

IL QUADRO NORMATIVO DEL SETTORE

Le prescrizioni che disciplina la protezione sanitaria dall'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici e la salvaguardia dell'ambiente dall'impatto delle strutture impiantistiche, derivano da un complesso di norme le cui finalità non risultano sempre direttamente riconducibili a materie sanitarie, e ambientali ma conseguono da combinati disposti di norme afferenti a diversificati corpi normativi. La mancanza di un testo unico sulla materia sulla quale, a partire dal 1998, quando fu emanata la prima norma del settore (D.M. 381/98 recante il "Regolamento per la determinazione dei tetti massimi a radiofrequenza compatibili con la salute umana"), si è concentrata una disarmonica produzione legislativa, spesso promossa più che da esigenze tecniche, da istanze sociali o da pressioni della pubblica opinione, ha determinato un complesso quadro di norme che costituisce un corpus legis inorganico e, per taluni importanti aspetti, lacunoso ed ambiguo.

Tale caratteri, unitamente ad una distorta percezione del rischio da parte di limitati ma fortemente determinati settori della popolazione, hanno alimentato un acceso contenzioso amministrativo che si è assommato al contenzioso costituzionale, Stato-regioni, in merito alla natura concorrente delle competenze regionali in materia.

Il contesto giuridico è stato quindi reso più complesso ed articolato da una copiosa giurisprudenza costituzionale ed amministrativa che, nel corso degli anni, e in relazione al mutare del quadro normativo, ha manifestato una sostanziale evoluzione dei pronunciamenti che hanno arricchito e, in taluni casi, chiarito il quadro normativo, dirimendo alcune importanti incertezze di base.

Nella tabella che segue è sinteticamente riportato il quadro normativo e regolamentare di riferimento nel quale è richiamata anche la normativa comunitaria, ivi comprese le direttive tecniche di organismi internazionali, divenuti cogenti per effetto dei Decreti recentemente emanati in attuazione della legge quadro n. 36/01.

PROSPETTO DEL QUADRO NORMATIVO

➤ RIFERIMENTO INTERNAZIONALE

Linee guida dell'ICNIRP (International Commission on Non Ionizing Radiation Protection) del 28 aprile 1998: popolazione e lavoratori (0 Hz-300 GHz)

➤ RIFERIMENTO COMUNITARIO

- **Raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea - 12 luglio 1999: solo popolazione (0Hz-300 GHz)**
- **Direttiva 2004/40/ce del Parlamento Europeo e del Consiglio - 29 aprile 2004: solo lavoratori (0Hz-300 GHz)**

➤ LEGISLAZIONE NAZIONALE

- **L. 66 del 20/3/2001: disposizioni urgenti per il risanamento degli impianti radiotelevisivi**
- **L. 36 del 22/2/2001: protezione della popolazione e dei lavoratori (0 Hz-300 GHz)**
- **D. Lgs. 259 dell'1/8/03: codice delle comunicazioni elettroniche (assorbe parzialmente, a meno delle norme urbanistiche, il D.Lgs. 198 del 4/9/2002 annullato dalla sentenza della corte costituzionale n. 330 dell'1/10/2003)**
- **Decreti attuativi della legge n. 36/01 pubblicati sulla G.U. n. 199 del 29 agosto 2003 e sulla G.U. n. 200 del 30 agosto 2003: limiti di esposizione, valori di attenzione ed obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalla esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti e dai campi elettromagnetici generati dagli impianti per le telecomunicazioni**

➤ RIFERIMENTI TECNICI

- **Norma CEI 211-6 2001: guida per la misura dei c.e.m. (0-10 kHz)**
- **Norma CEI 211-7 2001: guida per la misura dei c.e.m. (10 kHz-300 GHz)**

Inoltre, mentre ai *limiti di esposizione* ed al *valore di attenzione* è attribuita una finalità sanitaria, gli obiettivi di qualità non hanno tale finalità ma quella del miglioramento della qualità ambientale. Infine, particolare rilevanza assume la prescrizione contenuta nella definizione degli obiettivi di qualità per la quale è riservata solo allo Stato la competenza di fissarli in termini di valori di campo elettromagnetico.

Si sintetizzano di seguito gli elementi salienti della norma.

- ha lo scopo di assicurare la tutela della popolazione e dei lavoratori nei confronti degli effetti dei campi elettromagnetici a breve e a lungo termine assumendo, per quest'ultimi, il *principio di precauzione*;
- ha come campo di applicazione gli elettrodotti e gli impianti per uso civile e militare che causano esposizione della popolazione e dei lavoratori ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici nell'intervallo di frequenza da 0 Hz a 300 GHz (figura 1);
- introduce i *limiti di esposizione* e i *valori di attenzione* per la protezione dagli effetti a breve e a lungo termine, e gli *obiettivi di qualità* per la progressiva minimizzazione dell'esposizione;
- affida a successivi decreti D.P.C.M. (emanati nel 2003) la definizione dei limiti;
- prescrive il completo risanamento degli impianti radioelettrici entro due anni e degli elettrodotti entro dieci anni, stabilendo per quest'ultimi i criteri di priorità degli interventi;
- prevede sanzioni amministrative nei confronti dei soggetti trasgressori o inadempienti;
- attribuisce specifiche competenze alle Regioni, alle Province e ai Comuni in materia autorizzativa mentre affida le attività di controllo alle Agenzie regionali e provinciali per la protezione ambientale;
- istituisce i catasti nazionale e regionali degli elettrodotti e degli impianti emittenti;
- prescrive che i prodotti commerciali che generano campi elettromagnetici riportino l'indicazione dei valori di campo emessi nelle condizioni di impiego;
- promuove l'educazione ambientale e l'informazione per la popolazione nel settore.

Il D.P.C.M attuativo della L. 36 del 22 febbraio 2001 (da 0 Hz a 100 kHz)

Fissa i nuovi limiti di esposizione, i valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai capi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti (G.U. n. 200/03).

In sintesi la norma:

- scaturisce dalla legge quadro n. 36 del 22/2/01 (art. 4, comma 2 lettera a);
- abroga il D.P.C.M. del 1992 ed il D.P.C.M. del 1995;
- ha come campo di applicazione gli elettrodotti così come definiti all'art. 3 comma 1 lettera e) della L. 36/01: "*l'elettrodotto è l'insieme delle linee aeree, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione*";
- per le altre sorgenti con frequenza da 0 Hz a 100 kHz rimanda alla raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea del 12 luglio 1999;
- stabilisce che le tecniche di misurazione da adottare siano quelle indicate dalle norme CEI;
- stabilisce che per la determinazione del valore d'induzione magnetica utile ai fini della verifica del non superamento del valore di attenzione e dell'obiettivo di qualità, il sistema agenziale APAT-ARPA dovrà determinare le procedure di misura e valutazione, per la successiva approvazione del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio;
- definisce le fasce di rispetto da calcolare sulla base della corrente normale di esercizio e con riferimento agli obiettivi di qualità di 3 μ T
- fissa i seguenti limiti :

Grandezza	Limiti di Esposizione	Valori di Attenzione	Obiettivi di Qualità
Induzione magnetica (μ T)	100	10	3
Campo elettrico (KV/m)	5	----	----

- i limiti di esposizione non devono essere mai superati;
- i valori di attenzione, come misura di cautela per la protezione dai possibili effetti a lungo termine non possono essere superati:
 - nelle aree gioco per l'infanzia;
 - in ambienti abitativi;
 - in ambienti scolastici;
 - nei luoghi adibiti a permanenza superiore alle 4 ore.

Il valore di $10 \mu\text{T}$ è da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

- gli obiettivi di qualità, ai fini della progressiva minimizzazione della esposizione (non ha significato sanitario), non possono essere superati nella progettazione dei nuovi elettrodotti e nella progettazione di nuovi insediamenti in prossimità di linee elettriche in corrispondenza di:
 - ambienti abitativi;
 - ambienti scolastici;
 - luoghi adibiti a permanenza non inferiore alle quattro ore.

Il valore di $3 \mu\text{T}$ è da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio dell'elettrodotto.

Nella figura 2 che segue è riportata la rappresentazione grafica dei limiti prescritta dal Decreto nell'intervallo di frequenza da 0 Hz a 100 kHz

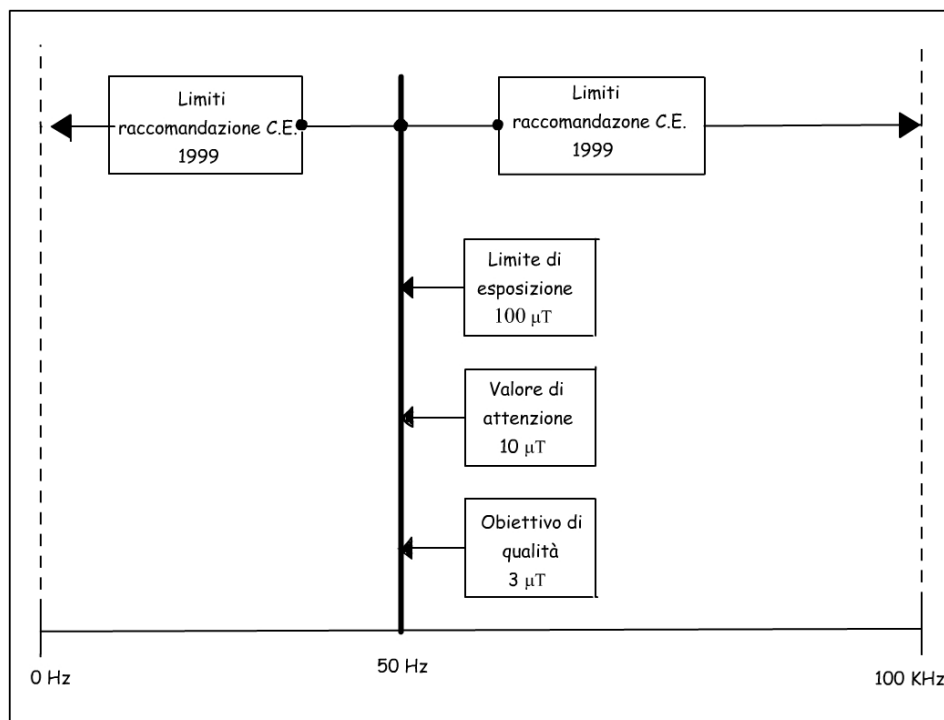


Figura 2 - Rappresentazione grafica dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità, per l'induzione magnetica, fissati dal D.P.C.M. 8 luglio 2004 (basse frequenze).

➤ **GLI ASPETTI INNOVATIVI**

- Estende il campo di applicazione della precedente normativa anche alle sorgenti di campo elettrico e magnetico, diverse dagli elettrodotti, aventi frequenza da 0 Hz a 100 kHz.
- Per tali tipologie di sorgenti rimanda all'insieme completo di restrizioni stabilite dalla Raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea del 1999.
- Assume, quali **limiti di esposizione** per il campo elettrico e per l'induzione magnetica, i limiti indicati dalla raccomandazione del consiglio dell'unione europea del 1999 (corrispondenti ai limiti di cui all'art. 4 dell'abrogato D.P.C.M. del 1992).
- Per i soli elettrodotti, e per la sola induzione magnetica, introduce due ulteriori limiti:
 - il **valore di attenzione** a tutela dai possibili effetti a lungo termine;
 - l'**obiettivo di qualità**, che non ha significato sanitario.

➤ **LE CRITICITÀ**

- Il rimando all'insieme completo di restrizioni stabilite dalla Raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea del 1999 per le sorgenti di campo elettrico e magnetico diverse dagli elettrodotti è tecnicamente incongruente con la norma che riguarda gli elettrodotti in quanto la norma europea comprende anche il criterio di verifica della condizione di esposizione multisorgenti a bassa ed alta frequenza, che è inconciliabile con l'Allegato C del decreto per le alte frequenze e con il presente decreto che non prevede l'esposizione multisorgente.
- Non sono specificate le alle quali devono essere riferiti i limiti di esposizione.
- La formulazione del valore di attenzione consente di accertare la rispondenza alla norma solo per gli elettrodotti già esistenti.
- Per i futuri elettrodotti manca il riferimento progettuale.
- La legge 36/01, art. 4 comma 1 lettera g, prescrive che all'interno delle fasce di rispetto non possano insistere i recettori indicati per gli obiettivi di qualità.
Se le fasce di rispetto sono applicabili ai futuri elettrodotti si avrebbe che:
 - per i nuovi elettrodotti l'obiettivo di qualità di 3 μt sarebbe calcolato sulla base della mediana dei valori di corrente nelle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio;
 - per la determinazione delle fasce di rispetto, il valore di 3 μt sarebbe calcolato sulla base della valore della corrente in servizio normale come definita della norma CEI 11-60;Se le fasce di rispetto si riferiscono agli elettrodotti già esistenti si avrebbe che:
 - i nuovi insediamenti sarebbero interdetti nella fascia di rispetto calcolata per il valore di 3 μt sulla base del valore della corrente in servizio normale come definita dalla norma CEI 11-60;
 - i risanamenti degli elettrodotti esistenti dovrebbero essere eseguiti sulla base dell'obiettivo di qualità di 3 μt , calcolato con il valore della corrente in servizio normale come definita dalla norma CEI 11-60.

Il D.P.C.M attuativo della L. 36 del 22 febbraio 2001(da 100 kHz a 300 GHz)

Fissa i nuovi limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici, ed elettromagnetici generati alle frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz , figura 3 (G.U. n.199/03).

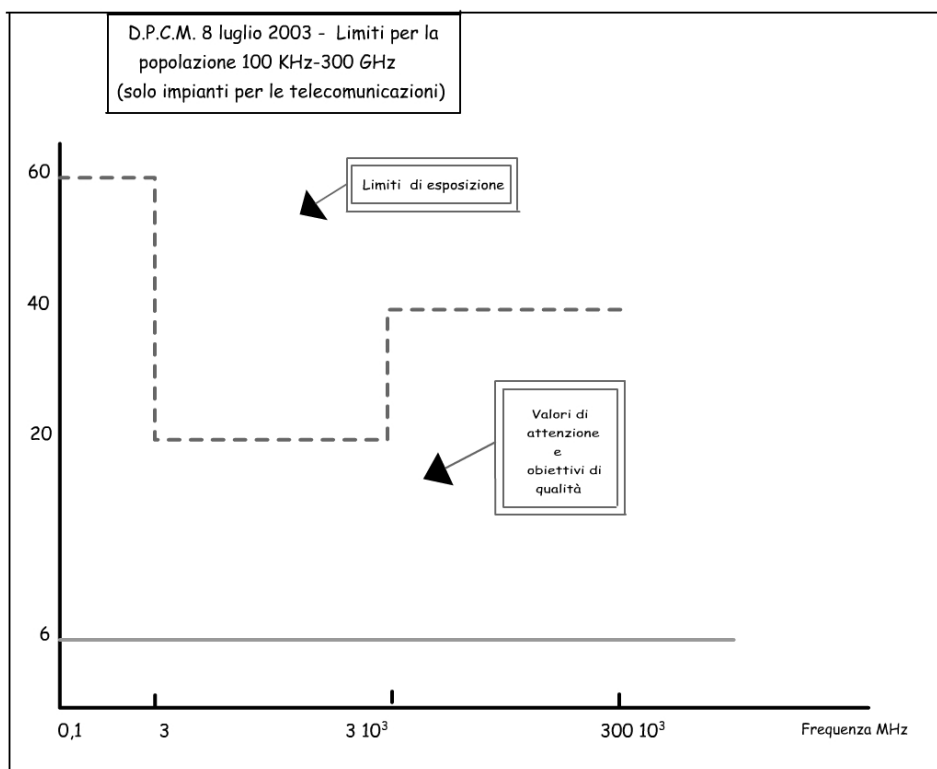


Figura 3 - Rappresentazione grafica dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità fissati dal D.P.C.M. 8 luglio 2004 (alte frequenze)

In sintesi la norma:

- scaturisce dalla legge quadro 36 del 22/2/01 (art. 4, comma 2 lettera a);
- abroga il D.M. 381/98;
- ha come campo di applicazione le sorgenti fisse con frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz;
- non si applica:
 - ai lavoratori esposti per ragioni professionali;
 - agli impianti radar ed agli impianti con emissioni pulsate per i quali è previsto un successivo decreto;
 - agli impianti delle forze armate e delle forze di polizia per i quali è previsto un successivo decreto.
- per le sorgenti non riconducibili ai sistemi di telecomunicazioni si applicano le restrizioni di cui alla raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea del 12/7/1999,
- rimanda alle norme CEI per le tecniche di misurazione e di rilevamento dei livelli di esposizione;
- fissa:
 - i seguenti limiti di esposizione che non devono essere mai superati (valori efficaci mediati su un'area equivalente del corpo umano e su qualsiasi intervallo di sei minuti)

FREQUENZA	CAMPO ELETTRICO (V/m)	CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITÀ DI POTENZA (W/m ²)
0,1 ÷ 3 MHz	60	0,2	//
3 MHz ÷ 3000 MHz	20	0,05	1
3000 MHz ÷ 300 GHz	40	0,01	4

- i seguenti valori di attenzione (valori efficaci mediati su un'area equivalente del corpo umano e su qualsiasi intervallo di sei minuti) per la protezione dai possibili effetti a lungo termine, che non devono essere superati:

- all'interno di edifici adibiti a permanenza superiore alle quattro ore;
- nelle pertinenze esterne quali balconi terrazze e cortili;
- sono esclusi i lastrici solari.

FREQUENZA	CAMPO ELETTRICO (V/m)	CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITÀ DI POTENZA (W/m ²)
0,1 MHz ÷ 300 GHz	6	0,16	0,1

- i seguenti obiettivi di qualità (valori efficaci mediati su un'area equivalente del corpo umano e su qualsiasi intervallo di sei minuti) per la progressiva minimizzazione dell'esposizione, intesi come valori di immissione del campo elettromagnetico che non devono essere superati all'aperto nelle aree intensamente frequentate intese anche come superfici edificate ovvero attrezzate permanentemente per il soddisfacimento di bisogni sociali, sanitari e ricreativi.

FREQUENZA	CAMPO ELETTRICO (V/m)	CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITÀ DI POTENZA (W/m ²)
0,1 MHz ÷ 300 GHz	6	0,16	0,1

➤ **GLI ASPETTI INNOVATIVI DEL DECRETO**

- Estende il campo di applicazione anche ai sistemi non destinati alle telecomunicazioni.
- Rimanda all'insieme completo di restrizioni stabilite dalla Raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea del 1999 per le emissioni generate da impianti diversi dai sistemi fissi per le telecomunicazioni.
- Introduce il valore di attenzione come misura di cautela per i possibili effetti a lungo termine.
- Introduce un ulteriore nuovo limite costituito dagli obiettivi di qualità che non ha significato sanitario
- Prevede una normativa particolare per gli impianti delle forze armate e delle forze di polizia
- Prescrive la riduzione a conformità nel caso che la somma normalizzata dei contributi delle emissioni sia ≥ 1 .

➤ **LE CRITICITÀ DELLA NORMA**

- Nel caso di esposizioni multiple causate da impianti per le telecomunicazioni e da altri tipi di sorgenti, è tecnicamente incongruente il criterio di verifica del superamento dei limiti per i contributi dovuti ai sistemi delle telecomunicazioni, di cui all'Allegato C del decreto, con i criteri previsti dalla Raccomandazione del Consiglio U.E. per quanto riguarda i contributi di campo dovuti ad altre tipologie di sorgenti come, ad esempio, gli elettrodotti.
- Per i motivi di cui sopra, il decreto non si raccorda con quello sugli elettrodotti che non prevede la riduzione a conformità.
- Il testo del decreto indica condizioni diverse per la riduzione a conformità rispetto all'allegato al decreto stesso.
- La formulazione dei luoghi ove verificare gli obiettivi di qualità non è inequivocabilmente definita.
- Appare immotivato che:
 - solo gli obiettivi di qualità siano definiti come valore di immissione;
 - non sia prevista la riduzione a conformità per il superamento degli obiettivi di qualità.

1.2 RIFERIMENTI COMUNITARI

A premessa della presentazione dei contenuti della Raccomandazione (riguardante la popolazione) e della successiva Direttiva (riguardante i lavoratori) del Consiglio d'Europa è necessario illustrare, sia pure sinteticamente, il razionale scientifico sul quale esse si basano che è quello adottato dall'ICNIRP (International Commission on Non Ionizing Radiation Protection).

Il razionale dell' ICNIRP

Il razionale scientifico della normativa per la protezione dalla esposizione umana dai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (c.e.m.) sono i criteri ed i procedimenti tecnici con i quali sono stati determinati i limiti di esposizione che, sotto forma di linee guida, possono costituire riferimento per la formazione degli atti legislativi che regolano la materia.

I cardini fondamentali del razionale sono basati sui seguenti assunti:

- Distinzione tra:
 - meccanismi di interazione;
 - effetti biologici;
 - effetti di danno alla salute (effetti sanitari).
- Individuazione delle *grandezze di base* e delle *grandezze derivate*.
- Individuazione di *limiti di base* e dei *livelli di riferimento*.

I meccanismi di interazione- effetti biologici -effetti di danno alla salute

In generale, i campi elettromagnetici interagiscono con la materia attraverso i cosiddetti "meccanismi di interazione" cioè con una serie di fenomeni che sono strettamente dipendenti dalle proprietà elettriche e magnetiche della materia e dalle caratteristiche del campo. Ciò si verifica anche nel corpo umano quando è esposto a campi elettromagnetici. In conseguenza dei meccanismi di interazioni, si determinano una serie di effetti biologici alcuni dei quali possono causare un danno alla salute. Appare quindi di fondamentale importanza la differenza tra l'effetto biologico e l'effetto di danno alla salute provocato dalla esposizione umana ai campi elettromagnetici.

L'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità) fornisce una chiara distinzione tra i due effetti: "*Un effetto biologico si verifica quando l'esposizione alle onde elettromagnetiche provoca qualche variazione fisiologica notevole o rilevabile in un sistema biologico. Un effetto di 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 condizione di danno alla salute*".

Ciò posto, e chiarito che l'effetto biologico non si configura necessariamente in un danno alla salute, rimane da stabilire in quali condizioni un campo elettromagnetico può avere effetti sulla salute umana.

Grandezze di base e grandezze di riferimento - Limiti di base e livelli di riferimento

Per affrontare il problema conviene riferirsi alla suddivisione dello spettro in basse frequenze (da 0 Hz a 10 kHz) e in alte frequenze (da 10 kHz a 300 GHz) poiché i meccanismi di interazione e quindi gli effetti biologici, sono strettamente dipendenti dalla frequenza del campo elettromagnetico e, naturalmente, dalla sua intensità.

Va precisato che tale suddivisione è abbastanza arbitraria ma in questo contesto ciò non è di rilevante importanza poiché ogni altra possibile suddivisione non escluderebbe la contemporanea presenza, con diversa rilevanza, dei meccanismi di interazione tipici delle basse frequenze anche alle alte frequenze, e viceversa. Ciò che è rilevante è la preminenza di una classe di meccanismi rispetto alle altre e quindi di effetti, in dipendenza dalla frequenza del campo elettromagnetico.

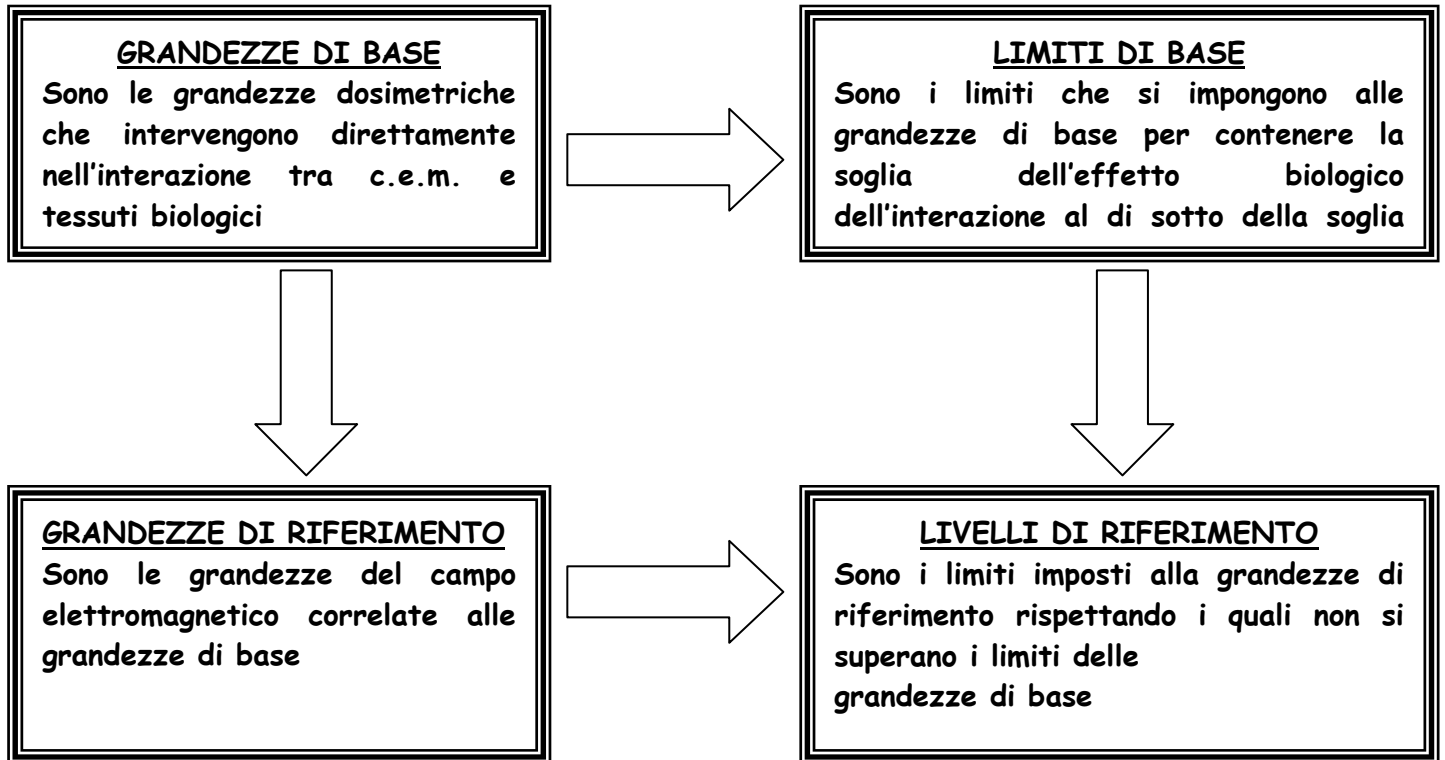
Il passaggio dall'effetto biologico all'effetto di danno alla salute è individuato dai valori di soglia delle cosiddette *grandezze di base* che assumono il significato di *limiti di base* che dipendono dalla frequenza del campo elettromagnetico e rappresentano i veri limiti di esposizione al di sopra dei quali tali effetti si manifestano.

Ai valori di soglia dell'effetto di danno alla salute, ridotti di un fattore di sicurezza, si fanno corrispondere i valori del campo elettrico, magnetico, e di densità di potenza esterni, detti *livelli di*

riferimento che, per come sono stati definiti, assumono il significato di *limiti di esposizione* per la prevenzione dagli effetti immediati.

Il non superamento di tali limiti fornisce quindi la certezza che non sia superata la soglia che separa l'effetto biologico dal danno immediato alla salute.

Questo è il criterio, cioè il *razionale* adottato dell'ICNIRP ma anche da altre organizzazioni scientifiche per l'individuazione *dei limiti di esposizione* ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici che si può sintetizzare con lo schema seguente:



Le grandezze di base, sono rappresentative dei fenomeni di accoppiamento dei tessuti biologici con il campo elettrico, il campo magnetico ed il campo elettromagnetico.

Esse però non sono direttamente misurabili e quindi per la verifica delle stesse, in termini di limiti di base, si introducono le grandezze di riferimento connesse funzionalmente alle grandezze di base

Le grandezze di base, che dipendono strettamente dalla frequenza del campo come mostrato nella figura 4 sono:

- induzione magnetica B (Tesla);
- densità di corrente j (A/m^2);
- corrente di contatto i (A);
- tasso di assorbimento specifico di potenza SAR (W/kg);
- tasso di assorbimento specifico di energia SA (J/kg);
- densità di potenza S (W/m^2);

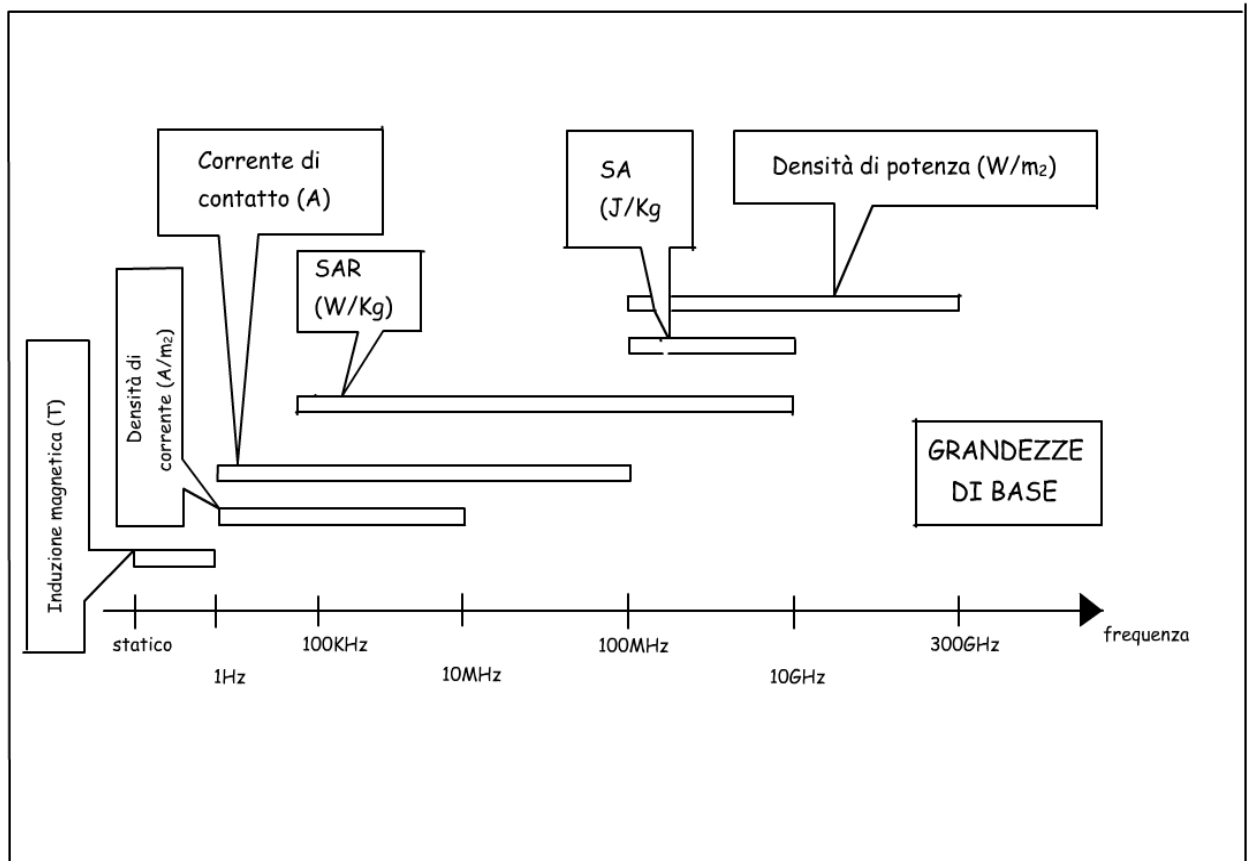


Figura 4 - Rappresentazione delle grandezze di base in funzione della frequenza secondo il rationale dell'I.C.N.I.R.P.

I limiti di base sono i valori delle grandezza di base che separano gli effetti biologici da quelli di danno alla salute. I limiti di base, ai quali è applicato un fattore di sicurezza tipicamente pari 50, non devono essere mai superati:

Le grandezze di riferimento sono i parametri del campo elettromagnetico che si possono agevolmente misurare.

Le grandezze di riferimento sono quelle che caratterizzano l'esposizione del recettore vale a dire:

- induzione magnetico B (Tesla);
- intensità del campo elettrico V/m
- intensità del campo magnetico A/m
- densità di potenza S (W/m²).

Si può osservare che alcune grandezze di base coincidono con le grandezze di riferimento.

I livelli di riferimento sono i valori delle grandezze di riferimento correlati con i limiti di base

I limiti di base sono considerati rispettati quando non sono superati i relativi livelli di riferimento.

Il superamento dei livelli di riferimento non comporta necessariamente il superamento di limiti di base.

Raccomandazione del Consiglio d'Europa per la popolazione

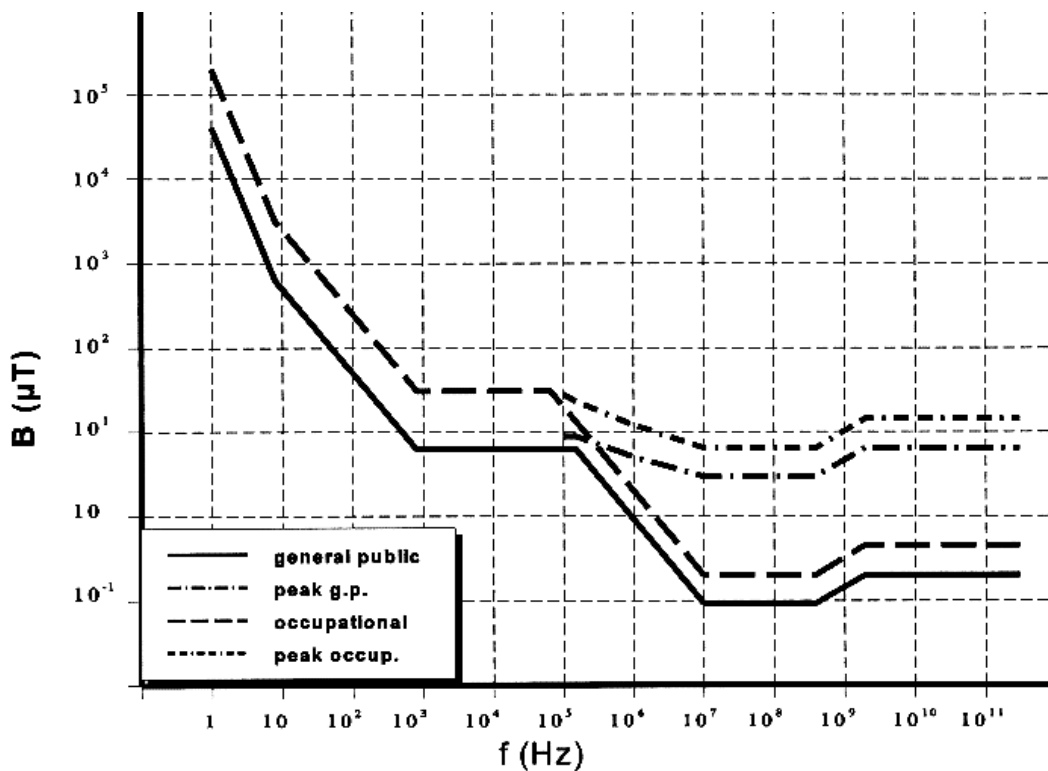
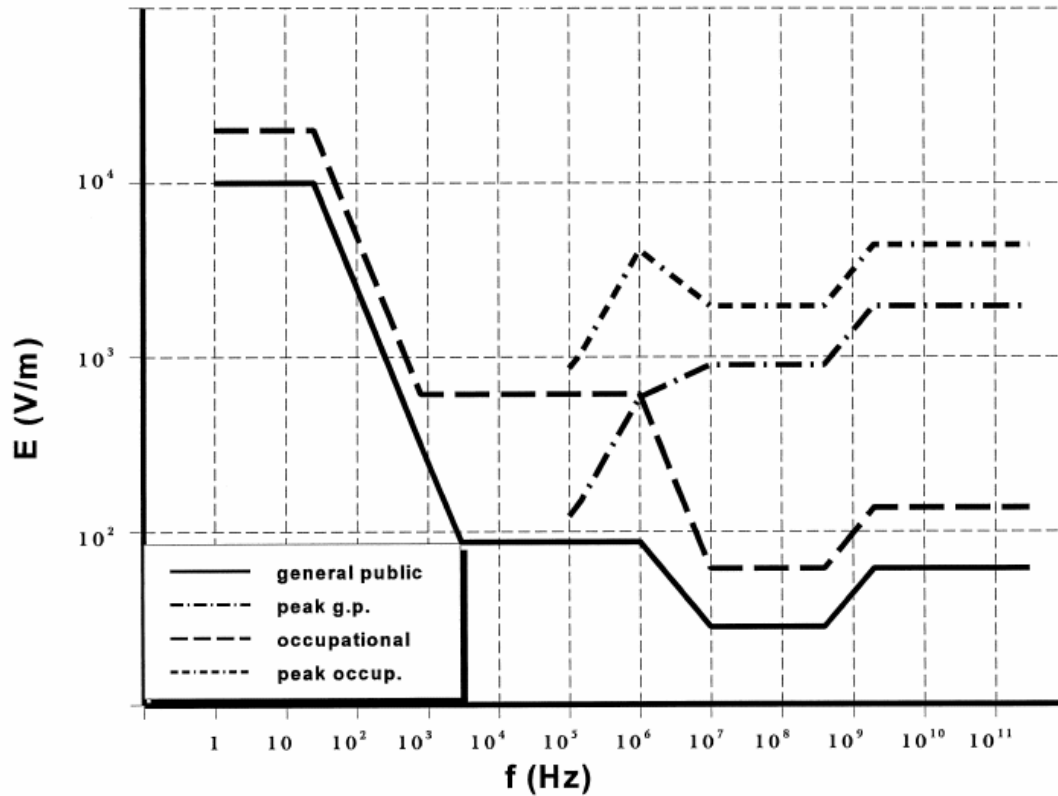
Il Consiglio d'Europa ha emanato la Raccomandazione del 12 luglio 1999 relativa alla "limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz". La raccomandazione fissa i limiti di base ed i livelli di riferimento per la protezione delle popolazione dagli effetti scientificamente accertati della esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici.

La Raccomandazione che ha recepito le linee guida dell'ICNIRP del 28/4/1998:

- specifica che i limiti di esposizione adottati "tengono conto delle incertezze connesse con la sensibilità delle condizioni ambientali e delle differenti età e condizioni di salute fra i membri della popolazione";

- indica limiti di esposizione superiori a quelli previsti dal D.P.C.M. del luglio 2003 per i campi e.m. tra 100 kHz e 300 GHz; e dal D.P.C.M. 8 luglio 2003 per gli elettrodotti;
- lascia facoltà agli stati membri di adottare limiti inferiori.

I limiti per il campo elettrico E e per l'induzione magnetica B previsti dalla Raccomandazione sono riportati nei grafici che seguono.



La Direttiva 2004/40/ce del Parlamento europeo del 29 aprile 2004 per i lavoratori

Per disciplinare l'esposizione ai campi elettromagnetici delle categorie lavorative, il Parlamento europeo ha emanato un'apposita Direttiva, che deve essere recepita dagli ordinamenti legislativi degli Stati membri entro il 30 aprile del 2008, che fissa le prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli ampi elettromagnetici.

La norma, che ha assunto il razionale dell'ICNIRP, si riferisce alla protezione dagli effetti scientificamente accertati.

A tale fine la norma fornisce le seguenti definizioni di "limiti di esposizione" e di "valori di azione":

- *valori limite di esposizione: limitazioni all'esposizione a campi elettromagnetici che sono direttamente basate su effetti sanitari accertati e su considerazioni biologiche. il rispetto di questi limiti assicura che i lavoratori esposti siano protetti da tutti gli effetti nocivi noti.*
- *valori di azione: il valore dei parametri direttamente misurabili a cui si deve fare riferimento nei casi di superamenti per intraprendere una o più delle misure specificate nella direttiva.*

Con riferimento alle definizioni della Raccomandazione U.E. per la protezione della popolazione, si osserva che la prima definizione è l'omologa della definizione dei limiti di base, mentre la seconda corrisponde alla definizione dei limiti di esposizione della citata Raccomandazione.

Nella tabella che segue sono indicati i limiti di esposizione in funzione della frequenza.

Valori di azione (articolo 3, paragrafo 2) [valori efficaci (rms)imperturbati]

Intervallo di frequenza	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Induzione magnetica B (μT)	Densità di potenza di onda piana equivalente S_{eq} (W/m ²)	Corrente di contatto, IC (mA)	Corrente indotta attraverso gli arti, I _L (mA)
0 - 1 Hz	-	1,63x10 ⁵	2x10 ⁵	-	1,0	-
1 - 8 Hz	20 000	1,63x10 ⁵ /f ²	2x10 ⁵ /f ²	-	1,0	-
8 - 25 Hz	20 000	2x10 ⁴ /f	2,5x10 ⁴ /f	-	1,0	-
0,025 - 0,82kHz	500/f	20/f	25/f	-	1,0	-
0,82 — 2,5 kHz	610	24,4	30,7	-	1,0	-
2,5 - 65 kHz	610	24,4	30,7	-	0,4 f	-
65 - 100 kHz	610	1 600/f	2 000/f	-	0,4 f	-
0,1 - 1 MHz	610	1,6/f	2/f	-	40	-
1 - 10 MHz	610/f	1,6/f	2/f	-	40	-
10 — 110 MHz	61	0,16	0,2	10	40	100
110 - 400 MHz	61	0,16	0,2	10	-	-
400 — 2 000 MHz	3f ^{0,5}	0,008f ^{0,5}	0,01 f ^{0,5}	f/40	-	-
2 - 300 GHz	137	0,36	0,45	50	-	-

Note:

1. f è la frequenza espressa nelle unità indicate nella colonna relativa all'intervallo di frequenza.

1.3. CONFRONTO

Dal confronto della Raccomandazione europea con il quadro legislativo nazionale, emerge che:

- per la frequenza di 50 Hz, cioè per gli elettrodotti, i limiti previsti dalla Raccomandazione coincidono con i limiti di esposizione indicati dal D.P.C.M. 8/7/03 (100 microtesla per il campo magnetico e 5 kV/m per il campo elettrico). Tuttavia, mentre il citato decreto prescrive per l'induzione magnetica anche i valori di attenzione (5 microtesla) a tutele dei

possibili effetti a lungo termine, e gli obiettivi di qualità (3 microtesla) per la progressiva minimizzazione dell'esposizione, la Raccomandazione non pone tali restrizioni.

- per le radiofrequenze e le microonde, i limiti di esposizione previsti dalla Raccomandazione risultano tutti maggiori di quelli indicati dal D.P.C.M. 8/7/03 .

Per quanto riguarda la protezione dei lavoratori dalla esposizione ai C.E.M., manca ancora la specifica norma nazionale che disciplini il settore.

Nella tabella che segue è riportata una esemplificazione del confronto tra le norme nazionali attualmente in vigore e le norme comunitarie di cui sopra.

FREQUENZA	SERVIZIO	LIMITI NAZIONALI PER POPOLAZIONE	LIMITI EUROPEI PER POPOLAZIONE	LIMITI EUROPEI PER LAVORATORI
50 Hz	Trasporto energia elettrica	<ul style="list-style-type: none"> • Valore di attenzione 10 μT (induzione magnetica) • Obiettivo di qualità 3 μT (induzione magnetica) 	100 μ T induzione magnetica	500 μ T induzione magnetica
1 MHz 10 MHz 30 MHz	Banda HF	Valore di attenzione 6 V/m	87 V/m 27,5 V/m 28 V/m	610 V/m 61 V/m 61 V/m
470 MHz	TV UHF	Valore di attenzione 6 V/m	27 V/m	65 V/m
900 MHz	GSM	Valore di attenzione 6 V/m	41 V/m	90 V/m
1800 MHz	GSM	Valore di attenzione 6 V/m	61 V/m	127 V/m
2 GHz	UMTS	Valore di attenzione 6 V/m	61 V/m	127 V/m

Un ulteriore aspetto sul quale la normativa nazionale si discosta da quella comunitaria riguarda le condizioni per le quali si rende necessaria la riduzione a conformità nei casi di esposizione multi sorgenti.

Come già esposto, la normativa nazionale prevede tale situazione solo per le emissioni da 100 kHz a 300 GHz, e quando si verifichi la condizione

$$C = \sum_i \frac{E_i^2}{L_i^2} > 1$$

con E_i i valori misurati di campo elettrico di ciascuna delle n sorgenti, ed L_i i relativi limiti in funzione della frequenza.

Ben più articolata si presenta la normativa comunitaria poiché anziché porre condizioni sui soli valori delle grandezze di riferimento, fissa condizioni sui valori normalizzati delle grandezze di base in funzione della frequenza e quindi sui valori delle grandezze di riferimento.

Per esposizioni simultanee a campi di frequenza diversa, il rationale della normativa europea prevede infatti che si debba considerare si deve considerare che gli effetti biologici dei campi si sommino in ragione della loro frequenza e quindi per la valutazione di tale additività i calcoli debbano essere eseguiti separatamente per ciascun effetto, sulle grandezze di base. In particolare gli effetti termici e di stimolazione elettrica sul corpo devono essere valutati separatamente.

Per gli effetti di stimolazione elettrica dei tessuti, significativi da 1 Hz a 10 MHz, le densità di corrente indotta devono essere sommate in base alla seguente formula:

$$\sum_{i=1 \text{ Hz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_i}{J_{L,i}} \leq 1$$

dove

- J_i è la densità di corrente alla frequenza i ;
- $J_{L,i}$ è il limite di base della densità di corrente alla frequenza i ;

Per gli effetti termici, significativi a partire da 100 kHz, il tasso di assorbimento specifico di energia (SAR) e la densità di potenza (S) devono essere sommati in base alla seguente formula:

$$\sum_{i=100 \text{ kHz}}^{10 \text{ GHz}} \frac{SAR_i}{SAR_L} + \sum_{i>10 \text{ GHz}}^{300 \text{ GHz}} \frac{S_i}{S_L} \leq 1$$

dove

- SAR_i è il tasso di assorbimento specifico di energia dovuto alla esposizione alla frequenza i ;
- SAR_L è il limite di base per il tasso di assorbimento specifico di energia;
- S_i è la densità di potenza alla frequenza i ;
- S_L è il limite di base per la densità di potenza.

Ai fini applicativi per la verifica dei limiti di base, i criteri da applicare ai livelli di riferimento dell'intensità dei campi devono essere i seguenti.

Per la densità di corrente indotta e gli effetti di stimolazione elettrica, significativi fino a 10 MHz, i livelli dei campi devono soddisfare le due seguenti condizioni:

$$\sum_{i=1 \text{ Hz}}^{1 \text{ MHz}} \frac{E_i}{E_{L,i}} + \sum_{i>1 \text{ MHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{E_i}{a} \leq 1$$

$$\sum_{j=1 \text{ Hz}}^{150 \text{ kHz}} \frac{H_j}{H_{L,j}} + \sum_{j>150 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{H_j}{b} \leq 1$$

con

- E_i è l'intensità del campo elettrico alla frequenza i ;
- $E_{L,i}$ è il livello di riferimento dell'intensità del campo elettrico;
- H_j è l'intensità del campo magnetico alla frequenza j ;
- $H_{L,j}$ è il livello di riferimento dell'intensità del campo magnetico;
- a è pari a 87 V/m;
- b è pari a 5 A/m (6.25 μ T).

L'impiego di costanti (a , b) al di sopra di 1 MHz per il campo elettrico e al di sopra di 150 kHz per il campo magnetico è dovuto al fatto che la sommatoria si basa sulla densità di corrente indotta e ogni mescolanza deve essere evitata con l'eventuale effetto termico.

Per gli effetti termici, a partire da 100 kHz, i livelli di campo devono soddisfare le due seguenti condizioni:

$$\sum_{i=100 \text{ kHz}}^{1 \text{ MHz}} \frac{E_i^2}{c^2} + \sum_{i>1 \text{ MHz}}^{300 \text{ GHz}} \frac{E_i^2}{E_{L,i}^2} \leq 1$$

$$\sum_{j=100 \text{ kHz}}^{1 \text{ MHz}} \frac{H_j^2}{d_{L,j}^2} + \sum_{j>1 \text{ MHz}}^{300 \text{ GHz}} \frac{H_j^2}{H_{L,j}^2} \leq 1$$

- E_i è l'intensità del campo elettrico alla frequenza i ;
- $E_{L,i}$ è il livello di riferimento del campo elettrico;
- H_j è l'intensità del campo magnetico alla frequenza j ;
- $H_{L,j}$ è il livello di riferimento del campo magnetico;
- c è pari a $87/f^{1/2}$ V/m;
- d è pari a $0.73/f$ A/m.

Per la corrente in un arto e per la corrente di contatto si devono applicare rispettivamente le seguenti norme:

$$\sum_{K=10 \text{ MHz}}^{110 \text{ MHz}} \frac{I_k^2}{I_{L,k}^2} \leq 1$$

$$\sum_{n > 1 \text{ Hz}}^{110 \text{ MHz}} \frac{I_n^2}{I_{c,n}^2} \leq 1$$

con

- I_k è la componente della corrente sull'arto alla frequenza k ;
- $I_{L,k}$ è il livello di riferimento per la corrente sull'arto, 45 mA;
- I_n è la componente della corrente di contatto alla frequenza n ;
- $I_{c,n}$ è il livello di riferimento per la corrente di contatto alla frequenza n .