC sono i Comitati Elettrotecnici nazionali dei seguenti paesi: Austria, Belgio, Danimarca, Finlandia, Francia, Germania, Grecia, Irlanda, Islanda, Italia, Lussemburgo, Norvegia, Olanda, Portogallo, Regno Unito, Spagna, Svezia, e Svizzera. Nel caso italiano tali Comitati sono: Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI), ed Associazione Elettrotecnica ed Elettronica Italiana (AEI). Tale Norma cita testualmente: "La presente Norma Sperimentale si fonda sugli effetti a breve termine e ben accertati dell'interazione di campi elettrici e magnetici con i sistemi biologici. In particolare, essa tiene conto dell'induzione di correnti nel corpo, che possono stimolare i tessuti nervosi e muscolari, dell'induzione di una carica superficiale da parte di campi elettrici, che può provocare fastidio e stress, e delle correnti che possono scorrere nel corpo quando esso entra in contatto con oggetti immersi in un campo e causare una scossa". Anche in questo caso viene effettuata una distinzione tra livelli di esposizione di lavoratori e popolazione, in virtù del fatto che per la popolazione generale "bisogna tener conto di tutte le possibili attività e delle persone di tutte le età e condizioni di salute. Queste persone possono non essere consapevoli di alcuni degli effetti di esposizione ai campi elettrici e magnetici, mentre i lavoratori possono essere addestrati ed informati adeguatamente".

Linee Guida CENELEC (CEI ENV 50166-1), per CEM a 50 Hz		
Tipo di esposizione	Campo elettrico	Campo magnetico
Lavoratori:	30 kV/m^a , per un tempo <i>t</i> espresso in ore, tale che $t \leq 80/E^b$	1.6 mT
Popolazione:	10 kV/m	0.64 mT
<p>^a nelle situazioni in cui il campo è prevalentemente perpendicolare, piuttosto che parallelo, al corpo, questi livelli possono essere superati, purché siano rispettati i limiti di tempo indicati, ed il limite di base relativo alla densità di corrente indotta (pari a 10 mA/m² per i lavoratori).</p> <p>^b questa formula stabilisce i limiti sul tempo totale, <i>t</i>, in un qualsiasi periodo di 8 ore, che può essere trascorso al di sopra di un dato livello di campo, <i>E</i> (kV/m), assoggettato al campo massimo di 30 kV/m.</p> <p style="text-align: right;">Fonte: Norma italiana CEI CEI ENV 50166-1 Maggio 1995</p>		

Negli Stati Uniti non esistono raccomandazioni federali di sanità specificatamente dedicate ai CEM a 60 Hz. Tuttavia, almeno sei stati hanno imposto, separatamente, raccomandazioni per i livelli di campo elettrico generati da linee di trasmissione; due di essi (New York e Florida) hanno imposto anche raccomandazioni relativamente ai livelli di campo magnetico. Questi ultimi propongono sostanzialmente, come livelli da rispettare, quelli dei campi massimi generati dalle linee già esistenti in quegli stati, e che essi producono in condizioni di massimo carico. In altri termini, il loro intento è quello di assicurare che gli elettrodotti non aumentino in futuro i livelli di carico.

Nota: Nelle raccomandazioni degli Stati americani si fa riferimento ad un corridoio, denominato **Right of Way**, letteralmente "diritto di passaggio". Su questa parte di territorio il gestore ottiene i diritti che gli consentono di costruire, operare ed eseguire manutenzione sulla linea di trasmissione. Il gestore è tenuto a mantenere tale corridoio libero da alberi, o altre strutture, nonché oggetti infiammabili che possono compromettere il funzionamento della linea e la sicurezza sia del personale impiegato, che della popolazione. I limiti da rispettare consigliati fanno esplicitamente riferimento ai valori di campo presenti all'interno ed ai margini di tale regione.

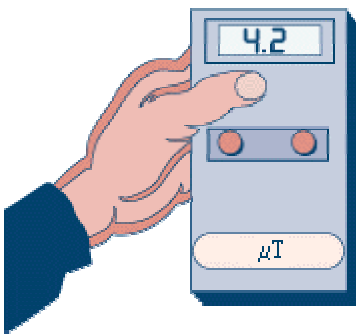
Raccomandazioni e linee guida degli Stati americani per CEM generati da linee di trasmissione				
Stato	Campo elettrico		Campo magnetico	
	nel R.O.W.	ai margini del R.O.W.	nel R.O.W.	ai margini del R.O.W.
Florida	8 kV/m ^a 10 kV/m ^b	2 kV/m	---	15 μ T ^a (max. carico) 20 μ T ^b (max. carico) 25 μ T ^c (max. carico)
Minnesota	8 kV/m	---	---	---
Montana	7 kV/m ^d	1 kV/m	---	---
New Jersey	---	3 kV/m	---	---
New York	11.8 kV/m 11 kV/m ^e 7 kV/m ^d	1.6 kV/m	---	20 μ T (max. carico)
Oregon	9 kV/m	---	---	---

^a Per linee a 69 ÷ 230 kV
^b Per linee a 500 kV
^c Per linee a 500 kV
^d valore massimo per attraversamento di autostrade
^e max massimo per attraversamento di strade secondarie
R.O.W. = Right of Way

Il vostro ambiente elettromagnetico

D Quali sono i valori tipici di esposizione ai CEM?

R Innanzitutto è necessario dare una definizione di “esposizione”. Gli scienziati sono tuttora incerti a tale proposito, poiché gli esperimenti hanno dimostrato che svariati aspetti dei campi possono essere rilevanti ai fini della produzione di effetti biologici. L’esposizione potrebbe essere una media di livelli di campi magnetici variabili al di sopra di un certo valore di soglia? Sono importanti le rapide variazioni temporali dei campi? Qual è il ruolo del contenuto in frequenza? Anche se il valore medio di campo magnetico è stato utilizzato ampiamente per rappresentare l’esposizione a CEM, è possibile che altre definizioni possano essere correlate più direttamente a qualche effetto possibile.



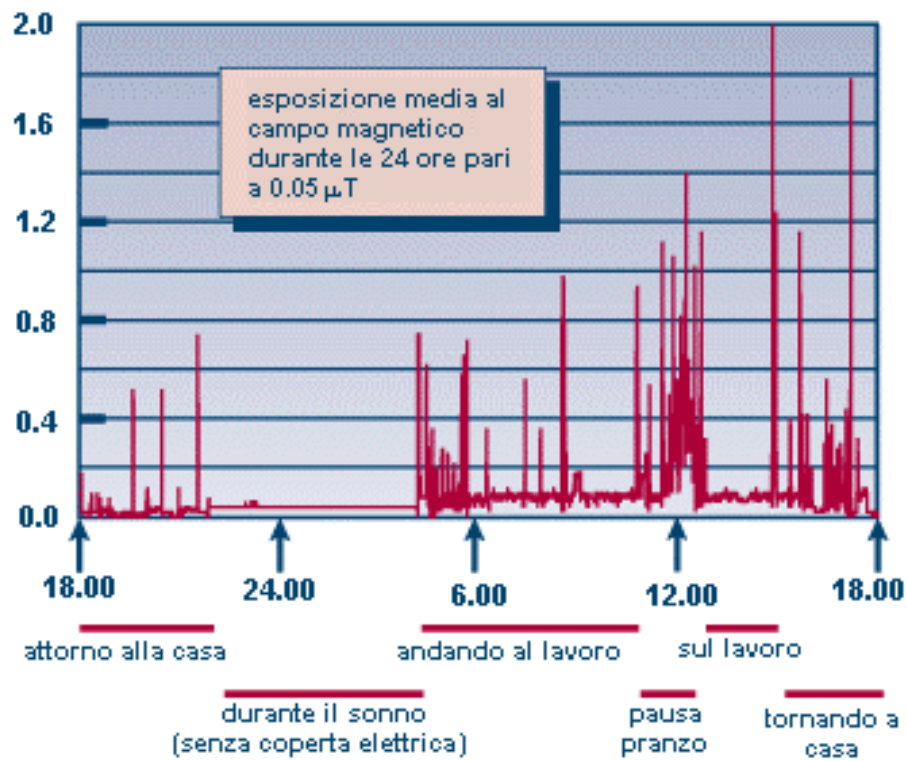
In secondo luogo, i CEM nell’ambiente sono molto complessi. Tutti noi siamo esposti ogni giorno ad un gran numero di sorgenti. I campi variano sia nel tempo che nello spazio. L’esposizione di una persona ai CEM dipende in buona misura da cosa lei/lui sta facendo nel campo, nel tempo.

Al giorno d’oggi sono disponibili molti tipi di misuratori di dimensioni ridotte, che possono essere usati per registrare in modo automatico le esposizioni ai campi elettrico e magnetico. La figura riportata a pagina seguente è un esempio di dati acquisiti con uno di tali misuratori. Il campo magnetico è stato misurato ogni 24 secondi, su un periodo totale di 24 ore. In questo caso, l’esposizione al campo nell’abitazione considerata era molto bassa. I picchi occasionali (brevi esposizioni a campi elevati) si riferiscono alle situazioni nelle quali la persona passava in prossimità di elettrodotti, o si avvicinava ad apparecchiature elettriche in casa o in ufficio.

In alcuni studi sono stati utilizzati tali strumenti automatici, per misurare l’esposizione umana a campi magnetici. Tali studi tendono a mostrare che elettrodomestici e circuiti elettrici contribuiscono al livello (basso) di campo magnetico di fondo, al quale la maggior parte della popolazione è esposta.

Le persone domiciliate in prossimità di elettrodotti ad alta tensione sono generalmente più esposti. Tuttavia, come mostrato a pag. 31, si possono riscontrare situazioni molto dissimili tra loro, in abitazioni diverse.

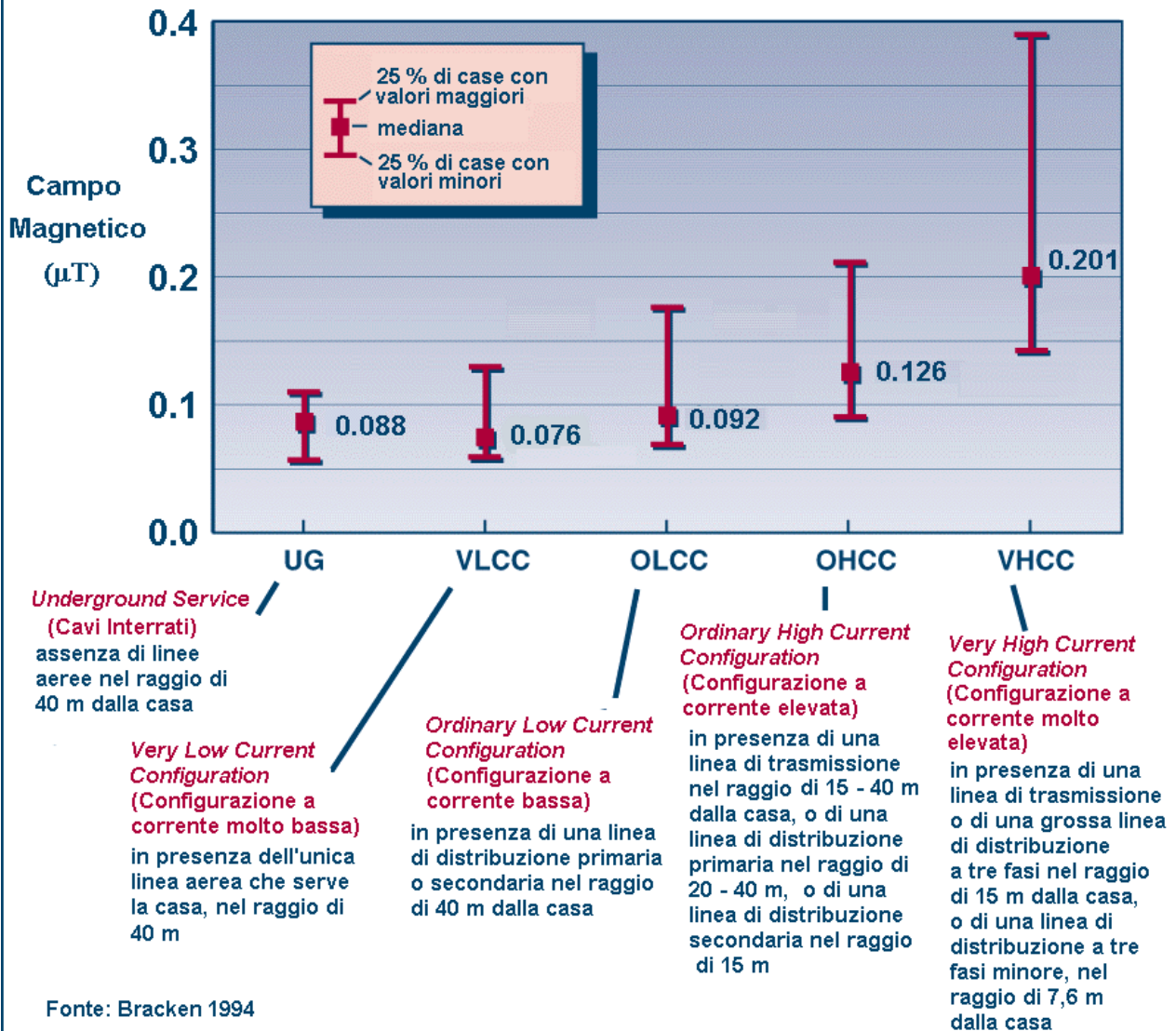
Esempio di esposizione a campo magnetico per 24 ore



Esempio di esposizione a campi magnetici di un impiegato, per un periodo di 24 ore. Questa persona lavora in un ufficio con un computer, e vive in una casa a "configurazione di corrente molto bassa".

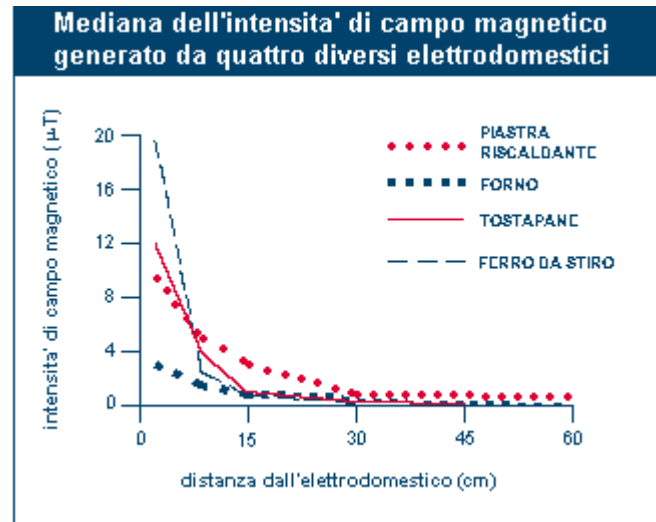
Livelli di campo magnetico rivelato con misuratori di campo da parte di persone residenti in prossimità di vari tipi di elettrodotti

Le cinque categorie di elettrodotti sotto definite sono state utilizzate per stimare l'esposizione a campi magnetici in alcuni studi sul cancro per persone residenti in prossimità di elettrodotti.



D Come si possono confrontare i campi elettrici e magnetici dovuti alle linee di trasmissione con quelli generati dagli elettrodomestici?

R I valori di campo elettrico che si registrano in prossimità di linee di trasmissione sono molto più elevati rispetto a quelli che si riscontrano in prossimità di apparecchi elettrici. Tuttavia, è bene tenere presente che i campi elettrici a frequenze ELF vengono ridotti considerevolmente in intensità da oggetti, quali edifici, alberi o veicoli. I campi magnetici, invece, non vengono schermati dalla maggior parte dei materiali. I campi magnetici che si registrano nelle strette vicinanze di apparecchiature elettriche sono spesso più elevati dei campi che si misurano direttamente al di sotto di un elettrodotto. Tuttavia, i campi generati da dispositivi elettrici decrescono in intensità con la distanza più rapidamente rispetto a quanto non accada per le linee di trasmissione.



Le tabelle proposte di seguito riportano i valori tipici di campo magnetico a frequenza di rete generati da vari dispositivi elettrici, valori che si riscontrano normalmente nelle abitazioni e sui posti di lavoro. Confrontando i dati delle misure di campo magnetico generato da dispositivi diversi, ci si potrebbe sorprendere del fatto che l'intensità dei campi magnetici non dipende da dimensioni, complessità, potenza o rumorosità dell'apparecchio che li genera. In effetti, i campi magnetici in prossimità di dispositivi di grosse dimensioni sono spesso meno intensi di quelli che si misurano vicino a dispositivi di dimensioni minori. Le ragioni per cui ciò accade sono molteplici, e sono correlate alla funzione ed alla forma dell'apparecchio.

Nelle seguenti tabelle tutte le misure di campo magnetico sono espresse in μT , e le linee tratteggiate nelle colonne stanno ad indicare che la misura di campo magnetico, a quella distanza dal dispositivo in funzione, non poteva essere distinta dalla misura di fondo registrata prima che il dispositivo venisse messo in funzione.

Nota: I valori di campo magnetico riportati nelle tabelle seguenti si riferiscono a misure effettuate negli Stati Americani, dove i valori di frequenza di rete (60 Hz) e tensione (120 V) applicati ai circuiti domestici sono diversi rispetto a quelli utilizzati negli Stati Europei (frequenza = 50 Hz, tensione = 220 V), sempre per i circuiti domestici. È pertanto verosimile pensare che le stesse misure avrebbero portato in questo secondo caso a dei risultati leggermente diversi. Rimane tuttavia di validità generale il comportamento dei campi magnetici, come ad es. l'andamento decrescente del campo all'aumentare della distanza dalla sorgente che lo genera.

Sorgenti di campo nel bagno

Distanza dalla sorgente	15 cm	30 cm	60 cm	120 cm
ASCIUGACAPELLI				
Minimo	0.1	-	-	-
Mediana	30	0.1	-	-
Massimo	70	7	1	0.1
RASOIO ELETTRICO				
Minimo	0.4	-	-	-
Mediana	10	2	-	-
Massimo	60	10	1	0.1

Misure di campo magnetico, espresso in microtesla (μT).

Fonte: *EMF In Your Environment*, EPA 1992.

Sorgenti di campo in cucina

Distanza dalla sorgente	15 cm	30 cm	60 cm	120 cm
MISCELATORE				
Minimo	3	0.5	-	-
Mediana	7	1	0.2	-
Massimo	10	2	0.3	-
APRISCATOLE				
Minimo	50	4	0.3	-
Mediana	60	15	2	0.2
Massimo	150	30	3	0.4
CAFFETTIERA ELETTRICA				
Minimo	0.4	-	-	-
Mediana	0.7	-	-	-
Massimo	1	0.1	-	-

Sorgenti di campo in cucina				
Distanza dalla sorgente	15 cm	30 cm	60 cm	120 cm
MACINACAFFE'				
Minimo	0.3	-	-	-
Mediana	0.6	0.1	-	-
Massimo	0.9	0.1	-	-
LAVASTOVIGLIE				
Minimo	1	0.6	0.2	-
Mediana	2	1	0.4	-
Massimo	10	3	0.7	0.1
ROBOT DA CUCINA				
Minimo	2	0.5	-	-
Mediana	3	0.6	0.2	-
Massimo	13	2	0.3	-
TRITARIFIUTI				
Minimo	6	0.8	0.1	-
Mediana	8	1	0.2	-
Massimo	10	2	0.3	-
FORNO A MICROONDE				
Minimo	10	0.1	0.1	-
Mediana	20	0.4	1	0.2
Massimo	30	20	3	2
MIXER				
Minimo	3	0.5	-	-
Mediana	10	1	0.1	-
Massimo	60	10	1	-
FORNO ELETTRICO				
Minimo	0.4	0.1	-	-
Mediana	0.9	0.4	-	-
Massimo	2	0.5	0.1	-

Sorgenti di campo in cucina				
Distanza dalla sorgente	15 cm	30 cm	60 cm	120 cm
PIASTRA RISCALDANTE				
Minimo	2	-	-	-
Mediana	3	0.8	0.2	-
Massimo	20	3	0.9	0.6
FRIGORIFERO				
Minimo	-	0.2	-	-
Mediana	0.2	2	0.1	-
Massimo	4	-	1	1
TOSTAPANE				
Minimo	0.5	-	-	-
Mediana	1	0.3	-	-
Massimo	2	0.7	-	-

Misure di campo magnetico, espresso in microtesla (μT).
 Fonte: *EMF In Your Environment*, EPA 1992.

Alcuni dispositivi producono sia campi a frequenza di rete, che a frequenze maggiori. Per esempio, i video di TV e computer producono campi a radiofrequenze ($10 \div 30$ kHz) oltre che a 50 Hz. I forni a microonde generano campi a 50 Hz di parecchie decine di μT , ma anche microonde all'interno dell'apparecchio, che sono a frequenza molto più elevata (2.45 miliardi di Hz, cioè GHz).

Sorgenti di campo in soggiorno/salotto				
Distanza dalla sorgente	15 cm	30 cm	60 cm	120 cm
VENTILATORE DA SOFFITTO				
Minimo		-	-	-
Mediana		0.3	-	-
Massimo		5	0.6	0.1
CONDIZIONATORE				
Minimo		-	-	-
Mediana		0.3	0.1	-
Massimo		2	0.6	0.4
REGISTRATORE				
Minimo		-	-	-
Mediana	0.1	-	-	-
Massimo	0.3	0.1	-	-
TELEVISORE A COLORI				
Minimo		-	-	-
Mediana		0.7	0.2	-
Massimo		2	0.8	0.4
TELEVISORE IN BIANCO/NERO				
Minimo		0.1	-	-
Mediana		0.3	-	-
Massimo		1	0.2	0.1

Misure di campo magnetico, espresso in microtesla (μT).
 Fonte: *EMF In Your Environment*, EPA 1992.

Sorgenti di campo in lavanderie e stanze di servizio				
Distanza dalla sorgente	15 cm	30 cm	60 cm	120 cm
ASCIUGA ABITI ELETTRICO				
Minimo	0.2	-	-	-
Mediana	0.3	0.2	-	-
Massimo	1	0.3	-	-
LAVATRICE				
Minimo	0.4	0.1	-	-
Mediana	2	0.7	0.1	-
Massimo	10	3	0.6	-
FERRO DA STIRO				
Minimo	0.6	0.1	-	-
Mediana	0.8	0.1	-	-
Massimo	2	0.3	-	-
FORNELLETTO ELETTRICO				
Minimo	0.5	0.1	-	-
Mediana	10	2	0.4	-
Massimo	15	4	0.8	0.1
ASPIRAPOLVERE				
Minimo	10	2	0.4	-
Mediana	30	6	1	0.1
Massimo	70	20	5	1

Misure di campo magnetico, espresso in microtesla (μT).

Fonte: *EMF In Your Environment*, EPA 1992.

Macchine da cucire: le macchine da cucire domestiche possono produrre campi magnetici pari a $1.2 \mu\text{T}$ a livello del torace e pari a $0.5 \mu\text{T}$ a livello della testa. Campi magnetici pari a $3.5 \mu\text{T}$ a livello del torace, e pari a $21.5 \mu\text{T}$ a livello delle ginocchia sono stati misurati nel caso di modelli di macchine da cucire industriali (Sobel 1994).

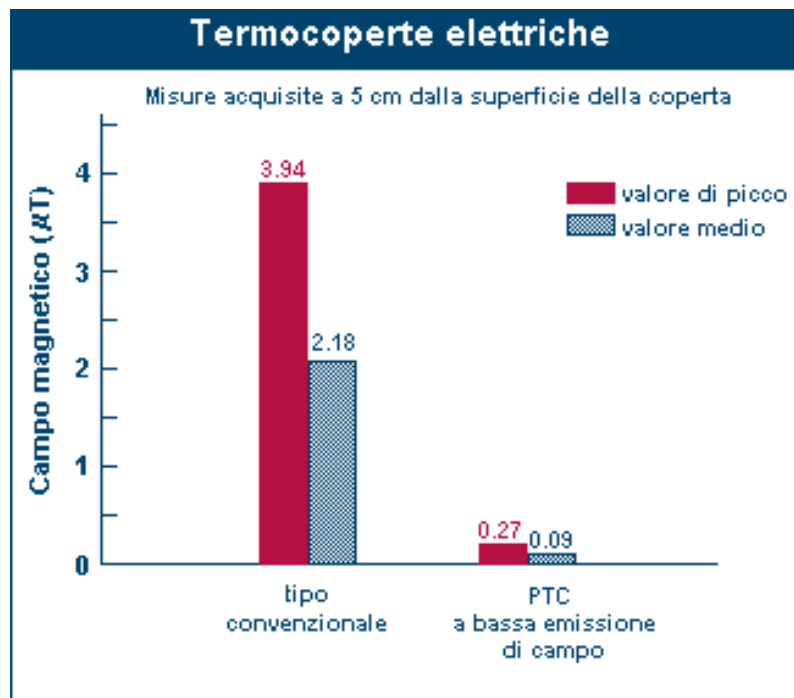
Sorgenti di campo in stanza da letto				
Distanza dalla sorgente	15 cm	30 cm	60 cm	120 cm
OROLOGIO DIGITALE *				
Minimo		-	-	-
Mediana		0.1	-	-
Massimo		0.8	0.2	0.1
OROLOGIO ANALOGICO A QUADRANTE				
Minimo		0.1	-	-
Mediana		1.5	0.2	-
Massimo		3	0.5	0.3
BABY MONITOR				
Minimo	0.4	-	-	-
Mediana	0.6	0.1	-	-
Massimo	1.5	0.2	-	-

Misure di campo magnetico, espresso in microtesla (μT).

Fonte: *EMF In Your Environment*, EPA 1992.

*La maggior parte degli orologi digitali emette campi magnetici di bassa intensità; tuttavia in alcuni orologi analogici campi magnetici più elevati sono prodotti dal motore che fa muovere le lancette.

Nelle tabella precedente gli orologi sono alimentati in AC, come lo sono anche gli altri dispositivi considerati in queste tabelle. Le misure sui baby monitor sono state prese dall'unità più vicina al bambino.



Per gentile concessione di U.S. Food and Drug Administration, Center for Devices and Radiological Health.

Il grafico precedente riporta i valori di campo magnetico prodotti da termocoperte elettriche, sia quelle di tipo convenzionale, sia quelle più recenti PTC (*Positive Temperature Coefficient*) a bassa emissione di campo. La misura di campo è stata effettuata a distanza di 5 cm dalla superficie della coperta, distanza che approssima grossolanamente quella tra coperta ed organi interni di chi la utilizza. Sulla coperta i valori di intensità variano da punto a punto, in funzione della disposizione dei fili all'interno della coperta. Il grafico riflette questa caratteristica, e riporta sia i valori di picco, che i valori medi.

Sorgenti nella stanza tempo libero - bricolage				
Distanza dalla sorgente	15 cm	30 cm	60 cm	120 cm
CARICABATTERIE				
Minimo	0.3	0.2	-	-
Mediana	3	0.3	-	-
Massimo	5	0.4	-	-
TRAPANO				
Minimo	10	2	3	-
Mediana	15	3	4	-
Massimo	20	4	6	-
SEGA				
Minimo	5	0.9	0.1	-
Mediana	20	4	0.5	-
Massimo	100	30	4	0.4
AVVITATORE ELETTRICO (durante la carica)				
Minimo	-	-	-	-
Mediana	-	-	-	-
Massimo	-	-	-	-

Misure di campo magnetico, espresso in microtesla (μT).
 Fonte: *EMF In Your Environment*, EPA 1992.

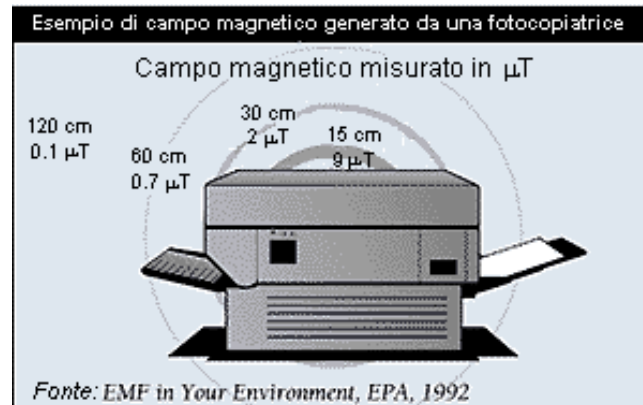
Sorgenti di campo in ufficio				
Distanza dalla sorgente	15 cm	30 cm	60 cm	120 cm
PURIFICATORE D'ARIA				
Minimo	11	2	0.3	-
Mediana	18	3.5	0.5	0.1
Massimo	25	5	0.8	0.2
FOTOCOPIATRICE				
Minimo	0.4	0.2	0.1	-
Mediana	9	2	0.7	0.1
Massimo	20	4	1.3	0.4
FAX				
Minimo	0.4	-	-	-
Mediana	0.6	-	-	-
Massimo	0.9	0.2	-	-
LAMPADA AL NEON				
Minimo	2	-	-	-
Mediana	4	0.6	0.2	-
Massimo	10	3	0.8	-
TEMPERAMATITE ELETTRICO				
Minimo	2	0.8	0.5	-
Mediana	20	7	2	0.2
Massimo	30	9	3	3
VIDEOTERMINALE A COLORI				
Minimo	0.7	0.2	0.1	-
Mediana	1.4	0.5	0.2	-
Massimo	2	0.6	0.3	-

Misure di campo magnetico, espresso in microtesla (μT).

Fonte: *EMF In Your Environment*, EPA 1992.

In merito ai campi magnetici prodotti da videoterminali il governo svedese ha emanato delle linee guida che raccomandano che i videoterminali producano campi magnetici di intensità non superiore a $0.25 \mu\text{T}$, ad una distanza di 50 cm dalla superficie del videoterminale. Gli Stati Uniti non hanno fissato raccomandazioni per i campi magnetici generati da videoterminali. La raccomandazione

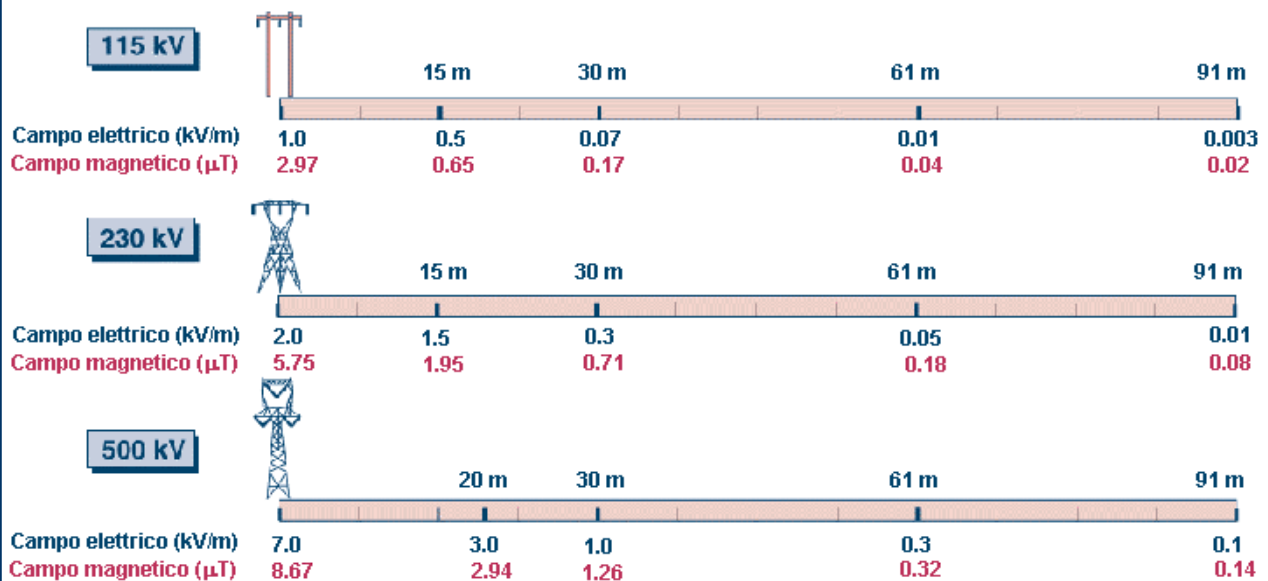
governativa svedese è assunta *de facto* come valida per l'intera industria dei videoterminali nel mondo.



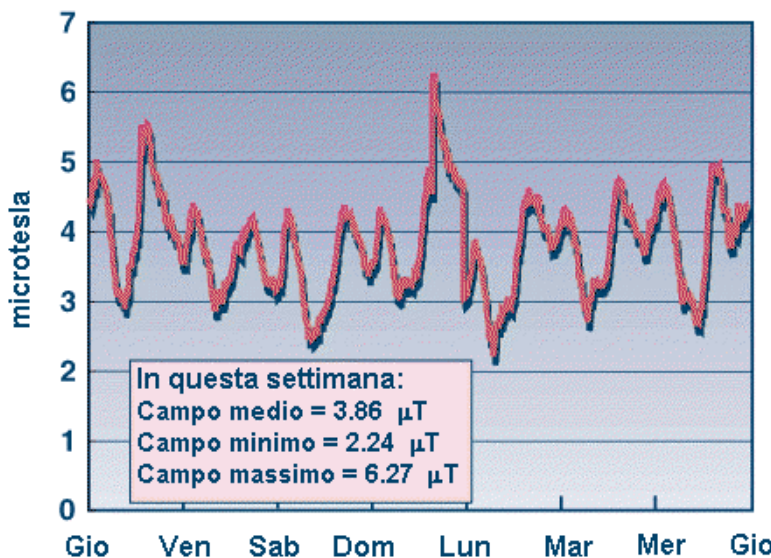
Nella figura di pagina seguente sono riportati i livelli tipici di campi elettromagnetici che si registrano in corrispondenza di linee di trasmissione.

Tale figura si riferisce ad uno studio americano condotto da una società di gestione dell'energia elettrica, pubblicato nel 1994 e relativo ai consumi del 1990. Ad una distanza di 90 metri, con una domanda di elettricità media, l'intensità di campo magnetico prodotto dalle linee è tipicamente confrontabile con il livello di fondo che si registra nelle abitazioni. Come si può vedere dalla figura, la distanza alla quale il campo magnetico delle varie linee diventa indistinguibile dai valori tipici di fondo differisce per i diversi tipi di linea. Inoltre, anche linee di distribuzione nelle vicinanze possono produrre campi magnetici intensi, in funzione della quantità di corrente che trasportano.

Valori tipici di CEM generati da linee di trasmissione *



Campo magnetico di una linea di trasmissione a 500 kV, misurato ogni 5 minuti per una settimana, nel *Right of Way**



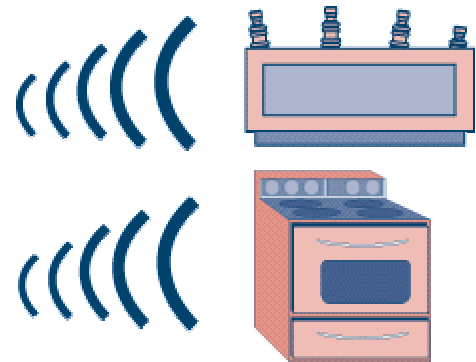
* v. pag. 28

I campi elettrici generati dagli elettrodotti sono relativamente stabili, poiché il voltaggio della linea non varia molto. I campi magnetici della maggior parte delle linee fluttuano considerevolmente, non appena la corrente cambia in risposta ad una variazione di carico. I campi magnetici devono per questo essere descritti statisticamente in termini di valori medi, massimi, ecc. I campi magnetici qui riportati sono le medie calcolate su 321 linee di trasmissione per i carichi medi annuali del 1990. In corrispondenza dei carichi di picco (pari a circa l'1% del tempo) i campi magnetici sono circa 2 volte più intensi dei livelli medi riportati. Il grafico di sinistra è un esempio di come il campo magnetico varia durante una settimana nel caso di una linea di trasmissione a 500 kV.

* I valori riportati sono valori tipici di CEM acquisiti a circa 1 m sopra terra per varie distanze dall'elettrodotto nel Nord Ovest Pacifico.
 Fonte: Bonneville Power Administration, 1994

D Quanto sono intensi i campi elettromagnetici prodotti dalle sottostazioni elettriche?

R In generale, i campi elettromagnetici più forti che si registrano all'esterno di una sottostazione provengono dagli elettrodotti entranti ed uscenti dalla stazione stessa. L'intensità dei campi prodotti dai trasformatori decresce rapidamente all'aumentare della distanza. Per questo, esternamente alla recinzione della sottostazione, i campi elettrici e magnetici generati dalle apparecchiature presenti all'interno della stazione stessa sono tipicamente indistinguibili dai livelli di fondo.



L'intensità dei CEM prodotti dai trasformatori elettrici decresce rapidamente con la distanza, come succede anche per gli elettrodomestici

D Quali sono le sorgenti di CEM che tipicamente si incontrano viaggiando?

R In un'automobile o in un autobus le principali sorgenti di esposizione a CEM a frequenza di rete sono quelle che si oltrepassano quando si guida, come ad esempio gli elettrodotti. Le batterie dall'auto lavorano a corrente continua, mentre gli alternatori lavorano a corrente alternata, ma ad una frequenza diversa da quella di rete.

In Italia i treni sono a tutt'oggi alimentati in corrente continua, e quindi non sono indotte correnti nel corpo dei passeggeri da parte delle linee di alimentazione del treno. In alcuni locomotori recenti il motore è alimentato in corrente alternata a frequenza variabile. Come peraltro sopra evidenziato per i trasformatori però, i campi prodotti da macchine elettriche in generale decadono molto rapidamente allontanandosi dalla sorgente. Tale fonte di esposizione quindi può coinvolgere solo il personale di macchina. In alcuni Stati Europei i treni sono alimentati ad una frequenza pari ad 1/3 di 50 Hz cioè a 16 2/3 Hz. I progetti per i treni ad alta velocità su nuove tratte binarie prevedono l'alimentazione in AC a 50 Hz.

La maggior parte dei treni negli Stati Uniti è alimentata a diesel. Alcuni treni alimentati a corrente elettrica lavorano in AC, come ad esempio il treno pendolare Baltimora-Washington negli Stati Uniti. Le misure effettuate su questo treno nel 1991⁴ hanno mostrato che era presente un campo magnetico a 25 Hz pari a 0.25 μ T nell'area di accesso ai passeggeri ad altezza dei posti a sedere. Altri treni, come il Washington DC Metro ed il San Francisco Bay Area Rapid Transit, sono alimentati in corrente continua, ma non sono comunque esenti da campi AC. Ad esempio, sono stati registrati elevati valori di campi magnetici nel Washington Metro vicino al pavimento, presumibilmente in prossimità delle apparecchiature elettriche poste sotto ad alcuni vagoni. Sia i motori dei treni che altri dispositivi possono generare campi alternati, a frequenze superiori alla frequenza di rete. I passeggeri all'interno del treno sono esposti non solo ai campi magnetici generati dal treno stesso, ma anche dalle sorgenti che il treno oltrepassa lungo il suo tragitto.

⁴ 24-Hours Exposure Measurements to 60-Hertz Magnetic Fields: A pilot Project, presentato da Lynne Gillette, U.S. EPA, all'Assemblea annuale dell'Associazione per il Trattamento dell'aria e dei rifiuti, nel Giugno 1992.

D Ci sono evidenze statisticamente significative per la definizione di un valore di soglia pari a 0.2 μT ?

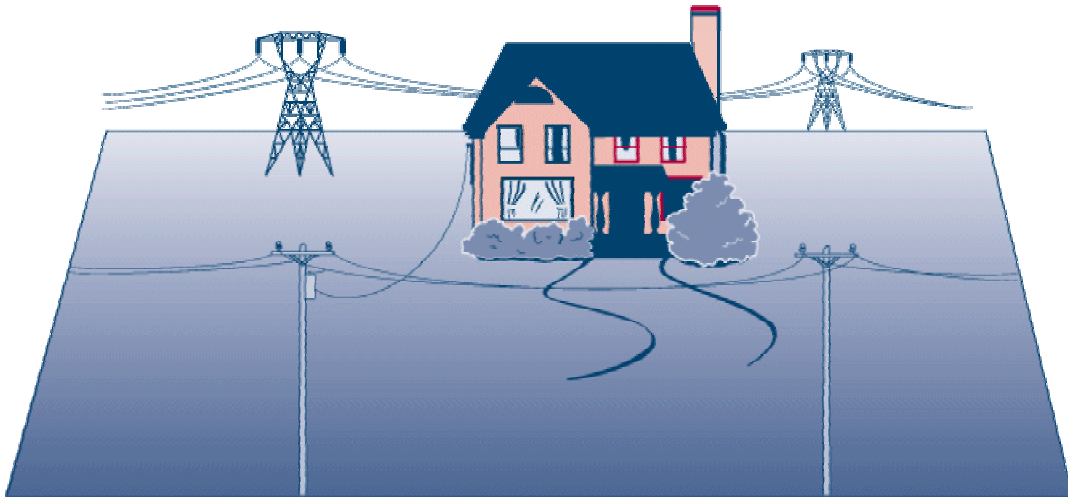
R Una tipica abitazione americana ha un livello di campo magnetico di fondo (lontano da dispositivi elettrici) che varia da 0.05 a 0.4 μT , con un valore medio di 0.09 μT ⁵. La maggior parte dei dispositivi elettrici produce campi magnetici localizzati più elevati (v. pag. 33÷41).

Molti studi epidemiologici sui CEM hanno usato i valori di 0.2 o 0.3 μT come valore di soglia (*cut-off point*) per definire delle categorie di esposizione. Al di sotto di tale livello i soggetti sono stati considerati “non esposti”, mentre sono stati considerati esposti quelli che superavano tale livello. In tali studi fu riscontrato un più elevato rischio di sviluppare il cancro all’interno del gruppo degli “esposti”. Altri studi non confermarono tale aumento del rischio. Il significato del valore di 0.2 μT è quello di un limite stabilito per definire un gruppo di esposti in taluni studi, pertanto non deve essere interpretato come una soglia di sicurezza. Sebbene alcuni studi realizzati su cellule abbiano riportato effetti a livelli di campo anche inferiori ai 0.2 μT , non c’è alcuna evidenza sperimentale in merito ad effetti sulla salute umana, per questi valori di campo. Lo studio svedese (v. pag. 13) suggerì una relazione di tipo dose/risposta per l’esposizione a CEM: quanto più elevata è l’esposizione al campo magnetico stimato, tanto maggiore risulta il rischio di sviluppo del cancro. Tuttavia, asserire che nello studio svedese il valore di 0.2 μT rappresenti una sorta di soglia di sicurezza è una sbagliata interpretazione. Il governo svedese ha finora concluso che, allo stato attuale di conoscenza, non ci sono gli elementi sufficienti per definire dei limiti di esposizione (v. pag. 24).

⁵ Tale stima è basata su uno studio EPRI su 992 case, descritto più in dettaglio nelle pagine seguenti. In tale studio venne calcolata la misura di campo magnetico medio per ciascuna casa, basata sulle misure effettuate in ciascuna stanza. Il risultato di 0.09 μT è la media di 992 case.

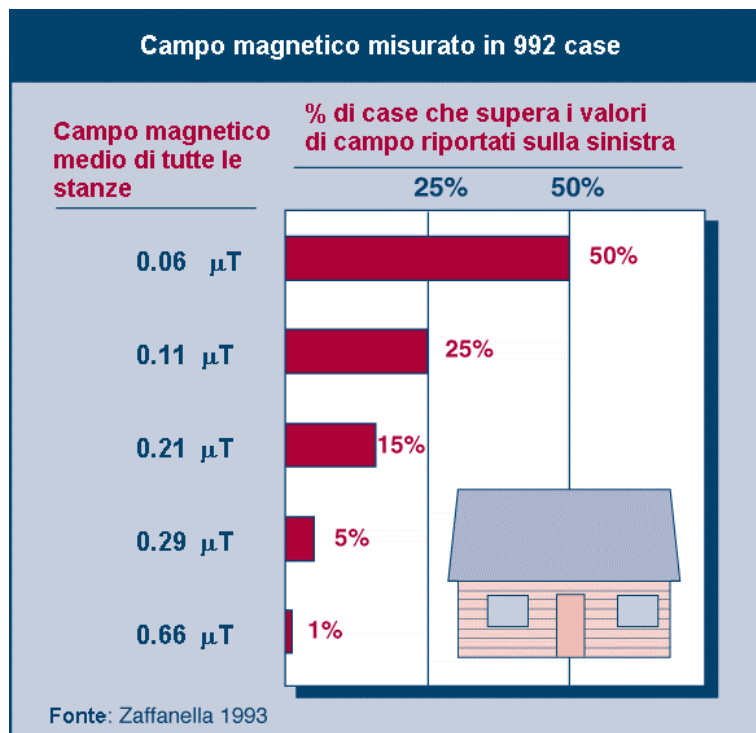
D Come posso stabilire l'intensità dei CEM nei luoghi dove vivo o lavoro?

R Le tabelle di pag. 33÷41 possono dare un'idea generale circa i livelli di campi magnetici presenti nell'intorno di dispositivi elettrici di diverso tipo. Per avere informazioni specifiche circa i CEM generati da una determinata linea di trasmissione ci si può rivolgere al gestore della linea stessa. Tali misure si possono effettuare anche personalmente, se si dispone di un rivelatore di campo magnetico (gaussmetro), strumento commercializzato da diverse aziende. Possono anche essere richieste misure a pagamento ad opera di personale tecnico. I misuratori di campo sono pubblicizzati nella maggior parte dei periodici riguardanti i CEM.



D Come posso confrontare i valori di CEM che registro all'interno della mia abitazione con quelli presenti nelle altre case?

R La figura riportata qui sotto può essere utilizzata per confronto con i valori di campo magnetico registrati nelle singole abitazioni.



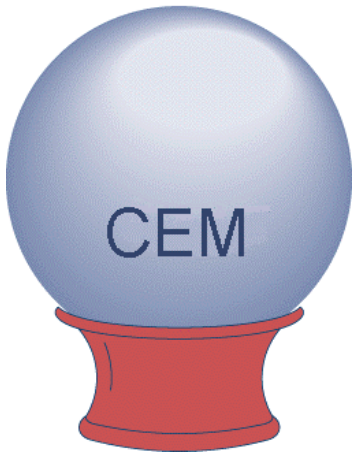
Lo studio EPRI su 992 abitazioni non fu concepito per misurare l'attuale esposizione a campi magnetici. Esso intendeva piuttosto identificare le sorgenti, interne ed esterne, di tali campi nelle abitazioni. L'esposizione al campo magnetico dipende da quanto tempo viene speso in prossimità delle varie sorgenti di campo, e dall'intensità del campo prodotto dalla sorgente stessa.

La figura riassume i dati di uno studio condotto dall'EPRI (Electric Power Research Institute), nel quale vennero effettuate misure "a campione" di campo magnetico nel centro delle stanze di 992 case dislocate nel territorio degli Stati Uniti. In metà delle case prese in esame furono registrati valori di campo magnetico inferiori o pari a $0.06 \mu\text{T}$, dove era stata eseguita la media delle misure per tutte le stanze della casa (campo magnetico medio *all-room*).

Il campo magnetico medio *all-room* delle abitazioni considerate era di $0.09 \mu\text{T}$. Solo per il 15 % delle case considerate era stato riscontrato un valore medio di campo magnetico superiore a $0.21 \mu\text{T}$. Tali misure furono realizzate lontano da apparecchiature elettriche, e pertanto riflettono principalmente la presenza di elettrodotti esterni, circuiti elettrici domestici e circuiti di messa a terra.

D È pericoloso vivere in prossimità di linee di trasmissione?

R Vivere in prossimità di una linea di trasmissione può aumentare l'esposizione generale a CEM. Come discusso in precedenza, le organizzazioni governative di sicurezza e sanità di tutto il mondo non hanno stabilito se i campi magnetici siano causa di sviluppo di cancro, o in generale diano luogo ad effetti sanitari.



È generalmente riconosciuto che svariati studi hanno riportato un aumento del rischio di sviluppare il cancro, specialmente per i bambini che vivono in prossimità di elettrodotti ad elevato carico. Sebbene tali studi suggeriscano rischi potenziali, gli scienziati non sanno se siano i CEM, o piuttosto altri fattori, o infine problemi di carattere metodologico, ad aver condotto a tali risultati.

È possibile che studi futuri diano informazioni sufficienti a stabilire se i CEM siano dannosi per la salute umana. Tali studi potranno anche dimostrare se furono fattori diversi dai CEM a far insorgere gli effetti riportati negli studi precedenti. È anche possibile che persino le nuove ricerche non diano risposta agli interrogativi sui CEM nel prossimo futuro.

La risposta alla domanda iniziale pertanto coinvolge (1) una comprensione in merito al significato dei risultati scientifici esistenti, (2) speculazioni sui possibili risultati degli studi futuri, e (3) la percezione dell'importanza relativa dei vari potenziali rischi sanitari.

In questo periodo di incertezze, ci sono alcune cose che possono aiutare a rispondere a tale domanda:

1. Seguire il problema dei CEM, leggendo varie fonti scientificamente accreditate e parlando con personale esperto;
2. Conoscere i valori di campo elettrico e magnetico prodotti dall'eventuale sorgente particolare che vi dà preoccupazione. Se ad esempio tale sorgente è una linea di trasmissione, potreste essere sufficientemente distanti da avere un contributo trascurabile di campo (v pag 43).

D Cosa si può fare per limitare l'esposizione ai CEM?

R Ci sono svariati modi per limitare l'esposizione ai CEM. Alcuni sono semplici, come stare lontano da un apparecchio elettrico in azione. Infatti i campi magnetici generati dagli elettrodomestici decrescono rapidamente in intensità all'aumentare della distanza dalla sorgente.

Altre possibili riduzioni dei valori di campo, come la correzione dei problemi dei circuiti domestici, sono in ogni caso auspicabili, anche per questioni di sicurezza. Ma cosa si può dire in merito ad interventi più onerosi, come l'interramento degli elettrodotti o lo spostamento di una casa? Poiché i

dibattiti scientifici sulla pericolosità sanitaria dei CEM sono tuttora in corso, non è chiaro quanto debba essere fatto in questo momento per ridurre l'esposizione.

Parlare con personale esperto, addetto alla risoluzione dei problemi legati ai CEM.



Alcuni interventi di riduzione dell'esposizione possono far insorgere altri problemi. Per esempio, il ridimensionamento degli elettrodotti (con linee compatte) per ridurre i valori di CEM può aumentare il rischio di folgorazione per il personale addetto alla manutenzione della linea.

In tutto il mondo è in corso un intenso sforzo per raggiungere un consenso scientifico sul quale far riferimento per le decisioni da prendere in merito all'esposizione ai CEM, e ci si attendono risultati nei prossimi anni.

Nel frattempo, *alcune* autorità raccomandano di rispettare delle semplici norme precauzionali, come le seguenti:

- *Aumentare la distanza tra voi e la sorgente del CEM* – sedere ad una distanza pari alla lunghezza delle braccia dal vostro video terminale.
- *Evitare la vicinanza non necessaria ad elevate fonti di CEM* – non lasciare che i bambini giochino direttamente al di sotto di elettrodotti, o sopra linee interrate, o vicino a grossi trasformatori.
- *Ridurre il tempo di permanenza nei CEM* – spegnere il monitor del computer, o altri dispositivi elettrici, se non li si sta utilizzando.

D Sono attendibili le pubblicità di prodotti che sostengono di aver ridotto le emissioni di CEM?

R Questa risposta può essere data solo distintamente, per ogni singolo apparecchio. Un esempio già citato sono le coperte elettriche a bassa emissione di campo, che generano effettivamente campi magnetici significativamente ridotti, rispetto alle vecchie versioni, grazie alla riprogettazione dei circuiti interni.

È raccomandabile tuttavia essere cauti nei confronti di pubblicità di prodotti che suonano troppo belle per essere vere, data la complessità del problema dei CEM.

I riferimenti bibliografici di seguito riportati si riferiscono ai principali argomenti trattati in questo fascicolo. I testi e si possono consultare nelle biblioteche di carattere tecnico-scientifico.

Testi scientifici di base

Paris, D. T., and F. K. Hurd. 1969. *Basic Electromagnetic Theory*, McGraw Hill.

Livelli ed esposizioni a CEM

Bowman, J. D., et al. 1992. *Electric and Magnetic Field Exposure, Chemical Exposure, and Leukemia Risk in "Electrical" Occupations*. Redatto dall'Università del Sud California per Electric Power Research Institute, Palo Alto, Calif.

Bracken, T. D., and R. F. Rankin (Principal Investigators). 1994. *EMDEX Project Residential Study Final Report* (in press). T. Dan Bracken, Inc., per Electric Power Research Institute, Palo Alto, Calif.

Gauger, J. R. 1985. "Household Appliance Magnetic Field Survey," *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems* PAS 104(9): 2436-2444.

Stearns, R. D., M. W. Tuominen, and V. L. Chatter. 1992. "Magnetic Field Characterization for the Bonneville Power Administration's 500-, 230-, and 115-kV Transmission Line Systems." Abstract P-26. *The Annual Review of Research on Biological Effects of Electric and Magnetic Fields from the Generation, Delivery, and Use of Electricity*. W/L Associates, Ltd., Frederick, Md.

Zaffanella, L. E., (Principal Investigator). 1993. *Survey of Residential Magnetic Field Sources. Final Report TR-102759* (2 volumes). Redatto da High Voltage Transmission Research Center per Electric Power Research Institute, Palo Alto, Calif.

Protocolli di misura di CEM

IEEE Magnetic Field Task Force of the AC Fields Working Group of the Corona Field Effects Subcommittee of the Transmission and Distribution Committee. "A Protocol for Spot Measurements of Residential Power Frequency Magnetic Fields," *IEEE Transactions on Power Delivery* 1993, July, 8(3): 1386-94.

National EMF Measurement Protocol Group. 1994. *Power Frequency Magnetic Fields: A Protocol for Conducting Spot Measurements in Residential Settings*.

Yost, M. G., G. M. Lee, D. Duane, J. Fisch, and R. R. Neutra. 1992. "California Protocol for Measuring 60 HZ Magnetic Fields in Residences," *Applied Occupational Environmental Hygiene*, November, 7(11): 727- 77.

Raccomandazioni sui CEM

ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists). 1994. *1994-1995 Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices*. Cincinnati. ISBN 1-882417-06-2.

Electro-Magnetic Health Effects Committee. 1992. "Regulatory Issues," Chap. 6 in Health Effects of Exposure to Powerline-Frequency Electric and Magnetic Fields. Public Utility Commission of Texas, Austin, Tex.

IRPA/INIRC (International Nonionizing Radiation Committee of the International Radiation Protection Association). 1990. "Interim Guidelines on Limits of Exposure to 50/60-Hz Electric and Magnetic Fields," Health Physics 58: 113-122.

Maddock, B. J. 1992. "Exposure Limits Around the World," Electric and Magnetic Fields in the Workplace Proceedings, October 21-23, Paris. International Commission on Occupational Health Radiation and Work Committee.

SWEDAC (Swedish Board for Technical Assistance). 1990. User's Handbook for Evaluating Visual Display Units. MPR 1990:10 1990-12-31. SWEDAC, Bords, Sweden.

TCO (Tjanstemannens Central Organisation, Confederazione Svedese degli impieghi professionali). 1994. Screen Facts. Stockholm, TCO Information Center, Chicago.

Studi sul cancro infantile

(I seguenti riferimenti sono riportati in ordine cronologico.)

Wertheimer, N., and E. Leeper. 1979. "Electrical Wiring Configurations and Childhood Cancer," American Journal of Epidemiology 109: 273-284.

Fulton, J. P., S. Cobb, L. Preble, L. Leone, and E. Forman. 1980. "Electrical Wiring Configurations and Childhood Leukemia in Rhode Island," American Journal of Epidemiology 111: 292-296.

Tomenius, L. 1986. "50-Hz Electromagnetic Environment and the Incidence of Childhood Tumors in Stockholm County," Bioelectromagnetics 7: 191-207.

Savitz, D. A., H. Wachtel, F. A. Barnes, E. M. John, and J. G. Tvrdik. 1988. "Case-Control Study of Childhood Cancer and Exposure to 60-Hz Magnetic Fields," American Journal of Epidemiology 128: 21-38.

Coleman, M. P., C. M. J. Bell, H. L. Taylor, and M. P. Zakelj. 1989. "Leukaemia and Residence near Electricity Transmission Equipment: A Case-Control Study," British Journal of Cancer 60: 793-798.

Myers, A., A. D. Clayden, R. A. Cartwright, and S. C. Cartwright. 1990. "Childhood Cancer and Overhead Powerlines: A Case-Control Study," British Journal of Cancer 62: 1008-1014.

London, S., D. C. Thomas, J. D. Bowman, E. Sobel, T. C. Cheng, and J. M. Peters. 1991. "Exposure to Residential Electric and Magnetic Fields and Risk of Childhood Leukemia," American Journal of Epidemiology 134: 923-937.

Lowenthal, R. M., J. B. Panton, M. J. Baikie, and J. N. Lickiss. 1991. "Exposure to High Tension Power Lines and Childhood Leukemia: A Pilot Study," Medical Journal of Australia 155: 347.

Feychting, M. and A. Ahlbom. 1993. "Magnetic Fields and Cancer in Children Residing near Swedish High- Voltage Power Lines," *American Journal of Epidemiology* 138: 467-481.

Olsen, J. H., A. Nielsen, and G. Schulgen. 1993. "Residence near High Voltage Facilities and the Risk of Cancer in Children," *British Medical Journal* 307: 891-895.

Verkasalo, P. K., et al. 1993. "Risk of Cancer in Finnish Children Living Close to Power Lines," *British Medical Journal* 307: 895-899.

Petridou, E., et al. 1993. "Age of Exposure to Infections and Risk of Childhood Leukaemia," *British Medical Journal* 307: 774.

Fajardo-Gutierrez, A., et al. 1993. "Close Residence to High Electric Voltage Lines and Its Association with Children with Leukemia" (in lingua spagnola), *Boletin Medico del Hospital Infantil de Mexico* 50: 32-28.

Ahlbom, A., M. Feychting, M. Koskenvuo, J. H. Olsen, E. Pukkala, G. I Schulgen, and P. Verkasalo. 1993. "Electromagnetic Fields and Childhood Cancer," *Lancet* 342: 1295-1296.

Studi sul cancro nella popolazione adulta

(I seguenti riferimenti sono riportati in ordine cronologico.)

Wertheimer, N., and E. Leeper. 1982. "Adult Cancer Related to Electrical Wires near the Home," *International Journal of Epidemiology* 11: 345-355.

McDowell, M. E. 1986. "Mortality of Persons Resident in the Vicinity of Electricity Transmission Facilities," *British Journal of Cancer* 53: 271-279.

Severson, R. K., R. G. Stevens, W. T. Kaune, D. B. Thomas, L. Heuser, S. Davis, and L. E. Sever. 1988. "Acute Nonlymphocytic Leukemia and Residential Exposure to Power Frequency Magnetic Fields," *American Journal of Epidemiology* 128: 10-20.

Coleman, M. P., C. M. J. Bell, H. L. Taylor, and M. P. Zakelj. 1989. "Leukaemia and Residence near Electricity Transmission Equipment: A Case-Control Study," *British Journal of Cancer* 60: 793-798.

Youngson, J. H. A. M., A. D. Clayden, A. Myers, and R. A. Cartwright. 1991. "A Case-Control Study of Adult Hematological Malignancies in Relation to Overhead Powerlines," *British Journal of Cancer* 63: 977- 985.

Eriksson, M., and M. Karisson. 1992. "Occupational and Other Environmental Factors and Multiple Myeloma: A Population Based Case Control Study," *British Journal of Industrial Medicine* 49: 95-103.

Feychting, M., and A. Ahlbom. 1992. "Magnetic Fields and Cancer in People Residing near Swedish High Voltage Power Lines", *Istituto di Medicina Ambientale, Karolinska Institute, Stockholm*.

Schreiber, G. H., G. M. H. Swaen, J. M. M. Meijers, J. J. M. Slangen, and F. Sturmans. 1993. "Cancer Mortality and Residence near Electricity Transmission Equipment A Retrospective Cohort Study," *International Journal of Epidemiology* 22: 9- 15.

“Cancer Cluster”

Anonymous. 1990. "State Health Studies in Connecticut and North Carolina Refute Brodeur's 'Cancer Clusters,'" *Transmission/ Distribution Health S Safety Report* 8: 6, 9-10.

Neutra, R. R., and E. Glazer. 1993. *An Evaluation of an Alleged Cancer Cluster Among Teachers at the Slater School Between 1973 and 1992*. California Department of Health Services, Berkeley, Calif.

(Svariate pubblicazioni su quell'argomento si possono trovare anche in "American Journal of Epidemiology", Vol. 132: Supplemento, Giugno 1990.)

Studi sul cancro nei lavoratori

Electro-Magnetic Health Effects Committee. 1992. "Regulatory Issues," Chap. 6 in *Health Effects of Exposure to Powerline-Frequency Electric and Magnetic Fields*. Public Utility Commission of Texas, Austin, Tex.

Floderus, B., et al. 1993. "Occupational Exposure to Electromagnetic Fields in Relation to Leukemia and Brain Tumors: A Case-Control Study in Sweden," *Cancer Causes and Control* 4: 465-476.

Guenel, P., P. Raskmark, J. Bach, and E. Lynge. 1993. "Incidence of Cancer in Persons with Occupational Exposure to Electromagnetic Fields in Denmark," *British Journal of Industrial Medicine* 50: 758-764.

Matanoski, M. M., et al. 1993. "Leukemia in Telephone Linemen," *American Journal of Epidemiology* 137: 609-619.

Sahl, J. D., M. A. Kelsh, and S. Greenland. 1993. "Cohort and Nested Case-Control Studies of Hematopoietic Cancers and Brain Cancer Among Electric Utility Workers," *Epidemiology* 4: 104-114.

Savitz, D. A., and D. P. Loomis. 1995. "Magnetic Field Exposure in Relation to Leukemia and Brain Cancer Mortality among Electric Utility Workers," *American Journal of Epidemiology* 141(62): 1-12.

Theriault, G., et al. 1994. "Cancer Risks Associated with Occupational Exposure to Magnetic Fields Among Utility Workers in Ontario and Quebec, Canada, and France: 1970-1989," *American Journal of Epidemiology* 139: 550-572.

Pubblicazioni internazionali sulla ricerca sui CEM

Advisory Group on Non-Ionizing Radiation, 1992. *Electromagnetic Fields and Cancer* 3(1). National Radiological Protection Board. Chilton, Didcot, Oxon, U.K.

Expert Group of the Danish Ministry of Health on Non-ionizing Radiation, 1993. "Report on the Risk of Cancer in Children with Homes Exposed to 50 Hz Magnetic Fields from High-Voltage Installations". Ministero della Sanità danese, Copenhagen.

Guenel, P., and J. Lellouch. 1993. "Synthesis of the Literature on Health Effects from Very Low Frequency Electric and Magnetic Fields". INSERM, National Institute of Health and Medical Research, Paris.

Oak Ridge Associated Universities Panel, 1992. "Health Effects of Low Frequency Electric and Magnetic Fields. ORAU 92/F8". Redatto per Committee on Interagency Radiation Research e Policy Coordination. U.S. Government Printing Office: GPO #029-000-00443-9.

Peach, H. G., W. J. Bonwick, R. Scanlan, and T. Wyse, 1992. "Report of the Panel on Electromagnetic Fields and Health to the Victorian Government". Ministero della Sanità, Melbourne, Australia.

Science Advisory Board, 1992. "Potential Carcinogenicity of Electric and Magnetic Fields. EPA SAB-RAC- 92-013. " U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.

Swedish National Board for Electrical Safety, 1993. "Revised Assessment of Magnetic Fields and Health Hazards". Stockholm.

Consumo di energia elettrica e incidenza di cancro

Jackson, J. D. 1992. Ministero della Sanità "Are the Stray 60-Hz Electromagnetic Fields Associated with the Distribution and Use of Electric Power a Significant Cause of Cancer?" Proceedings of the National Academy of Sciences 89: 3508-3510.

Kujawa, L. J., et al. 1992. "Electric Power Trends 1992". Arthur Anderson & Co., Atlanta, and Cambridge Energy Research Associates, Inc., Cambridge, Mass.

Miller, B. A., et al., eds. 1992. "Cancer Statistics Review: 1973-1989". NIH Pub. No. 92-2789. National Cancer Institute, Bethesda, Md.

Savitz, D. A. 1993. "Health Effects of Low-Frequency Electric and Magnetic Fields," *Environmental Science and Technology* 27: 52-54.

Brent, R. L., W. E. Gordon, W. R. Bennett, and D. A. Beckman. 1993. "Reproductive and Teratologic Effects of Electromagnetic Fields," *Reproductive Toxicology* 7: 535-580.

Juutilainen, J., P. Matilainen, S. Saarikoski, E. Laara, and S. Suonio. 1993. "Early Pregnancy Loss and Exposure to 50-Hz Magnetic Fields," *Bioelectromagnetics* 14: 229-236.

Lindbohm, M. L., et al. 1992. "Magnetic Fields of Video Display Terminals and Spontaneous Abortion," *American Journal of Epidemiology* 136: 1041-1051.

McMahan S., J. Ericson, and J. Meyer. 1994. "Depressive Symptomatology in Women and Residential Proximity to High-Voltage Transmission Lines," *American Journal of Epidemiology* 139: 58-63.

Poole, C., et al. 1993. "Depressive Symptoms and Headaches in Relation to Proximity to an Alternating- Current Transmission Line Right-of-Way," *American Journal of Epidemiology* 137: 318-330.

Rea, W. J., et al. 1991. "Electromagnetic Field Sensitivity," *Journal of Bioelectricity* 10: 241-256.

Roman, E., V. Beral, M. Pelerin, and C. Hermon. 1992. "Spontaneous Abortion and Work with Visual Display Units," *British Journal of Industrial Medicine* 49: 507-512.

Studi di laboratorio sui CEM

(I risultati degli studi di ricerca condotti in laboratorio si trovano nelle seguenti pubblicazioni:)

Anderson, L. E. 1993. "Biological Effects of Extremely Low-Frequency Electromagnetic Fields: In Vivo Studies," *American Industrial Hygiene Association Journal* 54(4): 186-96.

Blank, M., ed. 1993. *Electricity and Magnetism in Biology and Medicine: Review and Research Papers Presented at the First World Congress for Electricity and Magnetism in Biology and Medicine*. San Francisco Press, San Francisco.

Cleary, S. F. 1993. "A Review of In Vitro Studies: Low-Frequency Electromagnetic Fields," *American Industrial Hygiene Association Journal* 54(4): 178-85.

Frey, A. H. 1993. "Electromagnetic Field Interactions with Biological Systems," *Federation of American Societies for Experimental Biology Journal (FASEB)* 7: 272-281.

Studi su melatonina e CEM

Lee, J. M., et al. 1993. "Melatonin Secretion and Puberty in Female Lambs Exposed to Environmental Electric and Magnetic Fields," *Biology of Reproduction* 49: 857-864.

Liburdy, R. P., T. R. Sloma, R. Sokolic, and P. Yaswen. 1993. "ELF Magnetic Fields, Breast Cancer, and Melatonin: 60 Hz Fields Block Melatonin's Oncostatic Action on ER Breast Cancer Cell Proliferation," *Journal of Pineal Research* 14: 89-97.

Reiter, R. J. 1992. "Alterations of the Circadian Melatonin Rhythm by the Electromagnetic Spectrum: A Study in Environmental Toxicology," *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 15: 226-244.

Wilson, B. W., R. G. Stevens, and L. E. Anderson. 1989. "Mini review: Neuroendocrine Mediated Effects of Electromagnetic Field Exposure: Possible Role of the Pineal Gland," *Life Sciences* 45: 1319-1332.