

**Ordine degli Ingegneri  
Della  
Provincia di Roma**

***Campi elettromagnetici alle alte frequenze***

***Valutazione del rischio***

***Effetti Biologici***

**Ing. Agostino Proietti**

Commissione Sicurezza  
Ordine Ingegneri - Roma

Roma 9 maggio 2012

1

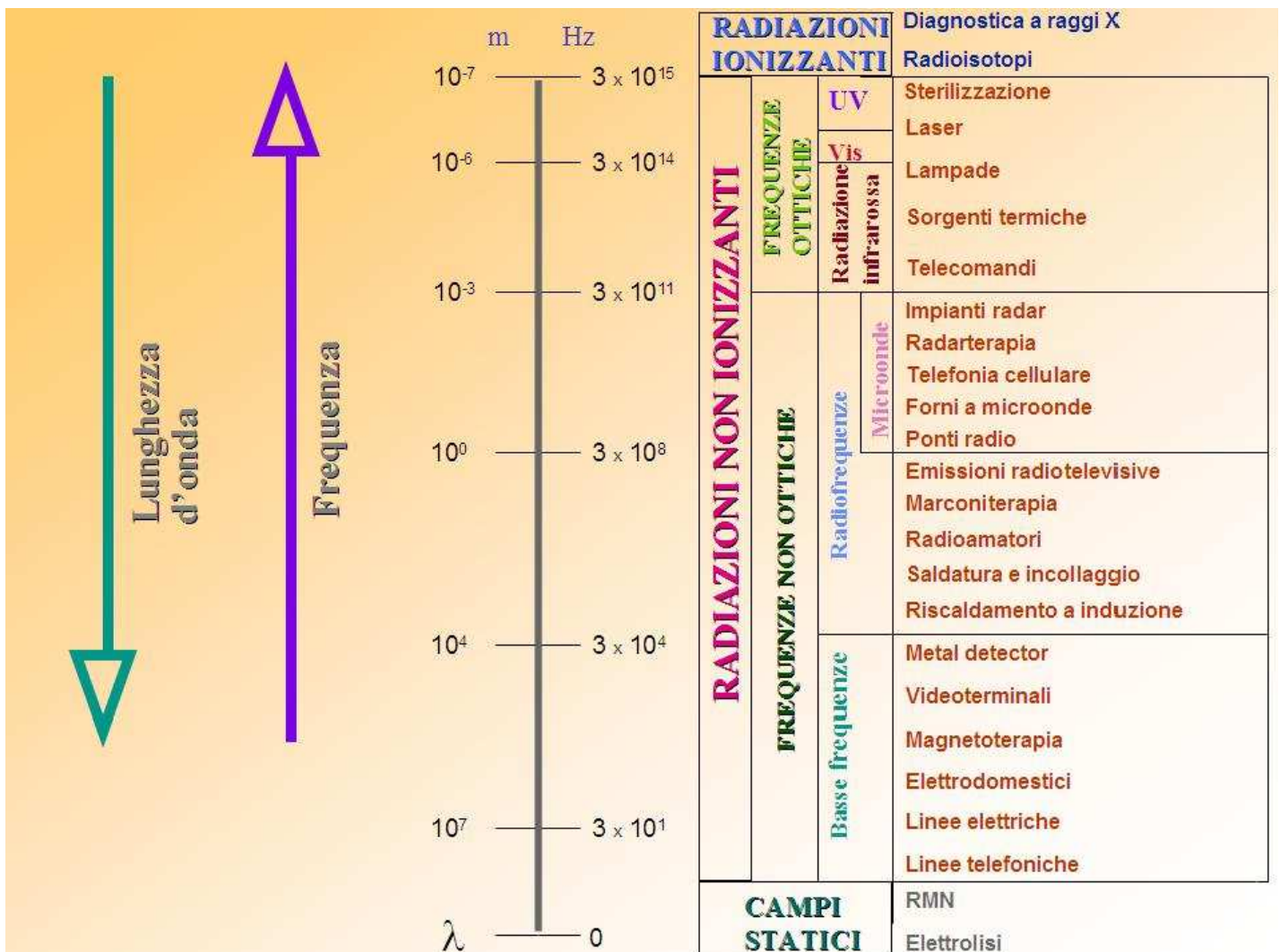
**Radiazioni Non Ionizzanti**

**Il termine radiazioni non ionizzanti, **NIR**, è usato per caratterizzare le radiazioni il cui meccanismo primario di interazione con la materia non è quello della ionizzazione.**

**Secondo questa definizione le radiazioni non ionizzanti comprendono quella parte dello spettro elettromagnetico caratterizzata da **fotoni aventi energie inferiori a 12 eV**:**

- ultravioletto,
- visibile,
- infrarosso,
- microonde,
- radiofrequenze,
- ELF
- campi elettrici e magnetici statici

2



***Protezione dei lavoratori ai campi elettromagnetici:  
Riferimenti internazionali ed europei***

**Linee guida ICNIRP (International Commission Non-Ionizing Radiation Protection □ 1998) - Campi variabili nel tempo fino a 300 GHz**

**Linee guida ICNIRP (International Commission Non-Ionizing Radiation Protection □ 2010) - Campi variabili nel tempo da 1 Hz a 100 KHz**

**Direttiva Europea 2004/40/CE (GUCE n. 159 del 30 aprile 2004 rettifica GUCE n. 184 del 24 maggio 2004) e Direttiva 2008/46/CE del 23 aprile 2008 (differimento termine recepimento a ottobre 2013)**

## Direttiva 2004/40/CE:

- protezione dagli **effetti** considerati **accertati**
- non riguarda gli effetti a lungo termine, inclusi eventuali effetti cancerogeni, per cui mancano dati scientifici conclusivi che comprovino un nesso di causalità
- stabilisce **requisiti minimi** e lascia agli Stati membri la facoltà di mantenere o di adottare disposizioni più favorevoli per la protezione dei lavoratori,

*Recepita nel “Testo unico della Sicurezza sul Lavoro” D.Lgs. 81/08 – Titolo VIII (Agenti Fisici) – Capo IV (Entrerà in vigore il 31.10.2013)*

5

## ***INTERAZIONE, EFFETTI BIOLOGICI, EFFETTI SANITARI***

Si parla di **interazione** quando l'organismo umano, interagisce con un campo elettromagnetico con il risultato di una perturbazione del suo equilibrio precedente. L'interazione non implica, necessariamente, un effetto biologico di una certa rilevanza né, tantomeno, un effetto sanitario.

Si parla di **effetto biologico** quando, a seguito dell'interazione, l'organismo presenta variazioni di tipo morfologico o funzionale nell'ambito di strutture di livello superiore a quello molecolare, dal punto di vista organizzativo.

Si parla di **effetti sanitari** quando l'effetto biologico supera i limiti di efficacia dei meccanismi di adattamento dell'organismo, che variano con l'età, il sesso, lo stato di salute, il tipo di attività del soggetto, le condizioni ambientali esterne e la presenza di altri agenti nocivi.

6

## Effetti diretti

- **accoppiamento con i campi elettrici a bassa frequenza**
- **accoppiamento con i campi magnetici a bassa frequenza**
- **assorbimento di energia elettromagnetica:**
  - stimolazione di nervi e muscoli
  - riscaldamento di organi e tessuti

## Effetti indiretti

- **correnti di contatto** che si manifestano quando il corpo umano viene in contatto con un oggetto a diverso potenziale elettrico
- **accoppiamento** del campo elettromagnetico con dispositivi elettromedicali impiantati o portati dal soggetto esposto

7

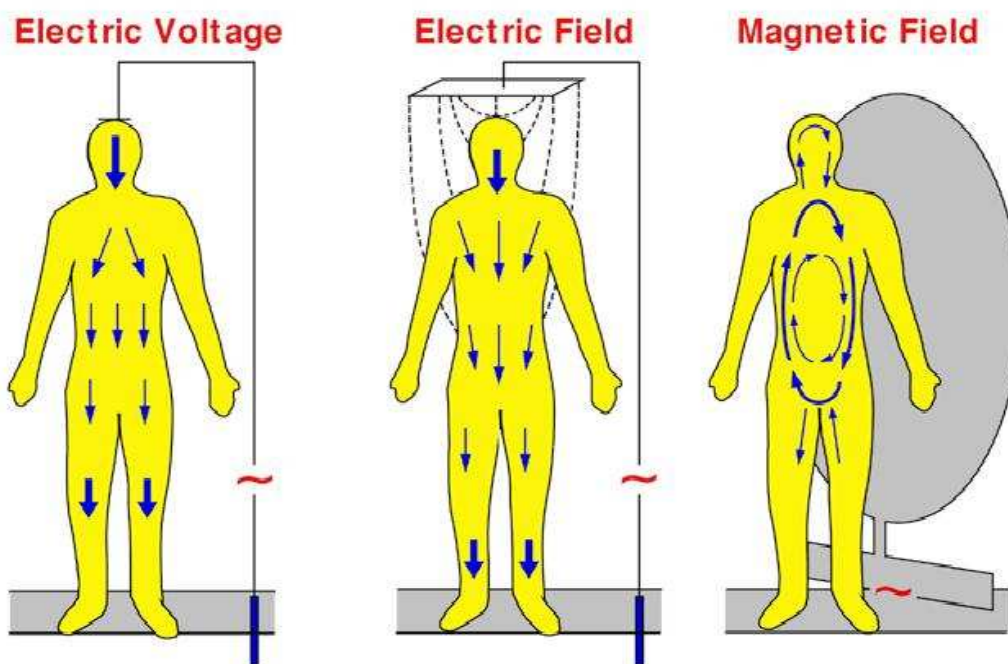
## Altri effetti

- fosfeni della retina
- sapore metallico
- nausea
- vertigini

possono o meno rappresentare un potenziale rischio

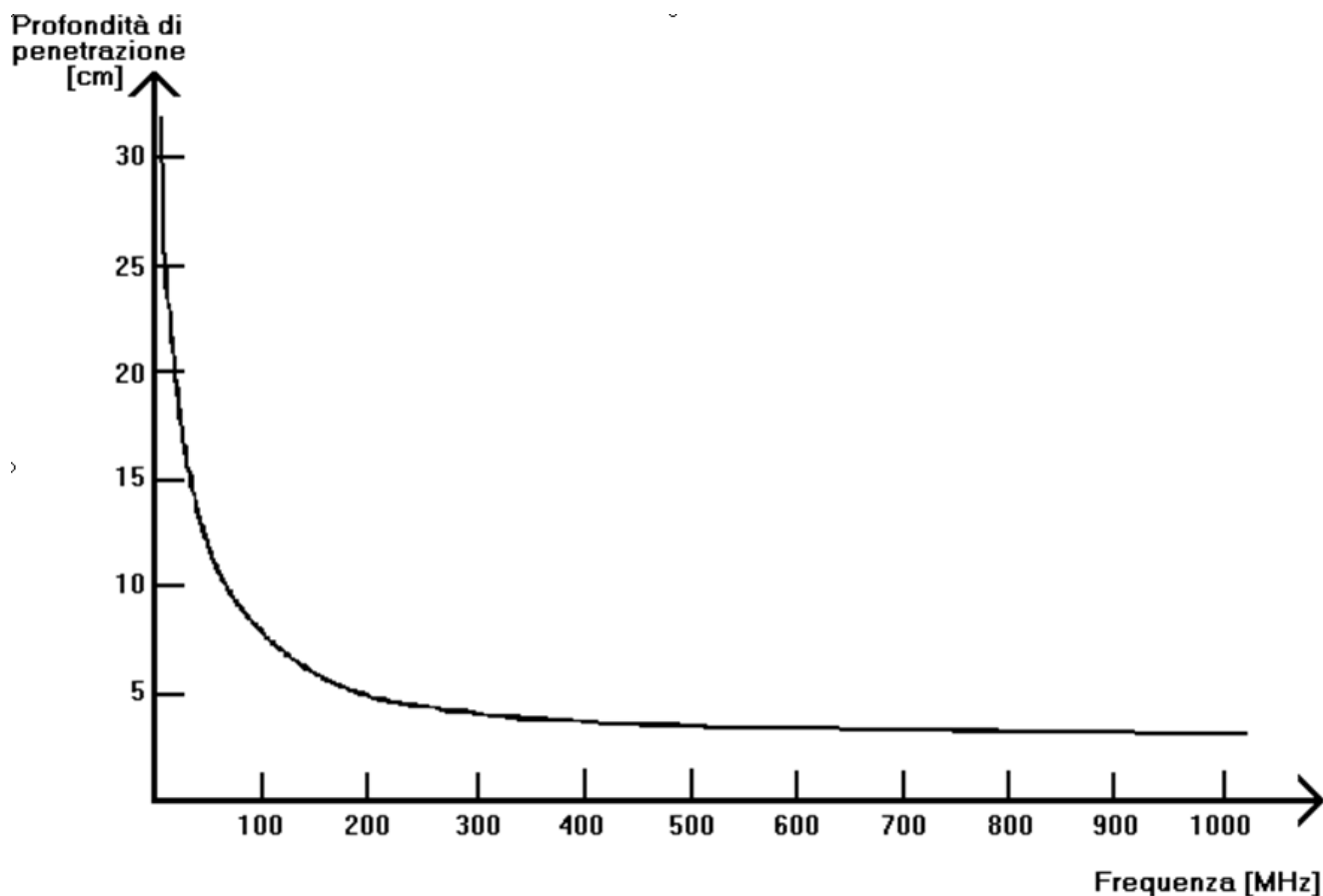
8

- fino alla frequenza di circa 1 MHz prevale l'induzione di correnti elettriche nei tessuti elettricamente stimolabili (**nervi e muscoli**)



3

## PENETRAZIONE DELLE ONDE ELETTROMAGNETICHE NEL CORPO UMANO IN FUNZIONE DELLA FREQUENZA



## VALORI LIMITE DI ESPOSIZIONE

Definiti da ICNIRP in termini delle grandezze dosimetriche :

- alte frequenze:

**SAR** (*Specific absorption rate*) mediato sul corpo intero o e locale (testa, tronco e arti), media temporale su periodi di sei minuti

- basse frequenze:

**densità di corrente indotta** nella testa e nel tronco, valore istantaneo

11

## MECCANISMI DI INTERAZIONE

- con l'aumentare della frequenza diventa prevalente l'assorbimento di energia nei tessuti attraverso il rapido movimento oscillatorio di ioni e molecole di acqua:

**SAR (W/kg)**

- a frequenze superiori a circa 10 MHz questo effetto è l'unico a permanere
- al di sopra di 10 GHz l'assorbimento è esclusivamente superficiale

12

## Restrizioni sul SAR

- soglia di danno alla salute un innalzamento costante della temperatura di  $1^{\circ}\text{C}$
- corrisponde ad un valore di SAR medio di  $4\text{ W/kg}$
- limite accettato per i lavoratori:  $0,4\text{ W/kg}$
- limite accettato per la popolazione:  $0,08\text{ W/kg}$
- per il SAR locale nella testa e nel tronco si accetta:  $10\text{ W/kg}$  (lavoratori)
- per il SAR locale negli arti si accetta:  $20\text{ W/kg}$  (lavoratori)

13

### VALORI LIMITE DI ESPOSIZIONE

Per specificare i valori limite di esposizione relativi ai campi elettromagnetici, a seconda della frequenza, sono utilizzate le seguenti **grandezze fisiche**:

- sono definiti valori limite di esposizione per la **densità di corrente** relativamente ai campi variabili nel tempo fino a 1 Hz, al fine di prevenire effetti sul sistema cardiovascolare e sul sistema nervoso centrale;
- fra 1 Hz e 10 MHz sono definiti valori limite di esposizione per la **densità di corrente**, in modo da prevenire effetti sulle funzioni del sistema nervoso;
- fra 100 kHz e 10 GHz sono definiti valori limite di esposizione per il **SAR**, in modo da prevenire stress termico sul corpo intero ed eccessivo riscaldamento localizzato dei tessuti. Nell'intervallo di frequenza compreso fra 100 kHz e 10 MHz, i valori limite di esposizione previsti si riferiscono sia alla densità di corrente che al SAR;
- fra **10 GHz e 300 GHz** sono definiti valori limite di esposizione per la **densità di potenza** al fine di prevenire l'eccessivo riscaldamento dei tessuti della superficie del corpo o in prossimità della stessa.

14

## Valori limite di esposizione

Intervallo di frequenza	Densità di corrente per capo e tronco J (mA/m <sup>2</sup> ) (rms)	SAR mediato sul corpo intero (W/kg)	SAR localizzato (capo e tronco) (W/kg)	SAR localizzato (arti) (W/kg)	Densità di potenza (W/m <sup>2</sup> )
Fino a 1 Hz	40	/	/	/	/
1 - 4 Hz	40/f	/	/	/	/
4 - 1000 Hz	10	/	/	/	/
1000 Hz - 100 kHz	f/100	/	/	/	/
100 kHz - 10 MHz	f/100	0,4	10	20	/
10 MHz - 10 GHz	/	0,4	10	20	/
10 - 300 GHz	/	/	/	/	50

15

### **SAR mediato sul corpo intero (medio) o circoscritto a specifici distretti corporei (locale) in relazione all'induzione di effetti biologici nocivi nell'animale**

100 W/kg (medio) Ipertermia generalizzata, insufficienza dei meccanismi termoregolatori

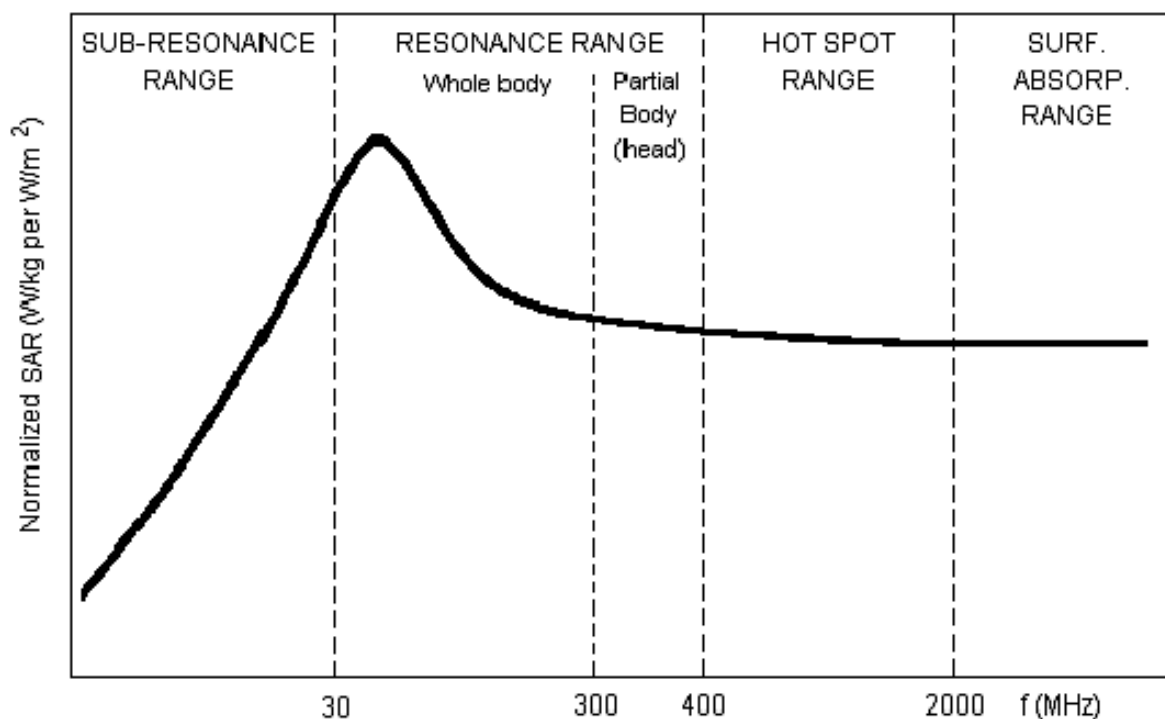
100 W/kg (locale) Rapida induzione di cataratta nell'animale

10 - 100 W/kg (medio) Ipertermia generalizzata o localizzata, risposta termoregolatoria di grado variabile;  
Inibizione temporanea o permanente della spermatogenesi;  
Induzione di aborto e malformazioni fetali;  
Risposte neuroendocrine ed immunologiche collegate allo stress termico

1 - 4 W/kg (medio) Soglia di induzione di effetti comportamentali e di risposte fisiologiche collegate a stress nell'animale



## ANDAMENTO DEL SAR IN FUNZIONE DELLA FREQUENZA



### VALORI DI AZIONE

Definiti da ICNIRP in termini di livelli di riferimento di grandezze monitorabili:

- campo elettrico
- campo magnetico
- densità di potenza
- corrente negli arti
- corrente di contatto

## VALORI DI AZIONE

Intervallo di frequenza	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Induzione magnetica B ( $\mu$ T)	Densità di potenza di onda piana $S_{eq}$ (W/m <sup>2</sup> )	Corrente di contatto, $I_c$ (mA)	Corrente indotta attraverso gli arti $I_L$ (mA)
0 - 1 Hz	/	$1,63 \times 10^5$	$2 \times 10^5$	/	1,0	/
1 - 8 Hz	20000	$1,63 \times 10^5 / f^2$	$2 \times 10^5 / f^2$	/	1,0	/
8 - 25 Hz	20000	$2 \times 10^4 / f$	$2,5 \times 10^4 / f$	/	1,0	/
0,025 - 0,82 kHz	$500 / f$	$20 / f$	$25 / f$	/	1,0	/
0,82 - 2,5 kHz	610	24,4	30,7	/	1,0	/
2,5 - 65 kHz	610	24,4	30,7	/	$0,4f$	/
65 - 100 kHz	610	$1600 / f$	$2000 / f$	/	$0,4f$	/
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 - 2000 MHz	$3f^{1/2}$	$0,008f^{1/2}$	$0,01f^{1/2}$	$f/40$	/	/
2 - 300 GHz	137	0,36	0,45	50	/	/

19

### **Titolo VIII** **Agenti Fisici**

#### **Capo I** **Disposizioni generali**

#### **Capo IV** **Protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a campi elettromagnetici**

**Fino al 31 ottobre 2013** non saranno richiedibili e sanzionabili le inottemperanze agli obblighi specificamente previsti dal Capo IV del Titolo VIII del DLgs. 81/2008, ma resteranno validi, richiedibili e sanzionabili i principi generali affermati nel Titolo I e nel Capo I del Titolo VIII.

20

## Titolo VIII □ Agenti Fisici

### Capo I disposizioni generali

Art. 181, comma 1 – valutazione dei rischi (obblighi del datore di lavoro)

Nell'ambito della valutazione di cui all'articolo 28 (*oggetto della valutazione di rischi*), il datore di lavoro **valuta tutti i rischi derivanti da esposizione ad agenti fisici** in modo da identificare e adottare le opportune misure di prevenzione e protezione con particolare riferimento alle norme di buona tecnica ed alle buone prassi.

21

## Titolo VIII □ Agenti Fisici

### Capo I disposizioni generali

Art. 181, comma 2 – **valutazione dei rischi** (obblighi del datore di lavoro)

**La valutazione dei rischi derivanti da esposizioni ad agenti fisici è programmata ed effettuata, con cadenza almeno quadriennale, da personale qualificato nell'ambito del servizio di prevenzione e protezione** in possesso di specifiche conoscenze in materia.

La valutazione dei rischi è **aggiornata** ogni qual volta si verificano mutamenti che potrebbero renderla obsoleta, ovvero, quando i risultati della sorveglianza sanitaria rendano necessaria la sua revisione.

I dati ottenuti dalla **valutazione, misurazione e calcolo** dei livelli di esposizione costituiscono parte integrante del documento di valutazione del rischio

22

3. Il datore di lavoro nella valutazione dei rischi precisa quali **misure di prevenzione e protezione devono essere adottate**.

La valutazione dei rischi è riportata sul documento di valutazione, essa può includere una **giustificazione** del datore di lavoro secondo cui la natura e l'entità dei rischi non rendono necessaria una valutazione dei rischi più dettagliata

23

**COORDINAMENTO  
TECNICO  
INTERREGIONALE  
DELLA PREVENZIONE  
NEI LUOGHI DI LAVORO**

**Decreto Legislativo 81/2008,  
Titolo VIII, Capo I, II, III e IV  
sulla prevenzione e protezione dai rischi dovuti  
all'esposizione ad agenti fisici  
nei luoghi di lavoro  
Indicazioni operative**

in collaborazione con



Istituto Superiore per la Prevenzione E la Sicurezza del Lavoro

24

In questo contesto la dicitura “**personale qualificato**” definisce correntemente un operatore che abbia sostenuto un corso di qualificazione conclusosi con una valutazione positiva e documentabile dell’apprendimento.

In assenza di qualsiasi riferimento su durata e contenuti del corso sui soggetti autorizzati alla valutazione ed all’espressione della certificazione finale, si suggerisce di giudicare il “**personale qualificato**” essenzialmente sulla base del curriculum (richiedergli di documentare un curriculum specifico nel settore ed in particolare la partecipazione ad almeno un corso teorico-pratico sulla materia) del rispetto delle norme di buona tecnica e di buona prassi (apparecchiature adeguate, modalità tecniche appropriate) e del prodotto finale del proprio lavoro (una relazione tecnica con tutti gli elementi richiesti dal Capo IV, Titolo VIII, DLgs.81/2008).

*“La figura professionale dell’esperto nella valutazione dei rischi da campi elettromagnetici (0 Hz–300 GHz) e da radiazione ottica coerente e incoerente” redatto a cura della CIIP (Consulta Interassociativa Italiana per la Prevenzione) (<http://www.ospedalesicuro.eu/>).*

### **Articolo 182 - Disposizioni miranti ad eliminare o ridurre i rischi**

1. Tenuto conto del progresso tecnico e della disponibilità di misure per controllare il rischio alla fonte, **i rischi derivanti dall’esposizione agli agenti fisici sono eliminati alla fonte o ridotti al minimo**. La riduzione dei rischi derivanti dall’esposizione agli agenti fisici si basa sui principi generali di prevenzione contenuti nel presente Decreto.

2. **In nessun caso i lavoratori devono essere esposti a valori superiori ai valori limite di esposizione** definiti nei capi II, III, IV e V. Allorché, nonostante i provvedimenti presi dal datore di lavoro in applicazione del presente capo i valori limite di esposizione risultino superati, il datore di lavoro adotta misure immediate per riportare l’esposizione al di sotto dei valori limite di esposizione, individua le cause del superamento dei valori limite di esposizione e adegua di conseguenza le misure di protezione e prevenzione per evitare un nuovo superamento.

### **Articolo 183 - Lavoratori particolarmente sensibili**

1. Il datore di lavoro adatta le misure di cui all'articolo 182 alle esigenze dei lavoratori appartenenti a gruppi particolarmente sensibili al rischio, incluse le donne in stato di gravidanza ed i minori

27

### **Articolo 184 - Informazione e formazione dei lavoratori**

1. Nell'ambito degli obblighi di cui agli articoli 36 e 37, il datore di lavoro provvede affinché i lavoratori esposti a rischi derivanti da agenti fisici sul luogo di lavoro e i loro rappresentanti vengano informati e formati in relazione al risultato della valutazione dei rischi con particolare riguardo:

- a) alle **misure adottate** in applicazione del presente *Titolo*;
- b) **all'entità e al significato dei valori limite di esposizione e dei valori di azione** definiti nei capi II, III, IV e V, nonché ai potenziali rischi associati;
- c) ai **risultati della valutazione, misurazione o calcolo** dei livelli di esposizione ai singoli agenti fisici;
- d) alle **modalità per individuare e segnalare gli effetti negativi dell'esposizione per la salute**;
- e) alle circostanze nelle quali i lavoratori hanno diritto a una **sorveglianza sanitaria** e agli obiettivi della stessa;
- f) alle **procedure di lavoro sicure** per ridurre al minimo i rischi derivanti dall'esposizione;
- g) all'uso corretto di adeguati **dispositivi di protezione individuale** e alle relative indicazioni e controindicazioni sanitarie all'uso

28

## **Articolo 185 - Sorveglianza sanitaria**

1. La sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti agli agenti fisici viene svolta secondo i principi generali di cui all'articolo 41, ed è effettuata dal medico competente nelle modalità e nei casi previsti ai rispettivi capi del presente *Titolo* sulla base dei risultati della valutazione del rischio che gli sono trasmessi dal datore di lavoro per il tramite del servizio di prevenzione e protezione.
2. Nel caso in cui la sorveglianza sanitaria riveli in un lavoratore un'alterazione apprezzabile dello stato di salute correlata ai rischi lavorativi il medico competente ne informa il lavoratore e, nel rispetto del segreto professionale, il datore di lavoro, che provvede a:
  - a) sottoporre a revisione la valutazione dei rischi;
  - b) sottoporre a revisione le misure predisposte per eliminare o ridurre i rischi;
  - c) tenere conto del parere del medico competente nell'attuazione delle misure necessarie per eliminare o ridurre il rischio.

29

## **PROTEZIONE DEI LAVORATORI DAI RISCHI DI ESPOSIZIONE A CAMPI ELETTROMAGNETICI**

### *Articolo 206 - Campo di applicazione*

1. Il presente capo determina i requisiti minimi per la protezione dei lavoratori contro i rischi per la salute e la sicurezza derivanti dall'esposizione ai **campi elettromagnetici (da 0 Hz a 300 GHz)**, durante il lavoro.

Le disposizioni riguardano la protezione dai **rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori** dovuti agli effetti nocivi a breve termine conosciuti nel corpo umano derivanti dalla circolazione di correnti indotte e dall'assorbimento di energia, e da correnti di contatto.

2. Il presente capo **non riguarda** la protezione da eventuali effetti a lungo termine e i rischi risultanti dal contatto con i conduttori in tensione.

30

# PROTEZIONE DEI LAVORATORI DAI RISCHI DI ESPOSIZIONE A CAMPI ELETTROMAGNETICI

## Articolo 207 – Definizioni

1. Agli effetti delle disposizioni del presente capo si intendono per:
  - a) **campi elettromagnetici**: campi magnetici statici e campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici variabili nel tempo di frequenza inferiore o pari a 300 GHz;
  - b) **valori limite di esposizione**: limiti all'esposizione a campi elettromagnetici che sono basati direttamente sugli effetti sulla salute accertati e su considerazioni biologiche. Il rispetto di questi limiti garantisce che i lavoratori esposti ai campi elettromagnetici sono protetti contro tutti gli effetti nocivi a breve termine per la salute conosciuti;
  - c) **valori di azione**: l'entità dei parametri direttamente misurabili, espressi in termini di **intensità di campo elettrico (E)**, **intensità di campo magnetico (H)**, **induzione magnetica (B)**, **corrente indotta attraverso gli arti (IL)** e **densità di potenza (S)**, che determina l'obbligo di adottare una o più delle misure specificate nel presente capo. Il rispetto di questi valori assicura il rispetto dei pertinenti valori limite di esposizione

31

**valori limite di esposizione**: limitazioni 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;

**restrizioni di base ICNIRP in termini delle grandezze dosimetriche (SAR, densità di corrente indotta)**

**valori di azione**: il valore di parametri direttamente misurabili a cui si devono intraprendere una o più delle misure specificate nella direttiva. Il rispetto di questi valori assicura il rispetto dei pertinenti limiti di esposizione.

**livelli di riferimento ICNIRP in termini delle grandezze radiometriche (campo elettrico/magnetico, densità di potenza)**

32



# PROTEZIONE DEI LAVORATORI DAI RISCHI DI ESPOSIZIONE A CAMPI ELETTROMAGNETICI

## **Articolo 208 - Valori limite di esposizione e valori d'azione**

1. I valori limite di esposizione sono riportati nell'*ALLEGATO XXXVI*, lettera A, tabella 1.
2. I valori di azione sono riportati nell'*ALLEGATO XXXVI*, lettera B, tabella 2.

33

# PROTEZIONE DEI LAVORATORI DAI RISCHI DI ESPOSIZIONE A CAMPI ELETTROMAGNETICI

## **Articolo 209 - Identificazione dell'esposizione e valutazione dei rischi**

1. Nell'ambito della valutazione dei rischi, il **datore di lavoro valuta** e, quando necessario, misura o calcola i livelli dei campi elettromagnetici ai quali sono esposti i lavoratori.

La valutazione, la misurazione e il calcolo devono essere effettuati in conformità alle norme europee standardizzate del Comitato europeo di normalizzazione elettrotecnica (CENELEC).

Finché le citate norme non avranno contemplato tutte le pertinenti situazioni per quanto riguarda la valutazione, misurazione e calcolo dell'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici, il datore di lavoro adotta le specifiche buone prassi individuate od emanate dalla Commissione consultiva permanente per la prevenzione degli infortuni e per l'igiene del lavoro, o, in alternativa, quelle del Comitato Elettrotecnico italiano (CEI), tenendo conto, se necessario, dei livelli di emissione indicati dai fabbricanti delle attrezzature.

34

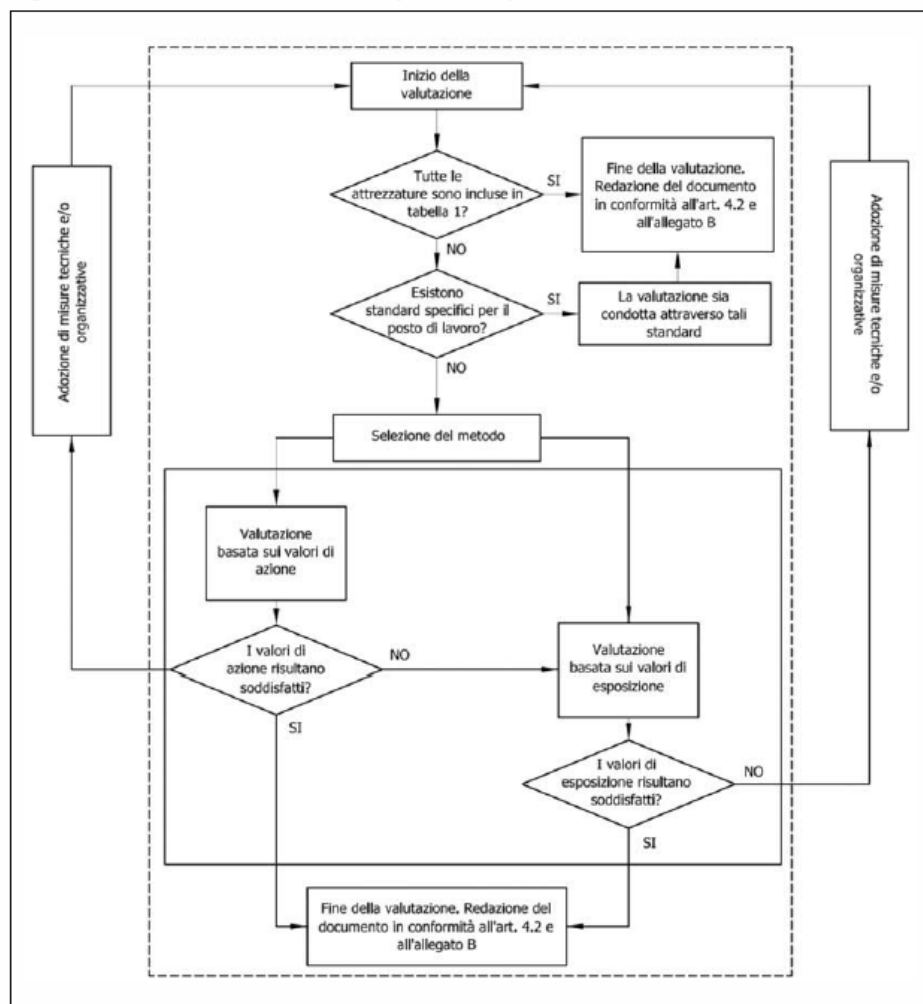
# CENELEC EN 50499

## "Procedure for the assessment of the exposure of the workers to electromagnetic fields"

- definisce il processo della valutazione
- contiene un lista di esclusioni in relazione ad apparati o famiglie di apparati che:
  - sono aderenti ai limiti della direttiva
  - rispettano standard di prodotto ispirati alla direttiva

35

Figura 1 - Processo di valutazione (EN 50499)



36

# PROTEZIONE DEI LAVORATORI DAI RISCHI DI ESPOSIZIONE A CAMPI ELETTROMAGNETICI

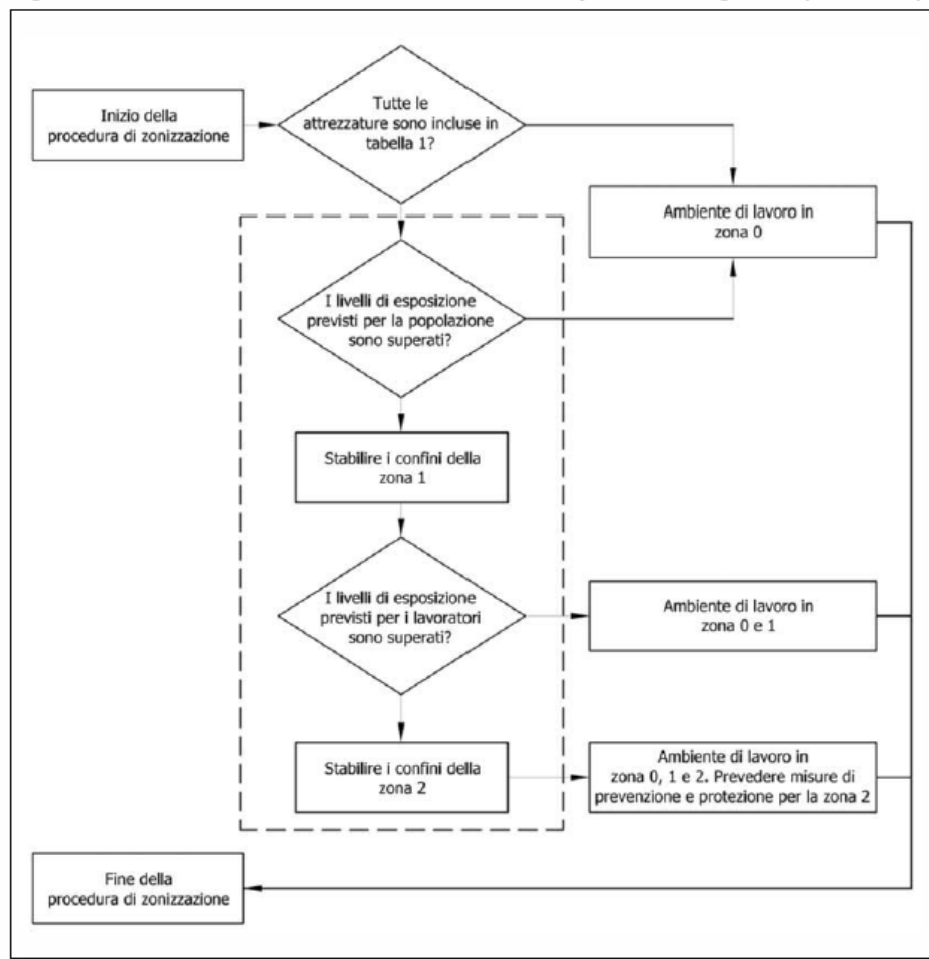
2. A seguito della valutazione dei livelli dei campi elettromagnetici effettuata in conformità al comma 1, qualora risulti che siano superati i valori di azione, il datore di lavoro valuta e, quando necessario, calcola se i valori limite di esposizione sono stati superati.

3. La valutazione, la misurazione e il calcolo non devono necessariamente essere effettuati in luoghi di lavoro accessibili al pubblico, purché si sia già proceduto ad una valutazione conformemente alle disposizioni relative alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300

GHz e risultino rispettate per i lavoratori le restrizioni previste dalla Raccomandazione 1999/519/CE del Consiglio, del 12 luglio 1999, e siano esclusi rischi relativi alla sicurezza

37

Figura 2 - Procedura di zonizzazione dovuta a campi elettromagnetici (EN 50499)



38

## PROTEZIONE DEI LAVORATORI DAI RISCHI DI ESPOSIZIONE A CAMPI ELETTROMAGNETICI

4. Nell'ambito della **valutazione del rischio**, il **datore di lavoro** presta particolare attenzione ai seguenti **elementi**:

- a) il **livello, lo spettro di frequenza, la durata e il tipo dell'esposizione**;
- b) i **valori limite di esposizione e i valori di azione**;
- c) **tutti gli effetti sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori particolarmente sensibili al rischio**;
- d) qualsiasi effetto indiretto quale:
  - 1) **interferenza con attrezzature e dispositivi medici elettronici (compresi stimolatori cardiaci e altri dispositivi impiantati)**;
  - 2) **rischio propulsivo di oggetti ferromagnetici in campi magnetici statici con induzione magnetica superiore a 3 mT**;
  - 3) **innesco di dispositivi elettro-esplosivi (detonatori)**;
  - 4) **incendi ed esplosioni dovuti all'accensione di materiali infiammabili provocata da scintille prodotte da campi indotti, correnti di contatto o scariche elettriche**;

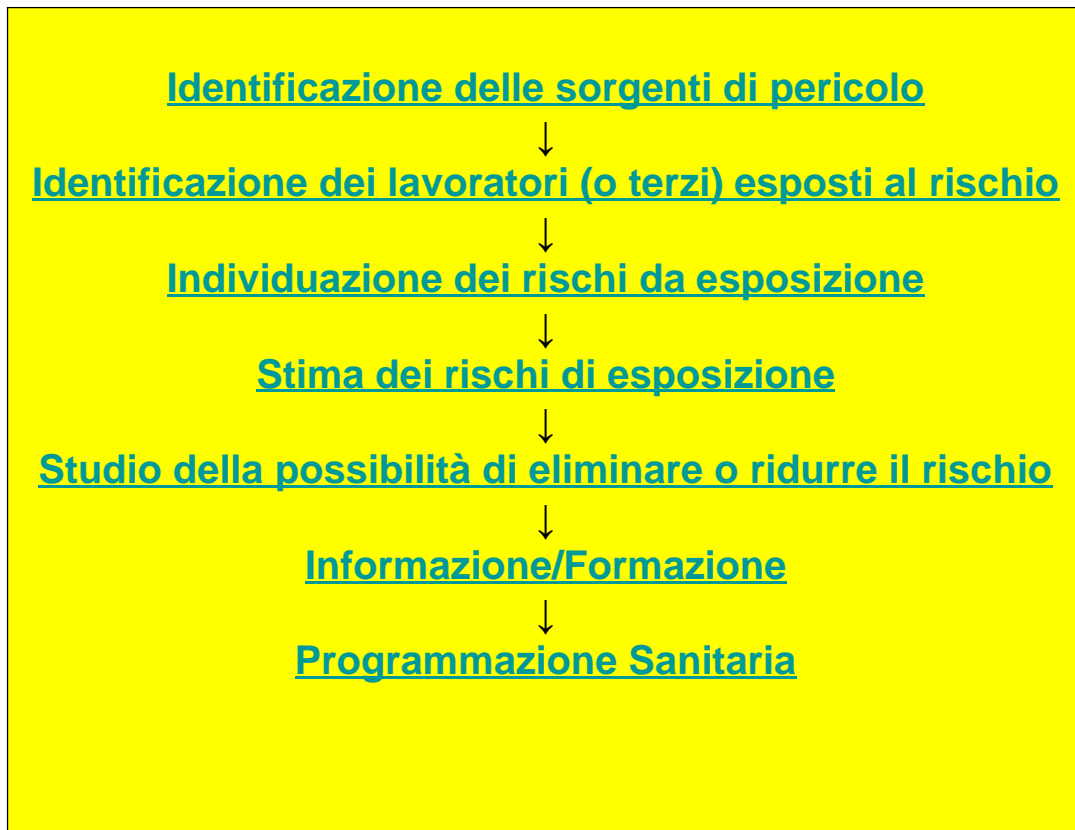
39

## PROTEZIONE DEI LAVORATORI DAI RISCHI DI ESPOSIZIONE A CAMPI ELETTROMAGNETICI

- e) l'**esistenza di attrezzature di lavoro alternative progettate per ridurre i livelli di esposizione ai campi elettromagnetici**;
  - f) la **disponibilità di azioni di risanamento volte a minimizzare i livelli di esposizione ai campi elettromagnetici**;
  - g) per quanto possibile, **informazioni adeguate raccolte nel corso della sorveglianza sanitaria, comprese le informazioni reperibili in pubblicazioni scientifiche**;
  - h) **sorgenti multiple di esposizione**;
  - i) **esposizione simultanea a campi di frequenze diverse**.
5. Il **datore di lavoro** nel documento di valutazione del rischio precisa le misure adottate, previste dall'articolo 210.

40

## FASI DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO



Fonte ISPESL 41

### Identificazione delle sorgenti di pericolo

- descrizione dell'attività lavorativa (ciclo lavorativo; singole fasi lavorative; fonti di emissione utilizzate),
  - l'analisi delle fasi operative (per rilevamento del livello di rischio nelle diverse fasi).
- 
- Analisi documentazione tecnica delle macchine e degli impianti;
  - Controllo schede di sicurezza delle macchine erogatrici;
  - Sopralluogo negli ambienti di lavoro
  - Informazioni da interviste ai lavoratori
  - Analisi di informazioni relative a ispezioni interne e di organi di vigilanza.
  - Misurazione delle emissioni per il rispetto dei valori limite di esposizione (nazionali, comunitari)
  - Analisi dati di sorveglianza sanitaria;

Fonte ISPESL 42

In funzione del livello di emissione di radiazioni, (valori riportati in appendice B della UNI EN 12198:2009) la norma richiede che il fabbricante assegni alla macchina una categoria di emissione di radiazioni. Sono considerate tre categorie di emissione, per le quali sono previste diverse misure di protezione, informazione, addestramento, secondo la tabella seguente

Categoria	Restrizioni e misure di protezione	Informazioni e addestramento
0	Nessuna restrizione	Nessuna informazione necessaria
1	Restrizioni: possono essere necessarie la limitazione dell'accesso e misure di protezione	Informazioni su pericoli, rischi ed effetti secondari
2	Restrizioni speciali e misure di protezione sono essenziali	Informazioni su pericoli, rischi ed effetti secondari; l'addestramento può essere necessario

43

### **Identificazione dei lavoratori (o di terzi esposti al rischio)**

**Rischio generico:** per tutti i lavoratori che utilizzano qualsiasi elettrodomestico che funziona a corrente elettrica o lavorano d'avanti a videoterminali o in luoghi di lavoro situati in prossimità di antenne radio-base o elettrodotti.

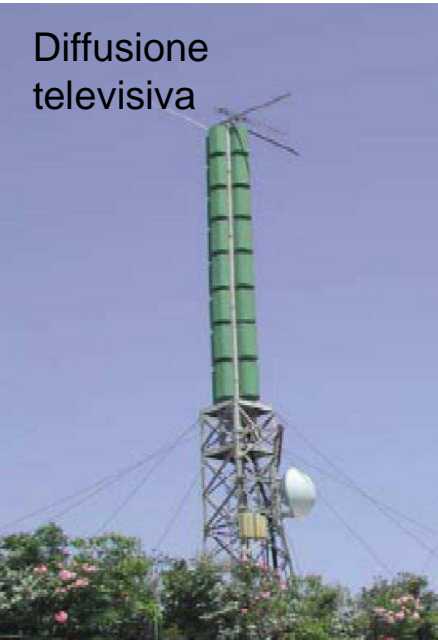
**Rischio specifico:** per quei lavoratori che utilizzano giornalmente fonti di emissione di campi elettromagnetici

## Fonti di emissione a Radiofrequenze:

- Sistemi per saldatura dielettrica e trattamenti termici ad induzione elettromagnetica;
- ApparatI elettromedicali per diatermia, risonanza magnetica, chirurgia con elettrobisturi ad alta frequenza (con esposizione di pazienti, personale medico, infermieristico e tecnico).
- Apparecchiature scientifiche (spettrografi magnetici, ciclotroni e sistemi di perfusione nucleare).
- Apparecchiature per la disinfestazione delle granaglie.
- Sistemi di broadcasting.
- Impiantistica della telefonia cellulare.
- Utilizzo di telefonia cellulare.
- Apparecchiature Wafers (microcip di memoria RF).
- Impiantistica radar (es. torri di controllo).
- Attrezzature forze armate (radar, carri armati, ecc.).

Fonte ISPESL 45

Diffusione televisiva



Stazione radio base



Ponti radio





Riscaldatore a microonde



magnetoterapia



Macchina incollaggio plastica

**Tab. 2** – Impianti e situazioni che richiedono ulteriori valutazioni. Lista non esaustiva

Tipo di impianto	Note
Elettrolisi industriale	Sia con correnti alternate che continue
Saldature elettriche	
Forni fusori elettrici e a induzione	
Riscaldamento a induzione	
Riscaldamento dielettrico a RF e a MW	
Saldatura dielettrica	
Magnetizzatori/smagnetizzatori industriali	Incluso grossi cancellatori di nastri, attivatori disattivatori magnetici di sistemi antitaccheggio
Specifiche lampade attivate a RF	
Dispositivi a RF per plasma	Incluso dispositivi a vuoto di deposizione per "sputtering"
Apparecchi per diatermia (marconiterapia e radarterapia)	Tutti gli apparecchi elettromedicali che utilizzano sorgenti RF con potenza media emessa elevata (>100 mW)
Sistemi elettrici per la ricerca di difetti nei materiali	
Radar	Radar per il controllo del traffico aereo, militare del tempo e a lungo raggio.
Trasporti azionati elettricamente: treni e tram	
Tutti gli apparecchi elettromedicali per applicazioni intenzionali di radiazioni elettromagnetiche o di corrente tra cui: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Elettrobisturi</li> <li>▪ Stimolatori magnetici transcranici</li> <li>▪ Apparati per magnetoterapia</li> <li>▪ Tomografi RM</li> </ul>	
Essiccatoi e forni industriali a microonde	
Antenne delle stazioni radio base	Ulteriori valutazioni sono necessarie solo se i lavoratori possono essere più vicini all'antenna rispetto alle distanze di sicurezza stabilite per l'esposizione del pubblico
Reti di distribuzione dell'energia elettrica nei luoghi di lavoro che non soddisfano i criteri della Tabella 1	



### **Stima dei rischi di esposizione**

Dall'analisi delle **sorgenti di pericolo** e **dall'individuazione dei livelli di rischio**, deve essere effettuata una **stima del rischio di esposizione residuo**.

**Tale stima, può essere eseguita attraverso:**

- La verifica del rispetto dell'applicazione delle norme di sicurezza alle macchine durante il loro funzionamento.
- La verifica dell'accettabilità delle condizioni di lavoro in relazione ad un esame oggettivo dell'entità e della durata delle lavorazioni, delle modalità operative svolte e di tutti i fattori che influenzano le modalità e l'entità dell'esposizione,
- La verifica delle condizioni di sicurezza anche mediante acquisizione di documentazioni e certificazioni eventualmente esistenti agli atti dell'azienda.
- La corretta misura dell'entità dell'esposizione (eseguita secondo la Norma CEI 211-7 per la misura di campi ad alta frequenza) che porti alla quantificazione oggettiva del rischio ed alla conseguente valutazione attraverso il confronto con indici di riferimento.

Fonte ISPESL 49

### **Complessità dell'attività di stima dei rischi di esposizione**

- elevati livelli di esposizione
- corpo umano a contatto o in stretta prossimità della sorgente
- esposizioni disomogenee sul corpo del lavoratore
- necessità di caratterizzare l'andamento spaziale dei campi
- esposizioni combinate da più sorgenti
- necessità di caratterizzare più accuratamente la forma d'onda del segnale, rispetto alla sola valutazione RMS
- maggiore possibilità rispetto alla popolazione di effetti indiretti su dispositivi medici impiantati

## CENELEC EN 50527-1

definisce una metodologia generale per effettuare la valutazione del rischio di soggetti portatori di uno o più AIMD (active implantable medical devices)

assume che i dispositivi medici funzionino correttamente, qualora non siano superati i livelli di esposizione stabiliti per la popolazione (1999/519/EC)

eccezione i campi magnetici statici (fino a 1 Hz) per i quali consiglia di non superare il livello di 1 mT se non per esposizioni di breve durata

51

## Studio della possibilità di eliminare o ridurre il rischio

La possibilità di ridurre le emissioni elettromagnetiche in ambiente lavorativo, dipende da

- **frequenza e le caratteristiche fisiche dell'onda**,
- **utilizzo dell'onda emessa** (se si tratta per esempio di una macchina industriale o di un elettrodotto, o di un'antenna per radiotelefonìa)
- **ambiente** in cui il lavoratore è esposto.

La **schermatura** di un campo elettrico, magnetico o elettromagnetico consente

- di ridurre l'esposizione di individui che debbano transitare o stazionare nei pressi di una sorgente di campo elettromagnetico in ambiente lavorativo,
- di ottenere "compatibilità elettromagnetica", per evitare che le emissioni elettromagnetiche prodotte da una apparecchiatura elettrica disturbino il funzionamento di altre apparecchiature poste nelle vicinanze della prima o che la sommatoria delle onde elettromagnetiche di più sorgenti crei un'amplificazione dell'intensità dell'onda

Possibilità di schermare una sorgente dipende dalla intenzionalità o dall'accidentalità dell'emissione elettromagnetica.

I **campi elettrici** vengono fortemente attenuati anche dagli oggetti materiali non conduttivi che si interpongono tra le sorgenti e gli individui: una parete o un edificio sono utili attenuatori di campo elettrico.

I **campi magnetici**, invece, non subiscono attenuazione da parte degli oggetti materiali. Pertanto si ritrovano quasi inalterati all'interno e all'esterno di un edificio.

53

Gli **schermi** si realizzano maggiormente con l'impiego di **pannelli o contenitori metallici o comunque di materiale che possiede una buona conducibilità elettrica**.

Il campo elettromagnetico a radiofrequenza (per esempio a 900 MHz, come nel caso della telefonia cellulare) può essere, invece, facilmente schermato da materiali metallici. Uno schermo può anche essere realizzato con un tessuto (filato o non filato, naturale o sintetico) attraversato da un materiale che deve essere dotato di una buona conducibilità elettrica (ad es. grafite, filamenti metallici).

Questo significa che è possibile abbattere i livelli di campo elettromagnetico ad alta frequenza mediante l'uso di semplici tende purchè dotate delle succitate caratteristiche

54

# PROTEZIONE DEI LAVORATORI DAI RISCHI DI ESPOSIZIONE A CAMPI ELETTROMAGNETICI

Articolo 210 - Misure di prevenzione e protezione

1. A seguito della valutazione dei rischi, qualora risulti che i valori di azione sono superati, il datore di lavoro, elabora ed applica un programma d'azione che comprenda misure tecniche e organizzative intese a prevenire esposizioni superiori ai valori limite di esposizione, tenendo conto in particolare:
- a) di altri metodi di lavoro che implicano una minore esposizione ai campi elettromagnetici;
  - b) della scelta di attrezzature che emettano campi elettromagnetici di intensità inferiore, tenuto conto del lavoro da svolgere;
  - c) delle misure tecniche per ridurre l'emissione dei campi elettromagnetici, incluso se necessario l'uso di dispositivi di sicurezza, schermature o di analoghi meccanismi di protezione della salute;
  - d) degli appropriati programmi di manutenzione delle attrezzature di lavoro, dei luoghi e delle postazioni di lavoro;
  - e) della progettazione e della struttura dei luoghi e delle postazioni di lavoro;
  - f) della limitazione della durata e dell'intensità dell'esposizione;
  - g) della disponibilità di adeguati dispositivi di protezione individuale.

# PROTEZIONE DEI LAVORATORI DAI RISCHI DI ESPOSIZIONE A CAMPI ELETTROMAGNETICI

2. I luoghi di lavoro dove i lavoratori possono essere esposti a campi elettromagnetici che superano i valori di azione devono essere indicati con un'apposita segnaletica. Tale obbligo non sussiste nel caso che dalla valutazione effettuata a norma dell'articolo 209, comma 2, il datore di lavoro dimostri che i valori limite di esposizione non sono superati e che possono essere esclusi rischi relativi alla sicurezza. Dette aree sono inoltre identificate e l'accesso alle stesse è limitato laddove ciò sia tecnicamente possibile e sussista il rischio di un superamento dei valori limite di esposizione.

3. In nessun caso i lavoratori devono essere esposti a valori superiori ai valori limite di esposizione. Allorché, nonostante i provvedimenti presi dal datore di lavoro in applicazione del presente capo, i valori limite di esposizione risultino superati, il datore di lavoro adotta misure immediate per riportare l'esposizione al di sotto dei valori limite di esposizione, individua le cause del superamento dei valori limite di esposizione e adegua di conseguenza le misure di protezione e prevenzione per evitare un nuovo superamento.

4. A norma dell'articolo 209, comma 4, lettera c), il datore di lavoro adatta le misure di cui al presente articolo alle esigenze dei lavoratori esposti particolarmente sensibili al rischio.

# PROTEZIONE DEI LAVORATORI DAI RISCHI DI ESPOSIZIONE A CAMPI ELETTROMAGNETICI

## Articolo 211 - Sorveglianza sanitaria

1. La sorveglianza sanitaria viene effettuata periodicamente, di norma una volta l'anno o con periodicità inferiore decisa dal medico competente con particolare riguardo ai lavoratori particolarmente sensibili al rischio di cui all'articolo 183, tenuto conto dei risultati della valutazione dei rischi trasmessi dal datore di lavoro.  
L'organo di vigilanza, con provvedimento motivato, può disporre contenuti e periodicità diversi da quelli forniti dal medico competente.
2. Fermo restando il rispetto di quanto stabilito dall'articolo 182, sono tempestivamente sottoposti a controllo medico i lavoratori per i quali è stata rilevata un'esposizione superiore ai valori di azione di cui all'articolo 208, comma 2, *a meno che la valutazione effettuata a norma dell'articolo 209, comma 2, dimostri che i valori limite di esposizione non sono superati e che possono essere esclusi rischi relativi alla sicurezza.*

## Articolo 212 - Linee guida

1. Il *Ministero del lavoro, della salute e delle politiche sociali*, avvalendosi degli organi tecnico-scientifici del Servizio sanitario nazionale, sentita la Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano, entro due anni dalla data di entrata in vigore del presente Decreto, elabora le linee guida per l'applicazione del presente capo nello specifico settore dell'utilizzo in ambito sanitario delle attrezzature di risonanza magnetica.

57

## GIUSTIFICAZIONE

esposizioni inferiori ai livelli di riferimento per la popolazione di cui alla raccomandazione europea 1999/519/CE

Esempi di luoghi di lavoro per i quali, comunemente, si può effettuare la giustificazione del rischio sulla base della Tabella : uffici, centri di calcolo, negozi, alberghi, parrucchieri ecc.

### Attrezzature e situazioni giustificabili. Lista non esaustiva

Tipo di attrezzatura / situazione	Note
Tutte le attività che si svolgono unicamente in ambienti privi di impianti e apparecchiature elettriche e di magneti permanenti	
Luoghi di lavoro interessati dalle emissioni di sorgenti CEM autorizzate ai sensi della normativa nazionale per la protezione della popolazione, con esclusione delle operazioni di manutenzione o altre attività svolte a ridosso o sulle sorgenti	Il datore di lavoro deve verificare se è in possesso di autorizzazione ex legge 36/2001 e relativi decreti attuativi ovvero richiedere all'ente gestore una dichiarazione del rispetto della legislazione nazionale in materia
Uso di apparecchiature a bassa potenza (così come definite dalla norma EN 50371: con emissione di frequenza 10 MHz + 300 GHz e potenza media trasmessa fino a 20 mW e 20 W di picco), anche se non marcate CE	Non sono comprese le attività di manutenzione

58

<p>Uso di attrezzature marcate CE, valutate secondo gli standard armonizzati per la protezione dai CEM</p> <p>Lista soggetta a frequenti aggiornamenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• EN 50360: telefoni cellulari;</li> <li>• EN 50364: sistemi di allarme e antitaccheggio;</li> <li>• EN 50366: elettrodomestici;</li> <li>• EN 50371: norma generica per gli apparecchi elettrici ed elettronici di bassa potenza;</li> <li>• EN 50385: stazioni radio base e stazioni terminali fisse per sistemi di telecomunicazione senza fili;</li> <li>• EN 50401: apparecchiature fisse per trasmissione radio (110 MHz - 40 GHz) destinate a reti di telecomunicazione senza fili;</li> <li>• EN 60335-2-25: forni a microonde e forni combinati per uso domestico e similare;</li> <li>• EN 60335-2-90: forni a microonde per uso collettivo (uso domestico e similare)</li> </ul>	<p>Le attrezzature devono essere installate ed utilizzate secondo le indicazioni del costruttore.</p> <p>Non sono comprese le attività di manutenzione.</p> <p>Il datore di lavoro deve verificare sul libretto di uso e manutenzione che l'attrezzatura sia dichiarata conforme al pertinente standard di prodotto</p>
--	---

Attrezzature presenti sul mercato europeo conformi alla raccomandazione 1999/159/EC che non richiedono marcatura CE essendo per esempio parte di un impianto	
Apparati luminosi (lampade)	Escluso specifiche lampade attivate da RF
Computer e attrezzature informatiche	
Attrezzature da ufficio	I cancellatori di nastri possono richiedere ulteriori valutazioni

59

Cellulari e cordless	
Radio rice-trasmittenti	Solo quelle con potenze inferiori a 20 mW
Basi per telefoni DECT e reti Wlan	Limitatamente alle apparecchiature per il pubblico
Apparati di comunicazione non wireless e reti	
Utensili elettrici manuali e portatili	es.: conformi alle EN 60745-1 e EN 61029-1 inerenti la sicurezza degli utensili a motore trasportabili.
Attrezzature manuali per riscaldamento (escluso il riscaldamento a induzione e dielettrico)	es.: conformi alla EN 60335-2-45 (es. pistole per colla a caldo)
Carica batterie	Inclusi quelli ad uso domestico e destinati a garage, piccole industrie e aziende agricole (EN 60335-2-29)
Attrezzature elettriche per il giardinaggio	
Apparecchiature audio e video	alcuni particolari modelli che fanno uso di trasmettitori radio nelle trasmissioni radio/TV necessitano di ulteriori valutazioni
Apparecchiature portatili a batteria esclusi i trasmettitori a radiofrequenza	
Stufe elettriche per gli ambienti	esclusi i riscaldatori a microonde
Rete di distribuzione dell'energia elettrica a 50 Hz nei luoghi di lavoro: campo elettrico e magnetico devono essere considerati separatamente.	

60

<p>Per esposizioni al campo magnetico sono conformi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ogni installazione elettrica con una intensità di corrente di fase <math>\leq 100</math> A;</li> <li>• Ogni singolo circuito all'interno di una installazione con una intensità di corrente di fase <math>\leq 100</math> A;</li> <li>• Tutti i componenti delle reti che soddisfano i criteri di cui sopra sono conformi (incluso i conduttori, interruttori, trasformatori ecc...);</li> <li>• Qualsiasi conduttore nudo aereo di qualsiasi voltaggio.</li> </ul> <p>Per esposizioni al campo elettrico sono conformi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualsiasi circuito in cavo sotterraneo o isolato indipendentemente dal voltaggio</li> <li>• Qualsiasi circuito nudo aereo tarato ad un voltaggio fino a 100 kV, o line aerea fino a 125 kV, sovrastante il luogo di lavoro, o a qualsiasi voltaggio nel caso di luogo di lavoro interni.</li> </ul>	
Strumentazione e apparecchi di misura e controllo	
Elettrodomestici	Sono inclusi in questa tabella anche le apparecchiature professionali per la cottura, lavaggio (lavatrici), forni a microonde ecc... usate in ristoranti, negozi, ecc... Necessitano invece di ulteriori valutazioni i forni di cottura ad induzione.
Computer e attrezzature informatiche con trasmissione wireless	es.: Wlan (Wi-Fi), Bluetooth e tecnologie simili, limitatamente all'uso pubblico
Trasmettitori a batteria	Limitatamente alle apparecchiature per il pubblico
Antenne di stazioni base	Ulteriori valutazioni sono necessarie solo se i lavoratori possono essere più vicini all'antenna rispetto alle distanze di sicurezza stabilite per l'esposizione del pubblico
Apparecchiature elettromedicali non per applicazioni con campi elettromagnetiche o di corrente	

- reti wireless
- telefoni
- attrezzature da ufficio
- computers
- illuminazione
- stufe elettriche per riscaldamento
- motori elettrici
- elettrodomestici
- dispositivi alimentati a batterie
- trasformatori a bassa potenza
- attrezzature marcate CE riferite a standards CEM
- ogni situazione conforme ai limiti per il pubblico