



Ordine degli Ingegneri di Roma

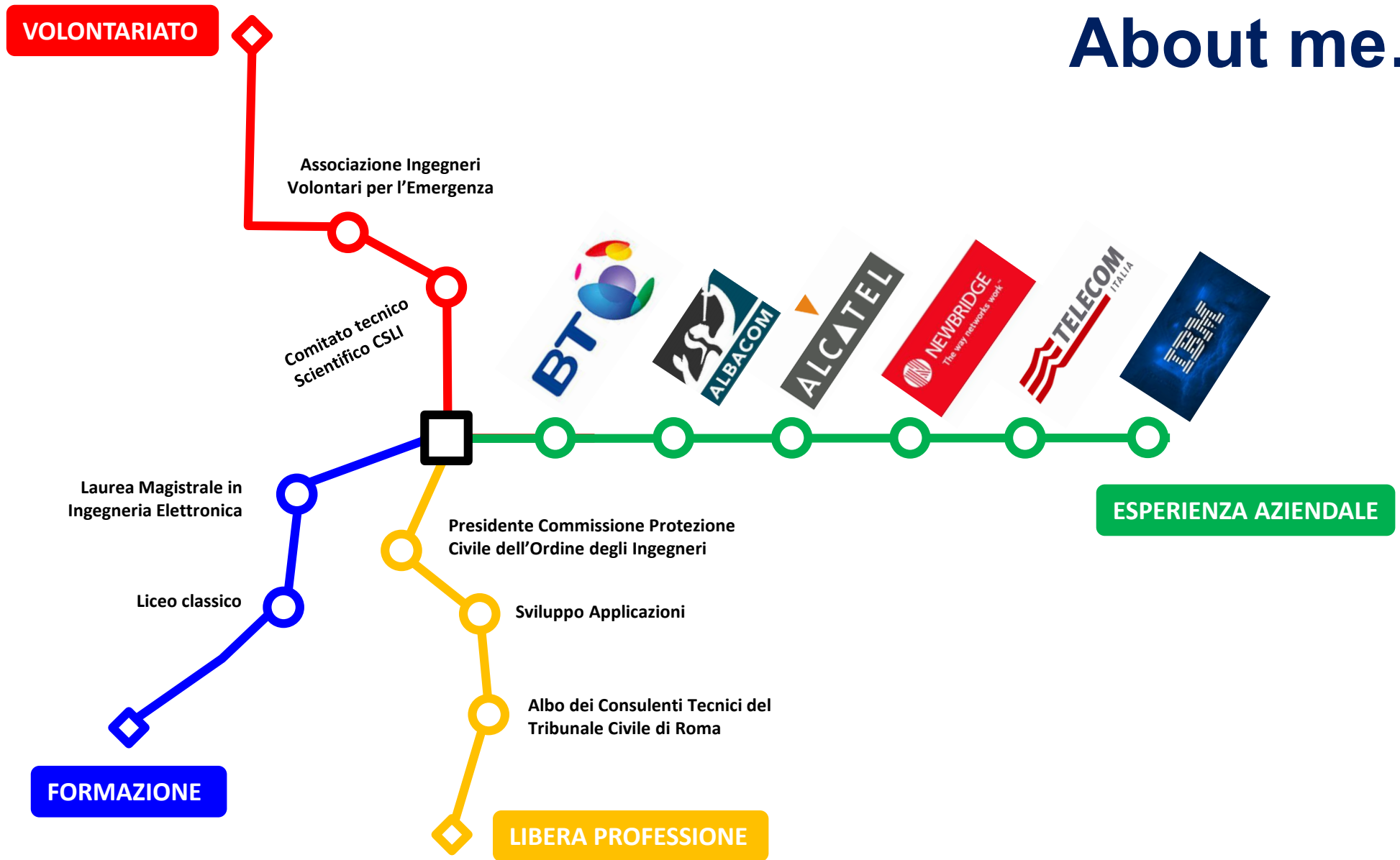
Ufficio Servizi per il Territorio

Esposizione ai Campi Elettromagnetici Valutazione del rischio nei luoghi di lavoro

Ing. Alessio Caminada



About me...



Agenda di Oggi



Introduzione.

Prima parte

Rischio e Percezione del rischio.

Conoscere i campi Elettromagnetici.

Generalità sull'esposizione ai CEM.

Normativa Vigente.



Pausa!

Seconda Parte

5G e Telefonia Mobile.

Misura dei CEM.

Indicazioni operative per proteggere i lavoratori dai rischi di esposizione a campi elettromagnetici.

Conclusioni.



Agenda di Oggi



Introduzione.

Prima parte

Rischio e Percezione del rischio.

Conoscere i campi Elettromagnetici.

Generalità sull'esposizione ai CEM.

Normativa Vigente.



Seconda Parte

5G e Telefonia Mobile.

Misura dei CEM.

Indicazioni operative per proteggere i lavoratori dai rischi di esposizione a campi elettromagnetici.

Conclusioni.



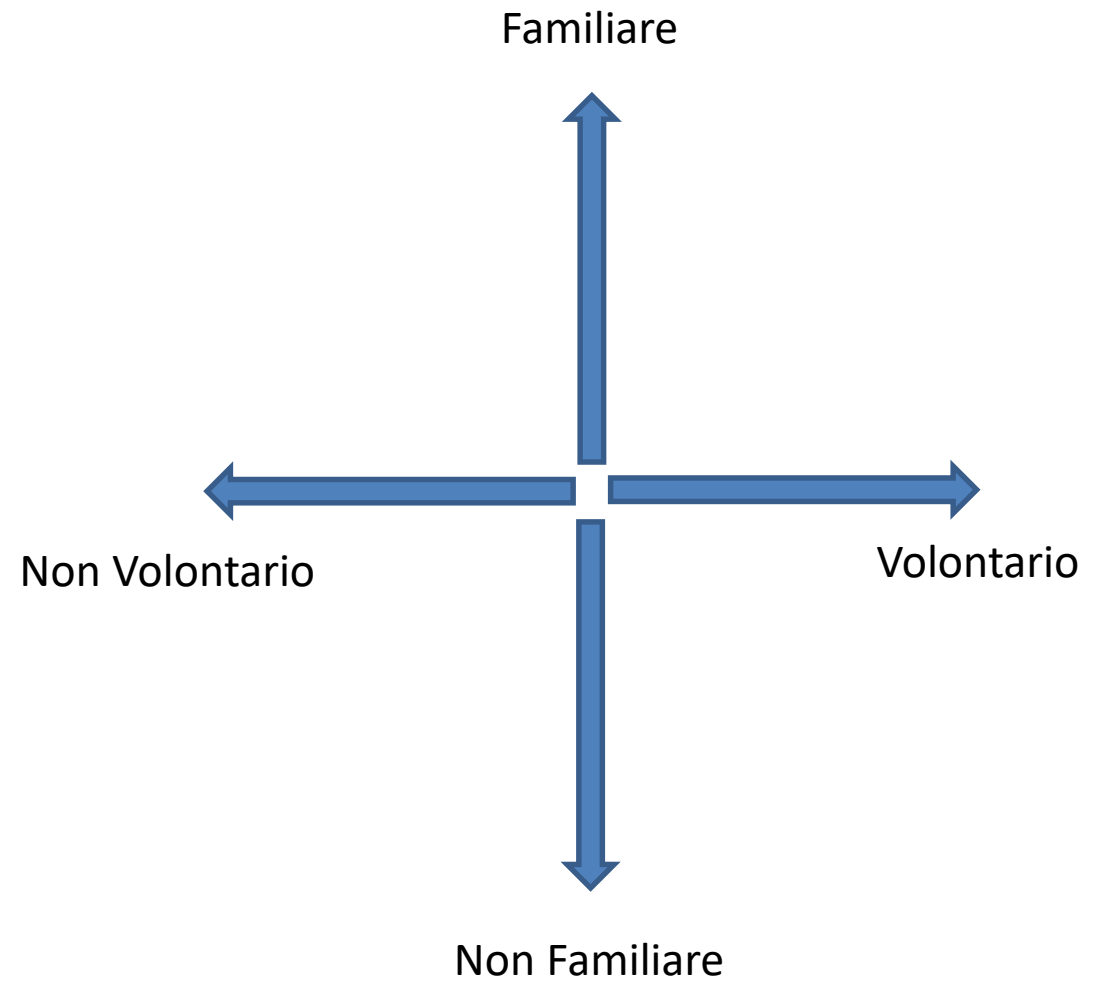
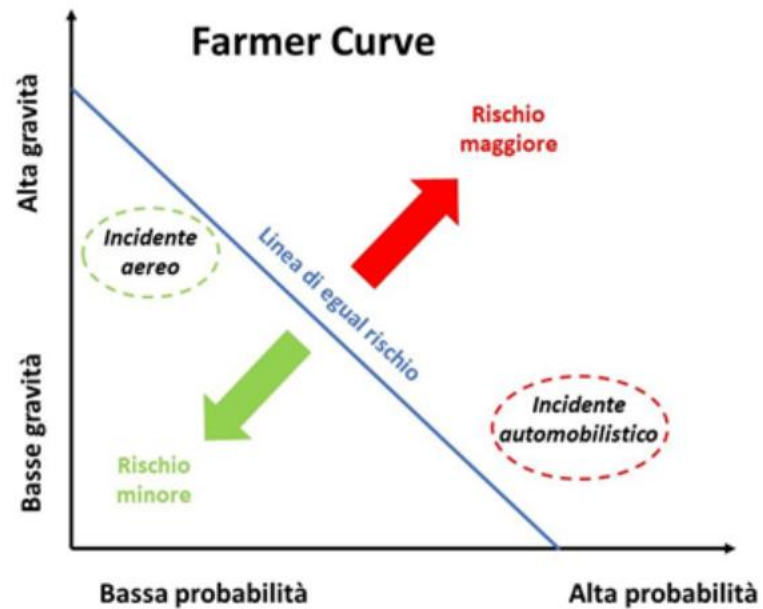
Rischio e Pericolo

Rischi Naturali e Antropici come prodotto di:



Concetto di Rischio Accettabile e Residuo

La Percezione del Rischio



La Valutazione del rischio

LA VALUTAZIONE DEL PUBBLICO (PERCEZIONE DEL RISCHIO)	LA VALUTAZIONE DELL'ESPERTO (DEFINIZIONE DEL RISCHIO)
• Adotta un approccio intuitivo per quantificare i rischi • Si basa su informazioni che provengono da diversi canali (mezzi di informazione, considerazioni generali, impressioni) • E' un processo individuale • Dà importanza alle emozioni e alle percezioni soggettive • Pone l'accento sulla sicurezza • Tende a trattare situazioni e preferenze individuali • Usa informazioni locali e relative alla situazione specifica, o dati aneddotici	• Adotta un approccio scientifico per quantificare i rischi • Si basa su informazioni tecniche trasmesse attraverso canali ben definiti (studi scientifici) • E' prodotta da gruppi scientifici • Dà importanza a fatti scientifici oggettivi • Pone l'accento sul rapporto costi/benefici della tecnologia • Tende a convalidare le informazioni • Usa concetti probabilistici (medie, distribuzioni...)



Dove Sono più Esposto ?

- Quando telefono in macchina
- Quando non telefono in macchina
- Viaggio In Treno
- Cena con amici
- Centro commerciale

Cosa mi fa più paura ?

- Tralicci
- Microonde
- Asciugacapelli
- Rasoio (elettrico)





Rischio e Pericolo

Campi elettromagnetici a confronto

Fonte: PowerWatch

Telefono cellulare tenuto vicino alla testa	10 ÷ 150 V/m*
Telefono Cordless DECT tenuto vicino alla testa	10 ÷ 80 V/m
Forno a microonde a 1 metro	1 ÷ 6 V/m
Computer portatile Wi-Fi tenuto in grembo	1 ÷ 5 V/m
Router Wi-Fi a 50 cm	1 ÷ 2 V/m
Torre del telefono cellulare a 150 metri	0,5 ÷ 2 V/m
Unità base DECT a 50 cm	0,5 ÷ 2 V/m
Monitor digitale per bambini a 1 metro dal bambino	0,3 ÷ 0,7 V/m
Apparecchio Bluetooth a 50 cm	0,3 ÷ 0,7 V/m
Unità base DECT a 3 metri	0,2 ÷ 0,4 V/m
Router Wi-Fi a 5 metri	0,1 ÷ 0,2 V/m

* Volt per metro

Elettrodomestici (50 Hz)	campo magnetico in µT a ...		
	3 cm	30 cm	100 cm
apricatole	1.000 - 2.000	3,5 - 30	0,07 - 1
asciugabiancheria	0,3 - 8	0,08 - 0,3	0,02 - 0,06
asciugacapelli	6 - 2.000	<0,01 - 1	<0,01 - 3
aspirapolvere	200 - 800	2 - 20	0,13 - 2
coperta elettrica	2 - 3	0,1 - 0,2	<0,05
ferro da stiro	8 - 30	0,12 - 0,3	0,01 - 0,025
forno a microonde	75 - 200	4 - 8	0,25 - 0,6
forno elettrico	1 - 50	0,15 - 0,5	0,04 - 0,019
frigorifero	0,5 - 1,7	0,01 - 0,25	<0,01
lampada da tavolo	40 - 400	0,5 - 2	0,02 - 0,25
lavastoviglie	3,5 - 20	0,6 - 3	0,07 - 0,3
lavatrice	0,8 - 50	0,15 - 30	0,01 - 0,15
rasoio elettrico	15 - 1.500	0,08 - 7	<0,01 - 0,3

	A ridosso	10 cm	20cm	30cm
Asciugacapelli	40+100	40	5	1,5
Aspiratore	2+235	20	7	3
Frullatore	50+230	14	3,5	1,5
Ventilatore	30+50	2,9	0,4	0,15
Lampada ad incandescenza	60	3,8	0,85	0,27
Radio registratore	0,3+15	2	0,8	0,4
Coperta elettrica	0,4+2,3	0,25	0,18	0,13
Televisore 14"	2+7	2,5	1	0,5
Rasoio	50+1300	20	5	1,7
Lavatrice	0,1+27,5	12,6	10	7,2
Lavastoviglie	0,3+3,4	0,2	0,11	0,1
Frigorifero	0,5+1,7	1,5	1	0,25

* I valori sono indicati in microtesla (µT)



Ing. Alessio Caminada

Esposizione ai Campi Elettromagnetici: Valutazione del rischio nei luoghi di lavoro

Vero o Falso



Agenda di Oggi



Introduzione.

Prima parte

Rischio e Percezione del rischio.

Conoscere i campi Elettromagnetici.

Generalità sull'esposizione ai CEM.

Normativa Vigente.



Seconda Parte

5G e Telefonia Mobile.

Misura dei CEM.

Indicazioni operative per proteggere i lavoratori dai rischi di esposizione a campi elettromagnetici.

Conclusioni.



Unità di Misura

Simbolo	Grandezza	Nome	Unità
I	Corrente	Ampere	A
Q	Carica Elettrica	Coulomb	C
V	Differenza di potenziale	Volt	V
R	Resistenza	Ohm	Ω
P	Potenza Elettrica	Watt	W
C	Capacità Elettrica	Faraday	F
ϵ	Permittività Elettrica	Faraday/metro	F/m
H	Campo Magnetico	Ampere/metro	A/m
ϕ_m	Flusso Magnetico	Weber	Wb
B	Densità di flusso magnetico	Tesla	$T = \text{Wb/m}^2$
L	Induttanza	Henry	H
μ	Permeabilità magnetica	Henry/m	H/m

Leggi dispari di Maxwell

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\mathbf{D} = \varepsilon \mathbf{E} = \varepsilon_0 \varepsilon_r \mathbf{E} \quad \mathbf{H} = \frac{\mathbf{B}}{\mu} = \frac{\mathbf{B}}{\mu_0 \mu_r}$$

$$\mu_0 \approx 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$$

$$\varepsilon_0 = 8,854\,187\,8128(13) \cdot 10^{-12} \text{ C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}$$

Leggi pari di Maxwell

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

Legge di Faraday: descrive il fenomeno dell'[induzione elettromagnetica](#), il quale si verifica quando il [flusso del campo magnetico](#) attraverso la superficie delimitata da un [circuito elettrico](#) è variabile nel tempo.

Si genera una [forza elettromotrice](#) indotta pari all'opposto della [variazione temporale](#) del flusso.

$$\mathbf{D} = \varepsilon \mathbf{E} = \varepsilon_0 \varepsilon_r \mathbf{E} \quad \mathbf{H} = \frac{\mathbf{B}}{\mu} = \frac{\mathbf{B}}{\mu_0 \mu_r}$$

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{J} + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$$

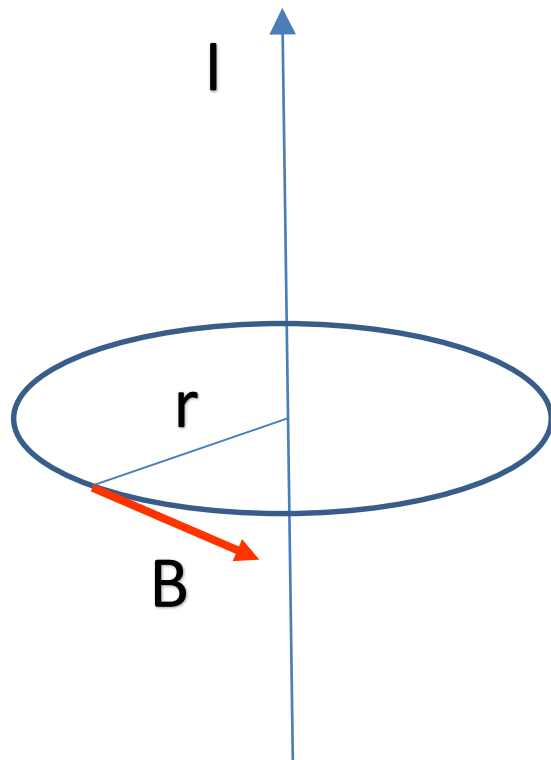
Teorema di Ampère afferma che l'[integrale](#) lungo una [linea chiusa](#) del [campo magnetico](#) è uguale alla somma delle [correnti elettriche](#) a essa concatenate moltiplicata per la costante di [permeabilità magnetica](#) del vuoto.

Più la corrente di spostamento, che non è una corrente vera e propria, ma un effetto della variazione di campo elettrico che determina un campo magnetico come farebbe una corrente.

$$\mu_0 \approx 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$$

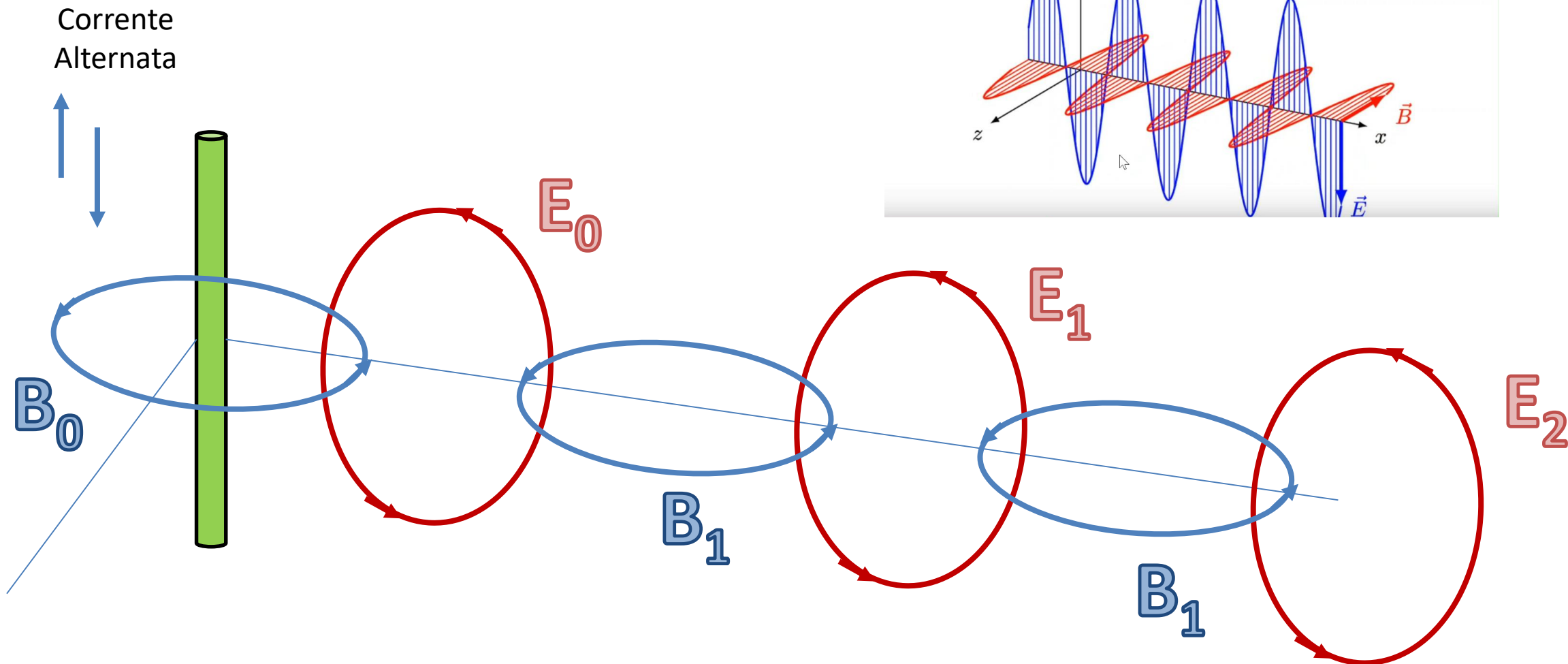
$$\varepsilon_0 = 8,854\,187\,8128(13) \cdot 10^{-12} \text{ C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}$$

Effetto di una corrente continua rettilinea

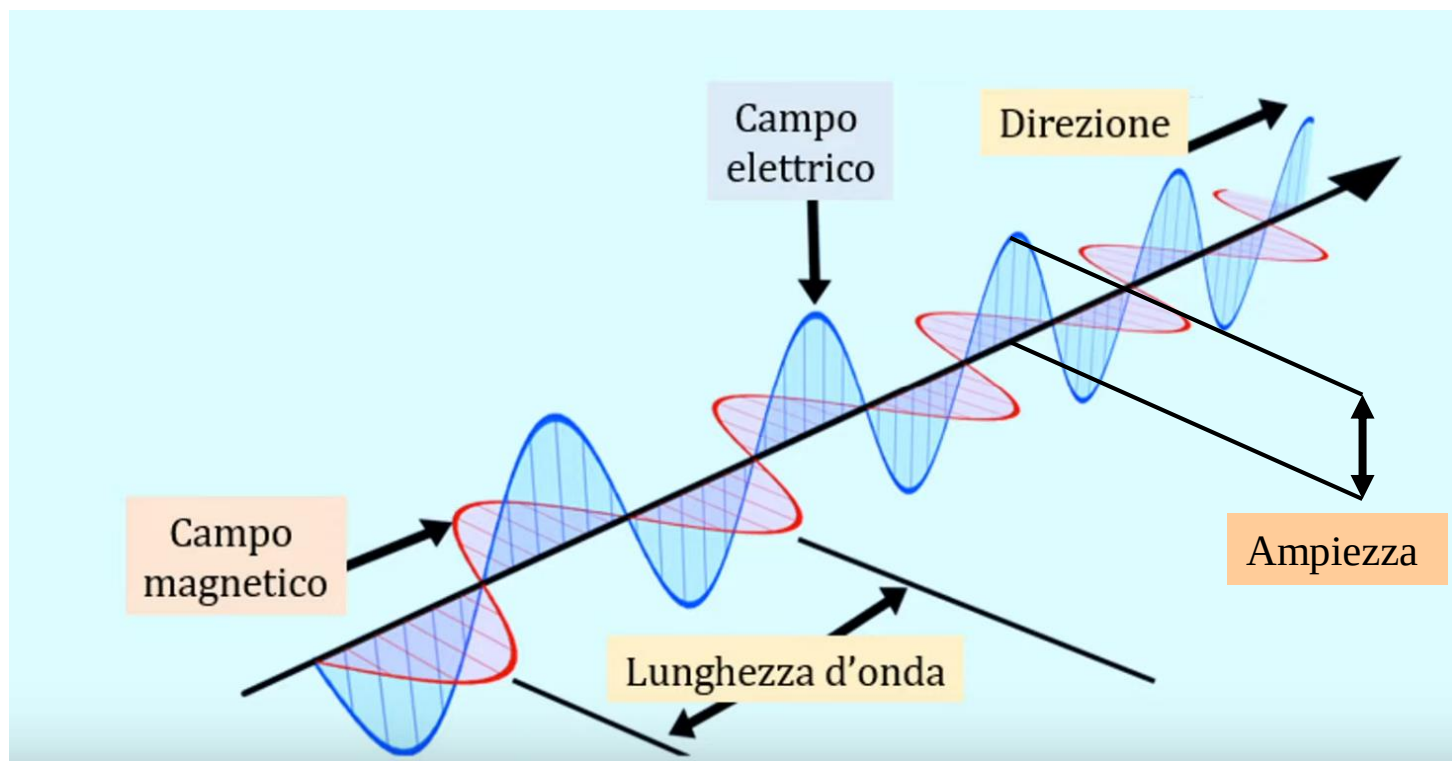


$$B = \frac{\mu I}{2 \pi r}$$

Come si genera un'onda



Onda Elettromagnetica



I vettori campo elettrico e magnetico sono perpendicolari ed in fase

$$E = E_{\max} \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} - \frac{2\pi}{T} t \right)$$

$$B = B_{\max} \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} - \frac{2\pi}{T} t \right)$$

Le Onde Elettromagnetiche si propagano anche nel vuoto in maniera autoconsistente

L'intensità di un'onda ad una distanza r dalla sorgente, è data dal rapporto tra la potenza e la superficie:

$$I = \frac{\text{Potenza}}{\text{Superficie}} = \frac{P_r}{4\pi r^2}$$

Lo Spettro Elettromagnetico



Agenda di Oggi



Introduzione.

Prima parte

Rischio e Percezione del rischio.

Conoscere i campi Elettromagnetici.

Generalità sull'esposizione ai CEM.

Normativa Vigente.



Seconda Parte

5G e Telefonia Mobile.

Misura dei CEM.

Indicazioni operative per proteggere i lavoratori dai rischi di esposizione a campi elettromagnetici.

Conclusioni.



Radiazioni Ionizzanti

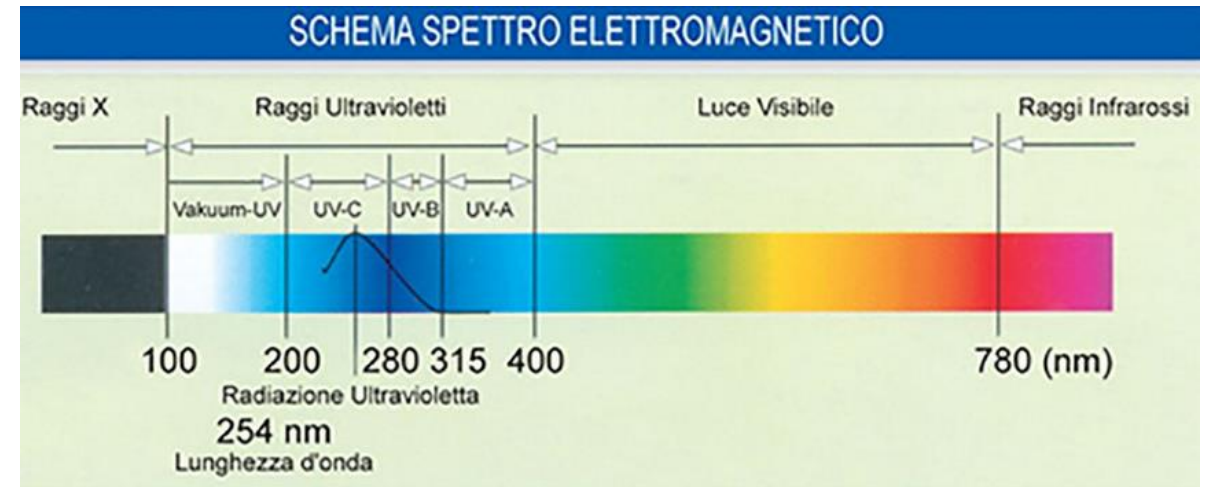
Hanno energia sufficiente a causare l'alterazione dei legami chimici e delle strutture atomiche (ionizzazione)

Direttamente ionizzanti: particelle cariche (alfa, beta, elettroni)

Indirettamente ionizzanti: Neutroni, fotoni (UV tipo C, raggi gamma e X)

Possono indurre danni genetici e cancro

Producono effetti sia per esposizione acuta (intensità) sia per esposizione cronica (durata → effetto cumulativo)



$$E = h f$$

$$h = 4.13 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$$

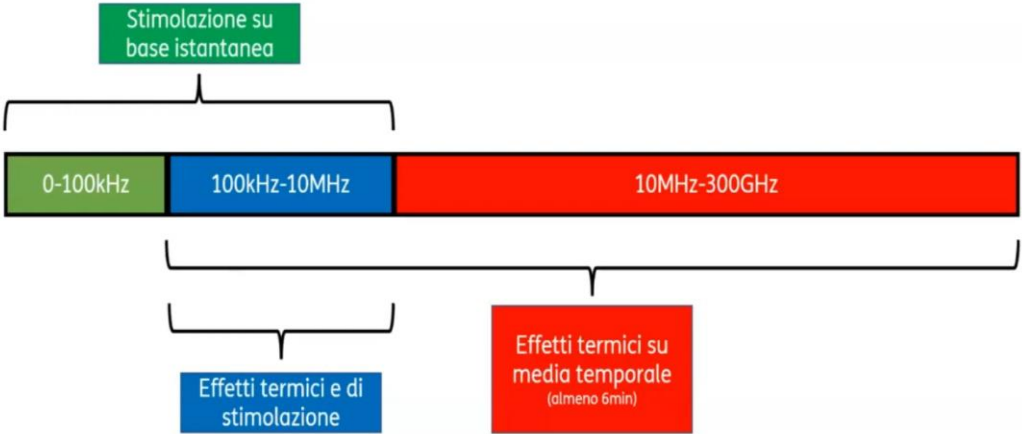


$$\lambda = 100 \text{ nm} \rightarrow = 12.3 \text{ eV}$$

CEM: Effetti Avversi Acuti

Sono quelli per i quali è stato sperimentalmente accertato un nesso di causalità con l'esposizione al campo

Sono effetti a **breve termine** di tipo **deterministico**,
cioè si verificano entro un breve tempo
dall'esposizione al campo ogni volta che si raggiunge
un determinato **valore di soglia**.



Campo e frequenza	Effetti sensoriali	Effetti per la salute
Campo magnetico statico 0-1 Hz	Vertigini, nausea, gusto metallico	Alterazioni del flusso ematico negli arti e delle funzioni cerebrali; Alterazioni della funzione cardiaca
Campi a bassa frequenza 1 Hz-10 MHz	Fosfeni (percezioni di lampi di luce) (Lievi alterazioni delle funzioni cerebrali 1-400 Hz)	Formicolio o dolore (stimolazione nervosa) Spasmi muscolari Disturbi del ritmo cardiaco
Campi ad alta frequenza 100 kHz-6 GHz	Disturbi uditivi da microonde (200MHz-6,5 GHz)	Riscaldamento eccessivo o ustioni estesi a tutto il corpo o localizzati
Campi ad alta frequenza 6-300 GHz		Danno da calore localizzato agli occhi o alla pelle

NB: Gli effetti dei campi a frequenza intermedia (100 kHz-10 MHz) sono una combinazione degli effetti dei campi ad alta e di quelli a bassa frequenza.

Fonte: Agenzia Regionale Prevenzione Ambiente Energia Emilia Romagna - Sezione di Reggio Emilia

Effetti Avversi Diretti

Interazione diretta del campo con l'organismo biologico

Sanitari

Le variazioni fisiologiche indotte dall'esposizione al campo sono al di fuori dell'intervallo che l'organismo può normalmente compensare. Persistono per tempi lunghi o permanentemente dopo la cessazione dell'esposizione



Rischio per la Salute

Sensoriali

Le variazioni fisiologiche indotte dall'esposizione al campo determinano disturbi transitori che influenzano le funzioni cognitive e/o muscolari. Non comportano danni alla salute ma possono influire sulla capacità di operare in modo sicuro



Rischio per la Sicurezza

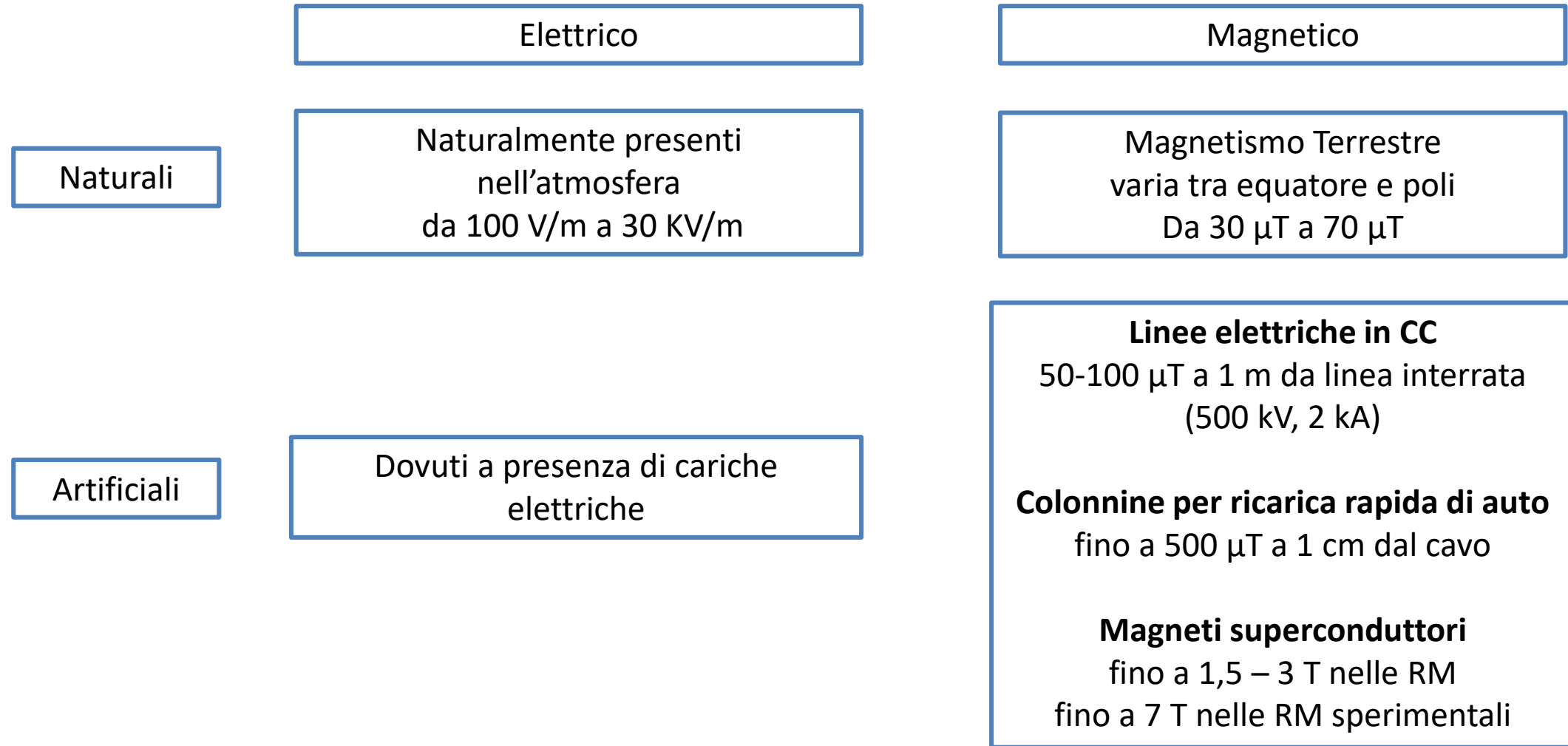


Effetti Avversi Indiretti

Interazione con dispositivi medici, elementi metallici impiantati, portati sul corpo o presenti nell'ambiente.

- Interferenza del campo con dispositivi medici attivi (stimolatori cardiaci e defibrillatori, pompe per l'infusione di farmaci, ecc.)
- Interferenza del campo con dispositivi medici passivi (protesi metalliche, clip chirurgiche, ecc.) ed elementi metallici inclusi nel corpo (schegge, piercing, tatuaggi con pigmenti metallici, ecc.)
- Rischio propulsivo di oggetti ferromagnetici all'interno di campi magnetici statici intensi (> 100 mT)
- Scariche elettriche e correnti di contatto attraverso gli arti determinate dal contatto con un oggetto conduttore a un potenziale diverso dal corpo all'interno di un campo elettromagnetico
- Innesco di dispositivi elettro-esplosivi (detonatori), incendi ed esplosioni dovuti all'accensione di materiali infiammabili a causa di scintille prodotte da campi indotti, correnti di contatto o scariche elettriche

Campi Statici





Effetti dei Campi Elettrici Statici

Effetti Diretti: Induzione di cariche elettriche sulla superficie del corpo

- Una densità di carica sufficientemente elevata può essere percepita sui peli cutanei e provocare effetti come le microscariche elettriche.
- La soglia di percezione di cariche elettriche di superficie è compresa tra 10 e 45 kV/m, ma varia tra gli individui e dipende dal grado d'isolamento da terra.
- Per la maggior parte delle persone la sensazione fastidiosa di cariche elettriche di superficie non è avvertibile a intensità di campo inferiori a 25 kV/m.

Effetti Indiretti: Possono verificarsi scariche elettriche se

- Un individuo isolato da terra tocchi un oggetto conduttore messo a terra
- Un individuo messo a terra tocchi un oggetto conduttore isolato da terra



Effetti dei campi Magnetici Statici

Effetti Diretti

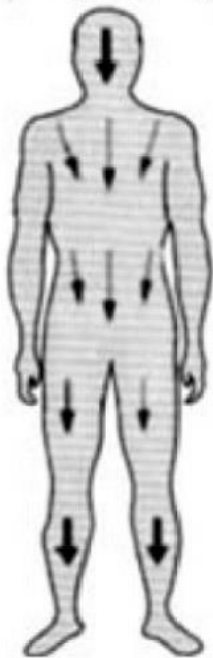
- Il movimento in un gradiente di Campo Magnetico può indurre all'interno del corpo un campo elettrico che per valori superiori a 2 T possono diventare tali da determinare **effetti sensoriali** quali nausea e vertigini e/o fosfeni (sensazioni visive simili a lampi di luce, causate dai campi elettrici e correnti indotti nella retina).
- **Sebbene transitori, gli effetti sensoriali possono influire sul coordinamento dei movimenti e quindi possono determinare un impatto negativo sulla sicurezza di lavoratori impegnati in procedure delicate.**
- Il movimento in un campo magnetico statico di intensità superiore a $> 2,7$ T/s può altresì indurre **effetti sanitari** quali la stimolazione del sistema nervoso periferico con possibile eccitazione muscolare.

Effetti Indiretti

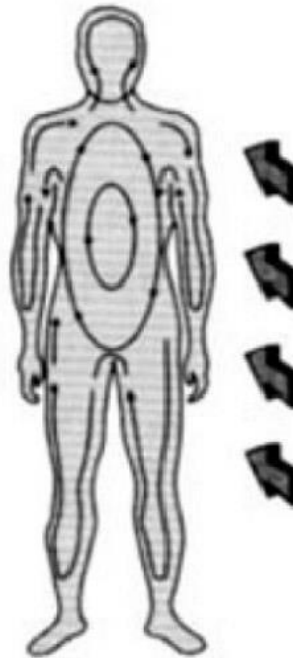
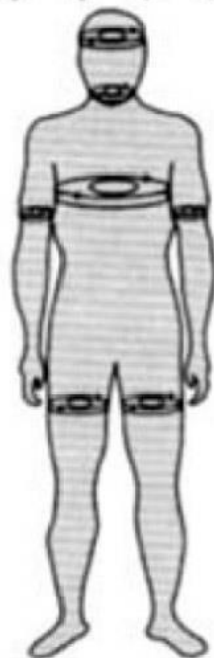
- Valori di campo magnetico statico di intensità superiore a 0,5 mT possono causare interferenze con dispositivi medici attivi impiantati o portati sul corpo (ad es. stimolatori cardiaci, defibrillatori, pompe per infusione di farmaci, ecc.)
- I dispositivi medici passivi (ad es, protesi o impianti) e gli inclusi metallici ferromagnetici (ad es. schegge, piercing, ecc.) possono subire azioni di torsione o dislocazione per esposizioni a campi magnetici statici di intensità superiore a 3 mT.
- Considerazioni analoghe al caso precedente valgono per gli oggetti ferromagnetici portati sul corpo (ad es. orologi, chiavi, occhiali) o presenti nell'ambiente.

Campi in bassa frequenza < 100 kHz

Campo elettrico
Electric field



Campo magnetico
Magnetic field



Correnti indotte nel corpo umano dall'esposizione a un campo E (verticale) o a un campo H (verticale o orizzontale)

A queste frequenze i tessuti sono buoni conduttori e si generano correnti indotte

Il Campo Elettrico è perpendicolare alla superficie corporea e genera corrente diretta verso il basso, che è maggiore se si è a contatto con la terra e dipende dalla postura.

L'intensità è 5 o 6 ordini di grandezza minore del campo esterno (100kv/m a 50Hz producono 4mV/m)

Il campo magnetico genera correnti che circolano diversamente a seconda dell'esposizione e variano in intensità con il campo stesso.

100μT a 50Hz producono un campo elettrico di 10mV/m

Effetti diretti dei campi in bassa frequenza

Effetti Sensoriali

Effetti Sanitari

Effetti acuti di tipo diretto (elenco non esaustivo)	Densità di corrente J [mA/m ²]	Induzione magnetica B [mT]
Assenza di effetti apprezzabili	< 1	< 0,5
Effetti biologici minori	1-10	0,5-5
Magnetofosfeni e possibili effetti transitori sul sistema nervoso	10-100	5 - 50
Contrazioni muscolari involontarie (convulsioni) con possibili effetti sanitari	100-1000	50-500
Extrasistole e fibrillazione ventricolare, blocco della respirazione	> 1000	> 500



Effetti indiretti dei campi in bassa frequenza

Scariche Elettriche se a contatto con oggetto conduttore ad un potenziale elettrico diverso da quello del corpo

10 kV/m

(Valore di Azione inferiore @ 50 Hz per il campo elettrico ambientale del D.Lgs. 81/2008) è il valore medio di soglia al di sopra del quale il 50% delle persone può sperimentare una scarica elettrica dolorosa

Nelle sottostazioni elettriche sussiste la possibilità di superare il Valore di Azione qualora si lavori al di sotto di conduttori elettrici con livelli di tensione superiore a 200 kV.

In tali circostanze i lavoratori addetti devono essere informati della possibilità di sperimentare scariche elettriche fastidiose e devono ricevere una formazione specifica sui rischi e un addestramento sui metodi di lavoro e gli strumenti per proteggersi dalle scariche

Possibili metodi per ridurre i rischi e mitigare le scariche (da valutare caso per caso):

- Ridurre l'esposizione al campo elettrico mediante uso di tute conduttive o schermature metalliche
- Collegare a terra il lavoratore mediante scarpe o ghette conduttive
- Adottare gesti appropriati (ad es. contatti brevi e rapidi, aumento della superficie di contatto,...)

Corrente di contatto

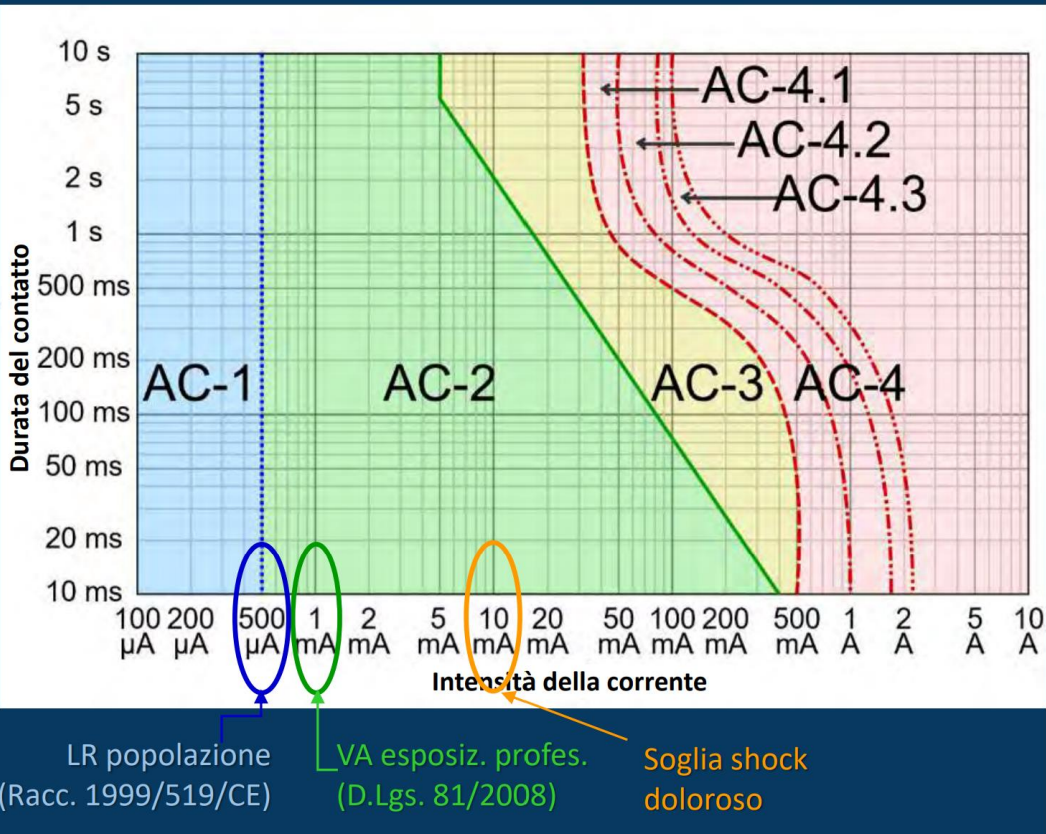


Table 11 – Time/current zones for a.c. 15 Hz to 100 Hz for hand to feet pathway – Summary of zones of Figure 20

Zones	Boundaries	Physiological effects
AC-1	Up to 0,5 mA curve a	Perception possible but usually no 'startled' reaction
AC-2	0,5 mA up to curve b	Perception and involuntary muscular contractions likely but usually no harmful electrical physiological effects
AC-3	Curve b and above	Strong involuntary muscular contractions. Difficulty in breathing. Reversible disturbances of heart function. Immobilization may occur. Effects increasing with current magnitude. Usually no organic damage to be expected
AC-4 ¹⁾	Above curve c ₁	Patho-physiological effects may occur such as cardiac arrest, breathing arrest, and burns or other cellular damage. Probability of ventricular fibrillation increasing with current magnitude and time
	c ₁ -c ₂	AC-4.1 Probability of ventricular fibrillation increasing up to about 5 %
	c ₂ -c ₃	AC-4.2 Probability of ventricular fibrillation up to about 50 %
	Beyond curve c ₃	AC-4.3 Probability of ventricular fibrillation above 50 %

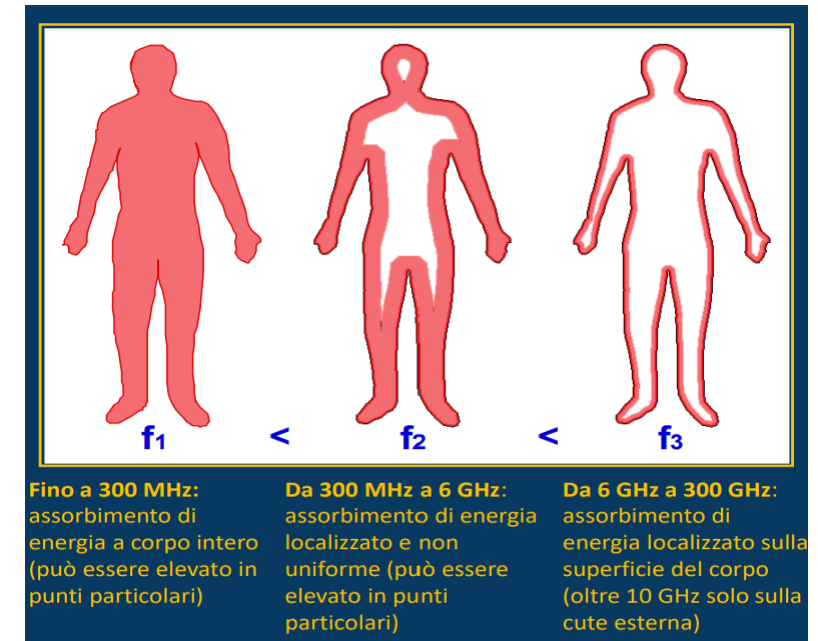
¹⁾ For durations of current flow below 200 ms, ventricular fibrillation is only initiated within the vulnerable period if the relevant thresholds are surpassed. As regards ventricular fibrillation, this figure relates to the effects of current which flows in the path left hand to feet. For other current paths, the heart current factor has to be considered.

Si evita collegando a terra gli oggetti conduttori

Campi ad Alta frequenza: Effetti Diretti

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

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



Tra 300 MHz e 6 GHz, l'esposizione della testa a campi elettromagnetici impulsivi può dare luogo a sensazioni uditive descritte come un ronzio, un ticchettio o uno schioppettio a seconda delle caratteristiche di modulazione del campo

Esse sono attribuite ad un'espansione termoelastica della corteccia uditiva del cervello, che produce microvibrazioni trasmesse al nervo acustico e tradotte in suono dalla coclea



Campi ad Alta frequenza: Effetti Diretti

Assorbimenti di energia molto elevati possono indurre incrementi di temperatura che il sistema di termoregolazione dell'organismo non è in grado di compensare, con possibili effetti sanitari

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

- Assorbimento di energia (intensità + durata dell'esposizione)
- Sistema di termoregolazione (diversificato per organo)
- Stato fisiologico (influenza la capacità di reazione allo stress termico)
- Condizioni ambientali (temperatura esterna, umidità, ventilazione)

Soglie di stress termico (ICNIRP 2020):

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



Campi ad Alta frequenza: Effetti Indiretti

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

Agenda di Oggi



Introduzione.

Prima parte

Rischio e Percezione del rischio.

Conoscere i campi Elettromagnetici.

Generalità sull'esposizione ai CEM.

Normativa Vigente.



Seconda Parte

5G e Telefonia Mobile.

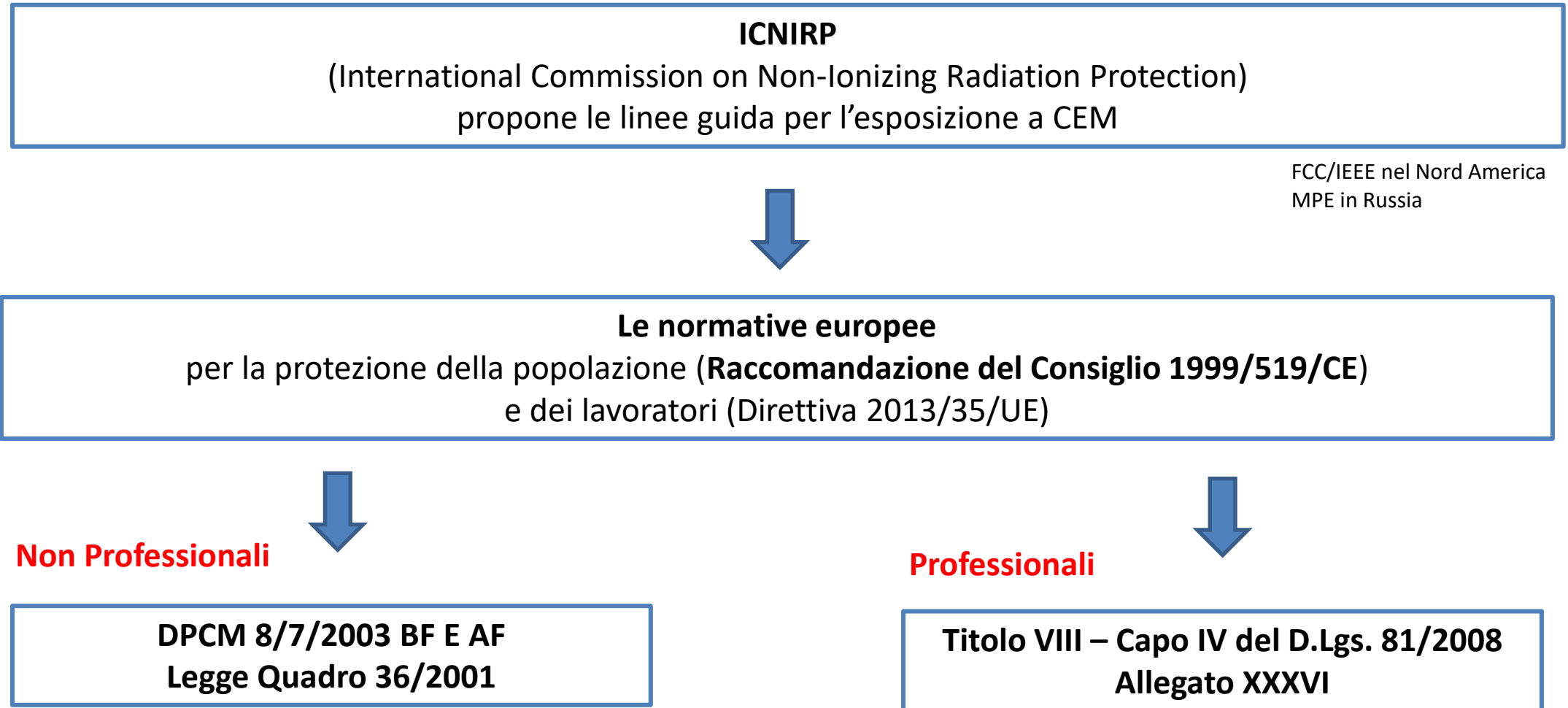
Misura dei CEM.

Indicazioni operative per proteggere i lavoratori dai rischi di esposizione a campi elettromagnetici.

Conclusioni.



La genesi della Normativa





I Valori Limite di Esposizione (VLE)

D.lgs. 81/2008 – Art. 207 (Definizioni)

VLE: sono valori stabiliti sulla base di considerazioni biofisiche e biologiche, in particolare sulla base degli effetti diretti acuti e a breve termine scientificamente accertati, ossia gli effetti termici e la stimolazione elettrica dei tessuti.

VLE relativi agli effetti sanitari: al di sopra dei quali i lavoratori potrebbero essere soggetti a **effetti nocivi per la salute**, quali il riscaldamento termico o la stimolazione del tessuto nervoso o muscolare.

VLE relativi agli effetti sensoriali: al di sopra dei quali i lavoratori potrebbero essere soggetti a **disturbi transitori delle percezioni sensoriali** e a modifiche minori nelle funzioni cerebrali.



I Valori di Azione (VA)

D.lgs. 81/2008 – Art. 207 (Definizioni)

Valori di Azione (VA): Livelli operativi stabiliti per valutare la conformità ai pertinenti VLE e, ove appropriato, per prendere le opportune misure di protezione o prevenzione.

Nel campo di frequenza 1 Hz – 10 MHz (effetti non termici) i Valori di Azione si articolano in:

- VA inferiori per la protezione dagli effetti sensoriali
- VA superiori per la protezione dagli effetti sanitari

Sussistono inoltre VA per gli effetti indiretti, per la protezione dalle correnti di contatto (1 Hz – 110 MHz), dalle interferenze con i dispositivi medici impiantati attivi (campi magnetici statici) e dal rischio magnetopropulsivo (0–1 Hz)

VLE Effetti non termici

D.LGS. 81/2008 E S.M.I. TABELLE ALLEGATO XXXVI (PARTE II)	INTERVALLO DI FREQUENZA	GRANDEZZA FISICA		TIPO DI EFFETTO		CONDIZIONE DI ESPOSIZIONE	SIGNIFICATO PROTEZIONISTICO / NOTE
				SENSORIALE	SANITARIO		
A1	0 – 1 Hz	Induzione magnetica esterna B ₀ [T]	I VLE per le frequenze inferiori a 1 Hz sono limiti per il campo magnetico statico la cui misurazione non è influenzata dalla presenza del soggetto esposto	2	–	Condizioni di lavoro normali	I VLE relativi agli effetti sensoriali sono connessi a disturbi dell'organo di equilibrio umano (vertigini e altri effetti fisiologici) risultanti principalmente da movimenti in un campo magnetico statico. Il VLE relativo agli effetti sanitari è applicabile su base temporanea durante il turno di lavoro, ove giustificato dalla prassi o dal processo. Le condizioni di lavoro controllate prevedono l'adozione di misure di protezione specifiche quali il controllo dei movimenti al fine di prevenire possibili effetti sensoriali e l'informazione dei lavoratori.
				8		Esposizione localizzata degli arti	
				–	8	Condizioni di lavoro controllate	
A2	1 Hz ≤ f < 3 kHz	Campo elettrico interno (in situ)	–	1,1	–	I VLE relativi agli effetti sanitari sono correlati alla stimolazione elettrica di tutti i tessuti del sistema nervoso centrale e periferico all'interno del corpo, compresa la testa. I VLE relativi agli effetti sensoriali sono correlati agli effetti del campo elettrico sul sistema nervoso centrale nella testa, cioè fosfeni retinici e modifiche minori e transitorie di talune funzioni cerebrali. f è la frequenza espressa in Hertz [Hz]. I VLE sono valori di picco in termini temporali che sono pari ai valori efficaci moltiplicati per √2 per i campi sinusoidali. Nel caso di campi non sinusoidali, la valutazione dell'esposizione si basa di norma sul metodo del picco ponderato. Possono essere applicate procedure di valutazione alternative scientificamente provate e convalidate purché conducano a risultati comparabili.	
	3 kHz ≤ f ≤ 10 MHz	E _{int} [V/m]		3,8 × 10 ⁻⁴ f			
A3	1 Hz ≤ f < 10 Hz	Campo elettrico interno (in situ) E _{int} [V/m]	0,7 / f	–			
	10 Hz ≤ f < 25 Hz		0,07 / f				
	25 Hz ≤ f < 400 Hz		0,0028 f				

VA Effetti non termici

D.LGS. 81/2008 E S.M.I. TABELLE ALLEGATO XXXVI (PARTE II)	INTERVALLO DI FREQUENZA	GRANDEZZA FISICA	VA _{INF} (VALORI EFFICACI)	VA _{SUP} (VALORI EFFICACI)	VA ESPOSIZIONE LOCALIZZATA DEGLI ARTI (VALORI EFFICACI)	SIGNIFICATO PROTEZIONISTICO/ NOTE
B1	1 Hz ≤ f < 25 Hz	Intensità di campo elettrico ambientale E [V m ⁻¹]	2,0 × 10 ⁴	2,0 × 10 ⁴	-	<u>Il rispetto dei Valori di Azione inferiori per il campo elettrico VA_{inf} (E)</u> • garantisce il rispetto dei VLE sanitari e sensoriali • permette di prevenire le scariche elettriche nell'ambiente di lavoro; <u>Il rispetto dei Valori di Azione superiori per il campo elettrico VA_{sup} (E)</u> • garantisce il rispetto dei VLE sanitari e sensoriali per il campo elettrico • <u>non assicura la prevenzione delle scariche elettriche nell'ambiente di lavoro a meno che non siano intraprese specifiche misure di protezione</u> I VA sono valori di picco in termini temporali, pari ai valori efficaci (RMS) moltiplicati per √2 per i campi sinusoidali. Nel caso di campi non sinusoidali, la valutazione dell'esposizione si basa di norma sul metodo del picco ponderato nel dominio del tempo. Possono essere applicate procedure di valutazione alternative scientificamente provate convalidate, purché conducano a risultati comparabili.
	25 Hz ≤ f < 50 Hz		5,0 × 10 ⁵ /f	2,0 × 10 ⁴		
	50 Hz ≤ f < 1,64 kHz		5,0 × 10 ⁵ /f	1,0 × 10 ⁶ /f		
	1,64 kHz ≤ f < 3 kHz		5,0 × 10 ⁵ /f	6,1 × 10 ²		
	3 kHz ≤ f ≤ 10 MHz		1,7 × 10 ²	6,1 × 10 ²		
B2	1 Hz ≤ f < 8 Hz	Induzione magnetica ambientale B [mT]	2,0 × 10 ⁵ /f ²	3,0 × 10 ⁵ /f	9,0 × 10 ⁵ /f	<u>Il rispetto dei Valori di Azione inferiori per l'induzione magnetica VA_{inf} (B)</u> • nell'intervallo di frequenza 1 Hz – 400 Hz garantisce il rispetto dei VLE_{sens}; • al di sopra dei 400 Hz, coincidendo con i VA_{sup} (B), garantisce il rispetto dei VLE_{san} <u>Il rispetto dei Valori di Azione superiori per l'induzione magnetica VA_{sup} (B)</u> • garantisce il rispetto dei VLE sanitari • <u>possono essere necessarie misure tecniche e organizzative per prevenire esposizioni superiori ai VLE sensoriali.</u> <u>I Valori di Azione per l'induzione magnetica per l'esposizione localizzata degli arti VA_{arti} (B)</u> • garantiscono il rispetto dei VLE sanitari relativi alla stimolazione elettrica dei tessuti limitatamente agli arti, tenuto conto del fatto che il campo magnetico presenta un accoppiamento più debole negli arti che nel corpo. • Questi valori possono essere utilizzati in caso di esposizione strettamente confinata agli arti, restando ferma la necessità di valutare il rispetto dei VA su tutto il corpo del lavoratore.
	8 Hz ≤ f < 25 Hz		2,5 × 10 ⁴ /f	3,0 × 10 ⁵ /f	9,0 × 10 ⁵ /f	
	25 Hz ≤ f < 300 Hz		1,0 × 10 ³	3,0 × 10 ⁵ /f	9,0 × 10 ⁵ /f	
	300 Hz ≤ f < 3 kHz		3,0 × 10 ⁵ /f	3,0 × 10 ⁵ /f	9,0 × 10 ⁵ /f	
	3 kHz ≤ f ≤ 10 MHz		1,0 × 10 ²	1,0 × 10 ²	3,0 × 10 ²	

Ing. Alessio Caminada

Esposizione ai Campi Elettromagnetici: Valutazione del rischio nei luoghi di lavoro



Correnti di Contatto e Interferenze con Dispositivi Medici

D.LGS. 81/2008 E S.M.I. TABELLE ALLEGATO XXXVI (PARTE II)	INTERVALLO DI FREQUENZA	GRANDEZZA FISICA	VA CORRENTI DI CONTATTO I_c (VALORI EFFICACI)	SIGNIFICATO PROTEZIONISTICO/ NOTE
B3	fino a 2,5 kHz	Corrente di contatto stazionaria I_c [mA]	1,0	Le correnti di contatto derivano dal contatto con un oggetto conduttore (per es. una struttura metallica) che, pur non essendo direttamente in tensione, in presenza di un campo elettrico si trova a un potenziale diverso dal corpo del lavoratore.
	$2,5 \text{ kHz} \leq f < 100 \text{ kHz}$		$0,4 \times f$ [kHz]	
	$100 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ MHz}$		40	
D.LGS. 81/2008 E S.M.I. TABELLE ALLEGATO XXXVI (PARTE II)	INTERVALLO DI FREQUENZA	GRANDEZZA FISICA	VA INDUZIONE MAGNETICA DI CAMPI MAGNETICI STATICI	SIGNIFICATO PROTEZIONISTICO/ NOTE
B4	0 Hz – 1 Hz	Induzione magnetica esterna B_0 [mT]	0,5	Valore di azione per prevenire il rischio di interferenza con dispositivi medici impiantati attivi , ad esempio stimolatori cardiaci.
			3	Valore di azione per prevenire il rischio di attrazione e propulsivo di oggetti ferromagnetici nel campo periferico di sorgenti di campo magnetico statico ad alta intensità (> 100 mT). Si applica a dispositivi medici impiantati passivi o inclusi metallici se contenenti materiali ferromagnetici o conduttivi (per es. piercing, schegge, ecc.) al fine di prevenire il rischio di torsioni o spostamenti.



VLE Effetti Termici

D.LGS. 81/2008 E S.M.I TABELLE ALLEGATO XXXVI PARTE III	INTERVALLO DI FREQUENZA	GRANDEZZA FISICA	TIPO DI EFFETTO		CONDIZIONE DI ESPOSIZIONE	SIGNIFICATO PROTEZIONISTICO/ NOTE
			SENSORIALE	SANITARIO		
A1	$100\text{ kHz} \leq f < 6\text{ GHz}$	Tasso di assorbimento specifico $\text{SAR [W kg}^{-1}\text{]}$		0,4	Esposizione a corpo intero	I VLE relativi agli effetti sanitari (VLE_{san}) proteggono dal riscaldamento termico dei tessuti od organi derivante dall'esposizione a campi elettromagnetici. I VLE_{san} sul SAR [W/kg] sono relativi a valori mediati per ogni periodo di sei minuti. Il rispetto dei VLE_{san} sul SAR per l'esposizione localizzata deve essere assicurato in termini di valore medio su ogni elemento di massa pari a 10 g di tessuto contiguo con proprietà elettriche approssimativamente omogenee; il massimo valore di SAR così ricavato deve essere impiegato per la verifica di conformità con il pertinente VLE.
				10	Esposizione localizzata della testa e del tronco	
				20	Esposizione localizzata degli arti	
A2	$0,3\text{ GHz} \leq f \leq 6\text{ GHz}$	Assorbimento specifico locale di energia $\text{SA [mJ kg}^{-1}\text{]}$	10		Esposizione della testa a campi elettromagnetici impulsivi a microonde	Il VLE relativo agli effetti sensoriali (VLE_{sens}) è finalizzato alla prevenzione degli effetti uditivi provocati dall'esposizione della testa a campi elettromagnetici impulsivi a microonde. Il VLE_{sens} sul SA [mJ/kg] è riferito all'energia assorbita per ogni massa di 10 g di tessuto all'interno della testa.
A3	$6\text{ GHz} \leq f \leq 300\text{ GHz}$	Densità di potenza incidente sulla superficie corporea $\text{S [W m}^{-2}\text{]}$		50		I VLE_{san} proteggono dal riscaldamento termico dei tessuti od organi derivante dall'esposizione a campi elettromagnetici. I VLE_{san} riferiti alla densità di potenza $\text{S [W/m}^2\text{]}$ sono relativi a valori mediati su intervalli temporali diversi in funzione della frequenza: tra 6 e 10 GHz sono mediati per ogni periodo di sei minuti, al di sopra di 10 GHz sono mediati su periodi di $68/f^{1,05}$ minuti (dove f è la frequenza in GHz) per tenere conto della graduale diminuzione della profondità di penetrazione con l'aumento della frequenza. Il rispetto del VLE sulla densità di potenza S deve essere garantito in termini di valore medio per ogni superficie corporea esposta di 20 cm^2 con la condizione aggiuntiva che la densità di potenza mediata su ogni superficie di 1 cm^2 non superi il valore di 1000 Wm^{-2}.



Ing. Alessio Caminada

Esposizione ai Campi Elettromagnetici: Valutazione del rischio nei luoghi di lavoro

VA Effetti Termici

D.LGS.81/2008 Tabelle allegato XXXVI parte II	Intervallo di frequenza	VA (E) per l'intensità del campo elettrico [V/m] (RMS)	VA (B) per l'induzione magnetica [μT] (RMS)	VA (S) per la densità di potenza [W/m ²]	Note
B1	100 kHz ≤ f < 1 MHz	6,1 × 10 ²	2,0 × 10 ⁶ /f	–	i [VA (E)]² e [VA (B)]² devono essere mediati per ogni periodo di sei minuti. Nel caso di segnali impulsivi a radiofrequenza, la densità di potenza di picco (vale a dire mediata sulla durata dell'impulso) non deve superare di 1000 volte il valore di VA (S) tabellato. il rispetto del VA (S) per la densità di potenza deve essere garantito in termini di valore medio per ogni superficie corporea esposta di 20 cm², con la condizione aggiuntiva che la densità di potenza mediata su ogni superficie di 1 cm² non superi il valore di 1000 Wm⁻². Le densità di potenza a frequenze comprese tra 6 e 10 GHz devono inoltre essere mediate per ogni periodo di sei minuti. Al di sopra di 10 GHz la densità di potenza deve essere mediata su periodi di 68/f^{1,05} minuti (dove f è la frequenza in GHz) per tenere conto della graduale diminuzione della profondità di penetrazione con l'aumento della frequenza.
	1 ≤ f < 10 MHz	6,1 × 10 ⁸ /f	2,0 × 10 ⁶ /f	–	
	10 ≤ f < 400 MHz	61	0,2	–	
	400 MHz ≤ f < 2 GHz	3 × 10 ⁻³ f ^½	1,0 × 10 ⁻⁵ f ^½	–	
	2 ≤ f < 6 GHz	1,4 × 10 ²	4,5 × 10 ⁻¹	–	
	6 ≤ f ≤ 300 GHz	1,4 × 10 ²	4,5 × 10 ⁻¹	50	

I Valori di Azione (VA)

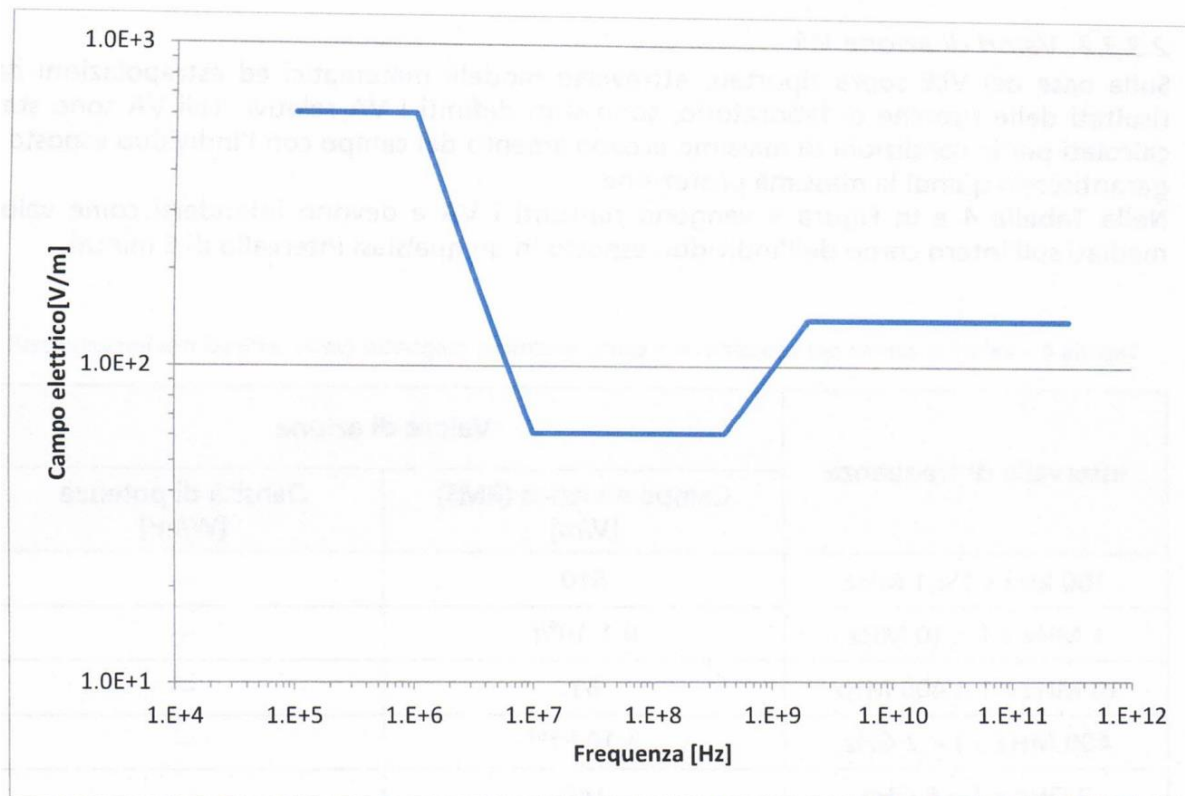


Figura 3 – Valori di azione per il campo elettromagnetico per frequenze variabili da 100 kHz a 300 GHz

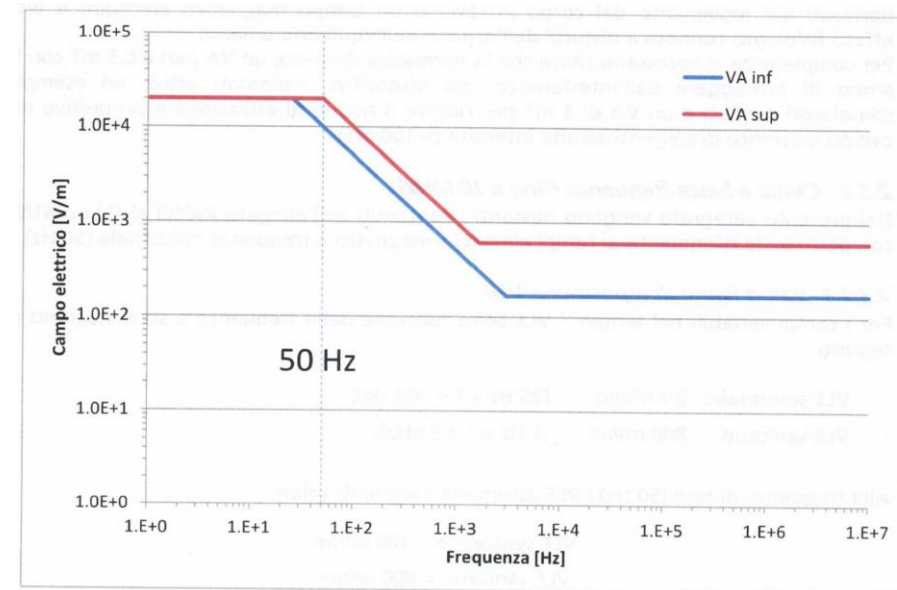


Figura 1 – Valori di azione per il campo elettrico per frequenze variabili da 1 Hz a 10 MHz

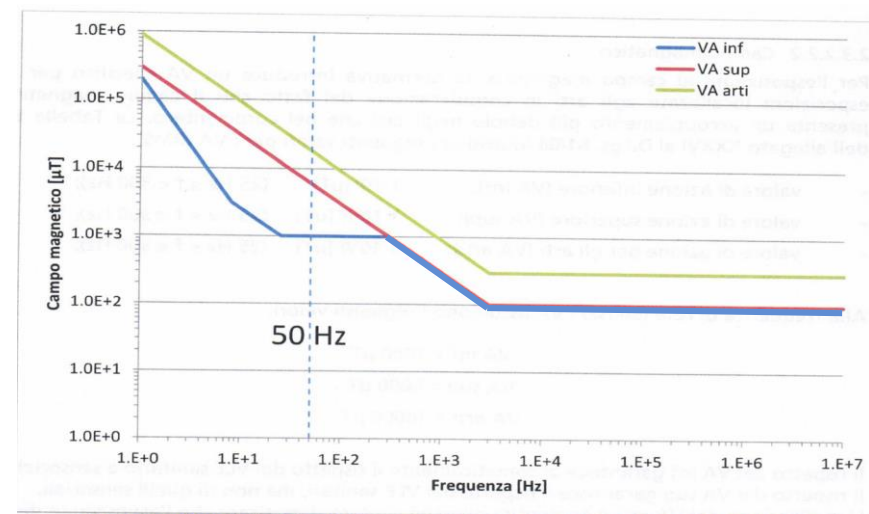


Figura 2 – Valori di azione per il campo magnetico per frequenze variabili da 1 Hz a 10 MHz



Obblighi e Deroghe

Il superamento dei VLE comporta la **necessità per il datore di lavoro** di adottare misure di riduzione dei rischi.

Inoltre deve comunicare all'organismo di vigilanza territorialmente se:

- Si verifica il superamento dei VA
- Si verifica il superamento dei VLE

I VA inferiori per il CE possono essere superati se richiesto dal ciclo produttivo purchè:

- Siano evitate scintille e correnti di contatto
- I VLE sanitari non siano superati
- I lavoratori e i rappresentanti della sicurezza siano informati

I VA inferiori per il CM e i VLE Sensoriali possono essere superati se richiesto dal ciclo produttivo purchè:

- Sia una condizione temporanea e si prendano azioni in caso di sintomi transitori
- I VLE sanitari non siano superati
- I lavoratori e i rappresentanti della sicurezza siano informati



Esposizioni non professionali

Legge quadro 36/2001 – Art. 3 (definizioni)

Limite di esposizione: è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione e dei lavoratori

Valore di attenzione: è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate [...] esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine e deve essere raggiunto nei tempi e nei modi previsti dalla legge

Obiettivo di qualità: valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi

Elettrodotti

DPCM 8/7/2003 ELETTRODOTTI	INTERVALLO DI FREQUENZA	CAMPO ELETTRICO (VALORE EFFICACE)	CAMPO MAGNETICO (VALORE EFFICACE)	SIGNIFICATO PROTEZIONISTICO / NOTE
Artt. 3-5	50 Hz	5 [kV/m]	Valore di induzione magnetica 100 [μT] (valore efficace su base istantanea)	Limite di esposizione Valore di campo elettrico e di campo magnetico (induzione magnetica), considerato come valore di immissione definito ai fini della tutela della salute dagli effetti acuti. Il limite di esposizione non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione.
			Valore di induzione magnetica 10 [μT] (mediana su 24 h per permanenze ≥ 4 h)	Valore di attenzione Valore di immissione, definito a titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz). Si applica nelle aree giuoco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore giornaliere. Il valore è da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.
			Valore di induzione magnetica 3 [μT] (mediana su 24 h per permanenze ≥ 4 h)	Obiettivo di qualità Valore definito ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di rete (50 Hz). Si applica nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere e nella progettazione di nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio. Il valore è da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.



Sistemi fissi di telecomunicazione e radiotelevisivi

DPCM 8/7/2003 ALTE FREQUENZE	INTERVALLO DI FREQUENZA	CAMPO ELETTRICO (VALORE EFFICACE)	CAMPO MAGNETICO (VALORE EFFICACE)	DENSITÀ DI POTENZA (VALORE EFFICACE)	SIGNIFICATO PROTEZIONISTICO / NOTE
Artt. 3-5 (come modificati dalla legge n. 221 del 17 dicembre 2012)	$0,1 < f \leq 3 \text{ MHz}$	60 [V/m]	0,2 [A/m]	–	Limiti di esposizione
	$3 < f \leq 3000 \text{ MHz}$	20 [V/m]	0,05 [A/m]	1 [W/m ²]	Valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerati come valore di immissione, definiti ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non devono essere superati in alcuna condizione di esposizione.
	$3 < f \leq 300 \text{ GHz}$	40 [V/m]	0,01 [A/m]	4 [W/m ²]	Sono da intendersi come valori rilevati ad un'altezza di 1,5 m sul piano di calpestio e mediati su qualsiasi intervallo di sei minuti.
	$100 \text{ kHz} < f \leq 300 \text{ GHz}$	6 [V/m]	0,016 [A/m]	0,10 [W/m ²] (3 MHz – 300 GHz)	Valori di attenzione Si assumono a titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine per le esposizioni ai campi elettromagnetici generati da sorgenti fisse con frequenza compresa tra 100 kHz e 300 GHz all'interno di edifici adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore giornaliere e nelle pertinenze esterne utilizzate come luoghi abitabili quali balconi, terrazzi e cortili, esclusi i lastrici solari. Sono da intendersi come valori rilevati a un'altezza di 1,5 m dal piano di calpestio come media dei valori nell'arco delle 24 ore.
		6 [V/m]	0,016 [A/m]	0,10 [W/m ²] (3 MHz – 300 GHz)	Obiettivi di qualità Definiti come valori di immissione, calcolati o misurati all'aperto nelle aree intensamente frequentate , ai fini della progressiva minimizzazione delle esposizioni ai campi elettromagnetici generati da sorgenti fisse con frequenza compresa tra 100 kHz e 300 GHz. Sono da intendersi come valori rilevati a un'altezza di 1,5 m dal piano di calpestio come media dei valori nell'arco delle 24 ore.

Agenda di Oggi

✓ Introduzione.

✓ Prima parte

Rischio e Percezione del rischio.

Conoscere i campi Elettromagnetici.

Generalità sull'esposizione ai CEM.

Normativa Vigente.

Pausa!

Seconda Parte

5G e Telefonia Mobile.

Misura dei CEM.

Indicazioni operative per proteggere i lavoratori dai rischi di esposizione a campi elettromagnetici.

Conclusioni.





Coffee break...

15:00



Agenda di Oggi

✓ Introduzione.

✓ Prima parte

Rischio e Percezione del rischio.

Conoscere i campi Elettromagnetici.

Generalità sull'esposizione ai CEM.

Normativa Vigente.



Seconda Parte

SG e Telefonia Mobile.

Misura dei CEM.

Indicazioni operative per
proteggere i lavoratori dai
rischi di esposizione a
campi elettromagnetici.

Conclusioni.



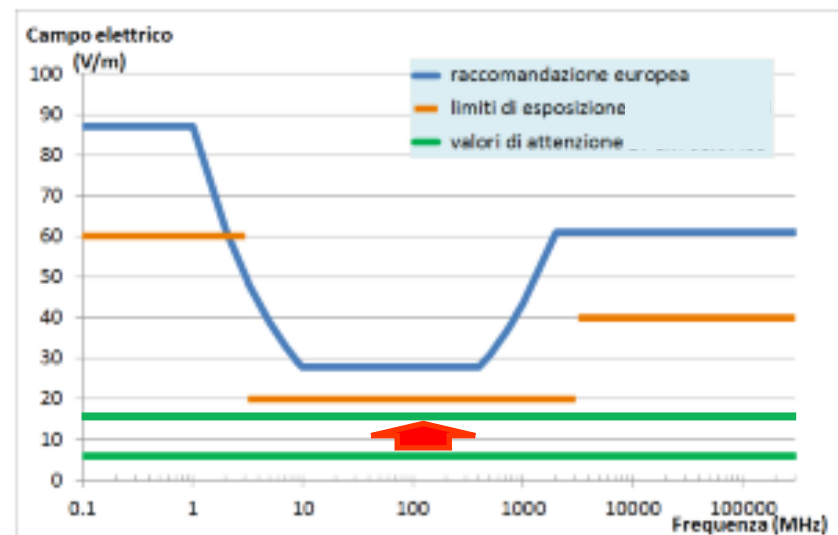
Cosa è cambiato

A fine 2023 è stato approvato **un emendamento al Ddl Concorrenza** che consente **l'innalzamento dei limiti di emissione elettromagnetica** in Italia dagli attuali 6 V/m ai 15 V/m. con media su 24 ore.

	Frequenza	Intensità di Campo Elettrico	Intensità di Campo Magnetico	Densità di Potenza
Limiti di esposizione	3 MHz - 3000 MHz	20 V/m	0,05 A/m	1 W/m ²
	3 GHz - 300 GHz	40 V/m	0,01 A/m	4 W/m ²
Valore di attenzione	3 MHz - 300 GHz	6 V/m	0,016 A/m	0,1 W/m ²
Obiettivo di Qualità	3 MHz - 300 GHz	6 V/m	0,016 A/m	0,1 W/m ²



Valore di attenzione	3 MHz - 300 GHz	15 V/m	0,037 A/m	0,52 W/m ²
Obiettivo di Qualità	3 MHz - 300 GHz	15 V/m	0,037 A/m	0,52 W/m ²



L'innalzamento dei limiti di emissione elettromagnetica consentirà pertanto agli operatori di **progettare reti meno dense e considerare budget di investimento e costi inferiori rispetto al passato**

Sviluppo del 5G

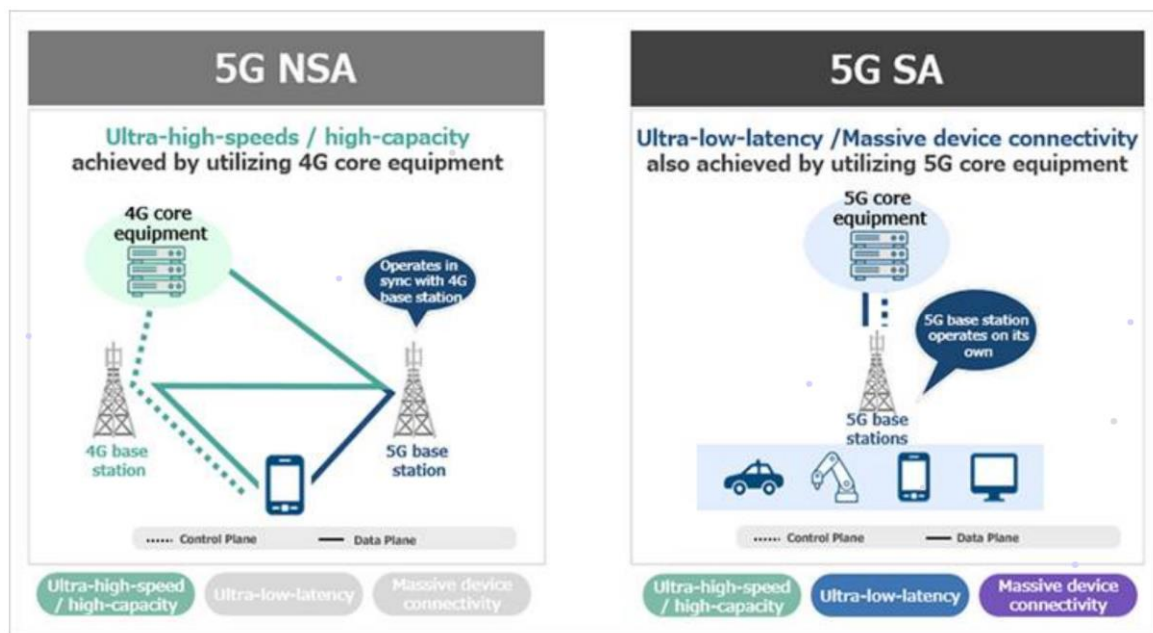
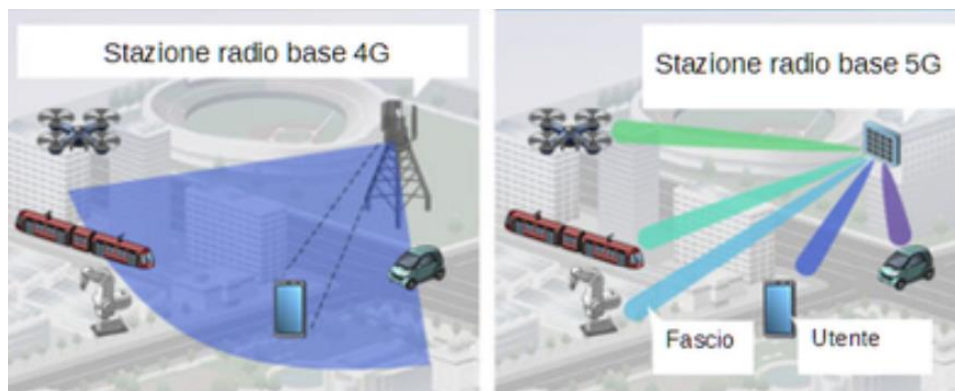


Image Credit: Softbank

- 694-790 MHz
- 3.6-3.8 GHz
- 26.5-27.5 GHz

Al momento, si sta sviluppando prevalentemente la rete 5G dedicata ai terminali mobili, che lavora sulla banda di frequenze intorno a 3.7 GHz.

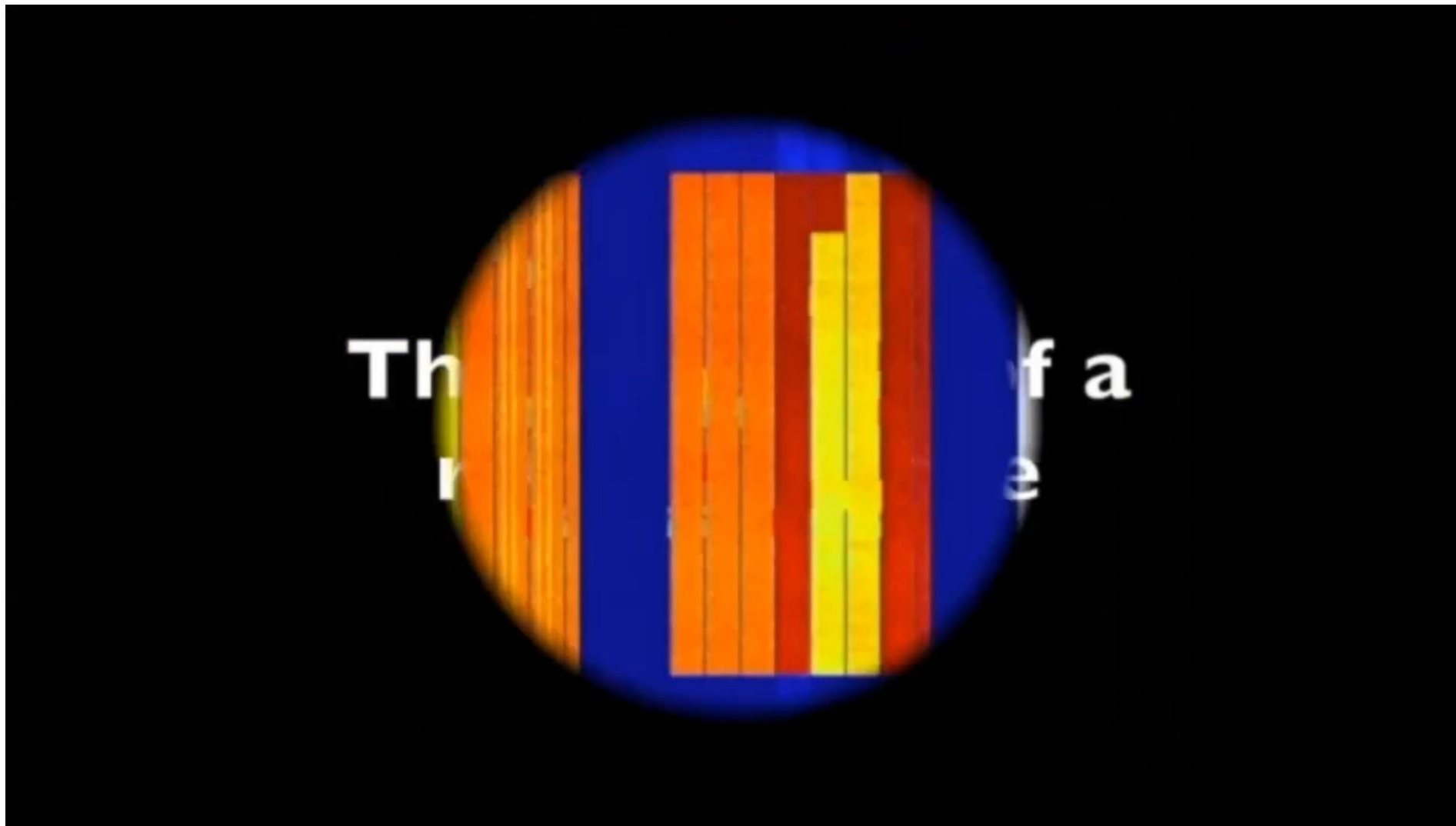
Le antenne del 5G



- Le antenne “intelligenti” (smart) dei ripetitori 5G hanno un funzionamento molto innovativo: a differenza di quelle esistenti sinora, non trasmettono più un segnale di copertura continuo sul territorio, la cui distribuzione spaziale non varia nel tempo, ma attivano una sequenza di fasci, accesi per intervalli di tempo brevissimi, dell'ordine del millisecondo, che ruotano attorno all'antenna (*beamsweeping*), operando un po' come la luce emessa da un faro.
- Quando uno di questi fasci rileva la presenza di un utente che ha bisogno di comunicare con il ripetitore, l'antenna genera un segnale specifico puntato verso l'utente (o il gruppo di utenti), che viene attivato solo per il tempo della comunicazione (*beamforming*).
- Questi fasci sono molto direttivi, cioè irradiano il segnale elettromagnetico in una zona di spazio molto limitata intorno all'utente che richiede il servizio.



Frame del 5G



Ing. Alessio Caminada

Esposizione ai Campi Elettromagnetici: Valutazione del rischio nei luoghi di lavoro

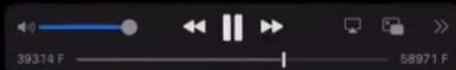
Beam Steering

**Impact of beam-steering
antennas on the EMF level
on a user**



MIMO

MIMO
Multiple Input Multiple
Output
A scary technology?





I rischi del 5G

Per quanto riguarda le modalità di interazione dei segnali 5G con il corpo umano, si possono considerare due differenze significative rispetto agli altri segnali a radiofrequenza utilizzati nel campo delle telecomunicazioni:

- 1) la maggiore frequenza dei segnali (riguardante solo i segnali nella banda 27 GHz);
- 2) la rapida variazione dei fasci che causa esposizioni a picchi di breve durata.

A causa dei fasci rapidamente variabili, l'esposizione media a segnali 5G è molto più bassa rispetto a quella che si avrebbe per analoghi segnali di tipo 4G, ma si possono verificare valori di picco più elevati in brevi periodi temporali (inferiori a 6 minuti). Questo aspetto è stato preso in considerazione dalle recenti [linee guida dell'International Commission on Non Ionizing Radiation Protection](#) che hanno individuato limiti specifici per esposizioni di breve durata.



Piani Comunali Antenne

Comma 6 Art. 8 legge 36/2001 *I comuni possono adottare un regolamento per assicurare il corretto insediamento urbanistico e territoriale degli impianti e minimizzare l'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici (Mod. DL 76/2020) con riferimento a siti sensibili individuati in modo specifico, con esclusione della possibilità di introdurre limitazioni alla localizzazione in aree generalizzate del territorio di stazioni radio base per reti di comunicazioni elettroniche di qualsiasi tipologia e, in ogni caso, di incidere, anche in via indiretta o mediante provvedimenti contingibili e urgenti, sui limiti di esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, sui valori di attenzione e sugli obiettivi di qualità, riservati allo Stato.*

Agenda di Oggi

✓ Introduzione.

✓ Prima parte

Rischio e Percezione del rischio.

Conoscere i campi Elettromagnetici.

Generalità sull'esposizione ai CEM.

Normativa Vigente.



Seconda Parte

5G e Telefonia Mobile.

Misura dei CEM.

Indicazioni operative per
proteggere i lavoratori dai
rischi di esposizione a
campi elettromagnetici.

Conclusioni.





Strumentazione e Metodi

CEI 211-6 -> BF CEI 211-7 -> AF

- definiscono la terminologia;
- descrivono le caratteristiche generali dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici;
- descrivono le principali sorgenti;
- identificano le specifiche per i misuratori di campi, richiamando i principi di funzionamento degli strumenti;
- indicano i metodi di taratura;
- definiscono le prescrizioni relative all'incertezza degli strumenti;
- descrivono i metodi di misura per raggiungere gli obiettivi richiesti relativamente all'esposizione umana.



Strumentazione e Metodi

CEI 211-6 -> BF CEI 211-7 -> AF

< 1 Hz. Gli strumenti per campo magnetico statico forniscono il valore del campo presente nel punto di misura, da confrontare direttamente con i VLE e i LR indicati dalle normative, nonché con i VA per gli effetti indiretti. La scelta della tipologia di sonda va fatta in base all'intervallo dinamico da coprire. Per le intensità di campo riscontrabili in ambiente di lavoro, **sono in genere adeguate le sonde ad effetto Hall.**

da 1 Hz a 100 kHz è necessario usare strumenti a larga banda dotati di sensori che siano in grado di misurare sia il campo elettrico, sia il campo magnetico. Poiché in questo intervallo di frequenze i VA ed i LR sono da intendersi su base istantanea, lo strumento di misura dovrà essere dotato di funzionalità “max-hold” relativa alla grandezza d'interesse. In alcuni casi, quest'ultima è semplicemente il valore RMS del campo misurato, che può essere confrontato direttamente con i corrispondenti limiti (VA e LR); invece, in presenza di forme d'onda complesse, lo strumento dovrà essere in grado di fornire un indice di esposizione secondo il metodo del picco ponderato



Strumentazione e Metodi

da 100 kHz a 10 MHz Per la valutazione dell'esposizione ai fini del confronto con VA relativi agli effetti di stimolazione, lo strumento deve avere le stesse caratteristiche di quelli in uso per campi statici, con la semplificazione che l'applicazione del metodo del picco ponderato per le esposizioni professionali in questo intervallo di frequenze è resa particolarmente semplice dal fatto che i valori limite non variano con la frequenza. Pertanto, nell'ipotesi che tutto lo spettro emesso dalla sorgente sia contenuto in tale intervallo, il valore di picco rilevato può essere confrontato direttamente con il prodotto del corrispondente VA per la radice quadrata di 2.

Per la valutazione dei rischi connessi agli effetti termici, lo strumento deve consentire la misura/calcolo del valore RMS riferito a una durata di esposizione pari a 6 minuti. In presenza di esposizioni simultanee a frequenze diverse occorre prendere in considerazione l'indice di esposizione secondo le pertinenti espressioni previste per le esposizioni professionali e per la popolazione. Anche in questo caso, gli strumenti dovranno essere dotati di sensori che siano in grado di misurare sia il campo elettrico, sia il campo magnetico

da 10 MHz a 300 GHz Vale quanto detto per frequenze superiori a 10 Mhz. Per frequenze superiori a 10 GHz, l'intervallo di tempo su cui effettuare la media è pari a $68/f^{1,05}$ minuti. Nel caso in cui sia necessario valutare l'indice di esposizione, si procede tipicamente con un'analisi in frequenza mediante analizzatore di spettro collegato ad una antenna opportuna. In presenza di segnali pulsati con basso ciclo di servizio (come ad esempio nel caso dei radar), occorrerà verificare anche la conformità dei valori di picco e non solo di quelli RMS;



Un mondo non ideale

Le forme d'onda complessa hanno andamento istantaneo in funzione del tempo è diverso da una sinusoide pura. Grazie all'analisi spettrale (*serie di Fourier, trasformata di Fourier, trasformata di Fourier discreta, trasformata di Fourier veloce*) è possibile rappresentare qualunque forma d'onda con una somma di un numero finito o infinito di **componenti spettrali** sinusoidali pure.

Perché una forma d'onda complessa costituisce un problema?

I limiti massimi sono espressi in funzione della frequenza. Pertanto, con i limiti normativi è a rigore immediato e diretto solo se si ha a che fare con l'esposizione ad un segnale perfettamente sinusoidale.

In presenza di segnali di questo tipo, si deve in generale ricorrere all'applicazione di metodiche di valutazione riconducibili al caso dell'esposizione simultanea a campi a frequenze multiple, che conducono a definire **un indice di esposizione**



Che cos'è un indice di esposizione?

Gli indici di esposizione sono grandezze adimensionali definite attraverso un'espressione matematica che punta a tenere conto:

- dell'intensità della grandezza radiometrica o dosimetrica che l'indice vuole rappresentare;
 - di come tale intensità si distribuisce tra le varie componenti spettrali a diversa frequenza
 - della variabilità del limite di esposizione a cui ci si vuole riferire, in funzione della frequenza.
-
- un valore minore di 1 indica conformità con la normativa presa a riferimento
 - un valore maggiore di 1 (o del 100%) segnala una violazione della stessa.

L'indice di somma spettrale lineare (I_{SSL})

Introdotta fin dalle Linee Guida IRPA-INIRC del 1988 l'indice di somma spettrale lineare è può essere adeguato nel caso di forme d'onda complesse non ripetitive o pseudo-caotiche, ma nel caso di forme d'onda periodiche conduce a valutazioni eccessivamente cautelative, perché presuppone la coincidenza temporale del valore di picco di tutte le componenti spettrali, un fenomeno che invece di fatto non si verifica mai con queste forma d'onda in condizioni reali.

L'*indice di somma spettrale lineare* I_{SSL} si calcola facendo il rapporto diretto tra le ampiezze spettrali efficaci e i rispettivi valori limite (**riferiti agli effetti di stimolazione non termici**) e sommando poi questi rapporti:

$$I_{SSL} = \sum_i \frac{G_i^{rms}}{VA_{nonterm}(f_i)}$$

L'indice di somma spettrale quadratica (I_{SSQ})

Presente anch'esso fin dalle Linee Guida IRPA-INIRC del 1988 per trattare le esposizioni da sorgenti multiple, è adatto a quantificare il livello di esposizione ad un campo elettrico, magnetico o elettromagnetico con forma d'onda complessa con l'obiettivo di prevenire gli effetti di tipo termico.

L'*indice di somma spettrale quadratica* I_{SSQ} si calcola facendo il quadrato del rapporto tra le ampiezze spettrali efficaci e i rispettivi valori limite (**riferiti agli effetti termici**) e sommando poi questi rapporti:

$$I_{SSQ} = \sum_i \left(\frac{G_i^{rms}}{VA_{term}(f_i)} \right)^2$$

L'indice di Picco Ponderato (I_{WP})

È stato proposto dall'ICNIRP con uno specifico *statement* del 2003 sulle forme d'onda complesse (e poi esplicitato in modo dettagliato e incorporato nelle Linee Guida del 2010) per rimediare all'inadeguatezza mostrata dall'indice di somma spettrale lineare nel caso di forme d'onda complesse periodiche.

Attualmente, essendo citato anche nella Direttiva Europea 2013/35/UE, può essere considerato il metodo di elezione per la valutazione dell'esposizione ad un campo elettrico o magnetico con forma d'onda complessa con l'obiettivo di prevenire gli effetti legati alla stimolazione dei tessuti elettricamente eccitabili, nell'intervallo di frequenze da 0 Hz a 10 MHz.

$$I_{WP} = MAX \left| \sum_i \frac{G_i^{rms}}{VA_{nonterm}(f_i)} \cos[2\pi f_i + \theta_i + \varphi(f_i)] \right|$$

Agenda di Oggi

✓ Introduzione.

✓ Prima parte

Rischio e Percezione del rischio.

Conoscere i campi Elettromagnetici.

Generalità sull'esposizione ai CEM.

Normativa Vigente.



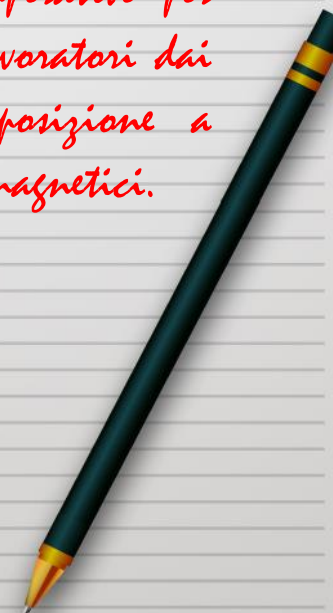
Seconda Parte

5G e Telefonia Mobile.

Misura dei CEM.

Indicazioni operative per
proteggere i lavoratori dai
rischi di esposizione a
campi elettromagnetici.

Conclusioni.





La norma CEI EN 50499

“Procedura per la valutazione dell’esposizione dei lavoratori a campi elettromagnetici”.

Essa prevede una prima fase di intervento, detta **valutazione iniziale**, che consiste sostanzialmente in un censimento dei luoghi e delle attrezzature di lavoro. Queste devono essere classificate in base a criteri che riguardano la possibilità che possano essere superati i *livelli di riferimento per la popolazione*.

In particolare:

- tutte le apparecchiature che non sono in grado di emettere campi di intensità superiore ai livelli di riferimento per la popolazione sono considerate **conformi a priori** alla norma (e talvolta sono denominate come sorgenti **giustificabili**);
- tutti i luoghi di lavoro in cui sono rispettati i livelli di riferimento per la popolazione sono considerati anch’essi **conformi a priori**.



La norma CEI EN 50499

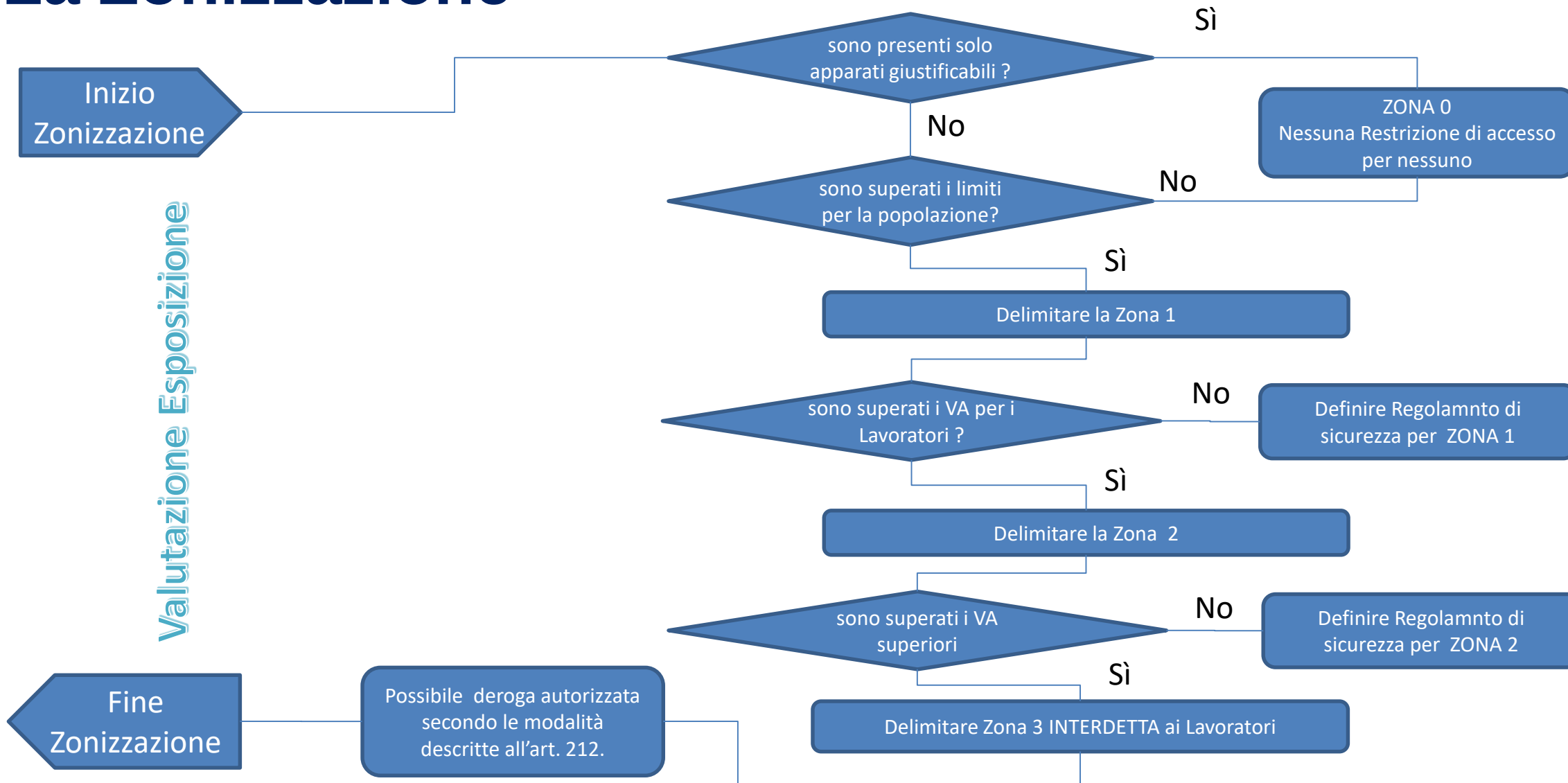
“Procedura per la valutazione dell’esposizione dei lavoratori a campi elettromagnetici”.

Secondo la norma, nei luoghi di lavoro in cui siano presenti solo attrezzature *conformi a priori*, la valutazione del rischio si conclude sostanzialmente con la *valutazione iniziale*.

Nei luoghi di lavoro in cui siano presenti apparati capaci di emettere campi di intensità superiore ai livelli di riferimento per la popolazione, la norma indica invece come necessaria una procedura di **valutazione ulteriore**.

Per facilitare il compito del valutatore, la norma CEI EN 50499 contiene due tabelle, delle quali la prima comprende tutti i luoghi e le attrezzature di lavoro *conformi a priori*, mentre la seconda un elenco non esaustivo delle attrezzature per le quali è necessario procedere alla *valutazione ulteriore*.

La Zonizzazione





Il Portale degli agenti fisici



PAF > CAMPI ELETTROMAGNETICI: MACCHINARI: **160** MISURE: **131**



Banca Dati Campi Elettromagnetici - CEM o NIR

Marca

Modello

Tipologia

Elettromedicali: stimolatori transcranici (6)

Alimentazione

Misure di tutela

Qualsiasi

CERCA

1



Tipologia: Elettromedicali: stimolatori transcranici
Medtronic GmbH - MagPro R30+M
Alimentazione: Elettrica 220V-380V



Tipologia: Elettromedicali: stimolatori transcranici
Medtronic GmbH - MagStim 200
Alimentazione: Elettrica 220V-380V



Tipologia: Elettromedicali: stimolatori transcranici
Medtronic GmbH - MagPro Compact
Alimentazione: Elettrica 220V-380V



Tipologia: Elettromedicali: stimolatori transcranici
Medtronic GmbH - Mag Lite Dantec
Alimentazione: Elettrica 220V-380V



Tipologia: Elettromedicali: stimolatori transcranici
THE MAGSTIM COMPANY Ltd - Magstim Rapid 2

[Home](#)

[Corsi, Webinar, Eventi PAF](#)

[Podcast](#)

[Rumore](#)

[Vibrazioni Mano-Braccio](#)

[Vibrazioni Corpo Intero](#)

[Campi Elettromagnetici](#)

[Descrizione del rischio](#)

[Guida all'uso](#)

[Banca dati](#)

[Banca dati](#)

[Valutazione](#)

[Normativa](#)

[Calcolo esposizione](#)

[Prevenzione e protezione](#)

[Documentazione](#)

[FAQ](#)

[Radiazioni Ottiche Artificiali](#)

[Radiazioni Ottiche Naturali](#)

[Radiazioni Ionizzanti Naturali](#)

[Radiazioni Ionizzanti Artificiali](#)

INAIL

Regione Toscana
Diritti Valori Innovazione
Sostenibilità

SST Azienda
USL Toscana
sud est Servizio
Sanitario
della
Toscana

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

Newsletter

Per essere aggiornato
iscriviti alla newsletter
PAF

eventi

Corso di formazione:
Microclima
per Associazione
Ambientale Lavoro

27 Febbraio
Corso online

~

Giornata Studio:
Valutazione e gestione
del rischio da
esposizione

31 Ottobre
Politecnico di Torino

~

Corso di formazione:



Ing. Alessio Caminada

Esposizione ai Campi Elettromagnetici: Valutazione del rischio nei luoghi di lavoro

La Segnaletica

La segnaletica di identificazione della presenza di campi elettromagnetici entra in gioco, ai sensi dell'art.210, comma 4 del D.lgs. 81/2008 e s.m.i., nel caso in cui vi siano aree in cui i lavoratori possono essere esposti a campi elettromagnetici che superano i VA inferiori.

Lo stesso art. 210 comma 2 prescrive che, sulla base della valutazione dei rischi di cui all'articolo 209, il datore di lavoro elabora ed applica un programma d'azione che comprenda misure tecniche e organizzative volte a prevenire qualsiasi rischio per lavoratori appartenenti a gruppi particolarmente sensibili al rischio e qualsiasi rischio dovuto a effetti indiretti.

segnaletica di presenza di campi elettromagnetici e di radiazioni elettromagnetiche che possono generare condizioni di esposizione non accettabili prevista dal D.lgs.81/08 e s.m.i.	 Presenza di campi magnetici	 Presenza di radiazioni elettromagnetiche
segnaletica di divieto prevista dalla UNI EN ISO 7010:2017 per lavoratori particolarmente sensibili al rischio da campi elettromagnetici	 Vietato l'accesso ai portatori di stimolatori cardiaci	 Vietato l'accesso ai portatori di protesi metalliche
altra segnaletica di prescrizione prevista dalla UNI EN ISO 7010:2017	 Obbligo di indossare calzature antistatiche	 Obbligo di leggere le istruzioni
altra segnaletica di divieto prevista dalla UNI EN ISO 7010:2017	 Vietato entrare con orologi e oggetti metallici (Hazard: Strong magnetic fields)	 Divieto di attivare telefoni cellulari (Hazard: electromagnetic fields)



I DPI

È relativamente semplice schermare i campi elettrici, ma è difficile ottenere una protezione efficace dai campi magnetici. Di conseguenza il ricorso alla protezione individuale per offrire protezione dai campi elettromagnetici non è facilmente praticabile.

L'efficienza della protezione individuale dipende dalla frequenza del campo, e pertanto i dispositivi di protezione adatti per una gamma di frequenza difficilmente sono adatti per altre gamme.



Lavori connessi ai contratti d'appalto, d'opera o di somministrazione (ex art. 26 - D.lgs. 81/08)

il DL dell'azienda appaltatrice integrerà il DUVRI con informazioni relative alle attrezzature utilizzate dai propri lavoratori per effettuare le lavorazioni prese in appalto che potrebbero comportare il superamento del valore di azione e dei livelli di riferimento popolazione generale per i CEM.

Il tema dei rischi interferenti è particolarmente pertinente nel caso della protezione dei lavoratori che svolgono mansioni che prevedono la salita su torri e tralicci per le telecomunicazioni. In questi casi è infatti frequente la condivisione del supporto fisico (il traliccio) o del sito tra più esercenti e spesso l'attribuzione dell'incarico di intervento o manutenzione su un particolare elemento avviene in regime di appalto o sub-appalto.

Il datore di lavoro committente deve rapportarsi con gli altri esercenti per ottenere informazioni sulle complessive emissioni del sito, da trasferire all'appaltatore verbalmente o, quando dovuto, all'interno DUVRI.



Lavori in cantiere (ex Titolo IV - D.lgs. 81/08)

Nelle attività ricadenti nel Titolo IV “Cantieri”, definite all’Allegato X del D.lgs. 81/08, il Coordinatore per la progettazione (CSP) all’atto dell’elaborazione del Piano di sicurezza e di coordinamento (PSC) dovrà prendere in considerazione il problema relativo all’esposizione a CEM, in particolare in relazione a:

- campi generati da sorgenti (ad es.: linee elettriche ad alta tensione, ripetitori, cabine, antenne...) poste in prossimità o all’interno dell’area del cantiere segnalandone i valori stimati di esposizione;
- possibile presenza di attività lavorative eseguite con attrezzature che potrebbero comportare un’esposizione a CEM (esempio saldature).

Il DL dell’impresa esecutrice dovrà redigere il Piano Operativo di Sicurezza (POS) congruente al PSC fornitogli dal Coordinatore per la sicurezza, contenente le informazioni relative alle attrezzature utilizzate dai propri lavoratori per effettuare le lavorazioni prese in appalto che potrebbero comportare il superamento del valore di azione per i CEM. Inoltre, esso dovrà contenere le informazioni relative all’eventuale superamento dei livelli di riferimento raccomandati per la popolazione per le attività svolte nelle vicinanze (ai fini della prevenzione degli effetti per i portatori di dispositivi medici) e l’indicazione delle misure/procedure adottate per minimizzare il rischio.

Il Coordinatore per l’esecuzione dei lavori (CSE) adeguerà, se necessario, il PSC prevedendo misure di prevenzione e protezione o l’idonea informazione sulle possibili interferenze tra le attività lavorative presenti nel cantiere.



Valutazione dei rischi nei cantieri e dei rischi interferenti

In entrambi i casi il DL committente dovrà indicare al DL appaltante i luoghi di lavoro dove i lavoratori potrebbero essere esposti a CEM che superano i livelli di azione, precisando le misure di prevenzione e protezione da adottarsi (limitazione della durata delle esposizioni, possibili interferenze, impiego DPI, utilizzo di misuratori personali ...).

Nel caso in cui le esposizioni a CEM dei lavoratori pur non superando il livello di azione possano superare il livello di riferimento raccomandato per la popolazione, il datore di lavoro ne darà ugualmente comunicazione al fine di prevenire eventuali rischi per i lavoratori portatori di dispositivi/impianti medicali attivi o passivi.

Agenda di Oggi

✓ Introduzione.

✓ Prima parte

Rischio e Percezione del rischio.
Conoscere i campi Elettromagnetici.
Generalità sull'esposizione ai CEM.
Normativa Vigente.

Pausa!

✓ Seconda Parte

5G e Telefonia Mobile.
Misura dei CEM.

Indicazioni operative per
proteggere i lavoratori dai
rischi di esposizione a
campi elettromagnetici.

Conclusioni.

