

**Zeitschrift:** Archi : rivista svizzera di architettura, ingegneria e urbanistica = Swiss review of architecture, engineering and urban planning

**Herausgeber:** Società Svizzera Ingegneri e Architetti

**Band:** - (2001)

**Heft:** 2

**Artikel:** I campi elettromagnetici e la ricerca epidemiologica

**Autor:** Pira, Enrico

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-132189>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 24.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# I campi elettromagnetici e la ricerca epidemiologica

Enrico Pira, medico

Dipartimento di Traumatologia, Ortopedia e Medicina del Lavoro, Università di Torino

Nel 1979 sono stati resi pubblici i risultati di una ricerca epidemiologica condotta negli Stati Uniti in cui si ipotizzava che nei bambini residenti in prossimità di linee elettriche ad alto voltaggio fosse più frequente la comparsa di tumori rispetto ai bambini americani considerati in generale.

Le indagini epidemiologiche sono infatti organizzate per confrontare un gruppo di persone connotate da particolari caratteristiche (es. esposizione a campi elettromagnetici) con un altro gruppo in cui non sia presente (o così evidente) questa particolare esposizione.

Un altro metodo di ricerca, alternativo al precedente, muove dai casi ammalati per una determinata malattia (es. leucemia) confrontati con altre persone, i controlli, non malati o affetti da altri tipi di patologia, valutando se esistano differenze tra i due gruppi riguardo all'esposizione che si vuole studiare.

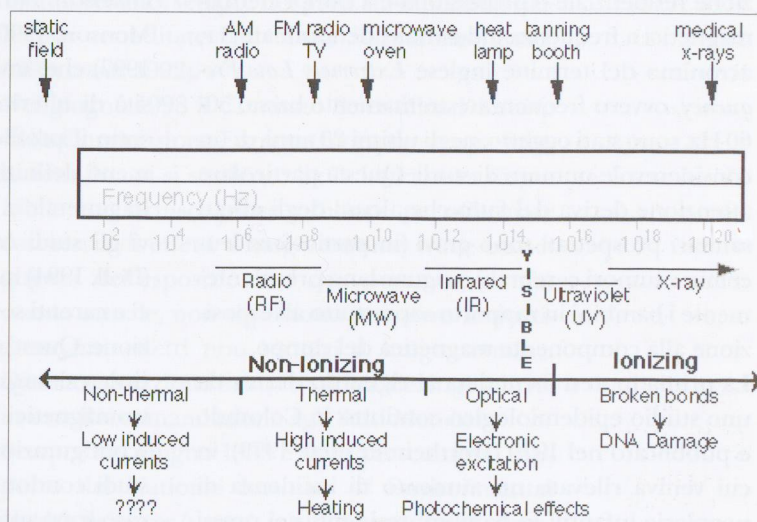
La maggior parte degli studi riguardanti la possibile associazione tra esposizione a campi elettromagnetici e cancro, l'effetto più studiato e temuto, è basata sullo studio di gruppi di soggetti che vivono in prossimità di linee elettriche e di soggetti esposti in ambito lavorativo.

Alcuni di questi studi sembrano evidenziare una debole associazione tra esposizione a campi elettromagnetici ELF e incidenza di tumore, mentre gli studi epidemiologici condotti in anni recenti mostrano una scarsa correlazione. Gli studi condotti in laboratorio inoltre non consentono di dimostrare effetti che possano condurre allo sviluppo di tumori, e, ad oggi, non è stato ancora definito un modello biologico di sviluppo della malattia che sia considerato plausibile.

Tutte queste considerazioni sono discusse in importanti documenti editi a cura di Organizzazioni Internazionali o di gruppi di esperti di vari Enti, tra cui la Commissione Scientifica della Comunità Europea.

1T	=	10'000	G
1μT	≅	0.796	A/m
1A/m	≅	1.257	μT
1mG	=	0.1	μT
1W/m <sup>2</sup>	=	0.1	mW/cm <sup>2</sup> = 100μW/cm <sup>2</sup>

Conversioni di unità



Lo spettro delle onde elettromagnetiche

Nonostante non esista la dimostrazione di un'associazione causale tra esposizione a campi elettromagnetici a frequenza estremamente bassa (ELF), cioè quelli generati dalla produzione, trasporto ed utilizzo dell'energia elettrica, sono sempre più numerose le istanze che vengono avanzate dall'opinione pubblica per un controllo dell'esposizione. Queste preoccupazioni trovano giustificazione nel fatto che gli eventi prospettati dagli organi di informazione, spesso in modo acritico, sono importanti (leucemie, tumori cerebrali), riguardano soprattutto i bambini e l'esposizione è generalmente ritenuta indebita.

Sono pertanto invocati provvedimenti volti a contenere l'esposizione e, in alcuni Paesi, tra cui l'Italia, sono in discussione provvedimenti legislativi che dovrebbero ridurre drasticamente i valori di



campo ammissibili in prossimità delle nuove installazioni elettriche.

Questa filosofia di intervento è ispirata ai principi di tutela precauzionale che dovrebbero essere attuati quando si ipotizzano effetti sanitari importanti per la popolazione anche se il profilo di rischio non è ancora esattamente accertato o definito nella sua completezza.

In questo caso, come esaurientemente discusso in un recente documento dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, stanti le molteplici incertezze sulla reale esistenza del rischio e sugli eventuali fattori che ne determinerebbero l'efficacia, sarebbe sconsigliato procedere a misure generalizzate di intervento.

### I campi elettromagnetici a frequenza industriale.

#### Risultati della ricerca epidemiologica

I potenziali effetti biologici derivanti dall'esposizione residenziale o professionale a campi elettromagnetici a frequenza industriale, denominati ELF, acronimo del termine inglese *Extremely Low Frequency*, ovvero frequenza estremamente bassa, 50-60 Hz, sono stati oggetto, negli ultimi 20 anni, di un considerevole numero di studi. Questa particolare attenzione deriva dal fatto che alcuni degli effetti sanitari prospettati sono gravi (in particolare leucemie e tumori cerebrali) e riguardano prevalentemente i bambini in rapporto soprattutto all'esposizione alla componente magnetica del campo.

La prima ipotesi formulata al riguardo deriva da uno studio epidemiologico condotto in Colorado e pubblicato nel 1979 (Wertheimer et al, 1979), in cui veniva rilevato un aumento di incidenza di neoplasie infantili in bambini residenti nei pressi di linee elettriche ad alto voltaggio.

Questa segnalazione ha dato origine ad una serie di indagini epidemiologiche e di laboratorio i cui risultati sono a tutt'oggi di difficile interpretazione in quanto sia nel caso di popolazioni esposte nell'ambiente generale, di vita, sia in gruppi di esposti per motivi professionali, sono stati ottenuti, con vario livello di attendibilità, risultati positivi (eccessi statisticamente significativi di patologia neoplastica) e negativi (nessun eccesso di patologia neoplastica).

Nelle indagini di tipo caso/controllo sono stati riscontrati indici di rischio generalmente più elevati, di cui un certo numero raggiunge il livello convenzionale di significatività statistica.

Negli studi di coorte, considerati più validi sotto il profilo metodologico generale, la misura dell'associazione ha fornito invece valori meno consistenti, spesso negativi. Tale discrepanza potrebbe essere spiegata sia da una diluizione del rischio

all'interno di grandi coorti dovuto ad una elevata proporzione di soggetti non esposti, sia da una errata stima dell'esposizione negli studi caso/controllo.

	Frequenza	Campo elettrico	Induzione magnetica
Popolazione	50 [Hz]	5 [kV/m]	100 [ $\mu$ T]
	16 <sup>2/3</sup> [Hz]	10 [kV/m]	300 [ $\mu$ T]
Lavoratori	50 [Hz]	12.3 [kV/m]	400 [ $\mu$ T]
	16 <sup>2/3</sup> [Hz]	36.8 [kV/m]	1200 [ $\mu$ T]

Valori limite dei campi elettromagnetici

I limiti e le incongruenze che inficiano i risultati di molti degli studi ad oggi pubblicati sono stati valutati e discussi da diversi autori (Cole, 1987; Michaelson, 1987; Knave et al, 1988; Savitz et al, 1989; Monson, 1990; Kheifets et al, 1995; Kheifets et al, 1997) che, invariabilmente, sottolineano la necessità di ulteriori studi, più approfonditi e corretti sotto il profilo metodologico, da cui ricavare elementi definitivi per il giudizio.

In generale si considerano scarsamente informativi gli studi condotti in data antecedente il 1992 (Doll, 1994) in quanto viziati da errori metodologici e carenti sotto il profilo della misura dell'esposizione. Quest'aspetto è cruciale sia per le indagini di tipo residenziale, in cui l'esposizione a campi elettromagnetici ELF è spesso stimata sulla base della «configurazione elettrica» delle abitazioni, sia negli studi condotti in ambito professionale. In questo caso sono spesso opinabili le definizioni di categorie professionali o settori industriali a «presunta esposizione a campi» in cui vengono considerate, di fatto, attività lavorative sostanzialmente diverse.

Tipo	Frequenza	Lunghezza d'onda
Campi a frequenze estremamente basse (ELF e VLF)	1 Hz ÷ 300 Hz	$3 \cdot 10^8$ m ÷ $10^6$ m
Campi a basse frequenze (LF)	300 Hz ÷ 300 kHz	$10^6$ m ÷ 1 km
Radiofrequenze (RF)	300 kHz ÷ 300 MHz	1 km ÷ 1 m
Microonde (MW o MO)	300 MHz ÷ 300 GHz	1 m ÷ 1 mm
Infrarosso (IR)	300 GHz ÷ 375 THz	1 mm ÷ 800 nm
Luce visibile	375 THz ÷ 750 THz	800 nm ÷ 400 nm
Ultravioletto (UV)	750 THz ÷ 3000 THz	400 nm ÷ 100 nm

Spettro delle radiazioni elettromagnetiche



È necessario considerare anche che, in molti casi, l'attribuzione dell'esposizione lavorativa è assegnata mediante un codice adottato al momento della registrazione al censimento di popolazione o della compilazione del certificato di morte, classificazione che non può riflettere il curriculum lavorativo di un individuo sotto il profilo qualitativo e quantitativo, ma costituisce solo la registrazione «puntuale» di un'attività, valida, a volte, unicamente sotto il profilo amministrativo. La codifica dell'esposizione mediante «*job titles*», oltre a non fornire informazioni precise sull'esposizione individuale, non consente la valutazione ed il controllo dei potenziali fattori di confondimento inerenti a quella particolare attività lavorativa. A questo proposito è opportuno rilevare che in alcuni studi viene sottolineata la particolare validità dei risultati ottenuti in quanto «sono stati accuratamente controllati i fattori di confondimento», cioè le variabili associate all'esposizione che potrebbero, da sole, spiegare le distribuzioni osservate anche se, in realtà, le conoscenze scientifiche sulla biologia di queste forme neoplastiche ci consegnano informazioni definitive solo per le radiazioni ionizzanti ed il benzene, agenti eziologici delle leucemie. Ne deriva che nell'incertezza sull'esistenza di possibili altri fattori eziologici della leucemia (ad es. virus) o dei tumori del SNC, si finisce per stratificare, a fini di standardizzazione, secondo la classe sociale, senza una precisa conoscenza del reale significato di questa analisi, in quanto questo fattore non è comunque associato ad un maggior rischio di ammalare di leucemia (Ahlbom et al, 2000). Un errore di classificazione, anche banale, sempre possibile quando non sono bene evidenti gli intervalli e gli scopi stessi della misura, può compromettere i risultati di uno studio. In questo contesto debbono essere anche considerati i risultati di indagini condotte in ambito residenziale che, mentre indicano un'associazione tra leucemia infantile e «configurazione elettrica» delle abitazioni, non consentono di confermare tale osservazione quando l'esposizione è definita mediante la effettiva misura dei campi elettrici e magnetici. Non pare convincente l'ipotesi che la «configurazione elettrica» fornisca valori più stabili, anche se indiretti, dell'esposizione rispetto alle campagne di misura, sempre confinate nel tempo. Verrebbe così scalfito uno dei principi cardine dell'epidemiologia per cui è opportuno valutare con prudenza una distribuzione che correli con l'indicatore dell'esposizione e non con i valori reali, misurati, della stessa. È possibile infatti che l'effetto osservato non sia determinato dai campi elettromagnetici ma dalla sommatoria dei fattori di confondimento associati ai campi ELF

e rappresentati appunto dalla «configurazione elettrica» delle abitazioni come rilevato, ad esempio, nella importante revisione della letteratura pubblicata dal National Research Council Statunitense (NRC, 1996) dove viene sottolineata l'ambiguità di risultati in cui l'effetto ipotizzato non correla con la misura reale del potenziale fattore determinante bensì con un indicatore del medesimo quale la conformazione elettrica della casa, definita secondo parametri di giudizio soggettivi. In questo rapporto viene sottolineato che non vi è alcuna chiara indicazione per una associazione di tipo causale tra esposizione a campo magnetico ELF e tumori in quanto i risultati delle ricerche sono controversi e contraddittori e non è ancora stato individuato un meccanismo biologico plausibile a sostegno dell'effetto ipotizzato. Pareri analoghi erano stati espressi, nel 1992, dall'Advisory Group of Non Ionizing Radiation Britannico e nel documento redatto, sempre nel 1992, da esponenti delle più accreditate Università Statunitensi (NRPB, 1992; ORAU, 1992).

Nel giugno 1998 il Comitato Scientifico Direttivo della Commissione Europea ha espresso una valutazione in cui si sostiene che la letteratura disponibile non fornisce prove sufficienti per affermare l'esistenza di effetti a lungo termine come conseguenza dell'esposizione e che, pertanto, al momento attuale, non si possono proporre limiti riguardanti effetti non termici a lungo termine. Questa valutazione è stata tradotta, nel luglio 1999, in una Raccomandazione agli Stati Membri.

Sempre nel giugno 1998 è stato presentato il rapporto del National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS), in cui un gruppo di esperti internazionali si è espresso sulla classificazione, come agente cancerogeno, dei campi magnetici a frequenza industriale. In questo documento sono presentate le conclusioni del progetto EMF RAPID (Electric and Magnetic Fields – Research and Public Information Dissemination), promosso dal Congresso degli Stati Uniti nel 1992 per ottenere indicazioni scientifiche precise in base alle quali impostare la politica sanitaria americana ed indirizzare le future ricerche. Nessuno degli esperti del NIEHS si è pronunciato per un giudizio di cancerogenicità o di probabile cancerogenicità dei campi ELF, ma la valutazione espressa, a maggioranza, dai membri del Comitato è stata di possibilità (classe 2B IARC). La classificazione è stata adottata in via cautelativa, di sanità pubblica, basata su una limitata evidenza di un accresciuto rischio di leucemia infantile in relazione all'esposizione residenziale e di leucemia linfocitica cronica associata alle esposizioni lavorative (NIEHS, 1999).



Sulla scorta delle considerazioni elaborate dal gruppo di lavoro, il NIESH, nel suo rapporto ufficiale del maggio 1999, ha stabilito che non sussistono ragioni per cui i campi EMF-ELF debbano essere inclusi nel «Report on Carcinogens» del National Toxicology Program come agenti «*reasonably anticipated to be human carcinogen*», ovvero agenti per cui possa essere ragionevolmente presumibile un'azione carcinogena per la specie umana (NIESH, 1999). Da quanto esposto appare evidente che gli studi epidemiologici sui potenziali effetti oncogeni derivanti da esposizione a campi elettromagnetici ELF provvedono risultati contrastanti che non consentono valutazioni definitive. Le incertezze in ambito scientifico condizionano la possibilità di formulare giudizi motivati con conseguenti difficoltà anche nelle sedi istituzionalmente preposte a sviluppare norme igienico-preventive.

I limiti attualmente in vigore in ambito nazionale ed internazionale, sia per esposizioni professionali sia per la popolazione generale, sono prevalentemente basati sugli effetti accertati e prevedibili della esposizione a campi elettrici e magnetici a 50-60 Hz mentre crescono le istanze per la definizione di limiti che tutelino anche dagli effetti di tipo stocastico ipotizzati.

Considerata la complessità di questo argomento, in cui si assommano problemi metodologici e metrologici, e le reiterate istanze da parte dell'opinione pubblica, preoccupata per potenziali gravi effetti sulla salute in relazione ad una esposizione ubiquitaria e spesso involontaria, l'OMS ha presentato un documento in cui sono discussi diversi approcci teoricamente applicabili per la gestione di questo problema.

Queste politiche comprendono il principio di precauzione, la «*prudent avoidance*», e il principio ALARA. Il principio di precauzione, viene applicato in circostanze caratterizzate da un alto grado di incertezza scientifica; e riflette la necessità di intervenire nei confronti di un rischio potenzialmente grave senza attendere i risultati della ricerca scientifica. Il suo impiego è mirato a fornire risposte provvisorie a minacce potenzialmente gravi alla salute, fino a quando non siano disponibili dati adeguati per azioni fondate su una maggiore base scientifica.

Il principio ALARA, acronimo dell'inglese «*As Low As Reasonably Achievable*», mira a minimizzare i rischi conosciuti mantenendo l'esposizione ai livelli più bassi ragionevolmente possibili tenendo in considerazione i costi, la tecnologia, i benefici per la salute pubblica, ed altri fattori sociali ed economici. È una politica attuabile in situazioni ove si presume che possa esistere un rischio anche a livelli inferiori ai limiti raccomandati, considerato che ciò

	Distanza sorgente/ asse	Intensità di corrente	Campo B [ $\mu$ T]	Campo E [kV/m]
Campo di base negli edifici			0,02-0,5	< 0,005
Lampadina a incandescenza	1 m		0,05	0,010
Cucina elettrica	30 cm		3	0,005
Televisore, schermo del computer	50 cm		1	0,030
Cuscino elettrico	30 cm		10	0,250
Utensili elettrici	30 cm		$\leq 2000$	0,060
Generatore	30 cm		$\leq 10'000$	$\leq 0,500$
Linea catenaria (doppia)	10 m	500 A per binario	$\leq 12$	0,100
Linea aerea da 24 kV	10 m	200 A	0,3	0,030
Linea aerea da 110 kV	10 m	500 A	1,3	0,250
Linea aerea da 380 kV	20 m	1000 A	6	1,0
Linea cablata da 16 kV	5 m	200 A	0,8	0,0
Linea cablata da 110 kV	5 m	500 A	2	0,0
Stazione di trasformazione aerea	2 m	200 A	$\leq 6$	$\leq 0,07$
Stazione di trasformazione cablata	2 m	200 A	$\leq 1$	$\leq 0,001$

Valori tipici per l'induzione magnetica B e per il campo elettrico E

che costituisce un «rischio accettabile» è soggetto ad una considerevole variabilità interindividuale.

Questi due principi cautelativi non costituiscono approcci appropriati per la gestione dell'esposizione a campi elettromagnetici. La filosofia di intervento ispirata alla «*prudent avoidance*» sarebbe, secondo alcuni, praticabile, almeno sul piano individuale, in quanto consiste nella adozione di provvedimenti semplici, facilmente perseguibili e a basso costo, atti a ridurre l'esposizione a campi elettromagnetici anche in assenza di rischi dimostrabili. Si rendono comunque necessarie ulteriori e valide informazioni scientifiche che consentano una oggettiva e completa valutazione sulla reale presenza, natura ed entità del rischio o sulla necessità di adeguate misure preventive.

Questo obiettivo non è facilmente raggiungibile ed anche il ricorso a tecniche di analisi su campioni numericamente consistenti, ottenuti mediante l'analisi combinata di distinte indagini epidemiologiche (Ahlbom et al, 2000), non consente di ottenere informazioni definitive in quanto permangono incertezze sul ruolo di potenziali vizi di selezione sui risultati così ottenuti.



## Bibliografia

- Ahlbom A, Day N, Feychting M, Roman E, Skinner J, Dockerty J, Linet M, McBride M, Michaelis J, Olsen JK, Tynes T, Verkasalo PK, *A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukemia*. *Br J Cancer*, 2000, 83(5), 692-8.
- Cole P, *An Epidemiologic Perspective on Electromagnetic Fields and Cancer* The Florida Department of Env. Regulation's, 16 Marzo 1987.
- Doll R, *Epidemiological Studies of Effects of Extremely Low Frequency Radiations*. Abstracts Symposium: Limites d'Exposition aux Rayonnements Non Ionisants, Parigi 25-26 Maggio 1994.
- National Radiological Protection Board, *Board Statement on Restrictions on Human Exposure to Static and Time Varying Electromagnetic Fields and Radiations*, 1993, vol. 4, n. 5.
- National Radiological Protection Board, *Electromagnetic Fields and the Risk of Cancer-Report of an Advisory Group on Non-Ionizing Radiation*. Document of the NRPB, vol. 3, No. 1, Chilton, Didcot, U.K., 1992.
- National Research Council, *Possible Health Effects of Exposure to Residential Electric and Magnetic Fields*, National Academy Press, Washington, DC, 1996.
- NIESH Report, *Health effect from exposure to power line frequency electric and magnetic fields*; NIH Publication n.99-4493, 1999.
- Oak Ridge Associated Universities, *ORAU Report on the Health Effects of Low Frequency Electric and Magnetic Fields*, Publication 029-000-00443.9 U.S. Government Printing Office 1992, Washington U.S.A.
- Savitz DA, Pearce NE, Poole C, *Methodological Issues in the Epidemiology of Electromagnetic Fields and Cancer*. *Epidemiologic Reviews*, 1989; vol. 11, 59-78.
- Wertheimer N, Leeper E, *Electrical Wiring Configuration and Childhood Cancer*, *Am. J. of Epidemiol.* 1979; vol.109, n. 3: 273-284.
- WHO, *Electromagnetic fields and public health: Extremely low frequency (ELF)*. Fact Sheet/205, Nov. 1998 [www.who.int/inf-fs/en/fact205.html](http://www.who.int/inf-fs/en/fact205.html).
- WHO, *Electromagnetic fields and public health, cautionary policies*. *World Health Organization Backgrounder 2000*, [www.who.int/peh-emf/publications/facts\\_press/EMF-Precaution.htm](http://www.who.int/peh-emf/publications/facts_press/EMF-Precaution.htm)

## Siti internet

[www.icnirp.de](http://www.icnirp.de)  
[www.casasana.ch](http://www.casasana.ch)  
[www.admin.ch/buwal/](http://www.admin.ch/buwal/)  
[www.maisonsante.ch](http://www.maisonsante.ch)  
[www.antenne.ch](http://www.antenne.ch)  
[www.nrp.org.uk](http://www.nrp.org.uk)  
[www.fgf.de](http://www.fgf.de)  
[www.who.int/peh-emf](http://www.who.int/peh-emf)  
[www.sirnet.it/onde.htm](http://www.sirnet.it/onde.htm)  
[www.area.fi.cur.it/arf/scuola.htm](http://www.area.fi.cur.it/arf/scuola.htm)  
[www.iroefi.cnr.it/pcmni/](http://www.iroefi.cnr.it/pcmni/)