

**RADIAZIONI ELETTROMAGNETICHE:
SITUAZIONI LAVORATIVE A RISCHIO E
POSSIBILI MISURE DI CONTENIMENTO**



SICUREZZA E IGIENE DEL LAVORO
PREVENZIONE INCENDI
AMBIENTE
SISTEMI DI GESTIONE AZIENDALE
PROGETTAZIONE

Dott. Ing. Anna Maria Bonacchi
Certificato competenze COORDSPP – ICPREV S.r.l. – n° 183/00 ICPREV
ELIOS Ingegneria Studio associato – www.eliosingegneria.it

Sommario

1. Valutazione dei rischi nei luoghi di lavoro
2. Competenze del tecnico valutatore
3. Limiti di esposizione
4. Esempi di situazioni lavorative ed attrezzature con livelli di esposizione sicuramente al di sopra dei limiti
5. Strumentazione per le misurazioni
6. Possibili misure di prevenzione e protezione per il contenimento del rischio

**LA VALUTAZIONE DEI RISCHI NEI
LUOGHI DI LAVORO**

1/6

Valutazione dei rischi

- DLgs. 81/08 art 181:
Nell'ambito della valutazione di cui all'articolo 28, il datore di lavoro valuta tutti i rischi derivanti da esposizione ad agenti fisici...
- 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..
- I dati ottenuti dalla valutazione, misurazione e calcolo dei livelli di esposizione costituiscono parte integrante del documento di valutazione del rischio

Valutazione dei rischi

La valutazione dei rischi è riportata sul documento di valutazione di cui all'articolo 28, 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.

Valutazione dei rischi

- Art 182:
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 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 ed adegua di conseguenza le misure di protezione e prevenzione per evitare un nuovo superamento.

Valutazione dei rischi

Ricordiamo che:

- I **valori limite** sono valori di densità di corrente o SAR (tasso di assorbimento specifico) per il corpo intero, la testa ed il tronco o gli arti per i quali si hanno effetti certi sulla salute del lavoratore
 - non sono direttamente misurabili se non basandosi su costose valutazioni dosimetriche effettuate su fantocci di laboratorio
- I **valori di azione** sono valori di campo elettrico, magnetico, induzione magnetica e densità di potenza
 - sono grandezze misurabili a costi accessibili

Esposizioni a CEM dei lavoratori

- Secondo la definizione dell'art.2, comma 1, lettera f), della legge 36/2001, la legge quadro sulla protezione dai campi elettromagnetici, l'esposizione dei lavoratori è "ogni tipo di esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici che, per la loro specifica attività lavorativa, sono esposti a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici".
- Sono quindi da intendersi esposizioni di carattere professionale quelle strettamente correlate e necessarie alle finalità del processo produttivo.

Esposizioni non professionali

- Quelle a cui è sottoposta la popolazione, sono CEM ormai presenti ovunque all'aperto ed in casa



Esposizioni non professionali

- Le esposizioni a CEM non correlate con la specifica attività dei lavoratori, non ricadono sotto la gestione del datore di lavoro ma devono essere contenute, a carico dei gestori, entro i limiti vigenti per la tutela della popolazione.
- È opportuno tuttavia che il datore di lavoro valuti il rischio ed eventualmente verifichi se i livelli di esposizione elevati di CEM nella propria azienda siano imputabili alla propria attività o siano provenienti dall'esterno.

10 ELIOS ingegneria

Come fare la valutazione del rischio professionale?

- La valutazione può essere fatta per gradi:
- Valutazione "giustificabile" con metodi semplificati avvalendosi di tabelle, pubblicazioni, dati del costruttore delle macchine che possono portare a giustificare la mancanza di indagini o misure più approfondite.
 - È il datore di lavoro ad assumersi la responsabilità di giudicare il rischio nella propria azienda accettabile, senza avvalersi di dati oggettivi.
- Calcolo con metodi numerici più o meno raffinati dell'entità della radiazione basandosi su tabelle, pubblicazioni, dati del costruttore delle macchine.
- Misure sul campo

le misure sono il più oneroso dei tre approcci, a causa dei costi connessi con la strumentazione (acquisizione e gestione), con la formazione del personale e con l'esecuzione delle campagne sul territorio

11 ELIOS ingegneria

Misure

- Le misure possono essere utilizzate per:
 - Confermare i risultati di una valutazione svolta con metodi semplificati
 - Modellare delle sorgenti per poi svolgere approfondimenti dosimetrici



12 ELIOS ingegneria

Valutazione dei rischi senza misure

- Norma CENELEC EN 50499 "Procedure per la valutazione dell'esposizione dei lavoratori a campi elettromagnetici"
- definisce il processo della valutazione,
- è un documento che contiene una lista di esclusioni in relazione ad apparati o famiglie di apparati che:
 - sono intrinsecamente aderenti ai limiti
 - rispettano standard di prodotto

13 ELIOS ingegneria

White list

- Attrezzature marcate CE, valutate secondo gli standard armonizzati per la protezione dei CEM utilizzate secondo le indicazioni del costruttore:
 - EN 50360: telefoni cellulari;
 - EN 50364: sistemi di allarme e antitaccheggio;
 - EN 50366: elettrodomestici;
 - EN 50371: norma generica per gli apparecchi elettrici ed elettronici di bassa potenza;
 - EN 50385: stazioni radio base e stazioni terminali fisse per sistemi di telecomunicazione senza fili;
 - EN 50401: apparecchiature fisse per trasmissione radio (110 MHz - 40 GHz) destinate a reti di telecomunicazione senza fili;
 - EN 60335-2-25: forni a microonde e forni combinati per uso domestico e similare;

14 ELIOS ingegneria

White list

- Attrezzature marcate CE, valutate secondo gli standard armonizzati per la protezione dei CEM utilizzate secondo le indicazioni del costruttore:
 - Radio rice-trasmittenti con potenze inferiori a 20 mW Basi per telefoni DECT e reti Wlan (limitatamente ad apparecchiature per il pubblico)
 - Apparati di comunicazione non wireless e reti
 - Computer e attrezzature informatiche con trasmissione wireless
 - es.: Wlan (Wi-Fi), Bluetooth e tecnologie simili, limitatamente all'uso pubblico

15 ELIOS ingegneria

Black List: non giustificabili

- Impianti e situazioni che richiedono ulteriori valutazioni ed eventualmente la riduzione del rischio
 - Elettrolisi industriale
 - Saldatura e fusione elettriche
 - Riscaldamento ad induzione (Fusione a induzione di metalli e vetro)
 - Riscaldamento dielettrico (lavorazioni del legno)
 - Saldatura dielettrica (Plastica)



16 ELIOS ingegneria

Black List: non giustificabili


- Impianti e situazioni che richiedono ulteriori valutazioni ed eventualmente la riduzione del rischio
 - Magnetizzatori Smagnetizzatori industriali (grossi cancellatori/attivatori di nastri o sistemi antitaccheggio)
 - Sistemi per la ricerca di difetti:
 - Metal detector industriali per tessuti, abbigliamento, farmaci, alimenti
 - Elettromedicali
 - Magnetoterapia
 - Neurostimolatori magnetici
 - RMN
 - Essiccatori e forni industriali a microonde



17 ELIOS ingegneria

Black List: non giustificabili

- Impianti e situazioni che richiedono ulteriori valutazioni ed eventualmente la riduzione del rischio
 - Trasporti azionati elettricamente:
 - Treni
 - Tram
 - Antenne di stazioni radio base
 - Reti di distribuzione dell'energia elettrica



18 ELIOS ingegneria

Situazioni non giustificabili

Qualora dopo una prima analisi si ritenga che gli impianti presenti e la situazione aziendale non siano "giustificabili", occorre effettuare degli approfondimenti e passare a misurazioni sul campo.

Come si fanno le misure

- I riferimenti normativi operativi principali sono:
 - Norma CEI 211-6 "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 KHz, con riferimento all'esposizione umana"
 - Norma CEI 211-7 "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 10 KHz - 300 GHz, con riferimento all'esposizione umana"
- Queste sono linee guida fondate su basi scientifiche che contengono utili prescrizioni su come svolgere le campagne di misura.

Campo vicino e lontano

Radiatore corto
 $D \ll \lambda \quad \lambda = 1/f$

Radiatore esteso:
 $D \gg \lambda = 1/f$

RADIAZIONI IONIZZANTI	Diagnostica a raggi X Radioisotopi
RADIAZIONI NON IONIZZANTI	<ul style="list-style-type: none"> UV UVB UVA Laser Lampade Sorgenti termiche Telecomunicazioni Impianti a radio Radioterapia Telefonia cellulare Forni a microonde Piani a radio Emissioni radioelettriche Mercuriterapia Radiometri Saldatura e incollaggio Riscaldamento a induzione
PROIEZIONI NON OTTICHE	<ul style="list-style-type: none"> Metodi termici Metodi ottici Metodi acustici Metodi magnetici Metodi termici Metodi ottici Metodi acustici Metodi magnetici
CAMPI STATICI	<ul style="list-style-type: none"> RFM Elettrostatici

Bassa frequenza (0 - 30kHz)

- Si opera quasi sempre in **campo vicino**, zona all'interno della quale i campi non sono tra loro correlabili; per ogni sorgente monitorata, si devono eseguire misure distinte di campo elettrico E e di campo magnetico H (la sonda utilizzata rimane la stessa, vengono semplicemente modificate le impostazioni di settaggio).
- Il **campo elettrico E** è condizionato dalla presenza del corpo umano: la misura pertanto va effettuata in assenza dell'operatore e/o con tecnico rilevatore a distanza adeguata (minimo mt 5,00), utilizzando il trippiede ed il cavo a fibre ottiche per non interferire con il campo emesso dalla sorgente monitorata.
- La norma CEI 211-6 non definisce tempi di misura, che sono quindi lasciati alla discrezione del tecnico rilevatore.
- La sonda deve essere posizionata a 1 - 1,5 metri di altezza, ovvero presso la posizione dell'organo bersaglio.
- E' sufficiente una sola misura in banda larga, ma se i risultati superano il 75% del pertinente valore di azione, è doveroso ripetere la misura in banda stretta.

Alta frequenza (30kHz - 300 GHz)

- Se le misure vengono effettuate in **campo vicino**, zona all'interno della quale i campi non sono tra loro correlabili, per ogni sorgente monitorata si devono eseguire una misura di campo elettrico E ed una misura di campo magnetico H (si utilizzano pertanto due sensori differenti).
- Se le misure vengono effettuate in **campo lontano**, i campi elettrico e magnetico sono tra loro correlabili secondo la relazione $E = 377 H$; in tal caso è consentito effettuare la misurazione dell'intensità di un campo soltanto ricavando algebricamente l'intensità dell'altro.
- Il campo elettrico in AF non è condizionato dalla presenza dell'operatore le onde lo attraversano (le sonde vengono montate direttamente sullo strumento).
- I **tempi di misura** devono essere di almeno 6 minuti, ed è necessario effettuare almeno 2 misure: a 1, 1 e 1,9 metri da terra; se la differenza fra le due supera del 25% il valore più elevato, allora è indispensabile compiere una terza a 1,5 metri da terra; il risultato è espresso come **media** tra le misure eseguite.

Contenuti del documento di valutazione del rischio CEM

- Premessa**
 - Obiettivo della valutazione;
 - Luogo e data della valutazione;
 - Caratterizzazione del luogo e delle posizioni di lavoro e individuazione degli apparati in grado di emettere campi elettromagnetici (layout);
 - Definizione delle principali caratteristiche delle sorgenti di campo in particolare potenza e frequenza di emissione;
 - Lista degli eventuali standard riferibili agli apparati/sorgenti;
 - Eventuale dimostrazione di giustificazione dell'apparato per cui non è necessario procedere alla misurazione e/o al calcolo.

Contenuti del documento di valutazione del rischio CEM

- Nel caso siano effettuate misurazioni:
 - Descrizione delle condizioni di utilizzo dell'apparato: processo di lavoro, tempi di esposizione, posizione del lavoratore rispetto all'apparato durante le fasi che comportano esposizione al CEM;
 - Caratteristiche della strumentazione di misura e riferimenti dell'ultima taratura;
 - Posizioni di misura, indicate in apposite planimetrie;
 - Condizioni della sorgente durante la misura (posizione dell'operatore, posizione degli altri lavoratori oltre l'operatore, tempo speso nelle postazioni, operazioni, manutenzione e riparazione a distanza dalle sorgenti inferiori a quelle raccomandate dalle istruzioni delle ditte fabbricanti, ecc.);
 - Durata della misura.
- Nel caso vengano effettuate valutazioni tramite calcolo:
 - Software e data-base anatomico utilizzato;
 - Condizioni della sorgente nella modellizzazione.
- Risultati delle misure/dei calcoli
 - Valori misurati e/o calcolati;
 - Incertezza;
 - Indicazione della natura della grandezza misurata o calcolata.

Contenuti del documento di valutazione del rischio CEM

- In relazione al tipo di sorgente ed alla utilizzazione dei risultati, può essere opportuno elaborare questi ultimi in modo da poterli presentare in termini di:
 - Andamenti temporali dei valori globali a banda larga in funzione del tempo e/o della distanza dalla sorgente;
 - Spettri di frequenza;
 - Risultati di analisi puntuali in ambienti/locali particolari.
- Conclusioni con indicazione delle misure di prevenzione e protezione adottate e/o da adottare
 - Si riportano i livelli di rischio identificati (per quanto possibile i dati di esposizione individuali, o in alternativa raggruppati per mansione) e gli interventi suggeriti sulla base di quelli previste dall'articolo 210 D.Lgs. 81/2008 (strutturali e/o procedurali), nonché la descrizione della segnaletica da apporre nei vari ambienti, tramite una o più planimetrie indicanti le aree così identificate.

COMPETENZE DEL TECNICO INCARICATO DI SVOLGERE LA VALUTAZIONE DEI RISCHI

2/6

ELIOS ingegneria

Competenze del personale qualificato

Art. 181 del D.Lgs. 81/2008

- 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.

Secondo il Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome:

- "Personale qualificato": un operatore che abbia sostenuto un corso di qualificazione conclusosi con una valutazione positiva e documentabile dell'apprendimento.

ELIOS ingegneria

Competenze del personale qualificato

Un utile riferimento sono i seguenti documenti:

- "La figura professionale dell'esperto nella valutazione dei rischi da campi elettromagnetici (0 Hz-300 GHz) e da radiazione ottica coerente e incoerente"
- "Profili professionali degli Esperti per la valutazione delle radiazioni ottiche non coerenti-ERO e coerenti-ASL/TSL"
- Consulta Interassociativa Italiana per la Prevenzione: <http://www.ospedalesicuro.eu/>

ELIOS ingegneria

L'esperto di CEM

Livello base:

- Laurea di 1° livello (triennale)
 - Fisica,
 - Ingegneria Elettronica,
 - Ingegneria Elettrotecnica,
 - Ingegneria delle Telecomunicazioni,
 - Ingegneria per la Sicurezza e la Protezione,
 - Tecnico della Prevenzione nell'ambiente e nei luoghi di lavoro,
 - Scienza della Sicurezza e Prevenzione.
- Corso di formazione in CEM e valutazione del rischio di almeno 25 ore con verifica dell'apprendimento

Livello specialistico:

- Laurea tecnica di 2° livello specialistica (quadriennale o superiore) come quelle del livello base
- Aver seguito un corso di formazione professionalizzante teorico-pratico della durata di almeno 40 ore, di cui circa 2/3 di teoria e 1/3 di esercitazioni pratiche e laboratorio.

Aggiornamento professionale di almeno 10 ore nell'arco di 5 anni.

ELIOS ingegneria

Esperto CEM di livello base compiti e responsabilità

- Valutare preventivamente la scelta e l'installazione di nuove sorgenti di campo elettromagnetico per esprimere un parere al datore di lavoro sulla adeguatezza (ergonomia, sicurezza, igienicità) e sulla compatibilità del loro utilizzo con il rispetto dei limiti specifici;
- Effettuare la prima verifica delle installazioni di cui al punto precedente valutando con il medico competente (ove previsto) eventuali situazioni di rischio specifico come, ad esempio, l'utilizzo da parte di lavoratori di dispositivi medici impiantabili;
- Definire i criteri per la caratterizzazione dei livelli ambientali di campo elettromagnetico presenti nei luoghi di lavoro;
- Definire un piano di tarature periodiche degli strumenti per la misura dei campi elettromagnetici e verificarne le buone condizioni;

ELIOS ingegneria

Esperto CEM di livello base compiti e responsabilità

- Procedere periodicamente alla determinazione dei livelli di esposizione ai campi elettromagnetici, **tramite misure in banda larga o calcoli;**
- Segnalare** al datore di lavoro la necessità di procedere ad analisi più accurate con sistemi di misura in banda stretta (a cura dell'Esperto di livello specialistico) **nel caso in cui l'esito delle misure in banda larga abbia evidenziato livelli significativamente prossimi ai valori di azione** (superiori al 75% del più piccolo dei valori di azione nella banda di frequenza analizzata);

ELIOS ingegneria

Esperto CEM di livello base compiti e responsabilità

- Redigere un rapporto dei risultati e segnalando al datore di lavoro situazioni quali:
 - superamento dei valori di azione sulla base delle valutazioni effettuate e/o delle verifiche strumentali eseguite dall'esperto a livello specialistico
 - possibilità di superamento dei limiti, sulla base delle verifiche effettuate dall'esperto a livello specialistico tramite valutazione delle grandezze dosimetriche;
 - superamento livelli di immunità dei dispositivi elettromedicali presenti, sulla base delle verifiche effettuate dall'esperto a livello specialistico;
 - problematiche relative ad effetti indiretti (rischio impulsivo oggetti ferromagnetici in campi magnetici statici, innesco di detonatori, ecc.);
 - livelli di esposizione critici per situazioni di rischio specifico preventivamente segnalate (es. specifiche disabilità o suscettibilità individuali, d'intesa col medico competente;

ELIOS ingegneria

Esperto CEM di livello base compiti e responsabilità

- Identificare le aree di lavoro in cui i lavoratori possono essere esposti a campi elettromagnetici che superino i valori di azione al fine dell'apposizione della segnaletica, e limitarne l'accesso, laddove ciò sia tecnicamente possibile e vi sia il rischio di superamento dei valori limite di esposizione (art. 5, comma 3, Direttiva Europea 2004/40/CE);
- Valutare il grado di efficacia degli interventi di prevenzione adottati o realizzati;
- Definire strategie di controllo per il mantenimento ed il miglioramento delle condizioni raggiunte;
- Consigliare il datore di lavoro circa l'interpretazione e l'applicazione delle normative nazionali e comunitarie in materia;
- Promuovere l'informazione e la formazione di tutti i livelli aziendali coinvolti, collaborando direttamente alla realizzazione di tali iniziative ove richiesto, d'intesa col medico competente.

ELIOS ingegneria

Esperto CEM di livello specialistico


Oltre a quanto previsto per il livello di base:

- verificare il superamento dei valori di azione;
 - nel caso di superamento dei valori di azione, dimostrare che i valori limite non sono superati oppure definire e attuare un programma d'azione che comprenda misure tecniche, organizzative e procedurali intese a prevenire esposizioni superiori ai valori limite;
- verificare il superamento dei livelli di immunità dei dispositivi elettromedicali presenti;
- individuare e/o cooperare alla scelta delle misure di protezione collettiva e individuale, ivi compresi i DPI;
- verificare il superamento dei limiti;
 - nel caso di superamento dei limiti, predisporre un piano che preveda interventi tecnici, organizzativi, procedurali per la riduzione dei livelli di esposizione dei lavoratori con interventi di bonifica sulle sorgenti, sugli ambienti di lavoro ed elementi tecnici utili alla modifica delle norme comportamentali per i lavoratori.

ELIOS ingegneria


LIMITI D'ESPOSIZIONE

3/6

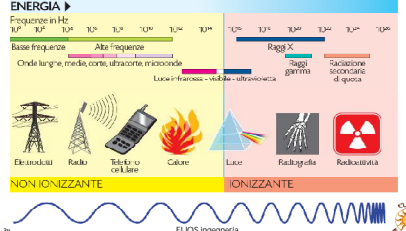


Limiti di esposizione

- Valori limite di esposizione:** limiti all'esposizione a campi elettromagnetici 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;
- Valori di azione:** l'entità dei parametri direttamente misurabili.
- Il rispetto di questi valori assicura il rispetto dei pertinenti valori limite di esposizione, il fattore di protezione per i lavoratori è circa 10.




Radiazioni elettromagnetiche



ENERGIA

NON IONIZZANTE: Elettromagnetici, Radio, Telefoni cellulari, Calore, Luci.

IONIZZANTE: Raggi X, Raggi gamma, Radiazione secondaria di energia, Radionuclidi.




Valori limite

Sono restrizioni di base ICNIRP in termini delle grandezze dosimetriche:

- AF:**
 - SAR (tasso di assorbimento specifico) mediato sul corpo intero o e locale (testa, tronco e arti), media temporale su periodi di 6 minuti
$$SAR = c \frac{\Delta T}{\Delta t}$$


c = calore specifico
- S** (densità di potenza o vettore di Poynting) $S = \vec{E} \times \vec{H}$
- BF:**
 - \vec{J} (densità di corrente) indotta nella testa e nel tronco, valore istantaneo
$$\vec{J} = \sigma \vec{E}$$

σ = conducibilità elettrica



Valori limite

Intervallo di frequenza	Densità di corrente per corpo e tronco \vec{J} (mA/m ²) (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 ²)
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




Valori di azione

- livelli di riferimento ICNIRP in termini delle grandezze monitorabili:
 - campo elettrico
 - campo magnetico
 - densità di potenza
 - corrente negli arti
 - corrente di contatto
- i livelli di riferimento sono soggetti a criteri di media temporale e spaziale in funzione della frequenza considerata e della grandezza di base di interesse




Intervallo di frequenza	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Induzione magnetica B (µT)	Densità di potenza di onda piana S _{av} (W/m ²)	Corrente di contatto I _c (mA)	Corrente indotta attraverso gli arti I _a (mA)
0 - 1 Hz	/	1,63 x 10 ¹	2 x 10 ²	/	1,0	/
1 - 8 Hz	20000	1,43 x 10 ²	2 x 10 ² f ^{0,5}	/	1,0	/
8 - 75 Hz	20000	2 x 10 ² f ^{0,5}	2,5 x 10 ² f ^{0,5}	/	1,0	/
0,025 - 0,82 kHz	500 f	20 f	2,5 f	/	1,0	/
0,82 - 2,5 kHz	610	24,4	30,7	/	1,0	/
2,5 - 65 kHz	610	34,4	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 ^{0,5}	0,008 f ^{0,5}	0,01 f ^{0,5}	f/40	/	/
2 - 300 GHz	137	0,36	0,45	50	/	/



Valutazione delle misure


- Sicuramente se le grandezze misurate sono al di sotto dei valori di azione, il tasso di assorbimento specifico non è pericoloso per il lavoratore
- Se invece una grandezza supera il valore d'azione occorre fare ulteriori indagini, ma non è detto che sia superato il valore limite



Superamento dei limiti d'azione

Art. 209 D.Lgs. 81/2008

...qualora risulti che sono superati i valori di azione, il datore di lavoro valuta e, quando necessario, calcola se i valori limite di esposizione sono stati superati.



È obbligatorio rispettare i limiti?

- Fino al 30/04/2012 no, non saranno richiedibili e sanzionabili le inottemperanze agli obblighi dal Capo IV e dal Capo V del Titolo VIII del DLgs. 81/2008,
- Ma resteranno validi, richiedibili e sanzionabili i principi generali affermati nel Titolo I, e nel Titolo VIII Capo I D.Lgs. 81/2008.
 - Es. Valutazione dei rischi e riduzione dei rischi al di sotto dei valori limite

46 ELIOS ingegneria

ESEMPI DI SITUAZIONI A RISCHIO

4/6

47 ELIOS ingegneria

Superamento dei limiti d'azione

- Forno ad induzione per fusione metalli non schermato
- F= 20 kHz

- Livelli d'azione:
- Lavoratori B= 30.7 µT
- Popolazione B= 6 µT

48 ELIOS ingegneria

Superamento dei limiti d'azione

- Saldatrice elettrica f=10 kHz

Campo magnetico rilevato:

100 µTesla - 10 mTesla
con picchi superiori ai 100 mTesla

- Livelli d'azione:
- Lavoratori B= 30.7 µT
- Popolazione B= 6 µT

49 ELIOS ingegneria

Superamento dei limiti d'azione

- Riscaldatori dielettrici

50 ELIOS ingegneria

Superamento dei limiti d'azione

Riscaldatori dielettrici

- Incollaggio della plastica
- Incollaggio del legno

51 ELIOS ingegneria

Superamento dei limiti d'azione

	Frequenza	Potenza	Misure ¹	Limiti ²
	[MHz]	[kW]	[V/m]	[V/m]
Incollaggio del legno	3 - 15	0.5 - 50	300 - 500	200 - 60
Saldatura della plastica	10 - 50			60

Il campo decade molto rapidamente allontanandosi dall'applicatore. Valori inferiori si hanno si raggiungono a distanze di circa 30 - 120 cm. Il ciclo di lavoro può avere una fase attiva lunga da alcune decine di secondi ad alcuni minuti ed una pausa di lunghezza dipendente dalla lavorazione.

- Valori indicativi rilevati a circa 25 centimetri dall'applicatore
- Direttiva 2004/40/CE

I valori di campo riscontrabili in ambiente di lavoro possono porre - per problemi di compatibilità elettromagnetica - severe limitazioni alla strumentazione utilizzabile

52 ELIOS ingegneria

Superamento dei limiti d'azione

Smerigliatrice f=50 Hz

Campo magnetico rilevato:
600 µT

- Livelli d'azione:
- Lavoratori B= 500 µT
- Popolazione B= 100 µT

53 ELIOS ingegneria

STRUMENTI DI MISURA

5/6

54 ELIOS ingegneria

Strumenti per le misurazioni

- Strumenti semplici
- Strumenti professionali
 - Strumenti di misura
 - Sonde di tensione




55 ELIOS ingegneria

Strumenti per le misurazioni

Fattori che influenzano la selezione della strumentazione:

- Modalità di misura (banda larga/stretta)
- Frequenza
- Posizione del sito di misura rispetto alla sorgente
- Grandezza da misurare (campo E/campo H)



56 ELIOS ingegneria

Strumenti per le misurazioni

- Le misure possono essere fatte in Banda Larga o Banda Stretta:
- Banda larga: un unico valore indica il livello complessivo di campo elettromagnetico presente nel sito di misura
- Banda stretta: una misura per ogni sorgente




57 ELIOS ingegneria

Strumenti per le misurazioni

Misure a banda larga

- Sono più pratiche, semplici e veloci.
- Richiedono strumentazione più economica, il cui utilizzo presuppone minori competenze.
- Forniscono risultati più immediati e sintetici.
- L'operatore non ha il pieno controllo su cosa sta effettivamente misurando



58 ELIOS ingegneria

Strumenti per le misurazioni

Esempio di sensore di campo elettrico a banda larga (da 100 kHz a 3 GHz, da 1 a 800 V/m)



59 ELIOS ingegneria


Strumenti per le misurazioni

Misure a banda stretta

- Forniscono una caratterizzazione completa delle situazioni complesse, poiché permettono di determinare frequenza, ampiezza ed occupazione di banda di ciascuna sorgente presente.
- Richiedono strumentazione costosa e notevole competenza specifica.

Quando sono necessaria?

- Quando sono presenti sorgenti in diverse "bande normative"
- Quando, in caso di superamento del limite di sicurezza, è necessario attribuire a ciascuna sorgente il proprio contributo



60 ELIOS ingegneria

Strumenti per le misurazioni

Esempi di apparati per misure a banda stretta




61 ELIOS ingegneria

Campi reattivi (campi elettrici e magnetici)	Campi radiativi (campi elettromagnetici)	
La relazione tra E ed H è complessa (dipende dalle caratteristiche interne della sorgente) e di solito sconosciuta	E/H = 377 Ω	
Di regola, si devono misurare entrambe le componenti E ed H con sonde specifiche, a meno che non si possa dire a priori che una delle due è trascurabile	È sufficiente misurare soltanto E oppure soltanto H (di solito si preferisce E)	
Elevati gradienti spaziali	Frangere di interferenza (N/5)	Diagramma di radiazione regolare
$0 < r \leq \lambda$	$\lambda < r \leq 2D^2/\lambda$ solo per sorgenti grandi	$r > \lambda$ and $r > 2D^2/\lambda$
Occorre usare sonde di piccole dimensioni (<<λ) per separare E ed H	Occorre usare sonde di piccole dimensioni (<<λ) per rilevare i punti caldi e freddi	Si possono usare sonde di grandi dimensioni (antenne riceventi)
Campo vicino		Campo lontano

62 ELIOS ingegneria

MISURE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE PER IL CONTENIMENTO DEL RISCHIO

6/6




63 ELIOS ingegneria

Contenimento del rischio

Si può limitarne l'effetto con:

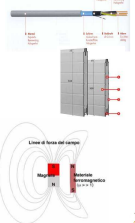
- la corretta scelta iniziale della disposizione dei locali;
- isolando l'area dalla rete e verificando la corretta messa a terra;
- eliminazione di superfici riflettenti;
- schermato la sorgente;
- remotizzazione del controllo della sorgente;
- limitazione degli accessi;



64 ELIOS ingegneria

Contenimento del rischio

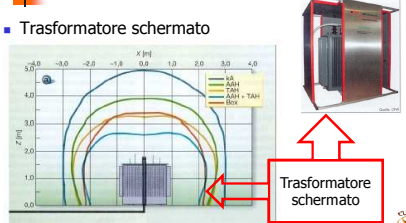
- Installazione di
 - Cavi schermati
 - Pannelli schermi metallici
 - Pannelli ferromagnetici



65 ELIOS ingegneria

Contenimento del rischio

- Trasformatore schermato




66 ELIOS ingegneria

Contenimento del rischio

- Forno ad induzione per fusione metalli non schermato

F = 20 kHz

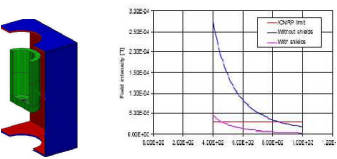


- Livelli d'azione:
 - Lavoratori B = 30.7 μT
 - Popolazione B = 6 μT

67 ELIOS ingegneria

Contenimento del rischio

- Forno ad induzione per fusione metalli schermato



- Livelli d'azione non superati

68 ELIOS ingegneria

Contenimento del rischio

- Forno ad induzione per fusione metalli schermato



- Livelli d'azione non superati
- L'attenuazione migliora aumentando la distanza tra schermo e sorgente

69 ELIOS ingegneria

Contenimento del rischio

- Le macchine che possono essere sorgenti di radiazioni elettromagnetiche intenzionale, ovvero necessaria per svolgere un determinato processo, devono attenersi alla *Direttiva macchine* - D.Lgs. 17/2010
- Il costruttore deve costruire la macchina limitando l'emissione a quanto necessario per il funzionamento
- Deve attenersi alla **UNI EN 12198-1:2009**
 - In funzione del livello di emissione deve classificare la macchina in 3 categorie:
 - 0 Nessuna restrizione
 - 1 Possono essere necessarie limitazioni d'accesso e misure di protezione
 - 2 Restrizioni speciali e misure di protezione obbligatorie (emissioni > livelli azione per i lavoratori)

70 ELIOS ingegneria

Contenimento del rischio

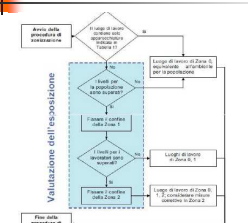
Le macchine di categoria 1 e 2 devono essere marcate con

- Segnale di sicurezza indicante il tipo di emissione
- Il numero della categoria (cat. 1 o 2)
- Il riferimento alla norma EN 12198



71 ELIOS ingegneria

Zonizzazione - EN 50499



72 ELIOS ingegneria

Contenimento del rischio

- Misure procedurali ed addestramento dei lavoratori
- Controllo degli accessi per soggetti con controindicazioni a partire dalle zone 1
- Modalità corrette di lavoro per ridurre il rischio
- Idoneità dei lavoratori che operano in zona 1 e o 2
- Segnalazione idonea delle zone 1 e 2

73 ELIOS ingegneria

Contenimento del rischio

- I luoghi di lavoro in cui i lavoratori possono essere esposti a campi EM che superano i valori di azione devono essere indicati da apposita segnaletica
- L'accesso deve essere limitato
- Concludendo il rischio è contenibile:
 - Acquistando apparecchiature a bassa emissione
 - Ricollocando le sorgenti in appositi locali e limitando le superfici riflettenti
 - Schermando le sorgenti, tuttavia i campi elettromagnetici non sono facili né da valutare né da schermare
 - Limitando l'accesso alle aree ed informando i lavoratori del pericolo al quale sono esposti in modo da permettere la turnazione del personale.

74 ELIOS ingegneria

Contenimento del rischio

I campi elettromagnetici possono essere limitati:

- in fase di progetto
 - costi: quasi esclusivamente intellettuali
- a posteriori
 - i costi variano in funzione degli obiettivi

75 ELIOS ingegneria

Effetti dei CEM a breve termine

- Basse frequenze (0-300 Hz)

Densità di corrente HZ	Effetti	
1-10	Effetti biologici minori	Correnti fisiologiche normali
10-100	Effetti sul sistema nervoso	Fosfeni Vertigini Sapore metallico
100-1000	Contrazioni muscolari	Contrazioni dei muscoli
>1000	Tetaniizzazione	Contrazioni del cuore

76 ELIOS ingegneria

Fosfeni

77 ELIOS ingegneria

Visione fosfenica

78 ELIOS ingegneria

Effetti dei CEM a breve termine

Alte frequenze (>300 Hz)

Le onde EM attraversano il corpo e mettono in oscillazione le molecole d'acqua provocando un generale **riscaldamento** del corpo le frequenze più pericolose sono (30-300 MHz) perché la lunghezza d'onda è circa l'altezza di un individuo adulto quindi può andare in risonanza.

Per i bambini le frequenze più pericolose sono (300-400 MHz) quindi anche con energia maggiore.

79 ELIOS ingegneria

Effetti dei CEM a breve termine

- Alte frequenze (>300 Hz)

SAR	Effetti	
1-4	Aumento della temperatura di 1°C	Nervosismo Stress
10-100	Ipertermia	Inibizione spermatogenesi
100 locale	Ipertermia	Induzione della cataratta
100 medio	Ipertermia generalizzata	Cottura

80 ELIOS ingegneria


Effetti dei CEM a lungo termine

- Attualmente le ricerche stanno cercando di chiarire alcuni aspetti considerati particolarmente critici:
 - l'eventuale rapporto tra i campi ad alta frequenza o quelli a bassissima frequenza e alcuni tipi di tumori,
 - i disturbi della funzione riproduttiva,
 - alcune malformazioni congenite,
 - l'epilessia,
 - le cefalee ed altri disturbi neurofisiologici (come amnesie o depressioni),
 - disturbi del sistema immunitario, Alzheimer, Parkinson, artrite reumatoide
 - degenerazione del tessuto oculare,
 - l'aumento del rischio dell'insorgenza di effetti negativi in alcuni soggetti come i bambini, le gestanti o gli anziani.

81 ELIOS ingegneria

Conclusioni

- Valutazione dei rischi
- Tecnico Competente in CEM
- Limiti di esposizione
- Luoghi di lavoro a rischio
- Strumentazione
- Contenimento del rischio



ELIOS ingegneria

... per ora abbiamo terminato !

RINGRAZIO TUTTI PER LA
CORTESE ATTENZIONE

Arrivederci !



ELIOS ingegneria



ELIOS ingegneria
Via del Redolone – Loc. Ponte Stella
Serravalle Pistoiese (PT)
www.eliosingegneria.it
Tel. 0573 527074 Fax. 0573 520970