

Paolo Vecchia - Umberto Tirelli - Ugo Spezia

CAMPI ELETTROMAGNETICI E SALUTE



DAI MITI ALLA REALTÀ

21^{mo} SECOLO

Paolo Vecchia - Umberto Tirelli - Ugo Spezia

CAMPI ELETTROMAGNETICI
E SALUTE:
DAI MITI ALLA REALTÀ

21^{mo} SECOLO

INTRODUZIONE

Non credo esista un altro Paese al mondo come l'Italia dove si sia in grado di creare in qualche giorno delle vere e proprie crisi mediatiche, con il concorso coordinato di media, magistrati e politici, su vari problemi che hanno però in comune un potenziale grande impatto sulla salute della popolazione e che poi, immancabilmente, si concludono nella classica bolla di sapone, dimenticate da tutti, ma che lasciano però sul campo vittime, alle volte non metaforiche, sia tra la popolazione generale che tra i malati in questione. Abbiamo avuto negli ultimi anni vari esempi del genere, che si accomunano per le stesse caratteristiche di grande iniziale enfasi mediatica, mancata ricerca di una valutazione scientifica corretta da parte di esperti del settore, e la conclusione tra la noia e l'indifferenza generale con risultati del tutto opposti rispetto ai presupposti iniziali. Che fine avrà mai fatto l'UK101 del professor Bartorelli, una molecola che doveva guarire i tumori, secondo i propugnatori, che fu per un certo tempo un esempio di malasànità, in quanto, ovviamente, i ricercatori italiani boicottavano questa sostanza per inconfessabili motivi. Che dire della storia del professor Di Bella che, dalle sue dichiarazioni iniziali sembrava guarire quasi tutti i tumori con la sua terapia miracolosa, e dopo qualche giorno, invece, ne guariva molti di meno, per arrivare poi ad affermare che se non guariva i tumori però faceva stare meglio i pazienti con cancro, ma anche di altre malattie, per esempio l'Alzheimer. Minore enfasi mediatica è stata data ovviamente ai risultati negativi dello studio con quasi 400 pazienti italiani che è stato condotto sotto il controllo dei migliori specialisti mondiali sul cancro e che ha dimostrato che la terapia Di Bella non aveva alcuna efficacia nella terapia del cancro, ma invece aveva associata una tossicità non indifferente. Ma

forse le preparazioni farmacologiche erano scadute, sta indagando ormai da anni il solito Magistrato. Recentemente abbiamo assistito all'ennesima crisi mediatica dell'uranio impoverito, che avrebbe scatenato chissà quanti tumori, per arrivare poi alla conclusione da parte della Commissione Scientifica che non vi era alcun aumento di tumori e che quelli che comparivano nei militari erano quelli che esattamente si sarebbero osservati se questi avessero soggiornato sul lago di Garda o in Sicilia. Ancora abbiamo avuto la crisi mediatica prima sui telefonini e poi sui campi elettromagnetici che provocherebbero tumori, anche se nessuna sperimentazione sugli animali ha mai dimostrato un nesso tra questi ed i tumori stessi, e non vi è alcun dato epidemiologico serio che metta in correlazione un aumento dei tumori con i telefonini o con i suddetti campi. Qualche giorno fa poi siamo stati bombardati dalle notizie sul Lipobay, che farebbe morire chissà quante migliaia o milioni di persone che hanno assunto questo farmaco. Ovviamente il tutto è da dimostrare, e comunque questo farmaco e le sostanze farmacologiche delle quali fa parte sono un importantissimo ausilio per ridurre significativamente il rischio di malattie cardiovascolari.

Quando riusciremo nel nostro Paese anche sui media a fare in modo che dibattiti che hanno un'importanza così grande per la salute della gente siano condotti con cautela e non per la ricerca dello scandalo o del sensazionalismo per vendere più giornali e per far vedere di più i programmi televisivi e si basino invece soprattutto sui dati medici e scientifici che le agenzie nazionali ed internazionali riconosciute dai nostri Paesi hanno messo a punto negli anni?

Anche per questo è stato recentemente costituito Galileo 2001, un'Associazione composta da scienziati, in particolare fisici, matematici, biologici, medici, chimici, che vogliono combattere contro l'oscurantismo scientifico che si è abbattuto sul nostro Paese, e che è stata anche onorata dall'alto patronato del Presidente della Repubblica e da una recente audizione da parte della Commissione Cultura del Senato della Repubblica.

“Un fantasma si aggira da tempo nel Paese, un fantasma che sparge allarmi ed evoca catastrofi, terrorizza le persone, addita la scienza e la tecnologia astrattamente intese come nemiche dell'Uomo e della Natura e induce ad atteggiamenti antiscientifici facendo leva su ingiustificate paure che oscurano le vie della ragione.

Questo fantasma si chiama oscurantismo. Si manifesta in varie forme, tra cui le più pericolose per contenuto regressivo ed irrazionale sono il fondamentalismo ambientalista e l'opposizione al progresso tecnico-scientifico. Ambedue influenzano l'opinione pubblica e la politica attraverso una comunicazione subdola: l'invocazione ingiustificata del principio di precauzione – peraltro sacrosanto, quando correttamente inteso – nell'applicare nuove conoscenze e tecnologie diviene una copertura per lanciare anatemi contro il progresso, profetizzare catastrofi, demonizzare la scienza.

Non si tratta, quindi, di una giustificabile preoccupazione per le ripercussioni indesiderate di uno sviluppo industriale ed economico non sempre controllato, ma di un vero e proprio attacco contro il progresso. L'arroganza e la demagogia che lo caratterizzano non solo umiliano la ricerca scientifica – attribuendole significati pericolosi ed imponendole vincoli aprioristici ed arbitrari – ma calpestano il patrimonio di conoscenze che le comunità scientifiche vanno accumulando e verificando senza pretese dogmatiche, con la consapevolezza di offrire *ragionevoli certezze basate su dati statisticamente affidabili e sperimentalmente controllabili*". Così recitano i primi paragrafi del Manifesto di Galileo 2001 che è disponibile per intero su www.umbertotirelli.it.

Ho il piacere di presentare in questo volume due eccellenti relazioni di due ricercatori che affrontano due problemi importanti con metodologia scientifica, che è la migliore che conosciamo e che ci ha portato ai progressi tecnologici di oggi.

Prof. Umberto Tirelli
Direttore Divisione di Oncologia Medica A
Istituto Nazionale dei Tumori – Aviano
www.umbertotirelli.it

I RISCHI DA CAMPI ELETTROMAGNETICI: VALUTAZIONE, PERCEZIONE, PROTEZIONE

L'Organizzazione Mondiale della Sanità sta attivamente operando per favorire l'armonizzazione a livello mondiale delle normative di protezione dai campi elettromagnetici che molti paesi, tra cui l'Italia, stanno sviluppando sotto la spinta, da un lato, del rapido sviluppo di nuove tecnologie che moltiplicano le fonti di esposizione, e 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, 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 elettrodomestici e da qualunque apparato elettrico industriale, una valutazione che costituisce un punto fermo fondamentale è quella formulata da un gruppo internazionale di esperti convocato dal National Institute for Environmental Health Sciences (NIEHS) degli Stati Uniti (33). Sulla base di un'accurata analisi della più recente e completa letteratura scientifica, questo gruppo ha classificato i campi come "possibili cancerogni" (Gruppo 2B) secondo la classificazione sviluppata dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC). "Possibile cancerogeno per l'uomo" è la più bassa di tre categorie ("cancerogeno per l'uomo", "probabile cancerogeno per l'uomo", "possibile cancerogeno per l'uomo") usate dall'IARC per classificare gli agenti potenzialmente cancerogeni. L'IARC ha due ulteriori classificazioni: "probabilmente non cancerogeno per l'uomo" e "non classificabile", ma il gruppo di lavoro del NIEHS ha ritenuto di non assegnare i campi ELF a queste ultime due categorie. Aldilà del significato rigoroso, il senso pratico di questa classificazione è che, sulla base delle evidenze scientifiche disponibili, da un lato non è dimostrato che l'esposizione ai campi ELF provochi il cancro, e dall'altro non è possibile escludere che l'esposizione a campi ELF possa causare il cancro.

L'attribuzione dei campi ELF al gruppo 2B ridimensiona la classificazione precedentemente attribuita (sia pure in termini meno espliciti) dall'Istituto Superiore di Sanità (6), secondo cui i campi magnetici a frequenza industriale potevano essere considerati "probabili cancerogeni" (gruppo 2A della classificazione IARC). Alla diversa valutazione concorrono i nuovi studi, non solo epidemiologici ma anche biologici e su animali da laboratorio, pubblicati negli ultimi anni. Fra questi un'analisi dei dati aggregati di nove tra le più importanti indagini epidemiologiche degli ultimi anni (1), in cui gli autori che hanno coordinato nei rispettivi paesi studi a livello nazionale sintetizzano così i loro risultati: "Per i 3.203 bambini con la leucemia ed i 10.338 controlli con esposizioni residenziali stimate fino a 0,4 μ T abbiamo osserva-

to 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 $0,4 \mu T$ 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 $0,4 \mu T$ 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 con cui si esprimono gli autori è attribuibile anche alla mancanza di un supporto biologico all'ipotesi di cancerogenicità. Occorre 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 $2000 \mu T$, 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 $100 \mu T$ ".*

Le valutazioni degli epidemiologi trovano ulteriore sostegno e conferma nei risultati di diversi studi su animali condotti nell'ambito del già citato progetto RAPID e non ancora disponibili al momento della conclusione del progetto e della redazione del rapporto finale. Una recente rassegna (4) 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 (5) 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 (35) 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”*.

Effetti sanitari dei campi elettromagnetici ad alta frequenza

I campi elettromagnetici a radiofrequenze e microonde possono 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 - una rassegna dei relativi risultati è condotta in (36) (42) (2) (15) - 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 (12) (39); 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 essere infatti definitivamente escluso per principio per nessun tipo di agente; 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 (31) (9). 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 (38) (13) (21).

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 (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 caratterizzate dalla presenza di emittenti, rispettivamente nelle Hawaii (23) ed in Australia (16) 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 (24) 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 (10). 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 (11) 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 due importanti studi recentemente pubblicati (27) (20) 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 (26) (34) (19). Le valutazioni complessive coincidono con quelle espresse dall'OMS, 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 evi-*

denza 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 (43). È 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

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

rilevanti nel determinare l'atteggiamento psicologico verso i rischi presentati da determinati agenti potenzialmente nocivi (energia nucleare, sostanze tossiche, inquinamento ambientale). Un certo numero di questi fattori ha certamente importanza anche nel caso dei campi elettromagnetici (22); 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 (14).

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 (3). 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 (25) 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). Queste osservazioni confermano che una distorta percezione dei rischi può generare

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%

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 Ionizing Radiation Protection (17) 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 (18) degli USA o quella del National Radiological Protection Board (28) della Gran Bretagna.

La protezione del pubblico e dei lavoratori professionalmente esposti si realizza soprattutto attraverso la definizione di 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 per le diverse frequenze. 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 i 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 di uno 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 nella 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 azioni volte a 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. Ai seminari già organizzati in Slovenia (1998), Italia (1999), Russia (1999), Cina (2000) e Stati Uniti (2000) ne seguiranno altri in diversi continenti.

Altrettanto significativa è l'azione dell'Unione Europea, il cui Consiglio ha approvato – con il solo voto contrario dell'Italia – una raccomandazione (41) 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 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 (circa 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 hanno però 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 precauzione.

Il primo documento (7) è stato preparato dalla Direzione Generale XXIV (Politica dei consumatori e difesa della salute), che 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 (8) è 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 valuta-

te 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, tre paesi europei (Slovenia, Italia e Svizzera) hanno adottato normative di protezione dai campi elettromagnetici che prevedono limiti più restrittivi di quelli raccomandati internazionalmente. Mentre le autorità delle tre nazioni sottolineano il carattere cautelativo delle proprie norme, in nessun documento ufficiale viene menzionato il principio di precauzione. Ciò nonostante, e sebbene due dei tre paesi non facciano parte dell'Unione Europea, è interessante osservare in quale misura le rispettive normative nazionali siano coerenti con le indicazioni della Commissione Europea.

Le normative della Svizzera e della Slovenia si applicano, con identici criteri, tanto ai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza quan-

to 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, anche se una legge quadro attualmente in via di definizione indica 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, 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*" (8).

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 considerando genericamente "esposta" tutta la popolazione infantile residente in ambienti in cui l'induzione magnetica dovuta ad elettrodotti è superiore a $0,2 \mu\text{T}$ (senza quindi alcuna considerazione di relazioni esposizione/risposta) portano a stimare nell'ordine dell'unità di casi aggiuntivi di leucemia infantile all'anno il detrimento sanitario imputabile all'intera rete delle linee ad alta tensione (32). Analisi recenti (40) 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 $0,5 \mu\text{T}$, cioè il “livello di attenzione” prescritto come “misura di cautela” da una bozza di decreto non ancora emanato ma ampiamente divulgato. 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 migliaio di miliardi di lire 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. D'altra parte, la mancanza di dati cui si è già fatto cenno non consente di stimare i vantaggi sanitari che potrebbero conseguire da provvedimenti cautelativi meno costosi.

Conclusioni

Il problema dei possibili effetti a lungo termine dell'esposizione ai 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.

Queste considerazioni, valide per i campi elettromagnetici in generale, lo sono in modo particolare per quelli a radiofrequenze e microonde, per i quali la letteratura scientifica 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 (eco-

nomiche, di sviluppo sociale, ecc.). È 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 (37) costituisce l'applicazione a un particolare settore.

È 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"* (30).

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

1. 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.
2. Austria (1996). *Studie dokumentierter Forschungsergebnisse über die Wirkung elektromagnetischer Felder* (In tedesco; riassunto in inglese). Bundesministerium für Gesundheit und Konsumentenschutz.
3. Bergqvist 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Commissione Europea (1998). Guidelines on the application of the precautionary principle. HB/hb d (98). 17/10/98. DG XXIV, European Commission.
8. 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)

9. Delpizzo V. (1994). Epidemiological studies of work with video display terminals and adverse pregnancy outcomes (1984-1992). *Am. J. Ind. Med.* 26: 465-480.
10. 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.
11. 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.
12. EC (1996). *Non-ionizing radiation. Sources, exposure and health effects.* European Commission, Luxembourg.
13. Elwood J.M. (1999). A Critical Review of Epidemiological Studies of Radiofrequency Exposure and Human Cancers. *Environ. Health Perspect.* 107, Supplement 1:155-168.
14. HCRA (1995). *Workers, EMFs and cancer.* Report vol.3 no 2, Harvard Center for Risk Analysis, Boston, Mass.
15. Health Council of the Netherlands (1997). *Radiofrequency electromagnetic fields (300 Hz-300 GHz).* HCN, The Hague.
16. 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.
17. ICNIRP (1998). Guidelines for limiting exposure to time varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Phys.* 74:494-522.
18. 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.
19. IEGMP (Independent Expert Group on Mobile Phones) (2000). *Mobile Phones and Health.* (Disponibile sul sito Internet: <http://www.iegmp.org.uk>).
20. 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.

21. 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.
22. 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.
23. 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.
24. 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.
25. McMahan S., Meyer J. (1995). Symptom prevalence and worry about high voltage transmission lines. *Environ. Res.* 70:114-118.
26. 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.
27. 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.
28. 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.
29. 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).
30. 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).

31. 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.
32. Petrini C., Polichetti A., Vecchia P. (1995). Campi magnetici e tumori: elementi per le valutazioni di rischio nella realtà italiana. In: Atti del XXVIII Congresso Nazionale AIRP, Taormina, ottobre 1993, pp. 321-326.
33. 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.
34. Royal Society of Canada (1999). *A Review of the Potential Health Risks of Radiofrequency Fields for Wireless Telecommunication Devices*. (Disponibile all'indirizzo web <http://www.rsc.ca>)
35. 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.
36. 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.
37. Svizzera (2000). Ordinanza sulla protezione dalle radiazioni non ionizzanti del 23 dicembre 1999. (Disponibile all'indirizzo web www.admin.ch/ch/i/rs/814_710/index.html)
38. 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.
39. 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.
40. 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 elettro-

magnetici generati a frequenze o da impianti fissi non contemplate dal D.M. 381/98” agli impianti ENEL S.p.A. (28 febbraio 2000).

41. 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.
42. WHO (1993). *Environmental Health Criteria 137. Electromagnetic fields (300 Hz 300 GHz)*. World Health Organization, Geneva.
43. WHO (1996). *International Electro Magnetic Fields (EMF) Project. Progress report 1995-1996. Report WHO/EHG/96.19*. World Health Organization, Geneva.

LA NORMATIVA SULL'ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI

La normativa internazionale sull'esposizione ai campi elettromagnetici si basa su un quadro tecnico-scientifico complesso approfondito dall'ICNIRP (International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection) e validato dall'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità), che dimostra l'esistenza di effetti biologici diretti di tipo acuto derivanti dall'esposizione a campi elevati, mentre non conferma (e tende anzi ad escludere) l'esistenza di rischi legati all'esposizione prolungata ai bassi valori del campo. La grande diffusione delle sorgenti è comunque tale da motivare ulteriori studi ed approfondimenti, che peraltro sono permanentemente in corso nell'ambito dei programmi di attività dell'ICNIRP e dell'IARC (International Agency for Research on Cancer) dell'ONU.

Allo stato delle ricerche, che hanno prodotto finora più di 25 mila studi e articoli scientifici, non è stato evidenziato alcun legame significativo tra i campi elettromagnetici e malattie quali il cancro e la leucemia, e non è stato identificato alcun meccanismo biofisico plausibile per l'iniziazione o la promozione di queste malattie. Ogni congettura che ha tentato di collegare il cancro all'esposizione ai campi elettromagnetici si è rivelata scientificamente insussistente, e le ricerche epidemiologiche e biofisiche/biologiche, in particolare, hanno fallito nel confermare le risultanze di quegli studi (un numero molto ristretto) che hanno segnalato specifici effetti di questo tipo.

Le linee guida emanate dall'ICNIRP si riferiscono pertanto alla protezione dagli effetti acuti dei campi elettromagnetici. I livelli di riferimento raccomandati dall'ICNIRP per evitare questi effetti sono calcolati applicando un fattore di riduzione fino a 50 ai quei livelli di

esposizione ai quali si cominciano a verificare innocui effetti biologici. In tal modo, per esposizioni a livelli inferiori a quelli raccomandati dall'ICNIRP è possibile escludere in termini scientifici la comparsa di effetti sanitari.

Le linee guida emanate dall'ICNIRP e raccomandate dall'OMS sono state integralmente recepite nelle normative nazionali di quasi tutti i paesi che hanno affrontato il problema. La stessa Unione Europea ha emanato a tale proposito una specifica raccomandazione (R. 1999/512/CE) che fa propri i limiti proposti dall'ICNIRP e che, pur non essendo vincolante, è stata recepita nella stragrande maggioranza delle normative nazionali dei paesi membri.

La normativa italiana (D.M. 381/98, legge-quadro N. 36/2001) introduce invece - senza giustificazioni di carattere scientifico - l'assunto che esista per la popolazione il rischio di malattie (cancro, leucemia e quant'altro) connesse all'esposizione prolungata a livelli di campo anche bassi. Sulla base di tale assunto, accanto ai limiti di protezione sanitaria vengono definiti e fissati "livelli di attenzione" e "obiettivi di qualità" che non trovano riscontro scientifico e normativo in ambito internazionale, per i quali si propongono valori notevolmente inferiori a quelli raccomandati dall'ICNIRP.

A sostegno dei limiti restrittivi introdotti o in via di introduzione negli atti normativi italiani si invoca diffusamente il principio di precauzione, sulla cui base - si afferma - l'assenza di certezze scientifiche deve spingere ad adottare limiti fortemente cautelativi. Ma il principio di precauzione non è in realtà applicabile al caso dei campi elettromagnetici. L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), che ha avviato nel 1996 un'analisi critica della totalità delle ricerche scientifiche, a proposito delle pretese incertezze si esprime come segue: "*Sulle radiazioni non-ionizzanti sono stati scritti più di 25.000 articoli negli ultimi 30 anni. Si sa più su questo agente che su qualunque composto chimico*". E a proposito dell'applicabilità del principio di precauzione: "*I requisiti per l'applicazione del principio di precauzione come sono stati precisati dalla Commissione Europea non sembrano sussistere né nel caso dei campi elettromagnetici a frequenza industriale né in quello dei campi a radiofrequenza*" (OMS, Documento di base sulle politiche cautelative).

La materia è stata oggetto di una dura contrapposizione in seno al passato Governo Amato - cui competeva per legge l'emanazione dei

decreti che fissano i valori numerici dei limiti - fra il ministro della sanità Umberto Veronesi e i ministri dell'ambiente Willer Bordon, delle politiche agricole Alfonso Pecoraro Scanio e delle politiche comunitarie Gianni Mattioli. La ferma opposizione del ministro Veronesi all'adozione di limiti inutilmente restrittivi - posizione sostenuta dall'intera comunità scientifica nazionale avente competenza in materia - ha finora consentito di rinviare l'emanazione dei decreti, e con la fine della legislatura la questione è ora passata all'attenzione del nuovo governo.

La situazione normativa attuale è già ingiustificatamente restrittiva.

- La tabella 1, che mostra un confronto tra i limiti per le frequenze tipiche della telefonia cellulare fissati dalle diverse normative nazionali e internazionali, evidenzia come l'Italia non solo abbia adottato valori più bassi rispetto agli altri paesi UE, ma sia anche l'unico paese in cui siano stati fissati valori di cautela per esposizioni prolungate. Si nota in particolare come la normativa adottata dall'Unione Europea e dai paesi europei sia fondamentalmente allineata con le linee guida dell'ICNIRP (fa eccezione la Gran Bretagna, che ha peraltro adottato limiti praticamente triplicati rispetto a quelli raccomandati dall'ICNIRP). I valori limite adottati dall'Italia sono invece da 2 a 100 volte inferiori a quelli raccomandati dall'ICNIRP.
- La tabella 2, che mostra un confronto fra limiti di esposizione, limiti di attenzione e obiettivi di qualità previsti dalla normativa italiana e livelli di riferimento raccomandati dall'ICNIRP e dall'Unione Europea con riferimento alle frequenze industriali (50 Hz), evidenzia il carattere inutilmente allarmistico e penalizzante associato all'introduzione di limiti di attenzione e obiettivi di qualità che risultano enormemente e ingiustificatamente ridotti (200-500 volte per l'induzione magnetica e 5-10 volte per il campo elettrico) rispetto ai livelli di riferimento ICNIRP e UE.

Secondo la comunità scientifica italiana, l'introduzione di limiti restrittivi motivati con la necessità di proteggere la popolazione "dai possibili effetti a lungo termine dei bassi valori dei campi elettromagne-

fici", oltre ad essere ingiustificata sul piano scientifico, produrrebbe effetti disastrosi tanto sulla tranquillità sociale quanto sull'economia. Da un lato, infatti, la popolazione, indotta dalla normativa a ritenere che gli effetti a lungo termine esistano realmente, interpreterebbe i limiti di attenzione come limiti sanitari, e si sentirebbe autorizzata a ricorrere al contenzioso giudiziario (cosa che già fa) contro i gestori degli impianti elettrici e delle reti di telecomunicazione. Dall'altro le agenzie governative centrali e regionali sarebbero obbligate a mobilitare i propri tecnici in infiniti e costosi controlli. Infine, gli operatori nazionali del sistema elettrico e delle telecomunicazioni sarebbero costretti a dispendiosi quanto inutili interventi sugli impianti, interventi che dovrebbero essere finanziati attraverso un sensibile aumento delle tariffe. Secondo le più recenti valutazioni condotte dall'ENEL, dall'ENEA e dall'ANPA, il "risanamento" della sola rete elettrica italiana al limite di $0,5 \mu\text{T}$ ($0,5$ microtesla) richiederebbe investimenti compresi fra 37.300 e 56.000 miliardi di lire, mentre il "risanamento" al limite di $0,2 \mu\text{T}$ (posto che fosse tecnicamente conseguibile, cosa sulla quale esistono fondati dubbi) richiederebbe investimenti circa doppi.

Gli effetti sanitari dei campi elettromagnetici

La valutazione dei rischi sanitari associati all'esposizione ai campi elettromagnetici è un processo complesso, sia per il grande numero di pubblicazioni scientifiche eterogenee e quasi sempre non esaustive che afferiscono alla tematica, sia per il carattere multidisciplinare della tematica stessa. Per questo motivo è necessario fare riferimento, più che alle valutazioni di singoli ricercatori o gruppi specialistici, alle risultanze complessive espresse da commissioni e gruppi di lavoro interdisciplinari. In quest'ottica, gruppi di studio sono stati costituiti da diversi governi nazionali e da organizzazioni internazionali; tra queste ultime rivestono particolare importanza l'OMS e l'ICNIRP. I documenti prodotti dalle diverse commissioni mostrano una sostanziale convergenza nelle loro conclusioni.

Con l'intento di approfondire ulteriormente le conoscenze, l'OMS ha avviato nel 1996 il Progetto Internazionale EMF (Electro-Magnetic Fields), che prevede tra l'altro la revisione critica della letteratura scientifica prodotta in tutto il mondo. Nell'ambito del progetto,

l'OMS pubblica note informative sui diversi aspetti delle problematiche connesse; queste note, regolarmente tradotte in italiano a cura dell'Istituto Superiore di Sanità sotto il titolo di "Promemoria", sono disponibili via Internet all'indirizzo www.who.int/peh-emf/. Nell'ambito del progetto EMF, lo scorso 26 giugno 2001, l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) ha classificato i campi della frequenza industriale ("da elettrodotti", per intenderci) rispetto alla loro presunta cancerogenicità: quello magnetico è stato messo nella stessa classe dove compare il caffè (classe 2B), quello elettrico nella stessa classe dove figurano l'olio crudo e il tè (classe 3). Nella classe 3 sono stati inseriti anche i campi elettrico e magnetico statici. Nel 2002 seguirà una valutazione di altri possibili effetti sanitari.

I criteri di valutazione

In tema di valutazione degli effetti sanitari dei campi elettromagnetici occorre tenere presenti alcuni criteri essenziali universalmente adottati dalla comunità scientifica e più volte ribaditi dall'OMS, compendiabili come segue.

- Nella letteratura scientifica di riferimento devono essere inclusi soltanto gli studi scientifici accreditati, ovvero sottoposti a vaglio critico preventivo (il cosiddetto processo di *peer review*) da parte di esperti di riconosciuta competenza.
- Le valutazioni sui diversi effetti biologici o sanitari devono basarsi sull'insieme dei lavori scientifici pertinenti, e non sui dati di singole ricerche.
- È necessario che i risultati degli studi biologici ed epidemiologici, caratterizzati da grandi variabilità, siano confermati da repliche indipendenti prima che si possa parlare di effetti documentati.
- Fondamentale è infine la distinzione tra effetti biologici ed effetti sanitari.

Quest'ultimo aspetto è stato più volte precisato dall'OMS, che nel suo Promemoria n.182 ("*Campi elettromagnetici e salute pubblica. Proprietà fisiche ed effetti sui sistemi biologici*") così definisce i due effetti:

- un effetto biologico si verifica quando l'esposizione alle onde elettromagnetiche provoca qualche variazione fisiologica rilevabile – ancorché non dannosa – in un sistema biologico;
- un effetto sanitario (danno alla salute) si verifica quando l'effetto biologico è al di fuori dell'intervallo in cui l'organismo può normalmente compensarlo, e ciò porta a qualche effetto patologico.

Gli effetti dei campi a radiofrequenza e a microonde

Gli effetti sanitari dei campi elettromagnetici a radiofrequenza (RF) e a microonde (MO) sono trattati nel promemoria n. 183 dell'OMS (*"Campi elettromagnetici e salute pubblica. Effetti sanitari dei campi a radiofrequenza"*), nel quale si legge che l'esposizione a campi RF può causare riscaldamento o indurre correnti elettriche nei tessuti corporei. Il riscaldamento costituisce la principale interazione dei campi RF ad alta frequenza al di sopra di circa 1 MHz. Sotto questa frequenza l'effetto dominante diventa l'induzione di correnti elettriche nel corpo. La revisione della letteratura scientifica e di tutti i dati disponibili svolta dall'OMS nell'ambito del Progetto internazionale EMF (Monaco, Novembre 1996) – si legge ancora nel rapporto – ha concluso che non c'è nessuna evidenza convincente che l'esposizione a campi RF abbrevi la durata della vita umana, né che induca o favorisca il cancro. La stessa revisione ha tuttavia evidenziato che per delineare un quadro più completo dei rischi sanitari, specialmente per quanto concerne il rischio di cancro connesso all'esposizione a bassi livelli di campi RF, sono necessari ulteriori studi.

Le stesse valutazioni sono riportate nel Promemoria n. 193 (*"Campi elettromagnetici e salute pubblica. I telefoni mobili e le loro stazioni radio base"*) che tratta il problema specifico della telefonia cellulare. Per quanto riguarda le stazioni radio base, alle conclusioni sopra riportate in merito alla pericolosità dei campi elettromagnetici a radiofrequenza se ne devono aggiungere altre relative alle particolari condizioni di esposizione. Le caratteristiche di direzionalità dei fasci emessi e le basse potenze di uscita fanno sì che i livelli di campo in tutte le reali situazioni di esposizione siano estremamente bassi, tali da non prefigurare allo stato attuale delle conoscenze effetti biologici significativi. Queste considerazioni, espresse in un articolo del Notiziario ISS (Istituto Su-

periore di Sanità) nel 1996, praticamente coincidono con quelle successive dell'Istituto Svedese di Protezione dalle Radiazioni.

Negli ultimi mesi sono stati pubblicati i risultati di diverse indagini relative all'esposizione derivante dall'uso dei telefoni cellulari che forniscono indicazioni di rilievo.

- Hardell et al. (1999) hanno condotto in Svezia uno studio su 209 casi di soggetti colpiti da tumore cerebrale confrontati con 425 casi di controllo. Lo studio non evidenzia alcun aumento nel rischio di tumori: il rischio relativo, cioè il rapporto tra le incidenze della patologia nei due gruppi, risulta pari a 0,98 (a favore degli utenti di telefonia mobile), né si osserva alcun andamento dose-risposta.
- Due studi su individui affetti da tumore cerebrale sono stati condotti negli Stati Uniti con protocolli molto simili tra loro. La prima indagine (Muscat et al. 2000) è stata condotta in cinque diversi centri ospedalieri degli USA nordorientali su 469 casi e 422 controlli di età compresa tra 18 e 80 anni; la seconda (Inskip et al. 2001) è stata condotta in tre centri di riferimento di regioni diverse degli Stati Uniti, su 782 casi e 799 controlli di età superiore ai 18 anni. Nessuna delle due ricerche evidenzia aumenti dei tumori cerebrali nei casi rispetto ai controlli: il rischio relativo risulta infatti rispettivamente uguale a 0,85 (diminuzione del rischio tra gli utenti di telefonia mobile) e a 1,0.
- Le medesime indicazioni vengono da uno studio condotto in Danimarca (Johansen et al. 2001) che ha svolto un'analisi retrospettiva estesa ad un periodo di 14 anni (1982-1995) su un gran numero di soggetti (oltre 420.000) in relazione a tutte le forme di tumore. I risultati indicano una significativa diminuzione (oltre il 10%) dei tumori nel loro complesso tra gli utenti di telefono cellulare rispetto alla popolazione generale della Danimarca. Per quanto riguarda i tumori giudicati a priori rilevanti in considerazione delle caratteristiche particolari dell'esposizione (tumori cerebrali e del sistema nervoso, tumori delle ghiandole salivari, leucemia), si osservano ancora diminuzioni, ma in misura minore e non significativa. La conclusione degli autori è che i risultati dello studio (il primo con-

dotto sulla scala di un intero paese) non offrono sostegno all'ipotesi di un'associazione tra l'uso dei telefoni cellulari e lo sviluppo di tumori, né quelli specifici sopra indicati né altri.

Le diminuzioni di rischio osservate in alcuni studi sono verosimilmente da attribuire al diverso stato socioeconomico degli utenti di telefoni cellulari rispetto alla popolazione generale. La considerazione di questo fattore non sposta comunque le conclusioni degli autori, che in ciascuno degli studi sottolineano come i loro risultati tendano ad escludere qualunque relazione causale tra l'uso di telefoni cellulari e lo sviluppo del cancro. I risultati di questi studi corroborano ulteriormente le conclusioni alle quali erano giunte diverse importanti commissioni governative di alcuni paesi industriali (Canada, Olanda, Inghilterra, Francia).

Altre importanti ricerche sono in atto o in programma per il prossimo futuro. Tra queste uno studio epidemiologico sull'associazione tra l'uso di telefoni cellulari e tumori della testa e del collo. Allo studio, coordinato dall'IARC, partecipano gruppi di ricerca di 14 paesi, tra cui l'Italia. Sempre nell'ambito del V Programma Quadro sono stati inoltre avviati importanti studi su migliaia di animali da laboratorio esposti dalla nascita alla morte a livelli diversi di sperimentazione; questi studi saranno in grado di evidenziare eventuale effetti patologici. Sulla base di questi studi, l'OMS e l'IARC effettueranno nel 2003 una valutazione degli effetti cancerogeni dei campi elettromagnetici a radiofrequenza, mentre per il 2004 è prevista la valutazione di eventuali altri effetti sulla salute.

Gli effetti dei campi a frequenza industriale

Il problema degli effetti sanitari dei campi a frequenza industriale è trattato nel Promemoria dell'OMS n. 205 ("*Campi elettromagnetici e salute pubblica: campi a frequenza estremamente bassa (ELF)*") che fa esplicito riferimento, per la valutazione dei possibili effetti a lungo termine, ad un ampio rapporto prodotto nel 1998 dal National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS) degli Stati Uniti, rapporto disponibile all'indirizzo web www.niehs.nih.gov/emfrapid/.

Usando i criteri stabiliti dall'IARC, il gruppo di lavoro del NIEHS,

convocato nel giugno 1998 per una revisione critica dei risultati della ricerca, ha concluso che i campi ELF devono essere considerati “*possibili cancerogeni per l'uomo*” al pari del caffè. L'IARC ha due ulteriori classificazioni: “*non classificabile*” e “*probabilmente non cancerogeno per l'uomo*”, ma il gruppo di lavoro del NIEHS ha ritenuto che vi fosse abbastanza evidenza per non assegnare i campi ELF a queste categorie. Ciò significa che, in base alla “limitata evidenza” disponibile, non si può escludere che l'esposizione a campi ELF possa causare il cancro; ma significa anche che perché la “limitata evidenza” possa indurre all'adozione di misure restrittive sono necessarie ulteriori ricerche, focalizzate e di alta qualità.

È opportuno sottolineare che il gruppo di esperti ha analizzato anche una lunga serie di effetti sanitari diversi dal cancro; nel giudizio del gruppo per nessuno di questi l'evidenza scientifica raggiungeva il livello di prova adeguata.

Dopo il rapporto del NIEHS sono stati pubblicati tre studi epidemiologici particolarmente importanti per le dimensioni e per la metodologia impiegata (Linet et al. 1998, McBride et al. 1999, Day et al. 1999). I loro risultati sembrano escludere la cancerogenicità dei campi elettromagnetici, e alla stessa conclusione portano due analisi dei dati combinati di molteplici studi caso-controllo (Ahlbom et al, 2000, Greenland 2000) nonché un ampio recente rapporto di un gruppo di esperti inglesi presieduto da Richard Doll (NRPB, 2001). In particolare, come già affermato nell'ambito del progetto ELF più volte citato lo IARC ha pubblicato a giugno 2001 uno studio riguardante eventuali effetti cancerogeni dei campi a bassa frequenza. In questo studio, i campi a bassa frequenza vengono classificati, per grado di pericolosità, nel Gruppo 3, all'interno del quale è incluso anche il tè. Nel 2002 seguirà una valutazione di altri possibili effetti sanitari.

La normativa internazionale

Le linee-guida ICNIRP

Come già detto, il principale riferimento mondiale in tema di protezione dagli effetti delle radiazioni non ionizzanti è l'ICNIRP, che ha emanato nel 1998 il documento dal titolo “*Guidelines for limiting ex-*

posure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz)". Nel documento si stabiliscono i criteri per limitare l'esposizione della popolazione e dei lavoratori in modo da ottenere la massima protezione contro gli effetti negativi noti sulla salute umana. Le linee guida si basano su un'attenta valutazione di tutta la documentazione scientifica esistente sui possibili effetti sanitari acuti e fissano limiti di esposizione definiti come segue:

- "*limiti di base*": limiti all'esposizione che si fondano direttamente su effetti accertati sulla salute e su considerazioni di ordine biologico; sono espressi tramite grandezze fisiche strettamente correlate agli effetti sanitari.
- "*livelli di riferimento*": sono indicati ai fini di valutazione pratica dell'esposizione in modo da determinare se siano probabili superamenti dei limiti di base; sono definiti mediante identificazione di livelli di campo elettromagnetico misurabili con una strumentazione adeguata.

Il rispetto di tutti i "livelli di riferimento" garantisce il rispetto dei "limiti di base". Qualora invece il valore delle grandezze misurate superi i livelli di riferimento, non ne consegue necessariamente che i limiti di base siano superati, ma sarà necessario effettuare una valutazione per decidere se i livelli di esposizione siano inferiori a quelli fissati per i limiti di base.

I limiti di base riferiti alla popolazione fissati dall'ICNIRP per i campi ad alta frequenza (100 kHz – 300 GHz) sono riportati nella tabella 3. Da 100 kHz a 10 MHz i limiti si riferiscono sia alla densità di corrente indotta che fluisce nel corpo umano - considerando quindi la produzione di effetti sulle funzioni del sistema nervoso, cardiaco e muscolare - sia al SAR (Specific energy Absorption Rate: quantità di energia deposta per unità di volume) - collegata al possibile riscaldamento indotto nei tessuti biologici. Per il range di frequenze che va da 10 MHz a 10 GHz i limiti tengono conto solo del SAR, mentre per le frequenze tra 10 e 300 GHz i valori base limitano la densità di potenza, riferendosi anch'essi alla prevenzione dell'eccessivo riscaldamento dei tessuti.

I livelli di riferimento per l'esposizione della popolazione sono riportati in tabella 4.

La normativa europea

Le norme CENELEC

Il CENELEC (Comité Européen de Normalisation ELEctrotechnique), ente tecnico normatore, ha approvato nel novembre 1994 le linee guida sperimentali relative all'esposizione umana applicabili agli intervalli 0 Hz – 10 kHz e 10 kHz – 300 GHz. Tali norme, che fissano valori limite di base e di riferimento coerenti con le linee guida IC-NIRP, sono state pubblicate in Italia dal CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) nel maggio 1995 (3) ed ora ritirate dopo la pubblicazione della raccomandazione Europea 1999/512/CE.

La Raccomandazione 1999/512/CE

Nella raccomandazione 1999/512/CE (“*Raccomandazione del Consiglio relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 a 300 GHz*”) il Consiglio europeo raccomanda che gli stati membri adottino limiti sanitari che coincidono con quelli proposti dall'ICNIRP, pur lasciando agli stati membri la facoltà di fornire un livello di protezione più elevato di quello indicato nella raccomandazione stessa. I livelli di riferimento raccomandati sono compendati nella tabella 5.

Le normative nazionali

Un riepilogo delle normative nazionali in tema di protezione della popolazione dagli effetti sanitari dell'esposizione ai campi elettromagnetici a frequenza industriale è illustrato nella tabella 6. L'analogo riepilogo per l'esposizione ai campi a radiofrequenza (frequenze tipiche della telefonia mobile) è stato già esaminato in tabella 1.

La normativa italiana

La normativa generale

Fino al 1997, i riferimenti normativi rilevanti in ambito nazionale erano il DPCM 23 aprile 1992, il DPCM 28 settembre 1995 (entrambi

riferiti solo ai campi a 50 Hz) e la legge 6 agosto 1990 n°223 “*Disciplina del sistema radiotelevisivo pubblico e privato*” (legge Mammi). La successiva legge 249 del 31 luglio 1997 “*Istituzione dell’Autorità per le garanzie nelle comunicazioni e norme sui sistemi di telecomunicazioni e radiotelevisivo*” (4) attribuisce tra l’altro all’Autorità il compito di vigilare sui tetti di radiofrequenze compatibili con la salute umana e di verificare che essi, anche per effetto congiunto di più emissioni, non vengano superati. Il rispetto di tali valori rappresenta una condizione obbligatoria per le licenze o le concessioni all’installazione di apparati emittenti.

Il DM 10 settembre 1998 N. 381

In attuazione della legge 249/97, nel settembre 1998 il Ministero dell’Ambiente, d’intesa con il Ministero della Sanità e il Ministero delle Comunicazioni, ha emanato il DM 381/98 “Regolamento recante norme per la determinazione dei tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana” (5). I limiti di esposizione fissati dall’articolo 3 del decreto, molto più restrittivi rispetto a quelli internazionalmente riconosciuti, sono riportati nella tabella 7.

Introducendo una decisa quanto ingiustificata innovazione rispetto alla normativa internazionale, il DM 381/98 fa riferimento al rischio implicito rappresentato da eventuali malattie connesse con un’esposizione prolungata nel tempo anche a livelli di campo molto bassi. In seguito a tale assunzione vengono introdotti, accanto ai limiti fissati dall’art.3, “*valori di cautela*” da rispettare nel caso di situazioni in cui è prevedibile un’esposizione continua della popolazione per più di quattro ore al giorno anche a livelli molto bassi. I valori di cautela fissati nell’art.4, che valgono indipendentemente dalla frequenza, sono riportati nella tabella 8.

Le motivazioni di questo approccio “innovativo” al problema sono sintetizzate in un documento congiunto ISPELS–ISS del 29 gennaio 1998 (7) nel quale si osserva testualmente: “*In una comunità nella quale si sospetti un danno alla salute a causa di determinate esposizioni ambientali, il rapporto di fiducia con i tecnici potrà rompersi se l’incertezza sarà invocata per giustificare la mancanza di azioni a carattere preventivo. In campo ambientale, infatti, sono la regola, e non l’eccezione, le si-*

tuazioni in cui i dati scientifici sono insufficienti per sostenere una conclusione definitiva, e nonostante questo una decisione va presa. L'adozione di questo tipo di approccio comporta l'abbandono del limite di esposizione inteso come limite sanitario, a favore dell'adozione di obiettivi di qualità, da raggiungere in un certo arco di tempo in modo differenziato per diversi scenari di esposizione".

La legge-quadro 22 febbraio 2001 N. 36

La legge 22 febbraio 2001 N. 36, legge-quadro di iniziativa governativa sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettromagnetici, è stata presentata al Parlamento in data 24 aprile 1998, è stata approvata dalla Camera dei Deputati il 14 ottobre del 1999 e dal Senato il 14 febbraio 2001 (favorevoli 239, contrari 1, astenuti 157). La finalità della legge, indicata nell'art.1, è di dettare i principi fondamentali diretti ad assicurare la tutela della salute dei lavoratori e della popolazione dall'esposizione ai campi elettromagnetici con frequenze comprese tra 0 e 300 GHz, nonché la tutela dell'ambiente e del paesaggio. La fissazione di valori limite numerici è tuttavia rinviata a futuri decreti attuativi.

Le definizioni riportate nella legge sono le seguenti:

- *"limite di esposizione"*: è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione, della popolazione e dei lavoratori;
- *"valore di attenzione"*: è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Esso costituisce la misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine e deve essere raggiunto nei tempi e nei modi previsti dalla legge;
- *"obiettivo di qualità" sono:*
 - 1) i criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, indicati dalle leggi regionali secondo le competenze definite;

- 2) i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo Stato secondo le previsioni.

La normativa in itinere

Per effetto della legge-quadro 36/2001, l'ultima legislatura aveva il compito di elaborare alcune bozze di DPCM su proposta del Ministero dell'Ambiente e di concerto con il Ministero della Sanità che riguardano

- i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la tutela della salute della popolazione nei confronti dei campi elettromagnetici generati a frequenze non contemplate dal DM 381/98, ovvero i campi a frequenza industriale (50 Hz) e i campi statici;
- i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la tutela della salute dei lavoratori professionalmente esposti nei confronti dei campi elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz (esposizione professionale ai campi elettromagnetici).

Relativamente alla definizione di limiti di esposizione, valori di attenzione e obiettivi di qualità per l'esposizione della popolazione ai campi di frequenza industriale (50 Hz), la bozza di DPCM predisposta dal Ministero per l'Ambiente (e bocciata in sede di Consiglio dei Ministri) proponeva i valori confrontati in tabella 9 con la precedente normativa italiana e con la normativa europea. Se da un lato i limiti di esposizione proposti confermano i livelli inferiori precedentemente stabiliti dal DPCM 23 aprile 1992 e recepiscono i livelli di riferimento previsti dalla raccomandazione 1999/512/CE (linee guida ICNIRP), una innovazione sostanziale della normativa si verifica attraverso la definizione di limiti di attenzione e di obiettivi di qualità enormemente inferiori (200-500 volte per l'induzione magnetica e 5-10 volte per il campo elettrico) rispetto ai livelli di riferimento ICNIRP e UE. Alla luce di quanto fin qui esposto, è evidente che, nella quantificazione proposta, i livelli di attenzione e gli obiettivi di qualità risultano inutilmente allarmistici nei confronti della popolazione e fortemente penalizzanti sul piano delle applicazioni industriali.

Sempre la legge 36/2001, all'articolo 8 comma 1 dice che: "Sono di competenza delle regioni, nel rispetto dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità nonché dei criteri e delle modalità fissati dallo Stato, fatte salve le competenze dello Stato e delle autorità indipendenti:

- a) l'esercizio delle funzioni relative all'individuazione dei siti di trasmissione e degli impianti per telefonia mobile, degli impianti radioelettrici e degli impianti per radiodiffusione.....
- b) la definizione dei tracciati degli elettrodotti con tensione non superiore a 150 KV, con la previsione di fasce di rispetto secondo i parametri fissati ai sensi dell'articolo 4 e dell'obbligo di segnalarlo;
- c) Le modalità per il rilascio delle autorizzazioni alla installazione degli impianti di cui al presente articolo, in conformità a criteri di semplificazione amministrativa, tenendo conto dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici preesistenti;
- d) La realizzazione e la gestione, in coordinamento con il catasto nazionale..., di un catasto delle sorgenti fisse dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, al fine di rilevare i livelli dei campi stessi nel territorio regionale, con riferimento alle condizioni di esposizione della popolazione;
- e) L'individuazione degli strumenti e delle azioni per il raggiungimento degli obiettivi di qualità...
- f) Il concorso all'approfondimento delle conoscenze scientifiche relative agli effetti per la salute, in particolare quelli a lungo termine, derivanti dall'esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici.

Comma 2) Nell'esercizio delle funzioni (...), le regioni si attengono ai principi relativi alla tutela della salute pubblica, alla compatibilità ambientale ed alle esigenze di tutela dell'ambiente e del paesaggio.

Comma 3) In caso di inadempienza delle regioni, si applica l'articolo 5 del decreto legislativo del 31 marzo 1998, n.112

Comma 4) Le regioni, (nelle materie di cui al comma 1), definiscono le competenze che spettano alle province ed ai comuni nel rispetto di quanto previsto dalla legge 31 luglio 1997 n. 249

Comma 6) I comuni possono adottare un regolamento per assicurare il corretto insediamento urbanistico e territoriale degli impianti e minimizzare l'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici”.

Conclusioni

L'adozione a livello normativo di valori di attenzione e obiettivi di qualità inutilmente penalizzanti è stata evitata (almeno parzialmente e temporaneamente) grazie soprattutto alla fermezza e alla competenza di insigne oncologo del prof. Veronesi, e grazie anche al ruolo attivo che in questo caso specifico ha deciso di giocare la comunità scientifica nazionale - con in testa Renato Angelo Ricci, Tullio Regge, Giorgio Salvini, Umberto Tirelli, Franco Battaglia, Luciano Caglioti, Paolo Blasi e molti altri - per opporsi agli indebiti sconfinamenti della politica nella sfera delle competenze scientifiche. Se infatti è compito del sistema politico definire i criteri di tutela della salute della popolazione e dei lavoratori, è indubbio che la determinazione quantitativa di limiti che devono avere autorevolezza e significato scientifici deve essere condotta ascoltando in primo luogo il parere della scienza.

Per i campi a frequenza industriale (tab. 2) si è finora riusciti ad evitare la fissazione per legge di valori di attenzione notevolmente inferiori (5 volte per il campo elettrico, 200 volte per l'induzione magnetica) rispetto ai livelli di riferimento ICNIRP. Anche gli obiettivi di qualità proposti - inferiori di 10 volte per il campo elettrico e di 500 volte per l'induzione magnetica ai livelli di riferimento ICNIRP - sono stati temporaneamente accantonati. Per i campi elettromagnetici a radiofrequenza, invece, il danno è fatto, dato che il DM 381/1998 fissa valori di cautela (tab. 1) che sono da 7 a 45 volte inferiori a quelli raccomandati dall'ICNIRP. Si tratta in questo caso di attuare interventi correttivi.

La comunità scientifica non cessa e non cesserà in futuro di raccomandare la sostanziale modifica di “limiti di attenzione”, “obiettivi di

qualità” e “valori di cautela”, non solo allo scopo di dare attuazione alle raccomandazioni dell’ICNIRP, dell’OMS e dell’Unione Europea rendendo la normativa nazionale omogenea a quella degli altri paesi, ma anche per non destare ingiustificato allarme nella popolazione e per non sottoporre le nostre attività industriali a inutili vincoli.

Gli argomenti degli scienziati sono certamente consistenti:

- allo stato attuale delle conoscenze scientifiche, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità possono coincidere con i limiti di protezione sanitaria (limiti di esposizione) o derivare ragionevolmente da questi;
- qualora si volesse optare in sede politica per l’adozione di valori più restrittivi, è comunque opportuno attendere le valutazioni di prossima pubblicazione da parte dell’IARC;
- è comunque opportuno che la determinazione di “*valori di cautela*”, “*valori di attenzione*” e “*obiettivi di qualità*” sia affidata non ad un mero processo di compilazione burocratica, ma ad una commissione scientifica al massimo livello di qualificazione e accreditata in campo internazionale.

Ciò che lascia interdetti è che per affermare principi tanto evidenti la comunità scientifica italiana abbia dovuto rivolgere appelli e telegrammi al presidente della Repubblica, al presidente del Consiglio, ai ministri e al presidente dell’Unione Europea, dai quali - con la sola eccezione del prof. Veronesi - non si è avuta risposta.

Tabelle

Tabella 1. Confronto tra i limiti nazionali e internazionali per le frequenze tipiche della telefonia mobile (900-1.800 MHz)

	Limiti di campo elettrico E (V/m)		Limiti di campo magnetico H (A/m)		Limiti di densità di potenza (W/m ²)	
	900 MHz	1800 MHz	900 MHz	1800 MHz	900 MHz	1800 MHz
ICNIRP	41.25	58.3	0.11	0.15	4.5	9
CENELEC	41.1	58.1	0.10	0.15	4.5	9
DIN/VDE (Germania)	41.1	58.1	0.10	0.15	4.5	9
ANSI (Usa)	-	-	-	-	6	12
NRPB (Regno Unito)	112.5	194	0.29	0.52	33	100
Italia - Limite di esposizione (sanitario)	20	20	0.05	0.05	1	1
Italia - luoghi con permanenza di 4 o più ore	6	6	0.016	0.016	0.1	0.1

Tabella 2. Confronto fra i limiti nazionali e internazionali per le frequenze industriali (50 Hz)

Normativa	Limiti previsti	Induzione magnetica B (μT)	Intensità del campo elettrico E (V/m)
Bozza di DPCM in itinere	Limite di esposizione	100	5.000
	Limite di attenzione	0,5	1.000
	Obiettivo di qualità	0,2	500
Racc. 199/512/CE	Livelli di riferimento (ICNIRP 1998, OMS)	100	5.000

Tabella 3 - Limiti di base per la popolazione per le alte frequenze (ICNIRP, 1998)

Gamma di frequenza f	Densità di corrente (mA/m ² rms)	SAR mediato (corpo intero) (W/Kg)	SAR localizzato (capo e tronco) (W/Kg)	SAR localizzato (arti) (W/Kg)	Densità di potenza (W/m ²)
100 kHz – 10 MHz	f / 500	0.08	2	4	-
10 MHz – 10 GHz	-	0.08	2	4	-
10 – 300 GHz	-	-	-	-	10

Tabella 4 - Livelli di riferimento per la popolazione per le alte frequenze (ICNIRP, 1998)

Intervallo di frequenza f	Intensità di campo E (V/m)	Intensità di campo H (A/m)	Campo B (mT)	Densità di potenza onda piana equivalente (W/m ²)
0,15 – 1 MHz	87	0.73 / f	0.92 / f	-
1 – 10 MHz	87 / f ^{1/2}	0.73 / f	0.92 / f	-
10 – 400 MHz	28	0.073	0.092	2
400 – 2000 MHz	1.375 f ^{1/2}	0.0037 f ^{1/2}	0.0046 f ^{1/2}	f / 200
2 – 300 GHz	61	0.16	0.45	10

Tabella 5 - Livelli di riferimento per i campi elettromagnetici (0 Hz-300 GHz, valori efficaci rms non perturbati)

Intervallo di frequenza f	Intensità del campo elettrico E (V/m)	Intensità del campo magnetico H (A/m)	Campo di induzione magnetica B (μT)	Densità di potenza onda piana equivalente
0-1 Hz	-	3,2 x 10 ⁴	4x10 ⁴	-
1 - 8 Hz	10000	3,2 x 10 ⁴ / f ²	4x10 ⁴ / f ²	-
8 - 25 Hz	10000	4000 / f	5000 / f	-
0,025 - 0,8 kHz	250 / f	4 / f	5 / f	-
0,8 - 3 kHz	250 / f	5	6,25	-
3 - 150 kHz	87	5	6,25	-
0,15 - 1 MHz	87	0,73 / f	0,92 / f	-
1 - 10 MHz	87 / f ^{1/2}	0,73 / f	0,92 / f	-
10 - 400 MHz	28	0,073	0,092	2
400 - 2000	1,375 f ^{1/2}	0,0037 f ^{1/2}	0,0046 f ^{1/2}	f / 200
2 - 300 GHz	61	0,16	0,20	10

Tabella 6 - Limiti previsti dalla normativa internazionale e dalle normative nazionali in tema di protezione della popolazione dagli effetti sanitari dell'esposizione ai campi elettromagnetici a frequenza industriale (50 Hz).

Area / Paese	Riferimento normativo	Note	Applicazione dei limiti	Induzione magnetica B (μ T)	Campo elettrico E (V/m)
Unione Europea	Raccom. 1999/512/CE	Raccomandazione non prescrittiva	Per esposizioni prolungate	100	5.000
Austria	Legge nazionale del 1994	Limiti aventi valore legale	Per esposizioni prolungate	100	5.000
			Per poche ore al giorno	100	10.000
Belgio	Regolamento del 1988	Limiti aventi valore legale	Aree abitate	-	5.000
			Aree non abitate	-	10.000
Francia	Linee guida ICNIRP 1998	Limiti adottati volontariamente dall'industria		100	5.000
Germania	Ordinanza federale del 1987	Limiti aventi valore legale	Per esposizioni prolungate	100	5.000
Olanda	Health Council Report 2000	Limiti aventi valore legale	Per esposizioni prolungate	120	6.000
Regno Unito	Linee guida NRPB del 1993	Limiti aventi valore legale	Per esposizioni prolungate	1.600	12.000
Repubblica Ceca	Legge nazionale del 2001	Limiti aventi valore legale	Per esposizioni prolungate	100	5.000
Svizzera	Ordinanza federale del 2000	Limiti aventi valore legale	Aree abitate, nuovi impianti	1	5.000
			Aree non abitate	100	5.000
Canada	Linee guida ICNIRP 1998	Limiti aventi valore legale	Per esposizioni prolungate	100	5.000
Australia	Linee guida ICNIRP 1998	Limiti imposti per i nuovi impianti		100	5.000
Nuova Zelanda	Linee guida ICNIRP 1998	Limiti imposti dal Ministero della sanità	Per esposizioni prolungate	100	5.000
Giappone	Decreto Ministero Industria	Limiti aventi valore legale	Aree abitate	-	3.000
Italia	DPCM 23 aprile 1992	Limiti aventi valore legale	Per l'intera giornata	100	5.000
			Per poche ore al giorno	1.000	10.000
	DPCM in itinere	Limiti aventi valore legale	Limiti di esposizione	100	5.000
			Valori di attenzione	0,5	1.000
			Obiettivi di qualità	0,2	500

Tabella 7 - Limiti di esposizione per la popolazione ai campi elettromagnetici (DM 381/1998)

Frequenza f (MHz)	Valore efficace del campo elettrico E (V/m)	Valore efficace di intensità del campo magnetico H (A/m)	Densità di potenza dell'onda piana equivalente (W/m ²)
0.1 – 3	60	0.2	-
3 - 3000	20	0.05	1
3000 - 300000	40	0.1	4

Tabella 8 - Valori di cautela in corrispondenza di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore (DM 381/1998)

Valore efficace del campo elettrico (V/m)	Valore efficace del campo magnetico (A/m)	Densità di potenza media (W/m ²)
6	0.016	0.10

Tabella 9 - Confronto fra livelli di riferimento, limiti di esposizione, limiti di attenzione e obiettivi di qualità.

Normativa	Limiti previsti	Induzione magnetica B (μT)	Intensità del campo elettrico E (V/m)
Bozza di DPCM in itinere	Limite di esposizione	100	5.000
	Limite di attenzione	0,5	1.000
	Obiettivo di qualità	0,2	500
DPCM 23 aprile 1992	Limite di esposizione per l'intera giornata	100	5.000
	Limite di esposizione per poche ore al giorno	1.000	10.000
Racc. 1999/512/CE	Livelli di riferimento (ICNIRP 1998, OMS)	100	5.000

Riferimenti

1. ICNIRP: "Guidelines for limiting exposure to Time-varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)", 1998
2. Raccomandazione 1999/512/CE del 12 luglio 1999: "Raccomandazione del Consiglio relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 a 300 GHz"
3. CENELEC/CEI: "Esposizione umana ai campi elettromagnetici. Alta frequenza (10 KHz-300 GHz), Norma Europea Sperimentale CEI ENV 50166 - 2". Vedi anche: CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano): CEI ENV 50166 - 1 e CEI ENV 50166 - 2, Maggio 1995.
4. Legge 31 luglio 1997 N. 249: "Istituzione dell'Autorità per le garanzie nelle comunicazioni e norme sui sistemi di telecomunicazioni e radiotelevisivo".
5. D.M. 10 settembre 1998 N. 381: "Regolamento recante norme per la determinazione dei tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana".
6. Legge 22 febbraio 2001 N. 36, "Legge-quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici.
7. ISPESL, ISS: Documento congiunto dell'Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro e dell'Istituto Superiore di Sanità sulla problematica della protezione dei lavoratori e della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici a frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz (29 gennaio 1998).
8. Hardell L., Näsman Å., Pahlson A., Hallquist A., Hansson Mild K. (1999). "Use of cellular telephones and the risk of brain tumours: A case-control study". *Int. J. Oncol.* 15:113-116.
9. 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.
10. 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.
11. 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.

CHE COSA SONO I CAMPI ELETTROMAGNETICI

La materia è costituita di particelle elettricamente cariche. Cariche ferme generano un campo elettrico. ad esempio, se si strofina una penna a sfera con un panno di lana, essa si carica di elettricità statica, al punto di essere capace di attirare dei piccoli corpi, come i pezzetti di carta. La penna a sfera strofinata è quindi una sorgente di campo elettrico.

Cariche in moto generano anche un campo magnetico. Nel caso di un magnete permanente (un calamita, l'ago di una bussola) le cariche in movimento sono dovute al moto degli elettroni. Anche la Terra genera un campo magnetico, quello che mette in movimento l'ago di una bussola. Se si avvolge un filo attorno ad un chiodo e si collegano le estremità del filo ad una batteria, esso si comporterà come un magnete.

Il campo elettrico si manifesta quando si osserva che su una carica ferma in un punto dello spazio agisce una forza proporzionale al valore della carica: quella forza, quando la carica è unitaria, è per definizione il campo elettrico in quel punto. Se la carica è in moto con velocità v e se viene osservata, oltre a quella dovuta al campo elettrico, un'ulteriore forza, proporzionale e perpendicolare alla velocità della carica, allora si dice che quel punto dello spazio per il quale sta passando la carica è sede di un campo magnetico. Esso è definito in modo da essere perpendicolare alla forza osservata e la sua intensità è definita in modo tale che moltiplicandola per il valore della velocità della carica si ottenga una quantità proporzionale all'intensità della forza applicata. Per una definizione più precisa, fuori dagli scopi di queste brevi note, si consulti un testo di fisica elementare.

Tra il campo elettrico ed il campo magnetico esiste una simmetria molto profonda. La variazione di uno di essi genera l'altro. In realtà il campo elettrico ed il campo magnetico sono aspetti diversi di un'unica entità, il campo elettromagnetico.

Se in un punto dello spazio il campo elettrico varia con periodicità (oscilla), nei punti immediatamente vicini si crea un campo magnetico anch'esso oscillante, il quale genera a sua volta nei punti vicini un altro campo elettrico oscillante. In questo modo nasce un'onda elettromagnetica, che si propaga nello spazio trasportando energia. A differenza delle onde acustiche o di quelle sull'acqua, che si propagano soltanto attraverso un mezzo materiale, le onde elettromagnetiche si propagano liberamente attraverso lo spazio vuoto. Anzi, la materia è spesso un impedimento alla loro propagazione. Nel vuoto, le onde elettromagnetiche si propagano alla velocità della luce. E proprio il fatto che le onde elettromagnetiche abbiano tutte le proprietà della luce visibile suggerì al fisico scozzese James Maxwell la possibilità che la luce stessa non fosse altro che una forma particolare di onda elettromagnetica.

Si giunge così a definire lo spettro elettromagnetico, cioè l'insieme di tutte le onde elettromagnetiche possibili. A distinguerle le une dalle altre è la frequenza, che viene misurata in hertz, dal nome del fisico tedesco Heinrich Hertz, il quale, alla fine dell'Ottocento, riuscì per primo a produrre delle onde elettromagnetiche. Ad un hertz corrisponde una oscillazione al secondo. La frequenza è correlata alla lunghezza d'onda, cioè alla distanza che intercorre tra le due "creste" di un'onda. Esse sono funzione della velocità con la quale le onde elettromagnetiche si propagano, pari a 300 mila chilometri al secondo: il prodotto tra la frequenza e la lunghezza d'onda è sempre uguale alla velocità di propagazione. Più alta è la frequenza, più piccola sarà la lunghezza d'onda e viceversa.

Tipo di campo	Frequenza	Sorgente
Campo statico	0 Hz	Corrente continua
Correnti alternate	50÷400 Hz	Corrente alternata
Onde radio lunghe	30 kHz ÷ 300 kHz	Antenne radio
Onde radio medie	300 kHz ÷ 3 MHz	Antenne radio
Onde radio corte	3 MHz ÷ 30 MHz	Antenne radio
Onde radio VHF	30 MHz ÷ 300 MHz	Antenne radio Mf e Tv
Onde radio UHF	300 MHz ÷ 3 GHz	Telefonia mobile e Tv
Microonde	3 GHz ÷ 300 GHz	Satelliti, Radar
Infrarosso	300 GHz ÷ 410 THz	Luce infrarossa
Luce visibile	410 THz ÷ 750 THz	Sole, Lampadine
Ultravioletti	750 THz ÷ 3 PHz	Sole, Sincrotroni
Raggi X	3 PHz ÷ 3 EHz	Tubi per raggi X
Raggi gamma	al di sopra di 3 EHz	Acceleratori di particelle

Legenda:

VHF	Very High Frequency
UHF	Ultra High Frequency
kHz	mille hertz
MHz	milione di hertz
GHz	miliardo di hertz
THz	mille miliardi di hertz
PHz	milione di miliardi di hertz
EHz	miliardo di miliardi di hertz

Lo spettro elettromagnetico comprende quindi tutte le onde elettromagnetiche, da una frequenza pari a zero hertz, che corrisponde alla corrente continua conservata da una batteria, fino a frequenze elevatissime, nell'ordine dei miliardi di miliardi di miliardi di hertz. I campi elettromagnetici a frequenza superiore ai 3 PHz, ben oltre lo spettro della luce visibile, sono ionizzanti. Essi presentano un'energia sufficiente a determinare modificazioni a livello atomico nella materia, separando gli elettroni dal resto dell'atomo. È il caso, in particolare, dei raggi X e delle radiazioni gamma. Al di sotto della soglia dell'ultravioletto, invece, le onde elettromagnetiche non possiedono energia

sufficiente a determinare ionizzazioni. Questo limite è di natura discreta, nel senso che per modificare lo stato di legame di un elettrone al nucleo serve un'energia ben determinata, al di sotto della quale non possono verificarsi fenomeni di ionizzazione. La ionizzazione viene considerata il processo elementare che potrebbe portare alla modificazione delle molecole biologiche e in particolare alle mutazioni nel nucleo delle cellule.

La misura dei campi elettromagnetici

L'intensità di un campo elettrico (E) è misurata in volt al metro (V/m).

L'intensità di un campo magnetico (H) è misurata in ampère al metro (A/m).

La densità del flusso magnetico (B), detta anche induzione magnetica è misurata in tesla. Il legame tra il campo magnetico H e l'induzione magnetica B è determinato dalla permeabilità magnetica del mezzo attraverso il quale tali grandezze si propagano. A fini pratici, nel vuoto così come nell'aria e nei tessuti biologici, il valore della permeabilità magnetica è considerato costante. Nel vuoto, nell'aria o in un tessuto biologico, a un'induzione magnetica di un μT (un milionesimo di tesla) corrisponde un'intensità di campo magnetico di circa 0,8 A/m (per l'esattezza a 0,7958 ampère al metro).

La densità di potenza di un campo elettromagnetico nella regione delle radiofrequenze e microonde (S) è misurata in watt al metro-quadro (W/m^2).

L'interazione tra un campo elettromagnetico e la materia deve essere descritta utilizzando due diversi modelli a seconda della distanza che intercorre tra la sorgente del campo e la materia stessa.

Il primo caso è quello del "campo vicino" e si determina quando l'oggetto è molto vicino alla sorgente. Sono in questo caso presenti un campo elettrico ed un campo magnetico, i quali, ai fini della loro interazione con la materia, appaiono indipendenti fra di loro. L'intensità dei due campi varia notevolmente da punto a punto e la loro misura diventa più complessa. Per le finalità dosimetriche si considera la grandezza della potenza assorbita per unità di massa dalla materia esposta al campo. Nel caso di un tessuto biologico, questa

grandezza viene espressa in watt per kilogrammo (W/kg) e viene denominata SAR (Specific Absorption Rate – Tasso Specifico di Assorbimento).

Il secondo caso è invece quello del “campo lontano”, condizione che si ha quando l’oggetto è ad una distanza sufficiente dalla sorgente. In questo caso l’onda risulta piana e l’intensità di campo elettrico e quella di campo magnetico variano con la distanza e sono strettamente correlati, secondo una relazione per cui l’intensità del campo elettrico, misurato in volt/metro, sarà pari a 377 volte l’intensità del campo magnetico misurata in ampère/metro ($E = 377 \times H$). In questa regione sarà sufficiente misurare l’esposizione al campo elettrico per determinare anche l’esposizione al campo magnetico.

Per determinare in quale situazione ci si trovi, se in “campo vicino” o in “campo lontano”, occorre considerare, oltre alle dimensioni della sorgente, la lunghezza d’onda. Si è nelle condizioni di “campo lontano” quando la distanza tra sorgente e materia esposta è superiore al rapporto d^2/λ dove d è la massima dimensione della sorgente e λ è la lunghezza d’onda che caratterizza il campo elettromagnetico. Nel caso dei sistemi di telefonia mobile, la lunghezza d’onda è pari a 0,333 metri nel caso della banda a 900 MHz e a 0,166 metri nel caso della banda a 1800 MHz. Si può dunque assumere che ad una distanza superiore a pochi metri dal punto di emissione (per esempio un’antenna standard di altezza 1,3 m) l’onda elettromagnetica sia da considerare come un’onda piana e che quindi l’intensità di campo elettrico e di campo magnetico siano costanti e proporzionali.

Un mondo di campi elettromagnetici

Viviamo immersi in un mondo di campi elettromagnetici. Qualsiasi conduttore elettrico, qualsiasi apparecchio elettrico, genera un campo elettromagnetico. Dai cavi dell’impianto elettrico domestico al frigorifero, dalla televisione al telefono cellulare, dall’asciugacapelli allo spazzolino elettrico.

I campi elettromagnetici nei quali viviamo immersi possono essere classificati secondo almeno tre diversi criteri.

Il primo criterio è quello della frequenza. A frequenze molto basse, in particolare a quella di 50 hertz, caratteristica dell’energia elet-

trica comunemente utilizzata nelle abitazioni, nei luoghi di lavoro, in quelli di svago, nelle scuole, negli ospedali, insomma, ovunque, il campo elettrico e quello magnetico si comportano, dal punto di vista pratico, come agenti fisici indipendenti tra loro. A frequenze più elevate, come nel caso delle onde radio (dai 100 mila hertz delle stazioni radiofoniche tradizionali ai 900 ÷ 1800 milioni di hertz della telefonia mobile) il campo si manifesta sotto la forma di onde elettromagnetiche, nelle quali le due componenti risultano inscindibili e strettamente correlate.

Il secondo criterio di classificazione è connesso alla natura dei campi. I campi elettromagnetici possono essere, infatti, naturali e artificiali. I primi derivano dai raggi cosmici, dalla radiazione solare (luce visibile, raggi ultravioletti), dal magnetismo terrestre, dalle correnti telluriche, dalle scariche elettriche atmosferiche (fulmini). I secondi, artificiali, derivano da qualsiasi apparato elettrico. Ciò è importante per sottolineare come esista un “fondo” elettromagnetico naturale con il quale l'umanità ha sempre convissuto.

Il terzo criterio di classificazione è, infine, di ordine pratico: esistono campi elettromagnetici involontari e volontari.

I primi, per così dire, sono una sorta di effetto collaterale di attività ed apparati che mirano a tutt'altro scopo. È, evidentemente, il caso dell'energia elettrica. Qualsiasi conduttore sotto tensione genera un campo elettrico, anche quando l'apparecchio collegato non è in funzione. Qualsiasi apparecchio in funzione, nel momento in cui la corrente scorre nei conduttori, genera un campo magnetico, il quale, a sua volta, genera un campo elettrico. Si tratta di campi a bassa frequenza (50 Hz) e la loro intensità può risultare rilevante soprattutto nelle immediate vicinanze del conduttore o dell'apparecchio. Essa può raggiungere e superare anche i 100 V/m, per il campo elettrico, ed i 30 μ T, per il campo magnetico.

I campi elettromagnetici volontari, intenzionali, sono invece quelli generati per trasmettere a distanza un segnale modulato. È il caso della radiofonia, della televisione, della telefonia mobile. Ma anche dei telecomandi dei cancelli, dei metal-detector delle banche e degli aeroporti, degli allarmi satellitari, dei radar militari e civili, oltretutto, naturalmente, degli apparecchi radiografici, di molti apparati di laboratorio (sanitari ed industriali), di molti strumenti terapeutici (radio-

terapia antitumorale). In particolare, nel caso della telefonia mobile, così come nella radiofonia e nella televisione, le onde elettromagnetiche sono il “supporto” indispensabile per la trasmissione del segnale, che viene modulato, in ampiezza o in frequenza, attorno alla frequenza “portante”.

Natura dell'esposizione	Campo elettrico V/m	Campo magnetico μT
A 10 ÷ 30 metri da una linea elettrica a 380.000 volt	1000 ÷ 5000	5 ÷ 20
All'interno di un'abitazione tipica	0,1 ÷ 10	0,1 ÷ 1
In area urbana	0,1 ÷ 50	0,1 ÷ 3
A 30 cm da un frigorifero	60	0,1 ÷ 1
A 30 cm da un frullatore	30	4 ÷ 15
A 30 cm da un televisore	50	1 ÷ 5
A 30 cm da una piastra di cottura elettrica	25	2 ÷ 10
A 10 cm da un asciugacapelli	100 ÷ 300	1 ÷ 5
A contatto di un rasoio elettrico	60	15 ÷ 150
A 30 cm da una lampada da tavolo	25	0,5 ÷ 2
A contatto con una termocoperta	250	2 ÷ 3
A 30 cm da un aspirapolvere	16	2 ÷ 20
A 30 cm da un ferro da stiro	60	0,1 ÷ 0,3

In tutti i casi vale la considerazione che l'intensità del campo elettrico e quella del campo magnetico, ovvero la densità di potenza del campo elettromagnetico, diminuisce con il quadrato della distanza. In pratica e a titolo di esempio, se ad un metro da una sorgente qualsiasi il campo elettromagnetico presenta una densità di potenza pari a 6 W/m², a due metri essa sarà di 1,5 W/m², a quattro metri sarà di 0,375 W/m², a otto metri sarà di soli 0,1 W/m², che corrispondono, in via generale, ad una intensità di campo elettrico di circa 6 V/m.

Le reti telefoniche cellulari

I sistemi di telefonia mobile sono anche chiamati sistemi cellulari. Questo, perché gli operatori hanno l'esigenza di rispondere alla necessità di assicurare un'elevata capacità di traffico, ma ciascuno di essi dispone di una banda di frequenza assai limitata. Ciò ha indotto i progettisti delle reti ad utilizzare i medesimi canali radio in aree di piccole dimensioni, non contigue tra loro (le "celle", appunto), moltiplicando così il numero delle stazioni riceventi e trasmettenti, dette stazioni radio base destinate a coprire una determinata area di territorio. La struttura delle reti cellulari consente così di accrescere in maniera molto elevata la capacità del sistema. L'unico limite è, almeno teoricamente se si procede verso la soluzione di celle "infinitamente" piccole, costituito soltanto da considerazioni di carattere economico, visto che, riducendo l'area delle celle, e con essa anche la potenza irradiata, è possibile attribuire contemporaneamente lo stesso canale radio a più utenti dislocati in celle diverse aumentando però il numero di apparati. Più piccole sono le celle, maggiore è il numero degli utenti che possono accedere al servizio contemporaneamente.

La struttura cellulare comporta che vengano attuate tutte le misure necessarie per limitare al minimo il rischio di interferenza tra stazioni radio base contigue che adottano gli stessi canali radio. Per questo, le reti cellulari sono caratterizzate da stazioni radio base di limitata potenza (decine, centinaia di volte inferiore a quella dei trasmettitori radio FM o TV). D'altra parte, il campo irradiato da ogni singola stazione radio base viene sagomato al fine di coprire adeguatamente la porzione di territorio desiderato, ma soltanto quella. Infine, il posizionamento sul territorio delle stazioni radio base viene studiato in maniera estremamente precisa, al fine di garantire la continuità del servizio e il traffico telefonico richiesto, ma minimizzando l'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici.

I sistemi radiomobili si distinguono pertanto in maniera sostanziale dai sistemi di diffusione radiotelevisivi in quanto utilizzano, per fornire il servizio a livello nazionale, alcune migliaia di siti radio base, equipaggiati con trasmettitori in grado di emettere, al massimo e solo in determinate condizioni, potenze di qualche decina di watt, mentre la rete di trasmettitori di un singolo operatore nazionale radiotelevisivo è

costituita da poche centinaia di trasmettitori che irradiano con continuità potenze a radiofrequenza di migliaia o decine di migliaia di watt.

Le informazioni e le note che seguono fanno riferimento ai sistemi GSM a 900 e a 1800 MHz, che a livello mondiale rappresenta ormai lo standard di telefonia cellulare digitale dominante. Anche in Italia esso viene utilizzato dalla stragrande maggioranza degli utenti.

I moderni telefoni cellulari che operano secondo lo standard GSM sono in grado di funzionare anche con un segnale in ingresso all'antenna pari a 10^{-10} mW, un decimillesimo di miliardesimo di watt. Accade, infatti, che le stazioni radio base, per minimizzare i rischi d'interferenza tra diversi canali simultaneamente in funzione, irradiano segnale solo quando necessario ed al livello minimo sufficiente per garantire, istante per istante, la qualità del collegamento.

Pertanto la potenza nominale del trasmettitore, così come la potenza nominale del telefonino, non rappresentano la potenza con la quale effettivamente si trasmette il segnale con continuità, come invece avviene per i sistemi radiotelevisivi, ma solamente la potenza di picco che i trasmettitori sono in grado di erogare. Ciò viene richiesto soltanto in casi eccezionali e per periodi di tempo trascurabili, come, ad esempio, quando un telefonino si trova al limite estremo dell'area di copertura di una stazione radio base.

Per riuscire nell'intento di contenere al minimo indispensabile la potenza alla quale avviene la trasmissione del segnale, il sistema GSM prevede tre diverse funzionalità: il controllo statico della potenza di trasmissione, il controllo dinamico della potenza di trasmissione e la trasmissione discontinua.

Potenza di trasmissione e campi elettromagnetici

I trasmettitori delle stazioni radio base del sistema GSM sono progettati seguendo, in linea di massima, due direttrici. Nel caso le stazioni siano destinate a coprire territori extra-urbani, vengono installati apparati in grado di trasmettere il segnale con una potenza sufficiente a coprire celle di notevole estensione, fino a qualche decina di chilometri. Si tratta di trasmettitori in grado di erogare all'antenna una potenza massima di 40 W per la banda a 1800 MHz e di 60 W per la banda a 900 MHz. Nel caso delle stazioni situate nelle aree urbane, le

scelte tecniche sono considerevolmente diverse. In questo caso, infatti, le celle, per poter sopportare un traffico molto più intenso di quello che caratterizza le aree extra urbane, hanno un raggio di poche centinaia di metri. La potenza di trasmissione del segnale necessaria per raggiungere gli utenti che si possono trovare ai limiti della cella, anche se mascherati da edifici o altre strutture, è molto più contenuta. Per questo, la potenza massima di trasmissione del segnale viene impostata entro limiti molto più bassi. È quella che, in termini tecnici, viene chiamata “potenza di configurazione”, e che, in ambito urbano, è in generale fissata su valori compresi tra 5 e 20 W. Va considerato poi il fatto che la potenza che arriva all’antenna è ulteriormente ridotta a circa un terzo della potenza di configurazione per le perdite che si verificano negli apparati che permettono di accoppiare alla medesima antenna più trasmettitori e nei cavi di collegamento.

Esiste, d’altra parte, anche un meccanismo di riduzione “dinamica” della potenza di trasmissione. Si tratta di una funzionalità presente sia nelle stazioni radio base che nei singoli telefonini e che consente di monitorare continuamente, conversazione per conversazione, il livello e, in base alle misure, di regolare con continuità, istante per istante, la potenza dei trasmettitori al livello minimo necessario per mantenere un’adeguata qualità di connessione.

Il controllo dinamico può ridurre la potenza erogata dal trasmettitore della stazione radio base e dal cellulare sino ad un millesimo della potenza di configurazione impostata a livello di progetto. Pertanto, nella ragionevole ipotesi di una distribuzione uniforme dell’utenza nell’area di copertura della cella, la potenza media erogata dalle stazioni radio base verso gli utenti durante le conversazioni è consistentemente inferiore alla potenza di configurazione.

Misure recentemente effettuate da France Telecom nell’area di Parigi hanno confermato che la potenza media sia dei cellulari che delle stazioni radio base (intesa come media della potenza che nei diversi istanti i diversi cellulari in conversazione emettono verso le stazioni radio base e che le stazioni radio base emettono verso i cellulari) è pari a circa il 25 per cento della potenza di configurazione.

A questo proposito, si deve osservare che se si decidesse, forse nell’intento di ridurre il cosiddetto “inquinamento elettromagnetico”, di installare poche stazioni radio base notevolmente distanziate tra lo-

ro, al limite delle aree residenziali, e se la distribuzione sul territorio del traffico telefonico proveniente dai cellulari rimanesse la medesima, l'“inquinamento” aumenterebbe considerevolmente. Questo, perché per mantenere il segnale che giunge ai cellulari e alle stazioni radio base entro la soglia di ricezione, sarebbe necessario impostare le stazioni radio base per il massimo livello di uscita. Il controllo automatico della potenza di trasmissione costringerebbe sia le stazioni radio base sia i cellulari a trasmettere quasi sempre al livello massimo. In ultima analisi il campo elettromagnetico generato dalle varie sorgenti sarebbe maggiore.

Esiste, infine, un terzo meccanismo che contribuisce a limitare in misura significativa la potenza di trasmissione e, quindi, a minimizzare l'emissione di campo elettromagnetico degli apparati delle reti di telefonia mobile. In assenza di traffico, le stazioni radio base, infatti, irradiano costantemente e con continuità alla potenza di configurazione su una sola portante radio, quella che serve da “faro” ai cellulari presenti nella zona di copertura. Ciò consente ad ogni cellulare di riconoscere la presenza della rete e di ricevere le chiamate e tutte le informazioni necessarie al funzionamento del sistema. Questa stessa portante è in grado di ospitare sino a 6-7 conversazioni telefoniche contemporaneamente, senza che questo produca un incremento della potenza emessa. Tutte le altre portanti presenti nella cella (normalmente inferiori o uguali a sei, con un massimo, assai raro, di dodici) ospitano ciascuna 8 canali a divisione di tempo e trasmettono potenza su ciascuno degli 8 canali solo quando il singolo canale è impegnato e l'utente che dalla rete fissa è in collegamento con un cellulare produce attività fonica.

Ciò chiarito, appare necessario fare almeno tre ulteriori considerazioni.

La prima si riferisce al fatto che per garantire la necessaria qualità del servizio, le stazioni radio base sono dimensionate per avere una perdita massima del 2 per cento nell'ora di massimo traffico. In pratica, questo significa che ciascun utente ha il 98 per cento di probabilità di trovare un canale libero quando tenta di accedere alla rete. Questo comporta che la probabilità che tutti i canali di una cella siano contemporaneamente attivi anche nell'ora di massimo traffico è in realtà molto bassa. La seconda riguarda il traffico smaltito nelle ore non di punta della giornata, che è, in percentuale, molto basso, addirittura vicino a

zero nelle ore notturne. La terza considerazione parte dal fatto che l'attività fonica e l'attività di segnalazione tra stazione radio base e cellulare richiede che venga generato un segnale soltanto nel 70 per cento del tempo, valore che rappresenta il caso peggiore nell'ipotesi di forte rumore di fondo (per esempio in stazioni ferroviarie o aeroportuali).

In definitiva, si può concludere che il campo elettromagnetico generato da una stazione radio base è molto inferiore a quello che si potrebbe calcolare utilizzando algoritmi tradizionali, come quelli ai quali si ricorre per i trasmettitori radiofonici e televisivi. Tutto ciò appare poi ancor più rilevante quando si considera il fatto che tutte le stime relative al campo elettromagnetico generato da una stazione radio base finora eseguite utilizzando le metodologie abitualmente in uso per i trasmettitori radiotelevisivi hanno dato esiti del tutto tranquillizzanti: i valori di campo calcolati sono sempre risultati inferiori ai limiti previsti dalla legislazione nazionale e, a maggior ragione, dalle raccomandazioni europee.

Le antenne

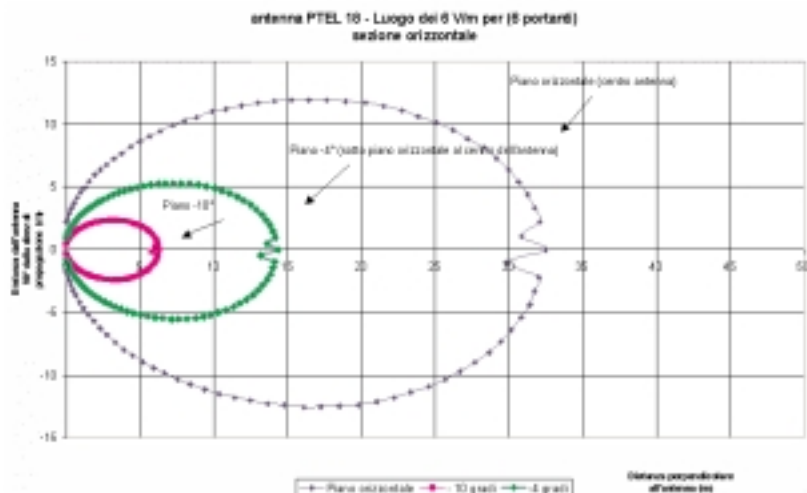
Le antenne sono l'unico elemento visibile della rete e, ormai, sono divenute una sorta di simbolo, sul quale si riversano polemiche e ingiustificate apprensioni. Se ne discute in assemblee condominiali e consigli comunali, nelle aule delle istituzioni periferiche e negli uffici urbanistici, spesso prescindendo dagli aspetti tecnici, dal loro reale impatto in termini di campo elettromagnetico generato e dalle necessità imposte dal servizio telefonico.

In realtà, la tipologia di antenne, la loro dimensione ed il loro numero, i loro sostegni, la loro altezza rispetto al tetto dell'edificio sede della stazione radio base rispondono a precise esigenze di natura tecnica: qualità della copertura nell'area desiderata, limitazione dell'irradiazione verso aree indesiderate, stabilità anche in condizioni atmosferiche avverse, rispetto dei volumi di sicurezza previsti dalle leggi, accessibilità per le operazioni di manutenzione del sistema. È indubbio il fatto che sino ad ora le esigenze di natura estetica e l'eventuale impatto visivo che i tralicci e i sistemi d'antenna potevano avere sul paesaggio urbano sono stati sottovalutati, ma rimane che le stazioni radio base devono e dovranno in futuro rispondere ad esigenze di natura tecnica, pena rinunciare alla qualità del servizio.

D'altra parte, si deve sottolineare come le dimensioni delle antenne e quelle dei loro sostegni non siano assolutamente correlate alla potenza irradiata. Anzi, è vero, semmai, il contrario, laddove l'obiettivo è proprio quello di concentrare il segnale irradiato in un'area di copertura ben definita e alle frequenze necessarie. Le antenne normalmente usate nelle stazioni radio base sono costituite da diversi elementi radianti, dette anche antenne elementari, alimentate dagli impianti di trasmissione in modo da concentrare la potenza in un sottile fascio, la cui apertura verticale è inferiore a 10° , mentre quella orizzontale varia tra i 60° e i 90° . Il modello di emissione del segnale è dunque analogo a quello di un fascio irradiato dai fari di un'automobile, che concentrano la luce di lampadine di modesta luminosità in una direzione privilegiata a spese delle altre direzioni.

La figura 1 mostra il diagramma d'irradiazione in uno spazio libero di una tipica stazione radio base a 1800 MHz, (antenna PTEL 18-65/DC, alimentata da 6 trasmettitori DCS 1800 con potenza d'impostazione di 20 W ciascuno ed accoppiati all'antenna con 5 dB di perdite). Il diagramma è tracciato come luogo dei punti che confinano all'interno il volume nel quale il campo è maggiore o uguale a 6 V/m.

Figura 1



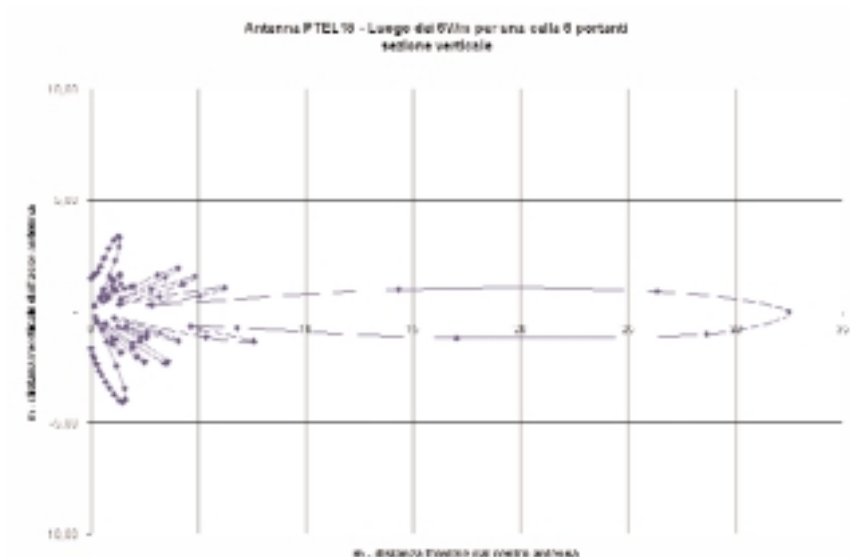


Figura 2

La figura 2 mostra il diagramma di irradiazione su un piano orizzontale che interseca il centro dell'antenna al punto zero. La linea confina il campo a 6 V/m.

Come si può notare, si hanno più di 6 V/m fino ad una distanza di circa 30 metri dal centro dell'antenna, mantenendosi perpendicolari all'asse di emissione. Non appena ci si allontana da tale direzione l'intensità del campo diminuisce drasticamente. Ad esempio, ad 1 metro sotto il piano orizzontale passante per il centro dell'antenna il campo risulta sempre inferiore ai 6 V/m.

Si tenga presente che questi valori sono quelli che si potrebbero misurare se la stazione radio base operasse alla massima potenza. Ciò che, per quanto indicato nelle pagine precedenti, non accade mai. Il risultato è che il campo effettivamente prodotto da una stazione radio base in reale esercizio, non raggiungerà mai i valori di campo previsti da questo calcolo, neanche nell'ora di massimo traffico.

Il puntamento delle antenne

Nelle aree urbane, il fascio prodotto dalle antenne (figura 1) viene puntato al di sopra dei tetti circostanti, in modo da “illuminare” anche le aree non direttamente “visibili”, grazie ai fenomeni di diffrazione e di riflessione. Come detto all’inizio, il segnale necessario all’ingresso di un mobile è dell’ordine di frazioni di milionesimo di watt e pertanto non è richiesta la visibilità diretta tra mobile e stazione radio base. Inoltre, puntare le antenne sulla superficie degli edifici circostanti costituirebbe un inutile spreco di potenza e, quindi, di energia.

Il puntamento al di sopra del livello dei tetti e l’apertura ridotta del fascio richiede però che i sostegni presentino un’altezza adeguata (le antenne debbono essere al di sopra del colmo dei tetti degli edifici) e di dimensioni generose, data la necessità di mantenere stabile il puntamento anche quando si verificano condizioni meteorologiche estreme. Anche piccole oscillazioni o vibrazioni del sostegno, infatti, possono provocare notevoli variazioni periodiche del campo.

L’esigenza di assicurare una minore visibilità alle antenne può dunque scontrarsi con l’esigenza di rispettare con adeguato margine i valori di campo limite previsti dalla legislazione nazionale. Una riduzione dell’altezza dell’antenna rispetto al colmo degli edifici circostanti porterebbe, infatti, ad un peggioramento dell’area di copertura, per ovviare al quale bisognerebbe aumentare il numero delle stazioni radio base presenti sul territorio, e potrebbe comportare perfino il superamento dei livelli di esposizione ammessi dalle norme italiane. Negli altri paesi europei, dove la legislazione prevede limiti di esposizioni coerenti con la recente raccomandazione Europea (4,5 W/m² a 900 MHz e 9 W/m² a 1800 MHz, contro 0,1 W/m² previsti in Italia nei luoghi ove le persone soggiornano per più di quattro ore al giorno) sono frequentemente adottate antenne dello stesso tipo di quelle prese in considerazione nei calcoli sopra descritti, direttamente installate sulla facciata dei palazzi o sui bordi del tetto ed opportunamente mascherate in modo da risultare poco visibili ed esteticamente più accettabili.

Limiti di campo e limiti di distanza

I diagrammi di campo (figure 1 e 2) fanno ben comprendere come, per valutare il grado di esposizione al campo elettromagnetico in un determinato punto dello spazio, sia indispensabile utilizzare mezzi di simulazione e calcolo relativamente complessi e come l'idea, del tutto semplicistica, di introdurre limiti di distanza dall'antenna sia grossolana ed inutilmente penalizzante rispetto alla pur legittima necessità di cautela. La garanzia di protezione da eventuali effetti nocivi derivanti dall'esposizione ai campi elettromagnetici della parte più debole della popolazione (anziani, malati, bambini) non può in nessun caso essere raggiunta definendo per legge un limite di distanza rispetto a scuole, asili, ospedali per impianti trasmettenti di qualunque tipo e potenza (con particolare attenzione agli impianti di telefonia cellulare).

Qualora si dovesse concludere che la distanza da un impianto trasmettente fosse un parametro certo ed attendibile da utilizzare per definire la pericolosità per la salute dei bambini o delle persone debilitate, appare illogico che si pongano limiti di salvaguardia rispetto ad edifici (asili, scuole, ospedali) dove coloro che s'intende tutelare passano in generale poca parte della loro vita. Se fosse realmente accertato o anche soltanto probabile che, entro determinate distanze, un impianto di trasmissione genera in ogni caso una condizione di rischio, tale vicinanza dovrebbe essere impedita a maggior ragione per le normali residenze dove bambini o ammalati trascorrono la maggior parte del loro tempo.

Nei diagrammi di figura 3 sono riportati i risultati delle simulazioni relative al campo generato da una tipica stazione radio base a 1800 MHz, posta a 35 metri dal suolo. Viene analizzato il campo elettrico generato, a diverse altezze dal suolo, sulla superficie di un ipotetico edificio situato frontalmente nella direzione di massimo campo rispetto all'antenna, in funzione della distanza tra edificio irradiato e stazione radio base. I diagrammi mostrano il valore di campo in funzione della distanza "d" tra i due edifici, nelle ipotesi di propagazione in spazio libero e di assenza di ostacoli tra i due edifici.

Nel diagramma di figura 4 si ipotizza, invece, che l'edificio irradiato sia posto a 40° rispetto al lobo principale di emissione dell'antenna. Questa situazione è più realistica della precedente, in quanto, per le

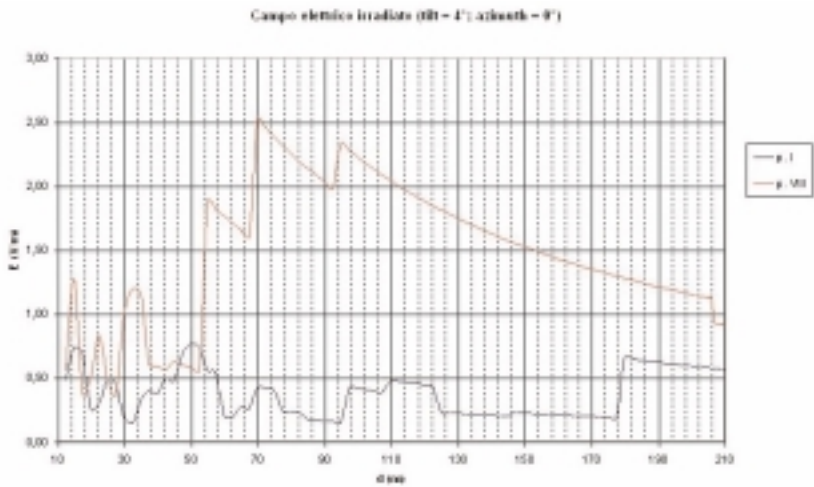


Figura 3

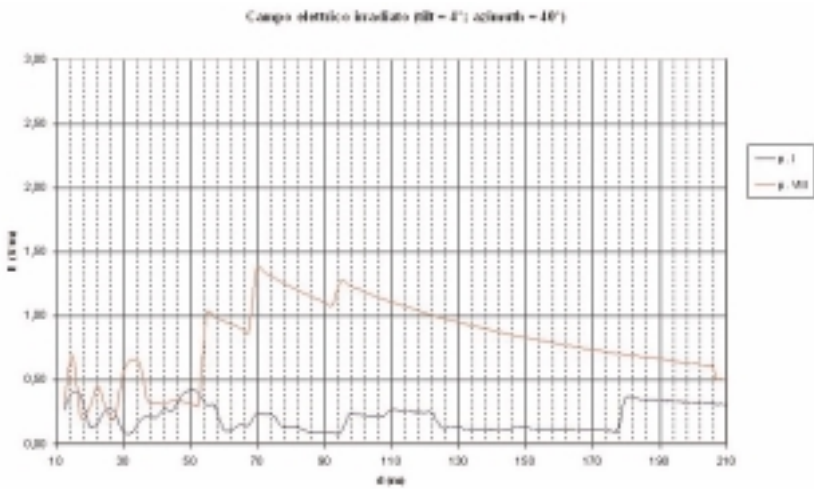


Figura 4

considerazioni già esposte, le antenne di una stazione radio base non vengono mai puntate verso edifici di altezza equivalente e posti frontalmente.

Entrambi i diagrammi mostrano che il campo sulla superficie di un edificio può essere maggiore a distanze maggiori poiché esso dipende anche dall'esposizione al lobo principale dell'antenna. Inoltre, alla stessa distanza, i valori di campo sulla superficie ai diversi piani sono nettamente diversi (sino a 10 volte inferiori). Così come sono diversi, a pari distanza ed altezza, tra la direzione di massimo campo ed una direzione sfalsata di qualche decina di gradi. L'eventuale presenza di altri stabili tra l'antenna e l'edificio che si vuol proteggere riduce inoltre il campo di fattori superiori a 10 volte. Questo senza contare che il campo presente all'interno degli edifici subisce una ulteriore riduzione per l'effetto schermante dei muri. In conclusione, il campo generato da un'antenna per telefonia mobile dipende, certo, anche dalla distanza, ma soprattutto dall'orientamento rispetto all'antenna, sia sul piano verticale che su quello orizzontale, dalla presenza di edifici tra l'antenna e il punto preso in considerazione, dalla tipologia dei muri. In tutti i casi, appare evidente come una maggiore distanza, qualora non si intervenga anche sulle altre componenti, non comporta alcuna significativa riduzione dell'intensità del campo elettromagnetico. Appare pertanto illogico basare gli interventi volti alla protezione dai campi elettromagnetici sulla semplice limitazione della distanza tra antenna trasmittente e punto da proteggere.

D'altra parte, esistono strumenti e metodologie di analisi che permettono di prevedere, con sufficiente accuratezza ed un buon margine di sicurezza, i valori di campo generati da un impianto ricetrasmittente. Ciò consente di valutare, in fase di concessione dei necessari nullaosta, il campo massimo che verrà generato nelle aree di interesse quando l'impianto raggiungerà la piena operatività.

Le stringenti limitazioni imposte dalla legislazione italiana richiedono, per rispettare con sicurezza i limiti di legge, l'adozione di antenne ad alto guadagno, con diagramma di radiazione ben definito, di dimensioni quindi notevoli, installate sufficientemente in alto per superare il colmo dei palazzi circostanti e quindi poste normalmente su pali di alcuni metri. Per consentire la manutenzione di tali impianti in condizioni di assoluta sicurezza per il personale, i pali impiegati deb-

bono essere di diametro sufficiente a supportare il peso di una scala di sicurezza.

In conclusione, si deve chiarire che, proprio per rispettare le norme sanitarie, gli impianti installati nelle aree urbane devono necessariamente essere molto visibili e ben difficilmente potranno risultare visivamente impercettibili.

Esistono alternative?

Nell'ambito degli accesi dibattiti e delle roventi polemiche che in Italia, caso unico nel panorama internazionale, stanno accompagnando lo sviluppo delle reti di telefonia mobile, vengono spesso ventilate alcune alternative di natura tecnica, attraverso le quali si intenderebbe ridurre l'intensità dei campi elettromagnetici generati dalle antenne. Si tratta, fondamentalmente, di tre ipotesi: il cosiddetto co-siting tra operatori, le microcelle e le picocelle e il trasferimento dei siti fuori dall'area urbana.

Per quanto riguarda il co-siting, che viene spesso presentato come l'opzione del futuro, in grado di ridurre il numero degli impianti e quindi l'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici, va chiarito che questa opzione non può che moltiplicare la potenza irradiata dal sito per il numero di operatori presenti. L'eventuale riduzione congiunta della potenza farebbe diminuire l'area di copertura delle stazioni radio base e richiederebbe quindi la creazione di nuovi siti. Inoltre, bisogna ricordare che ogni stazione radio base, in questa eventualità, dovrebbe essere dotata di un proprio sistema di antenna. Ipotizzando un sito occupato da quattro operatori, si richiederebbero 8 antenne per cella, 24 antenne per sito. Ma non basta: occorre sottolineare, infatti, che negli attuali siti occupati dagli operatori presenti sul mercato, non esiste fisicamente e materialmente quasi mai la possibilità di raddoppiare o triplicare gli apparati installati.

Per quanto attiene la tecnologia delle microcelle e delle picocelle, va detto come esse siano già oggi comunemente utilizzate per coprire piccole aree di grande importanza, soprattutto nei centri urbani, lasciate scoperte dalla rete delle celle regolari, oppure per fornire elevate e localizzate capacità di traffico in particolari aree, come quelle pedonali, i centri commerciali, le sale di aeroporti. In alcuni casi sono

state realizzate coperture estese e continue di aree limitate di elevato interesse architettonico e storico, per evitare qualsiasi antenna a livello dei tetti. In questi frangenti, comunque, nell'area coperta dalle microcelle sono sempre presenti celle "normali", con funzione di "celle ombrello", necessarie per assicurare il servizio nell'area ai mezzi che si muovono velocemente e che sarebbero costretti ad un numero troppo elevato di "handover" (cambiamento di cella e quindi di connessione con la rete). Le microcelle, poste all'altezza dei primi piani degli edifici e alimentate con bassi livelli di potenza, sono dotate di antenne a basso guadagno e scarsa direttività e hanno, come tutte le celle GSM, un trasmettitore perennemente acceso. L'utilizzo di queste, quindi, unite alla copertura più ampia di celle "normali" porta a determinare un incremento della qualità del servizio offerto e una minimizzazione del livello medio di potenza all'interno della cella.

Infine, per quanto riguarda l'ipotesi di trasferire le stazioni radio base al di fuori dei centri abitati, va sottolineato come, anzitutto, si tratti di un'ipotesi del tutto incompatibile con il mantenimento del servizio in aree di grandi dimensioni, e, in secondo luogo, non possa che peggiorare le condizioni di esposizione media, non fosse che per i meccanismi di controllo automatico di livello attivi sulle reti. Allontanando le stazioni radio base dai centri abitati, infatti, la maggior parte dei cellulari si verrebbe a trovare in aree di copertura marginale con basso livello di campo. Automaticamente, gli apparati sarebbero costretti ad operare sempre alla massima potenza, aumentando così sensibilmente l'esposizione dei singoli utenti e il campo irradiato ad altezza d'uomo. Questo, pur considerando il fatto che i valori di esposizione che verrebbero così conseguiti sarebbero comunque ampiamente compresi entro limiti di sicurezza fissati dagli organismi internazionali (ICNIRP).

In conclusione, va sottolineato come i sistemi di telefonia cellulare oggi presenti sul mercato costituiscono, soprattutto grazie alla digitalizzazione, quanto di meglio la scienza delle comunicazioni elettriche può oggi mettere a disposizione per conseguire la massima efficienza energetica, la migliore qualità e la più alta sicurezza nella fornitura del servizio.

Dal punto di vista dei campi elettromagnetici generati, come in precedenza mostrato, gli attuali sistemi operano generando campi che

normalmente sono inferiori a circa un decimo del campo che le norme internazionali prevedono come limite di sicurezza per l'esposizione continua per la popolazione e comunque si collocano largamente entro i drastici limiti imposti dalla normativa italiana.

È possibile che l'incremento di banda e di utenza prevedibile nel futuro con i sistemi della terza generazione facciano crescere lievemente il campo totale generato dai sistemi, pur sempre entro limiti molto lontani dai valori limite fissati a livello internazionale. Poiché non è economicamente ipotizzabile uno sviluppo di sistemi "personalizzati" per un singolo mercato nazionale, l'eventuale non conformità di tali sistemi alla legislazione di un singolo paese li renderebbe non utilizzabili, con tutte le ovvie conseguenze in termini di sviluppo economico e sociale.

GLOSSARIO

Ampère (A): Unità di misura dell'intensità di corrente. In un conduttore elettrico passa la corrente di 1 ampère quando attraverso una sua sezione trasversale passa una carica pari a 1 coulomb – pari a 6 miliardi di miliardi di elettroni – in 1 secondo.

CEM: Acronimo di campo elettromagnetico.

Densità di potenza del campo elettromagnetico: Si misura in watt per metro quadrato (W/m^2). Essa è il prodotto dell'intensità del campo magnetico moltiplicata per l'intensità del campo elettrico.

ELF: Acronimo di Extremely Low Frequency. Campi elettromagnetici a frequenza molto bassa, tipicamente, i 50 Hz della comune corrente elettrica.

Frequenza: Numero di oscillazioni al secondo che caratterizza un'onda elettromagnetica.

GHz: Un miliardo di hertz.

Hertz: Unità di misura della frequenza: un hertz (Hz) equivale ad una oscillazione al secondo.

ICNIRP: Acronimo di International Commission on Non-Ionising Radiation Protection, Commissione internazionale per la Protezione dalle Radiazioni Non Ionizzanti.

Intensità del campo elettrico: Si misura in volt per metro lineare

(V/m).

Intensità del campo magnetico: Si misura in ampère per metro lineare (A/m).

kHz: Mille hertz.

MHz: Un milione di hertz.

OMS: Acronimo di Organizzazione Mondiale della Sanità, organismo internazionale che opera in stretta collaborazione con l'Onu.

Radiazioni ionizzanti: Quelle radiazioni elettromagnetiche che presentano un'energia ed una frequenza talmente elevate da provocare la ionizzazione dell'atomo. Sono radiazioni ionizzanti i raggi X ed i raggi gamma.

Radiofrequenza (RF): Si dice dei campi elettromagnetici che presentano una frequenza superiore ai 30 mila Hz. Essi sono utilizzati per trasmettere un segnale a distanza (radio, televisione, telecomunicazioni, eccetera).

Raggi gamma: Onde elettromagnetiche ad altissima frequenza provenienti dal nucleo atomico, generalmente di frequenza superiore ai 3 miliardi di miliardi di hertz.

Raggi ultravioletti (UV): Onde elettromagnetiche a frequenza compresa tra 750 mila miliardi di hertz e 3 milioni di miliardi di hertz. Esse, tipicamente, sono prodotte dal Sole.

Raggi X: Onde elettromagnetiche provenienti dalle orbite atomiche con frequenza superiore a 3 milioni di miliardi di hertz, utilizzate per la ricerca diagnostica.

Rete telefonica cellulare: Sistema di comunicazione costituito da una fitta rete di stazioni ricetrasmittenti locali di piccola potenza. Ogni stazione deve coprire soltanto una specifica porzione di territorio (detta cella) senza invadere quelle adiacenti, al fine di consentire a utenti situati in celle diverse di utilizzare la stessa frequenza di trasmissione.

SAR: Acronimo di Specific Absorption Rate, Tasso Specifico di Assorbimento. Si misura in watt per chilogrammo (W/kg) di tessuto biologico e definisce la quantità di potenza assorbita.

Spettro elettromagnetico: L'insieme di tutte le onde elettromagnetiche possibili, da quelle a 50 hertz generate dalla comune corrente elettrica, fino alle radiofrequenze, alla luce visibile, ai raggi X e ai raggi gamma.

Stazioni radio base (SRB): Stazioni ricetrasmittenti deputate, in una rete telefonica cellulare, a coprire una piccola porzione di territorio (cella).

Tesla (T): Unità di misura della densità del flusso magnetico. Convenzionalmente e nella gran parte dei casi, un μT (un milionesimo di tesla) corrisponde ad una intensità di campo magnetico di circa 0,8 ampère per metro lineare.

UHF: Acronimo di Ultra High Frequency. È utilizzata comunemente per la trasmissione dei segnali radiotelevisivi e nella telefonia cellulare (tra 300 e 3 mila milioni di hertz).

Volt (V): Unità di misura della differenza di potenziale elettrico.

VHF: Acronimo di Very High Frequency. È utilizzata per le trasmissioni radiotelevisive (tra 30 e 300 milioni di hertz).

Watt (W): Unità di misura della potenza. Nel caso della potenza elettrica, essa è il prodotto dell'intensità di corrente (misurata in ampère) moltiplicata per la differenza di potenziale (misurata in volt).

Riferimenti

1. Aa. Vv., "Campi elettromagnetici, che cosa sono, da dove vengono, che effetti producono", Roma settembre 1999, IGEAM.

“GALILEO 2001 PER LA LIBERTÀ E LA DIGNITÀ DELLA SCIENZA”

Un fantasma si aggira da tempo nel Paese, un fantasma che sparge allarmi ed evoca catastrofi, terrorizza le persone, addita la scienza e la tecnologia astrattamente intese come nemiche dell'uomo e della natura e induce ad atteggiamenti antiscientifici facendo leva su ingiustificate paure che oscurano le vie della ragione.

Questo fantasma si chiama oscurantismo. Si manifesta in varie forme, tra cui le più pericolose per contenuto regressivo ed irrazionale sono il fondamentalismo ambientalista e l'opposizione al progresso tecnico-scientifico. Ambedue influenzano l'opinione pubblica e la politica attraverso una comunicazione subdola: l'invocazione ingiustificata del principio di precauzione – peraltro sacrosanto, quando correttamente inteso – nell'applicare nuove conoscenze e tecnologie diviene una copertura per lanciare anatemi contro il progresso, profetizzare catastrofi, demonizzare la scienza.

Non si tratta, quindi, di una giustificabile preoccupazione per le ripercussioni indesiderate di uno sviluppo industriale ed economico non sempre controllato, ma di un vero e proprio attacco contro il progresso. L'arroganza e la demagogia che lo caratterizzano non solo umiliano la ricerca scientifica – attribuendole significati pericolosi e imponendole vincoli aprioristici e arbitrari – ma calpestanto il patrimonio di conoscenze che le comunità scientifiche vanno accumulando e verificando senza pretese dogmatiche, con la consapevolezza di offrire *ragionevoli certezze basate su dati statisticamente affidabili e sperimentalmente controllabili*.

Il fatto che le conoscenze scientifiche, per la natura stessa del metodo di indagine e di verifica dei risultati, si accreditino con spazi di

dubbio sempre riducibili ma mai eliminabili costituisce l'antidoto principale – che è proprio dell'attività scientifica – verso ogni forma di dogmatismo, scientismo, intolleranza e illiberalità; ma non può giustificare il considerare tali conoscenze opinabili o, peggio, inattendibili.

La voce della scienza è certamente più affidabile e anche umanamente – oltre che intellettualmente – più consapevole delle voci incontrollate e dogmatiche che, fuori di ogni rilevanza scientifica, pretendono di affermare “verità” basate sull'emotività irrazionale tipica delle culture oscurantiste. Da questa cultura regressiva nascono, ad esempio,

- il timore di cambiamenti climatici che, da milioni di anni caratteristici del pianeta Terra, sono oggi imputati quasi esclusivamente alle attività antropiche;
- le limitazioni alla ricerca biotecnologica che impediscono ai nostri ricercatori di cooperare al raggiungimento di conquiste scientifiche che potrebbero tra l'altro combattere gravi patologie e contribuire ad alleviare i problemi di alimentazione dell'umanità;
- la ricerca e l'esaltazione acritica di pratiche mediche miracolistiche che sono ritenute affidabili solo perché “alternative” alla medicina scientifica;
- il terrorismo sui rischi sanitari dei campi elettromagnetici, che vuole imporre limiti precauzionali ingiustificati, enormemente più bassi di quelli accreditati dalla comunità scientifica internazionale e adottati in tutti i paesi industriali;
- il permanere di una condizione di emergenza nel trattamento e nello smaltimento dei rifiuti di ogni tipo, condizione che è figlia del respingimento aprioristico di soluzioni tecnologiche adottate da decenni in tutti i paesi industriali avanzati;
- la sistematica opposizione ad ogni tentativo di dotare il Paese di infrastrutture vitali per la continuità dello sviluppo e per il miglioramento della qualità della vita della popolazione;
- la preclusione dogmatica dell'energia nucleare, che penalizza il Paese non solo sul piano economico e dello sviluppo, ma anche nel raggiungimento di obiettivi di razionalizzazione e compatibilità ambientale nel sistema energetico.

Il clima di oscurantismo in atto rischia di contribuire all'allontanamento dei giovani dai corsi di studio a indirizzo scientifico, ormai connotati di significati antiumanitari e antiambientali, alimentando un processo che rischia di prefigurare un futuro di dipendenza anche culturale, oltre che economica, del Paese.

La scienza non produce miracoli e non è, di per sé, foriera di catastrofi. Da sempre essa è parte integrante e trainante dell'evoluzione della società umana, motore primario di progresso sociale, economico, sanitario e ambientale.

Sulla base di questa consapevolezza, scienziati, ricercatori, tecnici di ogni estrazione culturale e di ogni credo, estranei ad ogni interesse industriale e consci del fatto che l'impegno scientifico non deve confondersi con le pur legittime convinzioni di ordine ideologico, politico e religioso, si levano a contrastare questa opera di disinformazione e di arretramento culturale, rivendicando il valore della scienza come fonte primaria delle conoscenze funzionali al progresso civile, senza distorsioni e filtri inaccettabili.

- Ci costituiamo nel movimento *"Galileo 2001 per la libertà e la dignità della Scienza"*, aperti alle adesioni più qualificate, sincere e disinteressate.
- Chiediamo alle associazioni scientifiche e culturali di impegnarsi disinteressatamente, assieme alle istituzioni, in una indifferibile battaglia per un'informazione competente e deontologicamente corretta.
- Ci rivolgiamo alla società civile, agli operatori dell'informazione più attenti e ai rappresentanti politici più avveduti perché sappiano raccogliere questo messaggio e ci aiutino a superare le barriere del fondamentalismo e della disinformazione.

Vogliamo che il nuovo secolo sia anche per il nostro Paese – che ha dato i natali a Galileo, Volta, Marconi e Fermi – quello della *verità scientifica* e della *ragione*, tanto più consapevoli quanto più basate sulle conoscenze e sul sapere. Esse forse non saranno sufficienti, ma sono certamente necessarie.

Membri fondatori

Renato Angelo Ricci, Presidente onorario SIF, già Presidente Società Europea di Fisica

Umberto Tirelli, Direttore Divisione Oncologia Medica, Istituto Nazionale Tumori di Aviano

Franco Battaglia, Università di Roma Tre

Carlo Bernardini, Università di Roma "La Sapienza"

Tullio Regge, Premio Einstein per la Fisica

Giorgio Salvini, già Ministro della Ricerca Scientifica, Accademia dei Lincei

Gian Tommaso Scarascia Mugnozza, Professore Emerito, Accademia Nazionale delle Scienze

Ugo Spezia, Segretario Generale CIDIS

Membri del Comitato Promotore

Franco Bassani, Presidente Società Italiana di Fisica

Argeo Benco, già Presidente Associazione Italiana di Radioprotezione

Paolo Blasi, già Rettore Università di Firenze

Gianni Bonadonna, Istituto Nazionale Tumori di Milano

Edoardo Boncinelli, Istituto San Raffaele, Milano

Luciano Caglioti, Università di Roma "La Sapienza"

Cinzia Caporale, Università di Siena

Giovanni Carboni, Università di Roma Tor Vergata

Francesco Cognetti, Presidente Associazione Italiana di Oncologia Medica

Guido Fano, Università di Bologna

Gianni Fochi, Scuola Normale Superiore di Pisa, Università di Pisa

Andrea Frova, Università di Roma "La Sapienza"

Silvio Garattini, Istituto Mario Negri, Milano

Roberto Irsuti, Direttore di *21^{mo} Secolo - Scienza e Tecnologia*

Silvio Monfardini, Direttore Divisione Oncologia Medica, Ospedale Universitario di Padova

Giovanni Vittorio Pallottino, Università di Roma "La Sapienza"

Franco Panizon, Professore emerito, Università di Trieste

Ernesto Pedrocchi, Politecnico di Milano

Carlo Pelanda, Condirettore Globis, University of Georgia, USA
Carlo Salvetti, Vicepresidente Associazione Italiana Nucleare
Angelo Spena, Università di Verona
Paolo Sequi, Presidente della Società Italiana per la Scienza del Suolo
Giorgio Trenta, Presidente dell'Associazione Italiana di Radioprotezione Medica
Paolo Vecchia, Dirigente di Ricerca, Istituto Superiore di Sanità
Giancarlo Vecchio, Università di Napoli, Presidente Società Italiana di Cancerologia
Igino Zavatti, Coordinatore dell'Associazione "Nuova Civiltà delle Macchine"



Adesione

(da compilare e inviare via e-mail all'indirizzo info@cidis.it
o via fax al numero 02 54100453)

**Aderisco al Manifesto "Galileo 2001" per la libertà
e la dignità della Scienza**

Nome e cognome

Qualifica

Indirizzo

Telefono Telefax

E-mail

Data Firma

INDICE

INTRODUZIONE	pag.	5
I RISCHI DA CAMPI ELETTROMAGNETICI: VALUTAZIONE, PERCEZIONE, PROTEZIONE	»	9
Effetti sanitari dei campi a bassa frequenza	»	9
Effetti sanitari dei campi elettromagnetici ad alta frequenza	»	12
La percezione dei rischi connessi ai campi elettromagnetici	»	16
Normative protezionistiche internazionali	»	19
Politiche cautelative per i campi elettromagnetici	»	22
Conclusioni	»	26
Bibliografia	»	28
LA NORMATIVA SULL'ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	»	33
Gli effetti sanitari dei campi elettromagnetici	»	36
I criteri di valutazione	»	37
Gli effetti dei campi a radiofrequenza e a microonde	»	38
Gli effetti dei campi a frequenza industriale	»	40
La normativa internazionale	»	41
<i>Le linee-guida ICNIRP</i>	»	41

La normativa europea	pag. 43
<i>Le norme CENELEC</i>	» 43
<i>La Raccomandazione 1999/512/CE</i>	» 43
<i>Le normative nazionali</i>	» 43
La normativa italiana	» 43
<i>La normativa generale</i>	» 43
<i>Il DM 10 settembre 1998 N. 381</i>	» 44
<i>La legge-quadro 22 febbraio 2001 N. 36</i>	» 45
<i>La normativa in itinere</i>	» 46
Conclusioni	» 48
Tabelle	» 50
Riferimenti	» 54
CHE COSA SONO I CAMPI ELETTROMAGNETICI	» 55
La misura dei campi elettromagnetici	» 58
Un mondo di campi elettromagnetici	» 59
Le reti telefoniche cellulari	» 61
Potenza di trasmissione e campi elettromagnetici	» 63
Le antenne	» 66
Il puntamento delle antenne	» 68
Limiti di campo e limiti di distanza	» 69
Esistono alternative?	» 73
Glossario	» 75
Riferimenti	» 77
“GALILEO 2001 PER LA LIBERTÀ E LA DIGNITÀ DELLA SCIENZA”	» 79