

# Principali attività lavorative a rischio

**Rosaria Falsaperla**

*Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro  
(ISPESL) Monte Porzio Catone - Roma*

*[rosaria.falsaperla@ispesl.it](mailto:rosaria.falsaperla@ispesl.it)*



Istituto Superiore di Sanità



Ministero della Salute  
Centro nazionale per la  
prevenzione e il controllo delle  
malattie



SERVIZIO SANITARIO REGIONALE  
EMILIA-ROMAGNA  
Azienda Unità Sanitaria Locale di Modena

Seminario di Aggiornamento: ***Rischi da campi elettromagnetici in ambiente lavorativo***  
Auditorium Centro Famiglia di Nazareth, 29 settembre 2009

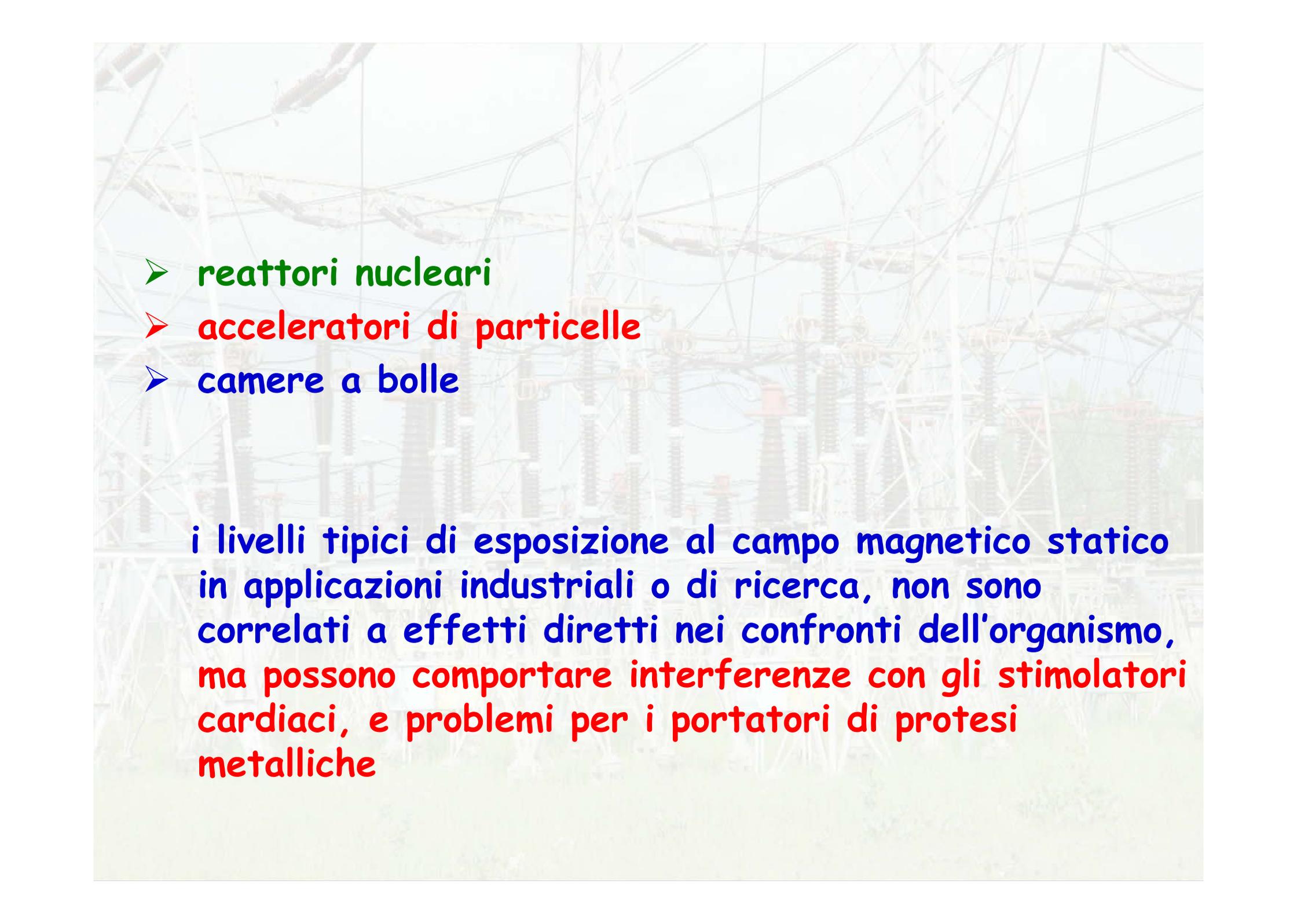
Le esposizioni all'interno dei luoghi di lavoro dipendono anche da:

- eventuali misure di protezione o contenimento
- corretta installazione e stato di manutenzione degli apparati
- procedure di utilizzo
- caratteristiche degli ambienti
- disposizione delle postazioni di lavoro
- particolari abitudini di ogni singolo lavoratore interessato

In alcuni casi, semplici interventi di tipo amministrativo possono ridurre notevolmente i livelli di esposizione

## Campi elettrici e magnetici statici

- sono presenti campi elettrici e magnetici statici ovunque vi siano apparecchiature alimentate da tensione continua o linee percorse da elevate correnti continue
- possono risultare esposti a livelli molto superiori al fondo naturale i lavoratori addetti a processi di elettrolisi (ad esempio nella preparazione dell'alluminio)

- 
- reattori nucleari
  - acceleratori di particelle
  - camere a bolle

i livelli tipici di esposizione al campo magnetico statico in applicazioni industriali o di ricerca, non sono correlati a effetti diretti nei confronti dell'organismo, ma possono comportare interferenze con gli stimolatori cardiaci, e problemi per i portatori di protesi metalliche

*"Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields" (2009)*



l'ICNIRP raccomanda di segnalare le zone con livelli di induzione magnetica superiori a **0.5 mT** per **garantire da potenziali effetti indiretti** (possibili interferenze con dispositivi medici elettronici impiantati e effetti meccanici su protesi ferromagnetiche)

## Campi elettrici e magnetici ELF negli ambienti industriali

la frequenza di 50 Hz (60 Hz nel Nord America) è universalmente impiegata per il trasporto e l'impiego dell'energia elettrica

ogni linea elettrica aerea o interrata, cablaggio, barra di trasmissione, cavo, costituisce una sorgente di dispersione nell'ambiente circostante



## Campi elettrici e magnetici ELF negli ambienti industriali

- al di sotto di una linea a 380 kV il campo elettrico può raggiungere e superare i 5 kV/m e l'induzione magnetica qualche decina di  $\mu$ Tesla
- l'esposizione degli addetti alle centrali elettriche, è stata stimata attorno a 40  $\mu$ Tesla come valore medio, con picchi sensibilmente più elevati, specie per gli addetti alla manutenzione delle linee

Per prevenire interferenze con stimolatori cardiaci impiantati l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) raccomanda i livelli di esposizione (50/60 Hz):

$$E = 1 \text{ kV/m}$$

$$B = 100 \text{ } \mu\text{T}$$



- la necessità di distribuire l'energia all'interno degli impianti può comportare prossimità tra le postazioni di lavoro ed i cablaggi, con presenza di elevati livelli di campo magnetico



nell'industria per la produzione di grandi elettrodi per archi voltaici nel processo di "grafitazione" degli elettrodi sono stati riscontrati dei livelli di induzione magnetica a 50 Hz tra 1 e 10 mTesla, in postazioni di lavoro lontane dal processo ma interessate dai cablaggi di alimentazione



ogni apparecchiatura alimentata con correnti elevate  
costituisce una potenziale sorgente

**500  $\mu\text{T}$  è il valore d'azione @ 50 Hz**



esposizioni significative sono riscontrabili nei  
processi di smerigliatura a mano (tra 100 e 600  
 $\mu\text{Tesla}$ ),



**500  $\mu\text{T}$**  è il valore d'azione @ **50 Hz**

nei vari tipi di forni elettrici  
e nelle fonderie (fusione  
e trattamento dell'acciaio  
e altri metalli) i lavoratori  
possono risultare esposti  
con continuità  
a campi magnetici tra  
100  $\mu$ Tesla e 10 mTesla  
con picchi superiori ai  
100 mTesla  
nel caso dei saldatori







*per concessione del National Institute for Working Life (Svezia)*



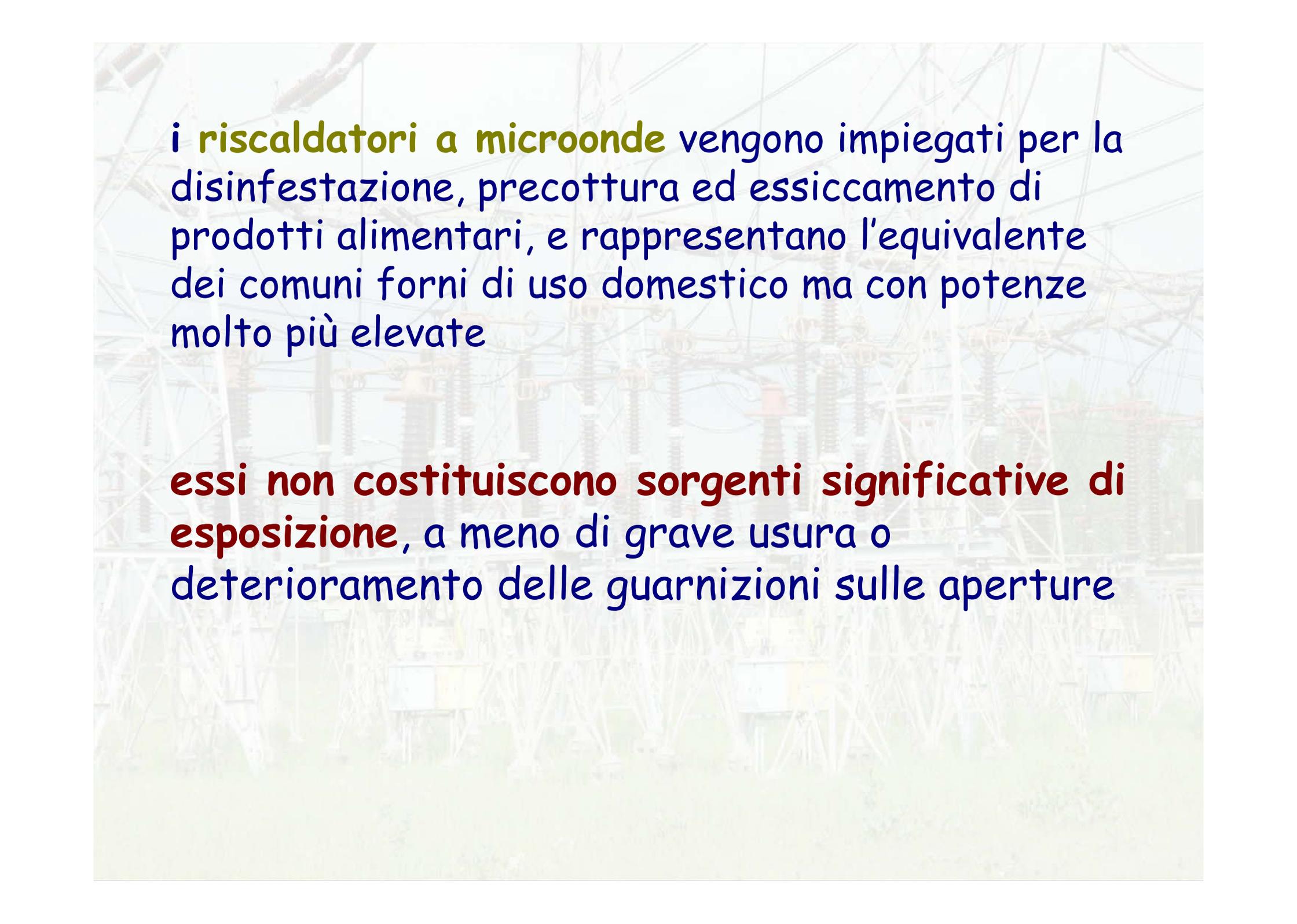
*per concessione del National Institute for Working Life (Svezia)*

## Riscaldatori industriali a radiofrequenza e microonde

sorgenti di esposizione a campi elettromagnetici negli ambienti di lavoro di primaria importanza, si basano sulla trasformazione in calore dell'energia elettromagnetica assorbita dal materiale oggetto di trattamento

le applicazioni sono numerose e si stima che in Italia il numero di apparati esistenti sia dell'ordine delle decine di migliaia tradizionalmente suddivisi in tre categorie secondo il principio e le modalità di funzionamento:

- a perdite dielettriche
- a induzione magnetica
- a microonde



**i riscaldatori a microonde** vengono impiegati per la disinfestazione, precottura ed essiccamento di prodotti alimentari, e rappresentano l'equivalente dei comuni forni di uso domestico ma con potenze molto più elevate

**essi non costituiscono sorgenti significative di esposizione**, a meno di grave usura o deterioramento delle guarnizioni sulle aperture





## Riscaldatori a perdite dielettriche

sono in grado di **produrre calore** direttamente all'interno del materiale trattato, e vengono impiegati nell'industria del legno (incollaggio e piegatura), per la saldatura e stampaggio di manufatti in plastica (PVC) e nell'industria tessile (essiccamento delle fibre)

due strati di materiale da trattare vengono pressati tra due **elettrodi a piastre** di dimensioni variabili alimentati con radiofrequenza tramite **barre conduttrici**

le potenze variano da alcune centinaia di W **fino a diverse decine di kW**, e le frequenze d'uso vanno da qualche MHz sino a 50 MHz, anche in regioni delle **dimensioni degli applicatori e del materiale da trattare** (le macchine per la plastica lavorano alla frequenza ISM di 27.12 MHz, quelle per il legno a frequenze più basse)

la sola misura del campo elettrico risulta conservativa dato il principio di funzionamento dell'applicatore, che è un condensatore a facce piane e parallele in grado di generare intensi campi elettrici al suo interno (**decine di kV/m**)

i livelli di esposizione risultano potenzialmente tra i più significativi (tipicamente tra **0.1 e 20 A/m** per il campo magnetico e tra **10 e 300 V/m** per il campo elettrico) e dipendono:

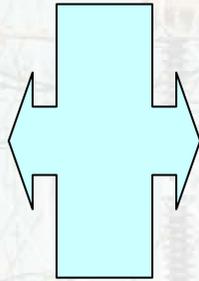
- *dalla potenza*
- *dal tipo e configurazione degli applicatori*
- *dalle procedure di impiego*
- *dalla posizione del lavoratore*
- *dalla presenza di riflessioni o meno su superfici metalliche*

## Apparati per l'incollaggio di manufatti in plastica:



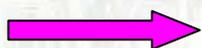
campo elettrico fino a 1 kV/m  
nella postazione dell'operatore

Correnti di  
scarica verso  
terra dell'ordine  
di 600 mA



SAR locale (caviglie) fino a  
100 W/kg  
SAR medio tra 0.12 e 2 W/kg

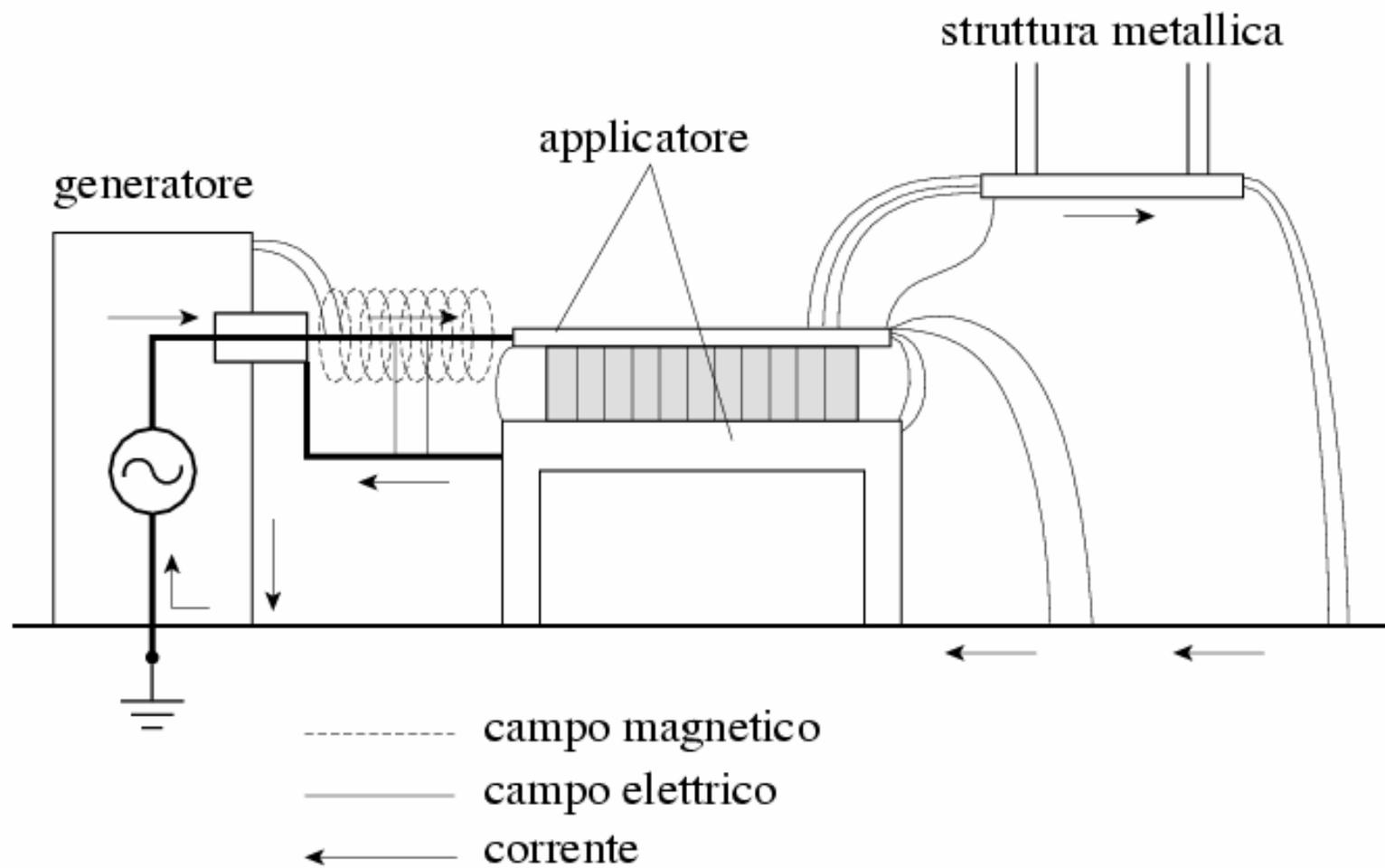
### *Per confronto:*

➤ valore di azione 2004/40/CE  61 V/m (10-110MHz)

➤ limite di esposizione 2004/40/CE

$SAR_{\text{medio}} = 0.4 \text{ W/kg}$

$SAR_{\text{locale}} = 20 \text{ W/kg}$









*per concessione del National Institute for Working Life (Svezia)*



## Saldatrici a induzione

vengono sfruttati intensi campi magnetici per produrre calore all'interno di metalli e semiconduttori. Il campo di applicazione è nel trattamento dei materiali metallici (saldatura, indurimento, tempera, fusione, etc.), e nell'industria elettronica

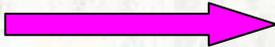
il materiale da trattare (ad esempio i due tratti di tubo da saldare) viene posto all'interno di un applicatore a forma di solenoide o a spira che, alimentato con la radiofrequenza, cede energia al materiale attraverso l'induzione nello stesso di elevate correnti

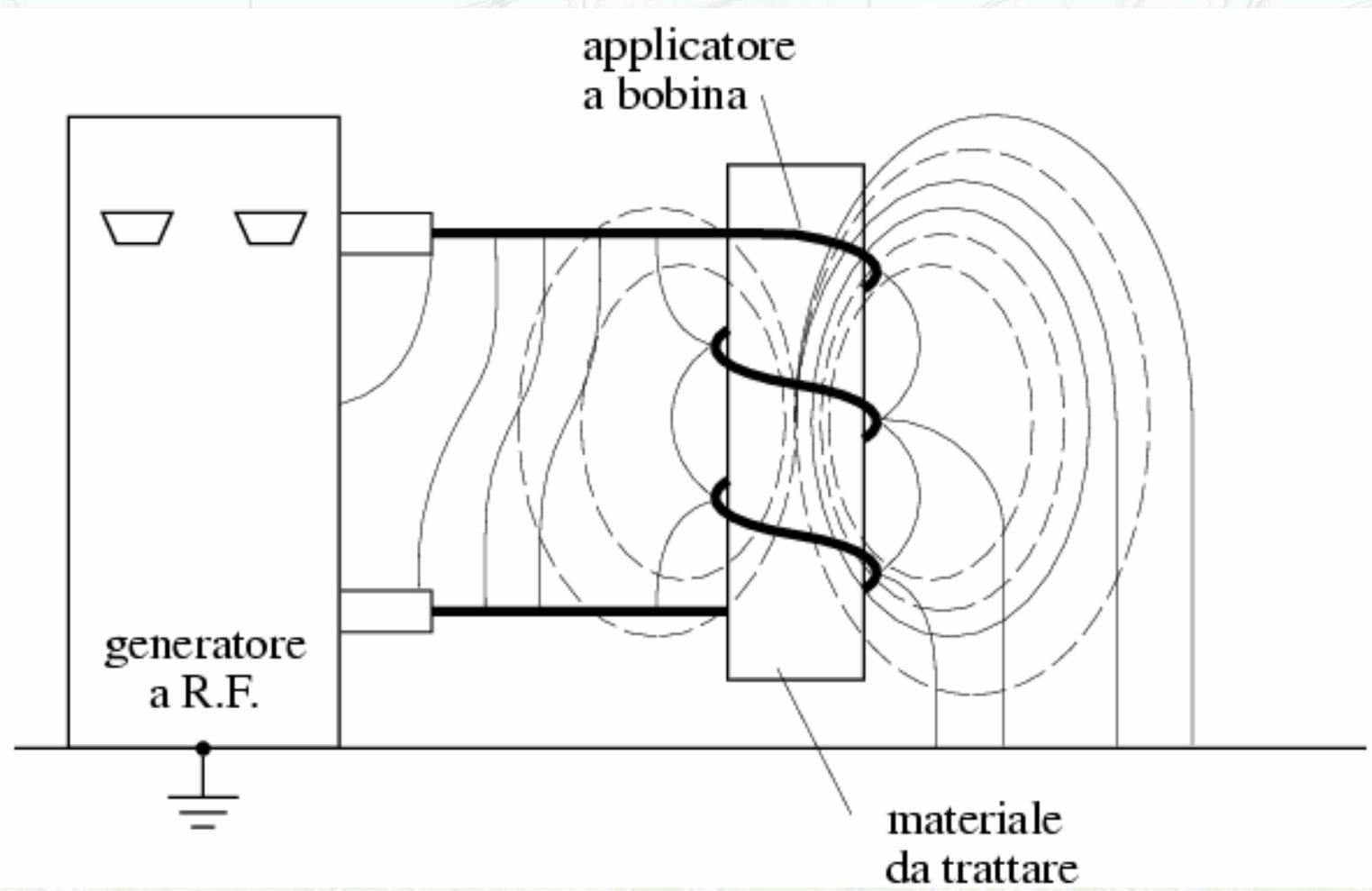
le potenze possono variare tra le centinaia di kW e le migliaia di kW (per grossi impianti di saldatura tubi), e la frequenza d'uso varia dal centinaio di kHz sino a qualche MHz (tra 200 e 500 kHz per la saldatura dei tubi metallici)

il maggior interesse è concentrato sulla componente magnetica dei campi

i livelli di esposizione risultano elevati in assenza delle opportune misure di protezione e contenimento

ad esempio per un apparato funzionante alla frequenza di 10 kHz, alla distanza di 1 m si possono rilevare livelli di induzione magnetica variabili tra **30  $\mu\text{T}$  e 500  $\mu\text{T}$**  e a 10 cm di distanza **picchi fino a 5 mT**

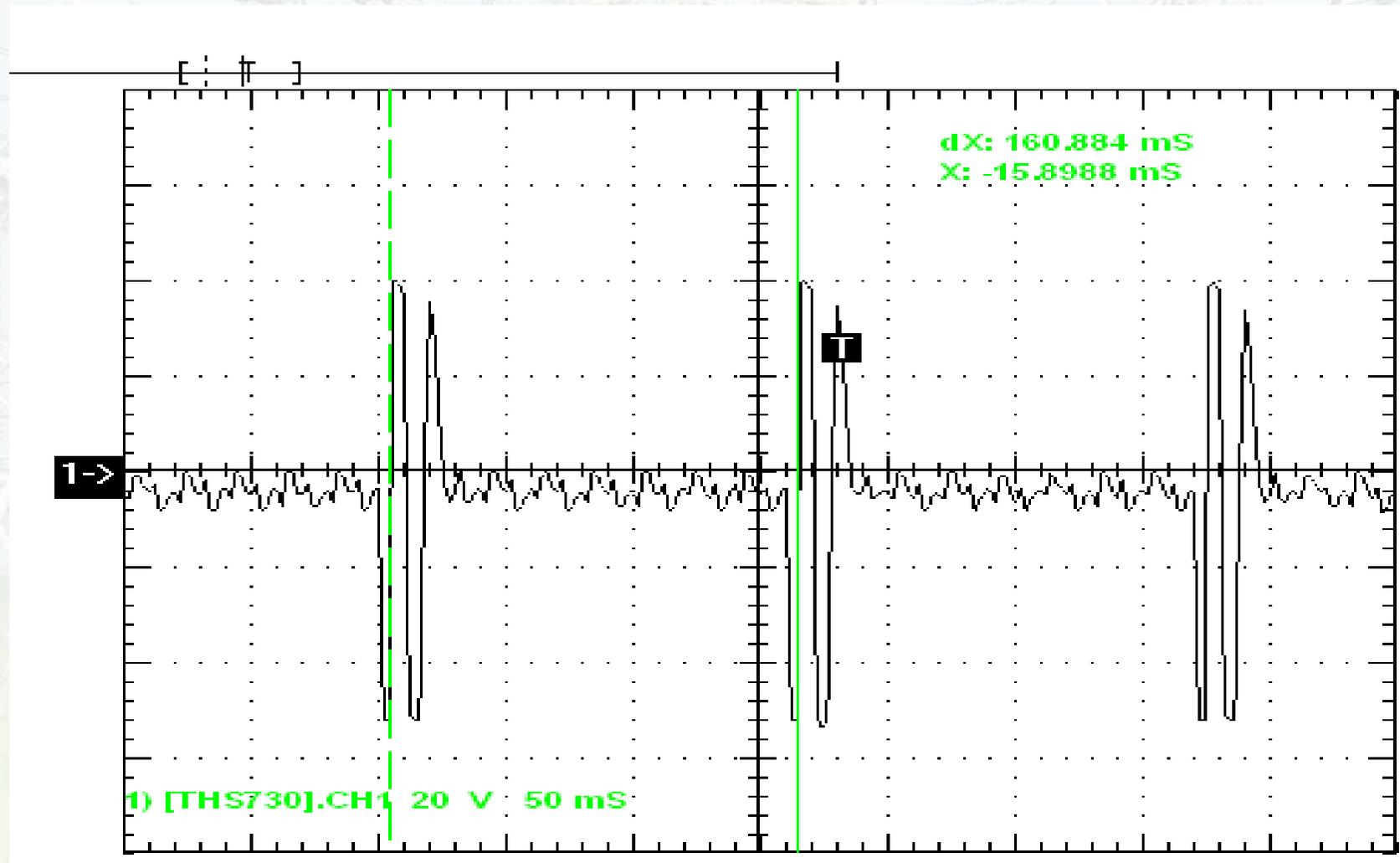
valore di azione 2004/40/CE  **30,7  $\mu\text{T}$**







# Forme d'onda complesse o impulsive

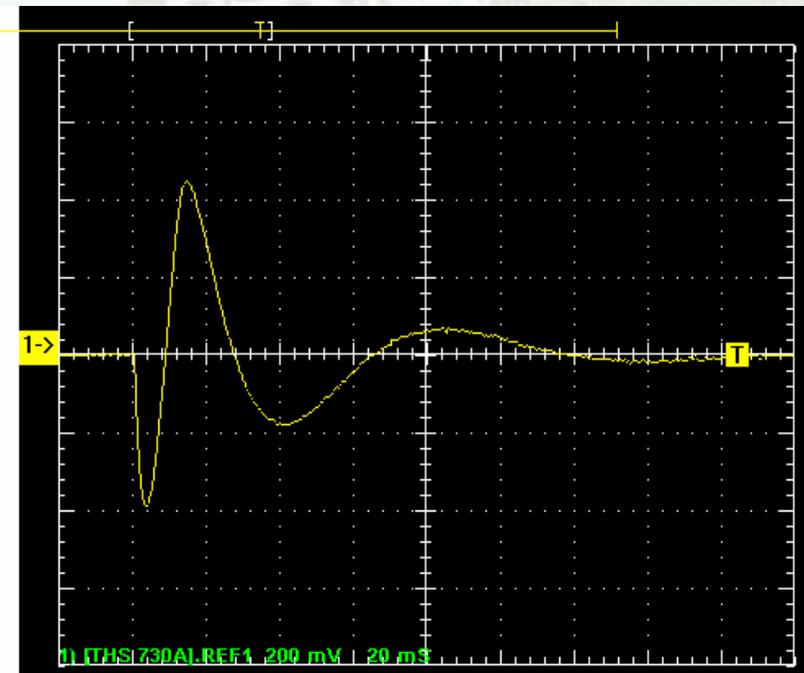
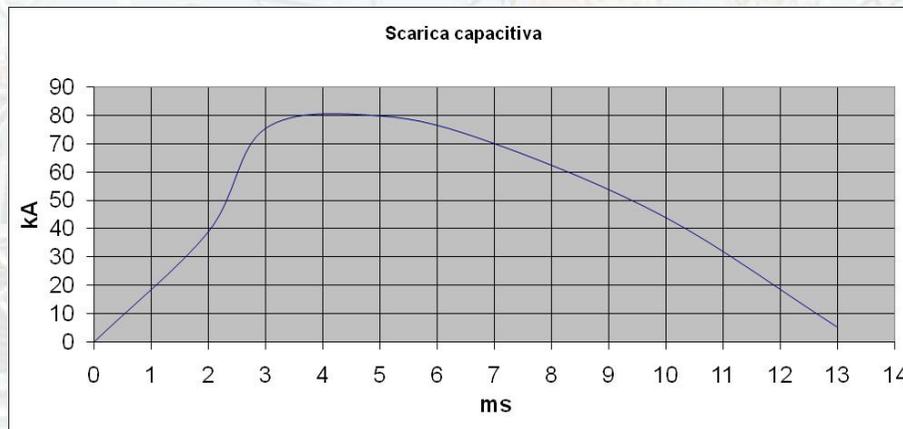


# Studio nel dominio del tempo



# Studio nel dominio del tempo

## ESEMPIO: Saldatrice industriale



## Tomografi a risonanza magnetica

- campo magnetico statico molto intenso, fino a 2 Tesla per gli apparati di uso diagnostico
- campo elettromagnetico in radiofrequenza oscillante nell'intervallo circa tra 1 e 100 MHz
- gradiente di campo magnetico variabile nel tempo (picchi fino a 20 Tesla/s)



# Campi elettrici e magnetici ELF negli ambienti ospedalieri

## apparati di magnetoterapia:

solenoidi di circa 60-70 cm di diametro, che generano campi magnetici in bassa frequenza, di norma tra **16 Hz e 100 Hz**, secondo forme d'onda e sequenze temporali molto varie e spesso differenti tra i diversi apparati



le applicazioni vengono prescritte per un vario insieme di sintomatologie, tra cui la terapia contro il dolore, o problemi muscolo-scheletrici

**campi dell'ordine del mTesla** all'interno dei solenoidi, di **qualche decina di  $\mu$ Tesla** nel diretto intorno (fino a un paio di metri) dagli stessi, e di **qualche  $\mu$ Tesla** nei rimanenti spazi dei locali di impiego

**i campi magnetici sono rilevabili anche nei locali adiacenti**, non essendo attenuati dalle strutture murarie. Presenza di postazioni lavorative fisse (ad esempio sportelli per l'utenza) situate in locali adiacenti con gli ambienti di magnetoterapia, con livelli di esposizione per il personale fino alla decina di  $\mu$ Tesla

**gli apparati presenti nei reparti di terapia intensiva** possono produrre esposizioni nel personale sanitario fino a circa **20  $\mu$ Tesla** di induzione magnetica, in una banda che si estende fino alla decina di kHz

## Apparati per diatermia

le apparecchiature di marconiterapia operano con onde continue alla frequenza ISM di 27.12 MHz; possono ancora trovarsi in uso vecchie apparecchiature operanti alla frequenza ISM di 40.68 MHz

le potenze massime vanno dai 300 ai 500 W, con possibilità di regolazione, ma la maggior parte degli operatori applica al paziente una potenza compresa tra 100 e 200 W

gli applicatori sono sia di tipo capacitivo (a doppio elettrodo) che induttivo (a bobina), in funzione della parte del corpo da trattare e del tipo di applicazione



**gli apparati di radarterapia** lavorano alla frequenza ISM di **2.45 GHz**; raramente si trovano in uso vecchi dispositivi operanti alla frequenza ISM di 433.92 MHz

**le potenze massime sono dell'ordine dei 300 W**, con possibilità di regolazione, ma la maggior parte degli operatori applica potenze comprese tra **50 e 100 Watt**

gli applicatori sono antenne di forme e dimensioni variabili, caratterizzate da fasci di radiazione relativamente stretti, di circa 30° di apertura



in prossimità degli applicatori l'intensità del campo elettrico può raggiungere diverse centinaia di V/m, mentre nei vari ambienti vicini sono riscontrabili valori fino a diverse decine di V/m, in funzione dell'orientazione degli apparati e del materiale costruttivo dei locali

valore di azione 2004/40/CE

→ 61 V/m (27.12 MHz)

→ 137 V/m (2.45 GHz)

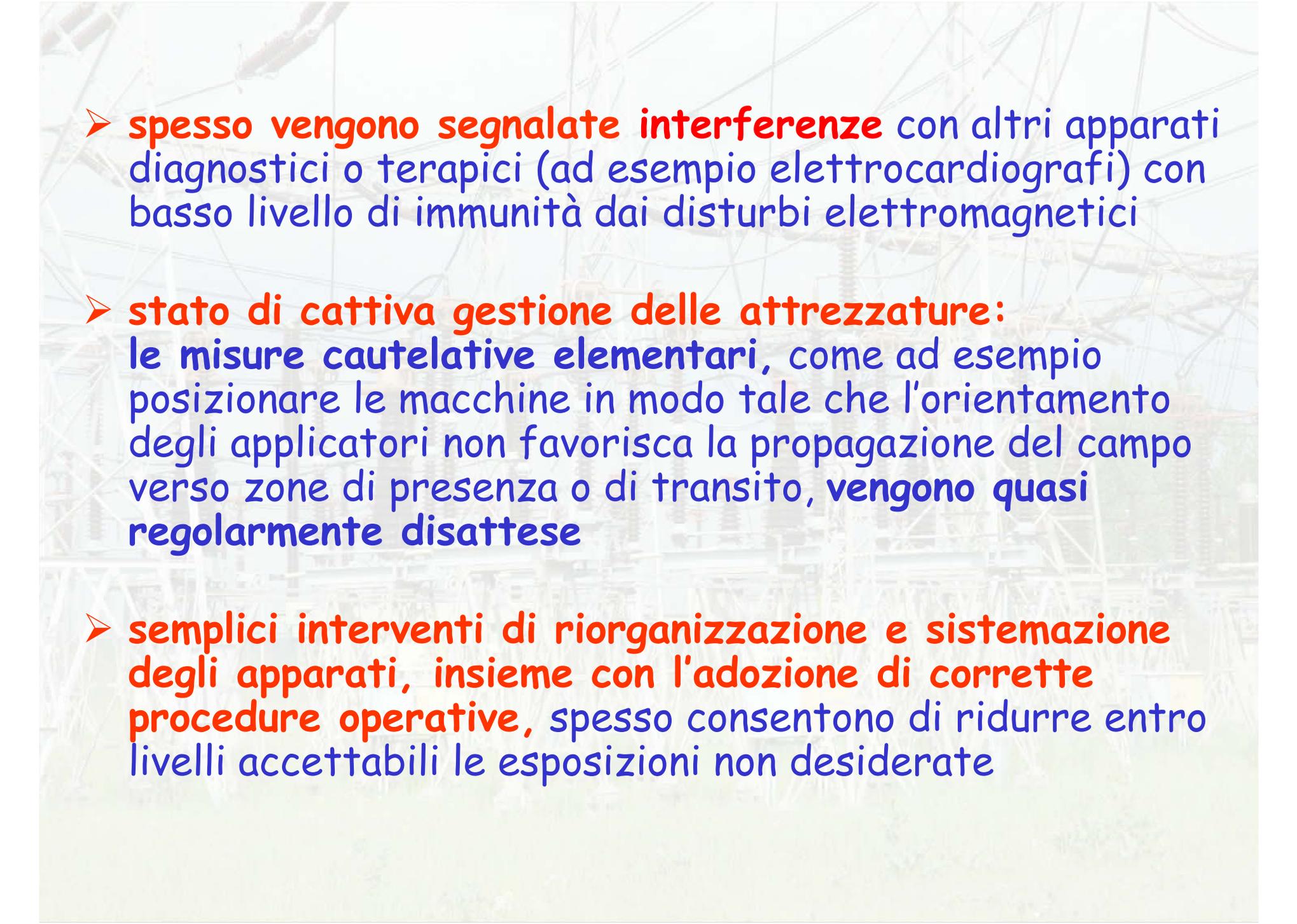
esposizioni indebite possono interessare gli accompagnatori ed i pazienti in attesa, che si trovano nel reparto per effettuare altre terapie (applicazioni locali, ultrasuoni, terapie manuali, etc.)

in entrambe le tecniche di diatermia, il paziente risulta esposto a livelli estremamente intensi che rappresentano l'agente terapeutico in grado di produrre riscaldamento nei tessuti oggetto della terapia



*l'entità e la geometria dei campi dispersi dipendono criticamente dalla configurazione degli applicatori e dalla proprietà delle superfici circostanti oltre che dalla potenza*

i campi possono propagarsi negli ambienti circostanti, fino a distanze maggiori della decina di metri: livelli di fondo non inferiori a circa 5 V/m, e valori dello stesso ordine anche negli ambienti confinanti

- 
- **spesso vengono segnalate interferenze** con altri apparati diagnostici o terapeutici (ad esempio elettrocardiografi) con basso livello di immunità dai disturbi elettromagnetici
  - **stato di cattiva gestione delle attrezzature:** le misure cautelative elementari, come ad esempio posizionare le macchine in modo tale che l'orientamento degli applicatori non favorisca la propagazione del campo verso zone di presenza o di transito, **vengono quasi regolarmente disattese**
  - **semplici interventi di riorganizzazione e sistemazione degli apparati, insieme con l'adozione di corrette procedure operative,** spesso consentono di ridurre entro livelli accettabili le esposizioni non desiderate

# Elettrobisturi

Esposizioni variabili in funzione del tipo di apparato (monopolare o bipolare) e della modalità di utilizzo (taglio e/o cauterizzazione) in un intervallo di frequenza da 500 kHz a 2.4 GHz



potenziale superamento dei limiti di esposizione 2004/40/CE per le correnti indotte



# Apparati per telecomunicazioni

gli operatori la cui mansione comporta l'ascesa su torri e tralicci, per l'installazione o la manutenzione di sistemi radio FM o televisivi UHF possono risultare esposti a campi elettrici fino a 1000 V/m, e magnetici fino a 5 A/m



nei centri di trasmissione militari, può occorrere che sistemi antenna si trovino prossimi a strutture che ospitano uffici, o risultino accessibili per la necessità di presidiare le installazioni

esposizioni meno rilevanti sono associate alla vicinanza a sistemi radar per il controllo del traffico aereo, nonostante potenze di picco dell'ordine dei 10 Watt/m<sup>2</sup>

Esposizioni di interesse protezionistico possono riguardare anche operatori addetti alla manutenzione di stazioni radio base GSM (900MHz - 1800 MHz) e UMTS (1900 MHz - 2200 MHz).

Ad esempio un'antenna omnidirezionale GSM 900 MHz, potenza totale 80 W, produce una densità di potenza pari a 100 W/m<sup>2</sup> a circa 10 cm di distanza e superiore a 22.5 W/m<sup>2</sup> (valore di azione 2004/40/CE) a 60 cm di distanza nella direzione del fascio principale (condizioni teoriche di "worst case")



sistemi di trasmissione portatili a radiofrequenza:



Possibili superamenti del **SAR locale nella testa** possono verificarsi nel caso di sistemi TETRA montati su autoveicoli per improprie procedure di utilizzo (frequenza di funzionamento 400 MHz e potenze di picco variabili tra 3 e 30 W)



**CEI EN 50360:** "Norma di prodotto per dimostrare la conformità dei telefoni portatili ai limiti di base relativi all'esposizione umana ai campi elettromagnetici (300 MHz - 3 GHz)

**Sostituita da CEI EN 62209-1:** "Esposizione ai campi a radiofrequenza provenienti da dispositivi di comunicazione senza fili tenuti in mano o montati sul corpo - Modelli umani, strumentazione e procedure Parte 1: Procedura per determinare il tasso di assorbimento specifico (SAR) per i dispositivi tenuti in mano molto vicini all'orecchio (gamma di frequenza: 300 MHz - 3 GHz)