

Programma

1° Parte

- ❖ Effetti biologici dei campi elettromagnetici
 - Effetti sanitari
 - Effetti sensoriali
 - Effetti indiretti
- ❖ Effetti dei CEM in funzione della frequenza
 - Campi statici
 - Campi in bassa frequenza
 - Campi in alta frequenza
- ❖ Le basi scientifiche dei limiti di esposizione
 - Linee Guida ICNIRP
 - Grandezze di base e di riferimento
 - Esposizione dei lavoratori e della popolazione

2° Parte

- ❖ Quadro normativo comunitario
 - Raccomandazione 1999/519/CE
 - Direttiva 2013/35/UE
- ❖ Quadro normativo nazionale
 - Legge 36/2001 e decreti attuativi
 - D.Lgs. 81/2008 come modificato dal D.Lgs. 159/2016
- ❖ Norme tecniche e banche dati
 - Norme tecniche CENELEC e CEI
 - Portale Agenti Fisici (PAF)
 - Guida Pratica Non Vincolante (NBG)

Interazioni dei campi elettromagnetici in alta frequenza (100 kHz – 300 GHz)

Ad alta frequenza il campo elettrico e il campo magnetico sono tra loro correlati, pertanto si usa il termine **campo elettromagnetico**

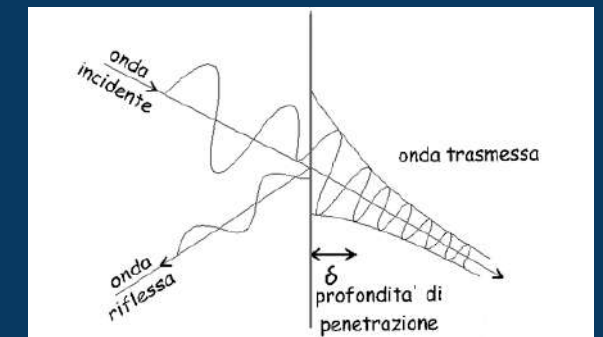
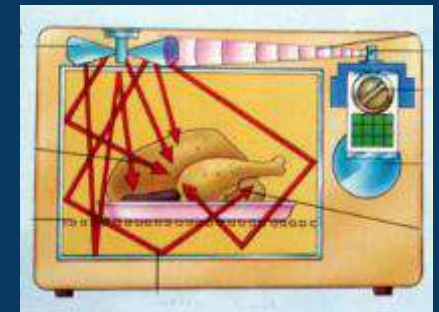
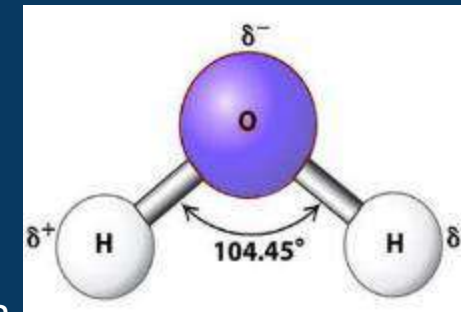
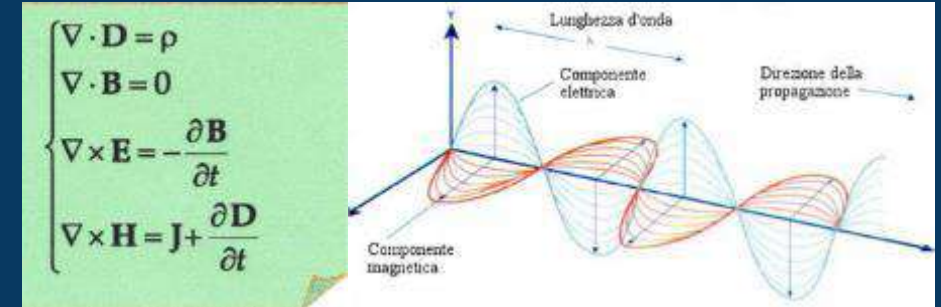
Il campo elettromagnetico trasmesso nel **mezzo biologico** interagisce con le **molecole dipolari dell'acqua** e con gli ioni contenuti nei tessuti biologici provocandone il rapido **movimento oscillatorio**

Le molecole d'acqua e gli ioni che oscillano sotto l'azione del campo sono sottoposte a un attrito molecolare che trasforma in calore l'energia del campo che si propaga nel mezzo biologico come un'onda

Il campo trasmesso subisce un'**attenuazione** a causa della deposizione di energia in funzione della **conducibilità elettrica σ** che varia con la frequenza

La **profondità di penetrazione δ** (profondità alla quale l'intensità del campo si riduce di circa il 37% del suo valore) è data da: $\delta = \sqrt{2/(\omega \cdot \sigma \cdot \mu)}$

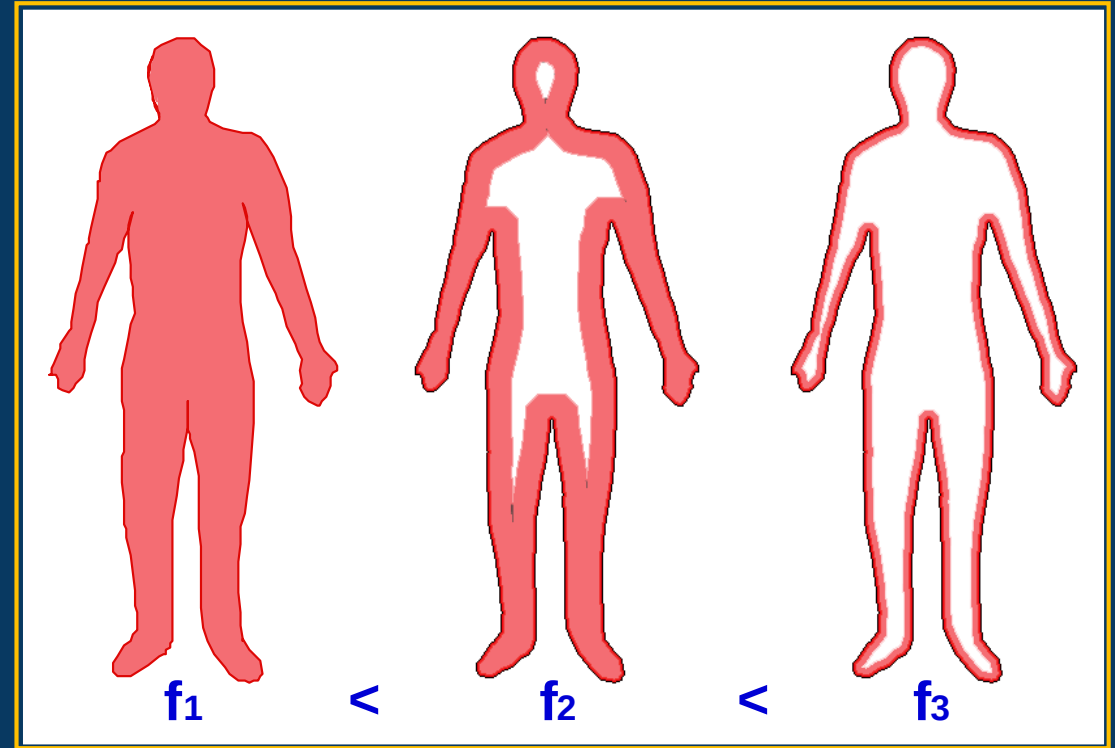
All'**aumentare della frequenza** ($\omega = 2\pi f$) il campo ha sempre più difficoltà nel penetrare il mezzo, cioè **l'assorbimento di energia elettromagnetica diventa sempre più superficiale**



Effetti diretti dei campi in alta frequenza

I campi elettromagnetici in alta frequenza sono in grado di penetrare nei tessuti esposti e, attraverso il rapido movimento oscillatorio di ioni e molecole di acqua, rilasciano energia che viene convertita in calore → **effetti termici**

- Tra 100 kHz e 10 MHz sono presenti sia gli effetti di stimolazione neuromuscolare sia gli effetti di riscaldamento dei tessuti
- Al di sopra di 10 MHz sono presenti solo gli effetti termici (riscaldamento dei tessuti)
- Al di sopra di 6 GHz l'assorbimento di energia è prevalentemente superficiale (livello cutaneo e subcutaneo) e al di sopra di 10 GHz rimane confinato solo sulla cute esterna



Fino a 300 MHz:
assorbimento di energia a corpo intero (può essere elevato in punti particolari)

Da 300 MHz a 6 GHz:
assorbimento di energia localizzato e non uniforme (può essere elevato in punti particolari)

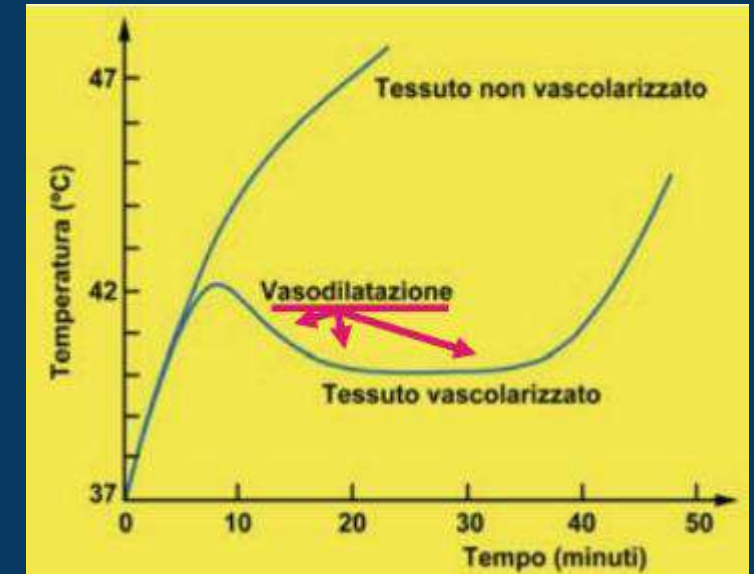
Da 6 GHz a 300 GHz:
assorbimento di energia localizzato sulla superficie del corpo (oltre 10 GHz solo sulla cute esterna)

Stress termico e valori di soglia per gli effetti sanitari (100 kHz – 300 GHz)



In alta frequenza gli effetti termici derivanti dall'esposizione al campo elettromagnetico dipendono da:

- **Assorbimento di energia** (intensità + durata dell'esposizione)
- **Sistema di termoregolazione** (diversificato per organo, organi quali testicoli e cristallino sono particolarmente sensibili allo stress termico)
- **Stato fisiologico** (influenza la capacità di reazione allo stress termico)
- **Condizioni ambientali** (temperatura esterna, umidità, ventilazione)



- ❖ Assorbimenti di energia molto elevati possono indurre **incrementi di temperatura** che il sistema di termoregolazione dell'organismo non è in grado di compensare, con **possibili effetti sanitari**
- ❖ La sperimentazione su animale indica come **soglia di danno alla salute un innalzamento costante della temperatura corporea di 1°C**, corrispondente a un'esposizione di circa 30 minuti in condizioni ambientali moderate di un individuo adulto e in buona salute a un valore medio di potenza assorbita per unità di massa corporea (**SAR**) sul corpo intero di **4 W/kg**

Soglie di stress termico (ICNIRP 2020)

- **Esposizione a corpo intero: +1°C** di incremento della temperatura interna
- **Esposizione localizzata di organi sensibili** (cervello, occhi, torace, testicoli): **+2 °C** di incremento localizzato della temperatura
- **Esposizione localizzata di tutti gli altri organi e tessuti: +5 °C** di incremento

Effetti sensoriali dei campi in alta frequenza (300 MHz – 6 GHz)

- Nell'intervallo di frequenza compreso tra 300 MHz e 6 GHz, l'esposizione della testa a campi elettromagnetici impulsivi può dare luogo a sensazioni uditive descritte come un ronzio, un ticchettio o uno schioppettio a seconda delle caratteristiche di modulazione del campo
- Tali sensazioni uditive sono attribuite ad un'espansione termoelastica della corteccia uditiva del cervello, che produce microvibrazioni trasmesse al nervo acustico e tradotte in suono dalla coclea
- L'entità sensazioni uditive, che si manifestano solo al di sopra di un valore di soglia, dipende dall'energia assorbita per singolo impulso
→ **SA (assorbimento specifico)** [mJ/kg]
- Un'esposizione ripetuta o prolungata a campi elettromagnetici impulsivi con effetti uditivi può essere fastidiosa e influire negativamente sulla capacità di un lavoratore di operare in modo sicuro (rischio per la sicurezza)



Effetti indiretti dei CEM variabili nel tempo

- Campi elettromagnetici di elevato valore istantaneo possono causare **interferenze sul funzionamento dei dispositivi medici attivi** impiantati e portati sul corpo (compatibilità elettromagnetica)
- Gli **impianti e inclusi metallici** possono perturbare il campo elettrico indotto nel corpo, creando regioni localizzate di campi elevati a causa della maggiore conducibilità elettrica del metallo rispetto al tessuto biologico
- Gli impianti e inclusi metallici possono quindi subire un **riscaldamento induttivo**, provocando infiammazioni locali o, in caso di esposizioni di intensità particolarmente elevata, ustioni e lesioni termiche dei tessuti circostanti



Campi elettromagnetici in alta frequenza

Esposizioni residenziali



Esposizioni residenziali (popolazione) ai CEM in alta frequenza sono prodotte, ad es., dai telefoni cellulari (esposizioni localizzate) e dai ripetitori di telefonia cellulare e radiotelevisivi



SAR
2 W/kg



DPCM 8/7/2003
6 V/m



DPCM 8/7/2003
6 V/m

Campi elettromagnetici in alta frequenza

Esposizioni professionali



Esposizioni professionali sono, ad esempio, quelle dei lavoratori che operano in prossimità delle antenne delle stazioni base di radiocomunicazione e radiotelevisive o delle stazioni radar, dei forni industriali a induzione, ecc.

D.Lgs. 81/08
50 W/m²



D.Lgs. 81/08
140 V/m



D.Lgs. 81/08
0,2 μ T



Programma

1° Parte

- ❖ Effetti biologici dei campi elettromagnetici
 - Effetti sanitari
 - Effetti sensoriali
 - Effetti indiretti
- ❖ Effetti dei CEM in funzione della frequenza
 - Campi statici
 - Campi in bassa frequenza
 - Campi in alta frequenza
- ❖ Le basi scientifiche dei limiti di esposizione
 - Linee Guida ICNIRP
 - Grandezze di base e di riferimento
 - Esposizione dei lavoratori e della popolazione

2° Parte

- ❖ Quadro normativo comunitario
 - Raccomandazione 1999/519/CE
 - Direttiva 2013/35/UE
- ❖ Quadro normativo nazionale
 - Legge 36/2001 e decreti attuativi
 - D.Lgs. 81/2008 come modificato dal D.Lgs. 159/2016
- ❖ Norme tecniche e banche dati
 - Norme tecniche CENELEC e CEI
 - Portale Agenti Fisici (PAF)
 - Guida Pratica Non Vincolante (NBG)

Basi scientifiche dei limiti di esposizione



- Le **linee guida dell'ICNIRP** (*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*) propongono un insieme di restrizioni per l'esposizione a CEM che copre con continuità l'intervallo di frequenze da 0 Hz fino a 300 GHz
- Le linee guida CEM sono state **sviluppate sulla base degli effetti confermati**, per cui la letteratura scientifica fornisce basi razionali per la definizione di un sistema di protezione attraverso restrizioni all'esposizione
- Le Linee Guida ICNIRP costituiscono il riferimento scientifico su cui sono basate le normative europee per la protezione della **popolazione** (Raccomandazione del Consiglio 1999/519/CE) e dei **lavoratori** (Direttiva 2013/35/UE, recepita nel Titolo VIII – Capo IV del D.Lgs. 81/2008 attraverso il D.Lgs. 159/2016)
- Il rationale delle linee guida ICNIRP identifica di fatto cinque regioni di frequenza in relazione al meccanismo d'interazione del campo e alla risposta biologica indotta (gli effetti):
 - Campi statici e quasi-statici (da 0 a 1 Hz)
 - Basse frequenze (da 1 Hz a 100 kHz)
 - Frequenze intermedie (da 100 kHz a 10 MHz)
 - Alte frequenze (da 10 MHz a 6 GHz)
 - Altissime frequenze (da 6 GHz a 300 GHz)

Linee Guida ICNIRP nel mondo



Riconoscimento ufficiale da parte di OMS, IARC, Unione Europea
Adottate in oltre 35 nazioni

Cronologia Linee Guida ICNIRP



1998 Campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (fino a 300 GHz)

2009 Campi magnetici statici

2010 Campi elettrici e magnetici in bassa frequenza (1 Hz – 100 kHz)

2014 Movimento in campo magnetico statico e campi magnetici quasi statici (0 – 1 Hz)

2020 Campi elettromagnetici a radiofrequenza e microonde (100 kHz – 300 GHz)

Criteri per la definizione dei limiti di esposizione

- Effetti biologici per cui non vi sono evidenze confermate di conseguenze negative per la salute o la sicurezza non forniscono basi scientifiche per stabilire limiti di esposizione
- Diversamente, gli **effetti confermati** che possono comportare **conseguenze negative per la salute e la sicurezza** sono presi in considerazione dalle Linee Guida ICNIRP allo scopo di definire un sistema di protezione basato su **restrizioni all'esposizione**
- **L'effetto biologico rilevante al più basso livello di esposizione (valore di soglia) rappresenta il criterio per la definizione del **limite di esposizione** secondo basi scientifiche**

Criteri per la definizione dei limiti di esposizione

Soglie effetti acuti

- Valori di soglia per gli effetti biologici scientificamente accertati (sensoriali/sanitari)
- Le soglie per gli effetti indiretti possono essere inferiori

Primo margine di riduzione ($5 \div 10$)

Limiti di base per le esposizioni professionali

- Esposizioni professionali (possibili effetti sensoriali e/o indiretti per esposizioni acute)
- Informazione/formazione
- Sorveglianza sanitaria

Secondo margine di riduzione ($2 \div 5$)

Limiti di base per la popolazione generale

- Esposizione della popolazione
- Esposizioni non professionali
- Soggetti particolarmente a rischio (restrizioni specifiche per DMIA)

Ai fini precauzionali (per tenere conto di fattori d'incertezza quali variabilità interindividuale, ecc.) per i limiti di esposizione si applicano dei **fattori di riduzione** rispetto ai **valori di soglia** accertati per l'insorgenza degli effetti acuti

Tanto le **soglie degli effetti** quanto i **limiti di base** sono espressi in termini di **grandezze di base** che correlano l'effetto osservato con il livello di esposizione, il cui valore è presente all'interno del corpo umano (grandezze **dosimetriche**)

I **fattori di riduzione** sono differenziati per le esposizioni professionali e per la popolazione generale

I **lavoratori esposti per motivi professionali** sono informati/formati e sottoposti a sorveglianza sanitaria

Per la **popolazione generale**, che include anche **persone con rischi particolari**, si applica un ulteriore fattore di riduzione (per gli effetti d'interferenza con i dispositivi medici si applicano restrizioni specifiche)

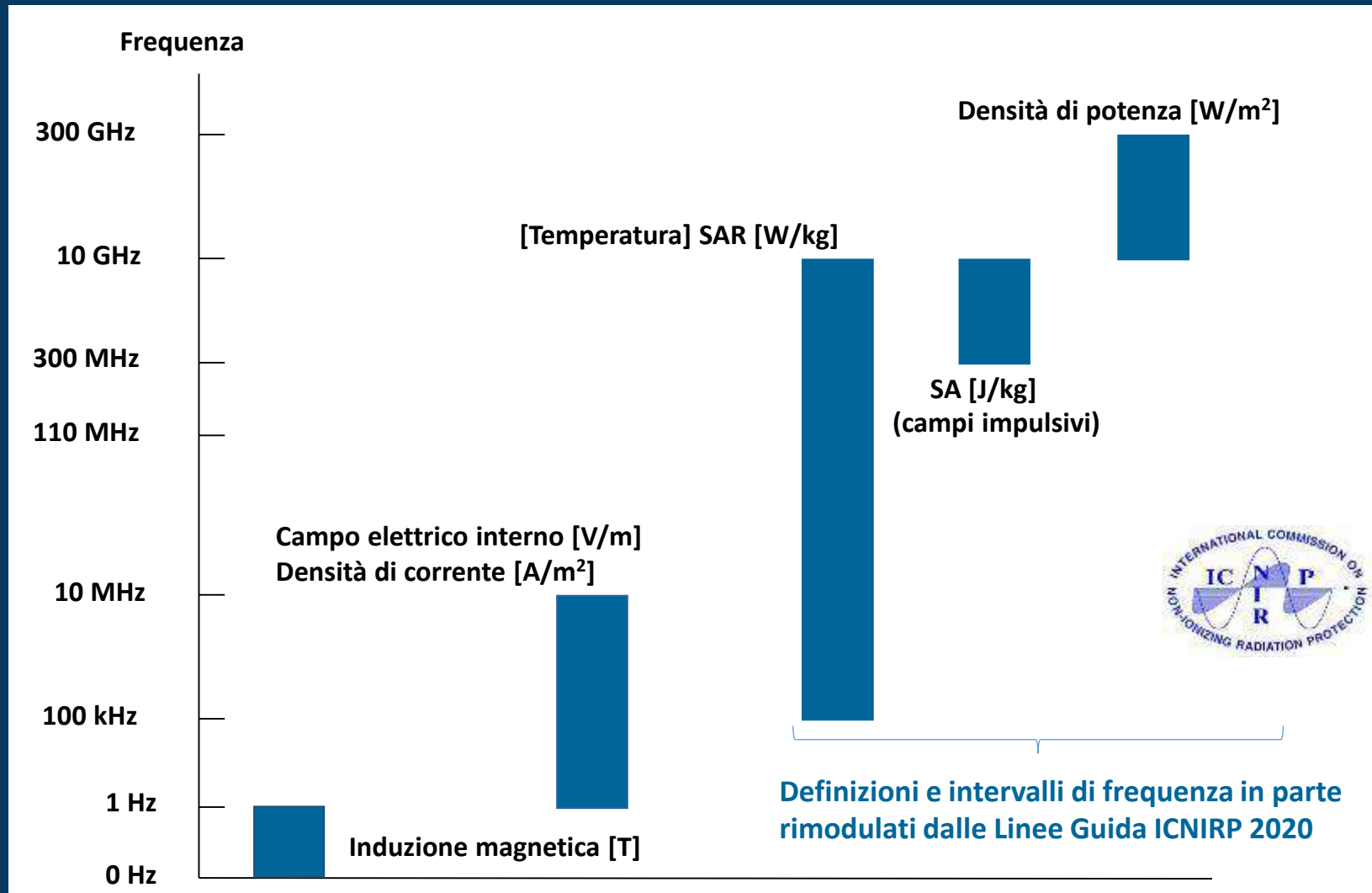
Esposizioni dei lavoratori e della popolazione

- L'**esposizione dei lavoratori** riguarda l'esposizione **consapevole** di soggetti adulti durante lo svolgimento di **specifiche mansioni lavorative**, che siano **informati e formati** dei possibili rischi derivanti dall'esposizione e delle opportune misure di prevenzione e protezione da mettere in atto per mitigare il rischio
 - L'**esposizione della popolazione** riguarda l'esposizione generalmente **inconsapevole** di individui di tutte le età e con **diverso stato di salute**, includendo anche **individui potenzialmente più vulnerabili** (ad es. bambini, anziani, soggetti affetti da patologie anche gravi) che in genere **non sono adeguatamente informati** per mitigare il rischio, o non hanno la possibilità e/o la capacità di farlo
- Per tali motivi ICNIRP fissa limiti espositivi maggiormente restrittivi per la popolazione generale rispetto ai limiti per i lavoratori

Gruppi particolarmente sensibili al rischio CEM

CATEGORIE	ESEMPI	RIFERIMENTI
Lavoratori portatori di dispositivi medici impiantati attivi (DMIA)	Stimolatori cardiaci, defibrillatori cardiaci, impianti cocleari, impianti nel tronco encefalico, protesi dell'orecchio interno, neurostimolatori, codificatori della retina, pompe impiantate per l'infusione di farmaci	D.Lgs.81/2008 e s.m.i. Guida CEI 106-45
Lavoratori portatori di dispositivi medici portati sul corpo	Pompe esterne per infusione di ormoni o farmaci (da assimilare ai DMIA)	D.Lgs.81/2008 e s.m.i. Guida CEI 106-45
Lavoratori portatori di dispositivi medici impiantati passivi (DMIP)	Protesi articolari, chiodi, piastre, viti, clip chirurgiche, clip per aneurisma, stent, protesi valvolari cardiache, anelli per annuloplastica, impianti contraccettivi metallici e tipi di dispositivi medici impiantabili attivi	D.Lgs.81/2008 e s.m.i. Guida CEI 106-45
Portatori di corpi o elementi inclusi contenenti parti ferromagnetiche o parti metalliche conduttive	Schegge, piercing, tatuaggi con pigmenti metallici (da assimilare ai DMIP)	Guida CEI 106-45 Guida Non Vincolante UE Linee Guida AIRM
Lavoratrici in stato di gravidanza e minori		D.Lgs.81/2008 e s.m.i. Direttiva 94/33/CE
Gruppi di lavoratori non specificati come particolarmente a rischio	Lavoratori che assumono farmaci particolari per patologie mediche riconosciute	Guida CEI 106-45 Guida Non Vincolante UE Linee Guida AIRM

Grandezze (limiti) di base (ICNIRP 1998 e 2010)



Dai Limiti di Base ai Livelli di Riferimento

LIVELLI DI RIFERIMENTO (LR)

Grandezze ambientali
(radiometriche)



Campo elettrico ambientale E [V/m]
Campo magnetico ambientale H [A/m]
Induzione magnetica B [T]
Densità di potenza ambientale S [W/m²]

**Sono definiti
ulteriori LR per la
protezione dagli
effetti indiretti**

LR ricavati dai LB mediante modelli dosimetrici *semplificati e cautelativi*
→ Il rispetto dei LR assicura il non superamento dei LB in condizioni di esposizione standardizzate

DOSIMETRIA

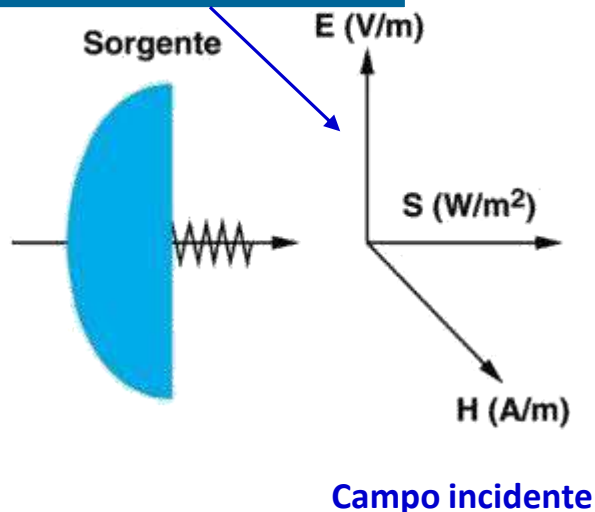
LIMITI DI BASE (LB)

Grandezze di base (dosimetriche)



Induzione magnetica esterna B_0 [T]
Densità di corrente J [A/m²]
Campo elettrico interno E_{int} [V/m]
Tasso di assorbimento specifico SAR [W/kg]
Assorbimento specifico SA [J/kg] (effetti uditivi)
Densità di potenza incidente S [W/m²]

Le Linee Guida ICNIRP 2020 hanno in parte rivisto le definizioni dei LB e LR tra 100 kHz e 300 GHz



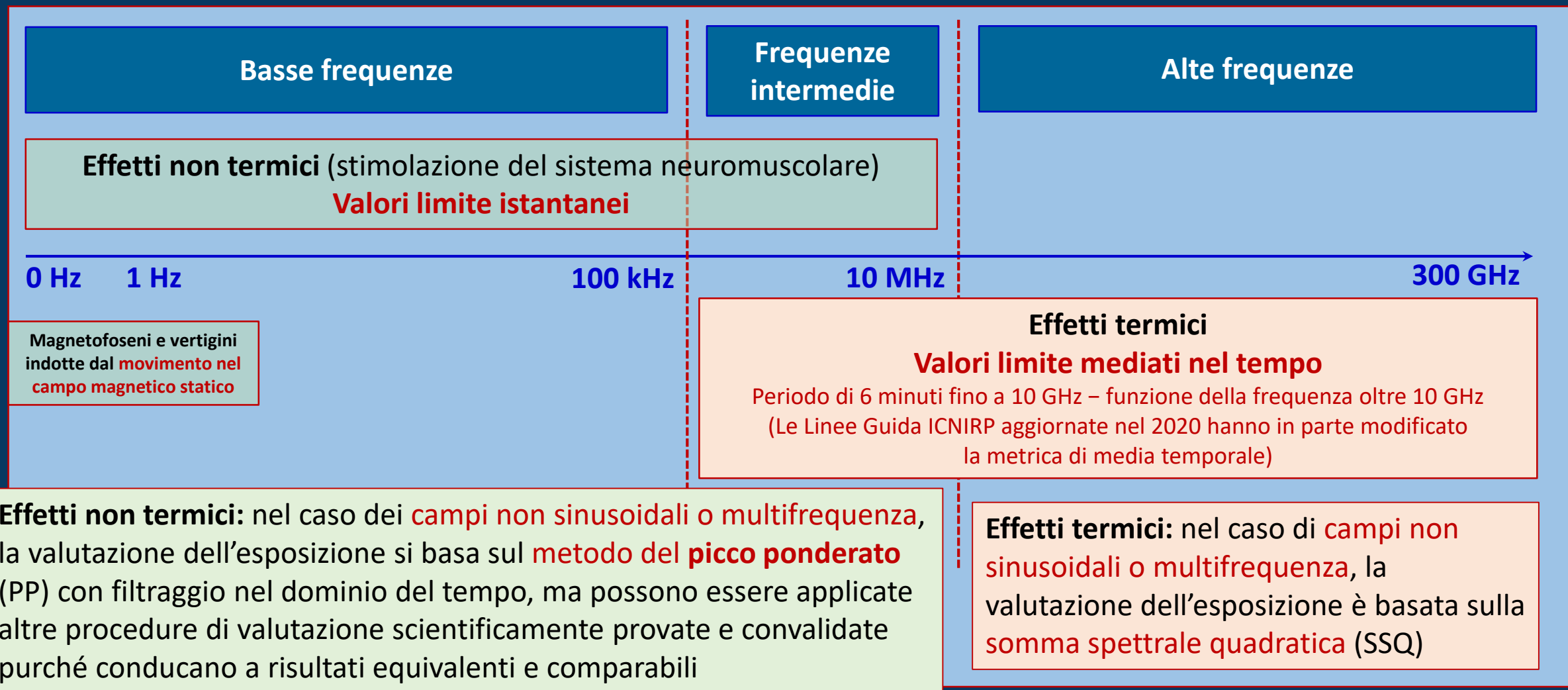
ICNIRP – Effetti e grandezze protezionistiche (limiti)

Effetto	Gamma di frequenza	Limiti di base ^(*)	Livelli di riferimento ^(*) ^(**)
Induzione di nausea o vertigini	0 – 1 Hz	Induzione magnetica esterna B_0 [T] e sua variazione ΔB su 3 s	–
Stimolazione dei tessuti eccitabili elettricamente	0 – 10 MHz	Campo elettrico interno E_{int} [V/m] o Densità di corrente J [A/m ²]	Campo elettrico ambientale E [V/m] Campo magnetico ambientale H [A/m] Induzione magnetica B [T]
Effetto termico	100 kHz – 6 GHz	Tasso di assorbimento specifico SAR [W/kg] e assorbimento specifico SA [J/kg] (effetti uditivi)	Campo elettrico ambientale E [V/m] Campo magnetico ambientale H [A/m] Induzione magnetica B [T]
Effetto termico	6 GHz – 300 GHz	Densità di potenza incidente S [W/m ²]	Densità di potenza ambientale S [W/m ²]

^(*) Le Linee Guida ICNIRP 2020 hanno in parte modificato le definizioni dei LB e LR tra 100 kHz e 300 GHz

^(**) Ulteriori LR sono definiti per la protezione dalle **correnti indotte negli arti** (10–110 MHz) e dagli effetti indiretti quali le **correnti di contatto** (1 Hz – 110 MHz) e le **interferenze con dispositivi medici impiantati**

ICNIRP – Metrica di definizione dei limiti



Programma

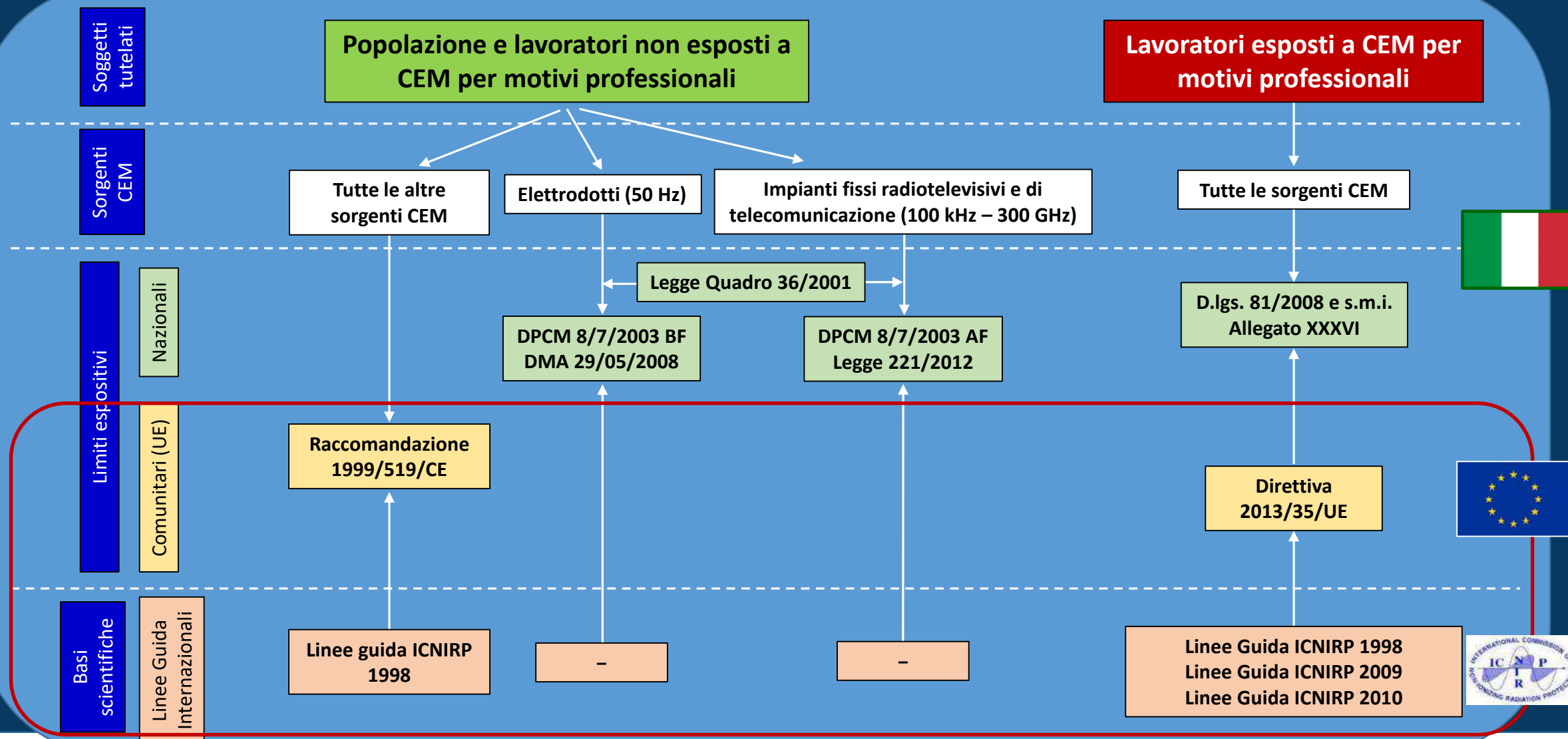
1° Parte

- ❖ Effetti biologici dei campi elettromagnetici
 - Effetti sanitari
 - Effetti sensoriali
 - Effetti indiretti
- ❖ Effetti dei CEM in funzione della frequenza
 - Campi statici
 - Campi in bassa frequenza
 - Campi in alta frequenza
- ❖ Le basi scientifiche dei limiti di esposizione
 - Linee Guida ICNIRP
 - Grandezze di base e di riferimento
 - Esposizione dei lavoratori e della popolazione

2° Parte

- ❖ Quadro normativo comunitario
 - Raccomandazione 1999/519/CE
 - Direttiva 2013/35/UE
- ❖ Quadro normativo nazionale
 - Legge 36/2001 e decreti attuativi
 - D.Lgs. 81/2008 come modificato dal D.Lgs. 159/2016
- ❖ Norme tecniche e banche dati
 - Norme tecniche CENELEC e CEI
 - Portale Agenti Fisici (PAF)
 - Guida Pratica Non Vincolante (NBG)

Quadro normativo per le esposizioni a CEM



Limiti normativi CEM

Denominazioni diverse ma concetti analoghi

	Limiti in termini di <i>grandezze di base</i>		Limiti in termini di <i>grandezze ambientali</i>	
	Effetti sensoriali	Effetti sanitari	Effetti sensoriali	Effetti sanitari
Linee Guida ICNIRP	Limiti di base (LB)		Livelli di riferimento (LR)	
Raccomandazione 1999/519/CE	Limiti di base (LB)		Livelli di riferimento (LR)	
Direttiva 2013/35/UE	Valori limite di esposizione (VLE) relativi agli effetti sensoriali	Valori limite di esposizione (VLE) relativi agli effetti sanitari	Livelli di azione (LA) inferiori	Livelli di azione (LA) superiori
D.lgs. 81/2008 e s.m.i.	Valori limite di esposizione (VLE) relativi agli effetti sensoriali	Valori limite di esposizione (VLE) relativi agli effetti sanitari	Valori di azione (VA) inferiori	Valori di azione (VA) superiori

Raccomandazione 1999/519/CE



INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION



ICNIRP GUIDELINES

FOR LIMITING EXPOSURE TO TIME-VARYING
ELECTRIC, MAGNETIC AND ELECTROMAGNETIC
FIELDS (UP TO 300 GHz)

PUBLISHED IN: **HEALTH PHYSICS 74 (4):494-522; 1998**

Limiti ICNIRP 1998
per la popolazione

30. 7. 1999

EN

Official Journal of the European Communities

L 199/59

II

(Acts whose publication is not obligatory)

COUNCIL

COUNCIL RECOMMENDATION

of 12 July 1999

on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)

(1999/519/EC)

Raccomandazione 1999/519/CE



EUROPEAN COMMISSION

Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs

Industrial Transformation and Advanced Value Chains
Advanced Engineering and Manufacturing Systems

Subject: Application of Council Recommendation 1999/519/EC of 12 July 1999

The European Commission confirmed the COUNCIL RECOMMENDATION of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz) (1999/519/EC) as state of the art and hence as the basis for TC106X general public EMF/RF product standards.

Brussels,
GROW/C3/DP/mm (2016) 2534933

29 AVR. 2016

Raccomandazione 1999/519/CE

Limiti di base



Tabella 1

Limiti di base per i campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici
(0 Hz-300 GHz)

Gamma di frequenza	Densità di flusso magnetico (mT)	Densità di corrente (mA/m²) (rms)	SAR mediato sul corpo intero (W/kg)	SAR localizzato (capo e tronco) (W/kg)	SAR localizzato (arti) (W/kg)	Densità di potenza S (W/m²)
0 Hz	40	—	—	—	—	—
>0-1 Hz	—	8	—	—	—	—
1-4 Hz	—	8/f	—	—	—	—
4-1 000 Hz	—	2	—	—	—	—
1 000 Hz-100 kHz	—	f/500	—	—	—	—
100 kHz-10 MHz	—	f/500	0,08	2	4	—
10 MHz-10 GHz	—	—	0,08	2	4	—
10-300 GHz	—	—	—	—	—	10

- Densità di corrente J calcolata come media su una sezione di 1 cm^2 perpendicolare alla direzione della corrente
- SAR ottenuto come media su un qualsiasi periodo di 6 minuti
- SAR *localizzato* calcolato su una massa di 10 g di tessuto contiguo
- Per le esposizioni a campi impulsivi tra 0,3 e 10 GHz è definito il limite di base relativo all'*assorbimento specifico* (SA) che non deve superare 2 mJ/kg calcolato come media su 10 g di tessuto
- Tra 6 e 10 GHz la *densità di potenza S* è ottenuta come media su un qualsiasi periodo di 6 minuti, al di sopra di 10 GHz i valori sono mediati su periodi di $68/f^{1,05}$ minuti (f in GHz) per tenere conto della graduale diminuzione della profondità di penetrazione con l'aumento della frequenza

Raccomandazione 1999/519/CF

Livelli di riferimento

Tabella 2

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 E (V/m)	Intensità di campo H (A/m)	Campo B (μT)	Densità di potenza ad onda piana equivalente S_{eq} (W/m ²)
0-1 Hz	—	$3,2 \times 10^4$	4×10^4	—
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	$1,375 f^{1/2}$	$0,0037 f^{1/2}$	$0,0046 f^{1/2}$	$f/200$
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10

Note:

1. f come indicato nella colonna della gamma di frequenza.
2. Per le frequenze comprese fra 100 kHz e 10 GHz, S_{eq} , E^2 , H^2 , e B^2 devono essere calcolati come media su qualsiasi periodo di 6 minuti.
3. Per le frequenze che superano 10 GHz, S_{eq} , E^2 , H^2 , e B^2 devono essere ottenuti come media su qualsiasi periodo di $68/f^{1,05}$ minuti (f in GHz).
4. Non è fornito alcun valore di campo E per le frequenze <1 Hz, perché di fatto sono campi elettrici statici. Per la maggior parte delle persone la sensazione fastidiosa di cariche elettriche di superficie non è avvertibile a intensità di campo inferiori a 25 kV/m. Le scariche che provocano stress o disturbo vanno evitate.



Raccomandazione 1999/519/CE

Livelli di riferimento



Note:

1. f come indicato nella colonna della gamma di frequenza.
2. Per le frequenze comprese fra 100 kHz e 10 GHz, S_{eq} , E^2 , H^2 , e B^2 devono essere calcolati come media su qualsiasi periodo di 6 minuti.
3. Per le frequenze che superano 10 GHz, S_{eq} , E^2 , H^2 , e B^2 devono essere ottenuti come media su qualsiasi periodo di $68/f^{0.5}$ minuti (f in GHz).
4. Non è fornito alcun valore di campo E per le frequenze <1 Hz, perché di fatto sono campi elettrici statici. Per la maggior parte delle persone la sensazione fastidiosa di cariche elettriche di superficie non è avvertibile a intensità di campo inferiori a 25 kV/m. Le scariche che provocano stress o disturbo vanno evitate.

Nota:

Livelli di riferimento più elevati per esposizioni a campi ELF di breve durata non sono indicati (cfr. tabella 1, nota 2). In molti casi, quando i valori misurati sono superiori al livello di riferimento, non ne consegue necessariamente che i limiti di base siano superati. A condizione che possano essere evitati impatti nocivi sulla salute causati dagli effetti indiretti dell'esposizione (quali i microshock), si ammette che i livelli di riferimento per la popolazione possano essere superati purché non vengano superati i limiti di base sull'intensità di corrente. In molte situazioni pratiche di esposizione, campi ELF esterni di intensità corrispondente ai livelli di riferimento indurranno nei tessuti del sistema nervoso centrale intensità di corrente inferiori ai limiti di base. Viene inoltre riconosciuto che una serie di dispositivi comuni emettono campi localizzati superiori ai livelli di riferimento. Tuttavia, ciò avviene generalmente in condizioni di esposizione in cui i limiti di base non vengono superati a causa del debole accoppiamento tra il campo ed il corpo.

Per i valori di picco, si applicano i seguenti livelli di riferimento dell'intensità di campo E (V/m), dell'intensità di campo magnetico H (A/m) e dell'induzione magnetica B (μT):

- per le frequenze fino a 100 kHz, i valori di riferimento di picco si ottengono moltiplicando i corrispondenti valori efficaci (rms) per $\sqrt{2}$ ($\sim 1,414$). Per gli impulsi di durata t_p , la frequenza equivalente da applicarsi deve essere calcolata come $f = 1/(2t_p)$;
- per le frequenze comprese fra 100 kHz e 10 MHz, i valori di riferimento di picco si ottengono moltiplicando i corrispondenti valori efficaci (rms) per 10^α , dove $\alpha = [0,665 \log(f/10^5) + 0,176]$; f in Hz
- per le frequenze comprese fra 10 MHz e 300 GHz i valori di riferimento di picco si ottengono moltiplicando i corrispondenti valori efficaci (rms) per 32.

Nota:

Generalmente, per quanto riguarda i campi pulsati e/o transitori a basse frequenze, da alcuni limiti di base e dai livelli di riferimento in funzione delle frequenze si possono derivare la valutazione del rischio e le linee guida di esposizione relative a sorgenti pulsate e/o transitorie. Per un approccio conservativo occorre rappresentare il segnale di un campo elettromagnetico pulsato o transitorio attraverso lo spettro di Fourier delle sue componenti in ogni intervallo di frequenza, di modo che sia possibile il confronto con i livelli di riferimento per tali frequenze. Le formule di somma per l'esposizione simultanea a campi di frequenze multiple possono essere applicate anche per determinare il rispetto dei limiti di base.

Anche se sul nesso fra effetti biologici e valori di picco dei campi pulsati le conoscenze sono scarse, si propone che, per le frequenze che superano i 10 MHz, il valore di S_{eq} valutato come media sulla durata dell'impulso non superi di 1 000 volte i livelli di riferimento, oppure che le intensità di campo non superino di 32 volte i livelli di riferimento delle intensità di campo. Per le frequenze comprese fra circa 0,3 GHz e vari GHz e per l'esposizione localizzata del capo, allo scopo di limitare o di evitare gli effetti auditivi causati dall'espansione termoelastica, si dovrà limitare l'assorbimento specifico degli impulsi. In questa gamma di frequenza, l'assorbimento specifico di $4-16 \text{ mJ kg}^{-1}$ per produrre questo effetto corrisponde, per impulsi da 30-μs, a valori di picco dei SAR di $130-520 \text{ W kg}^{-1}$ nel cervello. Fra 100 kHz e 10 MHz, i valori di picco per le intensità di campo sono ottenuti tramite interpolazione del valore di picco moltiplicato per 1,5 a 100 kHz al valore di picco moltiplicato per 32 a 10 MHz.



Raccomandazione 1999/519/CE



Ulteriori livelli di riferimento



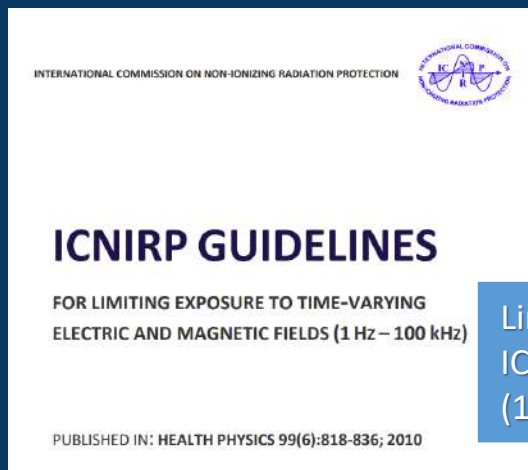
Tabella 3

Livelli di riferimento per le correnti di contatto da oggetti conduttori
(f in kHz)

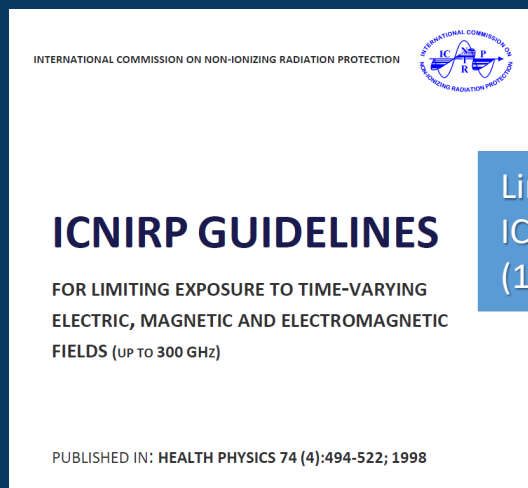
Gamma di frequenza	Corrente di contatto massima (mA)
0 Hz - 2,5 kHz	0,5
2,5 KHz - 100 kHz	0,2 f
100 KHz - 110 MHz	20

Nell'intervallo di frequenza compresa fra 10 MHz e 110 MHz, si raccomanda un livello di riferimento di 45 mA per la corrente che attraversa ciascun arto. Questa norma è intesa a limitare il SAR localizzato su qualsiasi periodo di 6 minuti.

Direttiva 2013/35/UE



Limiti occupazionali
ICNIRP 2010
(1 Hz – 100 kHz)



Limiti occupazionali
ICNIRP 1998
(100 kHz – 300 GHz)

Limiti occupazionali
ICNIRP 2009
(campi magnetici statici)



Direttiva 2013/35/UE



18-8-2016

GAZZETTA UFFICIALE DELLA REPUBBLICA ITALIANA

Serie generale - n. 192

DECRETO LEGISLATIVO 1° agosto 2016, n. 159.

Attuazione della direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) e che abroga la direttiva 2004/40/CE.



29.6.2013

IT

Gazzetta ufficiale dell'Unione europea

L 179/1

I

(Atti legislativi)

DIRETTIVE

DIRETTIVA 2013/35/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO

del 26 giugno 2013

sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) (ventesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE) e che abroga la direttiva 2004/40/CE

D.lgs. 9 aprile 2008, n. 81

Testo coordinato con il D.Lgs. 3 agosto 2009, n. 106

TESTO UNICO SULLA SALUTE E SICUREZZA SUL LAVORO

Attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

(Gazzetta Ufficiale n. 101 del 30 aprile 2008 - Suppl. Ordinario n. 108)
(Decreto integrativo e correttivo: Gazzetta Ufficiale n. 180 del 05 agosto 2009 - Suppl. Ordinario n. 142/L)

Programma

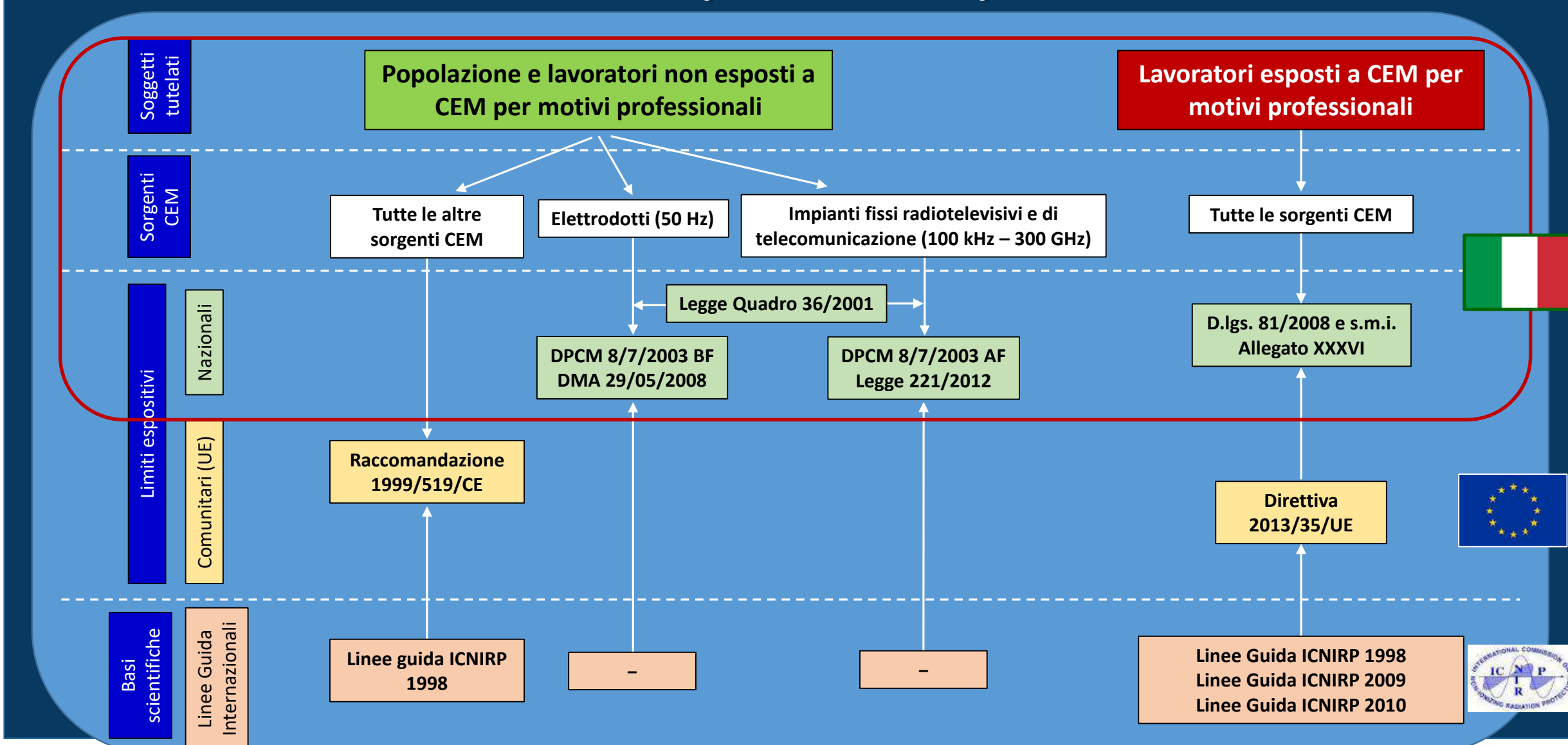
1° Parte

- ❖ Effetti biologici dei campi elettromagnetici
 - Effetti sanitari
 - Effetti sensoriali
 - Effetti indiretti
- ❖ Effetti dei CEM in funzione della frequenza
 - Campi statici
 - Campi in bassa frequenza
 - Campi in alta frequenza
- ❖ Le basi scientifiche dei limiti di esposizione
 - Linee Guida ICNIRP
 - Grandezze di base e di riferimento
 - Esposizione dei lavoratori e della popolazione

2° Parte

- ❖ Quadro normativo comunitario
 - Raccomandazione 1999/519/CE
 - Direttiva 2013/35/UE
- ❖ Quadro normativo nazionale
 - Legge 36/2001 e decreti attuativi
 - D.Lgs. 81/2008 come modificato dal D.Lgs. 159/2016
- ❖ Norme tecniche e banche dati
 - Norme tecniche CENELEC e CEI
 - Portale Agenti Fisici (PAF)
 - Guida Pratica Non Vincolante (NBG)

Quadro normativo per le esposizioni a CEM



Peculiarità della legislazione nazionale sui CEM

- Le limitazioni in vigore in Italia per l'esposizione della popolazione a CEM sono più restrittive di quanto raccomandato dall'Unione Europea
- Per alcune tipologie di sorgenti (elettrodotti e impianti fissi di telecomunicazione e radiotelevisivi) l'Italia ha adottato un approccio normativo cautelativo nei confronti di possibili effetti a lungo termine conseguenti ad esposizioni prolungate nel tempo
- La legislazione nazionale ha altresì introdotto la distinzione tra esposizioni professionali ed esposizioni non professionali dei lavoratori, non esplicita nella normativa europea
- Per la legislazione nazionale, le esposizioni non professionali sono da assimilare all'esposizione della popolazione, a cui si applicano limiti più restrittivi dei corrispondenti limiti comunitari

Esposizione dei lavoratori ai CEM

Definizione

Esposizioni professionali

Definizione:

- legge 36/2001, art. 3, lett. *f*)

Disposizioni:

- D.lgs. 81/0208 e s.m.i.
– Titolo VIII, Capo IV

Limiti:

- D.lgs. 81/2008 e s.m.i. – art. 208
(articolazione dei limiti)
- D.lgs. 81/2008 e s.m.i. – Allegato XXXVI
(tabelle con valori dei limiti)

Esposizioni *non* professionali

Definizione:

- legge 36/2001, art. 3, lett. *g*)

Disposizioni:

- D.lgs. 81/2008 e s.m.i. (disposizioni generali)

Limiti:

- DPCM 8/7/2003 (Elettrodotti 50 Hz)
- DPCM 8/7/2003 (Sistemi fissi radiotelevisivi e di telecomunicazione 100 kHz – 300 GHz)
- Raccomandazione Consiglio 1999/519/CE
(tutte le altre sorgenti)

Esposizione professionale dei lavoratori ai CEM

Definizione

Legge 22 febbraio 2001, n. 36

“Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”

Articolo 3

- f) esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici:** è ogni tipo di esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici che, per la loro specificata attività lavorativa, sono esposti a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici
- g) esposizione della popolazione:** è ogni tipo di esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici ad eccezione dell'esposizione di cui alla lettera f) e di quella intenzionale per scopi diagnostici o terapeutici

Nelle «Indicazioni operative del Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome (in collaborazione con INAIL – ISS)» si precisa che:

*“Sono da intendersi come **esposizioni di carattere professionale** quelle strettamente correlate e necessarie alla specifica mansione assegnata”*

Le eventuali esposizioni ai CEM non correlate con la specifica mansione del lavoratore devono essere contenute entro i limiti fissati dalla normativa vigente per la tutela della popolazione (Guida CEI 106-45)



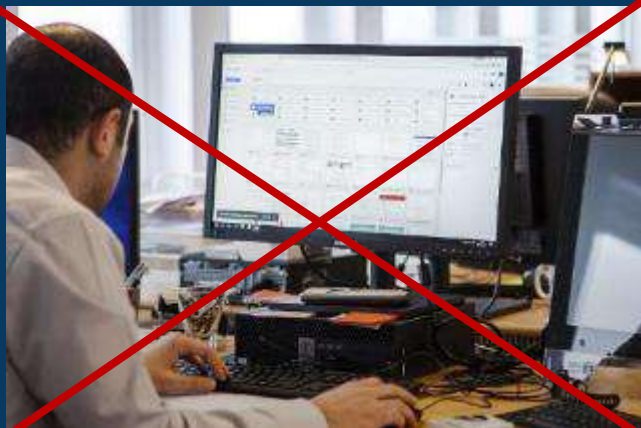
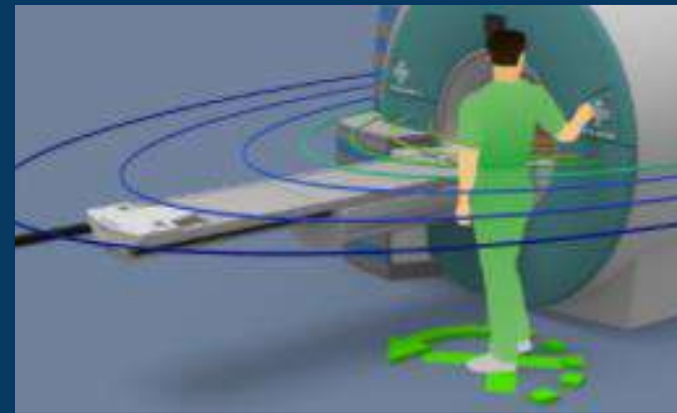
Esposizioni professionali dei lavoratori ai CEM

Significato

- L'**esposizione professionale** riguarda l'esposizione di lavoratori informati/formati sui possibili rischi derivanti dall'esposizione ai CEM (art. 210-*bis* D.lgs. 81/08 e s.m.i.) e sulle misure di tutela da mettere in atto (art. 210 D.lgs. 81/08 e s.m.i.) **durante lo svolgimento di specifiche mansioni** (art. 3, lett. *f*) legge 36/2001) per cui è giustificata un'esposizione a valori di CEM superiori a quelli stabiliti per la popolazione
- I lavoratori esposti ai CEM per motivi professionali devono essere sottoposti a **sorveglianza sanitaria** che attesti il buono stato di salute e l'idoneità alla mansione specifica (artt. 41, 185 e 211 D.lgs. 81/08 e s.m.i.)
- L'esposizione **non professionale** riguarda l'esposizione dei lavoratori durante lo svolgimento di mansioni che non giustificano un'esposizione a livelli di CEM superiori ai limiti fissati dalla legislazione vigente per la protezione della popolazione
- Nelle esposizioni non professionali ricadono anche le esposizioni dei **lavoratori particolarmente sensibili al rischio** (artt. 183 e 209 D.lgs. 81/08 e s.m.i.)

Esposizione professionale dei lavoratori ai CEM

Esempi



Esposizione dei lavoratori ai CEM

Disposizioni

Esposizioni professionali

Definizione:

- legge 36/2001, art. 3, lett. *f*)

Disposizioni:

- D.lgs. 81/2008 e s.m.i.
– Titolo VIII, Capo IV

Limiti:

- D.lgs. 81/2008 e s.m.i. – art. 208
(articolazione dei limiti)
- D.lgs. 81/2008 e s.m.i. – Allegato XXXVI
(tabelle con valori dei limiti)

Esposizioni *non* professionali

Definizione:

- legge 36/2001, art. 3, lett. *g*)

Disposizioni:

- D.lgs. 81/2008 e s.m.i. (disposizioni generali)

Limiti:

- DPCM 8/7/2003 (Elettrodotti 50 Hz)
- DPCM 8/7/2003 (Sistemi fissi radiotelevisivi e di telecomunicazione 100 kHz – 300 GHz)
- Raccomandazione Consiglio 1999/519/CE
(tutte le altre sorgenti)

D.lgs. 9 aprile 2008, n. 81
Testo coordinato con il D.Lgs. 3 agosto 2009, n. 106

TESTO UNICO SULLA SALUTE E SICUREZZA SUL LAVORO

Attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

(Gazzetta Ufficiale n. 101 del 30 aprile 2008 - Suppl. Ordinario n. 108)
(Decreto integrativo e correttivo: Gazzetta Ufficiale n. 180 del 05 agosto 2009 - Suppl. Ordinario n. 142/L)

REV. NOVEMBRE 2020

TITOLO VIII - AGENTI FISICI	99
CAPO I - DISPOSIZIONI GENERALI	99
Articolo 180 - Definizioni e campo di applicazione	99
Articolo 181 - Valutazione dei rischi	99
Articolo 182 - Disposizioni miranti ad eliminare o ridurre i rischi	99
Articolo 183 - Lavoratori particolarmente sensibili	99
Articolo 184 - Informazione e formazione dei lavoratori	100
Articolo 185 - Sorveglianza sanitaria	100
Articolo 186 - Cartella sanitaria e di rischio	100
CAPO II - PROTEZIONE DEI LAVORATORI CONTRO I RISCHI DI ESPOSIZIONE AL RUMORE DURANTE IL LAVORO	101
Articolo 187 - Campo di applicazione	101
Articolo 188 - Definizioni	101
Articolo 189 - Valori limite di esposizione e valori di azione	101
Articolo 190 - Valutazione del rischio	101
Articolo 191 - Valutazione di attività a livello di esposizione molto variabile	102
Articolo 192 - Misure di prevenzione e protezione	102
Articolo 193 - Uso dei dispositivi di protezione individuali	103
Articolo 194 - Misure per la limitazione dell'esposizione	103
Articolo 195 - Informazione e formazione dei lavoratori	103
Articolo 196 - Sorveglianza sanitaria	103
Articolo 197 - Deroghe	104
Articolo 198 - Linee Guida per i settori della musica, delle attività ricreative e dei call center	104
CAPO III - PROTEZIONE DEI LAVORATORI DAI RISCHI DI ESPOSIZIONE A VIBRAZIONI	105
Articolo 199 - Campo di applicazione	105
Articolo 200 - Definizioni	105
Articolo 201 - Valori limite di esposizione e valori d'azione	105
Articolo 202 - Valutazione dei rischi	105
Articolo 203 - Misure di prevenzione e protezione	106
Articolo 204 - Sorveglianza sanitaria	106
Articolo 205 - Deroghe	106
CAPO IV - PROTEZIONE DEI LAVORATORI DAI RISCHI DI ESPOSIZIONE A CAMPI ELETTRROMAGNETICI	108
Articolo 206 - Campo di applicazione	108
Articolo 207 - Definizioni	108
Articolo 208 - Valori limite di esposizione e valori d'azione	109
Articolo 209 - Valutazione dei rischi e identificazione dell'esposizione	110
Articolo 210 - Disposizioni miranti ad eliminare o ridurre i rischi	111
Articolo 210-bis - Informazione e formazione dei lavoratori e dei rappresentanti dei lavoratori per la sicurezza	112
Articolo 211 - Sorveglianza sanitaria	112
Articolo 212 - Deroghe	112

Esposizione dei lavoratori ai CEM

Limiti per le esposizioni professionali

Esposizioni professionali

Definizione:

- legge 36/2001, art. 3, lett. *f*)

Disposizioni:

- D.lgs. 81/08 e s.m.i. – Titolo VIII, Capo IV

Limiti:

- D.lgs. 81/2008 e s.m.i. – art. 208 (articolazione dei limiti)
- D.lgs. 81/2008 e s.m.i. – Allegato XXXVI (tabelle con valori dei limiti)

Esposizioni *non* professionali

Definizione:

- legge 36/2001, art. 3, lett. *g*)

Disposizioni:

- D.lgs. 81/2008 e s.m.i. (disposizioni generali)

Limiti:

- DPCM 8/7/2003 (Elettrodotti 50 Hz)
- DPCM 8/7/2003 (Sistemi fissi radiotelevisivi e di telecomunicazione 100 kHz – 300 GHz)
- Raccomandazione Consiglio 1999/519/CE (tutte le altre sorgenti)