

ISTITUTO SUPERIORE DI SANITA'

**Rischio cancerogeno
associato a campi magnetici a 50/60 Hz**

**Pietro Comba (a), Martino Grandolfo (b), Susanna Lagorio (a),
Alessandro Polichetti (b), Paolo Vecchia (b)**

*(a) Laboratorio di Igiene Ambientale
(b) Laboratorio di Fisica*

Premessa

Il problema dei rischi per la salute, in particolare quello del rischio cancerogeno, associati all'esposizione a campi elettrici e magnetici di frequenze estremamente basse (Extremely Low Frequencies, ELF) generati da linee di trasmissione ed altre installazioni elettriche (generalmente a 50 Hz, a 60 Hz in USA e Canada) è stato oggetto di studi epidemiologici a partire dalla fine degli anni settanta. L'Istituto Superiore di Sanità, nel 1989, produceva il rapporto "Linee ad alta tensione: modalità di esposizione e valutazione del rischio sanitario" (Grandolfo et al., 1989), nel quale veniva presentata una sintesi della letteratura scientifica disponibile e si formulavano quattro principali conclusioni:

1) Esistono elementi per ritenere che l'esposizione a campi ELF accresca il rischio di neoplasia, anche se questa relazione non è per ora dimostrata in termini convincenti;

2) Qualora si stabilisca un nesso causale fra l'esposizione a campi ELF e l'insorgenza di neoplasie, risulterà esposto a rischio non solo chi abita in prossimità delle linee ad alta tensione, ma anche l'utente di energia elettrica a livello domestico;

3) Le ricerche in corso in diversi paesi europei, negli USA e in Canada porteranno, nel giro di qualche anno, a fornire risposte esaurienti ai quesiti aperti;

4) Tenuto conto delle attuali incertezze e del fatto che gli studi di laboratorio hanno finora fornito scarsi elementi a sostegno dell'ipotesi che i campi ELF possano essere associati ad un aumento di incidenza dei tumori, si ritiene che i dati epidemiologici oggi disponibili non possano essere assunti a base di processi decisionali e di misure di sanità pubblica.

A distanza di alcuni anni, considerando la mole di nuovi dati prodotti su questo tema, è apparso opportuno effettuare una nuova valutazione della letteratura scientifica disponibile e formulare alcune considerazioni di sanità pubblica.

1. Lo stato delle conoscenze

A seguito dell'osservazione iniziale di Wertheimer e Leeper (1979), che avevano evidenziato una associazione fra tumori infantili e residenza in case ad alta configurazione di corrente, diverse ricerche hanno affrontato il tema del rischio cancerogeno legato all'esposizione a campi elettrici e magnetici a 50/60 Hz. I principali studi finora pubblicati sono riassunti nella tabella 1.

Istituto Superiore di Sanità

Rischio cancerogeno associato a campi magnetici a 50/60 Hz.

Pietro Comba, Martino Grandolfo, Susanna Lagorio, Alessandro Polichetti, Paolo Vecchia
1995, 23 p. Rapporti ISTISAN 95/29

L'ipotesi di un ruolo dei campi elettromagnetici nella cancerogenesi è esaminata criticamente alla luce dei più recenti dati epidemiologici. Vengono fornite stime quantitative di rischio e indicate possibili strategie e priorità di interventi di prevenzione.

Parole chiave: ELF, Frequenza industriale, Radiazioni non ionizzanti.

Istituto Superiore di Sanità

Risk of cancer related to 50/60 Hz magnetic fields.

Pietro Comba, Martino Grandolfo, Susanna Lagorio, Alessandro Polichetti, Paolo Vecchia
1995, 23 p. Rapporti ISTISAN 95/29 (in Italian)

The hypothesis of a role of magnetic fields in carcinogenesis is critically reviewed based on most recent epidemiological data. Quantitative risk estimates are provided. Possible strategies and priorities for preventive measures are also suggested.

Key words: ELF, Power frequency, Non-ionizing radiation.

Si ringraziano la sig.ra Alma Paoluzi e il Sig. Maurizio Brunacci per la preziosa assistenza nella redazione del presente rapporto.

Tabella 1. Studi epidemiologici relativi a popolazioni residenti in prossimità di linee ed installazioni elettriche

Autori	Soggetti studiati	Accertamento dell'esposizione	Risultati
Wertheimer e Leeper (1979)	Casi di decessi per tumore nella zona di Denver (Colorado), 1950-73, di età 0-18 anni. Controlli: soggetti viventi appaiati per età e residenza.	Distanza delle case da linee elettriche.	Proporzione di soggetti residenti in prossimità delle linee elettriche significativamente più elevata tra i casi che tra i controlli.
Fulton et al. (1980)	Casi di leucemia dell'ospedale di Rhode Island, 1964-1978, di età 0-20 anni. Controlli di popolazione.	Distanza delle case da linee elettriche.	Nessuna associazione tra la patologia in esame e la residenza in rapporto alle linee elettriche.
Wertheimer e Leeper (1982)	Casi di decesso per tumore in alcune zone del Colorado, 1967-75. Controlli: soggetti morti per cause non tumorali.	Distanza delle case da linee elettriche.	Le abitazioni dei casi erano più vicine alle linee, secondo una relazione dose-risposta relativa a 4 categorie di esposizione.
Mc Dowall (1986)	Campione di circa 8000 persone residenti, al 1971, in prossimità delle installazioni elettriche dell'East Anglia, seguite fino al 1983.	Distanza delle case da linee elettriche.	Tra le donne, ma non tra gli uomini, aumenti della mortalità per tumori del polmone, leucemie ed altri tumori linfomopoietici. Mortalità per leucemia e per gli altri tumori linfomopoietici più elevata tra i residenti a meno di 15 m dalle installazioni.
Tomenius (1986)	Casi di tumore registrati nella Contea di Stoccolma, 1958-73, di età 0-18 anni. Controlli di popolazione.	Presenza di installazioni elettriche visibili dalle case. Misure di campo magnetico all'ingresso delle abitazioni.	Linee a 200 kV presenti con frequenza significativamente più elevata presso le abitazioni dei casi rispetto a quelle dei controlli. Campo magnetico significativamente più alto presso le case vicine alle linee elettriche.

Segue Tabella 1

Autori	Soggetti studiati	Accertamento dell'esposizione	Risultati
Severson et al. (1988)	Casi di leucemia acuta non linfocitica diagnosticati in alcune contee dello Stato di Washington, 1981-84. Controlli di popolazione.	Misure di campo magnetico nelle case.	Nessuna associazione tra la presenza della malattia e l'esposizione a campi magnetici nelle abitazioni.
Savitz et al. (1988)	Casi di tumori infantili diagnosticati a Denver (Colorado), 1976-83. Controlli di popolazione.	Misure dei campi elettrici e magnetici nelle case.	Incrementi di rischio per tutti i tumori, in particolare leucemie, linfomi e sarcomi dei tessuti molli in relazione alla residenza in case con livelli di induzione magnetica superiori a 0,2 μ T
Coleman et al. (1989)	Casi di leucemia diagnosticati in 4 aree di Londra, 1965-80.	Distanza delle case da linee elettriche aeree.	Incremento del rischio di leucemia per coloro che vivevano a meno di 100 m dalle linee.
Myers et al. (1990)	Casi di neoplasia infantile nello Yorkshire, 1970-79. Controlli di popolazione.	Stima del campo magnetico in base alle caratteristiche delle linee e alla loro distanza dalle case.	Non si osservano associazioni significative.
London et al. (1991)	Casi di leucemia infantile diagnosticati a Los Angeles, 1980-87. Controlli di popolazione.	Misura del campo elettrico e magnetico nelle case e valutazione della configurazione di corrente.	Aumento del rischio di leucemia in relazione al livello più elevato della configurazione di corrente.
Olsen et al. (1993)	Casi di tumore linfoemopoietico e cerebrale, di età 0-15 anni, in Danimarca, 1968-86. Controlli di popolazione.	Stima del campo magnetico in base alle caratteristiche delle linee e alla loro distanza dalle case.	Aumento del rischio di tumori nel loro complesso tra i residenti in case con livelli di induzione magnetica superiori a 0,4 μ T.
Feychting e Ahlbom (1993)	Casi di linfomi, leucemie e tumori del sistema nervoso centrale in bambini svedesi che abitavano a meno di 300 m da linee ad alta tensione, 1960-85. Controlli di popolazione.	Misura del campo magnetico nelle case e stima della sua intensità nel corso del tempo in base alle caratteristiche delle linee e alla loro distanza dalle case.	Aumento del rischio di leucemia in relazione con l'esposizione ad induzione magnetica superiore a 0,2 μ T.

Segue Tabella 1

Autori	Soggetti studiati	Accertamento dell'esposizione	Risultati
Verkasalo et al. (1993)	Coorte dei bambini finlandesi che hanno abitato nel 1970-89 a meno di 500 m da linee ad alta tensione, con intensità di induzione magnetica superiore a 0,01 μ T.	Stima del campo magnetico basata sulla distanza delle case dalle linee.	Non si osservano associazioni significative tranne un incremento di incidenza di tumori cerebrali nei bambini residenti in case con livelli stimati di induzione superiori a 0,2 μ T.
Schreiber et al. (1993)	Popolazione residente a meno di 100 m dalle linee di trasmissione in un quartiere di Maastricht, 1956-81.	Distanza delle case dalle linee e misura del campo magnetico.	Incrementi della mortalità per malattie circolatorie negli uomini e per linfoma di Hodgkin nelle donne.

Tutti gli autori concordano sul fatto che gli effetti sulla salute vadano attribuiti alla componente magnetica del campo, sia perché gran parte delle indagini si riferiscono a situazioni caratterizzate da alte correnti elettriche piuttosto che da alte tensioni, sia perché la componente elettrica viene schermata dai muri delle case o da altri ostacoli come alberi, siepi, recinzioni.

Le "principali ricerche in corso", di cui al punto 3 delle conclusioni di Grandolfo et al. (1989), sono state pubblicate nel biennio 1993-94. Mentre nei primi studi gli autori si limitavano solitamente a classificare le case in termini di distanza da linee ed installazioni elettriche, le ricerche più recenti hanno contemporaneamente misurato i livelli dei campi elettrici e magnetici nelle case (al momento dell'effettuazione dell'indagine) e stimato la loro intensità nel corso del tempo, avvalendosi dei dati storici sul carico delle linee e tenendo conto della configurazione degli elettrodotti e della loro distanza dalle case. Questi studi, caratterizzati da un'accurata valutazione dell'esposizione a campi ELF e dagli altri fattori di rischio dei tumori in esame, indicano in modo coerente un incremento di rischio di leucemia infantile in relazione ad esposizione a livelli di induzione magnetica superiori a 0,2 μ T (si vedano in particolare i risultati dei tre progetti svolti a livello nazionale in Svezia, Finlandia e Danimarca, e della loro analisi congiunta (Ahlbom et al., 1993; Feychting e Ahlbom, 1993; Schreiber et al., 1993; Verkasalo et al., 1993)).

L'incremento della leucemia infantile risulta confermato da ricerche condotte con diverse metodologie epidemiologiche, mentre gli studi non positivi sono generalmente caratterizzati da una bassa potenza statistica (Magnani, 1994). Lo studio di Feychting e Ahlbom (1993), inoltre, suggerisce l'esistenza di una relazione dose-risposta.

L'ipotesi di un ruolo causale dei campi ELF nell'insorgenza della leucemia e di altri tumori è stata saggiata anche in alcuni studi relativi ad esposizioni professionali, di cui vengono brevemente descritti i risultati.

In uno studio caso-controllo di popolazione condotto in Svezia, Floderus et al. (1993) hanno evidenziato un incremento dell'incidenza della leucemia linfocitica cronica in funzione del livello di esposizione a campi magnetici, a partire da valori medi giornalieri dell'induzione magnetica pari a $0,2 \mu\text{T}$. Un successivo studio degli stessi autori ha evidenziato un significativo incremento di tumori ipofisari fra i macchinisti delle ferrovie svedesi, esposti verosimilmente a campi magnetici superiori a $1 \mu\text{T}$ (Floderus et al., 1994). Negli USA, Matanoski et al. (1993) hanno descritto un incremento di mortalità per leucemia fra i lavoratori di una società telefonica, in relazione a valori di picco piuttosto che a valori medi di esposizione a campi magnetici. Sempre negli USA, Sahl et al. (1993) hanno effettuato uno studio caso-controllo relativo a diversi tipi di neoplasie nell'ambito dello studio di una coorte di dipendenti di una società elettrica. Non sono state osservate significative associazioni fra esposizione a campi magnetici ed insorgenza di leucemie, linfomi e tumori cerebrali. Lo studio franco-canadese di Thériault et al. (1994) ha mostrato un accresciuto rischio di leucemia per i lavoratori di tre società elettriche con esposizione media a livelli di induzione magnetica superiori a $0,2 \mu\text{T}$; tale aumento, tuttavia, raggiunge la significatività statistica solo per la leucemia acuta non linfoide. Ancora negli USA, infine, Savitz e Loomis (1995) hanno effettuato uno studio di coorte relativo a cinque società elettriche; non è stata confermata la relazione fra esposizione a campi magnetici e leucemia, mentre si è documentato un incremento dei tumori cerebrali in funzione dell'esposizione cumulativa.

Sulla base di una valutazione critica delle evidenze scientifiche, si ritiene credibile un'interpretazione causale dell'associazione fra leucemia infantile ed esposizione a campi magnetici a 50/60 Hz, anche se permangono problemi interpretativi legati alle dimensioni numeriche degli studi sinora condotti e alle possibili variabili di confondimento. Nel capitolo 2 verrà discusso più approfonditamente il significato da annettere alla valutazione del nesso causale in epidemiologia ed il tipo di approccio che si è in questa sede utilizzato. Si può sin d'ora osservare che la valutazione da noi formulata presenta una sostanziale analogia con la definizione di "probabile cancerogeno" adottata dalla Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC): "un'interpretazione causale è ritenuta credibile, ma il ruolo dei fattori casuali, di distorsioni o di variabili di confondimento non può essere escluso con ragionevole confidenza" (IARC, 1995). La IARC, comunque,

non ha sinora valutato la cancerogenicità dei campi elettromagnetici e, quindi, ogni confronto con il suo sistema di classificazione delle evidenze di cancerogenicità rimane ipotetico.

Concorre ad annettere carattere di probabilità, e non di certezza, al ruolo eziologico dei campi magnetici nell'induzione dei tumori, il fatto che non vi sia tuttora accordo sul possibile meccanismo biologico d'azione dei campi stessi.

Un'ipotesi interpretativa, avanzata da alcuni autori, suggerisce che il campo magnetico perturbi il sistema endocrino, abbassando il livello della melatonina, attraverso un'azione sulla ipofisi (Wilson, 1988; Reiter, 1992; Repacholi, 1994). Bassi livelli di melatonina sono associati ad incrementi di rischio cancerogeno con meccanismi probabilmente diversi (diminuzione della risposta immunitaria, innalzamento dei livelli di ormoni gonadici con effetti sui tumori della mammella o della prostata ormono-dipendenti, amplificazione del danno ossidativo del DNA in presenza di una diminuzione dei livelli di melatonina, in funzione delle forti proprietà antiossidanti di tale ormone).

Questa ipotesi avrebbe il pregio di fornire elementi interpretativi anche per altri due filoni di studi epidemiologici. Si tratta, in primo luogo, di una serie di ricerche sul tumore della mammella che mostra un incremento nei soggetti di sesso maschile esposti professionalmente a campi elettromagnetici (Tynes e Andersen, 1990; Demers et al., 1991; Matanoski et al., 1991; Loomis, 1992). Va precisato che vi sono anche studi su popolazioni di lavoratrici, ma questi ultimi mostrano risultati contraddittori, e sono comunque meno probanti perché non tengono adeguatamente conto dei fattori di rischio extralavorativi per il tumore della mammella nella donna (Guénel et al., 1993; Dosemeci e Blair, 1994; Loomis et al., 1994). Il secondo ambito di ricerca concerne i quadri di depressione e cefalea osservati con accresciuta prevalenza fra i soggetti residenti in proprietà confinanti con la fascia di rispetto degli elettrodotti, che potrebbero rientrare fra gli effetti della desincronizzazione della ritmicità endocrina circadiana, dovuta all'azione dei campi elettromagnetici sulla secrezione ipofisaria di melatonina (Poole et al., 1993).

2. Problematiche connesse con l'adozione di misure preventive

Appare chiaro da quanto sinora esposto che la ricerca scientifica deve ulteriormente approfondire le conoscenze relative alla cancerogenicità dei campi magnetici. Nel frattempo, è necessario chiedersi quali interventi di prevenzione vadano

avviati. Preliminarmente alla ricerca di una risposta a questo quesito, è opportuno formulare alcune considerazioni di tipo generale.

Gli studi di tipo eziologico in epidemiologia ambientale hanno la duplice finalità di contribuire alla comprensione delle cause delle malattie, e di fornire basi scientifiche per l'adozione di azioni preventive. In un editoriale della rivista *Archives of Environmental Health* (Grandjean e Kilburn, 1992) è stato posto un interrogativo cruciale: "in assenza di certezze sul piano scientifico, quanta (o quanto poca) evidenza è sufficiente per far scattare azioni preventive?".

Diversi autori hanno preso in esame i problemi connessi con il ragionamento causale in epidemiologia ambientale, in particolare la natura multifattoriale della maggior parte delle malattie non trasmissibili, le difficoltà dell'accertamento dell'esposizione e il carattere osservazionale, non sperimentale, degli studi epidemiologici (Susser, 1977; Rothman, 1986; Vineis, 1991; Guidotti, 1992; Comba, 1993).

E' stato suggerito che la definizione stessa di evidenza sufficiente sia influenzata, fra l'altro, dalle modalità con cui viene percepita l'esigenza della prevenzione (Botti et al., in corso di stampa). A questo proposito si possono riconoscere due atteggiamenti principali.

Un primo tipo di approccio valorizza le indicazioni emerse dagli studi epidemiologici, anche in assenza di conoscenze sui meccanismi biologici sottesi ai fenomeni in esame. In questo caso, fra i criteri di causalità comunemente considerati in epidemiologia ("criteri di Hill") (Hill, 1965), viene assegnato un ruolo preminente alla forza dell'associazione e alla riproducibilità. Si riconosce agli studi epidemiologici, in questo quadro, un particolare significato per quanto riguarda l'identificazione di fattori di rischio precedentemente non riconosciuti. Poiché la finalità dell'identificazione di tali fattori è il loro abbattimento, in tale approccio si può evidenziare la presenza di un criterio cautelativo all'interno della definizione di evidenza sufficiente.

Un secondo tipo di approccio è basato su un'approfondita conoscenza dei meccanismi patogenetici degli specifici agenti presi in esame. Fra i criteri di Hill (1965), si annette, allora, particolare importanza alla plausibilità biologica e, su queste basi, si parla di evidenza sufficiente soltanto quando si arrivi alla comprensione in profondità di un particolare fenomeno; i soli interventi preventivi ritenuti efficaci sono quelli basati sulla conoscenza dei meccanismi patogenetici soggiacenti.

Il primo dei due approcci valorizza un criterio cautelativo, il secondo un criterio di efficacia. Si osserva, dunque, un conflitto di vedute in merito alla possibilità che il rigore scientifico sia sacrificato al principio-cautelativo, o viceversa.

L'approccio definito da Weed et al. (1988) come "appropriato e difendibile sul piano etico" consiste nell'avviare un'azione preventiva su esposizioni definite in termini relativamente grossolani, anche senza fare riferimento al meccanismo patogenetico di agenti specifici, e contestualmente sviluppare ricerche biologiche finalizzate a chiarire gli eventi rilevanti a livello molecolare e cellulare. Si tratta, in altre parole, di coniugare il criterio cautelativo con quello di efficacia, instaurando un processo modulare nel quale ad avanzamenti, anche parziali, delle conoscenze corrispondano avanzamenti, anche limitati, dell'azione di sanità pubblica. La socializzazione delle conoscenze scientifiche disponibili ed il coinvolgimento delle popolazioni interessate nei processi decisionali contribuiscono in modo determinante a questo tipo di strategia.

Alla luce di queste considerazioni, appare chiaro che la scelta di attuare o meno misure di prevenzione nelle situazioni di incertezza è legata a valutazioni di tipo costi-benefici alle quali concorrono le informazioni scientifiche di base, ma anche complessi sistemi di valori non sempre esplicitati. La stessa applicabilità dell'analisi costi-benefici ad entità alle quali la collettività annette un valore incommensurabile (come la vita umana) può venire messa in discussione, e possono insorgere situazioni caratterizzate da ampi margini di conflittualità (Gerelli e Patrizi, 1993).

3. Stima del numero di casi di leucemia infantile attribuibili all'esposizione a campi magnetici

Una valutazione quantitativa, o perlomeno una stima, del numero di casi di una data patologia attribuibile all'esposizione in oggetto può consentire di formulare alcune considerazioni sull'efficacia della prevenzione stessa, contribuendo in tal modo ai processi decisionali in corso.

In quest'ottica vengono presentate stime del numero di casi di leucemia infantile attribuibili all'esposizione a campi magnetici nel nostro paese. Dato l'ampio margine di incertezza associato a queste stime, dovuta non solo alla variabilità casuale sottesa ai fenomeni in esame, ma soprattutto agli inevitabili elementi di arbitrarietà che

caratterizzano il modello adottato, si ritiene opportuno sottolineare il significato indicativo delle stime stesse.

Le tabelle 2 e 3 forniscono alcuni dati di base sulla mortalità e l'incidenza della leucemia infantile.

Tabella 2. Mortalità per leucemie (ICD IX 204-208) in età 0-14 anni in Italia nel 1991. Tassi per 100000. (Banca dati ISTAT, ISS)

Età	M			F			Totale		
	Casi	Popolazione	Tasso	Casi	Popolazione	Tasso	Casi	Popolazione	Tasso
0	2	256289	0,780	4	255699	1,564	6	511988	1,172
1-4	23	1165097	1,974	20	1097538	1,822	43	2262635	1,900
5-9	39	1547509	2,520	27	1465862	1,842	66	3013371	2,190
10-14	37	1769879	2,091	25	1677418	1,490	62	3447297	1,799
Totale	101	4738774	2,131	76	4496517	1,690	177	9235291	1,917

Tabella 3. Numero assoluto di casi incidenti di leucemia infantile (0-14 anni) stimati in Italia nel triennio 1990-92 (Magnani et al., 1992).

N° casi	LLA	LnLA	AltrL	Tutte le leucemie
Casi nel triennio 1990-92	1085	186	25	1296
Media annuale	362	62	8	432

LLA = leucemia linfatica acuta; LnLA = leucemia non linfatica acuta; AltrL = altre leucemie.

La tabella 4 riporta una stima, desunta da una recente analisi (Anversa et al., 1995), della numerosità della popolazione italiana residente in prossimità di linee elettriche di trasmissione e distribuzione, in corrispondenza di diversi livelli di esposizione a campi magnetici.

Tabella 4. Popolazione italiana esposta a livelli di induzione magnetica variabili tra 0,1 e 0,4 μ T, calcolata sulla base della distanza delle abitazioni da linee elettriche di trasmissione e distribuzione di pertinenza dell'ENEL (90%) e delle FS (10%) e del voltaggio degli elettrodotti (380 kV, 220 kV, 150 kV, 132 kV).

Induzione magnetica (calcolata)	Numero esposti^a	% Popolazione^b
$\geq 0,4 \mu\text{T}$	197100	0,35%
$\geq 0,3 \mu\text{T}$	244900	0,43%
$\geq 0,2 \mu\text{T}$	306400	0,54%
$\geq 0,1 \mu\text{T}$	397400	0,70%

- a) Le stime sono state calcolate come sommatoria dei prodotti del numero di abitazioni in distinti gruppi tipologici per opportuni coefficienti di occupazione (Anversa et al., 1995).
- b) La percentuale è ottenuta dividendo la stima del numero di esposti per il numero di residenti in Italia al censimento del 1991 (approssimato a 57 milioni).

La tabella 5 fornisce stime del numero annuo di decessi e di casi incidenti di leucemia infantile nella popolazione definita come da tabella 4, attribuibili all'esposizione residenziale a campi magnetici a 50 Hz. I valori del rischio relativo considerati nel modello corrispondono alla stima puntuale formulata da Ahlbom et al. (1993) ed ai limiti inferiore e superiore dell'intervallo di confidenza al 95% ad essa associato.

A fini di una valutazione comparativa, appare opportuno affiancare a queste stime quelle relative al numero di casi di leucemia infantile attribuibili all'esposizione a campi magnetici derivanti dall'uso domestico di apparecchiature elettriche. Questo tipo di valutazione, già prefigurato nelle conclusioni del documento di Grandolfo et al. (1989), si rende opportuno perché sono stati documentati livelli di campo magnetico, dovuti alle apparecchiature elettriche presenti in case distanti da linee ed installazioni elettriche, di intensità simili a quelle prodotte dagli elettrodotti. Per alcune tipologie di esposizione sono inoltre state fornite stime del rischio di leucemia infantile.

Tabella 5. Stima del numero di casi di leucemia infantile attribuibili all'esposizione residenziale a livelli di induzione magnetica $\geq 0,2 \mu\text{T}$, generati dalle linee elettriche di trasmissione e distribuzione.

Pe^a	RR^b	FAP^c	Casi osservati ^d	Casi attribuibili all'esposizione ^e
0,0054	1,1	0,0005	177	0,10
0,0054	2,1	0,0059	177	1,05
0,0054	4,1	0,0165	177	2,91
0,0054	1,1	0,0005	432	0,23
0,0054	2,1	0,0059	432	2,55
0,0054	4,1	0,0165	432	7,11

- a) Proporzione della popolazione italiana esposta a livelli di induzione magnetica $\geq 0,2 \mu\text{T}$, attribuibili alla vicinanza delle abitazioni ad elettrodotti (v. tab. 4).
- b) I valori di rischio relativo utilizzati corrispondono alla stima puntuale del rischio (2,1) e ai limiti inferiore (1,1) e superiore (4,1) dell'intervallo di confidenza al 95%, stimati nell'analisi combinata dei recenti studi scandinavi sull'incidenza di tumori infantili in relazione all'esposizione residenziale a campi magnetici (Ahlbom et al., 1993).
- c) Frazione eziologica per la popolazione, calcolata come: $[Pe \cdot (RR-1)] / [1 + Pe \cdot (RR-1)]$.
- d) Sono 177 i decessi per leucemia infantile (0-14 anni) verificatisi in Italia nel 1991 (Banca dati ISTAT, ISS) e 432 i casi incidenti di leucemia infantile (0-14 anni) stimati per l'Italia come media sul triennio 1990-92 (Magnani et al., 1992).
- e) Casi attribuibili all'esposizione residenziale a livelli di induzione magnetica $\geq 0,2 \mu\text{T}$, dovuti alla vicinanza delle abitazioni agli elettrodotti (frazione eziologica x casi osservati).

Nello studio condotto a Denver, Colorado, Savitz et al. (1990) hanno rilevato mediante questionario l'uso di elettrodomestici, da parte di genitori e bambini, per 252 casi di tumore infantile, dei quali 73 erano leucemie e 47 tumori cerebrali, e 222 controlli di popolazione. La tabella 6 riporta i principali risultati relativi all'analisi dell'associazione tra esposizione a sorgenti domestiche di campi elettrici e magnetici a 60 Hz e rischio di leucemia infantile. Sono state osservate associazioni significative fra le leucemie infantili e l'uso di coperte elettriche nel primo trimestre della gravidanza e l'uso di coperte elettriche in gravidanza per più di otto ore a notte. Le associazioni con l'uso di coperte elettriche da parte della madre durante la gravidanza erano più forti per i casi di tumore cerebrale che non per le leucemie. Gli autori, nella discussione dei risultati, sottolineano che, essendo le coperte elettriche la sorgente di esposizione domestica a campi magnetici con la

maggiore potenzialità di contribuire all'esposizione in termini sia di intensità (superiore a circa 10 volte il valore di fondo domestico) che di durata, il fatto di aver rilevato un'associazione positiva solo con questi elettrodomestici depone a favore della genuinità dell'osservazione, pur invitando alla cautela nell'interpretazione dei risultati a causa dei limiti dello studio, in particolare la scarsa potenza statistica e la possibilità di distorsioni legate al ricordo nell'effettuazione delle interviste.

Tabella 6. Rischi relativi di leucemia infantile associati all'esposizione ad alcuni elettrodomestici, stimati nello studio caso-controllo di Denver, Colorado 1976-83 (Savitz et al., 1990).

Esposizione materna in gravidanza	E ⁺ / E ⁻	OR ^a (IC 95%)	OR ^b (IC 95%)	OR ^b (IC 95%)
Coperta elettrica	13 / 57	1,3 (0,7-2,6)	1,7 (0,8-3,6)	Intensità b/m = 1,4 (0,6-3,4) Intensità alta = 1,8 (0,4-8,3) 1° trimestre = 2,3 (1,0-5,8) 2° trimestre = 1,9 (0,8-4,5) 3° trimestre = 1,8 (0,7-4,8) 1°-3° trimestre = 2,2 (0,5-9,7) <8 ore/notte = 0,3 (0,0-2,1) 8 ore/notte = 2,1 (0,8-5,3) >8 ore/notte = 10,8 (1,8-66,5)
Materasso ad acqua	3 / 67	0,3 (0,1-1,2)	-	-
Sveglia elettrica	48 / 21	0,9 (0,5-1,6)	-	-
Scaldasonno	7 / 60	0,9 (0,4-2,2)	-	-
Esposizione del bambino	E ⁺ / E ⁻	OR ^a (IC 95%)	OR ^c (IC 95%)	
Coperta elettrica	4 / 69	1,5 (0,5-5,1)	2,6 (0,6-10,7)	-
Materasso ad acqua	3 / 70	0,7 (0,2-2,5)	-	-
Sveglia elettrica	13 / 60	1,4 (0,7-2,9)	-	-
Asciugacapelli	7 / 66	0,5 (0,2-1,3)	-	-

a) Odds ratio grezzi.

b) Odds ratio aggiustati per reddito annuale pro capite (b=bassa; m=media).

c) Odds ratio aggiustato per esposizione ad altre sorgenti domestiche di campi magnetici, sia della madre che del bambino.

E⁺ = casi esposti; E⁻ = casi non esposti

Nello studio condotto a Los Angeles, California, da London e collaboratori (London et al., 1991) sono state esaminate, in 232 coppie di casi di leucemia infantile e di controlli di popolazione, le dichiarazioni in merito all'esposizione domestica a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 60 Hz sia della madre durante la gravidanza, sia del bambino in epoca post-natale (tabella 7).

Tabella 7. Rischi relativi di leucemia infantile associati all'esposizione ad alcuni elettrodomestici, stimati nello studio caso-controllo di Los Angeles, California, 1980-87 (London et al., 1991).

Esposizione materna in gravidanza (si/no)	Coppie discordanti (Ca/Co)	OR^a (IC 95%)
Coperta elettrica	23 / 19	1,2 (0,7-2,3)
Materasso ad acqua	14 / 21	0,7 (0,3-1,3)
Condizionatore in camera da letto	21 / 23	0,9 (0,5-1,7)
Ventilatore in camera da letto	51 / 44	1,2 (0,8-1,8)
Termoconvettore in camera da letto	20 / 17	1,2 (0,6-2,3)
Esposizione del bambino (≥1 volta/settimana)	Coppie discordanti (Ca/Co)	OR^a (IC 95%)
Coperta elettrica	7 / 1	7,0 (0,9-121,8)
Materasso ad acqua	12 / 12	1,0 (0,5-2,3)
Sveglia elettrica	61 / 46	1,3 (0,9-2,0)
- analogica	26 / 14	1,9 (1,0-3,8)
- digitale	43 / 39	1,1 (0,7-1,7)
Asciugacapelli	31 / 11	2,8 (1,4-6,3)
Condizionatore in camera da letto	7 / 13	0,5 (0,2-1,3)
Ventilatore in camera da letto	54 / 45	1,2 (0,8-1,8)
Termoconvettore in camera da letto	29 / 20	1,5 (0,8-2,7)
TV bianco e nero	64 / 43	1,5 (1,0-2,2)
TV colore	34 / 32	1,1 (0,7-1,7)
Videogiochi	22 / 14	1,6 (0,8-3,3)
Tagliacapelli elettrico	1 / 1	1,0 (0,1-19,6)
Arricciacapelli elettrico	6 / 1	6,0 (0,7-104,8)
Forno a microonde	25 / 31	0,8 (0,5-1,4)

a) Odds ratio grezzi per dati appaiati.

In questo studio l'esposizione materna a sorgenti domestiche di campi elettrici e magnetici non risultava associata ad incrementi di rischio. Al contrario, per 11 delle 15 sorgenti di esposizione del bambino prese in esame si sono osservati rischi relativi superiori all'unità. Due delle associazioni positive, quelle con l'uso di televisori in bianco e nero e di asciugacapelli, risultavano significative dal punto di vista statistico, mentre i rischi relativi più elevati si rilevavano in relazione all'uso di coperte elettriche e di arricciacapelli. Gli autori non ritengono di poter escludere interamente il ruolo di fattori estranei legati alle modalità di selezione dei soggetti e a fattori di distorsione, legati al ricordo, nell'effettuazione delle interviste.

Risultati del tipo di quelli riportati da Savitz et al. (1990) e da London et al. (1991) segnalano dunque un possibile rischio connesso all'esposizione a campi magnetici prodotti dalle apparecchiature elettriche di tipo domestico.

Alcuni autori si sono posti il problema di studiare il campo magnetico presente nelle case, prescindendo dal contributo degli elettrodotti. In Danimarca, ad esempio, si stima che nel 15% delle case distanti da linee ed installazioni elettriche l'induzione magnetica media sia superiore a $0,1 \mu\text{T}$ (Olsen et al., 1993; Skotte, 1994). In Italia non si dispone per ora di stime comparabili, mentre sono state presentate stime della corrente indotta da apparecchi elettrici a 50 Hz. Secondo Tofani et al. (1994) l'esposizione diurna media, considerando tutti i possibili dispositivi utilizzati in un giorno, è confrontabile con l'esposizione che si ha ad una distanza di 30 m da una linea di trasmissione a 380 kV.

In questa ottica vengono fornite stime del numero di casi di leucemia infantile attribuibili alla residenza in case con campo magnetico di intensità superiore a $0,1 \mu\text{T}$ (tabella 8). Le assunzioni del modello sono specificate nella legenda della tabella stessa e derivano dallo studio di Olsen et al. (1993) per la proporzione di case con livelli superiori a $0,1 \mu\text{T}$ e dallo studio di Feychting e Ahlbom (1993) per il rischio relativo associato a tali livelli di esposizione. Vale anche in questo caso il richiamo al carattere indicativo delle stime, per tre principali motivi: (i) le stime del rischio relativo e della proporzione di esposti sono tratte da due studi diversi in quanto a finalità e procedure; (ii) non è noto se le diverse modalità di esposizione relative ai campi generati, rispettivamente, da elettrodotti e da elettrodomestici comportino effetti identici e cumulativi; (iii) vi è un ampio margine di errore casuale dovuto alle limitate dimensioni numeriche degli studi in oggetto.

Tabella 8. Stima del numero di casi di leucemia infantile attribuibili alla residenza in case con livelli di induzione magnetica superiori a 0,1 μ T prodotti dalle sole sorgenti domestiche.

Pe^a	RR^b	FAP^c	Casi osservati ^d	Casi attribuibili all'esposizione ^e
0,15	1,09	0,01	177	2
0,15	2,45	0,18	177	32
0,15	5,40	0,40	177	70
0,15	1,09	0,01	432	6
0,15	2,45	0,18	432	77
0,15	5,40	0,40	432	172

- a) La proporzione di esposti è tratta dallo studio danese di Olsen et al. (1993).
 b) I valori di rischio relativo utilizzati corrispondono alla stima puntuale del rischio (2,45) e ai limiti inferiore (1,09) e superiore (5,40) dell'intervallo di confidenza al 95%, riportati da Feychting e Ahlbom (1993) in relazione alla residenza in case con livelli di induzione magnetica $\geq 0,1 \mu T$.
 c) Frazione eziologica per la popolazione, calcolata come: $[Pe*(RR-1)]/[1+Pe(RR-1)]$.
 d) Sono 177 i decessi per leucemia infantile (0-14 anni) verificatisi in Italia nel 1991 (Banca dati ISTAT, ISS) e 432 i casi annui incidenti di leucemia infantile (0-14 anni) stimati per l'Italia come media sul triennio 1990-92 (Magnani et al., 1992).
 e) Casi attribuibili all'esposizione residenziale a livelli di induzione magnetica $\geq 0,1 \mu T$, dovuti alle sorgenti domestiche (frazione eziologica x casi osservati).

4. Considerazioni conclusive

Preliminarmente alla formulazione di alcune considerazioni conclusive, appare opportuno richiamare brevemente quanto esposto nei capitoli precedenti.

Il quadro che emerge dalla letteratura scientifica esaminata nel capitolo 2 depone, nel suo complesso, a favore di un'associazione fra esposizione a campi a 50/60 Hz e leucemia infantile. Le azioni preventive da intraprendere devono essere commisurate alle certezze disponibili sul piano scientifico, come discusso nel capitolo 2, tenendo conto del fatto che l'esistenza di margini di incertezza impone di trovare un equilibrio fra il criterio dell'efficacia dell'intervento ed il principio cautelativo. La stima del numero di casi di leucemia infantile attribuibili all'esposizione a campi a 50/60 Hz generati dalle linee elettriche di trasmissione e distribuzione (cap. 3, tab. 5) e dalle sorgenti domestiche (cap. 3, tab. 8) derivano da modelli inevitabilmente affetti da elementi di arbitrarietà, oltre che

dalla variabilità casuale sottesa ai fenomeni in esame. A queste stime va quindi annesso un carattere eminentemente indicativo.

In questo contesto si delinea chiaramente la necessità di svolgere ulteriori ricerche che si differenziano, però, da quelle sinora effettuate.

Innanzitutto, l'insieme degli studi epidemiologici già pubblicati dovrà essere oggetto di più approfondite analisi. Si tratta, in particolare, di integrare i dati originali dei principali studi fin qui realizzati e di analizzarli con criteri omogenei al fine di valutare in dettaglio l'associazione fra rischio di leucemia infantile ed esposizione a campi a 50/60 Hz. Un'analisi integrata di questo tipo potrà consentire di escludere, ragionevolmente, l'influenza della variabilità casuale legata alle dimensioni numeriche dei singoli studi e delle variabili di confondimento, traendo vantaggio dalla verosimile diversità di situazioni espositive tra i diversi paesi in cui gli studi sono stati condotti.

Inoltre, è necessario promuovere la ricerca finalizzata all'individuazione dei meccanismi biologici sottesi a un possibile effetto cancerogeno dei campi magnetici a 50/60 Hz, in modo da fornire una chiave di lettura all'insieme dei riscontri epidemiologici attualmente disponibili, comprese le disomogeneità e le apparenti incoerenze dei risultati.

Parallelamente allo sviluppo dell'attività di ricerca nelle direzioni suindicate, occorre valutare l'opportunità di realizzare alcune misure di prevenzione.

Poiché le evidenze scientifiche oggi disponibili, di natura strettamente epidemiologica, non consentono di ottimizzare gli interventi in base ad un criterio di efficacia (cfr. cap. 2), non sembra possa rientrare tra le misure di prevenzione proponibili nell'immediato l'adozione di limiti di esposizione diversi da quelli attualmente in vigore. Fissare un limite di esposizione richiede infatti una conoscenza dei meccanismi biologici in gioco superiore a quella attualmente disponibile, e l'adeguamento concreto al limite sarebbe particolarmente problematico per gli ambienti domestici.

A questo proposito si ritiene tuttora valida la filosofia dell'IRPA/INIRC (1990), recentemente ribadita dall'ICNIRP (1993), che è condivisa dalle più autorevoli associazioni protezionistiche internazionali e che è stata assunta a base delle più recenti scelte normative europee (Allen et al., 1991; CENELEC, 1995). Secondo tale impostazione, i limiti di esposizione possono essere basati, al momento attuale, solo sugli effetti acuti dell'esposizione, perché solo di questi è adeguatamente documentata la relazione con l'intensità dei campi esterni.

Tali limiti di esposizione non rivestono d'altro canto un significato preventivo riguardo alla patologia neoplastica. Il rispetto dei limiti di esposizione previsti dalla

normativa italiana deve dunque essere considerato un requisito minimo cui va affiancato l'obiettivo generale di una riduzione dell'esposizione, ove ciò sia fattibile tecnicamente ed a condizioni ragionevoli.

Occorre, quindi, che nei progetti di realizzazione di nuovi elettrodotti sia esplicitato l'obiettivo della riduzione delle esposizioni a campi elettrici e magnetici, anche mediante l'adozione di nuove soluzioni tecnologiche. In particolare, il contenimento delle esposizioni appare prioritario per gli asili, le scuole ed altri ambienti, al chiuso e all'aperto, destinati all'infanzia. Considerazioni analoghe potrebbero valere anche per la progettazione di altri tipi di apparecchiature elettriche.

Per quanto riguarda l'esistente, sull'esempio di quanto raccomandato da autorità sanitarie ed enti protezionistici di altri Paesi, quali la Svezia, appare prioritario pianificare interventi di riduzione dei livelli di esposizione che, in abitazioni, scuole e luoghi di lavoro, risultino largamente superiori a quelli mediamente riscontrabili in ambienti analoghi.

A tale scopo va definita una procedura che preveda, da un lato, l'effettuazione di campagne di monitoraggio finalizzate ad una corretta valutazione dei livelli di esposizione, e dall'altro l'individuazione di criteri di priorità per quanto attiene gli interventi di bonifica, inclusa la fattibilità delle diverse azioni di risanamento. Si ricorda che il criterio di fattibilità acquista un particolare peso nel momento in cui si stabilisce l'entità e l'allocazione delle risorse che sono, per definizione, limitate.

A questo proposito, si sottolinea che nel contesto globale della pianificazione degli interventi di sanità pubblica, l'entità e la gravità degli effetti attribuibili ad una data esposizione dovrebbero orientare l'entità delle risorse destinate ai relativi interventi protezionistici. In questo senso, il numero di casi di malattia prevenibili mediante interventi di riduzione dell'esposizione a campi magnetici a 50 Hz in Italia andrebbero valutati anche in rapporto ad analoghe stime relative a fattori di rischio di altra origine e natura.

Una procedura come quella sopra delineata richiede il concorso di tutti i principali soggetti istituzionali e sociali coinvolti (pubblici e privati) ed il supporto della pubblica opinione. Data la complessità dei temi trattati e la necessità di sviluppare processi decisionali in condizioni caratterizzate da ampi margini di incertezza sul piano delle conoscenze, va fortemente valorizzato il ruolo dell'informazione. Campagne di informazione caratterizzate da rigore scientifico, chiarezza nella comunicazione ed onestà intellettuale nel definire i limiti delle attuali conoscenze possono, infatti, attivare un

processo partecipativo che si traduca in un "consenso informato" all'azione dell'autorità sanitaria.

BIBLIOGRAFIA

Ahlbom A, Feychting M, Koskenvuo M, Olsen JH, Pukkala E, Schulgen G, Verkasalo P (1993). Electromagnetic fields and childhood cancer. *The Lancet* ; 342: 1295-1296.

Allen SG, Bernhardt JH, Driscoll CMH, Grandolfo M, Mariutti GF, Matthes R, McKinlay AF, Steinmetz M, Vecchia P, Whillock M (1991). Proposal for basic restrictions for protection against occupational exposure to electromagnetic non-ionizing radiations. Recommendations of an international Working Group set up under the auspices of the Commission of the European Communities. *Physica Medica* ; 7: 77-89.

Anversa A, Battisti S, Carreri V, Conti R, D'Ajello L, d'Amore G, Fumi A, Grandolfo M, Munafò E, Tofani S, Vecchia P (1995). Power frequency fields, buildings and the general public: exposure levels and risk assessment. In: Maroni M (Ed). *Proceedings of the International Conference "Healthy Buildings '95"*. Milan, Italy: 11-14 September 1995, pp. 113-126.

Botti C, Comba P, Forastiere F, Settimi L (in corso di stampa). Causal evaluation in environmental epidemiology: The role of implicit values. *Sci Total Environ* .

CENELEC (1995). *Esposizione umana ai campi elettromagnetici. Bassa frequenza (0-10 kHz)*. Norma Europea Sperimentale ENV 50166-1. Milano: CEI.

Coleman MP, Bell CMJ, Taylor KL, Primic-Zakelj M (1989). Leukaemia and residence near electricity transmission equipment: a case-control study. *Br J Cancer* ; 60: 793-798.

Comba P (1993). Weak associations in cancer epidemiology: their detection, evaluation, and use in public health. *J Exp Clin Cancer Res* ; 12: 1-4.

Demers PA, Thomas DB, Rosenblatt KA, Jimenez LM, McTiernan A, Stalsberg H, Sternhagen A, Thompson WD, McCrea Curnen MG, Satariano W, Austin DF, Isacson P, Greenberg RS, Key C, Kolonel LN, West DW (1991). Occupational exposure to electromagnetic fields and breast cancer in men. *Am J Epidemiol* ; 134: 340-347.

Dosemeci M, Blair A (1994). Occupational cancer mortality among women employed in the telephone industry. *J Occup Med* ; 36: 1204-1209.

Feychting M, Ahlbom A (1993). Magnetic fields and cancer in children residing near Swedish high-voltage power lines. *Am J Epidemiol* ; 138: 467-481.

Floderus B, Persson T, Stenlund C, Wennberg A, Ost A, Knave B (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.

Floderus B, Törnqvist S, Stenlund C (1994). Incidence of selected cancers in Swedish railway workers, 1961-79. *Cancer Causes and Control* ; 5: 189-194.

Fulton JP, Coob S, Preble L, Leone L, Forman E (1980). Electrical wiring configurations and childhood leukaemia in Rhode Island. *Am J Epidemiol* ; 111: 292-296.

Gerelli E, Patrizi V (1993). Le basi informative della politica ambientale. In: Musu I. e Siniscalco D. (Eds). *Ambiente e Contabilità Nazionale*. Bologna: Il Mulino, pp. 201-240.

Grandjean P, Kilburn KH (1992). From research to preventive action. *Arch Environ Health* ; 47: 166 (Editorial).

Grandolfo M, Vecchia P, Comba P (1989). *Linee ad alta tensione: modalità di esposizione e valutazione del rischio sanitario*. Rapporti ISTISAN 89/20.

Guénel P., Raskmark P., Andersen JB., Lyng E (1993). Incidence of cancer in persons with occupational exposure to electromagnetic fields in Denmark. *Br J Ind Med* ; 50: 758-764.

Guidotti T (1992). Hidden assumptions in environmental research. *Environ Res* ; 59: 101-113.

Hill AB (1965). The environment and disease: association or causation? *Proc Roy Soc Med* ; 58: 295-300.

International Agency for Research on Cancer (IARC) (1995). Preamble. *IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans*. Lyon: IARC, vol. 62, pp. 9-32.

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) (1993). Press release. 12 May 1993.

International Radiation Protection Association/International Non-Ionizing Radiation Committee (IRPA / INIRC) (1990). Interim guidelines on limits of exposure to 50/60 Hz electric and magnetic fields. *Health Phys* ; 58: 113-122.

London SJ, Thomas DC, Bowman JD, Sobel E, Cheng TC, Peters JM (1991). Exposure to residential electric and magnetic fields and risk of childhood leukemia. *Am J Epidemiol*; 134: 923-937.

Loomis DP (1992). Cancer of breast among men in electrical occupations. *The Lancet* ; 339: 1482-1483.

Loomis DP, Savitz DA, Ananth CV (1994). Breast cancer mortality among female electrical workers in the United States. *J Natl Cancer Inst* ; 86: 921-925.

Magnani C (1994). Recenti indagini epidemiologiche sull'associazione tra campi elettromagnetici ELF e leucemie. In: Vecchia P (Ed). *Atti del Convegno Nazionale Radiazioni non ionizzanti: effetti biologici, sanitari ed ambientali*. Como 7-9 Settembre 1994. Associazione Italiana di Protezione contro le Radiazioni (AIRP), pp. 31-42.

Magnani C, Capocaccia R, Giordano L, Mosso ML, Pastore G, Prati S, Terracini B (1992). Stima del numero di casi incidenti di tumore maligno in età pediatrica in Italia, per regione. *Riv Ital Pediatr* ; 18: 203-207.

Matanoski GM, Breysse PN, Elliott EA (1991). Electromagnetic field exposure and male breast cancer. *The Lancet* ; 337: 737.

Matanoski GM, Elliott EA, Breysse PN, Lynberg MC (1993). Leukemia in telephone linemen. *Am J Epidemiol* ; 137: 609-619.

McDowall ME (1986). Mortality of persons resident in the vicinity of electricity transmission facilities. *Br J Cancer* ; 53: 271-279.

Myers A, Clayden AD, Cartwright RA, Cartwright SC (1990). Childhood cancer and overhead powerlines: a case-control study. *Br J Cancer* ; 62: 1008-1014.

Olsen JH, Nielsen A, Schulgen G (1993). Residence near high voltage facilities and risk of cancer in children. *Br Med J* ; 307: 891-895.

Poole C, Kavet R, Funch DP, Donelan K, Charry JM, Dreyer NA (1993). Depressive symptoms and headaches in relation to proximity of residence to an alternate-current transmission line right-of-way. *Am J Epidemiol* ; 137: 318-330.

Reiter RJ (1992). Alterations of the circadian melatonin rhythm by the electromagnetic spectrum: a study in environmental toxicology. *Reg Toxicol Pharmacol* ; 15: 226-244.

Repacholi MH (1994). An update on power frequency fields-exposure and cancer. In: Vecchia P (Ed). *Atti del Convegno Nazionale Radiazioni non ionizzanti: effetti biologici, sanitari ed ambientali*. Como 7-9 Settembre 1994. Associazione Italiana di Protezione contro le Radiazioni (AIRP), pp. 3-18.

Rothman K (1986). *Modern epidemiology*. Boston-Toronto: Little, Brown & Co., pp. 7-21.

Sahl DJ, Kelsh MA, Greenland S (1993). Cohort and nested case-control studies of hematopoietic cancers and brain cancer among electric utility workers. *Epidemiol*; 4: 104-114.

Savitz DA, Wachtel H, Barnes FA, John EM, Tvrdik JG (1988). Case-control study of childhood cancer and exposure to 60-Hz magnetic fields. *Am J Epidemiol* ; 128: 21-38.

Savitz DA, John E, Kleckner RC (1990). Magnetic field exposure from electric appliances and childhood cancer. *Am J Epidemiol* ; 131: 763-773.

Savitz DA, Loomis DP (1995). Magnetic field exposure in relation to leukemia and brain cancer mortality among electric utility workers. *Am J Epidemiol* ; 141: 123-134.

Schreiber GH, Swaen GMH, Meijers JMM, Slangen JJM, Sturmans F (1993). Cancer mortality and residence near electricity transmission equipment: a retrospective cohort study. *Int J Epidemiol* ; 22: 9-15.

Severson RK, Stevens RG, Kaune WT, Thomas DB, Heuser L, Davis S, Sever LE (1988). Acute nonlymphocytic leukaemia and residential exposure to power frequency magnetic fields. *Am J Epidemiol* ; 128: 10-20.

Skotte JH (1994). Exposure to power-frequency electromagnetic fields in Denmark. *Scand J Work Environ Health* ; 20: 132-138.

Susser M (1977). Judgment and causal inference: criteria in epidemiologic studies. *Am J Epidemiol* ; 105: 1-15.

Thériault G, Goldberg M, Miller AB, Armstrong B, Guénel P, Deadman J, Imbernon E, To T, Chevalier A, Cyr D, Wall C (1994). Cancer risks associated with occupational exposure to magnetic fields among electric utility workers in Ontario and Quebec, Canada, and France: 1970-1989. *Am J Epidemiol* ; 139: 550-572.

Tofani S, Fiandino G, Benedetto A (1994). Misure di corrente indotta da apparecchi elettrici a 50 HZ. In: Vecchia P (Ed). Atti del Convegno Nazionale *Radiazioni non*

ionizzanti: effetti biologici, sanitari ed ambientali. Como 7-9 Settembre 1994. Associazione Italiana di Protezione contro le Radiazioni (AIRP), pp. 183-186.

Tomenius L (1986). 50-Hz electromagnetic environment and the incidence of childhood tumors in Stockholm county. *Bioelectromagnetics* ; 7: 191-207.

Tynes T, Andersen A (1990). Electromagnetic fields and male breast cancer. *The Lancet* ; 335: 1596.

Verkasalo PK, Pukkala E, Hongisto MY, Valjus JE, Jarvinen PJ, Heikkila KV, Koskenvuo M (1993). Risk of cancer in Finnish children living close to power lines. *Br Med J* ; 307: 895-899.

Vineis P (1991). Causality assessment in epidemiology. *Theor Med* ; 12: 171-181.

Weed D, Selmon M, Sinks T (1988). Links between categories of interaction. *Am J Epidemiol* ; 127: 17-27.

Wertheimer N, Leeper E (1979). Electrical wiring configurations and childhood cancer. *Am J Epidemiol* ; 109: 273-284.

Wertheimer N, Leeper E (1982). Adult cancer related to electrical wires near the home. *Int J Epidemiol* ; 11: 345-355.

Wilson BW (1988). Chronic exposure to ELF fields may induce depression. *Bioelectromagnetics* ; 9: 195-205.

*Direttore dell'Istituto Superiore di Sanità
e Responsabile scientifico: Giuseppe Vicari*

Direttore responsabile: Vilma Alberani

*Stampato dal Servizio per le attività editoriali
dell'Istituto Superiore di Sanità, Viale Regina Elena, 299 - 00161 ROMA*

*La riproduzione parziale o totale dei Rapporti e Congressi ISTISAN
deve essere preventivamente autorizzata.*

Reg. Stampa - Tribunale di Roma n. 131/88 del 1° marzo 1988

Roma, settembre 1995 (n. 3) 9° Suppl.

*La responsabilità dei dati scientifici e tecnici
pubblicati nei Rapporti e Congressi ISTISAN è dei singoli autori*