



## **IL RISCHIO FISICO DA CAMPI ELETTROMAGNETICI E RADIAZIONI OTTICHE NELLE STRUTTURE SANITARIE**

**Iole Pinto, Andrea Bogi, Francesco Picciolo, Nicola Stacchini**

Azienda USL 7 Siena – Laboratorio di Sanità Pubblica – Agenti Fisici – Siena

### **1 – INTRODUZIONE**

Il presente lavoro contiene una sintesi dei risultati delle valutazioni del rischio da esposizione a campi elettromagnetici (CEM) e radiazioni ottiche artificiali non coerenti (ROA) che sono state condotte dagli autori presso strutture sanitarie della Regione Toscana. Le valutazioni sono state condotte a seguito di un censimento preliminare presso le sedici strutture sanitarie pubbliche attive sul territorio regionale delle apparecchiature ed impianti di potenziale interesse dal punto di vista delle emissioni di CEM e ROA.

E' stato quindi individuato un parco macchine rappresentativo delle sorgenti maggiormente diffuse sul territorio regionale, che è stato oggetto di valutazioni specifiche. Nell'ambito del lavoro si presenteranno i principali risultati delle campagne di misura selezionandoli tra quelli che hanno riguardato le categorie di sorgenti di maggior interesse dal punto di vista della prevenzione e protezione dai rischi. I risultati analitici delle misure condotte presso i differenti apparati sono riportati nelle banche dati ROA e CEM del Portale Agenti Fisici [1].

### **2 – RADIAZIONI OTTICHE**

La **Tabella 1** riporta le principali apparecchiature presenti in ambito sanitario che utilizzano sorgenti di radiazioni ottiche artificiali non coerenti di interesse protezionistico, con l'indicazione delle componenti spettrali rilevanti.

In ambito sanitario sono altresì di diffuso e crescente impiego sorgenti Laser. La maggior parte dei Laser impiegati per uso medico chirurgico o riabilitativo rientrano nella classe di rischio IV. Il D.Lgs.81/2008 [2] prescrive che la valutazione del rischio per gli apparati Laser si basi in primo luogo sulla classificazione del Laser e sulle necessarie informazioni fornite dal costruttore ai sensi della norma tecnica 60825-1 [3]. Gli apparati Laser non sono trattati nel presente lavoro. Approfondimenti ed indicazioni operative inerenti le metodologie per la valutazione e prevenzione del rischio nell'impiego dei Laser in medicina sono reperibili nel report AIFM [4] e nei lavori di Tomaselli e coll. [5] e Paralupi e coll. [6] riportati in bibliografia.

**Tabella 1:** Principali tipologie di sorgenti ROA incoerenti diffuse in ambito sanitario con indicazione delle regioni spettrali di interesse ai fini della valutazione del rischio di esposizione

Tipologia	Regione spettrale	Ambito applicazione
Fototerapia neonatale	Blu/UVA	Neonatologia
Fototerapia	Blu/UV	Dermatologia
Foto polimerizzatori	Blu/UVA	Odontoiatria
Transilluminatori	UV	Laboratori Analisi
Cappe Germicida	UVC	Laboratori Analisi
Lampade Scialitiche	Blu/UVA	Sale Operatorie

Nel seguito si riportano i principali risultati delle valutazioni del rischio e le principali criticità riscontrate nell'ambito delle indagini.

## 2.1 METODI

Lo studio è stato condotto su un campione di apparecchiature rappresentativo del parco macchine di diffuso impiego presso le strutture sanitarie presenti sul territorio regionale.

Le misure i cui risultati sono discussi nel presente lavoro sono state condotte con la seguente strumentazione:

- Radiometro Marca: DeltaOhm, Modello: HD2402, con il software proprietario per la lettura dei valori delle grandezze considerate
- Spettrometro Jeti modello Specobs 1211UV matricola 2010099. Il Software acquisizione utilizzato è JETI LiMeS Version 4.1.0

La strumentazione è stata sottoposta a calibrazione annuale tracciabile N.I.S.T.

La caratterizzazione spettrometrica delle sorgenti è stata effettuata conformemente alle metodiche definite dallo Standard EN 62471:2008 [5] Le elaborazioni delle grandezze necessarie alla valutazione del rischio sono state effettuate con programmi opportunamente implementati dagli autori.

Tutte le grandezze e i parametri radiometrici sono stati valutati conformemente a quanto prescritto dalla vigente normativa in materia: Capo V del Titolo VIII del D.Lgs.81/2008.

## 2.2 RISULTATI

### 2.2.1 Fototerapia neonatale

Tali apparecchiature sono impiegate nella cura dell'ittero neonatale in terapia intensiva neonatale e presentano tipicamente emissioni di radiazioni ottiche nello spettro di lunghezze d'onda comprese fra 420 nm e 530 nm, considerate la più efficaci nel trattamento della bilirubina [7,9,10]. I risultati delle misure per quanto riguarda il rischio oculare da esposizione a Luce Blu sono riportati in **Tabella 2**.

**Tabella 2:** Risultati ottenuti per esposizione a Luce Blu  $L_B$  [ $W\ m^{-2}\ sr^{-1}$ ] : I tempi massimi di esposizione “Tmax exp [s]” indicati nell’ultima colonna si riferiscono alla visione diretta della sorgente, cumulati sull’intera giornata lavorativa.

<b>Id.#</b>	<b>Tipo apparecchiatura</b>	<b>Tipo lampada</b>	<b>Distanza sorgente-rivelato. (cm)</b>	<b>Valori misurati LB [<math>W\ m^{-2}\ sr^{-1}</math>]</b>	<b>Tmax exp [s]</b>
1	Medela Bilibed 038.3016	n.1 Tubo Fluorescente Osram Dulix L 18W/71	20	70	14000
2	Natus NeoBlue Mini	LED array	20	8600	115
2	Natus NeoBlue Mini	LED array	50	4	>8h
3	GE Ohmeda - Giraffe Spot PT Lite	1 lampada alog. metallici	40	6200	160
3	GE Ohmeda - Giraffe Spot PT Lite	1 lampada alog. metallici	40 <sup>(1)</sup>	6.8	>8h
4	Natus NeoBlue	LED array	20	3100	320
4	Natus NeoBlue	LED array	50	1.5	>8h
5	Ginevri IW909E	n. 2 tubi fluorescenti Ginevri	40	41,8	23000
6	Bertocchi mod. GB57	8 tubi fluorescenti Philips TL 20W/03T	20	19	>8h
7	Bertocchi mod. BS BO18	8 tubi fluorescenti Philips TL 20W/03T	20	54,7	18259
8	GE Ohmeda Biliblanquet Plus	Fibra Ottica	20	0,2	> 8
9	GE Healthcare Bilisoft	Fibra Ottica	20	6.7	> 8h
10	Cobams P.R.	6 sup. + 6inf. Tubi fluorescenti GE F20T 12 – D Daylight 20W	20	2	> 8h
11	Drager Microlite	3 quartz-halogen	40 <sup>(3)</sup>	110	9000
11	Drager Microlite	3 quartz-halogen	30 <sup>(1)</sup>	0,7	>8h
12	Atom medical	LED array	50 <sup>(3)</sup>	9800	100
12	Atom medical	LED array	30 <sup>(1)</sup>	3,4	>8h

Note: (1) = distanza misurata dalla copertura della termoculla: esposizione a fascio riflesso dalla termoculla misurata in posizione corrispondente all’occhio dell’operatore; (2) = esposizione a fascio riflesso dal letto; (3) = posizione neonato

Dallo studio sono emerse le seguenti principali conclusioni:

- Gli apparecchi di fototerapia pediatrica che impiegano sorgenti LED presentano emissioni spettrali nel blu che possono indurre il superamento dei valori limite prescritti dalla vigente normativa per tempi di esposizione dell'operatore dell'ordine dei minuti. Per tali apparati l'impiego di dispositivi oculari di protezione risulta necessario per gli operatori addetti all'assistenza al neonato quando questi operino in prossimità della sorgente, in genere a distanze dalle lampade inferiori o uguali a 1 metro.
- Per alcune apparecchiature che impiegano tubi fluorescenti si sono riscontrate emissioni spettrali rilevanti nella regione UVA. E' da rilevare in merito che l'esposizione ad UVA prodotta da tali apparati è da considerarsi indebita, alla luce della classificazione della radiazione UVA da parte dello IARC tra i cancerogeni certi per l'uomo [11,12,13], essendo peraltro non funzionale ai fini del miglioramento dell'efficacia del trattamento terapeutico [9,10].
- L'indagine ha evidenziato una grande variabilità sia nel tipo che nella potenza delle radiazioni ottiche emesse dai macchinari esaminati. Il conseguimento di emissioni radianti ottimizzate per le lampade usate in fototerapia, attraverso procedure standardizzate di acquisto, collaudo, manutenzione e controlli periodici di qualità di tali macchinari, consentirebbe di rendere più efficace la terapia neonatale, evitare esposizioni indebite ai raggi UVA sia del neonato che degli operatori, e ridurre alla fonte il rischio per gli operatori, secondo quanto prescritto dal D.Lgs.81/2008.
- I dati forniti dai produttori nei manuali d'uso delle apparecchiature risultano in genere carenti ai fini della valutazione del rischio per gli operatori e della formazione ed informazione degli stessi. I produttori dovrebbero essere sollecitati, in sede di capitolato d'acquisto, a fornire le informazioni richieste dal D.Lgs.81/2008 Titolo V, ai fini di consentire la valutazione e riduzione del rischio da esposizione a radiazioni ottiche artificiali già in fase di acquisto di nuove apparecchiature.
- Risulta indispensabile che gli operatori siano formati in merito ai rischi di esposizione alle radiazioni ottiche artificiali emesse da tali apparati e sulle modalità di lavoro più efficaci ed appropriate ai fini della prevenzione del rischio

### 2.2.2 Lampade fotopolimerizzanti (fotoinduritori)

Tali apparecchiature sono impiegate in odontoiatria per la fotopolimerizzazione dei compositi dentali e presentano tipicamente emissioni di radiazioni ottiche nello spettro di lunghezze d'onda comprese fra 420 nm e 530 nm, corrispondente all'intervallo in cui l'assorbimento della componente fotosensibile è massimo per la maggior parte dei sistemi foto iniziatori dei materiali dentali.

I risultati delle misure per quanto riguarda il rischio oculare da esposizione a Luce Blu sono riportati in **Tabella 3**.

I dati riportati in **Tabella 3** si riferiscono a misure atte alla caratterizzazione della sorgente, e sono state effettuate con una distanza fra rivelatore e sorgente pari a 20 cm, conformemente a quanto prescritto dalla norma EN 62471 [8]. Per caratterizzare l'esposizione dell'operatore durante l'utilizzo dei macchinari, è stata riprodotta una situazione espositiva tipica: si è posizionato l'apparecchio a circa 1 cm da una

superficie bianca riflettente ed è stata misurata la riflessione a 40cm dalla superficie stessa. Tutte le misure sono state eseguite rimuovendo gli schermi che sono in dotazione con gli apparecchi. Dall'indagine è emerso quanto segue:

- Lo spettro di emissione è centrato fra 450nm e 500nm. In particolare le emissioni spettrali degli apparati che usano LED sono centrati intorno a 450 nm. Gli altri che usano generalmente lampade alogene, hanno uno spettro centrato a intorno ai 500nm.
- Sono stati caratterizzati gli schermi in dotazione ad ogni macchinario che sono risultati efficaci nel ridurre le emissioni a livelli di esposizione inferiori ai valori limite, anche per tempi di esposizione oculare di otto ore. Emerge pertanto che l'utilizzo degli schermi in dotazione è una prescrizione di sicurezza indispensabile per un utilizzo sicuro.
- I dati forniti dai produttori nei manuali d'uso delle apparecchiature risultano in genere carenti ai fini della valutazione del rischio per gli operatori e della formazione ed informazione degli stessi. I produttori dovrebbero essere sollecitati, in sede di capitolato d'acquisto, a fornire le informazioni richieste dal D.Lgs.81/2008 Titolo V, ai fini di consentire la valutazione e riduzione del rischio da esposizione a radiazioni ottiche artificiali nei luoghi di lavoro.
- Risulta indispensabile che gli operatori siano formati in merito al rischio oculare dovuto all'esposizione a luce blu emessa da tali apparati in assenza di schermo di protezione e sulla necessità di operare sempre con gli schermi di protezione correttamente installati.

**Tabella 3:** Risultati ottenuti per esposizione a Luce Blu  $L_B$  [ $W\ m^{-2}\ sr^{-1}$ ]: i tempi massimi di esposizione "Tmax exp [s]" indicati nell'ultima colonna si riferiscono alla visione diretta della sorgente, cumulati sull'intera giornata lavorativa

N°	Marca	Modello	Distanza sorgente-rivelatore (cm)	Valori misurati LB [ $W\ m^{-2}\ sr^{-1}$ ]	Tmax exp [s]
1	Mectron	Bluelight	20	4700	210
2	SDS Kerr	Demetron LC	20	10000	90
4	Hereus	Translux Powerblue	20	4400	230
5	Mectron	Pol-hal II	20	4000	250

**2.2.3 – Transilluminatori**

Tali dispositivi sono utilizzati come strumentazione di base nei laboratori di analisi per la visualizzazione di gel elettroforetici sensibili ai raggi UV. Le sorgenti utilizzate in tali apparati emettono radiazione UV tipicamente nella regione UV-C con picco a 254 nanometri (nm); UVB con picco a 300 nm o 312 nm; UVA con picco a 365 nm.

I parametri di interesse protezionistico per tali apparati sono l'irradianza efficace ( $E_S$ ) nell'intervallo UV e l'irradianza totale limitatamente alla regione UVA ( $E_{UV-A}$ ). Organi bersaglio occhi e cute. Il tempo di esposizione massimo per prevenire il superamento del VLE tipicamente riscontrato per tali apparati, sia dalle indagini condotte dagli autori su tre apparecchiature, sia dai dati di letteratura [17] risulta inferiore a 30 secondi a distanze dell'ordine di 25 cm dalla sorgente ed inferiore a 2 minuti a distanze dell'ordine di 50 cm. Tipicamente gli operatori lavorano a distanze tra i 20 cm ed i 50 cm dalla sorgente.

Dallo studio è risultato che gli schermi di protezione in dotazione forniti dai produttori producono una attenuazione del fascio UV tale da consentire esposizione dell'operatore fino a 5 ore prima del conseguimento del valore limite di esposizione. Le maschere di protezione UV che sono talora fornite in dotazione consentono un'esposizione sicura dell'operatore a 50 cm dalla sorgente anche per esposizioni superiori alle 8 ore.

Al fine di prevenire il superamento dei valori limite di esposizione alla radiazione UV gli operatori che utilizzano i transilluminatori devono essere formati sul corretto impiego degli schermi di protezione, ove presenti. In caso contrario dovranno essere obbligatoriamente indossati dispositivi di protezione idonei per il viso – tipicamente maschera facciale integrale - e proteggere la pelle di mani e braccia con guanti ed indumenti da lavoro.

E' indispensabile un'adeguata formazione del personale sul rischio di esposizione alla radiazione UV prodotta da tali apparati, sulle corrette procedure di lavoro, generalmente riportate nei manuali di istruzione degli apparati di nuova produzione, sull'impiego dei DPI e sulla prevenzione da esposizioni accidentali della pelle e degli occhi.

#### **2.2.4 – Cappe sterili e lampade germicida**

Una lampada germicida è un tipo particolare di lampada che produce radiazione ultravioletta con componente spettrale dominante nella regione UV-C.

La radiazione ultravioletta nella regione UV-C modifica il DNA o l'RNA dei microorganismi e quindi impedisce loro di riprodursi o di essere dannosi. Per tale motivo viene utilizzata in diverse applicazioni, quali la disinfezione di cibo, acqua e aria.

Tipicamente le lampade germicida installate in cappe sterili di laboratorio o installate a parete per sterilizzare ambienti sono costituite da lampade al mercurio, con emissione dominante nella riga spettrale a 253 nm (UVC).

I risultati analitici delle misure presso ciascun apparato sono riportati nella banca dati ROA del Portale Agenti Fiscali [1]. Di seguito si riporta il quadro di sintesi dei principali risultati ottenuti nel corso dell'indagine.

- *Cappe Sterili da Laboratorio* Le emissioni sono limitate all'intervallo degli UV, essendo la componente spettrale dominante nella regione UVC. Gli organi bersaglio sono la cornea e la cute. Il rischio di esposizione degli operatori alle emissioni UV delle cappe germicida, risulta dipendente dalla tipologia della cappa (presenza o meno dell'interblocco che impedisca l'accensione della lampada in assenza di schermo di protezione) e dal corretto utilizzo delle stesse, qualora non sia presente un sistema di interblocco. In particolare, le misurazioni

effettuate all'esterno, con vetro della cappa completamente chiuso, permettono di verificare l'irrelevanza del rischio per l'operatore. Infatti il tempo di esposizione massimo consentito per prevenire il superamento del valore limite di esposizione risulta essere maggiore di otto ore in tutte le misurazioni effettuate con cappa perfettamente chiusa. Viceversa le misurazioni eseguite con vetro leggermente aperto, che rappresenta una condizione operativa non escludibile a priori per sistemi non muniti di interblocco, hanno mostrato che la riflessione attraverso il piano di lavoro può provocare, ad un operatore che stazioni nei pressi della cappa, esposizioni superiori ai valori limite. I tempi massimi di esposizione che comportano il superamento dei valori limite per occhi e cute sono tipicamente di pochi secondi e sono riportati nella Banca Dati ROA del Portale Agenti Fisici. Le cappe con interblocco impediscono l'esposizione nelle normali condizioni di utilizzo. Si noti che comunque i vetri di alcune cappe possono essere socchiusi senza far scattare l'interblocco, a causa delle caratteristiche meccaniche del dispositivo di interblocco stesso: in queste condizioni un operatore che si trovi molto vicino alla cappa può essere esposto ad una lamina di radiazione ultravioletta che è comunque in grado di provocare esposizioni di occhi e cute superiori ai limiti di esposizione in pochi secondi. Da tali considerazioni emerge che l'informazione e la formazione sul rischio da ultravioletti per gli operatori addetti alle cappe è indispensabile anche per le apparecchiature dotate di interblocco.

- *Lampade Germicida a parete/soffitto.* Come nel caso delle cappe, le emissioni delle lampade germicida a parete sono nella regione spettrale degli UVC; gli organi bersaglio sono: cornea, congiuntiva, cristallino e cute. Le misurazioni effettuate in condizione di esposizione diretta dell'operatore, (ad altezza operatore), alla radiazione emessa dalla lampada installata a soffitto a 3 metri dal pavimento, evidenziano esposizioni particolarmente elevate, che comportano il superamento dei limiti di legge in pochi secondi di esposizione, per un soggetto non protetto. Sulla base di tali evidenze appare indispensabile che tutti i lavoratori che a qualsiasi titolo accedono ai locali ove sono installate tali lampade siano a conoscenza delle procedure di sicurezza e le rispettino con consapevolezza. E' indispensabile prevenire l'accesso al locale a soggetti non protetti, nel caso in cui le lampade siano in funzione. Una misura di tutela particolarmente efficace a tale proposito è quella di predisporre che l'accensione delle lampade avvenga solo grazie ad appositi interruttori a chiave, e che queste siano affidate solo a personale adeguatamente formato.

**Tabella 4:** Esempio di risultati delle misure emissione UV da lampade germicida a parete: posizione operatore

Condizioni di Misura	Distanza sensore-lampada [cm]	Altezza sensore [cm]	Irradianza Efficace S( $\lambda$ ) [W/m <sup>2</sup> ]	Durata Massima Esposizione [s]
Diretta	55	160	1,8	17

### **2.2.5 Lampade Scialitiche**

Le lampade scialitiche sono sistemi elettromedicali dedicati all'illuminazione ottimale del campo operatorio, caratterizzati da un particolare effetto ottico dissolvente definito "scialitico" (dal greco skiá=ombra e lyticós=dissolvente). I valori di esposizione a ROA ottenuti nel corso delle indagini condotte dagli autori su un campione di dieci lampade confermano quanto già riportato in letteratura su questa tipologia di sorgenti [18], nel seguito discusso.

Il team chirurgico in genere non risulta essere esposto a livelli di luce blu superiori al valore limite di esposizione di radianza efficace  $LB = 100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$  nel caso di sistemi basati su lampade alogene tradizionali. Viceversa le lampade basate su sorgenti LED possono comportare rischio di esposizione a luce blu per fissazione diretta della sorgente, per tempi di esposizione dell'ordine dei secondi. Considerato che la condizione di fissazione diretta della sorgente non rientra nelle abituali condizioni lavorative riscontrabili in sala operatoria, generalmente anche in questi casi gli operatori non sono da considerarsi esposti a valori di Luce Blu superiori ai limiti stabiliti dalla normativa. Viceversa il paziente può risultare accidentalmente esposto a livelli di luce blu potenzialmente nocivi, se non adeguatamente protetto.

Per quanto riguarda i sistemi basati su lampade alogene, è da rilevare che in alcuni casi l'esposizione ad UVA in prossimità del fuoco può risultare superiore ai valori limite fissati dal D.Lgs.81/2008 Titolo VIII Capo V per tempi di esposizione superiori a 10 minuti.

Tenuto conto di tali aspetti emerge che è sempre necessario evitare l'esposizione diretta dell'occhio del paziente alla luce emessa dalla lampada, in assenza di informazioni certe sul rischio foto biologico fornite dal produttore. E' da rilevare che allo stato attuale i dati forniti dai produttori sul rischio foto biologico di tali lampade risultano in genere carenti ai fini della valutazione del rischio per gli operatori e della formazione ed informazione degli stessi.

Appare altresì necessaria un'adeguata formazione del personale al fine di evitare esposizioni accidentali al fascio luminoso, in considerazione del fatto che l'esposizione oculare in prossimità del fuoco (visione diretta) di alcune lampade scialitiche può superare i limiti di esposizione per UVA e/o Luce Blu. I produttori dovrebbero essere sollecitati, in sede di capitolato d'acquisto, a fornire le informazioni richieste dal D.Lgs.81/2008 Titolo V, ai fini di consentire la valutazione e riduzione del rischio da esposizione a radiazioni ottiche artificiali sia per gli operatori che per i pazienti, già in fase di acquisto di nuovi sistemi.

La possibilità di riduzione del rischio alla fonte dovrebbe essere opportunamente presa in considerazione all'atto dell'acquisto di nuove lampade scialitiche, secondo quanto prescritto dal D.Lgs.81/2008.

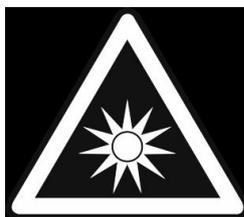
### **2.3 MISURE DI TUTELA**

Di seguito si elencano le principali misure di tutela da adottare per le tipologie di apparati oggetto dello studio al fine di ridurre il rischio di esposizione per operatori e personale che a qualsiasi titolo si trovi a transitare nelle vicinanze dei suddetti macchinari.

### 2.3.1 Procedura per Cappe senza interblocco e con chiusura integrale

Avvertenze da apporre sui macchinari:

- Presenza di raggi UV; Segnalazione rischio ROA con pittogramma simbolo riportato in **Figura 1**;
- Esposizione nociva anche per tempi molto brevi;
- Prima di aprire la cappa assicurarsi di aver spento gli UV;
- Esposizione assente a cappa chiusa;
- Assicurarsi che il pannello porta lampada a raggi ultravioletti sia inserito nella cappa prima di accendere gli UV.”



**Figura 1:** Segnaletica di pericolo Emissione Radiazioni Ottiche Artificiali

E' necessaria l'informazione e formazione sui rischi da esposizione a raggi ultravioletti degli operatori, e di tutti coloro che a qualsiasi titolo possono entrare nell'ambiente in cui è installata la cappa.

E' indispensabile rendere facilmente identificabile il pulsante di accensione degli UV rispetto agli altri interruttori presenti sulla cappa.

### 2.3.2 Procedura per Cappe senza interblocco e con chiusura parziale del vetro

Avvertenze da apporre sui macchinari :

- Presenza di raggi UV; Segnalazione rischio ROA con pittogramma simbolo riportato in **Figura 1**;
- Esposizione nociva anche per tempi molto brevi;
- Chiusura del vetro di protezione non completa; non sostare nei pressi del macchinario con lampada UV accesa.

E' necessaria l'informazione e formazione sui rischi da esposizione a raggi ultravioletti degli operatori, e di tutti coloro che a qualsiasi titolo possono entrare nell'ambiente in cui è installata la cappa.

E' indispensabile rendere facilmente identificabile il pulsante di accensione degli UV rispetto agli altri interruttori presenti sulla cappa.

### 2.3.3 Procedura per Cappe con interblocco

Avvertenze da apporre sui macchinari:

- Presenza di raggi UV all'interno della cappa;
- L'esposizione alla radiazione UV emessa dalla lampada è pericolosa anche per esposizioni molto brevi;
- Possibilità di esposizione ad UV con cappa non correttamente chiusa: accertarsi della totale chiusura della cappa prima di attivare l'emissione UV.
- Esposizione assente a cappa chiusa;

E' necessaria l'informazione e formazione sui rischi da esposizione a raggi ultravioletti degli operatori, e di tutti coloro che a qualsiasi titolo possono entrare nell'ambiente in cui è installata la cappa.

E' indispensabile rendere facilmente identificabile il pulsante di accensione degli UV rispetto agli altri interruttori presenti sulla cappa.

#### **2.3.4 Procedura per ambienti con lampade germicida a parete/soffitto**

Avvertenze da apporre sulla porta d'ingresso dell'ambiente interessato:

- Presenza di lampade UV all'interno del locale;
- Emissioni nocive per persone presenti all'interno del locale, con lampade UV accese, anche per esposizioni di breve durata;
- Prima di aprire la porta assicurarsi di aver spento gli emettitori UV;
- Esposizione assente a porta completamente chiusa.

E' necessaria l'informazione e formazione sui rischi da esposizione a raggi ultravioletti e sulle appropriate misure di tutela da mettere in atto per gli operatori, e per tutti coloro che a qualsiasi titolo possono entrare nell'ambiente in cui è installata la cappa.

E' necessario apporre la segnaletica di rischio UV nei pressi dell'interruttore di accensione delle lampade a raggi ultravioletti (**Figura 1**)

Una misura di prevenzione importante è quella di munire i locali di sistemi di segnalazione luminosa che indichino l'accensione delle lampade UV.

Ulteriore misura di prevenzione è che l'interruttore di accensione degli UV sia munito di comando a chiave e che le chiavi siano a messe a disposizione solo al personale specificamente formato sul rischio e sulle appropriate operazioni di accensione e spegnimento degli emettitori UV.

### **3 – CAMPI ELETTROMAGNETICI**

Il rischio da esposizione a campi elettromagnetici resta, nonostante l'intensificarsi degli studi in materia, un argomento complesso, ancora poco conosciuto per quanto riguarda i reali effetti sulla salute e i meccanismi di esplicazione di tali effetti. Per questa ragione è fondamentale, per questo particolare rischio, fornire ai lavoratori e a tutte le figure coinvolte nel sistema di sicurezza aziendale corrette procedure di valutazione e prevenzione del rischio, e una adeguata informazione e formazione sui corretti comportamenti da adottare in tutte le attività in prossimità di sorgenti rilevanti sotto il profilo dell'esposizione a CEM. Tali aspetti assumono particolare rilevanza in ambito sanitario ove sono correntemente utilizzati apparati quali elettrobisturi, defibrillatori, stimolatori neurologici, apparati per magnetoterapia, diatermia etc. che emettono campi elettromagnetici di interesse protezionistico e che possono avere effetti gravi su soggetti con controindicazioni all'esposizione, quali portatori di pacemaker e protesi impiantate, donne in gravidanza, etc.

La principale finalità del lavoro qui presentato è di mettere a disposizione uno strumento operativo che orienti a una risposta corretta ai fini della prevenzione e protezione da campi elettromagnetici [0 Hz- 300 GHz] in ambito sanitario.

Le sorgenti considerate in questo lavoro, elencate in **Tabella 5**, sono state individuate a seguito di un censimento del parco macchine in uso presso le strutture sanitarie pubbliche presenti sul territorio regionale, prendendo in esame tutti gli apparecchi elettromedicali che rispondono ai requisiti delle situazioni da approfondire secondo l'impianto della norma CEI EN 50499 [20], richiamato nelle Indicazioni operative sulla prevenzione e protezione dai rischi dovuti all'esposizione ad agenti fisici nei luoghi di lavoro prodotte dal Coordinamento Tecnico delle Regioni – ISS – INAIL [1].

I risultati analitici inerenti ciascun apparato sono riportati nella banca dati CEM del Portale Agenti Fisici e nel rapporto "Campi Elettromagnetici in ambito Sanitario: valutazione e prevenzione dei rischi" [19].

**Tabella 5:** Principali tipologie di sorgenti CEM diffuse in ambito sanitario di interesse ai fini della valutazione del rischio di esposizione

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>– Apparati per magnetoterapia</li><li>– Apparati per diatermia</li><li>– Elettrobisturi</li><li>– Defibrillatori</li><li>– Stimolatori magnetici transcranici</li><li>– Tomografi RMN</li></ul> |
|---|

Nel seguito si riportano i principali risultati ottenuti nel corso dello studio.

Sono esclusi gli apparecchi per tomografia a risonanza magnetica nucleare (RMN), in quanto fin dal 1984 soggetti a specifica normativa di sicurezza. Conseguentemente tali apparati sono già oggetto delle valutazioni specifiche inerenti le esposizioni a CEM, da effettuarsi a cura dell'esperto responsabile della sicurezza RMN, secondo quanto prescritto dalla vigente normativa. Per approfondimenti si rimanda al già citato riferimento bibliografico [19].

### 3.1 – METODI

Lo studio è stato condotto su un campione di apparecchiature rappresentativo del parco macchine di diffuso impiego presso le strutture sanitarie presenti sul territorio regionale.

Le misure i cui risultati sono discussi nel presente lavoro sono state condotte in collaborazione con CNR – IFAC [19] con la seguente strumentazione:

Misuratore a banda stretta: Marca: NARDA STS S.r.l. Modello: EHP 50 E  
Matricola: 120WX30115. Campo di misura: Campo Elettrico e Magnetico [5Hz - 100kHz].

Rivelatore NARDA modello ELF 400, banda passante da 1 Hz a 400 KHz, con risposta in frequenza piatta, con sonde esterne da 100cm<sup>2</sup> e da 3cm<sup>2</sup> ed un campionatore Agilent U2531A, quattro canali a 14bit, frequenza di campionamento massima 2MSa/s, per valutare l'andamento temporale del campo magnetico degli apparecchi per stimolazione transcranica, diatermia e per defibrillazione.

Misuratore a banda stretta: Marca: NARDA STS S.r.l. Modello: EHP 200  
Matricola: 050WX00526. Campo di misura: Campo Elettrico e Magnetico [9 KHz - 30 Mhz]. Utilizzato per valutare le emissioni degli elettrobisturi.

Le metodiche valutative adottate ai fini della valutazione del rischio sono conformi alle raccomandazioni del Coordinamento Tecnico Regioni –INAIL [2] e ai criteri individuati dalla norma CEI EN 50499 [19].

In particolare, ai fini della valutazione del rischio CEM, laddove siano presenti macchinari o impianti emettitori di campi elettromagnetici potenzialmente nocivi, oltre a determinarne i livelli di emissione, è necessario individuare un insieme di misure di tutela di tipo organizzativo e procedurale, al fine di:

- prevenire l'esposizione di individui con controindicazioni;
- ridurre al minimo l'esposizione dei lavoratori.

La norma CEI EN 50499 [20] propone una procedura per la individuazione, nei luoghi di lavoro, delle aree soggette a livelli di rischio diversi. Questa procedura, che prende il nome di *zonizzazione*, è schematicamente rappresentata in Figura 3. In particolare, si distinguono le seguenti zone:

- **Zona 0:** è la zona in cui i livelli di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico rispettano i limiti per la popolazione generale, oppure in cui tutte le sorgenti presenti sono *conformi a priori*. A questa zona può accedere chiunque, compresi i soggetti con controindicazioni alle esposizioni, quali i portatori di protesi metalliche o di dispositivi elettronici impiantati (con le cautele e le limitazioni precedentemente illustrate), le donne in gravidanza e i minori.
- **Zona 1:** è la zona in cui è possibile che vengano superati i valori limite per la popolazione, ma in cui sono sicuramente rispettati i limiti occupazionali. L'accesso a questa zona deve essere consentito ai soli addetti alla lavorazione specifica in essa effettuata; questi devono essere opportunamente formati ed informati e sottoposti a sorveglianza sanitaria. L'accesso deve invece essere precluso a tutti gli altri lavoratori, agli individui della popolazione ed in particolare ai soggetti con controindicazioni.
- **Zona 2:** è la zona in cui i livelli di esposizione possono superare i valori limite occupazionali. L'accesso a questa zona deve di regola essere interdetto a chiunque.

Le aree dove i livelli di campo possono risultare superiori ai valori limite per la popolazione (zona 1) devono essere segnalate con cartelli che evidenziano la presenza di campi elettromagnetici, in conformità alle normative vigenti in materia di segnaletica di sicurezza (**Figura 3**). L'accesso a queste aree deve essere consentito solo a personale autorizzato, previa valutazione dell'assenza di controindicazioni specifiche all'esposizione.

Figura 2: procedura di zonizzazione ai sensi dello standard CEI EN 50499.

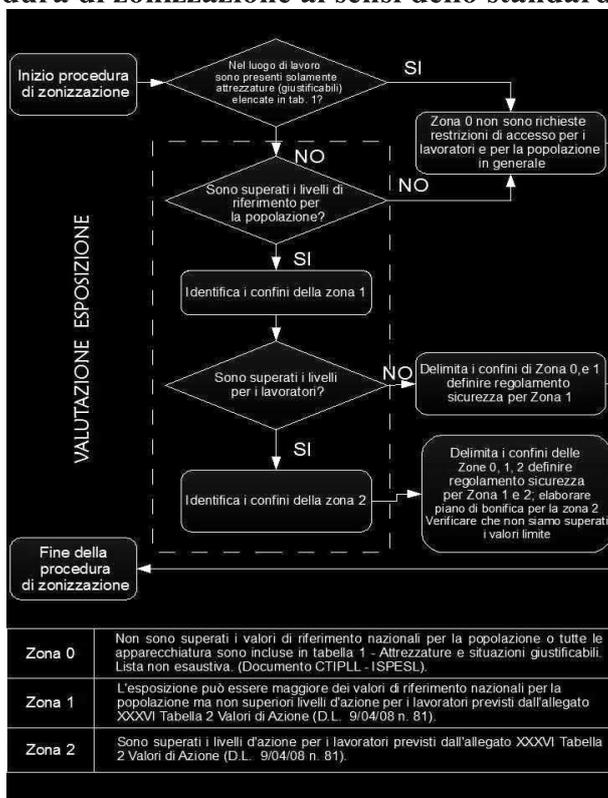


Figura 3: segnaletica di presenza di radiazioni elettromagnetiche.

### 3.2 RISULTATI

Nel seguito si riportano i principali risultati ottenuti nell'ambito delle valutazioni del rischio condotte per ciascun macchinario, sulla base dei criteri valutativi precedentemente esposti.

#### 3.2.1 Apparati per magnetoterapia

La magnetoterapia utilizza campi magnetici a bassa frequenza (ELF) che sono applicati al paziente introducendo la parte del corpo da trattare all'interno di un circuito conduttore solenoidale percorso da corrente. Si tratta di campi a bassa frequenza con forma d'onda periodica (ripetitiva) che può essere sia sinusoidale sia

di tipo 'onda quadra'. Le frequenze utilizzate sono tipicamente comprese tra 1 Hz e 300 Hz, anche se la maggior parte dei dispositivi sono utilizzati impostando una frequenza di 100 Hz.

Per tutte le apparecchiature per magnetoterapia esaminate la distanza di rispetto per la popolazione è risultata essere di circa 1 metro dal bordo della bobina. Il superamento dei valori di azione per i lavoratori si riscontra solo a pochi centimetri dal bordo stesso.

Normalmente il pannello di comando del macchinario può essere mantenuto ad una distanza tale da permettere all'operatore di rimanere nella zona di rispetto del livello di riferimento per la popolazione.

Per gli operatori addetti alla magnetoterapia e per tutti coloro che si trovino ad operare in prossimità dell'apparato in condizioni di macchinario acceso devono essere predisposte ed attuate le misure di tutela prescritte dalla vigente normativa ed in particolare quelle elencate nel seguito.

- Il macchinario deve essere installato in un locale adibito ad un suo uso esclusivo, adottando opportune misure organizzative tali da evitare che il campo disperso produca esposizioni superiori ai livelli di riferimento per la popolazione sia nei locali adiacenti sia presso il pannello di comando del macchinario, che in genere può essere posizionato a distanza dal lettino.
- Tutti i lavoratori, anche se non direttamente addetti alla magnetoterapia, che abbiano necessità di accedere all'area in prossimità dell'apparato ove si riscontra il superamento dei livelli di riferimento per la popolazione dovranno essere sottoposti ad una valutazione dell'idoneità di esposizione a campi elettromagnetici da parte del medico competente.
- In relazione al precedente punto ed anche al fine di prevenire l'esposizione ai campi elettromagnetici di soggetti con controindicazioni, dovrà essere affissa idonea segnaletica all'ingresso dei locali in cui è possibile il superamento dei livelli di riferimento per la popolazione (figura 5). Andranno inoltre considerate le eventuali aree ove si registra superamento dei valori di azione per i lavoratori, da delimitare sul pavimento con vernice indelebile o sistema analogo.
- Gli operatori dovranno evitare di avvicinarsi al lettino e dovranno possibilmente mantenersi fuori dalla zona di superamento dei livelli di riferimento per la popolazione quando il macchinario è in funzione.
- Gli operatori addetti al macchinario dovranno ricevere adeguata formazione sul rischio da esposizione a campi elettromagnetici e addestramento sulle idonee procedure di lavoro da adottare al fine di ridurre l'esposizione per tutti i soggetti che, a qualsiasi titolo, si trovino in prossimità del macchinario.
- La presenza di oggetti metallici in zone di campo intenso nei pressi dell'apparato deve essere trattata con cautela, tenendo presenti le eventuali avvertenze riportate nella documentazione e se necessario contattando il costruttore o il distributore.
- Tutti i lavoratori che hanno accesso alla magnetoterapia dovranno essere formati sugli effetti dell'esposizione e sulle controindicazioni all'esposizione (**Tabella 6**).

- I soggetti indicati in **Tabella 6** possono accedere al locale adibito a magnetoterapia solo previa autorizzazione rilasciata dal responsabile dell'apparecchiatura.

La maggior parte delle criticità emerse nel corso del presente studio, sono relative ai seguenti aspetti:

- talvolta non sono messi in atto adeguati controlli di funzionalità dell'apparecchiatura: gli operatori non hanno modo di controllare se il campo magnetico sia effettivamente erogato dall'apparecchiatura e sia corrispondente ai parametri terapeutici impostati;
- spesso i manuali di istruzioni ed uso del macchinario non contengono le necessarie informazioni inerenti la tutela dei lavoratori in relazione al rischio di esposizione a campi elettromagnetici, ed in particolare non documentano le distanze di rispetto riferite ai lavoratori ed alla popolazione.

**Tabella 6:** soggetti con controindicazioni all'esposizione a campi elettromagnetici di intensità superiore ai livelli di riferimento per la popolazione (elenco a titolo indicativo)

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– Portatori di pace-maker o altre protesi e dispositivi impiantati dotati di circuiti elettronici</li> <li>– Portatori di clip vascolari, dispositivi e protesi endovascolari o schegge metalliche</li> <li>– Portatori di protesi interne</li> <li>– Donne in gravidanza e minori</li> <li>– Infarto recente del miocardio</li> <li>– Soggetti con patologie del sistema nervoso centrale e soggetti epilettici</li> </ul> |
|--|

### 3.2.2 Apparati per diatermia

La diatermia è una pratica che si basa sull'applicazione al distretto fisico da trattare di una differenza di potenziale, mediante due applicatori (un manipolo ed una piastra di ritorno), a frequenze che possono andare da qualche centinaio di kHz a qualche centinaio di MHz.

A seconda della frequenza applicata si parla di:

- diatermia a microonde (da 915 MHz a 2450 MHz);
- diatermia a onde corte (27,12 MHz o 13,56 MHz);
- diatermia a onde medie e lunghe (da 150 kHz a 3 MHz ma più frequentemente a frequenze dell'ordine dei 500 kHz). In particolare la Tecarterapia® (485 kHz) è una tecnologia proprietaria sviluppata da Unibell International ed è quindi una particolare forma di diatermia ad onde medie.

In questo lavoro si sono presi in esame apparati con frequenza nominale dell'ordine delle centinaia di kHz, pertanto strumenti per la diatermia ad onde medie (apparati per "Tecarterapia"), in quanto di ampia diffusione ed utilizzo. Gli altri apparati sono ormai obsoleti, per quanto ancora utilizzati in alcune strutture.

Dai risultati dello studio è emerso che la distanza di rispetto dei livelli di riferimento per la popolazione è tipicamente di circa 40 cm dagli elettrodi e dai cavi. A distanza

di qualche centimetro dai cavi si ha il superamento dei valori di azione per i lavoratori.

Per gli operatori addetti ad apparati per la diatermia e per tutti coloro che si trovino ad operare vicini ad essi in condizioni di macchinario acceso devono essere predisposte ed attuate le misure di tutela prescritte dalla vigente normativa ed in particolare quelle elencate nel seguito.

- Il macchinario deve essere installato in locale adibito ad un suo uso esclusivo.
- Tutti i lavoratori, anche se non direttamente addetti agli apparati per diatermia, che abbiano necessità di accedere all'area in prossimità dell'apparato ove si riscontra il superamento dei livelli di riferimento per la popolazione dovranno essere sottoposti ad una valutazione dell'idoneità di esposizione a campi elettromagnetici da parte del medico competente.
- Al fine di prevenire l'esposizione ai campi elettromagnetici di soggetti con controindicazioni, ed in applicazione di quanto prescritto dalla vigente normativa, dovrà essere affissa idonea segnaletica all'ingresso della sala di impiego dell'apparato (**Figura 5**).
- Per gli operatori addetti dovranno essere messe in atto le misure di tutela prescritte dalla vigente normativa tra le quali:
  - valutazione dell'idoneità all'esposizione a campi elettromagnetici da parte del medico competente e controlli sanitari periodici;
  - formazione degli operatori sul rischio da esposizione a campi elettromagnetici e addestramento sulle idonee procedure di lavoro da adottare al fine di ridurre l'esposizione durante l'impiego del macchinario come, ad esempio:
    - evitare di portare i cavi a diretto contatto con il corpo durante il trattamento;
    - utilizzare l'apposito manipolo porta elettrodo nel corso del trattamento, evitando il diretto contatto della mano con l'elettrodo.
- La presenza di oggetti metallici in zone di campo intenso nei pressi dell'apparato deve essere trattata con cautela, tenendo presenti le eventuali avvertenze riportate nella documentazione e se necessario contattando il costruttore o il distributore.
- Tutti i lavoratori che hanno accesso alla sala di installazione degli apparati dovranno essere formati sugli effetti dell'esposizione e sulle controindicazioni all'esposizione riportate in **Tabella 6**.
- I soggetti indicati in **Tabella 6** possono accedere alle aree ad accesso limitato solo previa autorizzazione rilasciata dal responsabile dell'apparecchiatura.

La maggior parte delle criticità attualmente riscontrabili nell'impiego della diatermia a onde medie (tecar terapia), emerse nel corso del presente studio, sono relative ai seguenti aspetti:

- talvolta gli operatori adottano metodiche di lavoro tali da incrementare l'esposizione personale a campi elettromagnetici, ad esempio mantenendo a contatto con il corpo i cavi di collegamento degli elettrodi o tenendo la piastra a diretto contatto con la mano invece di utilizzare il manipolo porta elettrodo;

- i manuali di istruzioni degli apparati generalmente non riportano informazioni di sicurezza complete per la prevenzione del rischio da esposizione a campi elettromagnetici;
- la misurazione strumentale dei livelli di campo può essere difficoltosa a causa della scarsità di strumenti di misura adatti, con particolare riferimento alla protezione dagli effetti di stimolazione, ed alla necessità di determinare i valori di picco istantaneo dei campi.

### 3.2.3 Elettrobisturi

L'elettrobisturi è un apparecchio elettromedicale che sfrutta una corrente elettrica alternata ad alta frequenza, fatta passare attraverso i tessuti da trattare per ottenere funzionalità di taglio o di coagulazione. La sua azione si esplica grazie al calore che si produce nel tessuto biologico al passaggio delle corrente. L'incremento della temperatura è proporzionale al quadrato della densità di corrente e al tempo in cui essa fluisce. Per evitare effetti di tetanizzazione involontaria dei fasci muscolari, si utilizza corrente alternata di frequenza tipicamente compresa tra 0,4 MHz e 2 MHz.

Per quanto riguarda il rischio di esposizione a CEM, la configurazione monopolare è quella che produce campi elettrici e magnetici dispersi di maggiore intensità. La configurazione bipolare presenta invece una minore rilevanza protezionistica, grazie alla contiguità tra i due conduttori a diverso potenziale (che determina un effetto schermante sul campo elettrico) e alla prossimità della corrente di andata con quella di ritorno (che porta ad una significativa mitigazione dell'induzione magnetica).

Per quanto riguarda la forma d'onda dei campi questa ricalca quella delle correnti (campo magnetico) e delle tensioni (campo elettrico) erogate. In particolare, nella modalità di taglio, la forma d'onda della corrente di lavoro è approssimativamente sinusoidale e stazionaria. Tra la lama del manipolo ed il tessuto sussiste un buon contatto elettrico (cioè una bassa impedenza): pertanto, a questa modalità corrisponde una situazione elettrica in cui, rispetto alla modalità di coagulazione, la tensione applicata al manipolo è più bassa (ma comunque compresa in genere tra 0,5 e 2 kV di picco e in alcuni modelli anche 3 kV di picco) e la corrente più alta (fino a uno o pochi ampere). Nella modalità di coagulazione, la forma d'onda è più complessa e costituita da impulsi o treni di sinusoidi smorzate di durata limitata (dell'ordine delle decine di microsecondi), ripetuti con cadenza regolare dell'ordine di poche decine di chilohertz; a questa modalità corrisponde la situazione in cui la tensione applicata alla lama è massima (fino a valori anche oltre 5 kV di picco in alcuni modelli).

Gli elettrobisturi possono essere considerati come sorgenti NON intenzionali di campo elettrico e magnetico, cioè apparati il cui funzionamento non è intrinsecamente legato all'emissione di un campo magnetico, che quindi può essere considerata come un effetto indesiderato. Infatti l'esposizione degli operatori a campi elettrici e magnetici avviene principalmente a causa dei campi dispersi dai cavi che alimentano il manipolo e che dalla piastra ritornano al generatore. Queste esposizioni (specialmente quella al campo elettrico) potrebbero essere fortemente ridotte schermando i cavi e da qui la scelta di classificare tali sorgenti come non intenzionali.

È opportuno osservare che alle centinaia di chilohertz, ai fini della valutazione del rischio occupazionale, devono essere considerati sia gli effetti termici sia quelli di stimolazione e che quindi a rigore si è interessati sia al valore istantaneo dei campi sia alle intensità mediate su 6 minuti. Tuttavia le pratiche di utilizzo degli elettrobisturi difficilmente implicano sessioni di lavoro più lunghe di qualche decina di secondi e quindi gli indici di esposizione relativi agli effetti termici sono risultati fortemente mitigati per effetto della media temporale.

I risultati delle misure condotte evidenziano quanto segue:

- Gli elettrobisturi di tipo monopolare comportano un'esposizione ai CEM per gli operatori significativamente più elevata di quelli di tipo bipolare.
- Il campo elettrico ha in genere una rilevanza radioprotezionistica superiore; la modalità che comporta un'esposizione maggiore al campo elettrico è quella di coagulo a circuito aperto.
- La modalità che comporta un'esposizione maggiore al campo magnetico è quella di taglio con elevati livelli di potenza.
- I normali muri perimetrali della sala costituiscono una adeguata barriera per la limitazione del campo elettrico disperso all'esterno della sala operatoria.
- Le distanze di rispetto dall'apparecchiatura tipiche sono: 30 cm per il rispetto dei valori di azione per i lavoratori; 70 cm per il rispetto dei livelli di riferimento per la popolazione.
- Il primo operatore in talune modalità può risultare esposto a livelli di campi elettromagnetici superiori ai valori di azione per i lavoratori; questo tuttavia non implica necessariamente un superamento dei valori limite di esposizione.

Per gli operatori che utilizzano gli elettrobisturi monopolari e per tutti coloro che si trovano ad operare in prossimità di tali apparati in condizioni di macchinario acceso devono essere predisposte ed attuate le misure di tutela prescritte dalla vigente normativa ed in particolare quelle elencate nel seguito.

- Il macchinario deve essere installato in locale adibito ad un suo uso esclusivo.
- Tutti i lavoratori, anche se non direttamente addetti all'impiego degli elettrobisturi, che abbiano necessità di accedere all'area in prossimità dell'apparato ove si riscontra il superamento dei livelli di riferimento per la popolazione dovranno essere sottoposti ad una valutazione dell'idoneità di esposizione a campi elettromagnetici da parte del medico competente.
- Al fine di prevenire l'esposizione ai campi elettromagnetici di soggetti con controindicazioni, ed in applicazione di quanto prescritto dalla vigente normativa, dovrà essere affissa idonea segnaletica all'ingresso della sala di impiego dell'apparato (figura 3).
- Per gli operatori che utilizzano elettrobisturi monopolari o che si trovano ad operare nelle vicinanze degli stessi dovranno essere messe in atto le misure di tutela specifiche prescritte dalla vigente normativa tra le quali:
  - valutazione di idoneità all'esposizione a campi elettromagnetici da parte del medico competente e controlli sanitari periodici;
  - formazione degli operatori sul rischio da esposizione a campi elettromagnetici e addestramento sulle idonee procedure di lavoro da adottare al fine di ridurre l'esposizione durante l'impiego del macchinario.

La maggior parte delle criticità attualmente riscontrabili nell'impiego degli elettrobisturi emerse nel corso del presente studio, sono relative seguenti aspetti:

- talvolta gli operatori adottano metodiche di lavoro tali da incrementare l'esposizione personale a campi elettromagnetici, ad esempio mantenendo a contatto con il corpo i cavi di collegamento degli elettrodi;
- i manuali di istruzioni degli apparati generalmente non riportano informazioni di sicurezza complete per la prevenzione del rischio da esposizione a campi elettromagnetici;
- la valutazione per via strumentale dei livelli di campo può essere difficoltosa a causa della scarsità di strumenti di misura adatti, con particolare riferimento alla protezione dagli effetti di stimolazione, ed alla necessità di determinare i valori di picco istantaneo dei campi.

### 3.2.4 Defibrillatori

I defibrillatori sono una tipologia di apparati biomedicali presente sia nei presidi medici e ospedalieri sia, nella loro versione semiautomatica, in altri ambienti di vita e di lavoro come ad esempio supermercati o impianti sportivi.

Il principio di funzionamento dell'apparecchio consiste nel 'ristabilire una condizione cardiaca stazionaria in pazienti in condizione di arresto cardiaco o di fibrillazione ventricolare, attraverso l'applicazione di una scarica di corrente elettrica' impulsiva. I defibrillatori esterni emettono un impulso elettrico di elevata intensità (2000 / 4000 volt) e breve durata (4 / 20 millisecondi) attraverso il torace del paziente verso il cuore, in modo da restaurare il normale ritmo cardiaco in pazienti in fibrillazione ventricolare o in tachicardia ventricolare non accompagnata da pulsazioni palpabili. Si tratta di sorgenti sia di campo elettrico sia di campo magnetico a bassa frequenza con forma d'onda impulsiva non ripetitiva (evento isolato). I campi sono emessi nell'istante corrispondente alla scarica.

Dalle misurazioni è emerso quanto segue:

- L'intensità (di picco) dell'induzione magnetica in prossimità (pochi centimetri) dai cavi può essere dell'ordine delle decine di microtesla.
- L'intensità (di picco) del campo elettrico in prossimità (pochi centimetri) dai cavi può essere dell'ordine delle centinaia di V/m.
- Dal punto di vista protezionistico, generalmente, il campo elettrico è più rilevante del campo magnetico.
- Le distanze di rispetto dei livelli di riferimento per la popolazione e dei valori di azione per i lavoratori variano sulla base delle differenti tipologie costruttive. Nel seguito ci riferiremo alle distanze relative al campo elettrico che da questo punto di vista è risultato più critico del campo magnetico.
- Nei casi da noi analizzati, riportati in banca dati CEM del Portale agenti Fisici [1] le distanze per il rispetto per la popolazione (confine Zona 0 - Zona 1) variano da 30 cm a circa 60 cm dai cavi, in relazione alle differenti tipologie di defibrillatori.
- Nei casi da noi analizzati le distanze di rispetto per i lavoratori (confine Zona 1 - Zona 2) risultano comprese da 25 cm a 50 cm dai cavi.

- La tecnologia dei macchinari misurati impone talvolta all'operatore di essere nella zona di superamento dei valori d'azione per i lavoratori; questo tuttavia non implica necessariamente un superamento delle restrizioni di base.

Per gli operatori che utilizzano i defibrillatori e per tutti coloro che si trovano ad operare in prossimità di tali apparati in condizioni di macchinario acceso devono essere predisposte ed attuate le misure di tutela prescritte dalla vigente normativa ed in particolare le seguenti:

- Tutti i lavoratori, anche se non direttamente addetti all'impiego del defibrillatore, che abbiano necessità di accedere all'area in prossimità dell'apparato ove si riscontra il superamento dei livelli di riferimento per la popolazione dovranno essere sottoposti ad una valutazione dell'idoneità di esposizione a campi elettromagnetici da parte del medico competente.
- Al fine di prevenire l'esposizione ai campi elettromagnetici di soggetti con controindicazioni, ed in applicazione di quanto prescritto dalla vigente normativa, dovrà essere affissa idonea segnaletica all'ingresso della sala di installazione (Fig. 5)
- Le dimensioni del locale dove si effettua il trattamento e la collocazione del macchinario devono essere tali da garantire che l'area di superamento dei livelli di riferimento della popolazione sia ben contenuta all'interno del locale stesso.
- Qualora l'apparato sia utilizzato in ambiente esterno, o comunque al di fuori delle aree ad accesso regolamentato, gli operatori dovranno provvedere a mantenere gli altri lavoratori e le persone del pubblico ad idonea distanza (almeno 1 metro) dall'apparecchio, al fine di prevenire l'esposizione di soggetti con possibili controindicazioni all'esposizione a CEM.
- I test di funzionalità dell'apparecchiatura in fase di verifica periodica o manutenzione dovranno essere condotti in un locale ad accesso regolamentato, tale da garantire che l'area di superamento dei livelli di riferimento della popolazione sia ben contenuta all'interno del locale stesso e vi sia apposta la cartellonistica di sicurezza (Figura 5).
- Per gli operatori che utilizzano il defibrillatore o che si trovano a operare nelle vicinanze degli stessi dovranno essere messe in atto le misure di tutela specifiche prescritte dalla vigente normativa ed in particolare:
  - valutazione di idoneità all'esposizione a campi elettromagnetici da parte del medico competente e controlli sanitari periodici;
  - formazione degli operatori sul rischio da esposizione a CEM e addestramento sulle idonee procedure di lavoro da adottare al fine di ridurre l'esposizione durante l'impiego del macchinario ed in particolare evitare di portare i cavi a diretto contatto con il corpo durante il trattamento.
- La presenza di oggetti metallici in zone di campo intenso nei pressi dell'apparato deve essere trattata con cautela, tenendo presenti le eventuali avvertenze riportate nella documentazione e se necessario contattando il costruttore o il distributore.
- Tutti i lavoratori che hanno accesso alla sala di installazione degli apparati dovranno essere formati sugli effetti dell'esposizione e sulle controindicazioni all'esposizione riportate in Tabella 6.

- I soggetti indicati in **Tabella 6** possono accedere alle aree ad accesso limitato solo previa autorizzazione rilasciata dal responsabile dell'apparecchiatura.
- La maggior parte delle criticità attualmente riscontrabili nell'impiego dei defibrillatori, emerse nel corso del presente studio, sono relative agli aspetti elencati nel seguito.
- I manuali di istruzioni degli apparati generalmente non riportano informazioni di sicurezza complete per la prevenzione del rischio da esposizione a campi elettromagnetici per gli operatori e per l'eventuale 'pubblico' presente nello scenario di esposizione.
  - I controlli periodici di funzionalità dell'apparecchiatura non vengono svolti in idonei locali ad accesso regolamentato, rendendo possibili esposizioni a campi elettromagnetici di intensità superiore ai livelli di riferimento per la popolazione, talvolta anche esternamente al locale adibito alla verifica.

### 3.2.5 Stimolatori Magnetici Transcranici

La Stimolazione Magnetica Transcranica (TMS, dall'inglese Transcranial Magnetic Stimulation) è una metodica che consente di stimolare o inibire la corteccia cerebrale in modo non invasivo.

La metodica fa uso di un apparecchio elettromedicale che genera un campo magnetico mediante una bobina percorsa da corrente. La TMS consiste quindi, sostanzialmente, nella generazione di un intenso campo magnetico rapidamente variabile nel tempo, che induce una corrente elettrica nel cervello. Questa corrente provoca la depolarizzazione delle cellule nervose, cioè le eccita, producendo la stimolazione o l'interruzione dell'attività cerebrale per pochi millisecondi.

Dalle misurazioni su un campione di cinque apparati, riportati in banca dati [1] emerge quanto segue:

- Gli apparati per la TMS possono essere considerati come sorgenti 'intenzionali' di campo magnetico (cioè apparati il cui funzionamento è legato all'emissione di un campo magnetico, che NON può essere considerato come un effetto indesiderato). Per questo motivo in questo lavoro ci si è concentrati sull'induzione magnetica. *Non si esclude comunque che questi apparati possano generare significativi livelli di campo elettrico.*
- Si tratta di campi a bassa frequenza con forma d'onda impulsiva che può essere sia ripetitiva sia non ripetitiva (evento isolato). Ciascun evento ha una durata che può andare dalle centinaia di microsecondi a qualche millisecondo.
- L'intensità dell'induzione magnetica in prossimità (pochi centimetri) dell'applicatore può essere anche superiore ad 1 Tesla.
- Le distanze di rispetto dei livelli di riferimento per la popolazione variano in relazione alle differenti tipologie di apparati. Tipicamente sono comprese tra meno di 1 metro e circa 2,5 metri dall'applicatore.
- I valori di azione per i lavoratori vengono rispettati in genere a partire da distanze comprese tra 60 cm e 180 cm dall'applicatore.
- La metodologia di utilizzo della TMS in genere impone all'operatore di essere nella zona di superamento dei valori d'azione per i lavoratori; questo tuttavia non implica necessariamente un superamento dei valori limite di esposizione.

Per gli operatori che utilizzano apparati per TMS e per tutti coloro che si trovino ad operare in prossimità degli stessi, in condizioni di macchinario acceso, devono essere predisposte ed attuate le misure di tutela prescritte dalla vigente normativa ed in particolare le seguenti:

- Il macchinario deve essere installato in locale adibito ad uso esclusivo dello stesso. In particolare, le dimensioni del locale dove si effettua il trattamento e la collocazione del macchinario devono essere tali da garantire che l'area di superamento dei livelli di riferimento della popolazione sia ben contenuta all'interno del locale stesso.
- Tutti i lavoratori, anche se non direttamente addetti all'impiego di stimolatori magnetici transcranici, che abbiano necessità di accedere all'area in prossimità dell'apparato ove si riscontra il superamento dei livelli di riferimento per la popolazione, dovranno essere sottoposti ad una valutazione dell'idoneità all'esposizione a campi elettromagnetici da parte del medico competente.
- Al fine di prevenire l'esposizione ai campi elettromagnetici di soggetti con controindicazioni, ed in applicazione di quanto prescritto dalla vigente normativa, dovrà essere affissa idonea segnaletica all'ingresso della sala di installazione (Figura 3).
- Qualora l'apparato sia utilizzato al di fuori delle aree ad accesso regolamentato, gli operatori dovranno provvedere a mantenere gli altri lavoratori e le persone del pubblico ad idonea distanza (2–3 metri) dall'apparecchio, al fine di prevenire l'esposizione di soggetti con possibili controindicazioni all'esposizione a CEM.
- I test di funzionalità dell'apparecchiatura effettuati durante le verifiche periodiche o gli interventi di manutenzione, dovranno essere condotti in un locale ad accesso regolamentato, tale da garantire che l'area di superamento dei livelli di riferimento della popolazione sia ben contenuta all'interno del locale stesso e vi sia apposta la cartellonistica di sicurezza (fig 5).
- Per gli operatori che utilizzano gli stimolatori magnetici transcranici o che si trovano a operare nelle vicinanze degli stessi dovranno essere messe in atto le misure di tutela specifiche prescritte dalla vigente normativa ed in particolare:
  - valutazione di idoneità all'esposizione a campi elettromagnetici da parte del medico competente e controlli sanitari periodici;
  - formazione degli operatori sul rischio da esposizione a CEM e addestramento sulle idonee procedure di lavoro da adottare al fine di ridurre l'esposizione durante l'impiego del macchinario.

La maggior parte delle criticità attualmente riscontrabili nell'impiego di tali apparati, emerse nel corso del presente studio, sono relative ai seguenti aspetti.

- I manuali di istruzioni degli apparati generalmente non riportano informazioni di sicurezza adeguate inerenti la prevenzione del rischio da esposizione a CEM per gli operatori e le persone del pubblico che si trovino in prossimità dell'apparato.
- I locali ove sono installate le apparecchiature non sono solitamente individuati come aree specifiche ad accesso regolamentato, precluse ai soggetti con controindicazioni all'esposizione.

- Talvolta si riscontrano esposizioni a CEM superiori ai livelli di riferimento per la popolazione anche esternamente ai locali ove sono installate le apparecchiature, con conseguenti rischi per eventuali soggetti con controindicazione all'esposizione che si trovino in tali aree.
- L'eventuale operatore che impugna l'applicatore è molto spesso esposto a livelli di campo superiori ai valori di azione per i lavoratori; questo tuttavia non implica necessariamente un superamento dei valori limite di esposizione.
- Per motivi clinici, l'utilizzo degli appositi supporti, che pure esistono, non sempre è possibile o accettato, specialmente quando l'operatore desidera avere il pieno controllo dell'area stimolata.

#### **4 – CONCLUSIONI**

Nell'ambito del lavoro si è presentata una rassegna dei principali risultati delle campagne di valutazione del rischio da esposizione a ROA e CEM in ambito sanitario condotte dagli autori.

Il rischio in genere può essere opportunamente controllato e prevenuto mediante l'adozione di appropriate misure organizzative, e soprattutto mediante una corretta e puntuale formazione dei lavoratori addetti all'impiego di tali apparati. Le principali criticità attualmente riscontrabili per la maggior parte delle sorgenti CEM/ROA emerse nel corso delle indagini e riportate nel presente lavoro, sono riconducibili ai seguenti aspetti:

- i manuali di istruzioni degli apparati emettitori di ROA e CEM generalmente non riportano informazioni di sicurezza complete per la prevenzione del rischio da esposizione a campi elettromagnetici e ROA;
- spesso gli operatori non sono consapevoli del rischio di esposizione a CEM/ROA emessi dagli apparati ed impiegano metodiche operative non ottimali ai fini della riduzione dell'esposizione: ad esempio nel caso delle tecar terapie mantenendo a contatto con il corpo i cavi di collegamento degli elettrodi o tenendo la piastra a diretto contatto con la mano invece di utilizzare il manipolo porta elettrodo, oppure nel caso delle terapie neonatali sono spesso utilizzate lampade che espongono a radiazioni UV o blu di elevata intensità e non necessarie ai fini terapeutici;
- spesso gli operatori non sono consapevoli che i CEM emessi dall'apparato possono avere effetti nocivi gravi per soggetti con controindicazioni all'esposizione e delle distanze di rispetto da adottare per evitarne l'esposizione (cfr. stimolatori transcranici, defibrillatori, apparecchiature per tecar terapia)
- la misurazione strumentale dei livelli di campo elettromagnetico emessi da alcuni apparati (es. defibrillatori, elettrobisturi, tecar terapia) può essere difficoltosa a causa della scarsità di strumenti di misura adatti, con particolare riferimento alla protezione dagli effetti di stimolazione, ed alla necessità di determinare i valori di picco istantaneo dei campi.

**5 - BIBLIOGRAFIA**

1. [www.portaleagentifisici.it](http://www.portaleagentifisici.it)
2. Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome: "Decreto Legislativo 81/2008, Titolo VIII, Capo I, II, III, IV e V sulla prevenzione e protezione dai rischi dovuti all'esposizione ad agenti fisici nei luoghi di lavoro Indicazioni operative"  
<http://www.portaleagentifisici.it/DOCUMENTI/>
3. CEI EN 60825-1 (classificazione CEI: 76-2): "Sicurezza degli apparecchi laser – Parte 1: Classificazione delle apparecchiature, prescrizioni e guida per l'utilizzatore"
4. Gruppo AIFM NIR Laser Medicali: Tipologie, Analisi Dei Rischi, Procedure Di Sicurezza, Controlli Report AIFM 5/2009  
[http://www.fisicamedica.it/aifm/report/2009\\_n5\\_ReportAIFM.pdf](http://www.fisicamedica.it/aifm/report/2009_n5_ReportAIFM.pdf)
5. A.Tomaselli, D. Milani Metodologie e Strumentazione per la Valutazione del Rischio LASER Atti **dBA\_incontri2011** pag.117-132
6. G.Taino, P.Paralupi, M. Giorgi Esposizione a Radiazione Laser e Rischi per la Salute con Particolare Riguardo all'Utilizzo in Campo Medico Atti **dBA\_incontri2011** pag.87-102
7. IEC-EN 60601-2-50 Medical electrical equipment Part 2: Particular requirements for the safety of infant phototherapy equipment - CENELEC 2000
8. EN 62471: 2008, Photobiological safety of lamps and lamp systems CENELEC 2008
9. AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS CLINICAL PRACTICE GUIDELINE Subcommittee on Hyperbilirubinemia Management of Hyperbilirubinemia in the Newborn Infant 35 or More Weeks of Gestation
10. Ennever JF. Blue light, green light, white light, more light: treatment of neonatal jaundice. Clin Perinatol. 1990;17:467-481
11. WORLD HEALTH ORGANIZATION - INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER Exposure To Artificial Uv Radiation And Skin Cancer [IARC Report 2006]
12. ICNIRP 14/2007 Protecting Workers from Ultraviolet Radiation International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. In Collaboration with: International Labour Organization World Health Organization ISBN 978-3-934994-07-2
13. IARC, (1992), Monographs on the Evaluation of Carcinogenetic Risks to Humans. Solar and Ultraviolet Radiation, Vol. 55.
14. IRPA/INTERNATIONAL NON-IONIZING RADIATION COMMITTEE, (1985), Guidelines on limits of exposure to UV radiation of wavelengths between 180 nm and 400 nm (Coherent optical radiation), Health Physics 49, 331-340.
15. INTERNATIONAL NON-IONIZING RADIATION COMMITTEE ICNIRP Guidelines on limits of exposure to broad-band incoherent optical radiation (0,38 to 3 µm) Health Physics, September 1997, Vol. 73, N.3  
[www.icnirp.org/documents/broadband.pdf](http://www.icnirp.org/documents/broadband.pdf)
16. INTERNATIONAL NON-IONIZING RADIATION COMMITTEE "Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelengths between 180 nm and

- 400 nm (incoherent optical radiation)” Health Physics, August 2004, Vol. 87, N.2 [www.icnirp.org/documents/UV2004.pdf](http://www.icnirp.org/documents/UV2004.pdf)
17. Farhang Akbar-Khanzadeh & Mahdi Jahangir-Blourchian (2005) Ultraviolet Radiation Exposure from UVTransilluminators, Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 2:10, 493-496
  18. HPA (Health Protection Agency) UK. A non-binding guide to the artificial optical radiation directive 2006/25/ec. Contract VC/2007/0581, 2010.
  19. Andrea Bogi, Iole Pinto, Nicola Stacchini, Daniele Andreuccetti, Nicola Zoppietti Campi Elettromagnetici in ambito Sanitario: valutazione e prevenzione dei rischi – Ed. Geco Eventi Pisa 2013  
[http://portaleagentifisici.usl7.toscana.it/filemanager/userfiles/DOCUMENTAZIONE/NIR\\_DOCUMENTAZIONE/RapportoCEM\\_2013.pdf?lg=IT](http://portaleagentifisici.usl7.toscana.it/filemanager/userfiles/DOCUMENTAZIONE/NIR_DOCUMENTAZIONE/RapportoCEM_2013.pdf?lg=IT)
  20. Comitato Elettrotecnico Italiano: "Procedura per la valutazione dell'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici". Norma CEI EN 50499, novembre 2009.