

I RISCHI DA CAMPI ELETTROMAGNETICI: VALUTAZIONE, PERCEZIONE, PROTEZIONE

Paolo Vecchia

Presidente dell'Associazione Europea di Bioelettromagnetismo (EBEA)

Introduzione

L'Organizzazione Mondiale della Sanità sta attivamente operando per favorire un'armonizzazione a livello mondiale delle normative di protezione dai campi elettromagnetici che molti paesi stanno sviluppando sotto la spinta, da un lato, del rapido sviluppo di nuove tecnologie che moltiplicano le fonti di esposizione, dall'altro delle preoccupazioni per la salute che l'esposizione a queste stesse fonti genera nel pubblico.

Il problema che si pone alle autorità politico-sanitarie e alle organizzazioni protezionistiche non è soltanto quello (già risolto) di stabilire limiti massimi ammissibili nei confronti di rischi certi e ben determinati. Vi è anche quello di confrontarsi con rischi incerti, se non addirittura ipotetici, e di come bilanciare eventuali misure cautelative con i costi economici e sociali che queste comportano, tenendo anche conto degli impliciti messaggi di allarme che l'adozione di misure di questo genere inevitabilmente trasmette.

Questo bilancio non può essere fatto senza un'adeguata comprensione dei meccanismi di comunicazione e di percezione, da parte dell'opinione pubblica, dei rischi in generale e di quelli connessi ai campi elettromagnetici in particolare. Ciò costituisce un campo d'indagine a sé stante, sul quale negli ultimi tempi si è andata sempre più concentrando anche l'attenzione delle comunità scientifica.

Effetti sanitari dei campi a bassa frequenza

Le più recenti valutazioni internazionali sui possibili effetti sanitari dei campi elettromagnetici, sia a bassa sia ad alta frequenza, tendono a ridimensionare le ipotesi di rischio precedentemente formulate, sia per quanto riguarda la credibilità di un'effettivo ruolo dei campi nello sviluppo di patologie a lungo termine, sia per quanto riguarda l'entità del danno che si può stimare assumendo questa ipotesi come dimostrata.

Nel caso dei campi magnetici a frequenza estremamente bassa, come quelli generati dalle linee ad alta tensione, ma anche dagli apparecchi domestici e da qualunque apparato elettrico industriale, una valutazione che costituisce un punto fermo fondamentale è quella

formulata da un gruppo internazionale di esperti convocato dall'Agencia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC 2001). Sulla base di un'accurata analisi della più recente e completa letteratura scientifica, questo gruppo ha giudicato i campi come "possibilmente cancerogni" (Gruppo 2B) secondo una classificazione sviluppata dalla stessa Agencia e universalmente accettata. Questo giudizio ridimensiona, ad esempio, quello precedentemente espresso (sia pure in termini meno espliciti) dall'Istituto Superiore di Sanità (Comba et al. 1995), secondo il quale i campi magnetici a frequenza industriale potevano sostanzialmente essere considerati "probabilmente cancerogni" (Gruppo 2A).

Alla diversa valutazione concorrono i nuovi studi, non solo epidemiologici ma anche biologici e su animali da laboratorio, pubblicati negli ultimi anni. Ciò è ulteriormente provato dalla recente pubblicazione di un'analisi dei dati aggregati di nove tra le più importanti indagini epidemiologiche degli ultimi anni (Ahlbom et al. 2000). Gli autori, che hanno coordinato nei rispettivi paesi studi a livello nazionale, sintetizzano i loro risultati nel modo seguente: *"Per i 3.203 bambini con la leucemia ed i 10.338 controlli con esposizioni residenziali stimate fino a 0,4 μT abbiamo osservato stime di rischio vicine al livello di mancanza di effetti, mentre per i 42 bambini con la leucemia e i 62 controlli con esposizioni stimate al di sopra di 0,4 μT il rischio relativo complessivo era 2,00. In sintesi, il 99,2% dei bambini residenti in case con $B < 0,4 \mu T$ aveva stime compatibili con l'assenza di un aumento di rischio, mentre lo 0,8% dei bambini con esposizioni sopra 0,4 μT avevano un rischio relativo stimato di circa 2, che è improbabile sia dovuto a variazioni casuali. La spiegazione del rischio elevato non è nota, ma distorsioni nella selezione potrebbero render conto di parte dell'aumento"*.

L'estrema cautela degli autori è verosimilmente attribuibile anche alla mancanza di un supporto biologico all'ipotesi di cancerogenicità. E' opportuno infatti ricordare che l'epidemiologia, sempre importante in quanto basata su osservazioni dirette sull'uomo, si limita per la sua stessa natura ad una ricerca di associazioni statistiche. A meno che l'associazione osservata non sia molto forte (e non è questo il caso dei campi magnetici), per poter concludere che essa riflette effettivamente una relazione causale occorre che sia confortata da risultati su animali o da studi di laboratorio che individuino meccanismi di azione e risposte biologiche chiaramente connessi alla cancerogenesi.

Gli stessi autori sono estremamente espliciti a questo riguardo. Essi fanno infatti notare che *"i risultati di numerosi esperimenti su animali e studi di laboratorio che hanno esaminato gli effetti biologici dei campi magnetici non hanno prodotto nessuna evidenza a sostegno di un ruolo eziologico dei campi magnetici nello sviluppo della leucemia. Quattro esperimenti protratti per l'intera vita di animali non hanno fornito nessuna evidenza che i campi magnetici, anche a livelli di esposizione di 2000 μT , siano coinvolti nello sviluppo di tumori linfopoietici. Diversi esperimenti su roditori progettati per rilevare effetti di*

promozione di leucemie o linfomi da parte dei campi magnetici sono stati anch'essi uniformemente negativi. Non c'è nessun risultato di laboratorio riproducibile che dimostri effetti biologici dei campi magnetici al di sotto di 100 μT ".

Ad un giudizio sostanzialmente analogo, con la stessa classificazione nel gruppo 2B, era giunto in precedenza un gruppo di esperti nominato dal National Institute for Environmental Health Sciences (NIEHS) degli Stati Uniti, a conclusione del progetto RAPID (Research And Public Information Dissemination). Tale progetto era stato promosso dal Congresso degli USA con il fine preciso di stabilire, e comunicare correttamente al pubblico, se ed in quale misura i campi magnetici a frequenza industriale costituissero un rischio per la salute. La differenza principale tra le due valutazioni consiste nel fatto che, mentre per gli esperti del NIEHS il giudizio di "possibilmente cancerogeni" si basava su una limitata evidenza di aumenti sia di leucemia infantile nei soggetti esposti in ambienti residenziali, sia di una particolare forma di leucemia negli adulti esposti per motivi professionali, il documento conclusivo della IARC esclude questa seconda possibilità, concludendo che non vi sono evidenze convincenti di aumenti di alcuna forma tumorale negli adulti, siano essi esposti in ambiente residenziale o lavorativo.

Come già evidenziato nella citazione sopra riportata dal lavoro di Ahlbom et al., le valutazioni degli epidemiologi trovano ulteriore sostegno e conferma nei risultati di diversi studi su animali. Una rassegna (Boorman et al. 2000a) della parte di studi relativa all'incidenza di leucemie e linfomi in roditori esposti a campi magnetici di bassa frequenza conclude che *"i risultati combinati degli esperimenti su animali sono pressoché uniformemente negativi per quanto riguarda un aumento delle leucemie e indeboliscono la possibile associazione epidemiologica tra l'esposizione a campi magnetici e la leucemia nell'uomo, come suggerito dai dati epidemiologici"*. In modo analogo, una seconda rassegna (Boorman et al. 2000b) relativa a studi sul tumore mammario conclude che *"la totalità dei dati sui roditori non conforta l'ipotesi che l'esposizione a campi magnetici a frequenza industriale aumenti il tumore mammario nei roditori stessi, né fornisce sostegno sperimentale a possibili associazioni epidemiologiche tra l'esposizione a campi magnetici e un aumento dei tumori al seno"*.

Gli interrogativi sulla "credibilità" di un ruolo dei campi magnetici nella cancerogenesi sono espliciti anche in una relazione (Savitz 1999) presentata al XII Convegno Scientifico dell'Associazione Internazionale di Epidemiologia. Invitato a sintetizzare "Venti anni di ricerche epidemiologiche su campi elettromagnetici e tumori", David Savitz – uno degli studiosi che maggiormente ha contribuito all'epidemiologia nel settore - riconosceva che i dati complessivamente disponibili potevano essere il risultato di un effettivo processo causale, ma sottolineava che *"in alternativa, una selezione non bilanciata dei controlli, un'enfaticizzazione selettiva dei risultati ed errori casuali possono aver creato la sensazione di*

un'associazione. Il fatto che i miglioramenti metodologici non siano riusciti a fornire risultati più chiari suggerisce che non ci sia nessuna relazione di causa ed effetto da identificare oppure che gli affinamenti non siano significativi quanto crediamo”.

Secondo una prassi consolidata, la IARC farà seguire alla sua valutazione una monografia sui possibili effetti cancerogeni dei campi magnetici a bassa frequenza. La pubblicazione di questo volume è prevista per il marzo 2002. Nel frattempo, il documento di rassegna più completo ed aggiornato è costituito da un rapporto prodotto in Gran Bretagna da un gruppo permanente di consulenza al Governo (Advisory Group on Non Ionising Radiation, AGNIR), pubblicato a cura del National Radiological Protection Board (AGNIR 2001), al quale si rinvia per approfondimenti. Un utile documento di informazione al pubblico, che fornisce tra l'altro chiarimenti sul significato delle categorie della IARC, è stato pubblicato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità ed è disponibile nella rete Internet, anche in lingua italiana (OMS 2001).

Effetti sanitari dei campi elettromagnetici ad alta frequenza

I campi elettromagnetici a radiofrequenze e microonde possono efficacemente interagire con i tessuti biologici attraverso un processo di assorbimento dell'energia incidente, che viene dissipata nei tessuti stessi sotto forma di calore. La conseguenza fondamentale dell'esposizione del corpo umano a questo tipo di radiazione è quindi il riscaldamento generale o localizzato (nel caso di esposizioni parziali) del corpo stesso o dei suoi organi. Gli effetti sanitari che ne conseguono sono legati a questo riscaldamento piuttosto che ai campi elettromagnetici in sé, e prendono pertanto il nome di effetti termici.

Grazie a circa cinquanta anni di studi, che si sono tradotti in una enorme mole di articoli scientifici (per una rassegna dei relativi risultati si veda Saunders et al. 1991; WHO 1993; Austria 1996; Health Council of the Netherlands 1997), gli effetti termici sono oggi ben compresi e documentati. In particolare, è stato messo in evidenza come questi si manifestino soltanto al di sopra di determinati livelli di esposizione, che dipendono dalla frequenza del campo elettromagnetico. Ciò ha consentito la definizione, da parte di diverse organizzazioni protezionistiche, di limiti di esposizione molto cautelativi, che garantiscono pienamente, sotto questo aspetto, la salute dei lavoratori e della popolazione (EC 1996; Taki 1996); al di sotto di tali limiti, infatti, il calore prodotto dall'assorbimento di energia elettromagnetica è largamente inferiore a quello di natura endogena legato ai normali processi metabolici.

Più complesso appare il problema dei possibili effetti a lungo termine di un'esposizione cronica a campi anche di bassa intensità. Questo tipo di effetti non può infatti, per nessun tipo di agente, essere definitivamente escluso per principio; un'analisi approfondita ed obiettiva

dei dati della ricerca epidemiologica e biologica può al massimo condurre a delle valutazioni sulla ragionevolezza e la credibilità di una loro ipotesi.

Nell'effettuare questo tipo di analisi, è fondamentale tenere presente che i meccanismi fisici di interazione dei campi elettromagnetici con i sistemi biologici (e di conseguenza i relativi effetti) dipendono in modo determinante dalla frequenza e pertanto ogni estrapolazione da una gamma di frequenze all'altra è arbitraria e scientificamente inammissibile. In particolare, non ha alcun senso generalizzare al caso delle radiofrequenze e microonde le indicazioni che provengono da studi epidemiologici relativi a campi elettrici e magnetici a frequenze estremamente basse, come quelli generati dalle linee ad alta tensione.

Per quanto riguarda i campi elettromagnetici ad alta frequenza, i dati della ricerca biologica indicano concordemente che questi non sono né mutageni né teratogeni. Non appare pertanto plausibile che l'esposizione ai campi elettromagnetici a radiofrequenza induca di per sé processi tumorali o effetti sulla gravidanza. Per essi si potrebbe ipotizzare al più un ruolo di promozione o di copromozione (in concomitanza con altri agenti) qualora la ricerca epidemiologica evidenziasse l'aumento di determinate patologie in connessione con l'esposizione.

Le indagini epidemiologiche, però, non forniscono nel complesso elementi in questo senso. Alcune indicazioni di una possibile associazione tra effetti sulla gravidanza ed il lavoro al videoterminale (nel quale era comunque difficile discriminare il ruolo dei campi elettromagnetici e, all'interno di questi, quello dei contributi ad alta e bassa frequenza) non hanno trovato conferma in successive ricerche più ampie e più accurate (Parazzini et al. 1993; Delpizzo 1994). Per quanto riguarda gli studi sul cancro, il loro numero limitato, la diversità delle sorgenti considerate e dei protocolli d'indagine, i risultati controversi e talvolta contraddittori non consentono di formulare un giudizio definitivo (Swerdlow 1997; Elwood 1999; Kilkenny e Cardis 1999).

Da più parti è stata interpretata la relativa carenza di studi epidemiologici nel settore come un segnale di scarsa attenzione verso i problemi sanitari connessi con i campi a radiofrequenze e microonde. Questa critica non può però essere condivisa, per una serie di motivi che meritano di essere brevemente menzionati.

In primo luogo, si può osservare che le indagini epidemiologiche sono poche in rapporto a quelle relative ai campi magnetici a frequenza estremamente bassa, ma non rispetto a molti altri agenti potenzialmente nocivi; se la mole di dati disponibili può apparire inadeguata, ciò è dovuto soprattutto al fatto che i diversi studi si riferiscono a sorgenti che differiscono notevolmente per le caratteristiche fisiche dei campi irraggiati (frequenza, forma d'onda, sequenza temporale ecc.) e per le modalità di emissione. Non è pertanto possibile confrontare, ad esempio, i risultati di un'indagine sui radar con quelli di una relativa alla telefonia cellulare, o ad impianti di diffusione radiotelevisiva. Le indagini in ambiente

lavorativo sono, da parte loro, abbastanza numerose ma, oltre al fatto di fornire indicazioni contrastanti, sono di difficile interpretazione per la possibilità di fattori confondenti, tra i quali anche la simultanea presenza di campi elettromagnetici di frequenze diverse.

Per quello che riguarda le esposizioni dovute ad emittenti radiotelevisive, due studi relativi all'incidenza di leucemia in aree caratterizzata dalla presenza di emittenti, rispettivamente nelle Hawaii (Maskarinec et al. 1994) ed in Australia (Hocking et al. 1996) hanno richiamato una certa attenzione in quanto sembravano indicare un aumento nell'incidenza della patologia. Un successivo e più ampio studio nella stessa area dell'Australia (McKenzie et al. 1998) ha tuttavia dimostrato che l'effetto osservato era dovuto ad un'anomala concentrazione di patologie in un solo sito; la mancanza di aumenti negli altri rende poco plausibile un'associazione con la presenza dell'antenna.

Alle indicazioni degli studi citati si contrappongono i dati di un'indagine condotta in Inghilterra, spesso fraintesi e riportati in modo parziale o distorto dai mezzi di informazione. Un articolo scientifico aveva infatti segnalato un'anomala concentrazione di casi di leucemia nell'area circostante una potente antenna radiotelevisiva nella località di Sutton Coldfield, in Inghilterra (Dolk et al. 1997a). L'ipotesi che tale circostanza fosse dovuta ai campi elettromagnetici generati dall'emittente trovava sostegno nell'osservazione che il tasso di incidenza diminuiva con la distanza da quest'ultima. Sulla base di queste indicazioni, molti mezzi di informazione, ed anche qualche istituzione pubblica a carattere tecnico-scientifico, si sono affrettati a presentare i risultati di questo studio come una forte evidenza della cancerogenicità dei campi elettromagnetici ad alta frequenza, e di quelli propri dei sistemi radiotelevisivi in particolare. In realtà, nello stesso numero della rivista scientifica compariva un secondo articolo dello stesso gruppo di ricerca (Dolk et al. 1997b) che si proponeva di verificare se negli altri siti che in Inghilterra ospitavano emittenti delle stesse caratteristiche si presentassero situazioni analoghe. I risultati indicavano che, delle 21 antenne di elevata potenza installate nel Paese, nessuna eccetto Sutton Coldfield presentava aumenti nell'incidenza di tumori.

Un discorso a parte, per le loro particolari caratteristiche di emissione, meritano i telefoni cellulari, per i quali si è ipotizzato un possibile rischio di tumori del cervello o di altri organi della testa. Questa ipotesi, motivata solo dalla vicinanza dell'antenna ma priva di giustificazioni biologiche, non trova supporto nell'epidemiologia. I risultati di tre importanti studi recentemente pubblicati (Muscat et al. 2000; Inskip et al. 2001, Johansen et al. 2001) indicano concordemente l'assenza di qualunque aumento di tumore in relazione a qualunque indice di esposizione utilizzato.

I risultati della letteratura pertinente agli effetti a lungo termine dei campi a radiofrequenza sono stati raccolti e analizzati in ampi articoli di rassegna (Moulder et al. 1999, Royal Society of Canada 1999, IEGMP 2000). Le valutazioni complessive coincidono

con quelle espresse dall'OMS (1998), secondo la quale *"una revisione dei dati scientifici svolta dall'OMS nell'ambito del Progetto Internazionale CEM ha concluso che, sulla base della letteratura attuale, non c'è nessuna evidenza convincente che l'esposizione a campi elettromagnetici a radiofrequenza abbrevi la durata della vita umana, né che induca o favorisca il cancro"*.

La percezione dei rischi connessi ai campi elettromagnetici

L'Organizzazione Mondiale della Sanità ha avviato nel 1996 un progetto decennale "Campi elettromagnetici" che si propone, come obiettivo fondamentale, la messa a fuoco su basi scientifiche dei principali problemi sanitari connessi con l'esposizione a campi elettromagnetici (WHO 1996). E' molto significativo che tra le linee fondamentali del progetto sia compreso, per la prima volta, lo studio dei processi di percezione e comunicazione del rischio.

I più recenti sviluppi dei dibattiti e delle controversie in diversi paesi hanno infatti evidenziato come molte tensioni siano acuite, se non addirittura originate, da una diversa percezione dei rischi da parte dei diversi interlocutori, da una certa incapacità degli esperti di comunicare i rischi all'opinione pubblica e da una scarsa propensione dei mezzi di informazione a svolgere un ruolo di corretto trasferimento dei dati scientifici piuttosto che indulgere a facili sensazionalismi.

D'altra parte, è indubbio che queste difficoltà di comunicazione abbiano anche basi oggettive, che risiedono nella qualità stessa dei dati, tuttora controversi, a volte addirittura contraddittori e comunque di difficile lettura.

Il problema cruciale della valutazione dei rischi si lega pertanto da un lato a quello di una corretta analisi dei dati scientifici, dall'altro a quello, non meno importante ma finora solo in parte esplorato, dei meccanismi attraverso i quali i rischi vengono comunicati e percepiti.

La ricerca sulla percezione del rischio ha avuto storicamente inizio in connessione con lo sviluppo dell'energia nucleare, per fronteggiare le difficoltà di comunicazione tra gli esperti del settore ed il pubblico. Successivamente, ha trovato applicazione in numerosi altri campi, maturando progressivamente fino a costituire una disciplina indipendente nell'ambito delle scienze sociali. Molti dei concetti che sono stati sviluppati hanno validità generale e possono quindi essere utilmente applicati al caso dei campi elettromagnetici.

I rischi sono diversamente percepiti secondo la loro qualità. La Tabella 1 elenca i fattori che sono stati identificati come particolarmente rilevanti nel determinare l'atteggiamento psicologico verso i rischi presentati da determinati agenti nocivi (energia nucleare, sostanze tossiche, inquinamento ambientale).

Tabella 1. Fattori che influenzano la percezione del rischio

| FATTORE | CONDIZIONI ASSOCIATE ALLA PREOCCUPAZIONE DEL PUBBLICO |
|---------------------------------------|---|
| Potenziale catastrofico | Morti e feriti raggruppati nello spazio e nel tempo |
| Familiarità | Non familiare |
| Comprensione | Meccanismi del processo non compresi |
| Incertezza | Rischio scientificamente sconosciuto o incerto |
| Controllabilità | Non controllabile personalmente |
| Volontarietà | Esposizione involontaria |
| Effetti sui bambini | Bambini particolarmente a rischio |
| Effetti sulle generazioni future | Rischio per le generazioni future |
| Identità delle vittime | Vittime identificabili |
| Gravità | Effetti gravi |
| Fiducia nelle istituzioni | Mancanza di fiducia nelle istituzioni responsabili |
| Attenzione dei mezzi di comunicazione | Molta attenzione dei mezzi di comunicazione |
| Incidenti precedenti | Incidenti gravi e talvolta meno gravi |
| Equità | Distribuzione non equa di rischi e benefici |
| Benefici | Benefici non chiari |
| Reversibilità | Effetti irreversibili |
| Coinvolgimento personale | Individuo personalmente a rischio |
| Evidenza scientifica | Stime di rischio basate sull'evidenza umana |
| Origine | Causata da attività o da errori umani |

Un certo numero di questi fattori hanno certamente importanza anche nel caso dei campi elettromagnetici (Kunsch 1994); il più evidente è forse l'impatto emotivo di rischi che coinvolgono la popolazione infantile, ma l'impercettibilità dei campi, la scarsa comprensione dei meccanismi di interazione, le incertezze dei dati scientifici giocano verosimilmente anch'essi un ruolo significativo.

Studi specifici sui campi elettromagnetici indicano profonde differenze di valutazione tra gli esperti e l'opinione pubblica; è interessante comunque notare che queste riguardano molto più l'entità dei rischi presunti che l'attendibilità di una loro stessa esistenza. Su quest'ultimo punto si riscontrano infatti all'interno della stessa comunità scientifica divergenze, anche se in misura minore di quelle che si manifestano in seno all'opinione pubblica (HCRA 1995).

Un'osservazione fondamentale è che la percezione del rischio influenza decisamente l'atteggiamento psicologico dei non esperti verso i campi elettromagnetici e gli apparati che li generano, con possibili conseguenze anche sulla salute.

Ciò è chiaramente evidenziato in un rapporto di un gruppo di studio istituito dall'Unione Europea per l'analisi dei sintomi soggettivi attribuiti all'esposizione a campi elettromagnetici (Berqvist e Vogel 1997). Il rapporto analizza gli studi su sintomi come cefalea, astenia, debolezza, disturbi neurofisiologici lamentati da diversi soggetti ed attribuiti a esposizioni in ambiente residenziale o lavorativo. Le conclusioni indicano che tali patologie sono almeno in parte di natura psicosomatica: ad una prova sperimentale, i sintomi sono infatti risultati statisticamente correlati con il grado di preoccupazione manifestata dai soggetti, ma non con l'effettiva esistenza di un'esposizione.

Significativo in proposito è lo studio di McMahan e Meyer (1996) che mostra come alcuni sintomi soggettivi siano più frequenti non tanto nei soggetti effettivamente esposti a campi magnetici da linee ad alta tensione, quanto in quelli che sono preoccupati per tali campi (Tab. 2).

Tabella 2. Prevalenza di sintomi soggettivi in relazione al livello di preoccupazione

| | Meno preoccupati | Più preoccupati |
|-------------------|------------------|-----------------|
| Nessun sintomo | 50% | 31% |
| Almeno un sintomo | 50% | 69% |

Queste osservazioni confermano quanto da più parti era stato già ipotizzato e segnalato: una distorta percezione dei rischi può generare preoccupazioni eccessive o addirittura ingiustificate, che sono a loro volta fonte non solo di tensioni sociali ma anche di oggettivi problemi sanitari.

Normative protezionistiche internazionali

Nel corso di quasi mezzo secolo, attraverso il continuo aggiornamento ed affinamento delle linee guida, le principali organizzazioni internazionali hanno sviluppato un "sistema" di protezione dai campi elettromagnetici organico e logicamente ben fondato. Il riferimento più

autorevole è fornito dalle linee guida dell'International Commission on Non Ionising Radiation Protection (ICNIRP 1998) ma i fondamenti logici e la struttura di queste linee guida sono comuni alle altre normative internazionalmente accreditate, come quella dell'Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE 1999) o quella del National Radiological Protection Board (NRPB 1993) della Gran Bretagna.

La protezione del pubblico e dei lavoratori professionalmente esposti si realizza soprattutto attraverso limiti di esposizione. Questi limiti sono espressi in termini di particolari grandezze fisiche direttamente collegate agli effetti biologici prodotti dall'interazione dei campi esterni con i tessuti del corpo umano. Sono state identificate diverse di queste grandezze "dosimetriche", ciascuna delle quali assume un ruolo più o meno importante nelle diverse regioni dello spettro elettromagnetico. Le grandezze più significative sono la densità di corrente indotta, che è determinante per gli effetti dei campi elettrici e magnetici a frequenza estremamente bassa, ed il tasso di assorbimento specifico o SAR (Specific Absorption Rate) che rende conto degli effetti termici dei campi elettromagnetici a radiofrequenze e microonde.

I limiti di esposizione vengono individuati a partire da determinati livelli "di soglia" al di sopra dei quali si cominciano ad osservare alcuni effetti biologici che, per la loro natura o la loro entità, potrebbero avere una rilevanza sanitaria. In pratica, i limiti si deducono da questi livelli di soglia dividendo per opportuni fattori cautelativi, che sono tanto più grandi quanto più ampi sono i margini di incertezza scientifica sugli effetti considerati.

In questo procedimento, vengono presi in considerazione soltanto gli effetti accertati, cioè documentati dalla pubblicazione su riviste scientifiche specialistiche e qualificate, attraverso un processo di accettazione che comprende il vaglio critico della cosiddetta "peer review". La replicazione indipendente dei risultati da parte di altri laboratori costituisce un elemento importante e a volte fondamentale per l'accertamento di un effetto.

A fini operativi, accanto ai limiti di esposizione le linee guida forniscono dei cosiddetti "livelli di riferimento", che sono espressi in termini di grandezze fisiche direttamente misurabili, come l'intensità del campo elettrico, l'intensità del campo magnetico e la densità di potenza del campo elettromagnetico. I livelli di riferimento sono ricavati dai limiti di base mediante modelli dosimetrici che tengono conto sia delle caratteristiche fisiche dei campi (frequenza, polarizzazione, forma d'onda, sequenza temporale), sia di quelle del soggetto esposto (taglia, postura ecc.).

A scopo cautelativo, si adotta per tutti i numerosi parametri in gioco il valore più sfavorevole ai fini dell'esposizione; si assume cioè che per ciascuno di essi si verifichi, indipendentemente e contemporaneamente, la cosiddetta "ipotesi del caso peggiore". Ciò corrisponde a una condizione di esposizione estremamente improbabile; in situazioni

realistiche, i livelli di esposizione presentano quindi ulteriori e consistenti fattori di riduzione rispetto ai limiti di base.

Tutto ciò porta ad una conseguenza fondamentale: mentre esposizioni al di sotto dei livelli di riferimento assicurano in ogni circostanza il rispetto dei limiti di base, non è vero il viceversa: la misura del campo elettrico, del campo magnetico o della densità di potenza costituisce il mezzo più rapido e diretto per la verifica del rispetto delle norme, ma se uno o più dei livelli di riferimento vengono superati, è ancora possibile che l'esposizione sia conforme ai limiti. Ciò deve però essere dimostrato attraverso un procedimento più complesso, ricorrendo al calcolo delle grandezze fondamentali nelle effettive condizioni di esposizione.

I documenti dell'ICNIRP sottolineano esplicitamente la flessibilità di questo sistema di protezione articolato su due livelli, che può adattarsi a qualunque situazione espositiva, e non solo in linea di principio. Sono infatti disponibili oggi avanzati codici di calcolo e dettagliati modelli numerici di simulazione del corpo umano, che consentono un'accurata dosimetria anche nelle situazioni molto complesse che si presentano nelle vicinanze delle sorgenti (cioè nelle cosiddette regioni di "campo vicino").

Numerosi esempi evidenziano l'utilità dei limiti di base. La maggior parte di questi si riferiscono a esposizioni in posti di lavoro; il caso più noto ed attuale è però quello dei telefoni cellulari, che interessano ormai la maggioranza della popolazione. Durante l'uso di un "telefonino", l'intensità del campo elettrico in corrispondenza dell'orecchio o della superficie della testa dell'utente è molto superiore a qualunque livello di riferimento, ma accurate stime dosimetriche dimostrano che tutti gli attuali telefoni rispettano i limiti fondamentali, espressi in termini della grandezza che realmente conta in questo caso, cioè il SAR locale in regioni particolari del corpo.

Come già sottolineato, il procedimento logico precedentemente descritto è comune a tutte le principali linee guida internazionali. Anche sulla letteratura scientifica di riferimento si registra un generale consenso, che si traduce nel fatto che i limiti di base raccomandati dai diversi organismi sono praticamente gli stessi.

Partendo da questa constatazione, sono state avviate negli ultimi anni delle azioni per favorire una generale armonizzazione delle normative nazionali dei singoli paesi. In particolare, l'Organizzazione Mondiale della Sanità, nell'ambito del Progetto Internazionale Campi Elettromagnetici, organizza seminari in diverse aree geografiche del mondo, con l'obiettivo di fornire raccomandazioni e indirizzi ai governi e alle autorità sanitarie locali. Altrettanto significativa è l'azione dell'Unione Europea, il cui Consiglio ha approvato – con il solo voto contrario dell'Italia – una raccomandazione (UE 1999) per l'adozione in tutti i suoi stati membri di un sistema comune di protezione, basato sulle linee guida dell'ICNIRP.

Nel preambolo del documento del Consiglio si sottolinea l'importanza che le misure raccomandate siano basate sui dati più avanzati della ricerca. La raccomandazione ha dunque solide basi scientifiche, anche se le sue motivazioni sono prevalentemente politiche, come il testo stesso chiarisce esplicitamente. In particolare, l'Unione Europea ritiene che tutti i suoi cittadini abbiano diritto ad uno stesso grado di protezione; in più, sottolinea che l'adozione di misure legislative diverse da paese a paese creerebbe un senso di sfiducia sia nelle autorità sanitarie, sia nella scienza.

D'altro canto, il documento riconosce che i singoli governi possono adottare misure più cautelative di quelle raccomandate dal Consiglio, sulla base di considerazioni che sono però di natura diversa da quelle scientifiche e non devono essere confuse con queste ultime.

Politiche cautelative per i campi elettromagnetici

Tutte le linee guida internazionali e la grande maggioranza delle normative nazionali che ad esse si ispirano (oltre 20 paesi hanno già adottato i limiti raccomandati dall'ICNIRP) si fondano sugli effetti sanitari scientificamente documentati, che sono, al momento attuale, solamente quelli di tipo acuto. Ciò non significa che la possibilità di effetti a lungo termine suggerita da alcune indagini epidemiologiche non sia stata oggetto di approfondita analisi da parte delle organizzazioni responsabili; l'ICNIRP, ad esempio, dispone di un comitato permanente esclusivamente per l'epidemiologia. A giudizio concorde di queste organizzazioni, le conoscenze attuali non sono però di consistenza tale da consentire la definizione di limiti numerici scientificamente e logicamente fondati per la prevenzione di questi effetti.

Come già visto, comunque, scelte politiche indipendenti dalle valutazioni scientifiche possono portare all'adozione di misure cautelative che, se adeguatamente giustificate e condivise, corrispondono anche ad un orientamento che va sempre più affermandosi. Numerosi trattati internazionali raccomandano infatti che le politiche ambientali e sanitarie dei singoli paesi e delle comunità di stati (come l'Unione Europea) siano ispirate ad un "principio di precauzione". Questo principio, però, non è generalmente definito nei trattati e le raccomandazioni potrebbero quindi rimanere pure enunciazioni di principio.

Importanti elementi di chiarezza in merito sono stati recentemente forniti da due documenti della Commissione Europea. Il principio di precauzione viene da questa definito come "un approccio alla gestione del rischio che si applica in condizioni di incertezza scientifica e che riflette l'esigenza di intraprendere delle azioni di fronte ad un rischio potenzialmente grave, senza attendere i risultati della ricerca scientifica".

Letteralmente intesa, la definizione renderebbe il principio astratto, o suscettibile di applicazioni arbitrarie, in quanto l'incertezza è intrinseca a qualunque dato scientifico. I due

documenti europei dovrebbero però scongiurare questo pericolo, in quanto costituiscono delle vere e proprie guide per un uso pratico del principio di protezione.

Il primo (CE 1998) è stato preparato dalla Direzione Generale (DG) XXIV (Politica dei consumatori e difesa della salute). La DG fornisce sei indicazioni (definite a loro volta “principi”) per applicare il principio di precauzione:

- la messa in opera di un approccio basato sul principio di precauzione dovrebbe cominciare con una valutazione oggettiva del rischio, identificando ad ogni tappa il grado di incertezza scientifica;
- quando i risultati della valutazione dei rischi siano conosciuti, le decisioni dovrebbero coinvolgere tutte le parti, nella massima trasparenza possibile;
- le misure basate sul principio di precauzione dovrebbero essere proporzionate al rischio che si vuole limitare o sopprimere;
- le misure basate sul principio di precauzione dovrebbero tenere conto di una valutazione costi/benefici (vantaggi/svantaggi), per garantire una riduzione del rischio ad un livello accettabile per l’insieme delle parti;
- le misure basate sul principio di precauzione dovrebbero indicare chiaramente chi ha la responsabilità di produrre le prove scientifiche necessarie per una valutazione completa dei rischi;
- le misure basate sul principio di precauzione dovrebbero avere sempre un carattere provvisorio nell’attesa dei risultati delle ricerche scientifiche condotte per generare i dati mancanti e per effettuare una valutazione del rischio più obiettiva.

Il secondo documento (CE 2000) ha la forma di una comunicazione della Commissione. Esso presenta sostanziali analogie con il precedente, ma fornisce importanti puntualizzazioni. In particolare, precisa che il principio di precauzione deve essere adottato “qualora vengano identificati gli effetti potenzialmente pericolosi di un fenomeno, prodotto o processo” e la valutazione scientifica non sia in grado di stabilire la portata di tali rischi “con un sufficiente grado di chiarezza”.

Le modalità di applicazione del principio, secondo la Comunicazione, devono essere valutate caso per caso. Per la Commissione “trovare il giusto equilibrio affinché sia possibile realizzare interventi proporzionati, non discriminatori, trasparenti e coerenti, richiede un processo decisionale strutturato corredato di informazioni dettagliate di carattere scientifico e di altre informazioni oggettive”.

Analogamente a quanto affermato nel documento della DG XXIV, la comunicazione della Commissione sottolinea l’importanza di una valutazione scientifica che individui i rischi ed il grado di incertezza ad essi associato. Successivamente, è necessario definire il livello di rischio accettabile, coinvolgendo tutte le parti interessate.

Entrambi i documenti europei fanno notare come anche la scelta di non agire sia una decisione, e debba quindi essere adeguatamente motivata. Per i casi in cui si proceda con atti mirati, gli interventi dovrebbero essere:

- proporzionati al livello di protezione scelto;
- non discriminatori nella loro applicazione;
- coerenti con provvedimenti simili già adottati;
- basati su un esame dei costi e dei benefici potenziali dell'azione o dell'assenza di azione;
- oggetto di revisione alla luce dei nuovi dati scientifici;
- in grado di definire la responsabilità ai fini della produzione dei riscontri scientifici necessari per una valutazione più completa del rischio.

Di fronte alla preoccupazione del pubblico, l'Italia e la Svizzera hanno adottato normative di protezione dai campi elettromagnetici che prevedono limiti più restrittivi di quelli raccomandati internazionalmente. Mentre le autorità delle due nazioni sottolineano il carattere cautelativo delle proprie norme, in nessun documento ufficiale viene menzionato il principio di precauzione. Ciò nonostante, e sebbene la Svizzera non faccia parte dell'Unione Europea, è interessante osservare in quale misura le rispettive normative nazionali siano coerenti con le indicazioni della Commissione Europea.

La normativa della Svizzera si applica, con identici criteri, tanto ai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza quanto ai campi elettromagnetici a radiofrequenze e microonde. Per quanto riguarda l'Italia, solo questi ultimi sono stati finora oggetto di una normativa cautelativa attraverso il Decreto del Ministero dell'Ambiente n. 381/98, ma la "legge quadro" (Legge n. 36 del 22 febbraio 2001) indica chiaramente che anche il nostro paese intende adottare il medesimo approccio prudenziale nei confronti di qualunque tipo di campo elettromagnetico.

Le evidenze scientifiche sono però profondamente diverse per i diversi campi, come evidenziato in precedenza. Si è già citato il giudizio dell'OMS sugli effetti dei campi elettromagnetici a radiofrequenze e microonde. Chiamare in causa il principio di precauzione per questi ultimi è dunque arbitrario, almeno secondo la Commissione Europea, la quale precisa che il ricorso ad esso "presuppone l'identificazione degli effetti potenzialmente negativi che derivano da un fenomeno, un prodotto o una procedura" (CE 2000).

Il ricorso al principio di precauzione risulterebbe invece giustificato nel caso dei campi magnetici a frequenza industriale per i quali, come si è già sottolineato, un potenziale danno alla salute (la leucemia infantile) è stato identificato, anche se permangono notevoli incertezze sull'effettiva relazione causale tra l'esposizione e l'effetto, nonché sull'entità di quest'ultimo. Ma proprio queste incertezze rendono problematica un'applicazione del principio che sia conforme alle linee guida della Commissione. In assenza di qualunque

indicazione di una relazione esposizione/risposta è infatti impossibile svolgere un'analisi costi/benefici, così come è impossibile valutare quali misure consentano di raggiungere un determinato livello di protezione e, a maggior ragione, è impossibile confrontare l'efficacia di eventuali misure cautelative con l'efficacia di provvedimenti adottati in altri settori.

Il problema può essere utilmente esemplificato nel caso italiano, facendo riferimento alle linee ad alta tensione. Stime effettuate sulla base delle più recenti analisi epidemiologiche e già ampiamente discusse in precedenza (Ahlbom et al. 2000, AGNIR 2001) portano a stimare nell'ordine di un caso aggiuntivo di leucemia infantile ogni paio d'anni (in termini di incidenza) il detrimento sanitario imputabile ad esposizioni superiori a 0,5 μT per effetto dell'intera rete delle linee ad alta tensione in Italia (Petrini et al. 2001). Analisi rese pubblicamente note (TASK 2000) indicano in alcune decine di migliaia di miliardi di lire il costo delle azioni di risanamento necessarie per ridurre le esposizioni residenziali al di sotto di 0,5 μT , cioè il "livello di attenzione" prescritto come "misura di cautela" da una bozza di decreto non ancora pubblicata ma ampiamente divulgata. L'insieme di questi dati, considerata anche la vita media degli impianti e quindi la durata dell'efficacia delle misure, consentono di stimare nell'ordine del miliardo di euro il costo per "caso statistico" evitato dalle misure di risanamento, nell'ipotesi di un'effettiva relazione causale. Si può dubitare che i cittadini sarebbero disponibili a pagare questi costi, qualora venissero effettivamente coinvolti, in modo informato, nei processi decisionali.

Conclusioni

Il problema dei possibili effetti a lungo termine dell'esposizione a campi elettromagnetici è, dal punto di vista scientifico, tuttora aperto.

L'assenza di un quadro coerente di indicazioni epidemiologiche, assieme alla mancanza di adeguate prove biologiche, non consente di stabilire in modo chiaro e convincente una relazione di causa ed effetto tra nessun tipo di esposizione e nessuna forma di tumore. Su questa valutazione si registra un unanime consenso internazionale; le affermazioni di senso opposto, espresse spesso in toni categorici dai mezzi di informazione o da ambienti non scientifici, debbono considerarsi allarmistiche e, come tali, di fatto dannose per la salute.

Il problema di una corretta informazione costituisce, in effetti, un punto cruciale nella controversia sui campi elettromagnetici. Prese di posizione importanti a questo proposito sono state assunte sia da autorevoli scienziati a titolo personale, sia da importanti istituzioni scientifiche. Come esempio significativo del primo caso si può citare un editoriale apparso sul più importante quotidiano svedese a firma di quattro professori dell'Istituto Karolinska e di uno dell'Università di Lund (la traduzione italiana è disponibile sul sito: <http://www.elettra2000.it>), dal significativo titolo "Esperti che parlano di spazzatura". Per

quanto riguarda le istituzioni, è stata inviata al Presidente del Parlamento Europeo una lettera congiunta della Commissione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni Non Ionizzanti (ICNIRP), dell'Associazione Europea di Bioelettrromagnetismo (EBEA) e del Programma d'azione COST 281, che riunisce 18 paesi europei tra cui l'Italia. In quest'ultima (per il testo completo si rinvia al sito già citato <http://www.elettra2000.it>) i firmatari affermano tra l'altro: *“Siamo consapevoli che sui possibili effetti negativi dei campi elettromagnetici sulla salute umana sono state espresse opinioni individuali e che queste opinioni sono state promulgate come “il parere degli esperti”. Riteniamo che alcune di queste opinioni siano contrarie al punto di vista della stragrande maggioranza degli scienziati del settore. Diversi comitati internazionali di esperti hanno condotto rassegne scientifiche esaustive sulla materia. Queste rassegne della letteratura hanno concluso che non esiste nessuna evidenza convincente di effetti negativi per la salute a livelli di esposizione che siano inferiori a quelli raccomandati nelle linee guida internazionali ed europee, ma che occorrono ulteriori ricerche, in particolare per chiarire risultati contraddittori e per valutare l'eventuale impatto sulla salute delle tecnologie emergenti. Numerosi gruppi nazionali di esperti, a conclusione delle loro revisioni critiche, sono giunti a conclusioni simili”*.

Le considerazioni in merito alla consistenza e alle indicazioni dei dati scientifici, valide per i campi elettromagnetici in generale, lo sono in modo particolare per quelli a radiofrequenze e microonde, per i quali la letteratura specialistica riporta solo scarse e contraddittorie indicazioni anche di una semplice associazione statistica che possa suggerire effetti cancerogeni, o altre patologie degenerative a lungo termine.

I dati scientifici, con tutte le loro incertezze, dovrebbero costituire una delle basi di partenza per il complesso procedimento di elaborazione delle normative protezionistiche. La definizione di limiti di esposizione è infatti un atto politico, nel quale le esigenze di protezione della salute devono essere bilanciate con quelle di altra natura (economiche, di sviluppo sociale, ecc.). E' fondamentale che questo processo avvenga con il coinvolgimento di tutte le parti interessate e nella massima trasparenza. Ciò vale in particolare per i dati scientifici relativi ai rischi sanitari, di cui deve essere chiaramente esplicitata non solo l'origine, ma anche l'incertezza e la provvisorietà.

Questi due ultimi elementi devono guidare le eventuali scelte precauzionali che la società decida di compiere, soprattutto nei confronti di tecnologie emergenti. L'enorme accelerazione della tecnologia ha comportato infatti, in molti casi, una crescente divaricazione tra i tempi propri dello sviluppo industriale e quelli molto più lenti della ricerca scientifica. Ciò implica che nuove tecnologie, che possono anche comportare significativi vantaggi per l'individuo e per la società, giungano a maturazione e si diffondano prima che possano esserne accertati con adeguato grado di confidenza gli eventuali rischi.

D'altro canto, è indubbio che lo sviluppo comporti crescenti occasioni di esposizione ai più svariati agenti e che questo processo non possa durare all'infinito e in modo incontrollato. A questo problema si può dare risposta limitando le esposizioni al minimo ragionevole, tenuto conto delle esigenze tecnologiche e dei vincoli economici: si tratta, più che di una politica cautelativa, della ricerca di uno sviluppo sostenibile. La limitazione delle dosi (o delle esposizioni) è, in quest'ottica, un obiettivo da perseguire indipendentemente dall'esistenza di rischi sanitari accertati. A questa filosofia è improntata ad esempio la legge per la protezione dell'ambiente della Svizzera, di cui la recente ordinanza per la protezione dai campi elettromagnetici (Svizzera 2000) costituisce l'applicazione a un particolare settore.

E' comunque evidente che nel valutare la "ragionevolezza" delle misure per la riduzione delle dosi e delle esposizioni le considerazioni sanitarie assumono un'importanza fondamentale; le politiche di sviluppo sostenibile si legano quindi strettamente a quelle cautelative.

Le conoscenze scientifiche, mentre consentono di stabilire limiti di dose o di esposizione sulla base di dati consolidati, di fronte a dati incerti possono solo fornire giustificazioni per l'adozione di misure di precauzione. Come rimarcato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità, le politiche cautelative possono essere adottate *"solo a condizioni che valutazioni di rischio e limiti di esposizione fondati su basi scientifiche non siano minati dall'adozione di approcci cautelativi arbitrari"* (OMS 2000).

Quando si adottano delle misure cautelative, è dunque fondamentale esplicitarne il carattere politico. Giustificarle unicamente in nome dei dati della ricerca significa compromettere il ruolo stesso della scienza.

Bibliografia

AGNIR (2001) Independent Advisory Group on Non-Ionising Radiation, Power Frequency Electromagnetic Fields and the Risk of Cancer. National Radiological Protection Board (UK) 2001. (Disponibile sul sito Internet del NRPB: www.nprb.org.uk)

Ahlbom A., Day N., Feychting M., Roman E., Skinner J., Dockerty J., Linet M., McBride M., Michaelis J., Olsen J.H., Tynes T., Verkasalo P.K. (2000). A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia. *Br. J. Cancer* 83:692-698.

Austria (1996). *Studie dokumentierter Forschungsergebnisse über die Wirkung elektromagnetischer Felder* (In tedesco; riassunto in inglese). Bundesministerium für Gesundheit und Konsumentenschutz.

Berqvist U., Vogel E. (Eds.) (1997). *Possible health implications of subjective symptoms and electromagnetic fields. A report prepared by a European group of experts for the European Commission, DG V.* Arbete och Hälsa 1997:19.

Boorman G.A., Rafferty C.N., Ward J.M., Sills R.C. (2000a). Leukemia and lymphoma incidence in rodents exposed to low-frequency magnetic fields. *Radiat. Res.* 153:627-636.

Boorman G.A., McCormick D.L., Ward J.M., Haseman J.K., Sills R.C. (2000b). Magnetic fields and mammary cancer in rodents: a critical review and evaluation of published literature. *Radiat. Res.* 153:617-626.

Comba P., Grandolfo M., Lagorio S., Polichetti A., Vecchia P. (1995). *Rischio cancerogeno associato a campi magnetici a 50/60 Hz.* Rapporto ISTISAN 95/29. Istituto Superiore di Sanità, Roma.

Commissione Europea (1998). Guidelines on the application of the precautionary principle. HB/hb d (98). 17/10/98. DG XXIV, European Commission.

Commissione Europea (2000). Communication from the Commission on the precautionary principle. COM (2000) 1. 02/02/00. Commission of the European Communities. (Disponibile sul sito Internet: www.europa.eu.int/comm/off/com/health_consumer/precaution/htm)

Delpizzo V. (1994). Epidemiological studies of work with video display terminals and adverse pregnancy outcomes (1984-1992). *Am. J. Ind. Med.* 26: 465-480.

Dolk H., Shaddick G., Walls P., Grundy C., Thakrar B., Kleinschmidt I., Elliot P. (1997a). Cancer incidence near radio and television transmitters. I. Sutton Coldfield transmitter. *Am. J. Epidemiol.* 145:1-9.

- Dolk H., Elliot P. Shaddick G., Walls P.C., Thakrar B. (1997b). Cancer incidence near radio and television transmitters. II. All high power transmitters. *Am. J. Epidemiol.* 145:10-17.
- EC (1996). *Non-ionizing radiation. Sources, exposure and health effects.* European Commission, Luxembourg.
- Elwood J.M. (1999). A Critical Review of Epidemiological Studies of Radiofrequency Exposure and Human Cancers. *Environ. Health Perspect.* 107, Supplement 1:155-168.
- HCRA (1995). *Workers, EMFs and cancer.* Report vol.3 no 2, Harvard Center for Risk Analysis, Boston, Mass.
- Health Council of the Netherlands (1997). *Radiofrequency electromagnetic fields (300 Hz-300 GHz).* HCN, The Hague.
- Hocking B., Gordon I.R., Grain H.L., Hatfield G.E. (1996). Cancer incidence and mortality and proximity to TV towers. *MJA* 165:601-605.
- IARC (2001) IARC finds limited evidence that residential magnetic fields increase risk of childhood leukaemia - Press Release 27 June 2001 (Disponibile sul sito Internet: www.iarc.fr).
- ICNIRP (1998). Guidelines for limiting exposure to time varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Phys.* 74:494-522.
- IEEE (1999). *Standard for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz.* Document IEEE C95-1. Institute of Electrical and Electronics Engineers, New York.
- IEGMP (Independent Expert Group on Mobile Phones) (2000). *Mobile Phones and Health.* (Disponibile sul sito Internet: <http://www.iegmp.org.uk>).
- Inskip P.D., Tarone R.E., Hatch E.E., Wilcosky T.C., Shapiro W.R., Selker R.G., Fine H.A., Black P.M., Loeffler J.S., Linet M.S. (2001). Cellular telephone Use and Brain Tumors. *N. Engl. J. Med.* 344:79-86.
- Johansen C., Boice J.D., Jr., McLaughlin J.K., Olsen J.H. (2001). Cellular Telephones and Cancer – a Nationwide Cohort Study in Denmark. *J. Natl. Cancer Inst.* 93:203-207.
- Kilkenny M., Cardis E. (1999). Epidemiological Review: Possible Health Effects from Radio Frequency Exposure. In: B. Veyret (Ed.). *Proceedings of the Forum on Future European Research on Mobile Communications and Health.* Bordeaux, France, 19-20 April 1999.

- Kunsch B. (1994). Electromagnetic fields and risk perception. *In: D. Simunic (Ed.) Proceedings of the COST 244 Meeting on Electromagnetic Hypersensitivity*. Graz: COST 244, 58-67.
- Maskarinec G., Cooper J., Swygert L. (1994). Investigation of increased incidence in childhood leukemia near radio towers in Hawaii: preliminary observations. *J. Environ. Pathol., Toxicol and Oncol.* 13:33-37.
- McKenzie D.R., Yin Y., Morrel S. (1998). Childhood leukaemia of acute lymphoblastic leukaemia and exposure to broadcast radiation in Sydney – a second look. *Australian and New Zealand Journal of Public Health* 22:360-367.
- McMahan S., Meyer J. (1995). Symptom prevalence and worry about high voltage transmission lines. *Environ. Res.* 70:114-118.
- Moulder J.E., Erdreich L.S., Malyapa R.S., Merritt J., Pickard W.F., Vijayalaxmi (1999). Cell Phones and Cancer: What Is the Evidence for a connection? *Radiat. Res.* 151:513-531.
- Muscat J.E., Malkin M.G., Thompson S., Shore R.E., Stellman S.D., McRee D., Neugut A.I., Wynder E.L. (2000). Handheld Cellular Telephone Use and Risk of Brain Cancer. *JAMA* 284:3001-3007.
- NRPB (1993). *Board statement on restrictions on human exposure to static and time varying electromagnetic fields and radiation*. Documents of the NRPB, vol. 4, No. 5. National Radiological Protection Board, Chilton, Didcot, U.K.
- OMS (1998). *Campi elettromagnetici e salute pubblica. Effetti sanitari dei campi a radiofrequenza*. Promemoria n. 183 (Disponibile sul sito Internet del Progetto Internazionale Campi Elettromagnetici dell'Organizzazione Mondiale della Sanità: www.who.int/peh-emf).
- OMS (2000). *Campi elettromagnetici e salute pubblica - Politiche cautelative*. Promemoria Marzo 2000. (Disponibile sul sito Internet del Progetto Internazionale Campi Elettromagnetici dell'Organizzazione Mondiale della Sanità: www.who.int/peh-emf).
- OMS (2001). *Campi elettromagnetici e salute pubblica – Campi a frequenza estremamente bassa e cancro*. Promemoria n. 263. (Disponibile sul sito Internet del Progetto Internazionale Campi Elettromagnetici dell'Organizzazione Mondiale della Sanità: www.who.int/peh-emf).
- Parazzini F., Lucchini L., La Vecchia C., Crosignani P.G. (1993). Video display terminal use during pregnancy and reproductive outcome - a meta-analysis. *J. Epidemiol. Community Health* 47: 265-268.
- Petrini C., Polichetti A., Vecchia P., Lagorio nS. (2001). Assessment of exposure to 50 Hz magnetic fields from power lines in Italy. *In: Proceedings of the 5th International Congress of*

the European BioElectromagnetics Association (EBEA), Helsinki, 6-8 September 2001, pp. 139-141.

Portier C.J., Wolfe M.S. (eds) (1998). *Assessment of health effects from exposure to power-line frequency electric and magnetic fields*. NIH Publication No. 98-3981. NIEHS, Research Triangle Park, NC.

Royal Society of Canada (1999). *A Review of the Potential Health Risks of Radiofrequency Fields for Wireless Telecommunication Devices*. (Disponibile sul sito Internet: <http://www.rsc.ca>)

Savitz D.A. (1999). Twenty years of epidemiological evidence of electromagnetic fields and cancer. In: *Abstracts of the XII International Meeting of the International Epidemiology Association*. Florence.

Saunders R.D., Kowalczyk C.I., Sienkiewicz Z.J. (1991). *Biological effects of exposure to non-ionising electromagnetic fields and radiation. III. Radiofrequency and microwave radiation*. Report NRPB-R240. National Radiological Protection Board, Chilton, Didcot, UK.

Svizzera (2000). *Ordinanza sulla protezione dalle radiazioni non ionizzanti del 23 dicembre 1999*. (Disponibile sul sito Internet: www.admin.ch/ch/i/rs/814_710/index.html)

Swerdlow A.J. (1997). Epidemiology of chronic diseases in relation to radiofrequency radiation exposure: issues in interpretation of the current literature and future directions for research. In: J.H. Bernhardt, R. Matthes, M.H. Repacholi (Eds.). *Non thermal effects of RF electromagnetic fields*. ICNIRP, Munich, pp. 191-198.

Taki M. (1996). Radiofrequency fields (Standards, risk assessment, protection measures). In: R. Matthes (Ed.). *Non-Ionizing Radiation. Proceedings of the Third International Non-Ionizing Radiation Workshop. Baden, Austria 1996*. ICNIRP, Munich, pp.255-267.

TASK (2000). Verifica di congruità dei costi di risanamento derivanti dall'applicazione della "Bozza dello schema di decreto relativo ai limiti di esposizione, ai valori di attenzione e agli obiettivi di qualità per la tutela della salute della popolazione nei confronti dei campi elettromagnetici generati a frequenze o da impianti fissi non contemplate dal D.M. 381/98" agli impianti ENEL S.p.A. (28 febbraio 2000).

Unione Europea (1999). Raccomandazione del Consiglio sulla limitazione dell'esposizione del pubblico generale a campi elettromagnetici (da 0 Hz a 300 GHz). *Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee* 30.7.1999, pp. L 199/59 – L 199/71.

WHO (1993). *Environmental Health Criteria 137. Electromagnetic fields (300 Hz 300 GHz)*. World Health Organization, Geneva.

WHO (1996). *International Electro Magnetic Fields (EMF) Project. Progress report 1995-1996*. Report WHO/EHG/96.19. World Health Organization, Geneva.