



Consulta Interassociativa  
Italiana per la Prevenzione

**SICUREZZA DEL LAVORO E PROTEZIONE DAI CAMPI ELETTROMAGNETICI  
(CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI STATICI E VARIABILI)  
FINO A 300 GHZ, AI SENSI DEL D.LGS 81/08**



# I CEM IN CAMPO SANITARIO E VETERINARIO

## VALUTAZIONE DI RISCHI E MISURE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE

Luigi Spiazzi

SC Fisica Sanitaria ASST Spedali Civili di Brescia.



14 OTTOBRE 2025

# INTRODUZIONE

- **Tecnologie elettromedicali e veterinarie → sorgenti di campi EM a diverse frequenze**
- **Valutare l'esposizione per proteggere operatori, e ottimizzare l'uso su pazienti umani e animali.**
- **Integrare la sicurezza CEM nella gestione e nella progettazione delle strutture nonché nella definizione delle procedure operative e nei protocolli**

Le apparecchiature mediche e veterinarie generano campi elettromagnetici di diversa natura — statici, a radiofrequenza o a microonde

Le esposizioni intenzionali ai CEM richiedono un approccio duale: tutela dell'operatore e garanzia dell'efficacia terapeutica

Comprendere dove e come si generano significa poter valutare il rischio per gli operatori e integrare la prevenzione nelle procedure quotidiane.

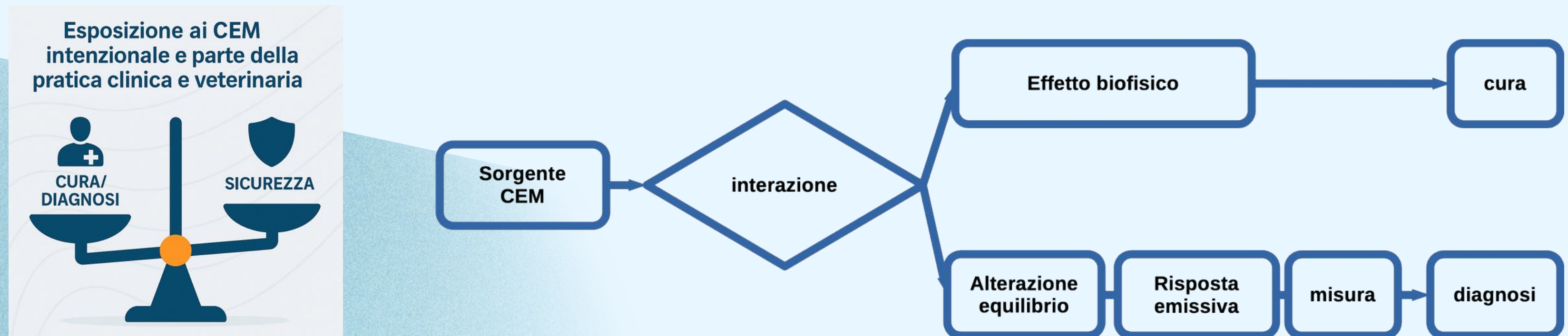
L'obiettivo non è solo rispettare limiti o norme, ma costruire una cultura della sicurezza CEM condivisa tra tecnici, clinici e veterinari.



- 1. Contesto e principi di base**
- 2. Sorgenti in ambito sanitario e veterinario**
- 3. Valutazione del rischio / misure di prevenzione e protezione**
- 4. Strumenti di misura e monitoraggio**
- 5. Casi particolari e tecnologie emergenti (plasma freddo) compatibilità e coesistenza elettromagnetica**
- 6. Conclusioni e prospettive operative**

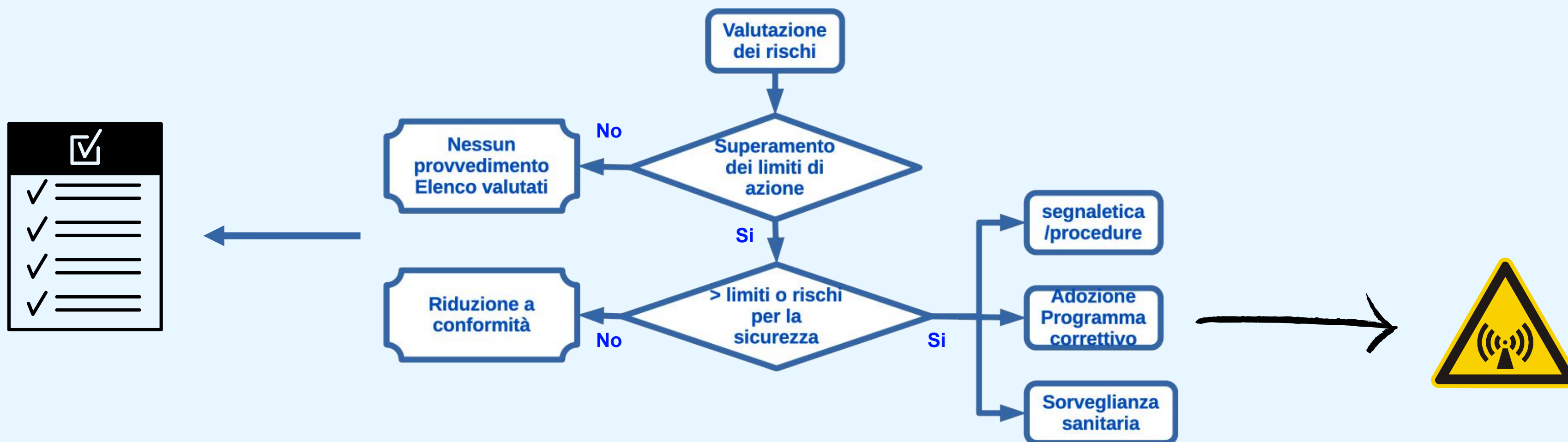
# CONTESTO E PRINCIPI DI BASE

- **L'esposizione ai CEM è intenzionale e parte della pratica clinica e veterinaria**
- **Non si può eliminare, e la direttiva non si applica ai pazienti sottoposti a diagnosi o terapia, ma va gestita e controllata**
- **Serve un equilibrio tra efficacia della procedura e tutela dell'operatore**



# CONTESTO E PRINCIPI DI BASE

- **Gli ospedali le cliniche veterinarie o gli ambulatori sono comunque luoghi di lavoro**
- **Apparecchiature elettriche o elettromedicali possono essere sorgenti di CEM anche se i CEM non rappresentano il principio fisico per i quali sono introdotti in tali ambiti**
- **Per tutte queste sorgenti potenziali valgono i principi generali già esposti**



# INDICE

- 1. Contesto e principi di base**
- 2. Sorgenti in ambito sanitario e veterinario**
3. Valutazione del rischio / misure di prevenzione e protezione
4. Strumenti di misura e monitoraggio
5. Casi particolari e tecnologie emergenti (plasma freddo, sterilizzazione a microonde)
6. Conclusioni e prospettive operative

01

## Terapia:

### Bassa frequenza \_ ELF e LF (< 100 kHz)

- Magnetoterapia, TMS (stimolazione magnetica transcranica), elettrostimolazione funzionale o riabilitativa, campi magnetici statici (es. RM in stand-by)

### Alta frequenza/ radiofrequenza (RF, >100 kHz – 300 GHz)

- Diatermia a onde corte e microonde, ablatori e bisturi elettrici (Radiofrequency surgery 0,5 – 2 MHz), alcune apparecchiature di fisioterapia ad RF

02

## Diagnostica:

RM, TMS (stimolazione magnetica transcranica usata anche a scopo diagnostico), elettromiografi

03

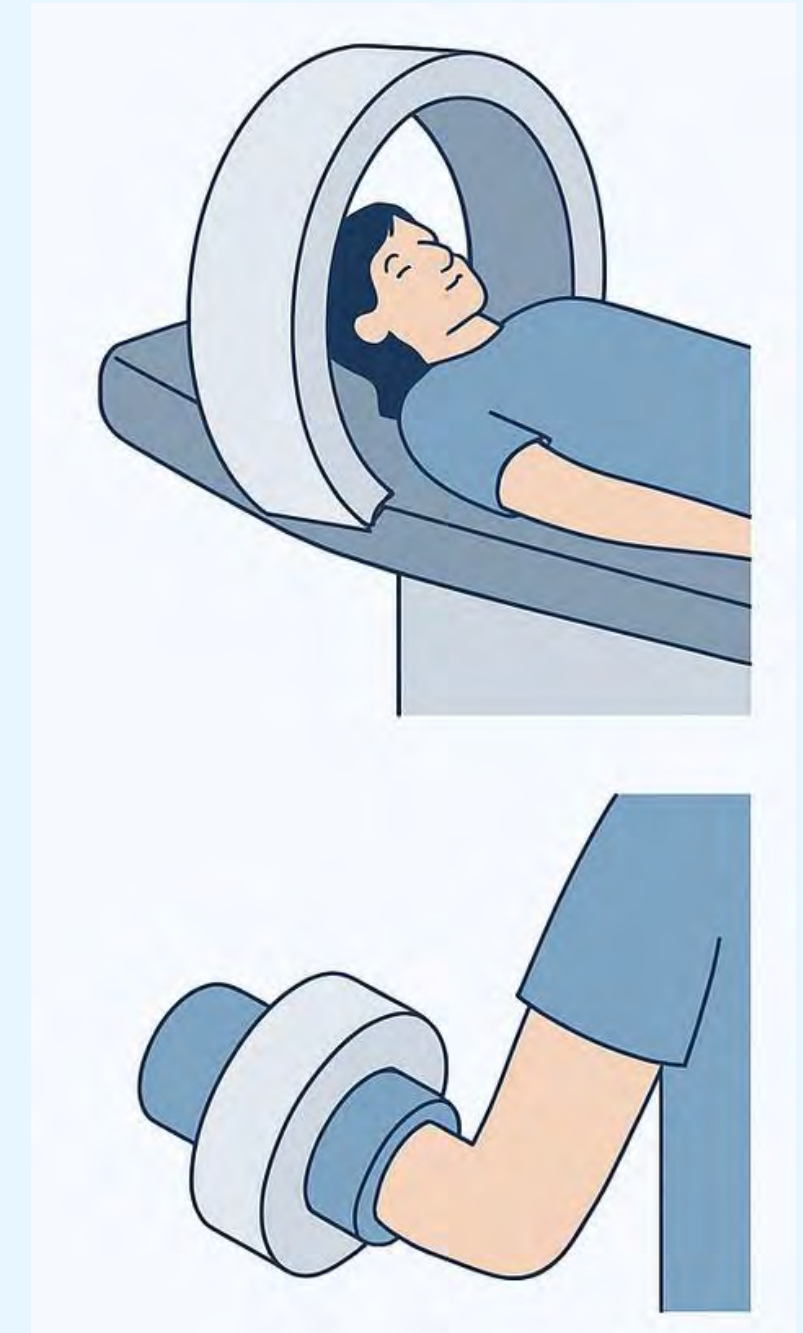
## Ambito veterinario

- RM per animali (anche grandi: cavalli, bovini)
- Magnetoterapia e diatermia veterinaria



# BASSA FREQUENZA (<100 KHZ) MAGNETOTERAPIA

- **Campi magnetici pulsati a bassa frequenza**
- **Effetto biofisico non termico (effetto dell'induzione elettromagnetica sui sistemi cellulari in particolare ossei)**
- **Frequenze tipiche: 1-1000 Hz**
- **Esposizione operatori: bassa, valori tipici di campo <100  $\mu$ T a 30 cm, ma più elevati in prossimità**



**ELECTROMAGNETIC FIELD THERAPY: A REHABILITATIVE  
PERSPECTIVE IN THE MANAGEMENT OF MUSCULOSKELETAL PAIN – A  
SYSTEMATIC REVIEW**

**PAOLUCCI T ET AL: JOURNAL OF PAIN RESEARCH 2020 13: 1385 -  
1400**

# ALTA FREQUENZA/RADIOFREQUENZA DIATERMIA

- **Modalità capacitiva e induttiva**
- **effetto termico controllato eventualmente modulato da bolus superficiale, riscaldamento e iperemia favorenti il recupero**
- **Frequenze tipiche: MHz – GHz**
- **Rischi: campi di dispersione RF**
  - **esposizione operatori**
  - **compatibilità elettromagnetica**



Tipologia	Intervallo di frequenza	Meccanismo principale	Note
Onde corte (SWD)	10 – 100 MHz (più comuni: 13,56, 27,12, 40,68 MHz)	Riscaldamento per correnti indotte o effetto dielettrico	Frequenze industriali standardizzate ITU
Microonde (MWD)	434 MHz, 915 MHz, 2,45 GHz	Riscaldamento per assorbimento diretto nel tessuto	Simile al principio dei forni a microonde ma a potenze controllate

**Pollet, J et al**  
**The Efficacy of Electromagnetic Diathermy for the Treatment of Musculoskeletal Disorders: A Systematic Review with Meta-Analysis.**  
**J. Clin. Med. 2023, 12, 3956.**

## DIAGNOSTICA

# LA RISONANZA MAGNETICA

- **Campi statici, gradienti variabili e RF combinate**
- **Misura dell'emissione di segnale dei nuclei a seguito di eccitazione di risonanza**
- **Campi fino a 3 T o superiori, Radiofrequenze e gradienti di campo fino a 200 mT/m**
- **Rischi: ferromagnetici, correnti indotte, dispositivi impiantabili. Rischi da Radiofrequenze solo se operatore è presente in sala durante l'esame**



Immagine di David Trinks su  
unsplash.com



Immagine di Jarmoluk su  
pixabay.com

**Hartwig V et al  
Occupational exposure to  
electromagnetic fields in magnetic  
resonance environment: basic aspects  
and review of exposure assessment  
approaches.  
Med Biol Eng Comput. 2018  
Apr;56(4):531-545.**

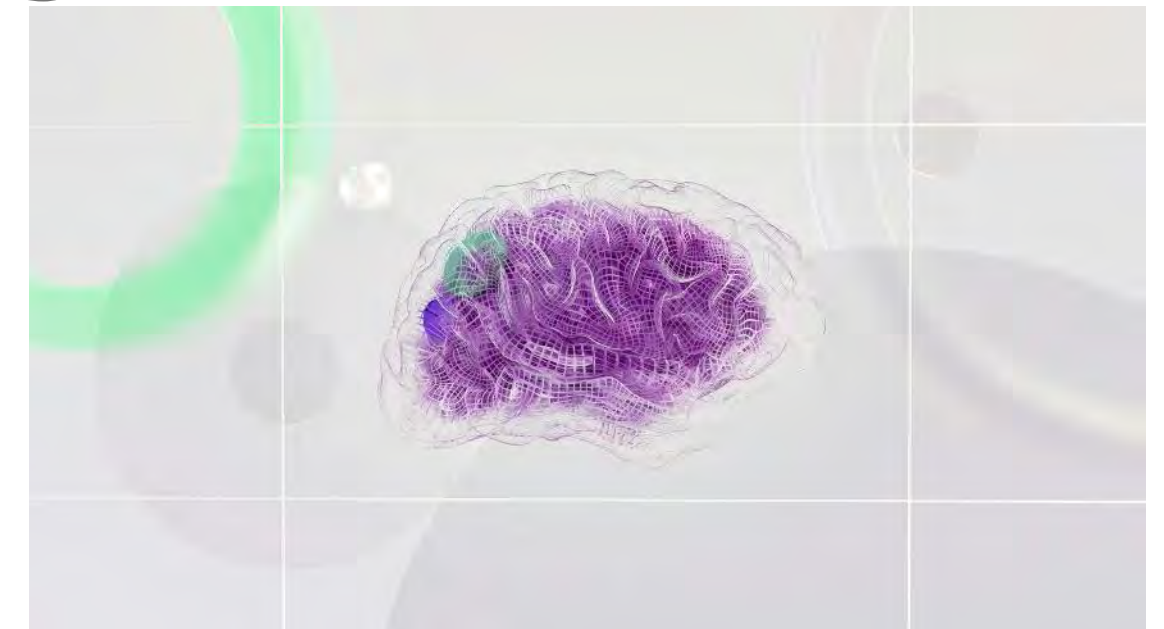
# DIAGNOSTICA/TERAPIA

## STIMOLAZIONE MAGNETICA TRANSCRANICA TMS

- **Campi magnetici pulsati brevissimi**
- **(100–400  $\mu$ s)**
- **Picchi fino a 1–2 T sotto la bobina**
- **Campo residuo cui sono esposti gli operatori**
- **Usi diagnostici e terapeutici (rTMS)**

**Michel A, et al.**  
**Repetitive transcranial magnetic stimulation for substance use disorders and chronic pain: A review of the evidence and call for increased mechanistic understanding.**  
**Curr Addict Rep. 2025 Dec;12:14.**

**Gutierrez, M.I. et al**  
**Devices and Technology in Transcranial Magnetic Stimulation: A Systematic Review.**  
**Brain Sci. 2022, 12, 1218**



**Immagine di Deepgoogle mind su  
pexels.com**



**Immagine di meo su  
pexels.com**

# DIAGNOSTICA/TERAPIA

# STIMOLAZIONE MAGNETICA

# TRANSCRANICA TMS

- **Campi magnetici pulsati brevissimi**
- **(100–400  $\mu$ s)**
- **Picchi fino a 1–2 T sotto la bobina**
- **Campo residuo cui sono esposti gli operatori**
- **Usi diagnostici e terapeutici (rTMS)**

Michel A, et al.

**Repetitive transcranial magnetic stimulation for substance use disorders and chronic pain: A review of the evidence and call for increased mechanistic understanding.**

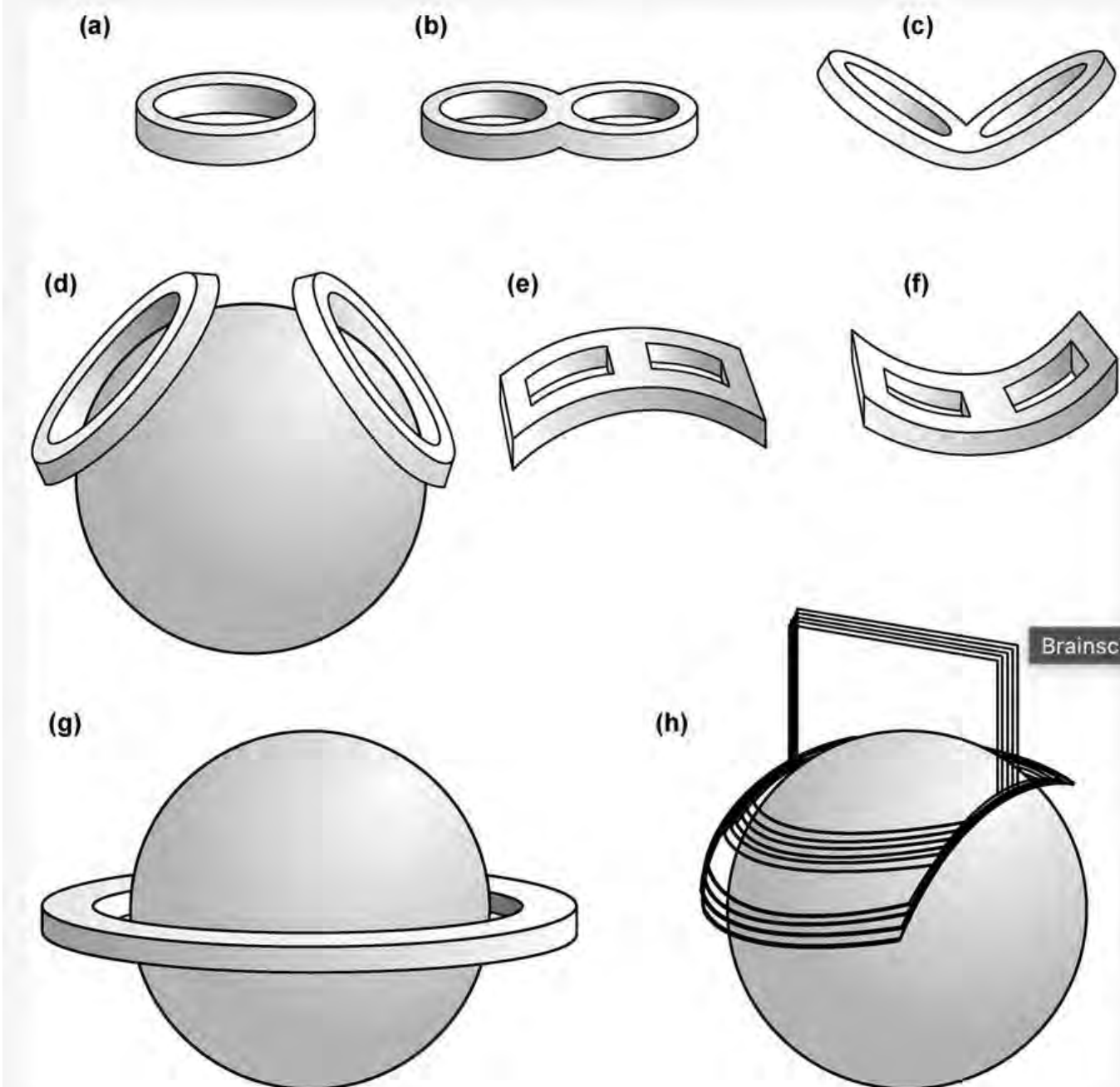
**Curr Addict Rep. 2025 Dec;12:10.1007/s40429-025-00620-3.**

Gutierrez, M.I. et al

**Devices and Technology in Transcranial Magnetic Stimulation: A Systematic Review.**

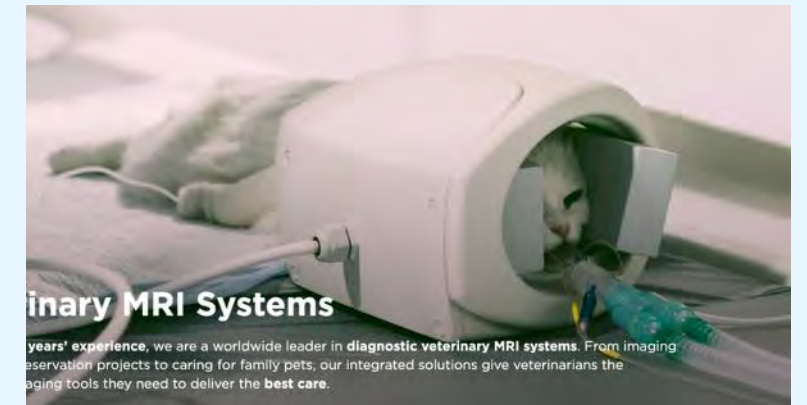
**Brain Sci. 2022, 12, 1218**

**Figure 5.** Most used TMS coils. (a) Circular coil, (b) Figure-of-Eight (FoE) coil, (c) Butterfly (V-shape) coil, (d) Cone (double circular) coil, (e) Downward-Bending U-shape (DBU) coil, (f) Upward-Bending U-shape (UBU) coil, (g) Halo coil, and (h) Heschl coil (H-coil).

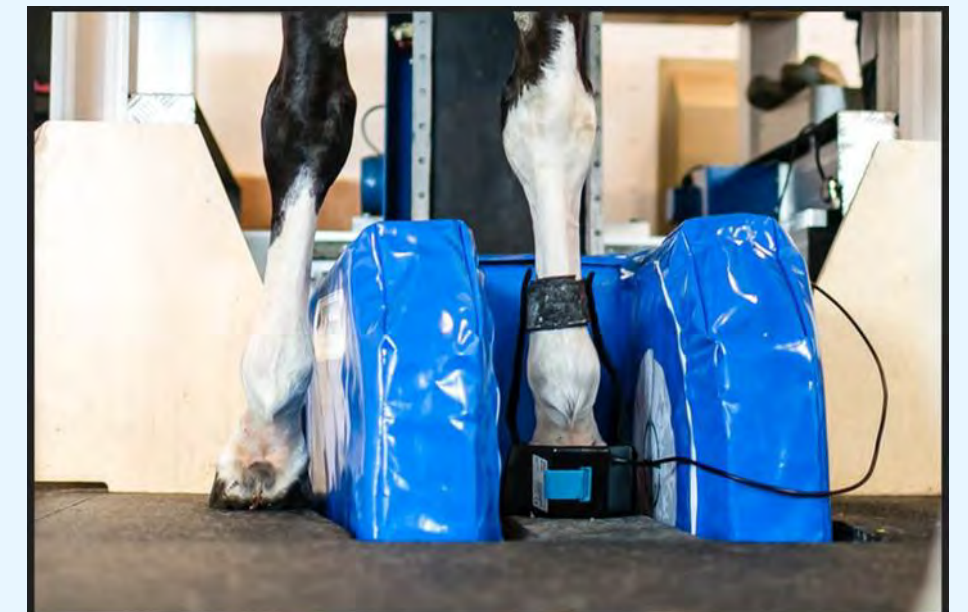


# APPLICAZIONI DEI CEM IN AMBITO VETERINARIO: SPECIFICITÀ E CRITICITÀ

- **Tecnologie simili all'ambito umano (RM, magneto, diatermia)**
- **RM per grandi animali: campi comparabili, minore schermatura**
- **Presenza ravvicinata del personale durante le attività**
- **Necessità di valutazione rischio e gestione aree controllate**



**Scharf A, et al**  
**Magnetic resonance imaging for diagnosing and managing deep digital flexor tendinopathy in equine athletes: Insights, advances and future directions.**  
**Equine Vet J. 2025 Sep;57(5):1183-1203.**



- 1. Contesto e principi di base**
- 2. Sorgenti in ambito sanitario e veterinario**
- 3. Valutazione del rischio / misure di prevenzione e protezione**
- 4. Strumenti di misura e monitoraggio**  
**Casi particolari e tecnologie emergenti (plasma freddo,**
- 5. sterilizzazione a microonde)**
- 6. Conclusioni e prospettive operative**

# VALUTAZIONE DEL RISCHIO

## IN PRESENZA DI UN PAZIENTE



- l'esposizione del paziente mira a produrre un effetto pertanto nel setting della procedura vi sono certamente le condizioni per cui, se svolta in modo inappropriato, anche l'operatore sia effettivamente esposto > VLE
- la valutazione del rischio deve quindi necessariamente tener conto non solo delle caratteristiche della sorgente CEM ma di come gli operatori interagiscono con il paziente nel contesto della presenza di quella sorgente
- Senza trascurar che il paziente deve essere esposto in modo appropriato e adeguato

# CARATTERIZZAZIONE DELLA SORGENTE E DEL PROFILO SPAZIO TEMPORALE DELL'ESPOSIZIONE



Nel caso di una RM settoriale equina “standing” ad esempio si definisce una zona di rispetto, attorno alla strumento

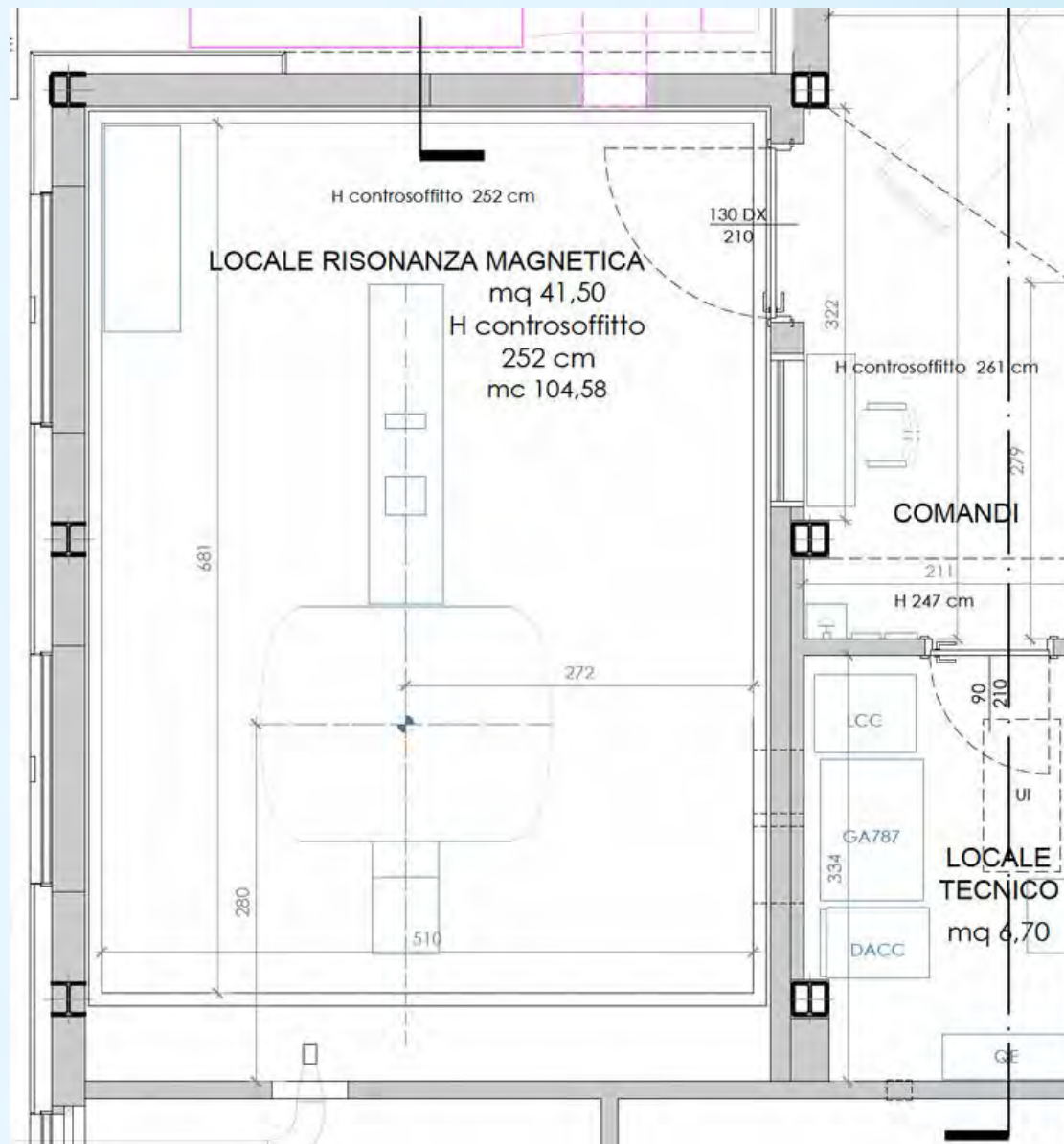
in questo modo è possibile contemporaneamente gestire l'animale senza la sedazione e garantire il rispetto delle condizioni di esposizione del personale

[HTTPS://WWW.AAVR.ORG/READING-ROOM/18-EQUINE-MRI](https://www.aavr.org/reading-room/18-equine-mri)

SCHARF A ET AL MAGNETIC RESONANCE IMAGING FOR DIAGNOSING AND MANAGING DEEP DIGITAL FLEXOR TENDINOPATHY IN EQUINE ATHLETES: INSIGHTS, ADVANCES AND FUTURE DIRECTIONS. EQUINE VET J. 2025;57(5): 1183-203

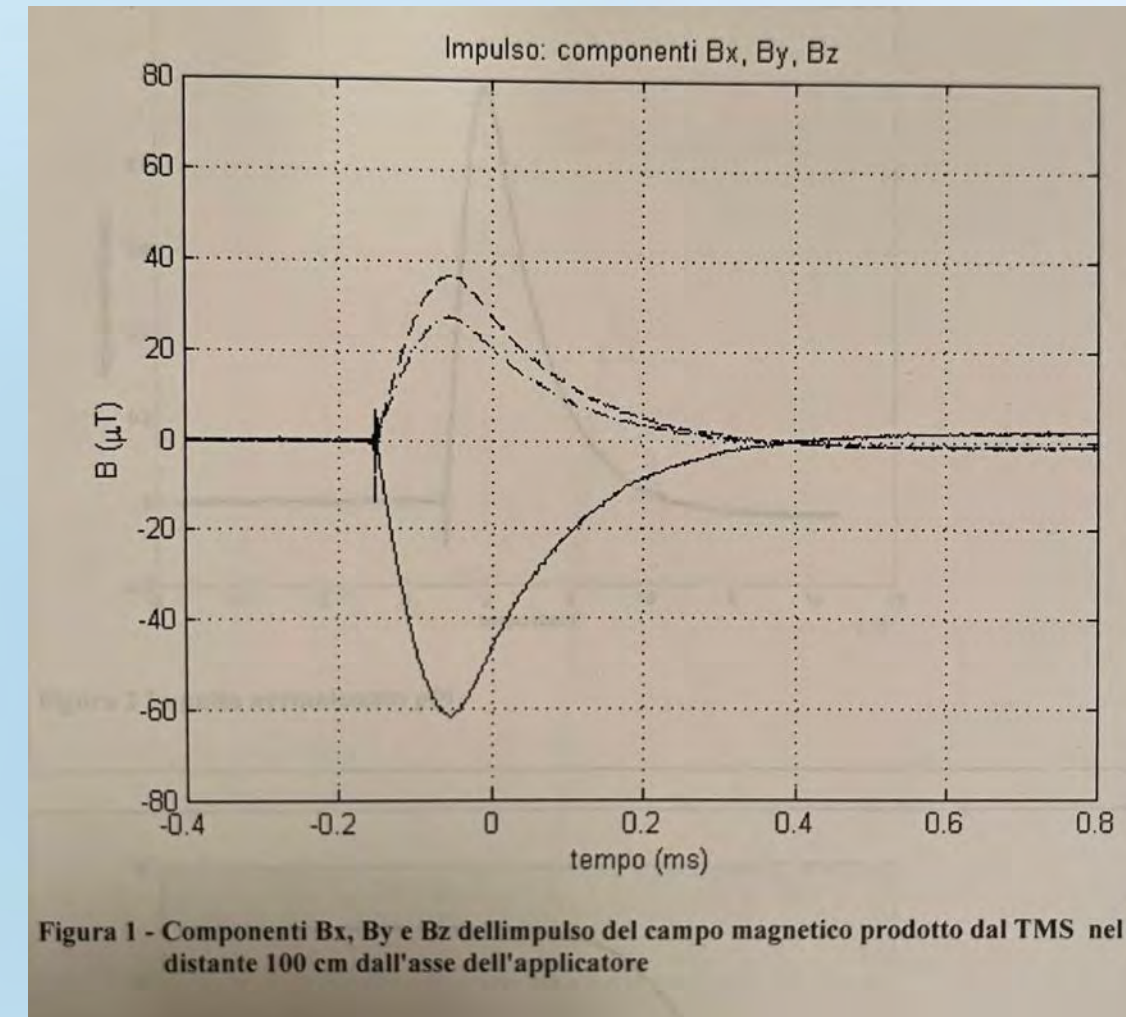
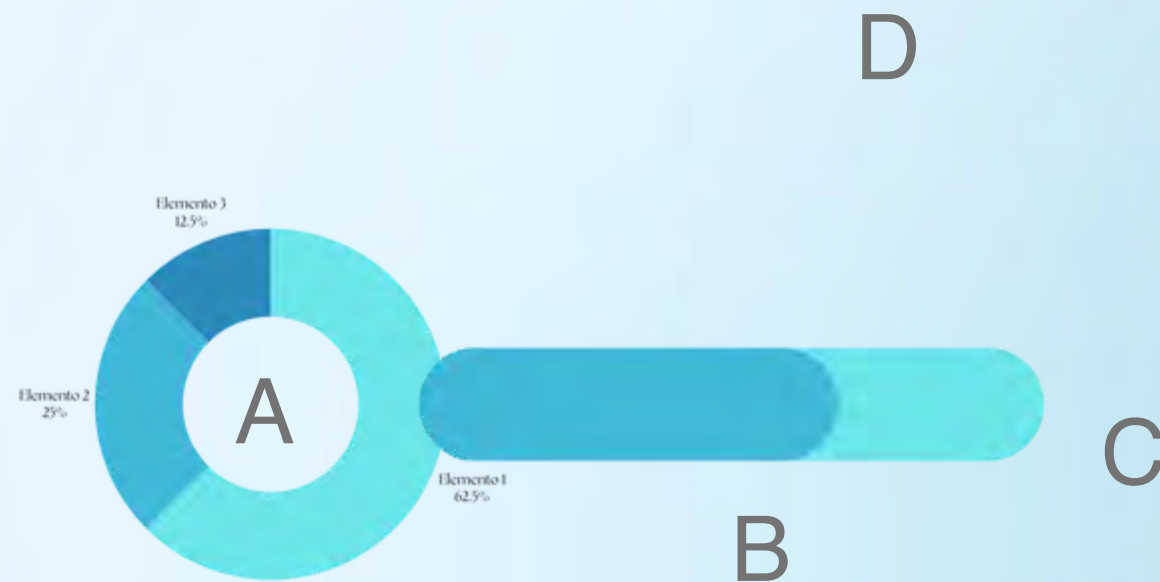
La schermatura per le radiofrequenze costruita racchiudere la sala tomografo RM è fatta per garantire una elevata qualità dell'immagine, ma garantisce anche la protezione dell'operatore

MA....



<i>Form di segnalazione accesso in emergenza in sala tomografo nel corso di acquisizione</i>		
Data : - -	N° matric	Nome operatore
Apparecchiatura		
Sequenza in corso di acquisizione		
Tempo di permanenza con gradiente accesi		
Modalità di avvicinamento al lettino		<input type="checkbox"/> corsa <input type="checkbox"/> cammino veloce <input type="checkbox"/> cammino piano
Minima distanza dal bore		
Tempo di permanenza alla minima distanza		
Stazionamento in altre posizioni oltre a quanto sopra		<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
		Se si distanza dal bore
		Se si tempo di permanenza
Descrizione del motivo che ha costretto a entrare a gradienti accesi		
Breve descrizione delle modalità di accesso e permanenza in sala magnetica a gradienti accesi		

# STIMOLATORE TRANSCRANICO



## FIGUEROA ET AL BRIEF COMMUNICATION THERAPEUTIC STAFF EXPOSURE TO MAGNETIC FIELD PULSES DURING TMS/RTMS TREATMENTS BIOELECTROMAGNETICS 27:156-158 (2006)

In conclusion, staff working with patient treatments with TMS/rTMS can become exposed to magnetic field levels exceeding both EU directive and ICNIRP guidelines; therefore, it is recommended that procedures are developed to avoid unnecessary exposure of nursing staff along with instructions as recommended in the referred documents

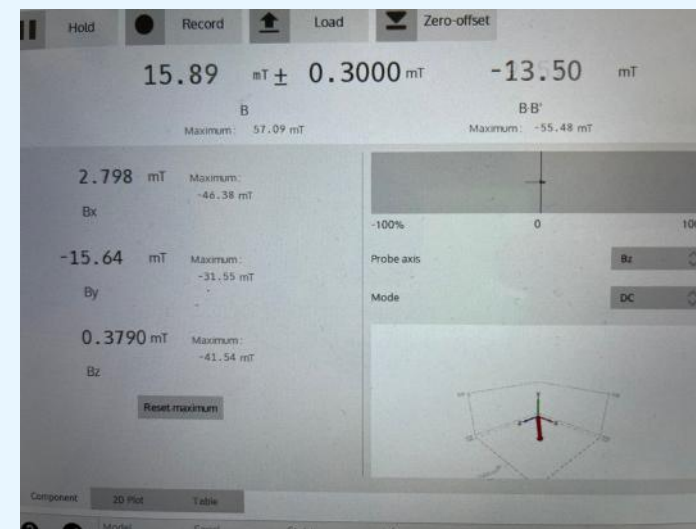
equipment could be used with a mechanical arm holding the transducer in the right position for the patient. This device should always be used in order to avoid exposures that arise while handholding the probe during treatment sessions

- 1. Contesto e principi di base**
- 2. Sorgenti in ambito sanitario e veterinario**
- 3. Valutazione del rischio / misure di prevenzione e protezione**
- 4. Strumenti di misura e monitoraggio**
- 5. Casi particolari e tecnologie emergenti (plasma freddo, sterilizzazione a microonde)**
- 6. Conclusioni e prospettive operative**

# EVOLUZIONE DELLA SPECIE



- strumenti analogici integrali
- Sonda isotropica



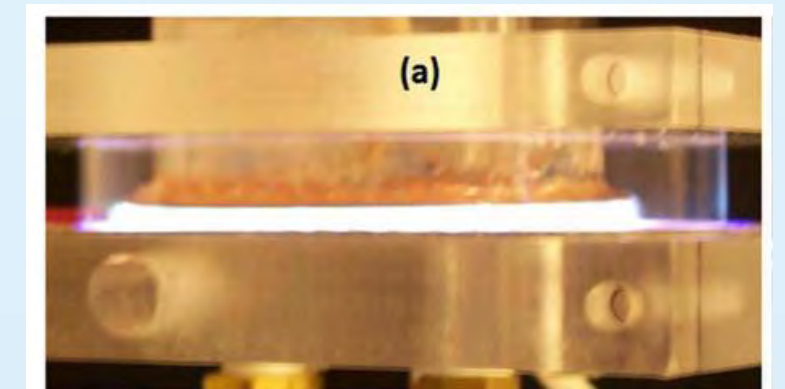
- strumenti digitali portatili vettoriali con possibilità di misura di tracciati
- Esempio gaussmetro 3D



- 1. Contesto e principi di base**
- 2. Sorgenti in ambito sanitario e veterinario**
- 3. Valutazione del rischio / misure di prevenzione e protezione**
- 4. Strumenti di misura e monitoraggio**
- 5. Casi particolari e tecnologie emergenti (plasma freddo, sterilizzazione a microonde)**
- 6. Conclusioni e prospettive operative**

# PLASMA A FREDDO

- . IL PLASMA FREDDO È UN GAS PARZIALMENTE IONIZZATO, GENERATO A BASSA TEMPERATURA ( $< 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ )**
- . SI OTTIENE APPLICANDO CAMPI ELETTRICI AD ALTA FREQUENZA O MICROONDE A UN GAS (ES. ARIA, ARGON, OSSIGENO)**
- . PRODUCE IONI, ELETTRONI E SPECIE REATTIVE CAPACI DI INATTIVARE MICRORGANISMI E DEGRADARE CONTAMINANTI**
- . È EFFICACE PER LA STERILIZZAZIONE DI SUPERFICI, STRUMENTI, TESSUTI BIOLOGICI E APPLICAZIONI VETERINARIE**
- . A DIFFERENZA DEI PLASMI “CALDI”, NON DANNEGGIA I MATERIALI O I TESSUTI.**



# PLASMA A FREDDO

- **LE EMISSIONI RF O MW SONO CONFINATE ALL'INTERNO DEL DISPOSITIVO**
- **RISCHIO CEM TRASCURABILE PER L'OPERATORE, SE L'APPARECCHIO È INTEGRO**
- **POSSIBILI EFFETTI COLLATERALI: OZONO, UV, CALORE LOCALIZZATO**
- **VERIFICARE PERIODICAMENTE GUARNIZIONI, SCHERMATURE E MESSA A TERRA**
- **APPLICARE PROCEDURE DI MANUTENZIONE E SORVEGLIANZA TECNICA**

# COESISTENZA ELETTROMAGNETICA: GESTIRE L'INTERAZIONE TRA SORGENTI E SISTEMI SENSIBILI

- **Le apparecchiature elettromedicali di cui si è brevemente discusso generano intenzionalmente cem**
- **Non possono essere considerate “compatibili” nel senso classico delle norme per EMC**
- **Rischio: interferenze reciproche con dispositivi di monitoraggio o comunicazione.**
- **Serve una valutazione sistemica della coesistenza in reparto o ambulatorio.**
- **Obiettivo: garantire accuratezza delle misure e continuità operativa**
- **In presenza di più sorgenti EM attive, la sicurezza si basa su layout, distanze e sincronizzazione operativa, non sul rispetto formale delle norme EMC**

- 1. Contesto e principi di base**
- 2. Sorgenti in ambito sanitario e veterinario**
- 3. Valutazione del rischio / misure di prevenzione e protezione**
- 4. Strumenti di misura e monitoraggio**
- 5. Casi particolari e tecnologie emergenti (plasma freddo, sterilizzazione a microonde)**
- 6. Conclusioni e prospettive operative**

# CONCLUSIONI/DISCUSSIONE

La gestione del rischio da campi elettromagnetici in ambito sanitario e veterinario non è solo un obbligo normativo, ma una parte integrante della qualità delle cure.

L'obiettivo non può quindi essere eliminare i campi, ma utilizzarli in sicurezza, conoscendone le caratteristiche e i limiti.

In questo modo, possiamo garantire la tutela degli operatori e, allo stesso tempo, il pieno beneficio per i pazienti.

# CONCLUSIONI/DISCUSSIONE

Quando parliamo di compatibilità elettromagnetica, di solito pensiamo a dispositivi che non devono né disturbare né essere disturbati

Ma in ambito sanitario molti strumenti hanno efficacia proprio grazie ai campi elettromagnetici.

È quindi impossibile imporre loro i limiti di emissione delle norme EMC.

In questi casi la sicurezza si ottiene non riducendo l'emissione, ma gestendo la coesistenza: distanze, tempi, schermature e coordinamento tra operatori

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

# PER APPROFONDIRE

[www.icnirp.org](http://www.icnirp.org)

ICNIRP (2010). Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz–100 kHz). Health Phys 99(6):818–836

ICNIRP (2020). Guidelines for limiting exposure to EM fields (100 kHz–300 GHz). Health Phys 118(5):483–524

[www.acr.org](http://www.acr.org)

ACR Manual on MR Safety, 2024 Edition

[www.cenelec.eu](http://www.cenelec.eu)

EN 50499:2019, Procedure for the assessment of exposure to EM fields in the workplace

EN 50527-2-1:2016, Workers with cardiac pacemakers – Assessment of exposure

[www.portaleagentifisici.it](http://www.portaleagentifisici.it)

[www.ciip-consulta.it](http://www.ciip-consulta.it)