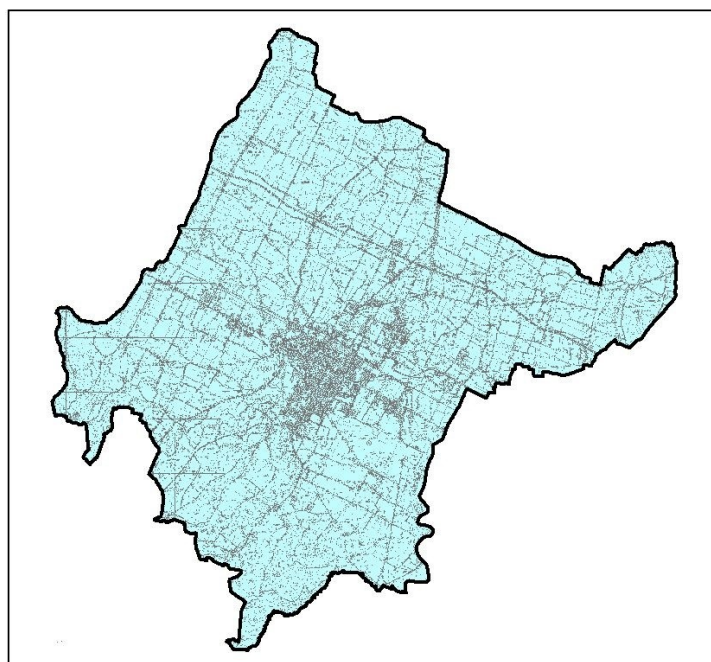


# CAMPAGNA DI MISURA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI A RADIOFREQUENZA

- COMUNE DI FORLI' -



## RELAZIONE ANNO 2015 Aspetti generali sui campi elettromagnetici RF ed ELF

### GRUPPO DI PROGETTO

Cristina Ceccarelli  
Gianni Graziosi  
Carlo Ravaioli  
Matteo Starnini  
Vittorio Valletta

### RESPONSABILE SERVIZIO SISTEMI AMBIENTALI

Carla Nizzoli

Arpae - Sezione Provinciale di Forlì-Cesena  
Forlì, Febbraio 2016



Revisione  
n. 00/16

Elaborazione cartografica a cura di Dott.ssa Maria Cristina Masti - Unità Monitoraggio odori e discariche - Arpae - Sezione Forlì-Cesena



## Indice generale

1. INTRODUZIONE.....	4
<b>1.1 INQUADRAMENTO GENERALE.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2 ASPETTI TECNICI.....</b>	<b>5</b>
<b>1.3 EFFETTI SANITARI.....</b>	<b>7</b>
<b>1.4 INQUADRAMENTO NORMATIVO.....</b>	<b>13</b>

# 1. INTRODUZIONE

## 1.1 INQUADRAMENTO GENERALE.

Nel territorio del Comune di Forlì, come ovunque, sono presenti da tempo numerosi impianti fissi per le radiocomunicazioni (impianti per l'emittenza radiotelevisiva e stazioni radio base per la telefonia mobile), nonché quelli deputati alla trasformazione e distribuzione dell'energia elettrica (linee elettriche e cabine di trasformazione).

Il Comune di Forlì ha affidato ad Arpae l'attuazione di un Programma di monitoraggio dei campi elettromagnetici per il triennio 2015 - 2017; tale programma riguarda:

- il monitoraggio in continuo della radiazione elettromagnetica presso **n. 3 installazioni**, compreso almeno un impianto di radioamatore;
- il monitoraggio per brevi periodi della radiazione elettromagnetica in almeno **n. 7 installazioni**;
- la mappatura di una **cabina di trasformazione**;
- l'effettuazione di misure brevi di induzione magnetica in almeno **n. 5 punti**, individuati in base alla criticità della rete di distribuzione.

Uno degli obiettivi del presente lavoro è la promozione di una adeguata e corretta informazione ai cittadini da parte delle istituzioni pubbliche, attraverso la realizzazione di specifiche campagne di informazione, la costituzione di una banca dati con l'archivio dei gestori, la predisposizione di una mappa con l'ubicazione degli impianti, dei punti di monitoraggio, dei punti di misura, aggiornata al 31 dicembre dell'anno precedente in formato shapes files (utilizzabile dal software GIS Arcview).

Parte di queste informazioni (foto e posizione dell'impianto, i risultati di tutti i monitoraggi RF eseguiti, ecc.) sono resi disponibili anche sul sito web: [www.arpa.emr.it/cem](http://www.arpa.emr.it/cem) che viene aggiornato con continuità. Al momento non è disponibile sul sito di Arpae la pubblicazione delle campagne di misura ELF. Nelle pagine che seguono vengono riportati i risultati delle campagne di misura effettuate nel corso dell'anno 2015 sul territorio del Comune di Forlì; i risultati dei controlli sugli impianti sono presentati con schede di sintesi e fotografie.

## 1.2 ASPETTI TECNICI.

Lo spettro elettromagnetico è costituito da molteplici tipologie di radiazioni originate da diverse sorgenti.

Queste radiazioni, pur essendo molto diverse relativamente a origine, proprietà, e modo di osservazione, presentano quali caratteristiche comuni la proprietà di essere descritte in termini di campi elettrici e magnetici e la medesima velocità di propagazione nel vuoto.

La caratteristica fondamentale che le distingue e ne determina le diverse proprietà è la **FREQUENZA**, misurata in Hertz (Hz), che rappresenta il numero di oscillazioni effettuate dall'onda nell'unità di tempo.

Strettamente connessa alla frequenza è la **LUNGHEZZA D'ONDA**, suo reciproco, che rappresenta la distanza percorsa dalla radiazione nel periodo di una oscillazione e corrisponde alla distanza tra due massimi o due minimi dell'onda.

La classificazione delle onde elettromagnetiche, sulla base della frequenza, o della lunghezza d'onda, viene indicata col nome di **SPETTRO ELETTROMAGNETICO**.

I nomi assegnati alle varie regioni dello spettro (figura 1) hanno a che vedere solo con i diversi modi di generare ed osservare le radiazioni dello spettro elettromagnetico stesso e non dipendono da alcuna proprietà fondamentale dell'onda.

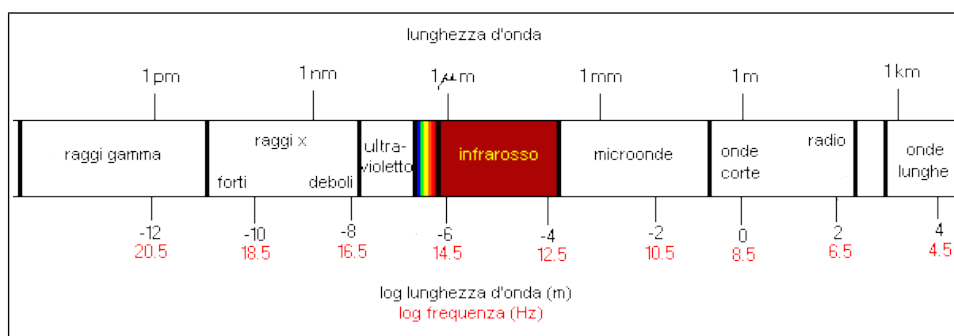


Figura 1: Spettro elettromagnetico

Le diverse modalità di interazione con i sistemi biologici e gli effetti potenzialmente derivabili sono strettamente dipendenti dalla frequenza del campo, di conseguenza i riferimenti normativi riguardanti la tutela dell'esposizione della popolazione e dei lavoratori devono differenziarsi a seconda del range di frequenza considerato.

Le radiazioni che vengono denominate Non Ionizzanti, **NIR**, costituiscono quella parte dello spettro elettromagnetico che va da 0 Hz a  $3 \times 10^6$  GHz, caratterizzato dai seguenti sottointervalli:

Campi Statici e Frequenze Estremamente Basse (ELF)	0 Hz	-	30 KHz
Basse Frequenze (LF)	30 KHz	-	100 KHz
Radio Frequenze (RF)	100 KHz	-	300 MHz
Microonde (MW)	300 MHz	-	300 GHz
Radiazione Ottica (IR – VIS – UV)	300 GHz	-	3x10 <sup>6</sup> GHz

I **campi statici** sono principalmente utilizzati nell'industria e nel settore medico (Risonanza Magnetica) e pertanto l'esposizione riguarda soprattutto i lavoratori addetti.

Le radiazioni a basse frequenze, dette **ELF**, si originano nel trasporto, trasformazione e distribuzione dell'energia elettrica (elettrodotti, sottostazioni, etc.) e da tutte quelle apparecchiature domestiche o industriali alimentate a 50 Hz. Relativamente all'ambiente il maggior impatto deriva dalle linee di trasmissione ad alta tensione, utilizzate per il trasporto dell'energia elettrica a grandi distanze; l'entità dei campi elettromagnetici è maggiore al di sotto delle linee stesse e decresce rapidamente con la distanza. Dal punto di vista dell'esposizione sono importanti gli impianti a bassa tensione presenti in ambienti di vita e di lavoro che generano campi d'entità non trascurabile e che coinvolgono, per tempi anche prolungati, un notevole numero d'individui della popolazione e di lavoratori non esposti per ragioni professionali. A partire dal 2011 la campagna di misura dei campi elettromagnetici nel comune di Forlì ha riguardato anche questa tipologia di emissione a 50 Hz.

I campi elettromagnetici che si estendono da 300 Hz a 100 kHz sono classificate con la dicitura **LF**. Le fonti principali che operano in questa gamma di frequenza sono i dispositivi antifurto, tipicamente impiegati per prevenire il furto di merci, con un livello di esposizione che di solito è al di sotto dei limiti di esposizione. Trovano applicazioni anche nei piani di cottura ad induzione, nei motori elettrici e nei lettori di badge. Anche alcune applicazioni industriali, come il riscaldamento a induzione e saldatura, possono causare emissioni nella gamma LF.

Le radiazioni oggetto del presente lavoro, oltre alle radiazioni a insieme frequenza estremamente bassa alle (**ELF**), sono rappresentate le radiazioni a le **radiofrequenze (RF)** e le **microonde (MW)**, la cui presenza nell'ambiente esterno è dovuta soprattutto agli impianti radiotelevisivi, ai ponti radio ed alle stazione radio base per telefonia mobile.

### 1.3 EFFETTI SANITARI.

Di seguito si riporta una breve rassegna sulle pubblicazioni scientifiche relative agli effetti sanitari dei campi elettromagnetici sui sistemi biologici e sul corpo umano. Fermo restando che non rientra tra le competenze di questa Agenzia né tra le finalità di questo lavoro fornire delle risposte di tipo “sanitario”, per completezza d’informazione si è ritenuto di inserire in questo paragrafo alcuni spunti di riflessione sugli studi epidemiologici relativi ai campi elettromagnetici. Per approfondimenti si rimanda alla lettura degli articoli scientifici di settore, riportati in bibliografia.

Gli effetti dei campi elettromagnetici sugli organismi viventi e sull’organismo umano in particolare sono oggetto di intensa ricerca da diversi decenni. La letteratura scientifica annovera diverse migliaia di lavori relativi a tutte gli aspetti di una problematica estremamente complessa:

- analisi delle sorgenti,
- valutazione delle esposizioni,
- meccanismi fisici di interazione,
- studi di laboratorio in vitro e in vivo,
- indagini epidemiologiche.

Ogni singolo individuo risulta esposto, sia in casa sia sul posto di lavoro, ad una complessa miscela di deboli campi elettrici e magnetici generati dal trasporto di elettricità, da elettrodomestici, da apparati industriali, da impianti per telecomunicazione ed emittenza radiotelevisiva.

Gli effetti dei campi elettromagnetici sul corpo umano dipendono non solo dalla loro intensità, ma anche dalla loro frequenza. Porre la distinzione fra emissioni in “**bassa o alta frequenza**” è essenziale, in quanto diversi sono i meccanismi di interazione con la materia vivente; a frequenze basse i campi magnetici inducono correnti elettriche, mentre a frequenze alte risulta importante la trasformazione dell’energia elettromagnetica in calore. L’intensità delle correnti prodotte dipende dall’intensità del campo magnetico esterno, se questo risulta sufficientemente elevato, tali correnti possono provocare la stimolazione di nervi e muscoli o influenzare altri processi biologici.

Gli effetti dovuti all’esposizione sia a ELF che alle radiofrequenze, presi in considerazione dalla ricerca scientifica, sono classificati in due categorie principali:

- Effetti immediati, termici o acuti
- Effetti a lungo termine o non termici

Gli **Effetti termici** o **acuti**, indotti dall’interazione tra campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici molto

intensi e sistemi biologici, sono ben documentati e compresi e si distinguono in:

- a) accoppiamento con i campi elettrici a bassa frequenza;
- b) accoppiamento con i campi magnetici a bassa frequenza;
- c) assorbimento di energia elettromagnetica.

**Punto a)** - L'accoppiamento di campi elettrici variabili nel tempo con il corpo umano dà luogo ad un flusso di cariche elettriche (corrente elettrica), alla polarizzazione di cariche legate (formazione di dipoli elettrici) e al riorientamento di dipoli elettrici già presenti nei tessuti. L'importanza relativa di questi diversi effetti dipende dalle proprietà elettriche del corpo, cioè dalla conducibilità elettrica (che governa il flusso della corrente elettrica) e dalla permittività (che governa l'entità degli effetti di polarizzazione). La conducibilità e la permittività elettriche variano con il tipo di tessuto corporeo e dipendono anche dalla frequenza del campo applicato. I campi elettrici esterni al corpo inducono su questo una carica superficiale; quest'ultima dà luogo a correnti indotte nel corpo, la cui distribuzione dipende dalle condizioni di esposizione, dalle dimensioni e dalla forma del corpo e dalla sua posizione nel campo.

**Punto b)** - L'interazione fisica dei campi magnetici variabili nel tempo dà luogo a campi elettrici indotti e alla circolazione di correnti elettriche. L'intensità del campo indotto e dell'intensità di corrente sono proporzionali al raggio della spira, alla conducibilità elettrica del tessuto nonché alla velocità di variazione ed al valore dell'induzione magnetica. Per una data intensità e una data frequenza del campo magnetico, i campi elettrici più intensi sono indotti laddove le dimensioni della spira sono maggiori. L'esatto percorso e l'intensità della corrente indotta in ciascuna parte del corpo dipende dalla conducibilità elettrica del tessuto. Il corpo non è elettricamente omogeneo; tuttavia, la densità delle correnti indotte può essere calcolata usando modelli realistici dal punto di vista anatomico ed elettrico assieme a metodi di calcolo che presentano un alto grado di risoluzione anatomica.

**Punto c)** - l'energia elettromagnetica si trasforma in calore, la quantità di calore prodotta dipende dalle caratteristiche del materiale biologico attraversato, dalla frequenza e intensità del campo, dalla durata dell'esposizione, dal contenuto in acqua dei tessuti irradiati. Questo assorbimento di energia provoca un innalzamento della temperatura corporea generale o locale che può portare anche ad ustioni della pelle; questo si verifica in seguito ad esposizioni "acute", a livelli di intensità di campo elettromagnetico non riscontrabili nella vita quotidiana (per esempio nelle immediate vicinanze di un radar di potenza).

Gli effetti di riscaldamento delle radioonde e di induzione di corrente per le onde ELF, costituiscono la base su cui si fondano le linee guida del ICNIRP (International Commission on Non Ionizing Radiation Protection), gruppo indipendente di esperti, ufficialmente riconosciuto dall'OMS, creato per valutare lo stato delle conoscenze sugli effetti delle radiazioni non ionizzanti sulla salute, per fornire indicazioni sui limiti di esposizione e su altre misure di protezione. L' ICNIRP ha avviato da qualche anno una revisione delle linee



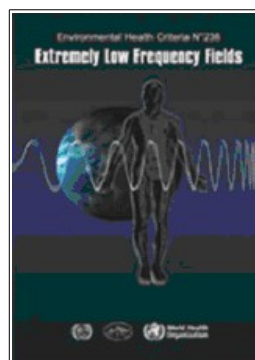
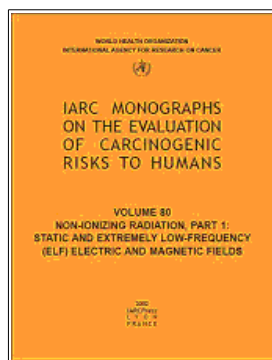
guida, che si è concluso nel 2010 per i campi elettrici e magnetici a bassissima frequenza ( <http://www.icnirp.de/documents/LFgdilita.pdf> ), mentre è ancora in corso quella relativa per i campi elettromagnetici RF; gli ultimi aggiornamenti sono stati pubblicati tra il 1994 ed il 1998. Le linee guida dell'ICNIRP sono state adottate come norme nazionali da numerosi governi nazionali; l'Unione Europea ha emanato una raccomandazione per la protezione del pubblico e una direttiva per la protezione dei lavoratori, entrambe basate sulle raccomandazioni dell'ICNIRP (Fonte: Istituto Superiore di Sanità).

Gli **Effetti non termici** sono legati ad esposizioni a lungo termine, che si manifesterebbero a livelli di campo molto inferiori rispetto a quelli connessi agli effetti a breve termine.

**Nell'ambito delle ELF**, il processo valutativo è stato portato a termine con l'uscita della pubblicazione del Volume 80 (2002) delle monografie IARC

(<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol80/mono80.pdf>)

e dal volume 238 (2006) della serie Environmental Health Criteria redatta dall'OMS ([http://www.who.int/peh-emf/publications/elf\\_ehc/en/index.html](http://www.who.int/peh-emf/publications/elf_ehc/en/index.html) ).



La pubblicazione di innumerevoli studi epidemiologici, condotti in prevalenza fra gli anni '80 e '90, in cui emergeva un possibile nesso tra esposizione a campi magnetici ELF e insorgenza di patologie tumorali, ha indotto l' Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) ad esaminare le evidenze scientifiche, sperimentali ed epidemiologiche, relative alla cancerogenicità dei campi elettrici e magnetici alle frequenze ELF.

Nel caso di tumori negli adulti o comunque diversi dalla leucemia infantile, le associazioni inizialmente osservate tra esposizioni a campi magnetici alle frequenze di 50 e 60 Hz non sono state confermate negli studi di laboratorio intesi a replicare le osservazioni iniziali. Per queste patologie tumorali la IARC ha giudicato le evidenze di cancerogenicità "*inadequate*".

A conclusioni diverse si è giunti nel caso della leucemia infantile; le ricerche eseguite su questa patologia hanno evidenziato la possibilità di una debole relazione tra esposizione a campi magnetici alle frequenze

ELF in ambito residenziale e insorgenza della malattia (si parla di evidenza scientifica “limitata”, ovvero una via intermedia tra “inadeguata” e “sufficiente”). Nonostante gli studi non abbiano chiarito molte incertezze su questa associazione, sia perchè sono tutt’ora ignoti i meccanismi biofisici che spiegherebbero in che modo i campi magnetici ELF innescherebbero la cancerogenesi, sia perché negli studi con esposizione controllata in laboratorio su animali non hanno fornito elementi a sostegno di questa teoria, la IARC ha comunque classificato i campi magnetici ELF come “*possibilmente cancerogeni per l’uomo*” (Gruppo 2B). Tali risultati sono stati riportati nelle linee guida ICNIRP prima citate, di cui si riporta di seguito un breve passo, tradotto in italiano:

*“CONSIDERAZIONI SU POSSIBILI EFFETTI A LUNGO TERMINE*

*Come notato in precedenza, gli studi epidemiologici hanno coerentemente indicato che l’esposizione cronica a campi magnetici a frequenza industriale di bassa intensità (al di sopra di 0,3-0,4  $\mu$ T) è associata ad un aumento del rischio di leucemia infantile. Tuttavia, non è stata stabilita una relazione causale tra campi magnetici e leucemia infantile, né è stato appurato alcun altro effetto a lungo termine. La mancanza di prove di causalità implica che questo effetto non possa essere considerato nelle restrizioni di base. Consigli per la gestione del rischio, tra cui considerazioni sulle misure di precauzione, sono stati comunque forniti dall’OMS e da altre istituzioni.”*

**Per quanto riguarda l’ambito delle RF**, nel maggio 2011 si è riunito a Lione un gruppo di lavoro formato da 31 scienziati, provenienti da 14 nazioni per redigere il Volume 102 delle Monografie IARC, a seguito della pubblicazione degli studi sulla valutazione dei rischi da esposizione alle RF, avviati nel 2000. Nell’ambito di tale progetto sono stati esaminati vari studi epidemiologici eseguiti sia sull’uomo che sugli animali, esposti a diverse sorgenti RF (esposizione professionale a radar e microonde, esposizione ambientale a sorgenti SRB, RTV, wireless, esposizione a seguito di utilizzo di cellulari e cordless). Nell’ambito di tale ricerca il **panel della IARC ha classificato le RF nel gruppo 2B** come “*possibilmente cancerogeni per l’uomo*”. Secondo gli scienziati tale associazione è risultata credibile, anche se, al momento, non è del tutto da escludere che tali conclusioni siano artefatti legati al caso o a confondenti. Sulla decisione della IARC di adottare tale classificazione per le RF ha pesato sia l’esito dello studio INTERPHONE, pubblicato il 17/05/2010, e quelli condotti da un gruppo di ricerca svedese dell’Università di Örebro (L. Hardell e collaboratori). Lo studio Interphone, promosso e coordinato dall’Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC), è stato realizzato tra il 2000 e il 2004 in 13 Paesi, tra i quali l’Italia. La direzione dello studio italiano è stata affidata all’Istituto Superiore di Sanità.

Interphone è uno studio caso-controllo basato su interviste, finalizzato a valutare la relazione tra uso del telefono cellulare e rischio di tumori cerebrali (gliomi e meningiomi) e di alcune altre neoplasie (neurinomi del nervo acustico e tumori delle ghiandole salivari).

Sono state intervistate oltre 10.700 persone, tra i 30 e i 59 anni di età (2.708 casi di glioma, 2.409 casi di meningioma e 5.634 "controlli" non affetti da tumore cerebrale). Ai partecipanti è stato chiesto se avessero

mai usato un telefono cellulare, quando avevano iniziato, quante volte al giorno lo utilizzavano e quanto tempo duravano le telefonate. Interphone è stato progettato con rigore e coordinato in modo efficiente; si sono adottate procedure uniformi nell'accertamento dei casi, nella selezione dei controlli e nelle interviste, basate su uno stesso questionario computerizzato, tradotto in otto lingue diverse. Ma l'aspetto più innovativo di Interphone consiste negli sforzi dedicati a verificare l'affidabilità del ricordo d'uso del telefono tra gli intervistati. Le informazioni sull'uso del cellulare raccolte attraverso le interviste, ad esempio, sono state confrontate con i dati di traffico telefonico registrato dagli operatori di rete in un campione di casi e controlli a cui era stato richiesto il consenso alla verifica.

L'analisi dei dati dello studio INTERPHONE, raccolti nei 13 paesi del mondo che hanno partecipato alla ricerca, **non hanno evidenziato alcun rischio di glioma o meningioma associato all'utilizzo di cellulari per dieci anni o più. Vi sono suggerimenti di un aumento del rischio di glioma, e in misura molto minore di meningioma, nel decile più alto di tempo cumulativo di conversazione, per soggetti che hanno riferito un uso abituale del telefono dallo stesso lato della testa ove era il tumore e, riguardo al glioma, per i tumori nel lobo temporale. Distorsioni ed errori limitano la forza delle conclusioni che si possono trarre da queste analisi e impediscono un'interpretazione causale.** Le osservazioni, inoltre, sono coerenti con i risultati degli esperimenti in laboratorio che non hanno finora dimostrato che i campi elettromagnetici a radiofrequenza usati nella telefonia cellulare abbiano effetti cancerogeni.

Il Gruppo di studio Interphone ha riassunto i propri risultati come segue:

*“In chi era comunque stato utilizzatore regolare del telefono cellulare si è osservato un minore odds ratio (OR) per il glioma (OR 0,81, intervallo di confidenza (IC) al 95%: 0,70-0,94) e per il meningioma (OR 0,79, IC al 95%: 0,61-1,14), risultati che forse riflettono una distorsione di partecipazione o altri limiti metodologici.*

*Non si è osservato alcun OR elevato a 10 anni o più anni dall'inizio d'uso di un telefono cellulare (glioma: OR 0,98, IC al 95% 0,76-1,26; meningioma: OR 0,83, IC al 95% 0,61-1,14). Gli OR erano inferiori a 1,0 per tutti i decili del numero complessivo di telefonate e per nove decili del tempo complessivo di conversazione. Nel decile più alto (il decimo) del tempo complessivo di conversazione ricordato dai soggetti, pari a 1640 ore o più, l'odds ratio era 1,40 (IC al 95% 1,03-1,89) per il glioma e 1,15 (IC al 95% 0,81-1,62) per il meningioma; in questo gruppo c'erano però valori d'uso riferiti non plausibili. Gli odds ratio per il glioma tendevano ad essere maggiori nel lobo temporale che in altri lobi del cervello, ma gli intervalli di confidenza attorno ai valori stimati per gli specifici lobi erano ampi. Gli odds ratio per il glioma tendevano ad essere maggiori nei soggetti che riferivano di usare abitualmente il telefono dallo stesso lato della testa del tumore, piuttosto che dal lato opposto.”*

L'odds ratio (OR) è una misura di rischio relativo. In altri termini, un OR di x indica che le persone esposte hanno un rischio di x volte superiore al rischio delle persone non esposte. Interphone non ha rilevato alcun incremento del rischio di tumore cerebrale tra chi aveva iniziato ad usare il telefono cellulare 10-12 anni prima: si tratta di un'informazione rilevante, che prima di oggi non si aveva.

**Negli studi dell'Università svedese, invece, sono stati osservati incrementi di rischio di glioma e neurinoma anche a breve distanza dall'inizio dell'uso e per modeste intensità d'uso cumulativo.**

In generale l'epidemiologia fornisce l'evidenza più diretta del potenziale di cancerogenicità per gli esseri umani; benché gli studi epidemiologici non abbiano sinora prodotto evidenze convincenti riguardo a un incremento del rischio di tumori associato all'uso del cellulare, la relativa brevità del tempo d'osservazione e altri limiti metodologici (soprattutto inerenti la valutazione dell'esposizione) limitano le conclusioni che si possono trarre da questi studi. Tuttavia, quando l'evidenza epidemiologica è debole i risultati degli studi sperimentali diventano critici per la valutazione del rischio: forti evidenze di cancerogenicità provenienti dagli studi di laboratorio aumenterebbero la credibilità anche di deboli associazioni evidenziate da studi epidemiologici, mentre un'evidenza sperimentale coerentemente negativa, quale sembra emergere dagli studi di migliore qualità pubblicati fino ad oggi, diminuirebbe la plausibilità biologica della natura causale di sporadiche associazioni epidemiologiche (Juutilainen J. et al., "Experimental studies on carcinogenicity of radiofrequency radiation in animals" – Crit Rev Environ Sci Technol, 2011; 41: 1-32)

L'OMS ha avviato nel 1996 un Progetto Internazionale CEM (campi elettromagnetici), che esplicitamente prevede tra le sue attività la revisione critica della letteratura scientifica sugli effetti biologici dell'esposizione a campi elettromagnetici.

Nell'ambito del progetto, l'OMS cura anche la pubblicazione di note informative (*fact sheets*) sui diversi aspetti delle problematiche connesse ai campi elettromagnetici; queste note, regolarmente tradotte in Italiano a cura dell'Istituto Superiore di Sanità, sotto il titolo di "Promemoria", sono disponibili al pubblico anche sulla rete Internet ([vedi](#) bibliografia).

Sulla base di una recente ed approfondita rassegna della letteratura scientifica, nel giugno 2011 l'OMS ha aggiornato la fact sheet (n.193) sui telefoni cellulari (<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs193/en/index.html>). Rispetto alla revisione di maggio 2010, tra i fatti fondamentali si annovera la recente classificazione delle RF da parte della IARC, **viene sottolineata la scarsa plausibilità che le RF abbiano effetti cancerogeni diretti, e afferma che, mentre non risulta stabilito che l'uso del telefono cellulare comporti un incremento del rischio di tumori cerebrali, tuttavia le osservazioni dei più alti livelli cumulativi di tempo di esposizione e i mutamenti negli usi dei cellulari dal periodo di studio, in particolare nei giovani, giustificano ulteriori indagini sull'uso del telefono cellulare e sul rischio di cancro al cervello.**

Accurate rassegne scientifiche sugli effetti sanitari inerenti esposizioni a campi elettromagnetici da stazioni radio base e reti wireless non hanno fino ad ora evidenziato alcun rischio che sia specifico delle diverse modulazioni dei segnali a radiofrequenza, nel passaggio dall'analogico a digitale. Il complesso dei dati accumulati fin'ora non mostra alcun effetto sulla salute, a breve o a lungo termine, in conseguenza dei segnali prodotti dalle stazioni radio base o dalle reti wireless. Poiché quest'ultime producono generalmente

segnali più bassi rispetto alle stazioni radio base, non si prevede che diano luogo ad alcun effetto nocivo sulla salute. [OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità) - Progetto Internazionale CEM "CAMPI ELETTROMAGNETICI E SALUTE PUBBLICA: Promemoria n°304 – "Stazioni radio base e tecnologia senza fili (wireless)" del 17 Maggio 2006].

Inoltre nel 2004 la Direzione Generale per la sanità e protezione dei consumatori della [Commissione europea](#) ha istituito lo **SCENIHR** (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, anche CSRSEN in francese), un comitato scientifico che si occupa della valutazione dei nuovi e futuri rischi per la salute, quali ad esempio nanoparticelle, campi elettromagnetici ecc.

Al Comitato è richiesto, all'interno del suo mandato, di sorvegliare continuamente i nuovi dati e conoscenze che potrebbero influenzare la valutazione di rischi per la salute umana, nonché produrre aggiornamenti regolari sulla base di elementi comprovati scientificamente. Il 19 gennaio 2009 il Comitato scientifico ha disposto un aggiornamento del rapporto pubblicato nel 2007, dal titolo "Possibili effetti dei campi elettromagnetici (CEM) sulla salute umana", disponibile sul sito della Commissione Europea (vedi bibliografia).

All'interno del 'World Cancer Report 2008' prodotto dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC, International Agency for Research on Cancer) è possibile consultare il capitolo 12.2 dedicato alla radiazione elettromagnetica ed aggiornato alle recenti conclusioni della comunità scientifica internazionale relativamente agli aspetti sanitari della popolazione esposta.

#### **1.4 INQUADRAMENTO NORMATIVO**

Al variare della frequenza dei campi elettromagnetici cambiano i rischi potenziali per la salute e quindi anche i corrispondenti limiti di esposizione. Gli organismi internazionali e nazionali, che hanno il compito della protezione della salute e dell'ambiente, hanno sviluppato ricerche che hanno consentito l'elaborazione di una serie di raccomandazioni e normative. La maggior parte della legislazione nazionale è basata sulle linee guida elaborate dalla Commissione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni Non Ionizzanti (ICNIRP, International Commission on Non Ionizing Radiation Protection). Questa organizzazione non governativa, formalmente riconosciuta dall'OMS, valuta i risultati scientifici che provengono da tutto il mondo.

Sulla base di un'approfondita rassegna della letteratura, l'ICNIRP redige linee guida che contengono i limiti di esposizione raccomandati. Tali linee guida vengono periodicamente riviste e aggiornate ("*Dichiarazione ICNIRP sulle "Linee guida per la limitazione della esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo e a campi elettromagnetici (fino a 300 GHz)"* 2009).

Una delle norme di riferimento a livello europeo è la raccomandazione n° 519 (1999/519/CE) del 12 luglio 1999, relativa alla "Limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz"(Gazzetta ufficiale delle Comunità Europee 30 luglio 1999 n. L 199). Di tale raccomandazione si riporta

la tabella relativa ai livelli di riferimento.

Tabella 1

Livelli di riferimento per i campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (0 Hz -300 GHz, valori efficaci (rms) non perturbati)				
Intervallo di frequenza	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Intensità di campo di induzione magnetica B(μT)	Densità di potenza ad onda piana equivalente $S_{eq}$ (W/m <sup>2</sup> )
0 - 1 Hz	-	$3,2 \times 10^4$	$4 \times 10^4$	-
1 - 8 Hz	10.000	$3,2 \times 10^4 / f^2$	$4 \times 10^4 / f^2$	-
8 - 25 Hz	10.000	$4.000 / f$	$5.000 / f$	-
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 - 2.000 MHz	$1,375 f^{1/2}$	$0,0037 f^{1/2}$	$0,0046 f^{1/2}$	$f/200$
2 - 3.000 GHz	61	0,16	0,20	10

in materia di elettromagnetismo, la **normativa nazionale** vigente risulta particolarmente restrittiva:, attualmente risultano in vigore:

1. Legge 36/01 “Legge Quadro sulla protezione dalle esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”: in particolare, l’art. 4 comma 2 della LQ 36/01 demanda la definizione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e obiettivi di qualità all’emanazione di due decreti applicativi:

- a. il D.P.C.M. 8 Luglio 2003 (G.U. n. 199 del 28/08/2003) “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100KHz 300GHz”.

- b. il D.P.C.M. 8 Luglio 2003 (G.U. n. 200 del 29/08/2003) “ Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generate dagli elettrodotti.
2. [Decreto del 29.05.08](#) "Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell'induzione magnetica", utile ai fini della verifica del non superamento del valore di attenzione e dell'obiettivo di qualità.
3. [Decreto del 29.05.08](#) "Approvazione della metodologia di calcolo delle fasce di rispetto per gli elettrodotti".
4. Legge 221/12 del 17/12/2012 “Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 18 ottobre 2012, n. 179, recante ulteriori misure urgenti per la crescita del Paese”, in particolare l'art. 14, comma 8, che introduce delle importanti modifiche al D.P.C.M. 8 Luglio 2003, che hanno ripercussioni sia sulla fase preventiva sia sulla fase di controllo, nella definizione dei limiti di esposizione e dei valori di attenzione.

Le disposizioni del D.P.C.M. 8 Luglio 2003 (G.U. n. 199 del 28/08/2003) fissano nelle tabelle dell'allegato B del decreto, i **limiti di esposizione, i valori di attenzione** per la prevenzione degli effetti a breve termine e dei possibili effetti a lungo termine nella popolazione dovuti alla esposizione ai campi elettromagnetici generati da sorgenti fisse con frequenza compresa tra 100 kHz e 300 GHz. Il decreto fissa inoltre gli **obiettivi di qualità**, ai fini della progressiva minimizzazione della esposizione ai campi medesimi e l'individuazione delle tecniche di misurazione dei livelli di esposizione. Tali limiti, valori e obiettivi non si applicano ai lavoratori esposti per ragioni professionali oppure per esposizioni a scopo diagnostico o terapeutico.

Nel caso di esposizione ad impianti che generano campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici con frequenza compresa tra **100 kHz e 300 GHz**, non devono essere superati i limiti di esposizione pari a **20 V/m** per il campo elettrico. A titolo di misura di cautela, per la protezione da possibili effetti a lungo termine eventualmente connessi con le esposizioni ai campi generati alle suddette frequenze, all'interno di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, e loro pertinenze esterne, che siano fruibili come ambienti abitativi quali balconi, terrazzi e cortili esclusi i lastrici solari, si assumono i valori di attenzione pari a **6 V/m** per il campo elettrico. Ai fini della progressiva minimizzazione della esposizione ai campi elettromagnetici, i valori di immissione di tali campi, calcolati o misurati all'aperto nelle aree intensamente frequentate, non devono superare gli obiettivi di qualità pari a **6 V/m** (Vedi Tabella 2).

Tabella 2

<b>VALORI LIMITE PER ONDE ELETTROMAGNETICHE GENERATE DA IMPIANTI RADIO TV E STAZIONI RADIO BASE</b>			
<b>Frequenza f</b>	<b>Campo Elettrico E<sub>eff</sub> (V/m)</b>	<b>Campo Magnetico H<sub>eff</sub> (A/m)</b>	<b>Densità di Potenza D (W/m<sup>2</sup>)</b>
<b>D.P.C.M. 8 luglio 2003</b> Art.3 comma 1 – tabella 1 (allegato B)  <b>Limiti di esposizione</b>			
<b>3 – 3000 MHz</b>	<b>20</b>	<b>0,05</b>	<b>1</b>
<b>D.P.C.M. 8 luglio 2003</b> Art.3, comma 2 – tabella 2 (allegato B)  <b>Valori di attenzione:</b>  Da assumere in corrispondenza di edifici adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore giornaliere e loro pertinenze esterne, che siano fruibili come ambienti abitativi, mediati su un'area equivalente della sezione verticale del corpo umano e su un intervallo di 6 minuti			
<b>0,1 MHz-300 GHz</b>	<b>6</b>	<b>0,016</b>	<b>0,10</b> (3 MHz - 300 GHz)
<b>D.P.C.M. 8 luglio 2003</b> Art.4, comma 1 – tabella 3 (allegato B)  <b>Obiettivi di qualità:</b>  valori di immissione, calcolati o misurati, da non superarsi all'aperto nelle aree intensamente frequentate, ai fine della minimizzazione del campo elettromagnetico.			
<b>0,1 MHz-300 GHz</b>	<b>6</b>	<b>0,016</b>	<b>0,10</b> (3 MHz - 300 GHz)

Detti valori, fino a Ottobre 2012, dovevano intendersi come media spaziale su un'area equivalente alla sezione verticale del corpo umano e su qualsiasi intervallo di sei minuti (come riportato in tabella 2).

Il Decreto Legge del 18 ottobre 2012, convertito in Legge il 17 dicembre 2012 (Legge 221/12), ha introdotto



alcune importanti modifiche alla normativa sulla protezione della popolazione da esposizione a radiazioni elettromagnetiche emesse dagli impianti di teleradiocomunicazione a radiofrequenze e microonde, compresi gli aspetti inerenti la

definizione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità, brevemente riportati di seguito:

**1. i limiti di esposizione** (20 V/m, art. 3 DPCM 8 luglio 2003) devono essere verificati con misure a 1.5 m sul piano di calpestio e mediati su un qualsiasi intervallo di 6 minuti;

**2. i valori di attenzione** (6 V/m, art. 3 DPCM 8 luglio 2003) devono essere ugualmente determinati ad un'altezza di m 1,50 sul piano di calpestio, ma devono essere valutati e sono da intendersi come media dei valori nell'arco delle 24 ore. I valori di attenzione si assumono a titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti anche a lungo termine eventualmente connessi con le esposizioni ai campi generati alle suddette frequenze nei seguenti casi:

**a.** all'interno di edifici utilizzati come ambienti abitativi con permanenze continuative non inferiori a quattro ore giornaliere;

**b.** solo nel caso di utilizzazione degli edifici come ambienti abitativi per permanenze non inferiori a quattro ore continuative giornaliere, nelle pertinenze esterne, che verranno definite da apposite Linee Guida predisposte da ISPRA, quali balconi, terrazzi e cortili (esclusi i tetti anche in presenza di lucernai ed i lastrici solari con funzione prevalente di copertura, indipendentemente dalla presenza o meno di balaustre o protezioni anti-caduta e di pavimentazione rifinita, di proprietà comune dei condomini).

**3.** Ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettromagnetici, i valori, **gli obiettivi di qualità** di cui all'art. 4 del DPCM 8 luglio 2003 (6 V/m) calcolati o verificati all'aperto nelle aree intensamente frequentate devono essere determinati ad una altezza di m 1.5 sul piano di calpestio, ma devono essere valutati come media dei valori nelle 24 ore.

**Tabella 3**

<b>VALORI LIMITE PER CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO GENERATO DA ELETTRODOTTI E CABINE DI TRASFORMAZIONE</b>			
<b>Limiti di esposizione per l'induzione magnetica B</b>	<b>Limiti di esposizione per il campo elettrico E</b>	<b>Valore di attenzione per l'induzione magnetica B</b>	<b>Obiettivo di qualità per l'induzione magnetica B</b>
<b>100 <math>\mu</math>T</b>	<b>5 KV/m</b>	<b>10 <math>\mu</math>T<sup>1</sup></b>	<b>3 <math>\mu</math>T<sup>2</sup></b>

I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla **frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti**, sono fissati dal D.P.C.M. 8 luglio 2003 (G.U. N° 200 del 29/08/03). Nel caso di esposizione ai campi elettrici e magnetici non devono essere superati i limiti di **100  $\mu$ T** per il campo di induzione magnetica, e di **5 KV/m**, per il campo elettrico.

Per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50Hz), nei luoghi dove è prevista la permanenza prolungata per più di quattro ore giornaliere (abitazioni, scuole e tutti gli altri siti dove è prevista la permanenza prolungata) per l'induzione magnetica si assumono a riferimento i seguenti valori:

- **valore di attenzione di 10  $\mu$ T**, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio e
- **obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T** come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici.

Qualora le verifiche riguardino elettrodotti in corrispondenza di "aree gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore giornaliere" o insediamenti/aree rientranti nella categoria sopra citata, realizzati dopo l'entrata in vigore del Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 08/07/2003, occorre fare riferimento all'obiettivo di qualità pari a 3  $\mu$ T (da intendersi, anche in questo caso, come "mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio).

A **livello regionale**, il riferimento normativo è costituito dalla l. 30/2000 e ss.mm. e dalla Direttiva Applicativa, Delibera di Giunta n.197 del 13/03/01 "Norme per la tutela della salute e la salvaguardia dell'ambiente dall'inquinamento elettromagnetico" così come integrata e modificata dalla Delibera di Giunta n. 1138 del 21/07/2008.