



Associazione Italiana  
Radioprotezione Medica

# LINEE GUIDA

PER LA SORVEGLIANZA SANITARIA  
DEI LAVORATORI ESPOSTI  
A CAMPI ELETTRONAGNETICI

## AUTORI

Fabriziomaria Gobba (*Coordinatore*)  
Rosaria Falsaperla  
Carlo Grandi  
Roberto Moccaldi  
Alberto Modenese,  
Alessandro Polichetti  
Paolo Rossi  
Andrea Stanga

2021





Associazione Italiana  
Radioprotezione Medica

# **LINEE GUIDA**

## **PER LA SORVEGLIANZA SANITARIA DEI LAVORATORI ESPOSTI A CAMPI ELETTROMAGNETICI**

2021

ISBN 978-88-909379-4-1

©2021

Stampa  
Depigraf - Caserta

Disclaimer: I contenuti del documento sono basati sulle competenze e le opinioni degli Autori, ma non riflettono necessariamente le posizioni dei rispettivi Enti di appartenenza.

*È vietata la riproduzione anche parziale e per uso interno o didattico, con qualsiasi mezzo effettuata, senza previa autorizzazione*

**Autori**

Fabriziomaria Gobba  
(Coordinatore)  
Rosaria Falsaperla  
Carlo Grandi  
Roberto Moccaldi  
Alberto Modenese  
Alessandro Polichetti  
Paolo Rossi  
Andrea Stanga

**Esperti per revisione**

Alessandro Arru  
Giulia Castellani  
Franco Cladiani  
Valerio Ciuffa  
Giuseppe De Luca  
Riccardo Di Liberto  
Martino Grandolfo  
Vittorio Lodi  
Franco Ottenga  
Benedetta Persechino  
Iole Pinto  
Giuseppe Taino  
Giorgio Trenta  
Paolo Vecchia  
Massimo Virgili

## Autori e affiliazioni

### Fabriziomaria Gobba

*Cattedra di Medicina del Lavoro, Dipartimento di Scienze Biomediche, Metaboliche e Neuroscienze, Università di Modena e Reggio Emilia*

### Rosaria Falsaperla

*Dipartimento di Medicina, Epidemiologia, Igiene del Lavoro e Ambientale, Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro (INAIL), Monte Porzio Catone*

### Carlo Grandi

*Dipartimento di Medicina, Epidemiologia, Igiene del Lavoro e Ambientale, Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro (INAIL), Monte Porzio Catone*

### Roberto Moccaldi

*Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Roma*

### Alberto Modenese

*Cattedra di Medicina del Lavoro, Dipartimento di Scienze Biomediche, Metaboliche e Neuroscienze, Università di Modena e Reggio Emilia*

### Alessandro Polichetti

*Centro Nazionale per la Protezione dalle Radiazioni e Fisica Computazionale, Istituto Superiore di Sanità (ISS), Roma*

### Paolo Rossi

*Direzione Generale della Prevenzione Sanitaria, Ministero della Salute/ Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro (INAIL), Roma*

### Andrea Stanga

*Azienda Sanitaria Locale, Medicina del Lavoro, Caserta*

# Sommario

1. Introduzione e obiettivi	9
2. Aspetti fisici e principali situazioni lavorative in cui si verifica esposizione occupazionale a CEM	13
2.1 Aspetti fisici	13
2.2 Principali situazioni in cui si verifica esposizione occupazionale a CEM	14
2.2.1 Esposizione lavorativa a campi statici	15
2.2.2 Esposizione lavorativa a campi a frequenze estremamente basse (ELF) e intermedie (IF)	17
2.2.3 Esposizione lavorativa a campi elettromagnetici a radiofrequenze e microonde (RF/MO)	18
3. Effetti dei CEM, rischi per la salute e riferimenti protezionistici	21
3.1 Classificazione degli effetti	21
3.2 Effetti diretti accertati di tipo acuto	22
3.2.1 Campi magnetici statici	23
3.2.2 Campi elettrici statici	24
3.2.3 Campi elettrici e magnetici ELF e IF (effetti di stimolazione)	24
3.2.4 Campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici con frequenza superiore a 100 kHz (effetti termici)	27
3.2.5 Effetti diretti accertati dei CEM: effetti pericolosi per la salute ed effetti di natura sensoriale	31
3.3 Razionale protezionistico per gli effetti diretti dei CEM: le linee guida ICNIRP	33
3.3.1 Limitazione dell'esposizione: campo magnetico statico	35
3.3.2 Limitazione dell'esposizione: campi elettrici e magnetici ELF e IF (effetti di stimolazione)	36
3.3.3 Limitazione dell'esposizione: movimento nel campo magnetico statico ed esposizione a campi magnetici variabili nel tempo con frequenze inferiori a 1 Hz	37
3.3.4 Limitazione dell'esposizione: frequenze superiori a 100 kHz (effetti termici)	38

3.3.5 Condizioni patologiche e para-fisiologiche che possono comportare la presenza di sintomi/effetti simili a quelli che possono essere indotti da esposizioni a CEM	42
3.3.6 Esposizione a CEM e gravidanza	46
3.4 Effetti di tipo indiretto	47
3.4.1 Dispositivi medici impiantabili attivi (DMIA)	47
3.4.2 Dispositivi medici indossabili attivi	53
3.4.3 Impianti di tipo passivo o inclusi metallici	55
3.4.4 Correnti di contatto	56
3.5. Effetti non accertati dei CEM	57
3.5.1 Effetti non accertati a breve termine: la "Intolleranza ambientale idiopatica attribuita ai campi elettromagnetici" ( <i>Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields</i> ) o "Ipersensibilità ai campi elettromagnetici"	57
3.5.2. Effetti non accertati a lungo termine	59
3.5.2.1 Effetti non accertati a lungo termine riconducibili all'esposizione a campi statici ed ELF	61
3.5.2.2 Effetti non accertati a lungo termine riconducibili all'esposizione a campi a frequenze intermedie	62
3.5.2.3 Effetti non accertati a lungo termine riconducibili all'esposizione a campi a radiofrequenza	63
3.5.3 Meccanismi biofisici d'azione ipotizzati	65
3.5.4 Conclusioni sui possibili effetti non accertati a breve e lungo termine dei CEM	66
4. Aspetti normativi per la prevenzione del rischio occupazionale da CEM	69
4.1 La normativa Italiana per la prevenzione del rischio occupazionale da CEM	69
4.2 Basi normative e giuridiche per la sorveglianza sanitaria dei lavoratori per il rischio da CEM	72
5. La sorveglianza sanitaria dei lavoratori con rischio occupazionale da CEM	77
5.1 Impostazione generale della sorveglianza sanitaria e necessità della sua attivazione	77
5.2 Contenuti della sorveglianza sanitaria	80
5.3 Indicazioni generali per l'effettuazione della sorveglianza sanitaria e l'espressione del giudizio di idoneità alla mansione specifica	84

6. Metodologia seguita per la redazione del presente documento	91
6.1 Criteri internazionali proposti dal "Guidelines International Network"	91
6.2 Definizione del gruppo di lavoro e raccolta delle dichiarazioni inerenti i Conflitti di Interesse (Col)	92
6.3 Fasi di sviluppo del presente documento	93
6.4 La revisione sistematica della letteratura scientifica	94
 7. Raccomandazioni per la sorveglianza sanitaria dei lavoratori con possibile esposizione a CEM	 99
7.1 Qual è la normativa di riferimento per la sorveglianza sanitaria di lavoratori esposti a CEM?	99
7.2. Quali sono le principali sorgenti d'esposizione lavorativa a CEM nei luoghi di lavoro per le quali, a seguito della valutazione del rischio, potrebbe essere necessario attivare la sorveglianza sanitaria?	100
7.3. Quali condizioni comportano una potenziale particolare sensibilità al rischio da CEM?	106
7.4. Quali condizioni fisiopatologiche, pur non escludendo l'idoneità al lavoro che espone ai CEM, devono essere considerate con particolare attenzione ai fini della valutazione della idoneità, in quanto possono causare sintomi/effetti simili a quelli che possono essere indotti da esposizioni a CEM?	107
7.5. Quali informazioni e formazione fornire, e a quali tipologie di lavoratori?	110
7.6. Quali sono i lavoratori su cui attivare la Sorveglianza Sanitaria?	112
7.7. Quali effetti sono oggetto di considerazione da parte del Medico Competente di un'azienda con rischio da esposizione a CEM ai fini della sorveglianza sanitaria?	113
7.8. Quali protocolli di sorveglianza sanitaria adottare da parte dei Medici Competenti di aziende con lavoratori esposti a CEM e quali informazioni raccogliere per l'identificazione delle condizioni di particolare sensibilità e la comparsa di sintomi possibilmente legati all'esposizione a CEM?	114
7.9. Quali criteri operativi applicare in caso di lavoratori con "Intolleranza ambientale idiopatica attribuita ai campi elettromagnetici" (IEI-EMF)?	117
7.10 Quali criteri operativi applicare per la espressione del giudizio di idoneità per i lavoratori con particolari sensibilità al rischio?	117

Bibliografia	131
Appendice	143
A. Stringhe di ricerca per la revisione sistematica della letteratura scientifica	143
B. Diagramma PRISMA per la revisione sistematica effettuata	145
C. Elenco degli studi inclusi nella revisione sistematica e raggruppamento per argomenti	146
D. Lista delle abbreviazioni, di acronimi, unità di misura e sigle utilizzate	151

## 1. Introduzione e obiettivi

Un importante parametro che caratterizza i campi elettromagnetici, sia dal punto di vista fisico che da quello delle interazioni con i tessuti biologici, è la loro frequenza di oscillazione ( $f$ ), la cui unità di misura è l'hertz (Hz), anche se spesso, per praticità, vengono utilizzati i suoi multipli (kHz, MHz, GHz). Un altro parametro utilizzato soprattutto per descrivere i fenomeni di propagazione dei campi per onde elettromagnetiche, è la lunghezza d'onda  $\lambda$ , la cui unità di misura è il metro (e i suoi multipli e sottomultipli), associata alla frequenza dalla relazione  $f = v/\lambda$ , dove  $v$  è la velocità di propagazione dell'onda nel mezzo considerato (coincidente con la velocità della luce nel vuoto, pari a 300.000 km/s, quando la propagazione avviene nel vuoto o, in ottima approssimazione, nell'aria).

Oggetto del presente documento sono i **campi elettrici e magnetici statici ( $f = 0$  Hz)** e i **campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici variabili nel tempo a frequenze inferiori a 300 GHz (lunghezze d'onda superiori a 1 mm nel vuoto e in aria)**, nel complesso indicati come **campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (CEM)**. Oltre i 300 GHz, per lunghezze d'onda inferiori a 1 mm e superiori a 100 nm, i campi elettromagnetici vengono identificati come radiazioni ottiche e completano lo spettro delle radiazioni elettromagnetiche non ionizzanti (Gobba, 2011). Lunghezze d'onda ancora inferiori, al di sotto dei 100 nm, corrispondono alle radiazioni elettromagnetiche ionizzanti (X e gamma).

Il rischio occupazionale da esposizione a CEM è di significativa importanza in ambito radioprotezionistico e di medicina del lavoro alla luce sia della diffusione potenzialmente ubiquitaria di tali campi che delle continue evoluzioni della tecnologia quali, ad esempio, l'introduzione di nuove apparecchiature per la tomografia a risonanza magnetica (MRI) o dei sistemi di telecomunicazione mobile, arrivati ormai alla loro quinta generazione (5G), il cui impatto sanitario nei vari ambiti, compreso quello occupazionale, è in corso di definizione. Nel nostro Paese la protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione ai CEM è normata specificamente dal Capo IV del Titolo VIII del D.lgs. 81/2008, aggiornato dal D.lgs. 159/2016, in vigore dal settembre 2016, che ha recepito la Direttiva Europea 2013/35/UE introducendo varie e significative modifiche al testo precedente.

Alla luce di ciò l'Associazione Italiana di Radioprotezione Medica (AIRM) ha ritenuto necessaria un'ampia revisione ed aggiornamento delle "Linee Guida per la sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti a radiazioni non ionizzanti", preparate nel 2012 in collaborazione con la Società Italiana di Medicina del Lavoro che includevano anche la problematica delle radiazioni ottiche. Il lavoro di revisione, che si è concentrato sui soli CEM, è stato oggetto di un importante sforzo da parte di un gruppo di lavoro multidisciplinare che ha lavorato seguendo la metodologia scientifica attualmente prevista dagli standard internazionali per la redazione e valutazione delle raccomandazioni, in modo coerente con le indicazioni fornite dal Sistema Nazionale Linee Guida (SNLG). A tal proposito si ricorda che l'AIRM rappresenta un'associazione scientifica iscritta nell'Elenco delle Società scientifiche e Associazioni tecnico-scientifiche delle professioni sanitarie, ai sensi della legge 8 marzo 2017, n. 24 "legge Gelli" e del correlato DM Salute 2 agosto 2017, che possono proporre linee guida.

Il lavoro svolto ha permesso di redigere un testo radicalmente rinnovato e che, a differenza delle precedenti linee guida, è focalizzato sul solo rischio occupazionale da esposizione a CEM e sulla sorveglianza sanitaria. Tale scelta è stata determinata da diverse considerazioni di seguito descritte. Innanzitutto, i CEM e le radiazioni ottiche hanno caratteristiche fisiche, di interazione con i tessuti biologici ed effetti sostanzialmente differenti. Inoltre, i riferimenti normativi per la prevenzione del rischio da CEM nei lavoratori sono cambiati rispetto alle Linee Guida del 2012; infatti l'emanaione della Direttiva Europea 2013/35/UE, e recepimento italiano della stessa con il D.lgs. 159/2016, sono successivi alla loro pubblicazione, e presentano vari aspetti che andavano aggiornati. Infine, il numero di pubblicazioni scientifiche sulla esposizione a CEM e sui possibili conseguenti effetti sulla salute umana è stato, nel frattempo, molto elevato (centinaia di pubblicazioni ogni anno); vi sono state, pertanto, approfondite ed autorevoli revisioni da parte di gruppi di lavoro nazionali e internazionali, quali quella dell'Advisory Group on Non Ionizing Radiation britannico (AGNIR, 2012), la monografia n° 102 dell'International Agency for Research on Cancer (IARC, 2013), le analisi della letteratura contenute nelle linee guida dell'International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP, 2010, 2014 e 2020), l'opinione dello Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR 2009 e SCENIHR 2015) Comitato di esperti di supporto scientifico alla Commissione Europea, il documento dell'Health Council of the Netherlands (2016), i rapporti della Swedish Radiation Safety Authority (SSM) (come l'ultimo Report, SSM, 2019) e il recente Report Italiano a cura dell'Istituto Superiore di Sanità (Lagorio et al., 2019).

Alla luce di quanto premesso, è stato ritenuto necessario poter fornire, ai medici incaricati della sorveglianza sanitaria dei lavoratori con esposizione a CEM, uno strumento di lavoro basato su solide ed aggiornate evidenze scientifiche che, nel pieno rispetto della normativa attualmente vigente, possa essere applicato per svolgere appieno il proprio ruolo di medico competente. Tale ruolo, è bene sottolineare, include non solo la sorveglianza sanitaria, ma anche vari altri compiti importanti (anche se non sempre adeguatamente considerati), quali la collaborazione alla valutazione dei rischi, la predisposizione dell'attuazione delle misure per la tutela della salute, l'organizzazione delle attività di formazione e informazione e di gestione delle emergenze, la visita degli ambienti di lavoro, la comunicazione dei dati anonimi collettivi di sorveglianza sanitaria al Datore di Lavoro-RSPP-RLS, etc. In ultimo, sempre in tale ruolo, va ricordata la necessità di comunicare tempestivamente l'eventuale presenza in azienda di soggetti con particolare sensibilità al rischio da CEM.



## 2. Aspetti fisici e principali situazioni lavorative in cui si verifica esposizione occupazionale a CEM

### 2.1 Aspetti fisici

I campi elettrici sono prodotti da cariche elettriche ed esercitano forze su cariche elettriche; la loro intensità viene misurata in volt/metro (V/m), multipli (kV/m) e sottomultipli (ad es. mV/m). I campi magnetici sono prodotti da cariche elettriche in movimento (per esempio, da correnti elettriche) ed esercitano forze su cariche elettriche in movimento; la loro intensità è misurata in ampere/metro (A/m), ma spesso si utilizza un'altra grandezza fisica ad essa correlata, l'induzione magnetica, che si misura in tesla (T) o sottomultipli (ad es. mT e  $\mu$ T): nel vuoto e in aria  $1 \mu\text{T} = 0,8 \text{ A/m}$ .

I campi elettrici e magnetici sono grandezze vettoriali, caratterizzate non solo dall'intensità, ma anche dalla direzione e dal verso.

I campi elettrici e magnetici statici non variano nel tempo, mantenendosi costanti non solo in intensità, ma anche in direzione e verso. In generale un campo elettrico statico è generato da una distribuzione stazionaria di cariche elettriche (per esempio, conduttori sottoposti ad una tensione continua), mentre un campo magnetico statico è generato da correnti elettriche stazionarie (corrente continua) o da magneti permanenti.

Quando la distribuzione di cariche elettriche e le correnti elettriche sono variabili nel tempo, come ad esempio nel caso delle linee di trasmissione dell'energia elettrica, oppure nel caso di antenne radiotelevisive o per le telecomunicazioni, i campi elettrici e magnetici da esse generati sono anch'essi variabili nel tempo. In questi casi, il campo elettrico e il campo magnetico interagiscono tra loro, in misura crescente al crescere della frequenza, fino a poter essere considerati come un unico ente fisico, il campo elettromagnetico, che può propagarsi nello spazio trasportando energia (radiazione elettromagnetica). L'energia trasportata da un'onda elettromagnetica è proporzionale al prodotto dell'intensità del campo elettrico e del campo magnetico: la densità di potenza, rappresentante l'energia trasportata dall'onda che nell'unità di tempo attraversa l'unità di superficie perpendicolare alla direzione di propagazione dell'onda, si misura in watt/metro quadrato ( $\text{W/m}^2$ ).

Per motivi pratici i CEM vengono spesso classificati in "bande" in base alla loro frequenza. Sebbene esistano anche altre classificazioni, in ambito medico-biologico viene usualmente utilizzata quella semplificata in quattro bande presentata nella Tabella 1.

**Tabella 1. Classificazione semplificata dei CEM sulla base della frequenza.**

<b>Classificazione</b>	<b>Frequenza</b>
Campi statici	0 Hz
Frequenze estremamente basse ( <b>ELF</b> )	>0-300 Hz
Frequenze intermedie ( <b>IF</b> )	>300 Hz - 10 MHz
Radiofrequenze ( <b>RF</b> )*	>10 MHz - 300 GHz

\*Le RF comprendono anche l'intervallo delle microonde (MO) (300 MHz – 300 GHz).

L'intensità dei CEM diminuisce allontanandosi dalla sorgente. Nel caso dei campi variabili nel tempo, la distribuzione spaziale dei CEM assume caratteristiche diverse a seconda della distanza dalla sorgente. In generale, è possibile distinguere una regione di campo vicino, più prossima alla sorgente, dove i campi assumono valori fortemente disomogenei e non vi è una relazione precisa tra campo elettrico e campo magnetico, ed una regione di campo lontano (identificabile in base alla lunghezza d'onda e alle dimensioni della sorgente) in cui la distribuzione spaziale dei campi è più regolare, la densità di potenza diminuisce con il quadrato della distanza e le intensità del campo elettrico e del campo magnetico sono in rapporto costante tra di loro ( $E/H = 377 \Omega$ ).

Nel caso dei campi statici e dei campi variabili nel tempo alle frequenze più basse (ELF, ed in parte IF), per le quali assume rilevanza la sola zona di campo vicino, i campi elettrici e magnetici sono completamente disaccoppiati per cui può essere necessario valutarli separatamente. In molti casi, tuttavia, le caratteristiche fisiche della sorgente consentono di prevedere a priori l'eventuale forte prevalenza di un campo sull'altro orientando così la misura ad un solo tipo di campo (per esempio, nel caso di una Risonanza Magnetica, è di interesse il solo campo magnetico per quanto riguarda i campi statici).

Nel caso dei campi a RF/MO si possono assumere condizioni di campo lontano ad una certa distanza dalla sorgente, fermo restando che la maggior parte delle esposizioni occupazionali avvengono in stretta prossimità della sorgente ed in condizioni di campo vicino.

## **2.2 Principali situazioni in cui si verifica esposizione occupazionale a CEM**

Per semplificare, da un punto di vista pratico, il lavoro dei medici incaricati della Sorveglianza Sanitaria (SS) dei lavoratori esposti a CEM, di seguito vengono descritte le principali situazioni lavorative che, nelle condizioni usuali, possono comportare esposizioni anche significative dei lavoratori esposti.

In considerazione delle differenti modalità di interazione e tipologie di effetti connessi alle varie bande di frequenza, come riportato nel successivo capitolo terzo, nell'illustrare le situazioni lavorative in cui si verificano esposizioni a CEM è utile descrivere separatamente i campi statici, i campi a frequenze ELF e IF e i campi a RF.

Per evidenti ragioni, tali indicazioni non devono essere considerate esaustive. Maggiori informazioni sui livelli di esposizione a CEM nelle varie attività lavorative possono essere ricavate, anche, da alcune matrici di esposizione occupazionale (Job Exposure Matrix, JEM) liberamente consultabili. Per gli ELF si veda quella disponibile sul sito del National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) Statunitense (<https://www.cdc.gov/niosh/topics/emf/jem-powerfreq/jempowerfreq.html>, ultimo accesso 14/07/2020) (Bowman et al., 2013) e quella proposta da Gobba et al. (2011). Altri dati, che includono anche le RF, sono reperibili in Vila et al. (2016).

Non da ultimo, è necessario segnalare, in questa sede, la Banca Dati del Portale Agenti Fisici (PAF), liberamente consultabile al link: [https://www.portaleagentifisici.it/fo\\_campi\\_elettromagnetici\\_guida\\_uso\\_banca\\_dati.php?lg=IT](https://www.portaleagentifisici.it/fo_campi_elettromagnetici_guida_uso_banca_dati.php?lg=IT) che costituisce un'autorevole fonte, in continuo aggiornamento, di dati sui livelli di esposizione ai campi elettromagnetici prodotti da vari tipi di apparecchiature.

### **2.2.1 Esposizione lavorativa a campi statici**

Campi elettrici e magnetici statici sono presenti ovunque esistano apparecchiature alimentate da corrente continua comprese le linee di alimentazione.

Per quanto riguarda in particolare il campo elettrico, si evidenzia che i processi che implicano strofinio tra due dielettrici diversi possono comportare accumulo di carica elettrostatica generando così un campo elettrostatico. Alcune attività che possono generare accumulo di cariche elettrostatiche sono, ad esempio:

- arrotolamento di pellicole plastiche o tessuti o altri dielettrici;
- operazioni di frantumazione e macinazione;
- trasporto di carrelli con ruote in gomma-plastica su pavimenti anche essi in gomma o plastica.

Dotando i macchinari/impianti di idonei dispositivi antistatici è possibile ridurre la carica elettrostatica che si accumula sul materiale in produzione e/o sui sistemi di trasporto.

I campi magnetici statici sono presenti nell'industria, nella ricerca, nei trasporti e nel settore medico.

I lavoratori dell'industria addetti a processi che impiegano elevate correnti continue, quale l'elettrolisi – come nella produzione dell'alluminio – o la grafitazione di grandi elettrodi per archi voltaici, possono risultare esposti ad elevati campi magnetici statici. Esposizioni interessanti possono riguardare anche i lavoratori addetti ad attività che utilizzano magnetizzatori o smagnetizzatori industriali.

Presso gli acceleratori di particelle ad alta energia utilizzati nella ricerca sono operanti magneti per la guida, la focalizzazione e la deflessione di fasci di particelle cariche (elettroni, protoni, etc.) e magneti per la rivelazione di particelle elementari (camere a bolle, spettrometri, calorimetri adronici). La messa a punto e la taratura del magnete, l'esercizio della macchina con "magnete in funzione" e l'accesso all'interno di magneti in funzione costituiscono situazioni di esposizione a livelli elevati.

Campi magnetici statici sono presenti nei mezzi a trazione elettrica alimentati in corrente continua, compresi i treni a levitazione magnetica, ed in generale in prossimità delle linee di trasmissione di energia in corrente continua.

In campo sanitario, nel caso delle apparecchiature per la Risonanza Magnetica (RM), l'esposizione può riguardare più ambiti di frequenze: campo magnetico statico, campo magnetico di gradiente a bassa frequenza e campo pulsato a radiofrequenza. Per la generazione del campo magnetico statico attualmente possono essere utilizzati tre tipi di magneti: i magneti permanenti, i magneti resistivi e i magneti superconduttori. Nel caso dei magneti permanenti e superconduttori il campo magnetico statico è presente anche quando l'apparecchio RM non è in funzione, mentre nel caso dei magneti resistivi il campo magnetico statico può essere disattivato. I campi magnetici di gradiente e il campo magnetico a radiofrequenza, invece, sono generati esclusivamente durante l'esecuzione degli esami. L'ampia diffusione che la RM ha acquisito negli ultimi decenni e l'introduzione di apparecchiature che generano campi statici di valore sempre più elevato, specie nel settore dell'*imaging* neurologico, hanno aumentato la potenziale esposizione al campo magnetico statico sia in termini di intensità che di numerosità degli operatori. Ai fini protezionistici va ricordato che, oltre all'intensità del campo statico, si devono valutare anche gli aspetti legati al movimento dell'operatore nel campo magnetico statico, condizione espositiva del tutto equivalente al caso di un soggetto immobile in un campo magnetico variabile nel tempo a bassissima frequenza (pochi Hz) e a cui possono essere associati effetti sia sensoriali che sanitari. La problematica è estremamente attuale e oggetto di numerosi studi di letteratura, anche in conseguenza del fatto che ad oggi non è ancora disponibile una metodologia standardizzata per la valutazione dell'esposizione.

In RM non va inoltre trascurata la possibilità di un rischio infortunistico a causa delle forze di attrazione magnetica su oggetti metallici ferromagnetici, che può comportare la loro proiezione contro il corpo dell'operatore, nonché forze attrattive ed eventuale induzione di correnti nelle parti metalliche a contatto con l'operatore stesso.

### **2.2.2 Esposizione lavorativa a campi a frequenze estremamente basse (ELF) e intermedie (IF)**

Le principali e più diffuse sorgenti di esposizione a campi ELF sono connesse alla produzione, trasporto ed utilizzo dell'energia elettrica alla frequenza di rete (50 Hz): linee elettriche, cablaggi, cavi o barre di trasmissione, quadri di distribuzione, apparecchiature alimentate da rete elettrica. Esposizioni rilevanti possono riguardare gli addetti alle centrali elettriche ed alla manutenzione delle linee di trasmissione/distribuzione della corrente. Nell'industria, la necessità di distribuire l'energia all'interno degli impianti può comportare vicinanza tra alcune postazioni di lavoro ed i cablaggi o i quadri di distribuzione, con presenza di elevati livelli di campo magnetico. In generale, ogni apparecchiatura alimentata con correnti elevate costituisce una potenziale sorgente di esposizione significativa.

Esposizioni rilevanti a campi ELF e IF sono associate all'utilizzo dei fornì industriali e dei riscaldatori ad induzione rispettivamente per la fusione e trattamento dei metalli, delle piastre ad induzione per la cottura dei cibi e delle saldatrixi.

Nelle lavorazioni e nei trattamenti di materiali metallici (saldatura, indurimento, tempera, fusione, ecc.) e nell'industria elettronica è prevalentemente utilizzato il riscaldamento a induzione, che sfrutta intensi campi magnetici per produrre calore all'interno di metalli e semiconduttori. Le potenze impiegate possono essere elevate, nell'ordine di centinaia di kW (talvolta migliaia di kW nei grandi impianti di saldatura), mentre la frequenza d'uso può variare da qualche decina/centinaia di kHz (tipicamente tra 200 e 500 kHz per la saldatura dei tubi metallici) sino ai MHz. I livelli di esposizione misurati in queste attività possono essere significativi, con campi magnetici fino a 20 A/m e campi elettrici fino a 8 kV/m, in assenza di adeguate misure di contenimento.

Campi ELF e IF possono essere presenti su treni alimentati sia in corrente alternata (alta velocità) sia in corrente continua (per la presenza di inverter a bordo delle motrici) e sulle auto elettriche. Ulteriori fonti di campi ELF e IF possono essere i sistemi antitaccheggio, i metal detector e i sistemi per l'identificazione a radiofrequenza (RFID in banda IF).

Anche in ambito medico sono presenti diverse sorgenti che operano in questo intervallo di frequenze e possono comportare livelli di esposizione in alcuni casi di interesse protezionistico. Un esempio sono le apparecchiature per la magnetoterapia, gli apparati presenti nei reparti di terapia intensiva, i defibrillatori, gli elettrobisturi, gli stimolatori transcranici e gli apparati di TECAR-terapia. In ambito estetico vi è stato un recente sviluppo di vari apparati di differente tipologia, tra cui quelli simili a quelli impiegati per la TECAR-terapia, che rappresentano una sorgente di particolare interesse per quanto riguarda la salute e la sicurezza sia dell'operatore che dell'utente che si sottopone al trattamento.

Come già evidenziato, infine, campi magnetici a frequenze ELF e IF (attivati e disattivati sulla base di specifiche sequenze) sono presenti anche durante gli esami di RM.

Si noti che molte delle sorgenti descritte, sia in ambito industriale che sanitario, prevedono la prossimità dell'operatore e possono comportare livelli di esposizione rilevanti la cui caratterizzazione è resa peraltro spesso difficile dalla natura impulsiva e complessa dei segnali.

### **2.2.3 Esposizione lavorativa a campi elettromagnetici a radiofrequenze e microonde (RF/MO)**

I campi elettromagnetici a RF/MO trovano impieghi in diversi settori di attività industriali, scientifiche e mediche.

Alcune applicazioni si basano sull'assorbimento di energia elettromagnetica nei materiali e sulla sua conseguente conversione in calore; in queste applicazioni il processo produttivo richiede campi intensi entro volumi limitati. Nella lavorazione del legno (incollaggio, piegatura, ecc.), della plastica (saldatura e stampaggio di manufatti, ad es. in PVC) e nell'industria tessile (ad es. essiccamiento delle fibre) vengono principalmente usati i riscaldatori a perdite dielettriche in cui i materiali da trattare vengono presi tra due elettrodi a piastre alimentati con radiofrequenze da qualche megahertz (MHz) sino al centinaio di MHz e potenze dell'ordine dei kW, o decine di kW. I livelli di esposizione in queste attività possono anche essere significativi, con campi elettrici fino a più di 1 kV/m, e dipendono essenzialmente dalla potenza della macchina, dal tipo e configurazione degli applicatori, dalla presenza ed efficacia di schermature, da eventuali riflessioni e dalle procedure di impiego della macchina, oltre che, naturalmente, dalla posizione del lavoratore.

Un secondo gruppo di applicazioni comprende tutti quei sistemi che, al fine principale di trasmettere informazioni, irradiano volutamente onde elettromagnetiche nello spazio: si tratta dei sistemi di diffusione radio e

televisivi, dei vari sistemi radar, dei servizi radiomobili, telefonia cellulare ecc. Queste applicazioni forniscono attualmente il contributo più significativo all'esposizione alle radiofrequenze e microonde della popolazione e per questo sono quelle sulle quali è maggiormente concentrata l'attenzione. Va però osservato che, mentre nella popolazione generale l'esposizione è usualmente bassa, in alcune categorie professionali possono essere rilevati livelli elevati. Ad es., gli operatori la cui mansione comporta la salita su torri e tralicci per l'installazione o la manutenzione di sistemi radio e/o televisivi possono essere esposti a campi elettrici fino a 1kV/m e magnetici fino a 5 A/m. Più modeste sono, invece, le esposizioni associate alla vicinanza a sistemi radar per il controllo del traffico aereo: in genere sono non superiori a 0,1 W/m<sup>2</sup>, in considerazione della rotazione dell'antenna e della pulsazione del segnale.

Ulteriori fonti di emissione sono i sistemi di identificazione a radiofrequenza (RFID, Radio Frequency Identification) in banda HF (High Frequency, 13,56 MHz), UHF (Ultra High Frequency, 868 – 915 MHz), VHF (Very High Frequency, 2,4 GHz).

In ambito sanitario apparati che utilizzano le RF sono ad esempio quelli impiegati nella terapia ipertermica e, nei reparti di terapia fisica, gli apparati di marconi e radar terapia; questi ultimi, pur se di interesse, considerati gli elevati livelli di esposizione associati, sono sempre meno diffusi e utilizzati. Campi elettromagnetici a RF sono generati dal funzionamento dei sistemi di RM, anche se rappresentano l'agente fisico di minor interesse radioprotezionistico rispetto al campo magnetico statico e ai campi magnetici di gradiente.

Meritevoli di citazione, infine, sono gli apparati usati in ambito estetico che impiegano campi elettromagnetici a RF e MO, anche se il loro utilizzo risulta essere attualmente piuttosto limitato.



### 3. Effetti dei CEM, rischi per la salute e riferimenti protezionistici

#### 3.1 Classificazione degli effetti

La gamma di effetti a livello biologico e fisiopatologico riferibili all'esposizione umana a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici può essere schematizzata nel modo che segue.

**Effetti diretti.** Derivano dall'interazione diretta dei campi con il corpo umano e possono essere a loro volta classificati come segue.

**Effetti accertati:** sono ***di tipo acuto*** e riconoscono meccanismi di interazione ben individuati, dipendenti dalla frequenza del campo; hanno soglie di induzione sufficientemente note. Rappresentano la base per gli standard protezionistici rivolti ai lavoratori e alla popolazione generale formulati in ambito internazionale.

#### **Effetti non accertati**

***di tipo acuto:*** va citata in questo ambito principalmente la cosiddetta "intolleranza ambientale idiopatica attribuita ai campi elettromagnetici", per la quale vengono nell'uso comune utilizzate anche altre denominazioni come per esempio "ipersensibilità elettromagnetica";

***a lungo termine:*** il riferimento è soprattutto alla possibile cancerogenesi, ma anche alla possibilità di una relazione con malattie neurodegenerative e altri effetti avversi a carico dei sistemi ematico, endocrino, immunologico e riproduttivo sollevata da alcuni studi. Per questi effetti, peraltro oggetto di un elevatissimo numero di studi sperimentali ed epidemiologici condotti negli ultimi decenni, l'insieme dei dati disponibili non è dimostrativo di un rapporto di causalità con l'esposizione a CEM, come concludono in modo sostanzialmente univoco le valutazioni dei principali organismi internazionali, quali l'*International Agency for Research on Cancer* (IARC), l'*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection* (ICNIRP), lo *Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks* (SCENIHR) e numerosi altri.

**Effetti indiretti.** Sono di diverso tipo; di principale interesse in questa sede sono quelli dovuti a fenomeni di interferenza dei campi elettromagnetici esterni con il funzionamento di apparecchiature e dispositivi medici impiantabili o indossabili attivi, o all'interazione con impianti di tipo passivo o con inclusi di natura ferromagnetica e, in generale, metallica. Altri effetti indiretti di interesse specifico sono quelli connessi al passaggio di correnti elettriche al contatto di un individuo con un oggetto conduttore che si

trovi ad un diverso potenziale elettrico per via della presenza di un campo elettrico ambientale (correnti di contatto). Quando il campo elettrico è sufficientemente intenso possono anche generarsi scintille subito prima che si instauri il contatto. Altri effetti che rientrano tra quelli indiretti, quali l'innescio di detonatori, non sono stati considerati in questa sede, in quanto non pertinenti ai fini della sorveglianza sanitaria.

Le disposizioni per la protezione dei lavoratori esposti a CEM, inclusa la SS, contenute nel Titolo VIII del D.lgs. 81/2008 così come modificato dal D.lgs. 159/2016, che riprende in modo abbastanza letterale i contenuti della Direttiva Europea, prendono in considerazione "*i rischi per la salute e la sicurezza derivanti dall'esposizione ai campi elettromagnetici (da 0 Hz a 300 GHz), come definiti dall'articolo 207, durante il lavoro*", ma limitatamente a quelli "*per la salute e la sicurezza dei lavoratori dovuti agli effetti biofisici diretti e agli effetti indiretti noti provocati dai campi elettromagnetici*". (Art. 206, comma 1). Sono invece esplicitamente esclusi i possibili effetti a lungo termine ("*non riguarda la protezione da eventuali effetti a lungo termine e i rischi risultanti dal contatto con i conduttori in tensione.*" Art. 206, comma 3). Il razionale di questa scelta viene esplicitato nel preambolo della Direttiva, dove viene chiarito che "*La presente direttiva non affronta le ipotesi di effetti a lungo termine derivanti dall'esposizione a campi elettromagnetici, dal momento che non si dispone attualmente di prove scientifiche accertate dell'esistenza di una relazione causale*".

Su questa base, nella parte che segue saranno discussi in primo luogo gli effetti accertati di tipo diretto (Cap. 3.2) e verrà descritto il razionale protzionistico alla base delle limitazioni dell'esposizione basato su tali effetti (Cap. 3.3); a seguire saranno trattati gli effetti indiretti (Cap. 3.4). Per completezza si è ritenuto utile discutere anche gli effetti non accertati (Cap. 3.5), dato che la problematica viene sovente sollevata (talvolta anche in modo acritico e allarmistico), sebbene, come detto, tale tipologia di effetti non sia espressamente inclusa nel campo di applicazione della normativa vigente.

### **3.2 Effetti diretti accertati di tipo acuto**

La trattazione degli effetti diretti dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, in relazione sia ai differenti meccanismi di interazione che alle tipologie di effetto inducibile, può essere svolta dividendo operativamente lo spettro nei seguenti intervalli di frequenza:

- Campi statici;
- Campi elettrici e magnetici ELF e IF (effetti di stimolazione);
- Campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici con frequenza superiore a 100 kHz (effetti termici).

### 3.2.1 Campi magnetici statici

Uno dei principali meccanismi di interazione del campo magnetico statico con i tessuti del corpo umano è rappresentato dalle forze esercitate sulle cariche elettriche in movimento, principalmente sugli elettroliti presenti nei fluidi biologici, in particolare nel sangue. L'interazione con gli elettroliti in movimento (*effetto magnetoidrodinamico*) può perturbare il flusso ematico ed è alla base degli effetti del campo magnetico statico sulla pressione del sangue. Altri fluidi biologici di interesse sono, ad esempio, quelli endolinfatici dell'orecchio interno.

Il campo magnetico statico interagisce anche con elettroliti o biomolecole cariche che si muovono attraverso la membrana cellulare, con conseguente perturbazione dei flussi di carica e *induzione di correnti*. Un'induzione di corrente a livello dei tessuti eccitabili, ad esempio del sistema nervoso, avviene qualora il corpo si sposti in moto traslatorio in un gradiente di campo magnetico statico o in moto rotatorio in un campo magnetico statico uniforme. Le correnti indotte ed i campi elettrici ad esse associati iniziano ad essere significativi ai fini dell'induzione di effetti "sensoriali" (come successivamente definiti) quando il corpo o parti di esso si muovono all'interno di campi magnetici statici superiori a 2 T.

Nell'animale da esperimento (principalmente roditori, ma anche cani, maiali e scimmie) non sono stati riscontrati in modo riproducibile effetti a livello cardiovascolare, neurocomportamentale, ematologico, endocrino, della riproduzione e dello sviluppo prenatale per campi fino a 2 T. Per campi di intensità superiore iniziano a comparire risposte sul piano comportamentale (ad esempio risposte di evitamento), mentre effetti sulla pressione e sul flusso ematico diventano evidenti a 8 – 10 T. Per valori ancora superiori sono possibili effetti a livello dell'attività elettrofisiologica del cuore.

Per quanto riguarda l'uomo, studi su volontari sperimentalmente esposti a differenti valori di campo magnetico statico non hanno fatto riscontrare variazioni significative di variabili afferenti alla sfera nervosa e comportamentale: memoria a breve termine, memoria di lavoro, linguaggio, tempi di reazione. Tali studi hanno inoltre evidenziato che variabili quali temperatura corporea, frequenza respiratoria, frequenza cardiaca e pressione del sangue non sono significativamente influenzate per valori di induzione magnetica fino a 8 T. In corrispondenza di quest'ultimo valore di campo si riscontra un lieve aumento (inferiore al 4%) della pressione del sangue quale conseguenza di effetti magnetoidrodinamici. Una riduzione clinicamente significativa del flusso ematico (10%), quale diretta conseguenza dell'aumento delle resistenze al flusso descritte, è prefigurabile solo per valori di induzione magnetica > 15 T.

Una completa rassegna relativa ai campi magnetici statici e includente i meccanismi di interazione, gli studi sperimentali e le indagini epidemiologiche è contenuta in una monografia dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO, 2006).

Il movimento della testa all'interno di un campo magnetico statico superiore a 2 T può generare vertigine o sensazione di instabilità. Come evidenziato su volontari, a tali livelli di esposizione il campo elettrico indotto nella testa dal movimento può determinare anche altri tipi di effetti sensoriali, quali magnetofosfeni (stimolazione diretta della retina), nausea e sapore metallico (stimolazione dei recettori gustativi).

La vertigine è un effetto al quale concorrono verosimilmente diversi meccanismi d'azione a livello biofisico, a seconda della tipologia espositiva (stazionamento o movimento nel campo magnetico statico). Sono però chiamati principalmente in causa l'effetto magnetoidrodinamico nell'apparato vestibolare e l'induzione di correnti nell'endolinfa. Un aspetto importante, da considerare anche ai fini protezionistici nel caso della vertigine e degli altri effetti sensoriali, è che incidenza e intensità dei sintomi diminuiscono al diminuire della velocità dei movimenti del capo e del corpo. Inoltre, data la particolare struttura tridimensionale del sistema vestibolare, alcuni movimenti sono più efficaci di altri nell'indurre vertigine: ad esempio i movimenti rotatori verticali della testa si associano ad una sintomatologia più accentuata rispetto ai movimenti rotatori orizzontali (Jokela e Saunders, 2011). Sempre in relazione alla vertigine indotta dal movimento all'interno di un campo magnetico statico sembrano aver rilievo non solo le variazioni del flusso magnetico su scale temporali brevi o molto brevi, ma anche (e talvolta in misura più rilevante) le variazioni per l'intera durata del movimento (Glover et al., 2007). Peraltro, il quadro della sintomatologia vertiginosa associata al campo magnetico statico è un ambito di studio che sta rivelando una complessità crescente del fenomeno (Mian et al., 2013; Mian et al., 2015; Ward et al., 2015).

### **3.2.2 Campi elettrici statici**

Non sono stati identificati effetti biologici diretti per quanto riguarda l'esposizione a campi elettrici statici. Questi ultimi sono ritenuti di scarso interesse protezionistico, tanto che non sono stati definiti limiti di esposizione; solo a livelli di esposizione molto alti sono possibili effetti di percezione a carico della cute e fenomeni di orripilazione.

### **3.2.3 Campi elettrici e magnetici ELF e IF (effetti di stimolazione)**

L'esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo si traduce nell'induzione di campi elettrici all'interno dei tessuti (campi elettrici inter-

ni –  $E_i$ ), che a loro volta generano correnti che fluiscono attraverso i tessuti medesimi.  $E_i$  rappresenta il parametro che meglio correla con i più recenti modelli elettrofisiologici relativi all'interazione campo-tessuti. Pertanto, le soglie di effetto biologico sono oggi espresse in termini di  $E_i$  (V/m) e non più di densità di corrente indotta nei tessuti ( $A/m^2$ ). Tra 100 kHz e 10 MHz, parallelamente all'induzione di campi elettrici interni, assume importanza crescente la deposizione diretta di energia, con la possibilità, accanto agli effetti legati all'induzione di corrente, di effetti biologici dovuti al riscaldamento (effetti termici).

Per quanto riguarda il campo **elettrico**, alle basse frequenze il corpo è un buon conduttore e le linee di campo esterne, perturbate dalla presenza del corpo stesso sul quale il campo (analogamente ad un campo elettrostatico) induce una distribuzione di cariche elettriche superficiali, sono approssimativamente perpendicolari alla superficie corporea. L'oscillazione del campo esterno induce l'oscillazione delle cariche elettriche superficiali che, a loro volta, producono campi elettrici e quindi correnti all'interno dei tessuti (che sono invece nulli nel caso del campo elettrostatico). Il campo elettrico indotto all'interno dei tessuti è molto più debole rispetto al campo elettrico esterno (anche 5-6 ordini di grandezza in meno). Il percorso della corrente è "aperto", nel senso che la corrente generata dal campo elettrico interno fluisce attraverso i tessuti e si scarica per contatto con il suolo o con altro substrato; il profilo di distribuzione dei flussi di corrente attraverso i vari organi e tessuti dipende dalla conducibilità di questi ultimi.

Nel caso del campo **magnetico** il comportamento fisico in rapporto ai tessuti biologici e all'organismo nel suo insieme è diverso. Infatti, la permeabilità magnetica dei tessuti è la stessa di quella dell'aria e di conseguenza un campo magnetico esterno oscillante in bassa frequenza comporta la presenza nei tessuti di un campo magnetico della stessa intensità di quello esterno. Per la legge di Faraday il campo magnetico oscillante induce campi elettrici nei tessuti ( $E_i$ ), con associati flussi di corrente che giacciono su un piano perpendicolare a quello di oscillazione del campo magnetico. Il percorso è chiuso, a differenza delle correnti indotte dal campo elettrico esterno. I campi elettrici indotti e le rispettive correnti dipendono dalla direzione (orientamento) del campo magnetico esterno, essendo massimi quando il vettore campo magnetico esterno è orientato perpendicolarmente alla sezione maggiore del corpo, minimi in caso di orientamento parallelo.

Le cellule possono andare incontro a variazioni passive del loro potenziale di membrana sotto l'azione di campi esterni; tuttavia, ai fini dell'insorgenza di effetti biologici e di possibili conseguenze sul piano patologico risulta cruciale la stimolazione elettrica delle cellule appartenenti a tessuti

eccitabili, dato che la risposta elettrica attiva della cellula (ad esempio il potenziale d'azione) ai normali stimoli fisiologici è alla base dell'esistenza e della regolazione di un gran numero di funzioni biologiche. I tessuti eccitabili sono principalmente quelli del sistema nervoso centrale e periferico, del muscolo scheletrico e cardiaco, ed i potenziali effetti da stimolazione elettrica sono tutti considerati su base pressoché istantanea, non essendo prefigurabili allo stato delle conoscenze manifestazioni differite.

Per quanto riguarda il campo elettrico, infatti, gli effetti legati all'oscillazione di cariche elettriche sulla superficie corporea possono determinare percezione diretta della corrente, con soglia stimabile, alla frequenza di 50-60 Hz, nell'intervallo 2 – 5 V/m per il 10% degli individui (volontari esposti).

Per il campo magnetico un'attenzione particolare merita l'induzione di *magnetofosfeni*. In generale, per *fosfenesi* s'intende la percezione di un segnale luminoso da parte della retina in assenza di stimolazione visiva fisiologica; in questo caso specifico si tratta della percezione di segnali luminosi, in genere alla periferia del campo visivo, dovuta alla stimolazione elettrica di neuroni retinici in individui esposti a campi magnetici a bassa frequenza di intensità superiore a soglie critiche. Il fenomeno, che abitualmente viene descritto come percezione di deboli lampi luminosi, è stato riscontrato anche sperimentalmente su volontari esposti.

L'effetto non è considerato pericoloso per la salute, ma la soglia di  $E_i$  individuata per indurre magnetofosfeni è più bassa rispetto a quelle identificate in relazione alla stimolazione di altri tipi di fibra o di tessuto nervoso. La retina è stata pertanto considerata un modello conservativo dei processi elettrofisiologici che si verificano a livello del sistema nervoso centrale. La soglia minima, che si palesa in corrispondenza della frequenza di 20 Hz, è pari a 0,05 – 0,1 V/m. La soglia cresce progressivamente per frequenze superiori e inferiori a 20 Hz.

All'aumentare di  $E_i$  possono essere stimolate le fibre nervose motorie, con possibilità di contrazioni muscolari involontarie che, per livelli più elevati, possono essere non più rilasciabili volontariamente (contrazioni tetaniche).

Per quanto riguarda infine il muscolo cardiaco è importante sottolineare che le fibre miocardiche presentano una soglia di stimolazione variabile in funzione del ciclo cardiaco, ma una volta stimolate possono determinare aritmie e, nei casi peggiori, fibrillazione ventricolare.

Le soglie per la comparsa degli effetti sulla funzione cardiaca e sul sistema nervoso sono molto variabili e dipendono da vari fattori, in primo luogo la frequenza e l'intensità del campo. In linea di massima è possibile affermare che le soglie per la percezione soggettiva sono, per il campo ma-

gnetico, nell'ordine di alcuni mT o frazioni, mentre gli effetti più rilevanti da un punto di vista sanitario sono stati descritti per campi nell'ordine di alcune decine/centinaia di mT. I campi magnetici ELF che causano un'induzione magnetica nell'ordine di circa 500 mT nei tessuti sono in grado di produrre aritmie cardiache, oltre che eccitazione neurale, con conseguenze funzionali potenzialmente molto rilevanti (Bernhardt, 1988; WHO 2007).

Per i campi in bassa frequenza un'estesa rassegna relativa ai meccanismi di interazione e agli studi di natura sperimentale ed epidemiologica è stata prodotta dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO, 2007).

### **3.2.4 Campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici con frequenza superiore a 100 kHz (effetti termici)**

All'aumentare della frequenza diventa progressivamente più importante il meccanismo d'azione legato all'assorbimento di energia nei tessuti, che diviene preponderante per frequenze > 10 MHz. L'assorbimento di energia in radiofrequenza causa il rapido movimento oscillatorio di ioni e molecole d'acqua, con "attrito" molecolare e produzione di calore. Il conseguente aumento di temperatura rappresenta il principale meccanismo per l'insorgenza di effetti di natura biologica ed eventualmente patologica. Per quanto riguarda l'interazione con l'organismo, l'entità e la distribuzione dell'energia assorbita dipendono anzitutto criticamente dalla frequenza, essendo grossolanamente individuabili quattro distinti intervalli (ICNIRP, 1998).

100 kHz – 20 MHz. In questo intervallo l'assorbimento di energia è molto disomogeneo (*intervallo di sottorisonanza*) a livello dei tessuti e delle strutture corporee.

20 MHz – 300 MHz. Per questo intervallo di frequenze il corpo tende a comportarsi come antenna (*intervallo di risonanza*): l'assorbimento complessivo di energia è più elevato e tende ad essere maggiormente omogeneo, quantomeno in condizioni di campo lontano.

300 MHz – 10 GHz. La deposizione di energia è molto localizzata a livello di singole parti del corpo (*intervallo degli "hot spot"*), con la possibilità di picchi locali molto elevati.

10 GHz – 300 GHz. L'energia si deposita in modo preponderante o esclusivo nello strato più superficiale del corpo (*intervallo dell'assorbimento superficiale*).

La frequenza non è l'unico parametro rilevante ai fini della distribuzione dell'energia assorbita dall'organismo o da singoli/e tessuti/strutture corporee. Quest'ultima dipende molto anche dall'orientamento del campo rispetto al corpo: ad esempio, se il vettore campo elettrico è parallelo all'asse maggiore del corpo ci si trova in condizioni di massimo assorbimento di energia.

L'assorbimento dell'energia elettromagnetica dipende criticamente anche dalle condizioni di esposizione, a loro volta legate alla geometria della sorgente e alla distanza dalla sorgente in relazione alla frequenza dei campi generati dalla stessa. Ad esempio, in prossimità della sorgente l'assorbimento è talvolta molto disomogeneo e può raggiungere picchi elevati in volumi localizzati del corpo, caratterizzabili con adeguata dosimetria. Le componenti elettrica e magnetica dell'emissione vanno spesso considerate e valutate separatamente. All'opposto, a distanza dalla sorgente l'assorbimento da parte dell'organismo è più uniforme ed è sufficiente considerare la sola densità di potenza elettromagnetica (o, in alternativa, la sola intensità di campo elettrico).

Come detto, il meccanismo d'azione principale per quanto riguarda gli effetti biologici ed i rischi per la salute accertati connessi all'esposizione a radiofrequenze è legato all'**aumento di temperatura** dei tessuti.

L'aumento della temperatura induce risposte a livello cellulare (ad esempio sintesi di proteine da stress) e tissutale, la cui entità e la cui eventuale valenza patologica dipendono sostanzialmente dal valore di temperatura raggiunto e dal tempo di esposizione. La soglia di temperatura per danno ai tessuti viene situata attorno a 41°C, danno che si considera irreversibile per valori  $\geq 43^{\circ}\text{C}$  (per denaturazione proteica ed altri meccanismi lesivi a livello cellulare), sulla base dei dati ottenuti non solo nell'animale da esperimento, ma anche dalla lunga esperienza clinica legata alle procedure di ipertermia a scopo terapeutico attuata per patologie tumorali o altre condizioni. Un aumento generalizzato della temperatura oltre i 43°C determina ipertermia grave e morte dell'organismo. I meccanismi termoregolatori presentano variabilità interindividuale ma nello stesso individuo la loro efficienza varia in funzione dell'età (ICNIRP, 2016).

A livello di singoli tessuti e organi la termosensibilità può variare notevolmente, in relazione non solo al tipo di tessuto (in particolare al suo contenuto in acqua), ma anche e soprattutto al grado di vascolarizzazione. Il sistema nervoso centrale presenta la massima efficienza termoregolatoria e, quindi, anche se i tessuti nervosi sono molto termosensibili i meccanismi termoregolatori consentono al cervello di eliminare molto rapidamente il calore in eccesso e di sopportare meglio condizioni di stress termico rispetto ad altri organi/apparati. All'opposto, strutture nelle quali è assente la vascolarizzazione, come il cristallino dell'occhio, possono disperdere il calore con maggiore difficoltà e sono più sensibili al danno termico.

Un organo sensibile all'aumento di temperatura è rappresentato dal **testicolo**. La gonade maschile infatti, pur essendo molto vascolarizzata, ha

una struttura complessiva della rete vasale che determina il mantenimento di una temperatura fisiologica inferiore a quella corporea, fattore essenziale per consentire il normale svolgimento del ciclo della spermatogenesi. Negli studi sull'animale, già con temperature oltre i 35°C si iniziano ad osservare effetti (reversibili) sulla conta spermatica, così come sulla motilità e la morfologia degli spermatozoi. All'aumentare della temperatura gli effetti divengono più marcati, ma sempre reversibili (in tempi maggiori), fino all'irreversibilità per danno tissutale quando viene raggiunta e mantenuta una temperatura locale di 43°C. Fattori importanti che influenzano la temperatura basale del testicolo sono rappresentati dalla postura, dallo stato di sonno/veglia e dall'abbigliamento (ICNIRP, 2016).

Di particolare interesse sono gli effetti **teratogeni** dell'ipertermia. L'ipertermia è infatti un agente teratogeno da tempo riconosciuto, potendo causare la morte del feto o l'insorgenza di malformazioni di vario tipo. Gli studi sull'animale (in particolare roditori) hanno permesso di determinare soglie di temperatura e tempi di esposizione critici. Ad esempio, un aumento di 1,5°C mantenuto anche a lungo non si traduce in anomalie dello sviluppo, mentre già a 2°C il tempo massimo di esposizione senza effetti osservabili è pari a circa mezz'ora. Con 4°C di aumento questo si riduce a 2 minuti, mentre con 6°C può essere sufficiente meno di 1 minuto per osservare anomalie di sviluppo (ICNIRP, 2016). È opportuno rilevare che in questo caso, ma l'affermazione ha valenza di carattere più generale, i risultati ottenuti sperimentalmente nell'animale non sono estrapolabili in modo acritico in termini di effetti avversi nell'uomo, come sarà spiegato meglio più avanti, nella parte sul razionale protezionistico (Cap. 3.3).

Fino a 6 - 10 GHz la grandezza di riferimento per gli effetti di natura termica sui tessuti è data dal **Tasso di Assorbimento Specifico** (*Specific Absorption Rate* o SAR), cioè dalla quantità di energia che il campo elettromagnetico deposita in una quantità di massa unitaria di tessuto nell'unità di tempo. Il SAR si esprime in watt per kg di peso dei tessuti (W/kg) e le valutazioni dosimetriche finalizzate ad individuare soglie di effetto o di danno sono state considerate in funzione degli incrementi di temperatura raggiungibili in relazione a determinati valori del SAR.

Il SAR può essere inteso come valore medio al corpo intero (SAR medio) o riferito a singole parti del corpo (SAR locale). La Tabella 2 riporta, in funzione del SAR (medio o locale), gli effetti osservati in modo riproducibile nell'animale da esperimento.

**Tabella 2: Valori di SAR ed effetti biologici dei CEM.**

SAR (W/kg)	Effetti riscontrati nell'animale da esperimento (roditori, coniglio, cane)
<b>100 (medio)</b>	Saturazione dei meccanismi termoregolatori ed ipertermia, shock termico, rischio di morte
<b>100 (locale)</b>	Ustione, induzione acuta di cataratta nel coniglio (temperatura del cristallino 41 – 43 °C)
<b>10 – 100 (medio)</b>	Ipertermia generale e/o locale, risposte endocrine (inibizione e/o aumento della produzione di alcuni ormoni) ed immunologiche allo stress termico, alterazione della permeabilità della barriera ematoencefalica, inibizione della spermatogenesi (aumento di 1 – 2 °C della temperatura del testicolo), aborto e malformazioni fetali (aumento di 2 °C della temperatura in regione addominale)
<b>1 – 4 (medio)</b>	Induzione di effetti di tipo comportamentale collegati a stress termico (incremento approssimativo di 0,9 - 1 °C della temperatura corporea media per SAR = 4 W/kg, risposte biologiche per aumento di 0,2 – 0,3 °C della temperatura nella regione ipotalamica)

È opportuno rilevare che per la maggioranza degli effetti riportati sono ipotizzabili tempi rapidi di insorgenza, giustificando ampiamente la definizione di "effetti acuti". Per la cataratta, tuttavia, l'insorgenza può essere differita rispetto ad un'esposizione anche di breve durata in grado di indurla, potendo evolvere dal punto di vista patogenetico e manifestarsi sul piano clinico lungo scale temporali pari anche a settimane o mesi, data la peculiarità della fisiologia del cristallino e la complessità dei meccanismi patogenetici coinvolti. Nel caso della cataratta è quindi forse più appropriata la definizione di: "effetto a soglia a insorgenza rapida o differita", piuttosto che quella di "effetto acuto".

Oltre all'effetto termico è opportuno ricordare l'effetto di **tipo acustico** delle RF, sebbene molto meno rilevante in termini sanitari. L'esposizione della testa a radiofrequenze impulsate nell'intervallo di frequenze 0,3 – 10 GHz può indurre infatti tale effetto, di natura unicamente sensoriale (non considerati pericolosi per la salute). L'effetto, che consiste nella percezione di un *click* o comunque di un breve stimolo acustico (ronzio, "schiocco" etc.) in concomitanza con l'esposizione del cranio a impulsi di radiofrequenza, è basato su un meccanismo biofisico non completamente noto, ma verosimilmente consistente in una rapida espansione termoelastica dei fluidi dell'orecchio interno a seguito dell'assorbimento di energia, che si traduce in una altrettanto rapida e reversibile stimolazione delle cellule cocleari. L'effetto insorge al superamento di una soglia critica dell'energia complessiva dell'impulso elettromagnetico, espressa in termini di **Assorbimento Specifico** (*Specific Absorption - SA*) e misurata in joule su chilogrammo (J/kg). Per frequenze > 6 – 10 GHz l'assorbimento è solo superficiale (non esistono, come accade per la generalità dello spettro elettromagnetico, confini netti in termini di frequenza in relazione alle modalità di interazione con i tessuti), interessando quindi unicamente la cute e la parte esterna dell'occhio.

All'aumentare della frequenza diminuisce progressivamente la profondità di penetrazione. L'esposizione a campi elettromagnetici in questo intervallo di frequenza può dare luogo a danni di tipo termico a livello cutaneo e corneale, cioè a ustioni della cute e della cornea, ma potrebbe essere anche causa di cataratta su base termica, per meccanismi di conduzione del calore depositato a livello corneale (o dell'umor acqueo) in profondità verso il cristallino. La grandezza critica è in questo caso la densità di potenza elettromagnetica, S, misurata in W/m<sup>2</sup>, ossia la quantità di energia incidente per unità di tempo e per unità di superficie.

### 3.2.5 Effetti diretti accertati dei CEM: effetti pericolosi per la salute ed effetti di natura sensoriale

Sulla base di quanto in precedenza riportato, in relazione agli effetti diretti accertati dei CEM, è possibile operare una distinzione tra effetti che possono essere ritenuti pericolosi per la salute ed effetti considerabili solo fastidiosi; questi ultimi dovuti alla stimolazione di specifiche terminazioni sensitive collocate nella regione della testa, che si traduce nell'insorgenza di sensazioni sgradevoli o di discomfort. Questa distinzione è di particolare interesse specifico in quanto è stata inserita nella Direttiva Europea 2013/35/UE e, conseguentemente nel suo recepimento italiano, tra i criteri per la definizione dei valori limite di esposizione dei lavoratori. Mentre la problematica degli effetti pericolosi per la salute riguarda l'intero spettro,

tra 0 e 300 GHz, quella degli effetti fastidiosi ha una valenza spettrale molto più ristretta, coinvolgendo l'ambito dei campi statici e delle basse frequenze, fino a circa 400 Hz. L'eccezione è costituita dagli effetti acustici di radiofrequenze pulsate, per le quali l'intervallo critico è compreso tra 300 MHz e 6 GHz.

Tra gli effetti considerati potenzialmente pericolosi per la salute, definiti dalla normativa attuale come **effetti sanitari**, si annoverano la fibrillazione ventricolare e altri tipi di aritmie, convulsioni, dolore, incoordinazione motoria, marcate alterazioni nell'acquisizione e nell'elaborazione della percezione, ipertermia generalizzata o d'organo. Gli effetti considerati invece fastidiosi, e definiti dalla Direttiva 2013/35/UE come **effetti sensoriali**, comprendono essenzialmente vertigini (in generale disturbi dell'organo dell'equilibrio), fosfeni, nausea, sapore metallico, eventuali piccole alterazioni percettive e cognitive (con influenza, ad esempio, sui tempi di reazione e sull'attenzione, dimostrabili mediante specifici test neurocomportamentali) ed effetti uditivi.

Questi effetti sono stati variabilmente descritti in volontari esposti sperimentalmente ai campi impiegati in risonanza e possono essere esperiti da individui esposti per ragioni professionali ai campi magnetici statici e ai gradienti di campo magnetico dei presidi di risonanza magnetica in ambito sanitario (Cosottini et al., 2014; Heinrich et al., 2014; Schaap et al., 2014; Zanotti et al., 2015; Schaap et al., 2016; Zanotti et al., 2016); alcuni degli effetti citati (in particolare fosfeni) possono essere indotti anche in lavoratori esposti a campi ELF di intensità significativa emessi da alcune sorgenti, soprattutto in ambito industriale. Gli effetti di natura sensoriale interessano generalmente solo un sottoinsieme di individui che condividono una determinata tipologia espositiva in un certo contesto occupazionale, essendo la suscettibilità individuale molto variabile; persistendo, poi, l'esposizione, l'evoluzione clinica della sintomatologia può variare nei diversi soggetti coinvolti da un aggravamento ad un'attenuazione, quest'ultima verosimilmente dovuta a meccanismi di adattamento individuale.

Sebbene non siano considerati pericolosi per la salute, gli effetti di natura sensoriale possono esserlo per la sicurezza propria e di terzi, potendo ad esempio determinare alterazioni dell'equilibrio (che possono essere critiche durante lo svolgimento di mansioni particolari), oppure riduzioni più o meno prolungate dei livelli di attenzione e quindi, laddove la mansione richiede un'elevata vigilanza, essere causa di incidenti e infortuni.

### 3.3 Razionale protezionistico per gli effetti diretti dei CEM: le linee guida ICNIRP

L'*International Commission on Non Ionizing Radiation Protection* (ICNIRP) è un'Organizzazione scientifica indipendente *non-profit* formata nel 1992 in occasione dello scioglimento dell'*International Non Ionizing Radiation Committee* (INIRC) dell'*International Radiation Protection Association* (IRPA). L'ICNIRP collabora con numerosi partner internazionali, per i quali rappresenta il riferimento privilegiato in materia di protezione dalle radiazioni non ionizzanti, in particolare con l'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO), l'Organizzazione Internazionale del Lavoro (ILO), la Commissione Internazionale per la Salute e Sicurezza sul Lavoro (ICOH), l'Associazione Internazionale per la Protezione Radiologica (IRPA). Costituisce inoltre il riferimento dell'Unione Europea per quanto riguarda l'emanazione di direttive e raccomandazioni rivolte alla tutela dei lavoratori o della popolazione generale in tema di radiazioni non ionizzanti. Peraltro, ad oggi sono numerosi i Paesi che hanno recepito le linee guida ICNIRP nella loro legislazione nazionale inerente la protezione dalle radiazioni non ionizzanti, in particolare per quanto riguarda i limiti di esposizione.

L'ICNIRP ritiene che, ai fini della protezione, debba essere preso in considerazione l'intero complesso delle conoscenze scientifiche relative a tutti i possibili effetti avversi per la salute, reali o potenziali, senza esclusioni a priori. La definizione di limiti numerici di esposizione può però basarsi solo su effetti accertati, nel senso scientifico del termine. L'evidenza scientifica mostra che, in tutti gli intervalli di frequenza dello spettro elettromagnetico, gli unici effetti accertati sono di tipo acuto. Effetti che siano stati semplicemente ipotizzati oppure suggeriti da studi preliminari o isolati o controversi sono infatti oggetto di valutazione scientifica da parte dell'ICNIRP, nell'ambito della discussione del razionale biologico svolta all'interno delle linee guida o in documenti distinti dalle linee guida, ma non entrano nel percorso volto alla individuazione di restrizioni all'esposizione per i lavoratori e per la popolazione generale.

Le linee guida ICNIRP, inoltre, non includono nel loro campo di applicazione effetti di natura indiretta (con l'eccezione delle correnti di contatto).

Il percorso di definizione dei limiti di esposizione prevede di individuare, in funzione delle frequenze e di altri parametri di campo coinvolti, i meccanismi d'azione fondamentali alla base di ciascun effetto accertato, la grandezza fisica critica e la soglia di insorgenza osservata nell'animale da esperimento (ma anche su volontari esposti per alcuni tipi di effetti considerati non pericolosi per la salute), avvalendosi inoltre dei risultati di valutazioni/

simulazioni dosimetriche. Si assume quindi come riferimento l'**effetto critico**, definito come quello che si manifesta alla più bassa soglia di esposizione. A tale soglia sono applicati dei *fattori di riduzione* in modo da tenere in debito conto gli aspetti legati all'incertezza di misura, all'estrapolazione dei dati dall'animale all'uomo, alle limitazioni dei modelli dosimetrici e alla variabilità individuale.

Il fattore di sicurezza utilizzato determina il valore della **restrizione di base** per la grandezza fisica critica ai fini dell'effetto considerato (**grandezza di base o dosimetrica**): la restrizione di base costituisce il vero valore limite di esposizione nella logica ICNIRP. Nella maggior parte dei casi l'ICNIRP stabilisce restrizioni di base per i campi elettromagnetici differenziate per i lavoratori esposti e per la popolazione generale. I lavoratori sono infatti considerati individui più omogenei dal punto di vista dello stato di salute e dell'età, generalmente consapevoli dell'esposizione e operanti in ambienti, e per periodi di tempo, controllati. All'opposto, la popolazione generale è caratterizzata da ampia variabilità in termini di età e stato di salute (includendo ad esempio individui in età infantile, anziani, ammalati etc.), gli individui sono poco consapevoli dell'esposizione e gli ambienti di vita sono generalmente non controllati, o meno controllati, rispetto ai contesti lavorativi. Le restrizioni di base previste per la popolazione generale sono quindi di regola sostanzialmente più cautelative rispetto a quelle per i lavoratori, assumendo valori fino a cinque volte inferiori.

Le grandezze di base, in relazione alle quali viene stabilito il vero limite di esposizione, sono tuttavia difficilmente valutabili nei contesti di vita e lavorativi, richiedendo in genere l'applicazione di modelli dosimetrici complessi, con simulazioni e misure spesso eseguibili solo in laboratori dedicati da parte di personale specialistico. Per questa ragione l'ICNIRP ha provveduto a fornire, parallelamente alle grandezze di base, **grandezze di riferimento o radiometriche**, rappresentate dai valori di campo direttamente misurabili nell'ambiente, la cui determinazione risulta pertanto più agevole.

Le grandezze di base sono correlate alle grandezze di riferimento e a queste ultime si applicano i **livelli di riferimento**. In questo contesto il significato dei livelli di riferimento non è quello di limite, ma unicamente di valore di campo ambientale al di sotto del quale viene garantito il rispetto della restrizione di base, ossia del vero limite di esposizione. Va peraltro evidenziato che un superamento dei livelli di riferimento non implica che la restrizione di base sia automaticamente superata, evento quest'ultimo che può aver luogo solo nelle condizioni peggiori di esposizione, per le quali è massimo l'accoppiamento elettromagnetico del campo con i tessuti dell'organismo. Su queste basi viene pertanto ammessa la possibilità di superamento dei

livelli di riferimento, purché si dimostri, con opportune valutazioni dosimetriche, che non sono superate le restrizioni di base e che sono esclusi effetti di tipo indiretto. Queste prove si rendono necessarie in varie situazioni specifiche, come ad esempio alcune condizioni di esposizione in prossimità della sorgente.

Le linee guida ICNIRP del 2009 e 2010 distinguono gli effetti sanitari dagli effetti di natura sensoriale, alcuni dei quali possono essere, come detto in precedenza, non solo fastidiosi ma a volte anche potenzialmente pericolosi per la sicurezza. Rispetto alle versioni precedenti, viene introdotta una maggiore flessibilità in relazione alla possibilità di superamento dei valori limite (restrizioni di base) di esposizione occupazionale, naturalmente se viene garantita la protezione del lavoratore da effetti avversi sulla salute e sulla sicurezza e in un quadro di adeguata formazione del medesimo. Il lavoratore deve essere, quindi, consapevole della possibilità di comparsa di effetti sensoriali e accettare, su base volontaria, la/le tipologie di esposizione che possono indurli. Uno dei contesti nei quali l'insorgenza di effetti sensoriali è più probabile è dato dalle mansioni in zona controllata nei presidi di risonanza magnetica delle strutture sanitarie, specialmente per le apparecchiature caratterizzate da un'induzione magnetica maggiore di 2 T. La Direttiva 2013/35/UE, recepita in Italia dal D.lgs. 159/2016 (che ha modificato il Capo IV del Titolo VIII del D.lgs. 81/2008), ha fatto proprio il quadro protezionistico più aggiornato dell'ICNIRP, anche se non ha potuto acquisire, per evidenti ragioni temporali, le indicazioni delle linee guida ICNIRP 2014 relative al movimento del corpo in un campo magnetico statico e, a maggior ragione, le recenti linee guida ICNIRP 2020 che aggiornano, relativamente alle radiofrequenze, le linee guida ICNIRP 1998.

La direttiva distingue tra valori limite di esposizione (corrispondenti alle restrizioni di base) per effetti sulla salute e valori limite di esposizione (sempre corrispondenti alle restrizioni di base) per effetti di natura sensoriale, affiancando loro i corrispondenti valori d'azione (che corrispondono concettualmente ai livelli di riferimento ICNIRP), distinti pertanto in valori superiori d'azione (prevenzione di effetti sulla salute) e valori inferiori d'azione (prevenzione di effetti sensoriali).

### **3.3.1 Limitazione dell'esposizione: campo magnetico statico**

Per quanto riguarda il campo magnetico statico la limitazione dell'esposizione non prevede distinzioni tra grandezze di base e di riferimento, ma è data unicamente in termini di valore di induzione magnetica, in quanto quest'ultima non viene perturbata dal corpo umano la cui permeabilità magnetica è uguale a quella dell'aria. Nelle precedenti linee guida (1994),

i limiti individuati erano molto cautelativi, introducendo per i lavoratori nel caso dell'esposizione a corpo intero un fattore di sicurezza pari a 10, applicato ad una soglia di effetto di 2 T, e prevedendo per la popolazione generale un'ulteriore riduzione di 5 volte. Si distingueva inoltre tra esposizione a corpo intero (ulteriormente distinta tra esposizione di picco ed esposizione in termini di media ponderata) ed esposizione dei soli arti, per la quale il limite veniva rilassato.

Nell'aggiornamento delle linee guida effettuato nel 2009 l'ICNIRP ha provveduto ad innalzare notevolmente (10 volte) i limiti per il campo magnetico statico, mantenendo comunque per la popolazione generale un limite 5 volte inferiore rispetto ai lavoratori, sulla base della considerazione che la soglia dei 2 T (nuovo limite per i lavoratori) è riferita ad effetti di natura sensoriale, quindi non potenzialmente pericolosi per la salute, e del fatto che nei 15 anni trascorsi dalla pubblicazione delle linee guida precedenti non sono emersi in letteratura elementi tali da giustificare non solo la riduzione ma anche il mantenimento dei precedenti limiti. Scompare inoltre l'esposizione intesa come media ponderata nel tempo e rimangono unicamente i valori di picco. Si prevede infine la possibilità, nell'ottica della flessibilità connessa alla gestione degli effetti sensoriali, di consentire in alcune condizioni un'esposizione a corpo intero fino a 8 T, valore oltre il quale vi è ancora grande incertezza conoscitiva, ma il superamento del quale rende più concreta la possibilità di effetti di stimolazione potenzialmente pericolosi per la salute.

### **3.3.2 Limitazione dell'esposizione: campi elettrici e magnetici ELF e IF (effetti di stimolazione)**

La limitazione dell'esposizione è finalizzata a prevenire la stimolazione dei tessuti eccitabili, evitando non solo effetti potenzialmente pericolosi, ma anche soltanto fastidiosi. Rispetto alla parte relativa alle basse frequenze delle precedenti linee guida ICNIRP (1998), nelle quali la grandezza di base e le relative restrizioni erano date in termini di densità di corrente indotta, le attuali linee guida (2010) assumono come grandezza di base il campo elettrico interno ( $E_i$ ), che, come già detto, risulta più aderente al comportamento bioelettrico dei tessuti e può essere direttamente correlato (anche se il tramite è sempre rappresentato dalla generazione di una corrente) agli effetti da prevenire. Le restrizioni di base per  $E_i$ , distinte per i lavoratori e per la popolazione generale, sono date per singoli intervalli di frequenza, distinguendo tra sistema nervoso centrale da un lato (dove le soglie sono generalmente inferiori) e tutti gli altri tessuti eccitabili della testa e del corpo dall'altro (sistema nervoso periferico, sistema muscolare scheletrico e cardiaco).

Le grandezze di riferimento sono rappresentate dall'*intensità di campo elettrico* e dall'*intensità di campo magnetico* (quest'ultima esprimibile anche in termini di induzione magnetica). I valori sono intesi come valori efficaci (o *rms, root mean square*), ossia come valore quadratico medio delle tre componenti vettoriali del campo.

Per l'intervallo di frequenze compreso tra 100 kHz e 10 MHz è necessario considerare anche le restrizioni di base ed i livelli di riferimento relativi alle radiofrequenze (riportati nelle linee guida del 1998 e, per inciso, mantenuti inalterati nell'aggiornamento del 2020 relativo alle radiofrequenze), poiché inizia ad assumere importanza anche l'effetto termico.

### **3.3.3 Limitazione dell'esposizione: movimento nel campo magnetico statico ed esposizione a campi magnetici variabili nel tempo con frequenze inferiori a 1 Hz**

Nonostante i contenuti delle linee guida ICNIRP, emanate nel 2014 e relative sia al movimento all'interno di un campo magnetico statico che all'esposizione a campi magnetici variabili ( $f < 1 \text{ Hz}$ ), non potessero essere inclusi, per motivi cronologici, nella Direttiva 2013/35/UE, è nondimeno opportuno sintetizzarli brevemente e riportare i limiti di esposizione proposti, data la rilevanza per alcune categorie di lavoratori, in particolare nel settore della Risonanza Magnetica. La finalità delle linee guida ICNIRP 2014 è la protezione dei lavoratori che si muovono in un campo magnetico statico o che sono esposti ad un campo magnetico variabile con frequenza  $< 1 \text{ Hz}$ . Esse riguardano la protezione dagli effetti sia di natura sanitaria (sul sistema nervoso periferico) che di tipo sensoriale (sul sistema nervoso centrale). Il campo di applicazione delle linee guida esclude la popolazione generale, dato che gli effetti considerati assumono rilevanza unicamente in contesti lavorativi, e la prevenzione di effetti indiretti (interferenza con dispositivi medici impiantabili o indossabili attivi e con impianti di tipo passivo).

Seguendo l'impostazione generale delle linee guida ICNIRP per i campi variabili nel tempo vengono definite restrizioni di base e livelli di riferimento, in questo caso anche applicati per esposizione al campo magnetico statico. Per la prevenzione dell'effetto vertigine vengono definite delle restrizioni di base direttamente su grandezze misurabili, ovvero sulla variazione ( $\Delta B$ ) dell'induzione magnetica su ogni periodo di 3 s per esposizione al campo magnetico statico, e sul campo magnetico ( $B$ , picco-picco) per esposizione ai campi variabili con frequenza  $< 1 \text{ Hz}$ . In relazione alla prevenzione sia dei magnetofosfeni sia della stimolazione delle fibre nervose periferiche, la grandezza di base individuata è il campo elettrico interno ( $E$ ) inteso come valore di picco. Per gli effetti sul sistema nervoso periferico e sul sistema

nervoso centrale sono definiti, separatamente, i livelli di riferimento sulla base della derivata temporale dell'induzione magnetica ( $\text{dB}/\text{dt}$ , valore di picco).

L'ICNIRP distingue tra condizioni di esposizione controllate (l'accesso all'area di lavoro è riservato a lavoratori consapevoli e addestrati al controllo dei movimenti al fine di prevenire effetti disturbanti di tipo sensoriale) e condizioni di esposizione non controllate (ogni altra situazione di esposizione lavorativa, nelle quali il lavoratore non dovrebbe mettere in atto misure di protezione in quanto non si prevede il verificarsi di alcun effetto).

Nel caso di esposizione al campo magnetico statico le linee guida ribadiscono che la possibilità di esporre lavoratori nell'intervallo  $2\text{T} - 8\text{T}$  dipende, in modo critico, dalle misure messe in atto per controllare la velocità e l'accelerazione dei movimenti, facenti parte delle procedure atte ad evitare un aumento del rischio infortunistico dovuto a sintomi transitori o del rischio per la salute e la sicurezza di terzi: già nelle linee guida ICNIRP 2009 è citato l'esempio del chirurgo che opera in prossimità di una risonanza magnetica aperta, allo scopo di sottolineare le conseguenze potenzialmente gravi dovute a sintomi transitori. Le linee guida ICNIRP 2014 sottolineano inoltre che l'insorgenza e l'entità dei sintomi associati al movimento, soprattutto la sintomatologia vertiginosa, dipendono criticamente da fattori individuali, da tenere pertanto nel dovuto conto prima di adibire il lavoratore a determinate mansioni.

### **3.3.4 Limitazione dell'esposizione: frequenze superiori a 100 kHz (effetti termici)**

Le linee guida ICNIRP del 1998 sono state aggiornate per la parte relativa alle frequenze superiori ai 100 kHz con la pubblicazione, molto recente, delle linee guida ICNIRP 2020. Il razionale di queste ultime è più dettagliato rispetto alle linee guida precedenti, soprattutto per quanto riguarda le basi biologiche, la termofisiologia e i fattori di riduzione per la fissazione delle restrizioni di base.

Degno di menzione è anche il fatto che il feto viene esplicitamente equiparato a membro della popolazione generale e che si prevede per la lavoratrice gestante l'applicazione delle restrizioni di base previste per la popolazione generale (come del resto già previsto dalle linee guida ICNIRP del 2010 in relazione alle basse frequenze).

Nonostante la notevole distanza temporale l'impianto protezionistico è rimasto fondamentalmente lo stesso, così come la principale grandezza di base (il SAR), che, in termini di restrizioni, ha mantenuto gli stessi valori fissati dalle linee guida del 1998.

Tuttavia, rispetto a queste ultime sono state introdotte modifiche di un certo rilievo, soprattutto per quanto riguarda gli intervalli di frequenza che comportano un assorbimento di energia unicamente a livello dei tessuti più superficiali (cute e cornea) e in particolare su brevi intervalli di tempo, anche per esposizioni molto focalizzate. Questi aggiornamenti sono stati apportati sia in relazione all'evoluzione dello stato delle conoscenze sia per tener conto della rapida implementazione dei nuovi protocolli di comunicazione, in particolare dello standard 5G.

I limiti di esposizione e i valori d'azione stabiliti dalla direttiva 2013/35/UE e recepiti nel Capo IV del Titolo VIII del D.lgs. 81/2008 (allegato XXXVI), che hanno valore cogente, per le radiofrequenze si ispirano alle restrizioni di base e ai livelli di riferimento delle linee guida ICNIRP 1998. Le nuove linee guida ICNIRP 2020 sono qui menzionate sia per completezza sia quale riferimento scientifico aggiornato, che è opportuno non sia ignorato dagli operatori della prevenzione, anche in previsioni di futuri adeguamenti dei contenuti della direttiva 2013/35/UE al progresso tecnico.

Nel seguito del paragrafo si farà quindi riferimento primario alle linee guida del 1998, segnalando di volta in volta solo le principali modifiche introdotte dalle linee guida ICNIRP 2020.

Nel caso delle radiofrequenze l'individuazione della grandezza di base dipende, come in precedenza osservato, dall'intervallo di frequenze considerato. Nell'intervallo tra 100 kHz e 10 GHz (6 GHz per l'aggiornamento 2020 delle linee guida ICNIRP) questa è data dal SAR, considerato che le distribuzioni di penetrazione e deposizione dell'energia radiante interessano tessuti situati anche in profondità nel corpo: risulta pertanto cruciale la quantità di energia assorbita per unità di massa e di tempo. Il razionale protezionistico consiste anzitutto nel fissare una restrizione di base per il SAR mediata sull'intero corpo, differenziata per i lavoratori e per la popolazione generale, corrispondente, nel caso dei lavoratori, alla quantità di energia elettromagnetica in grado di incrementare di circa 0,1°C la temperatura corporea profonda. Parallelamente al SAR medio a corpo intero, sono individuate restrizioni al SAR locale, allo scopo di proteggere singole parti del corpo dagli effetti dell'aumento di temperatura, soprattutto nel caso di esposizioni localizzate o che interessano in modo preponderante singoli distretti corporei. In quest'ultimo caso il presupposto è contenere l'incremento di temperatura entro livelli non lesivi, individuando per i lavoratori questo incremento in circa 2°C per quanto riguarda le regioni del tronco e della testa e in circa 4°C per quanto concerne gli arti. La Tabella 3 riassume le restrizioni di base per il SAR.

**Tabella 3: Restrizioni di base per il SAR (W/kg)\*.**

SAR	Lavoratori	Popolazione generale
Medio (corpo intero)	0,4	0,08
Locale** (testa e tronco)	10	2
Locale** (arti)	20	4

\* I valori sono mediati su qualunque intervallo di 6 minuti nelle linee guida ICNIRP 1998 e su 30 minuti dall'aggiornamento ICNIRP 2020.

\*\* Mediato non più su 10 g di tessuto contiguo (ICNIRP, 1998), ma su 10 g di massa cubica di tessuto (ICNIRP, 2020).

La ponderazione delle restrizioni di base su un periodo di tempo pari a 6 minuti (portato a 30 minuti nella revisione delle linee guida ICNIRP 2020, in base all'aggiornamento delle conoscenze nel campo della termofisiologia) è motivata dalla necessità di tener conto dell'attivazione di tutti i meccanismi termoregolatori dell'organismo, in modo da considerare, ai fini dell'effettivo aumento di temperatura, il raggiungimento della situazione di equilibrio tra produzione e dispersione del calore. Il riferimento all'unità di massa, pari a 10 g per il SAR locale, tiene conto dell'eterogeneità dei tessuti che possono essere presenti nei diversi distretti corporei, ma mentre nelle linee guida del 1998 tale riferimento era per 10 g di tessuto contiguo, nell'aggiornamento del 2020 si specifica che i 10 g devono essere intesi come massa tissutale di forma cubica. Questo affinamento tiene conto dell'evoluzione della modellizzazione nel settore del bioelettromagnetismo.

La grandezza SA, utilizzata nelle linee guida ICNIRP 1998 per limitare l'esposizione a RF impulsate allo scopo di prevenire effetti di tipo acustico nell'intervallo 3 MHz – 10 GHz (fissando le restrizioni a 10 mJ/kg per i lavoratori e a 2 mJ/kg in relazione alla popolazione generale, mediati su 10 g di tessuto), viene impiegata dalle linee guida ICNIRP 2020 per limitare l'assorbimento locale di energia da parte di tutti i tessuti in relazione a tempi di esposizione brevi (< 6 min.) nell'intervallo 400 MHz – 6 GHz. Per gli effetti di natura acustica, considerati puramente sensoriali e privi di conseguenze sulla salute, non sono più previste restrizioni.

Per l'intervallo compreso tra 10 GHz e 300 GHz l'assorbimento sempre più superficiale dell'energia elettromagnetica fa perdere di significato al SAR come grandezza di base. Nelle linee guida ICNIRP 1998 il parametro rilevante in tale intervallo spettrale ai fini dell'induzione di effetti di riscaldamento veniva individuato nella quantità di energia che incide sulla cute per unità di superficie e di tempo, ossia nella densità di potenza elettroma-

gnetica (in  $\text{W/m}^2$ ), con restrizioni di base pari a  $50 \text{ W/m}^2$  per i lavoratori e a  $10 \text{ W/m}^2$  per la popolazione generale, mediate su ogni area pari a  $20 \text{ cm}^2$  di superficie cutanea esposta e su un periodo di tempo pari a  $68/\text{f}^{1.05}$  minuti (f espressa in GHz). Si prevedeva inoltre che la densità di potenza massima incidente sulla cute e sulla cornea non potesse superare di oltre 20 volte i valori stabiliti rispettivamente per i lavoratori e per la popolazione generale, ma in questo caso con valore mediato su  $1 \text{ cm}^2$ , in modo da consentire una dispersione spaziale del calore proporzionalmente più rapida.

Le linee guida ICNIRP 2020 hanno affinato, come detto, le indicazioni protezionistiche per l'intervallo dell'assorbimento superficiale, ridefinito nell'intervallo 6 – 300 GHz. Senza entrare nei dettagli, ci si limita a menzionare che è stata introdotta quale grandezza di base, al posto della densità di potenza, la *densità di potenza assorbita* (per esposizioni superiori ai 6 minuti), affiancandola ad un'altra grandezza di base, ossia la *densità di energia assorbita*, sempre tra 6 e 300 GHz, ma in relazione ad intervalli espositivi brevi (inferiori a 6 minuti). Le restrizioni stabilite per queste grandezze sono mediate non più su 20 ma su  $4 \text{ cm}^2$  di superficie cutanea esposta, mentre ulteriori restrizioni alle medesime grandezze sono stabilite per tener conto di esposizioni molto localizzate per frequenze superiori a 30 GHz, mediate però questa volta su  $1 \text{ cm}^2$  di area superficiale.

Le grandezze di riferimento per le radiofrequenze riportate nelle linee guida ICNIRP 1998 erano rappresentate da: *intensità di campo elettrico*, *intensità di campo magnetico*, *densità di potenza elettromagnetica dell'onda piana equivalente* e *corrente indotta negli arti*, alle quali erano associati i rispettivi livelli di riferimento. Tra queste, la densità di potenza elettromagnetica, utilizzabile quale unica grandezza di riferimento per le condizioni di esposizione in campo lontano fino alla frequenza di 10 GHz, per frequenze superiori e fino a 300 GHz rappresentava sia la grandezza di base sia la grandezza di riferimento.

L'aggiornamento 2020 delle linee guida ha anche in questo caso introdotto modifiche di una certa rilevanza. A parte una rimodulazione degli intervalli spettrali considerati, le grandezze intensità del campo elettrico e intensità del campo magnetico sono date unicamente fino alla frequenza di 2 GHz sia per esposizioni a corpo intero (mediate su 30 minuti) che per esposizioni locali (mediate su 6 minuti), mentre per frequenze superiori a 2 GHz si considera quale unica grandezza di riferimento la *densità di potenza incidente*, sempre per esposizioni sia a corpo intero sia locali. Inoltre, per esposizioni locali su brevi intervalli (inferiori a 6 minuti) l'unica grandezza di riferimento riconosciuta, applicabile per tutte le frequenze superiori a 400 MHz, è la *densità di energia incidente*. In relazione ai livelli di riferimento le

linee guida 2020 forniscono inoltre, a differenza delle linee guida del 1998, specifiche per esposizioni in campo vicino reattivo, campo vicino radiativo e campo lontano.

I livelli di riferimento garantiscono il rispetto delle restrizioni di base nella maggior parte degli scenari espositivi. Tuttavia in alcuni casi, quando il corpo umano è elettricamente collegato a terra e per frequenze vicine a quelle di risonanza del corpo stesso, possono esserci superamenti delle restrizioni di base sul SAR localizzato negli arti. Per questo motivo le linee guida ICNIRP del 1998 avevano stabilito livelli di riferimento anche sulle correnti indotte negli arti dall'esposizione a campi a frequenze tra 10 e 110 MHz, pari rispettivamente a 100 mA per i lavoratori e a 45 mA per la popolazione generale, anch'essi da mediare su 6 minuti. Le linee guida ICNIRP 2020 hanno mantenuto inalterati questi livelli di riferimento, apportando unicamente piccole modifiche nelle specifiche in nota.

Va segnalato infine che nell'aggiornamento 2020 delle linee guida ICNIRP del 1998 non sono più previsti, a differenza che in precedenza, livelli di riferimento per le correnti da contatto, in relazione alle quali si forniscono unicamente indicazioni generali di protezione.

### **3.3.5 Condizioni patologiche e para-fisiologiche che possono comportare la presenza di sintomi/effetti simili a quelli che possono essere indotti da esposizioni a CEM**

Come descritto in precedenza, gli effetti diretti attribuiti ai CEM alle basse frequenze sono essenzialmente riconducibili alla stimolazione di strutture nervose, in particolare di quelle a funzione sensoriale, e muscolari. Alle frequenze elevate gli effetti sono invece riferibili al riscaldamento di organi e tessuti. Esistono varie condizioni patologiche e para-fisiologiche che possono presentarsi con quadri sintomatologici comuni a quelli osservabili in condizioni di esposizione a CEM, descritte brevemente di seguito e dettagliate nelle specifiche Raccomandazioni contenute nel presente documento.

Tra gli effetti dei CEM connessi alla stimolazione di strutture nervose a funzione sensoriale a livello del cranio, si considerano in prima istanza quelli che consistono principalmente in sensazioni di natura sgradevole o fastidiosa, per i quali non è al momento riconosciuta una potenzialità di danno alla salute. Con l'esclusione degli effetti acustici legati all'esposizione a radiofrequenze pulsate, l'intervallo di frequenze nel quale possono avere luogo effetti sensoriali è compreso tra 0 e 400 Hz, estendendosi pertanto dai campi statici alle frequenze estremamente basse (ELF).

Numerosissimi stati fisiologici e/o condizioni di natura patologica includono nella sintomatologia, o presentano come tratto dominante, uno o

più sintomi inclusi tra quelli associati alla esposizione a CEM. Per quanto riguarda sintomi quali nausea, stato generale di malessere, mal di testa, difficoltà di attenzione, sonnolenza, o quadri di manifestazioni cutanee, la loro aspecificità e la mancanza di dati consolidati in termini di correlazione dose-risposta non permettono un'analisi dettagliata ai fini della loro gestione in termini idoneativi. Devono in ogni caso essere oggetto di rilievo anamnestico e di adeguato inquadramento per quanto riguarda la valutazione dello stato di salute del lavoratore da parte del Medico Competente.

Specifici effetti sensoriali, espressamente citati nel Capo IV del Titolo VIII del D.lgs. 81/2008, sono invece le **vertigini** (e, più in generale, sensazioni di instabilità) ed i **fosfeni**.

Per quanto riguarda la **vertigine e l'instabilità**, vanno certamente tenuti in considerazione la complessità dei possibili meccanismi in gioco, la grande variabilità in tipologia, estensione e durata dei movimenti della testa e del corpo all'interno del campo statico generato dalle apparecchiature per la risonanza magnetica, la potenziale rilevanza dell'effetto ai fini della sicurezza, la notevole variabilità individuale per quanto riguarda la probabilità di insorgenza e l'intensità della sintomatologia.

Esistono inoltre condizioni individuali di natura patologica che includono una sintomatologia vertiginosa o comportano sensazioni di instabilità. È inoltre opportuno ricordare anche che esistono trattamenti farmacologici o esposizioni ad agenti tossici in atto che, se da un lato potrebbero teoricamente aggravare, in termini di intensità o frequenza, l'effetto potenzialmente indotto dai CEM (campi magnetici statici e gradienti di campo magnetico in RM), dall'altro rappresentano sicuri confondenti dei quali è necessario tenere conto nella diagnosi differenziale di disturbi vertiginosi e/o di instabilità riferiti anamnesticamente dai lavoratori addetti alle RM. Nelle Raccomandazioni (7.4a e 7.4b) fornite nel documento è riportato un elenco non esaustivo di tali condizioni (modificato da: Ciuman, 2013; Spiegel et al., 2017; Alyono, 2018; Girasoli et al., 2018).

Altri confondenti da considerare in caso di riferite vertigini e/o instabilità sono rappresentati da: disturbi somatoformi o fobici, utilizzo di lenti bifocali o multifocali, specie in caso di recente introduzione o variazione, cataratta.

È molto difficile quantificare la prevalenza della sintomatologia vertiginosa non occasionale nella popolazione generale, data la molteplicità di condizioni che possono comprendere tale sintomatologia. A fronte di una bassa, o relativamente bassa, prevalenza di disturbi specifici che includono la vertigine tra i sintomi (ad esempio la malattia di Meniere ha una prevalenza stimata di 200-500 per 100.000 nella popolazione generale

- Gurkov et al., 2016, mentre l'ipofunzione vestibolare bilaterale, che può riconoscere cause genetiche, autoimmuni, metaboliche, tossiche, vascolari, neoplastiche, traumatiche etc., ha una prevalenza stimata di poche decine di casi per 100.000 – Lucieer et al., 2016), si ha nell'insieme un'elevata prevalenza di sintomatologia vertiginosa/sensazione di instabilità nella popolazione generale. A titolo di esempio si può riportare una stima che indica complessivamente nel 10% della popolazione generale la prevalenza della vertigine (Lempert et al., 2009). La sola vertigine parossistica posizionale benigna, la cui causa secondo la teoria prevalentemente accettata è dovuta al distacco di otoliti dall'utricolo e alla loro caduta nei canali semicircolari, può interessare il 2–3% degli individui nel corso della propria vita, con prevalenza di comorbidità associata nella popolazione femminile (si veda ad esempio Ogun et al., 2014). La sintomatologia vertiginosa è anche frequentemente in comorbidità con l'emicrania (fino a oltre il 3% della popolazione secondo stime riferite da Lempert et al., 2009). Molte delle condizioni predisponenti all'insorgenza di sintomatologia vertiginosa sono di natura congenita, vascolare, traumatica, tumorale o neurodegenerativa, e sono sufficientemente gravi da prefigurare permanentemente, o temporaneamente, condizioni di salute incompatibili con l'attività lavorativa. Condizioni di origine infettiva dell'orecchio interno, ad esempio labirintiti, che possono indurre, tra l'altro, vertigine e instabilità, possono prefigurare, in assenza di sequele, sintomatologie solo temporanee.

Un aspetto che deve essere sottolineato è anche quello dell'utilizzo di vari farmaci (quali ad esempio antipertensivi, farmaci con azione sul sistema nervoso centrale, farmaci con possibili effetti ototossici, farmaci ad azione antiaritmica, psicoattiva e altri – si veda Raccomandazione 7.4b) da parte del lavoratore, che possono determinare instabilità o vertigini in funzione del dosaggio, di caratteristiche individuali e dello stile di vita, e che devono pertanto essere attentamente considerati nella valutazione etiologica complessiva in caso di insorgenza di tali disturbi in lavoratori addetti alla RM.

Altre condizioni con sintomatologia vertiginosa possono essere legate a intossicazioni da abuso di sostanze (es: alcool) o da inquinanti occupazionali (es: stirene), a disturbi della sfera psichica, oppure ancora a piccoli traumi o a disturbi circolatori di entità contenuta.

Vi è poi una sintomatologia vertiginosa legata a problemi pressori, certamente di maggior diffusione rispetto a quella dovuta ad altre condizioni. In questo caso il trattamento efficace della condizione di base risolve anche il sintomo vertiginoso o l'instabilità.

In generale è opportuno ricordare che, a prescindere dalla frequenza delle manifestazioni, la prevalenza della vertigine e, più in generale, della sensazione di instabilità tende ad aumentare con l'età (già dopo i 50 anni), in parte per il deteriorarsi progressivo del circolo cerebrale posteriore, e che questo aspetto va tenuto sempre presente, anche alla luce dell'aumento progressivo dell'età media dei lavoratori in ambito sanitario.

Per quanto concerne i **fosfeni**, essi possono originare da condizioni che comportano distacco retinico imminente (ad iniziare da quelle di origine traumatica e includendo quelle di origine metabolica), oppure in caso di esposizione ad alte dosi di radiazioni ionizzanti, specie a livello cranico; o ancora in caso di prolungata deprivazione sensoriale visiva, di neuropatie ottiche e di alterazioni dell'eccitabilità della corteccia visiva (per patologie del sistema nervoso centrale, assunzione di sostanze d'abuso, forti stress emotivi etc., si veda al riguardo la Raccomandazione 7.4c). La gravità di tutte queste condizioni pone però certamente ben altri problemi in termini generali di idoneità al lavoro, temporaneamente o permanentemente compromessa, non costituendo una condizione di particolare suscettibilità per il rischio di comparsa di fosfeni. L'induzione di fosfeni è anche annoverata tra gli effetti indesiderati di alcuni farmaci (si veda ad esempio Cervetto et al., 2007), tra i quali alcuni antiaritmici (ad esempio ivabradina), suggerendo in questo caso attenzione per lavoratori sotto trattamento farmacologico esposti alle emissioni di alcune tipologie di sorgenti di campi in bassa frequenza.

Diverse altre condizioni patologiche e para-fisiologiche possono determinare alterazioni a carico di organi e tessuti elettricamente stimolabili simili a quelle osservabili in caso di esposizione a CEM di elevata intensità, meritevoli quindi di approfondimento da parte del Medico Competente.

Ci si riferisce in particolare ai possibili effetti sul sistema cardiovascolare (es. aumenti entro i limiti fisiologici della pressione arteriosa e della frequenza cardiaca) e sul sistema nervoso (es. alterazioni EEG minori sia durante il sonno che la veglia). Considerando ciò, nonostante le limitazioni presenti nelle metodologie di indagine, in via precauzionale è da ritenersi che soggetti che presentino un'anamnesi positiva per epilessia con crisi di piccolo o grande male nell'ultimo anno con incompleto controllo farmacologico, e soggetti con patologia cardiaca aritmica e/o su base ischemica, anche in questo caso non adeguatamente compensata e controllata a livello terapeutico, siano da considerare con particolare riguardo da parte del Medico Competente in relazione al rischio da esposizione a CEM (si veda la Raccomandazione 7.4d).

### 3.3.6 Esposizione a CEM e gravidanza

La gravidanza viene usualmente considerata tra le condizioni che conferiscono un'aumentata suscettibilità al rischio da esposizione a CEM per tutte le frequenze (si veda la Raccomandazione 7.3c).

Sia la donna in gravidanza, sia il prodotto del concepimento sono ritenuti particolarmente vulnerabili a numerosi fattori di rischio di natura fisica, chimica e biologica. Tale suscettibilità si è tradotta, in termini normativi, nella Direttiva 92/85/CEE e, nel nostro Paese, nel D.lgs. 151/2001, che vieta automaticamente l'adibizione della gestante ad alcune lavorazioni ed esposizioni, mentre, per altri fattori di rischio, è prevista una valutazione particolarmente approfondita che tenga conto dello stato di maggior sensibilità della gestante. Tra questi ultimi, riportati nell'allegato C del D.lgs. 151/2001, sono comprese le radiazioni non ionizzanti.

Tale impostazione trova riscontro anche nel D.lgs. 81/2008 (artt. 183 e 210), dove la donna in gravidanza rientra espressamente tra i lavoratori da considerare come particolarmente sensibili ai rischi connessi agli effetti diretti dei campi elettromagnetici. Per questa categoria di soggetti, quindi, il rispetto dei VLE previsti dal D.lgs. 81/2008 può non essere sufficiente a prevenire i rischi per la salute connessi alle esposizioni a campi elettromagnetici.

Di conseguenza, per la tutela particolare della lavoratrice gestante si potrà fare riferimento a limiti più bassi, in particolare ai più aggiornati limiti di esposizione per la popolazione generale fissati dagli organismi tecnico-scientifici più accreditati, che permettono di garantire condizioni di esposizione maggiormente cautelative rispetto ai limiti per i lavoratori.

Il gruppo di lavoro per il Coordinamento Tecnico Interregionale, nel proprio documento dedicato ai CEM (Coordinamento Tecnico, 2019), riconosce la donna in gravidanza, esposta per motivi professionali, come soggetto particolarmente sensibile ai rischi connessi agli effetti diretti dei CEM, sia per le particolari condizioni fisiologiche sia per la presenza del feto/embrione, e, partendo dall'assunto che il rispetto dei limiti per i lavoratori può non essere sufficiente, conclude che: "... *la tutela particolare della donna in gravidanza, ma anche di altri soggetti particolarmente suscettibili agli effetti diretti dei campi elettromagnetici, può essere attuata tenendo conto dei limiti di esposizione per la popolazione fissati dalla Raccomandazione Europea 1999/519/CE o, in alternativa, dei valori limite di esposizione fissati da ICNIRP 2009 per il campo magnetico statico e da ICNIRP 2010 per gli effetti non termici dei campi elettrici e magnetici variabili nel tempo, che rappresentano il riferimento scientifico più aggiornato*".

Si ritiene tale posizione pienamente condivisibile e, pertanto, ai citati limiti si farà riferimento nel capitolo dedicato al giudizio di idoneità. È op-

portuno aggiungere che il recente aggiornamento delle linee guida ICNIRP del 1998 per la parte relativa alle radiofrequenze, disponibile come linee guida ICNIRP 2020 e quindi successivo alla pubblicazione del Documento del Coordinamento Tecnico Interregionale, rappresenta il riferimento scientifico più aggiornato per questa parte dello spettro. È necessario sottolineare che l'approccio proposto in questo documento AIRM per la tutela della lavoratrice in gravidanza è teso a garantire il rispetto dei limiti di base per la popolazione (espressi mediante quantità dosimetriche) nella regione addominale della donna e, non necessariamente, in tutti gli altri distretti corporei.

Quindi, ogni volta che nelle indicazioni idoneative di cui alla Raccomandazione 7.10 viene indicato per la lavoratrice in gravidanza: "*Idonea se rispettati i limiti ICNIRP per la popolazione*", si deve tener conto di questa impostazione.

Come per ogni atto idoneativo, è necessario tenere presente la discrezionalità valutativa del Medico Competente che, in base alle caratteristiche espositive (tipologia, intensità, durata, e localizzazione sul corpo o parti di esso dell'esposizione a CEM), allo stato psico-fisico della lavoratrice ed al decorso della gravidanza, può modificare tale impostazione generale e di esprimere un giudizio individuale diverso, come indicato anche nel citato documento del gruppo di lavoro per il Coordinamento Tecnico Interregionale. In questi casi è possibile far riferimento a quanto previsto dal D.lgs. 151/2001 e successive modifiche.

### **3.4 Effetti di tipo indiretto**

Gli effetti indiretti attribuiti ai CEM, di interesse per la sorveglianza sanitaria, sono riconducibili a:

- a) interferenza con il funzionamento di dispositivi medici impiantabili attivi (DMIA) o indossabili attivi;
- b) interazione con impianti di tipo passivo o con inclusi di natura ferromagnetica e in generale metallica;
- c) correnti di contatto.

Lo stato di portatore di un DMIA, di un dispositivo indossabile attivo, di un impianto passivo o di un incluso ferromagnetico o metallico può rappresentare per il lavoratore una condizione di particolare sensibilità al rischio da CEM (si vedano al riguardo anche le Raccomandazioni 7.3a e 7.3b).

#### **3.4.1 Dispositivi medici impiantabili attivi (DMIA)**

Per dispositivo medico impiantabile attivo (DMIA) si intende: "Qualsiasi dispositivo medico attivo destinato a essere impiantato interamente o parzialmente mediante intervento chirurgico o medico nel corpo umano, o

*mediante intervento medico in un orifizio naturale, e destinato a restarvi dopo l'intervento*" (definizione introdotta dalla Direttiva 90/385/CEE per il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati Membri relative ai dispositivi medici impiantabili attivi).

Si tratta di apparecchiature con componenti elettriche e/o elettroniche alimentate da una propria batteria e finalizzate, una volta impiantate o inserite in una cavità naturale del corpo e collegate all'organo o al tessuto bersaglio, a supportare o a supplire una o più funzioni fisiologiche.

Nell'insieme i DMIA rientrano nella vastissima categoria delle apparecchiature elettromedicali. Tutti i DMIA immessi sul mercato o comunque messi in servizio nell'Unione Europea devono rispettare i requisiti essenziali previsti da norme comunitarie.

In particolare tutti i DMIA immessi sul mercato dopo il primo gennaio 1995 hanno dovuto rispettare i requisiti essenziali della Direttiva 90/385/CEE. A partire dal 2007 tale direttiva, unitamente a quella sui dispositivi medici (93/42/CEE), è stata integrata all'interno di una unica direttiva, la 2007/47/CE. Nel 2017 è stato pubblicato il Nuovo Regolamento Dispositivi Medici (MDR) 2017/745 del Parlamento e del Consiglio Europeo del 5 aprile 2017, che si applica a partire dal 26 maggio 2020 e che abroga le precedenti disposizioni comunitarie. Pertanto, dal maggio 2020 tutti i nuovi dispositivi medici devono soddisfare i requisiti fissati da questo nuovo regolamento. Tali requisiti essenziali, indicati nelle direttive prima e nel regolamento poi, sono volutamente di carattere generale, in modo da garantirne l'applicabilità e validità su tempi lunghi.

In particolare al Capo II dell'Allegato I (*Requisiti relativi alla progettazione e alla fabbricazione*) del Nuovo Regolamento, tra i requisiti essenziali, è indicata la necessità di eliminare o ridurre per quanto possibile i "rischi ragionevolmente prevedibili connessi a influenze esterne o a condizioni ambientali, quali campi magnetici, effetti elettrici ed elettromagnetici esterni, scariche elettrostatiche, radiazioni collegate a procedure diagnostiche o terapeutiche, pressione, umidità, temperatura, variazioni di pressione e di accelerazione o interferenze del segnale radio".

Questo requisito implica la necessità di prevenire possibili effetti di interferenza (EMI -dall'inglese *electromagnetic interference*) causati da campi elettromagnetici a cui il dispositivo può essere esposto, di interesse anche in ambito occupazionale ai fini della valutazione del rischio di lavoratori portatori di DMIA.

I fenomeni di EMI rientrano nella vasta tematica della compatibilità elettromagnetica (EMC, *Electromagnetic Compatibility*), disciplina che regola la coesistenza di apparati elettrici o elettronici. Al riguardo, per "immunità"

si intende la capacità di un dispositivo di funzionare secondo i requisiti di progettazione e fabbricazione anche in presenza di disturbi elettromagnetici esterni. Viceversa, la "suscettività" rappresenta l'incapacità di un oggetto di funzionare senza degradazione in presenza di un disturbo elettromagnetico.

Il fenomeno dell'interferenza elettromagnetica con dispositivi medici impiantabili attivi può comportare, a seconda del tipo di dispositivo, delle impostazioni di funzionamento e della tipologia di segnale di campo elettromagnetico esterno quali:

1. alterazioni transitorie del suo funzionamento, ovvero malfunzionamento per inibizione dei segnali prodotti dal dispositivo o generazione di segnali spuri (con insufficiente o assente stimolazione del tessuto bersaglio o, al contrario, con stimolazione eccessiva o inappropriata, potenzialmente pericolosa per la salute);
2. riprogrammazione o rottura del dispositivo (nei casi più gravi).

I fabbricanti dei dispositivi medici, in applicazione dei requisiti essenziali delle direttive sui DMIA e, a partire da maggio 2020, del Regolamento 2017/745, devono riferirsi a specifiche norme tecniche che, pur non vincolanti, se seguite in fase di progettazione e realizzazione del dispositivo, ne garantiscono la presunzione di conformità (norme tecniche armonizzate).

In Europa tali norme sono pubblicate dal CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization) e in Italia recepite dal CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano). Nel caso dei DMIA le norme di riferimento sono la EN45502-1 (norma orizzontale, valida per tutti) e la serie EN45502-2-X di norme particolari, specifiche per le varie tipologie di DMIA (45502-2-1 per i pacemaker; 45502-2-2, per i defibrillatori; 45503-2-3 per gli impianti co-cleari). Per completezza si evidenzia che anche l'ISO (International Organization for Standardization) ha pubblicato, in relazione ai DMIA, due norme tecniche: ISO 14708-3 per i neurostimolatori impiantabili; ISO 14708-4 per le pompe di infusione impiantabili).

Le norme CENELEC ricavano i requisiti di immunità elettromagnetica dai livelli di riferimento indicati nella Raccomandazione 1999/519/CE per la protezione della popolazione (intesi come valori istantanei, escludendo quindi medie temporali), poiché si assume che l'esposizione del paziente sia limitata a livelli di campo dello stesso ordine di grandezza di quello previsto per l'esposizione della popolazione, in quanto dovuti alle più comuni sorgenti ambientali. Partendo da questo razionale, le norme descrivono procedure per la verifica dell'immunità elettromagnetica in un ampio intervallo di frequenze (campo magnetico statico e campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici variabili nel tempo a frequenze da 16,6 Hz a 3 GHz). Una

sorgente, esplicitamente presa in considerazione dalla norma nel definire le condizioni di prova (in termini di potenza, frequenza, modulazione del segnale), è il telefono cellulare, considerata la sua diffusione negli ambienti di vita comune.

Nei test di immunità non vengono invece analizzati segnali generati da sorgenti presenti negli ambienti di lavoro, per i quali le norme rimandano a valutazioni specifiche da effettuarsi nei singoli contesti lavorativi.

Per questo scopo, i datori di lavoro possono riferirsi a specifiche norme CENELEC pubblicate, a suo tempo, a seguito dell'emanazione della Direttiva 2004/40/CE e, successivamente, aggiornate alla luce della Direttiva 2013/35/UE (EN50527-1, generale; EN50527-2-1 per i portatori di pacemaker; EN50527-2-2 per i portatori di defibrillatori).

Il razionale di queste norme si basa sul presupposto che, nella maggior parte dei casi, i dispositivi medici funzionino correttamente qualora non siano superati i livelli di riferimento stabiliti dalla Raccomandazione 1999/519/CE. Condizioni specifiche, che contrastano questo assunto, possono derivare da una particolare configurazione del DMIA, dovuta ad esigenze specifiche del paziente o per esposizione a particolari tecnologie (quali i sistemi RFID) le cui caratteristiche di emissione (frequenza e potenza del segnale, modulazione, etc) non sono previste dai test di immunità elettromagnetica, indicati nelle già citate norme armonizzate ed effettuati dai produttori prima dell'immissione in commercio del dispositivo medico.

La norma generale EN50527-1 propone, in prima istanza, un'analisi dei rischi semplificata seguita, se necessario, da una più approfondita valutazione. Tale analisi prevede il censimento delle sorgenti/condizioni espositive potenzialmente interferenti con i DMIA e il loro confronto con quelle riportate in una tabella (Tabella 1). Quest'ultima elenca gli ambienti di lavoro e le apparecchiature considerate automaticamente conformi, purché vengano rispettate le indicazioni riportate nella colonna "Eccezioni e Note".

Ad esempio, per i telefoni cellulari e per i telefoni senza fili, indipendentemente dal luogo di utilizzo, la valutazione del rischio presuppone come unica misura precauzionale il mantenimento di una distanza di sicurezza di 15 cm (EN50527-1, Tabella 1 "Eccezioni e Note").

Se tutte le sorgenti individuate nell'ambiente di lavoro rientrano nella tabella e sono utilizzate come specificato nella stessa, occorre verificare se il lavoratore portatore di DMIA abbia ricevuto raccomandazioni specifiche direttamente dal cardiologo che ha eseguito l'impianto. In questi casi può rivelarsi utile, se non indispensabile, che il Medico Competente consulti lo specialista che ha effettuato l'impianto, o che ha in carico il lavoratore, in modo da ottimizzare l'integrazione delle informazioni individuali di tipo cli-

nico/sanitario con quelle di natura strettamente tecnica legate al dispositivo impiantato, fornite dal fabbricante e reperibili nelle schede informative del dispositivo.

In assenza di avvertenze specifiche per il paziente, il processo di valutazione del rischio può essere considerato concluso e non sono necessarie ulteriori azioni.

Qualora l'approccio semplificato sopra descritto non sia applicabile (sorgenti/condizioni espositive non rientranti nella Tabella 1 o il loro utilizzo non è conforme a quanto indicato nella tabella stessa, oppure in presenza di indicazioni specifiche per il paziente), è necessario procedere ad una valutazione individuale seguendo le indicazioni riportate nell'Allegato A della norma, anch'esso di carattere normativo. Sono proposti due possibili approcci alternativi:

- **Approccio non clinico:** si basa sulla valutazione dei livelli di esposizione presenti sul luogo di lavoro (mediante misure, calcoli o informazioni fornite dal produttore dell'attrezzatura sorgente), sulla valutazione dell'immunità elettromagnetica del DMIA, sulla verifica della compatibilità tra livelli di esposizione e immunità del DMIA. Coerentemente con i presupposti protezionistici della norma, qualora non risultino superati i livelli di riferimento per la popolazione indicati dalla Raccomandazione 1999/159/CE (considerati su base istantanea, senza medie temporali), e in assenza di avvertenze specifiche, non è necessario effettuare valutazioni più approfondite. In caso contrario, occorre verificare la compatibilità tra livelli di immunità del DMIA e l'intensità locale del campo elettromagnetico. In pratica il lavoratore con DMIA può stazionare e lavorare in tutte le aree in cui l'immunità del DMIA sia superiore ai livelli di esposizione, potendosi escludere in questo caso fenomeni di interferenza. Nelle aree in cui i livelli di esposizione sono superiori ai livelli di immunità del dispositivo, occorre verificare se gli effetti di un potenziale fenomeno di interferenza possano risultare clinicamente significativi, o meno, per il paziente. Tre esiti sono possibili:

- effetti non clinicamente significativi per esposizioni di lunga durata: il lavoratore con DMIA può accedere e lavorare in tali aree;
- effetti clinicamente accettabili solo per esposizioni di breve durata: il lavoratore con DMIA può transitare ma non stazionare in tali aree;
- effetti clinicamente non accettabili: il lavoratore con DMIA non può accedere a tali aree.

- **Approccio clinico:** si basa sul monitoraggio del funzionamento del DMIA in condizioni di esposizione reali, o simulate in laboratorio, durante le quali il lavoratore svolge le operazioni tipiche della propria mansione, sotto osservazione clinica, con un monitoraggio possibilmente a distanza dei pa-

rametri di funzionamento del dispositivo impiantato (ad esempio telemetria durante e dopo l'esposizione), in condizioni prevedibili di esposizione e per un tempo significativo.

Nel caso particolare dei pacemaker, è possibile utilizzare un holter 24h per registrare il funzionamento del dispositivo durante l'intera giornata lavorativa. In tal modo è possibile evincere, in tempo reale, eventuali alterazioni del funzionamento (ed intervenire in modo tempestivo nel caso il lavoratore richiedesse assistenza medica a seguito di conseguenze dovute al malfunzionamento temporaneo dell'impianto), correlandole ai parametri di campo e ad altri parametri rilevanti, quali la distanza o la posizione relativa della sorgente.

Il limite della valutazione clinica, a parte le eventuali criticità organizzative o di altra natura che potrebbero insorgere in determinate situazioni lavorative, è rappresentato dalla difficoltà di identificare la soglia di malfunzionamento in relazione alle configurazioni di campo presenti. Tale approccio potrebbe non consentire di identificare un margine di sicurezza a meno di effettuare un test provocativo (aumento dei livelli di esposizione fino all'induzione di un'interferenza sul DMIA), la cui realizzazione pone tuttavia una serie di problemi, non ultimi quelli di natura etica.

L'approccio clinico richiede la supervisione medica e la partecipazione del produttore del dispositivo per una idonea programmazione dello stesso durante l'esecuzione della procedura.

Per completezza, si evidenzia che la norma EN50527-1 prevede anche la possibilità di semplificare la valutazione del rischio verificando se il lavoratore con DMIA abbia già svolto la sua mansione attuale, comportante esposizione ai campi elettromagnetici, senza effetti clinicamente significativi (*"comportamento precedentemente non influenzato"*, paragrafo 5.1.3 di EN50527-1). È bene sottolineare, come ricorda anche la norma, che tale approccio non offre margini di sicurezza, e non è quindi consigliabile adottarlo qualora, per il DMIA in esame, non si possano escludere conseguenze gravi legate a fenomeni di interferenza; può essere, viceversa, considerato qualora si preveda che eventuali malfunzionamenti del dispositivo siano tollerabili (ad es. un suono in un impianto cocleare).

La valutazione del *"comportamento precedentemente non influenzato"* rappresenta un elemento importante nell'espressione di una idoneità, a condizione che il lavoratore con DMIA sia stato sottoposto a tutte le situazioni di esposizione ragionevolmente prevedibili da almeno un anno (ovviamente nell'ambito della mansione svolta e che non deve essere stata cambiata), non sia stata introdotta nel luogo di lavoro alcuna nuova apparecchiatura, non sia stata modificata la configurazione del DMIA da almeno un anno e non siano variate le indicazioni terapeutiche.

La durata di osservazione è fissata a 12 mesi in quanto si prevede che, durante questo periodo, il lavoratore con DMIA sia stato sottoposto almeno ad una visita medica e che siano stati presi in considerazione eventuali cambiamenti dell'ambiente elettromagnetico del luogo di lavoro.

È pertanto fondamentale che il Medico Competente raccolga, nell'attività di sorveglianza sanitaria, le informazioni anamnestiche relative alla presenza o meno, durante le attività lavorative attuali o pregresse, di disturbi riconducibili a fenomeni di EMI.

**Tutto il percorso in precedenza delineato è valido per la generalità dei DMIA. Per indicazioni relative a DMIA specifici, quali pacemaker e defibrillatori, è necessario fare riferimento alle norme particolari in precedenza menzionate, sia per la valutazione del rischio che per la consultazione della pertinente Tabella degli ambienti espositivi e apparecchiature conformi.**

Ad esempio, nel caso del pacemaker la valutazione non clinica si può basare anche su test *in vitro* da effettuarsi in laboratorio o direttamente nello scenario espositivo di interesse, utilizzando fantocci antropomorfi (riempiti con materiale tessuto-equivalente) equipaggiati per alloggiare pacemaker o defibrillatori impiantabili. Il fantoccio consente di riprodurre situazioni realistiche di esposizione del lavoratore e di effettuare test provocativi in sicurezza.

In conclusione, per un lavoratore portatore di DMIA per il quale sia richiesta una valutazione approfondita, sperimentale o di altro tipo, il processo di valutazione del rischio può comportare la modifica della mansione lavorativa e/o, come detto, l'individuazione di aree di accesso (continuativo/transitorio) o di interdizione.

### **3.4.2 Dispositivi medici indossabili attivi**

Si tratta di apparecchiature per il supporto di funzioni fisiologiche, assenti o insufficienti, che vengono collocate sulla superficie corporea. Molte di esse sono dotate di componenti, quali cateteri, che penetrano la cute allo scopo, ad esempio, di infondere farmaci in circolo. Anche questi dispositivi rientrano nel campo di applicazione del Nuovo Regolamento 2017/745 e sono di interesse in relazione ai campi elettromagnetici in quanto dotati di componenti elettroniche che possono subire fenomeni di EMI.

Pertanto, i requisiti essenziali stabiliti (in precedenza) dalle direttive e (ora) dal Nuovo Regolamento sono uguali a quelli già descritti per i DMIA: in particolare i dispositivi indossabili devono essere progettati e fabbricati *in modo da eliminare o ridurre al minimo i rischi connessi con condizioni ambientali ragionevolmente prevedibili, in particolare quelli connessi con i campi magnetici, le influenze elettriche esterne, le scariche elettrostatiche.*

Analogamente a quanto esposto per i DMIA, per quanto riguarda l'immunità alle interferenze elettromagnetiche i fabbricanti garantiscono la conformità dei loro prodotti ai requisiti essenziali delle direttive (in precedenza) e del regolamento (ora) concernente i dispositivi medici attraverso l'applicazione della norma armonizzata del CENELEC EN60601-1-2, per quanto anche norme particolari possano contenere prescrizioni in materia.

La norma EN60601-1-2, fino all'edizione 3 (2007), prevede che le funzioni essenziali dell'apparecchiatura non debbano essere compromesse dall'esposizione a:

- campi magnetici a frequenza industriale (50 Hz) fino 3 A/m (3,8 µT);
- campi elettrici fino a 3 V/m a frequenze da 80 MHz a 2,5 GHz;
- campi elettrici fino a 10 V/m, tra 80 MHz e 2,5 GHz, per le apparecchiature di sostegno alle funzioni vitali.

La norma ammette livelli inferiori di immunità per le apparecchiature destinate al monitoraggio di parametri fisiologici, considerando che saranno prevedibilmente utilizzate in ambienti controllati e con livelli di campo noto.

Nel 2015 è stata pubblicata una nuova edizione della EN60601-1-2 (edizione 4), alla quale devono essere conformi tutti i dispositivi medici prodotti dopo il 1° gennaio 2019. L'edizione 4 della norma stabilisce i livelli di immunità in funzione dell'ambiente di utilizzo dell'apparecchiatura (sanitario, domestico o di altra natura), che deve essere specificato dal fabbricante. In particolare, il limite per l'immunità a campi elettromagnetici a radiofrequenza (intervallo di frequenza 80 MHz – 2,7 GHz) è fissato a 3 V/m per dispositivi usati in strutture sanitarie e a 10 V/m per i dispositivi usati in ambiente domestico. Per i campi magnetici a frequenza industriale (50 Hz) il limite per l'immunità passa da 3 A/m a 30 A/m, indipendentemente dall'ambiente di utilizzo.

Sono inoltre previsti test aggiuntivi per garantire l'immunità a sistemi di comunicazione a radiofrequenza di uso comune, come sistemi GSM, UMTS, LTE, Bluetooth, reti Wi-Fi etc., per i quali viene definita una distanza di sicurezza di 30 cm. Distanze inferiori, cui corrispondono livelli di immunità maggiori, se previste, devono essere indicate dal produttore nel manuale tecnico d'uso del dispositivo, dove peraltro devono essere riportate tutte le indicazioni necessarie per un uso sicuro del dispositivo stesso.

Si evidenzia che i valori di immunità previsti da entrambe le edizioni della norma sono inferiori ai livelli di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico ammessi per la popolazione generale. Di conseguenza, il rispetto dei livelli stabiliti dalla Raccomandazione 1999/519/CE non può rappresentare

tare, a differenza dei DMIA, un criterio generale per garantire il funzionamento corretto del dispositivo.

### **3.4.3 Impianti di tipo passivo o inclusi metallici**

Sono identificabili come dispositivi medici impiantabili di tipo passivo tutti quelli che non presentano una sorgente autonoma di energia e componenti elettriche e/o elettroniche. Hanno funzioni essenzialmente meccaniche (strutturale, di supporto passivo al movimento, di mantenimento della pervietà del lume vasale, di barriera etc.) e comprendono, ad esempio, clip vascolari, valvole cardiache, protesi articolari, viti, stent, impianti contraccettivi.

Ai fini delle problematiche legate agli effetti indiretti dei campi elettromagnetici sono di rilievo anche eventuali corpi estranei che si trovino inclusi nei tessuti corporei a seguito di infortuni, introduzione accidentale etc., rappresentati in pratica da schegge o frammenti metallici, o anche utilizzati sul corpo a scopo estetico (es. piercing). La composizione metallica, totale o parziale, di tali oggetti è alla base degli effetti indiretti.

Se questi impianti o inclusi contengono materiali ferromagnetici, questi possono subire torsioni e/o spostamenti in presenza di un campo magnetico statico, con conseguenti lesioni dei tessuti circostanti, che possono avere conseguenze gravi se interessano il sistema nervoso centrale, il cuore, strutture di grossi vasi etc. Per prevenire tali rischi, l'ICNIRP raccomandava nel 1994 di segnalare le aree caratterizzate da livelli di campo magnetico statico maggiori di 3 mT (ICNIRP, 1994). Quest'ultimo valore è indicato nel D.lgs. 81/2008 come VA per il rischio propulsivo di oggetti ferromagnetici nel campo periferico di sorgenti di campo magnetico statico ad alta intensità ( $> 100$  mT).

Ai fini dell'espressione del giudizio di idoneità, nelle Raccomandazioni fornite nel presente documento si farà riferimento proprio a tale valore.

Nel caso di esposizione a campi variabili nel tempo, un fattore da considerare è la frequenza dei campi elettromagnetici, poiché la penetrazione degli stessi nel corpo diminuisce al suo aumentare.

Gli effetti più rilevanti consistono in:

a) perturbazione del campo elettrico indotto nel corpo dell'individuo esposto con generazione di zone di forti campi localizzati (la conducibilità dei metalli è generalmente molto maggiore di quella dei tessuti biologici);

b) riscaldamento; gli impianti metallici potrebbero anche essere riscaldati induttivamente con possibilità di lesioni dei tessuti circostanti dovute ad aumenti localizzati della temperatura, potenzialmente pericolose nel caso di organi vitali o di strutture comunque critiche. Questo effetto dipen-

de sia dalla frequenza e intensità del campo che dalle dimensioni e dalla massa dell'impianto.

Tuttavia, la conformità alla Raccomandazione 1999/519/CE dovrebbe fornire un'adeguata protezione. Condizioni di esposizione a campi più intensi possono essere consentite previa specifica valutazione sulla base delle caratteristiche dell'impianto o dell'incluso: dimensione, forma, composizione e collocazione all'interno del corpo del paziente. Si evidenzia, però, che non sono prevedibili rischi significativi nella maggior parte delle condizioni espositive. Nel caso di dispositivi utilizzati a scopo estetico e rimovibili (es. piercing) appare prudente dare indicazioni al lavoratore di rimuoverli durante le attività a rischio.

#### 3.4.4 Correnti di contatto

Tra i possibili effetti indiretti, è opportuno infine ricordare le "correnti di contatto". Queste sono rappresentate da un passaggio di corrente attraverso il corpo dovuto al contatto accidentale con un oggetto a diverso potenziale elettrico. Il flusso di cariche elettriche può avvenire nella sede di un contatto diretto (corrente di contatto), o anche solo di stretta prossimità (scariche elettriche/scintille), tra una persona ed un oggetto, quale una struttura metallica, a diverso potenziale elettrico. Fino a circa 100 kHz la corrente di contatto può causare una stimolazione di nervi periferici e/o muscoli che, per intensità crescenti, si manifesta con una semplice percezione soggettiva, fino a sensazioni dolorose e/o contrazioni muscolari e ad effetti più gravi, quali contrazioni tetaniche con incapacità di interrompere il contatto con l'oggetto, difficoltà di respirazione e, per correnti molto alte, anche aritmie. Salendo in frequenza le principali manifestazioni sono dolore e/o ustioni. Solitamente l'individuo riceve la scarica elettrica in seguito ad un contatto accidentale delle mani con un oggetto conduttore caricato elettricamente dal campo. In funzione dell'intensità della corrente di scarica, che dipende soprattutto dalla differenza di potenziale delle superfici a contatto e dall'area di contatto, si possono avere effetti che vanno dalla semplice percezione a gravi ustioni. La soglia di scarica in relazione a ciascun tipo di effetto aumenta all'aumentare della frequenza ed è soggetta ad una certa variabilità individuale.

Di seguito riportiamo, in Tabella 4 e sulla base delle Linee Guida ICNIRP del 1998, un sommario dei possibili effetti indiretti da contatto accidentale con oggetti conduttori caricati dal campo, rispetto agli specifici intervalli delle soglie di intensità di corrente (NB: i valori riportati includono dati relativi a uomini, donne e bambini). Come riportato nel paragrafo 3.3.4, si ribadisce che le linee guida ICNIRP 2020 non prevedono più, a differenza di quelle del 1998, valori di riferimento per le correnti da contatto.

**Tabella 4. Effetti indiretti da correnti di contatto (adattata da ICNIRP, 1998)**

Effetto	Intervalli di soglia (mA) in funzione della frequenza			
	50-60 Hz	1 kHz	100 kHz	1 MHz
<b>Percezione</b>	0,2 – 0,4	0,4 – 0,8	25 – 40	25 - 40
<b>Dolore</b>	0,9 – 1,8	1,6 – 3,3	33 – 55	28-50
<b>Shock doloroso</b>	8 – 16	12 - 24	112 – 224	Non determinato
<b>Shock grave, con difficoltà respiratoria</b>	12 – 23	21 - 41	160 – 320	Non determinato

### 3.5. Effetti non accertati dei CEM

**3.5.1 Effetti non accertati a breve termine: la “Intolleranza ambientale idiopatica attribuita ai campi elettromagnetici” (*Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields*) o “Ipersensibilità ai campi elettromagnetici”**

Gli effetti non accertati, con insorgenza immediata o comunque a breve termine, a seguito dell'esposizione a campi elettromagnetici ricadono nell'insieme in una condizione frequentemente indicata con il termine di “ipersensibilità ai campi elettromagnetici”, che interesserebbe un certo numero di soggetti della popolazione generale. Questa condizione si riferisce al fenomeno per il quale alcuni individui percepiscono effetti avversi per la salute mentre utilizzano o sono vicini ad apparati che emettono campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici. Ciò si traduce in un'articolata sintomatologia aspecifica, soprattutto di natura vegetativa e neuropsichica (ma di fatto multisistemica), variabile da individuo a individuo. Tra i sintomi più frequentemente riferiti si annoverano malessere generale, mal di testa, fatica, debolezza, disturbi del sonno, difficoltà di concentrazione e memoria, alterazioni dell'umore, sudorazioni notturne, ma anche palpitations, visione sfocata, dolore muscolare, instabilità, tinnito, nausea, parestesie, eruzioni cutanee e disturbi gastrointestinali.

La prevalenza di questa condizione non sembra trascurabile, dato che in Europa alcune indagini suggeriscono che sintomi compatibili con la Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields sono riferiti dall'1,5 al 10% delle persone, e anche più. La variabilità è da riferirsi anche alla carenza di specifici criteri diagnostici condivisi. L'età può essere

molto variabile e sembra esserci una prevalenza di donne. L'evoluzione della sintomatologia può comportare molte volte un peggioramento del quadro clinico ed impattare seriamente sulla qualità della vita. Le configurazioni di campo elettromagnetico in gioco possono spaziare dalle frequenze ELF alle radiofrequenze; di conseguenza la tipologia di sorgenti in grado di scatenare la sintomatologia è anch'essa variabile.

Nonostante numerosi studi, il rapporto di causalità tra i CEM e la comparsa delle manifestazioni dell'"Ipersensibilità ai campi elettromagnetici" non è supportato da evidenza scientifica adeguata, né sul piano epidemiologico né su base sperimentale (Baliatsas et al, 2011). Ad esempio, volontari che riferivano di essere sensibili a campi elettromagnetici, una volta esposti a specifiche sorgenti di campo elettromagnetico mostravano una forte correlazione tra sintomi e percezione dello stato della sorgente (accesa/spenta) ma una scarsa correlazione tra sintomi e stato reale della sorgente. Peraltro, gli studi condotti in doppio cieco non hanno nella quasi totalità evidenziato effetti sullo stato di benessere dei soggetti partecipanti, mentre alcuni studi non in cieco o sul campo hanno indicato dei disturbi, suggerendo almeno in alcuni casi l'esistenza di un effetto "nocebo".

La comunità scientifica internazionale, nel suo insieme, è perciò orientata a non riconoscere alcun nesso causale tra l'esposizione a livelli di campo elettromagnetico, comunemente presenti negli ambienti di vita e nella generalità degli ambienti di lavoro, e l'insorgenza di sintomatologia aspecifica. Questa posizione è condivisa dagli esperti che hanno partecipato al progetto della rete EFHRAN e alla formulazione dell'opinione SCENIHR, oltre che dall'ICNIRP.

Peraltro, una recente rassegna sistematica sugli studi sperimentali relativi a questa condizione conclude affermando che l'evidenza scientifica nel suo insieme punta nella direzione di assenza di effetto dell'esposizione (Schmiedchen et al., 2019). Una rassegna critica, ancora più recente (Dieudonné, 2020), prende in esame tre ipotesi alternative proposte per la spiegazione del fenomeno (solo una delle quali fa riferimento al ruolo causale dell'esposizione a CEM) e conclude che nessuna delle ipotesi formulate risulta totalmente soddisfacente.

Il fenomeno viene di fatto attribuito ad un complesso di altri fattori indumenti/scatenanti di natura individuale e/o ambientale, non ancora ben individuati e caratterizzati.

Già nel 2005 era stato sottolineato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità, in un *fact sheet* avente per oggetto l'EHS (disponibile al *link*: <https://www.who.int/peh-emf/publications/facts/fs296/en/>), che una definizione più appropriata per indicare questa e altre tipologie di sensibilità a fattori

ambientali è quello di "*Intolleranza ambientale idiopatica*", a sottolineare la mancata identificazione della causa (da cui il termine *idiopatica*) dei disturbi correlati. Nel caso dei campi elettromagnetici la dizione più corretta è pertanto: "**Intolleranza ambientale idiopatica attribuita ai campi elettromagnetici**" (*Idiopathic Environmental Intolerance attributed to ElectroMagnetic Fields*, IEI-EMF), dizione peraltro sempre più utilizzata, che, da un lato, sottolinea la concretezza del fenomeno (la condizione è reale, nel senso che la sintomatologia insorge nell'individuo che la riferisce in occasione della vicinanza a, o dell'uso di, sorgenti CEM) ma ribadisce, dall'altro, che questa condizione viene attribuita ai campi elettromagnetici unicamente dagli individui affetti, in assenza di adeguati riscontri oggettivi sul piano sperimentale o epidemiologico.

L'esistenza di questa condizione, che finisce per impattare negativamente e, a volte, in modo ingravescente sulla qualità della vita delle persone che ne sono affette, deve però essere oggetto di attenzione e di approfondimento da parte della ricerca e non consente di eludere il tema della presa in carico dei soggetti colpiti sul piano della diagnosi, degli eventuali percorsi terapeutici e dell'aspetto assistenziale. Nel caso dei lavoratori esposti a CEM che lamentano tale condizione, naturalmente esclusa dal campo di applicazione del Capo IV del Titolo VIII del D.lgs. 81/2008, un'indicazione schematica dei criteri operativi da adottare è riportata nella Raccomandazione 7.9.

### 3.5.2. Effetti non accertati a lungo termine

Il problema del rapporto di causalità tra prolungate esposizioni a CEM e comparsa di effetti a lungo termine non è stato certo finora ignorato dalla ricerca: decenni di attività scientifica in questo ambito si sono tradotti nella pubblicazione di migliaia di studi in ambito sperimentale, *in vivo* e *in vitro*, e di centinaia di studi epidemiologici. Tale vastissima e complessa mole di dati è stata oggetto di valutazione in numerosi documenti di rassegna, condotti in alcuni casi da Comitati interdisciplinari di esperti a livello internazionale e nazionale su incarico di Agenzie ed Enti pubblici, in altri da ricercatori, o da gruppi di ricercatori. La conclusione della sostanziale totalità di queste rassegne è che non vi siano indicazioni adeguate di un rapporto di causalità tra esposizione a CEM ed effetti a lungo termine, e nemmeno prove di eventuali meccanismi di interazione biofisica in grado di spiegare tali effetti, anche se alcuni dati ed ipotesi sono meritevoli di ulteriori verifiche ed approfondimenti (alcuni dei quali sono attualmente in corso).

Il grande numero degli studi disponibili e la conseguente difficoltà di valutazione dei dati complessivi, accanto all'importante impatto che eventuali effetti avversi potrebbero avere in ragione della diffusione ubiquita-

ria dei CEM, ha alimentato nel corso del tempo il varo di numerosi progetti nazionali e internazionali, finalizzati a valutare lo stato delle conoscenze acquisite e fornire indicazioni per la ricerca. Particolarmente rilevante è l'*International EMF Project* dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), lanciato nel 1996 e tutt'ora in corso. Il progetto aveva tra le finalità quelle di monitorare costantemente lo stato delle conoscenze, identificare le lacune, individuare priorità di ricerca e proporre metodologie di studio condivise (in modo da garantire la replicabilità degli studi). Nell'ambito del progetto è stato prodotto materiale informativo da mettere a disposizione del pubblico e dei decisori (compresi agevoli *fact sheet* su vari aspetti della tematica relativa al rischio da campi elettromagnetici, disponibili in varie lingue, incluso l'italiano, sul sito del progetto: [www.who.int/peh-emf](http://www.who.int/peh-emf)).

Nell'ambito della collana di rassegne, nota come *Environmental Health Criteria* (EHC) elaborati sotto l'egida dell'OMS, va ricordata la pubblicazione di due documenti dedicati allo stato delle conoscenze relative ai campi elettrici e magnetici statici ed ai campi elettrici e magnetici a frequenze estremamente basse (WHO, 2006; WHO, 2007) che però, non essendo stati aggiornati, in alcuni ambiti sentono ormai il peso degli anni, anche se costituiscono sempre un importante riferimento conoscitivo. Un nuovo documento EHC riguardante le radiofrequenze è attualmente in corso di completamento e se ne prevede la pubblicazione entro il 2021.

Come in parte già osservato, l'orientamento di gran lunga prevalente degli Organismi scientifici internazionali e nazionali è che lo stato delle conoscenze non possa essere considerato dimostrativo in modo attendibile di un rapporto causale con l'esposizione a CEM sia per la patologia neoplastica che per le altre patologie degenerative studiate, prevalentemente del sistema nervoso centrale e periferico. Nel panorama della Comunità scientifica internazionale, peraltro, alcuni ricercatori sostengono che i dati attualmente disponibili siano sufficienti a supportare l'affermazione di effetti a lungo termine legati all'esposizione a campi elettromagnetici anche per bassi livelli di campo, soprattutto per quanto riguarda i tumori e in particolare per l'esposizione alle radiofrequenze proprie della comunicazione radiomobile e dei sistemi wireless, e sostiene pertanto la necessità della messa in atto di politiche cautelative; al riguardo si veda ad esempio il documento *Bioinitiative Report*, disponibile al link: <http://www.bioinitiative.org/table-of-contents/>. Sebbene le revisioni condotte dai principali gruppi di esperti non supportino tali posizioni, data l'attenzione che questi possibili effetti hanno sollevato (e stanno sollevando) specie nel pubblico, si è ritenuto utile citarli, dedicando loro uno spazio, ma ribadendo che tali effetti non rientrano nel campo di applicazione del D.lgs. 81/2008.

### 3.5.2.1 Effetti non accertati a lungo termine riconducibili all'esposizione a campi statici ed ELF

Nell'ambito dei campi statici o a frequenze estremamente basse, l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC), nel 2001, ha classificato i campi magnetici a frequenze estremamente basse (ELF) nel Gruppo 2B (agenti possibilmente cancerogeni per l'uomo) sulla base di una evidenza limitata di cancerogenicità nell'uomo in relazione alla leucemia infantile ed inadeguata per ogni altro tipo di tumore (IARC, 2002).

La base di dati utilizzata per la valutazione è consistita soprattutto in due importanti analisi aggregate (Ahlbom et al., 2000; Greenland et al., 2000) degli studi epidemiologici condotti fino a quel momento, che avevano suggerito un aumento (raddoppio) del rischio di leucemia infantile nei residenti in prossimità di elettrodotti esposti per periodi prolungati a valori misurati o calcolati di induzione magnetica a 50-60 Hz (ELF) pari o superiori a 0,3 – 0,4 µT. Questo aumento, evinto su un totale di pochi casi ma statisticamente significativo, non era spiegabile sulla base di fattori casuali o dell'intervento di confondenti noti, ma non mostrava nemmeno una relazione dose-risposta, evidenziando unicamente un incremento a gradino del rischio nella classe più alta di esposizione (0,3 – 0,4 µT o superiore).

Nella stessa monografia, la IARC ha classificato come inadeguata l'evidenza di un'associazione tra esposizione a campi magnetici ed altri tumori infantili nonché tumori nell'adulto. I campi magnetici statici ed i campi elettrici statici ed ELF sono invece inclusi nel Gruppo 3 (agenti non classificabili in relazione alla loro cancerogenicità per l'uomo).

La classificazione complessiva resta attualmente valida anche alla luce dei risultati di tutti gli studi prodotti negli anni successivi (si vedano ad esempio Kheifets et al., 2010; Schüz et al., 2016; Crespi et al., 2019), che non hanno permesso di pervenire a valutazioni più conclusive e hanno anche fatto ipotizzare varie interpretazioni non causali delle deboli associazioni rilevate dalla epidemiologia, quali distorsioni (*bias*) di vario tipo.

Per quanto riguarda l'adulto, non esiste al momento evidenza convincente che l'esposizione protratta a campi magnetici ELF possa indurre tumori emolinfopoiетici o cerebrali (Kheifets et al., 2008; Turner et al., 2014; Huss et al., 2018), anche se rimangono margini di dubbio in relazione ai livelli di esposizione cumulativa più elevata.

In relazione ad altri tumori studiati (carcinoma mammario e del polmone, linfomi ed altri), i dati sono inconsistenti e poco convincenti (EFHRAN, 2012; SCENIHR, 2015; Pedersen et al., 2015).

Oltre alla possibile cancerogenicità, in lavoratori esposti sono stati studiati anche altri effetti, ad es. riproduttivi, cardiovascolari e sul sistema neuro-immuno-endocrino. Al riguardo, sembra opportuno citare i risultati di alcuni studi epidemiologici che hanno osservato un aumento del rischio per alcune malattie neurodegenerative, in particolare sclerosi laterale amiotrofica (SLA) e morbo di Alzheimer. Tuttavia, autorevoli revisioni della letteratura hanno concluso che l'insieme delle evidenze sulla possibile associazione con l'esposizione a CEM-ELF è da considerare inadeguato per le patologie neurodegenerative e gli effetti riproduttivi, nonché indicativo di assenza di effetto per quelli cardiovascolari (EFHRAN, 2012; SCENIHR, 2015). Lavori ancora più recenti hanno fatto osservare un incremento di rischio in particolare per l'Alzheimer e la SLA per i lavoratori esposti ad ELF (Peters et al., 2019; Gunnarsson e Bodin, 2019; Jalilian et al., 2018), mentre per il morbo di Parkinson non è stato evidenziato alcun incremento di rischio. Nel loro complesso, tuttavia, i risultati degli studi finora condotti non sono sufficienti a trarre conclusioni definitive, in particolare per un inadeguato controllo dei confondenti e per l'eterogeneità dei dati e delle metriche adottate nei differenti studi.

Tra i principali problemi nell'interpretazione complessiva dei dati epidemiologici sui campi ELF vanno menzionati, oltre alla sopracitata eterogeneità nei dati e nelle metriche adottate nei differenti studi ed al limitato controllo dei confondenti, anche la sostanziale mancanza di conferme in condizioni sperimentali controllate e l'assenza di meccanismi patogenetici adeguatamente accertati, così da lasciare aperta la possibilità che i risultati siano influenzati da fattori di confondimento non riconosciuti negli studi epidemiologici.

I dati della sperimentazione animale sono spesso negativi o inconsistenti e sono, pertanto, considerati inadeguati ai fini della classificazione IARC (evidenza "meno che sufficiente").

La possibilità che i campi magnetici ELF siano in grado di facilitare, o potenziare, l'azione oncogena nel ratto di alcuni agenti cancerogeni è stata suggerita da alcuni studi (ad esempio Bua et al., 2018), ma è lungi dall'essere dimostrata.

### **3.5.2.2 Effetti non accertati a lungo termine riconducibili all'esposizione a campi a frequenze intermedie**

Passando ora a considerare le frequenze intermedie (300 Hz – 100 kHz) non vi sono di fatto indicazioni di natura epidemiologica o sperimentale circa un'eventuale azione di tipo oncogeno o, in generale, di possibili effetti a lungo termine (si vedano ad esempio EFHRAN, 2010; EFHRAN, 2012; SCENIHR, 2015; Bodewein et al., 2019), essenzialmente a causa della mancanza

di studi *ad hoc* e dell'inadeguatezza dei pochi studi condotti ai fini della formulazione di conclusioni. Questa relativa carenza di ricerche è dovuta allo scarso impiego di queste frequenze, anche se il numero di tecnologie e di sorgenti sta rapidamente aumentando lasciando presagire un parallelo aumento degli studi.

### **3.5.2.3 Effetti non accertati a lungo termine riconducibili all'esposizione a campi a radiofrequenza**

Analogamente ai campi magnetici ELF, le radiofrequenze sono state classificate dalla IARC nel 2011 nel gruppo 2B di evidenza cancerogena (agenti possibilmente cancerogeni per l'uomo) (Baan et al., 2011) in relazione ad una evidenza limitata di cancerogenicità nell'uomo e nell'animale da esperimento (IARC Monographs, volume 102, 2013). Nella valutazione della IARC hanno avuto un ruolo preponderante, dato il loro numero e le loro dimensioni, gli studi sulla telefonia mobile, in particolare quelli epidemiologici di tipo caso-controllo (e nella fattispecie lo studio multicentrico internazionale INTERPHONE – INTERPHONE, 2010 e INTERPHONE, 2011), alcuni dei quali hanno evidenziato un incremento statisticamente significativo di gliomi e/o di neurinoma dell'VIII nervo cranico (nervo acustico-vestibolare) in relazione all'utilizzo cumulativo del telefono cellulare.

Senza entrare in dettagli di natura tecnico-metodologica e prescindendo dalle discussioni in atto all'interno della Comunità scientifica circa la sussistenza o meno di un nesso causale (si vedano ad esempio Morgan et al., 2015; Carlberg e Hardell, 2017), oltre che dagli aspetti legati alla comprensione da parte dei non esperti del reale significato della categoria 2B utilizzata dalla IARC (Wiederman et al., 2014), è opportuno sottolineare che questa tipologia di studi epidemiologici può essere affetta da differenti errori di natura sistematica (*bias*), in particolare quelli che vanno sotto il nome di *bias* del ricordo (*recall bias*), connessi alla difficoltà da parte dei soggetti che fanno parte del gruppo dei casi e del gruppo di controllo di ricostruire in modo attendibile, sulla base di interviste strutturate o di questionari, l'esposizione pregressa in termini di frequenza, durata e altri fattori (quali il lato preferenziale di utilizzo del telefono).

È auspicabile che gli studi in corso, in particolare lo studio multinazionale caso-controllo MOBY-Kids (focalizzato sui potenziali effetti cancerogeni della telefonia mobile nella fascia di età 10-24 anni (Sadetzki et al., 2014) e l'esteso studio prospettico europeo COSMOS (Schüz et al., 2011), una volta conclusi possano essere maggiormente dirimenti.

È però necessario osservare che, al di là dei risultati di studi specifici (caso-controllo o di coorte) già conclusi o in corso di svolgimento, i *trend*

temporali di neoplasie intracraniche, quali i gliomi e neurinomi registrati in diversi Paesi, non si accordano con l'ipotesi di un aumento di rischio (anche contenuto) legato all'utilizzo protracted del telefono cellulare. Le analisi di questi andamenti assumono un'importanza crescente con il tempo, in quanto si riducono progressivamente i margini di incertezza legati ai tempi di latenza di queste neoplasie, tuttora molto incerti ma possibilmente lunghi (si vedano ad esempio Deltour e Schüz, 2014). E di fatto, in una recente ed estesa rassegna di tutta la letteratura epidemiologica relativa ai tumori cerebrali e delle ghiandole salivari in rapporto all'utilizzo del telefono cellulare (Röösli et al., 2019) si conclude che, sebbene permangano alcune incertezze in merito ai lunghi periodi di latenza ( $> 15$  anni), a sottotipi rari di tumori cerebrali e all'utilizzo dei telefoni cellulari durante l'infanzia, gli studi epidemiologici nel complesso non suggeriscono un aumento del rischio di tumore cerebrale o delle ghiandole salivari connesso all'uso del telefono cellulare.

La valutazione della IARC si basava anche su un giudizio di limitata evidenza cancerogena nell'animale da esperimento, sulla base di isolate indicazioni sperimentali di un aumento statisticamente significativo di alcuni tipi di neoplasia in gruppi di animali esposti a radiofrequenze dopo pretrattamento con un cancerogeno chimico rispetto a gruppi esposti unicamente al cancerogeno chimico. Successivamente alla valutazione IARC sono stati pubblicati, tra gli altri, due estesi studi condotti rispettivamente dal *National Toxicology Program* (NTP) statunitense e dall'Istituto Ramazzini di Bologna (NTP, 2018; Falcioni et al., 2018). Si tratta di studi su ratti e topi (NTP) o solo su ratti (Istituto Ramazzini) esposti a radiofrequenze modulate GSM o CDMA lungo l'intera durata della vita (*lifetime*), nei quali sono stati impiegati migliaia di esemplari. Lo studio NTP ha fatto riscontrare, ai valori di SAR più alti utilizzati (6 W/kg a corpo intero), un incremento molto contenuto ma statisticamente significativo di alcuni tipi di tumore, nei ratti maschi, in particolare schwannomi cardiaci (ossia tumori dello stesso istotipo ma a diversa localizzazione rispetto a quelli oggetto degli studi epidemiologici, cioè i neurinomi del nervo acustico). Nel caso dello studio Ramazzini, è stato notato un piccolo, ma statisticamente significativo, incremento degli schwannomi cardiaci nei ratti esposti al valore di campo più elevato (50 V/m, corrispondente ad un SAR di 0,1 W/kg).

Questi studi, pur se suggestivi in termini di un aumento del rischio di contrarre alcune forme tumorali nei roditori esposti a lungo termine alle emissioni proprie della telefonia mobile (900 e 1.800 – 1.900 MHz), con differenti livelli di esposizione e secondo diverse configurazioni di campo, non sembrano poter costituire una netta indicazione a supporto di un effetto

cancerogeno delle radiofrequenze. Le ragioni spaziano da considerazioni dosimetriche, a discrepanze di specie nei risultati (molto marcata tra ratti e topi nello studio NTP), a considerazioni biologiche e statistiche, all'estrapolabilità dei risultati alla specie umana e alle condizioni espositive in gioco (esposizione a corpo intero negli animali e locale a livello della testa nell'uomo).

Una nota dell'*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection* (ICNIRP, 2020), ha per oggetto proprio gli studi NTP e Ramazzini e, dopo averne messo in evidenza punti di forza e criticità, conclude che i due studi, oltre a non essere consistenti tra loro e con la letteratura su radiofrequenze e cancro in generale, precludono, a causa delle loro limitazioni, la formulazione di conclusioni circa la cancerogenicità dei campi a radiofrequenza.

Si sottolinea, comunque, che l'insieme degli studi sull'animale non fornisce al momento evidenze consolidate di aumento del rischio per patologie di natura tumorale, anche nel caso di studi ben progettati e per esposizioni intense e prolungate, come fatto rilevare da alcuni autori (si vedano ad esempio Sienkiewicz et al., 2017). Inoltre, non è mai stata osservata una relazione dose-risposta, anche negli sporadici studi che riportano un aumento dell'incidenza di alcune forme tumorali in gruppi di animali esposti a radiofrequenze pretrattati con cancerogeni chimici (studi di co-cancerogenesi) rispetto a gruppi trattati con il solo cancerogeno chimico.

Un'altra osservazione di rilievo è che l'esposizione di ceppi di topi transgenici *cancer prone* (ossia modificati geneticamente a livello della linea germinale in modo da presentare un'alta o altissima incidenza di fondo di una o più forme tumorali) a configurazioni di campo proprie dei segnali GSM e UMTS ha fornito, nei pochi studi finora condotti, risultati negativi (come argomentato sempre da Sienkiewicz et al., 2017). Questo aspetto è importante ai fini della discussione sui potenziali effetti cancerogeni legati a specifiche esposizioni, in quanto gli animali transgenici *cancer-prone* sono ritenuti molto sensibili all'azione di cancerogeni o co-cancerogeni anche deboli, fungendo da amplificatore dell'eventuale effetto e consentendo a quest'ultimo di essere osservato su gruppi di animali con numerosità relativamente ridotta.

### **3.5.3 Meccanismi biofisici d'azione ipotizzati**

È opportuno spendere qualche considerazione anche sui potenziali meccanismi d'azione, chiamati in causa per giustificare l'ipotesi di effetti a lungo termine, e che dovrebbero essere diversi da quelli che sono alla base degli effetti accertati per i CEM (sostanzialmente, come già detto, induzio-

ne di corrente nei tessuti alle basse frequenze e aumento di temperatura della parte esposta alle alte frequenze). Molti meccanismi d'azione a livello molecolare e cellulare, anche tra loro combinati, sono stati ad oggi proposti in letteratura da diversi autori: fenomeni di risonanza a livello macromolecolare, sintesi di specie reattive dell'ossigeno (ROS), modulazione selettiva di *pathways* biochimici, modificazione delle proprietà elettriche delle membrane cellulari, alterazione dell'espressione genica, del controllo della proliferazione cellulare e di fenomeni quali l'apoptosi.

L'evidenza fornita dagli studi *in vitro* che hanno suggerito questi meccanismi è a tutt'oggi debole e sembra dipendere criticamente dalla natura e dalla qualità dei singoli studi. Ad esempio, un lavoro abbastanza recente (Simkó et al., 2016) ha analizzato la letteratura nel settore per gli anni 1995-2014 e ha messo in evidenza che, per i singoli studi, esiste un'associazione negativa altamente significativa tra soddisfacimento dei requisiti di qualità (soprattutto in merito alle condizioni di esposizione) e osservazione di una risposta a livello cellulare. In altre parole, più il livello qualitativo dello studio è elevato maggiore è la probabilità di non osservare, in relazione all'esposizione, alcuna risposta del sistema cellulare considerato. Questa analisi sistematica della letteratura pone ancora una volta l'attenzione sulla necessità di ulteriori studi che siano progettati, condotti e analizzati sulla base di criteri e procedure più stringenti dal punto di vista qualitativo.

### **3.5.4 Conclusioni sui possibili effetti non accertati a breve e lungo termine dei CEM**

Una sintesi delle evidenze sui possibili effetti a breve e a lungo termine delle basse esposizioni a CEM, inferiori a quelle in grado di indurre gli effetti accertati, è stata effettuata dal gruppo *European Health Risk Assessment Network on Electromagnetic Fields Exposure* (Gruppo EFHRAN) nell'ambito di un progetto di ricerca finanziato dalla Commissione Europea ("Health 2008 Programme - Second Programme of Community action in the Field of Health 2008-2013"), che ha coinvolto vari autorevoli enti di ricerca italiani ed europei (ad esempio CNR, Università, l'*Health Protection Agency* britannica, la *Danish Cancer Society*, l'*Institute of Non ionizing Radiation* sloveno). Le valutazioni del gruppo EFHRAN, effettuate nel 2012, possono essere ritenute sostanzialmente valide tuttora e sono riassunte nelle Tabelle 5 e 6.

**Tabella 5. Valutazioni complessive dei dati della letteratura scientifica del gruppo *European Health Risk Assessment Network On Electromagnetic Fields Exposure* (EFHRAN, 2012) sui possibili effetti delle esposizioni a bassi livelli di ELF.**

La classificazione della forza dell'evidenza in 4 livelli (*sufficiente, limitata, inadeguata, evidenza che suggerisce un'assenza di effetti*) è stata messa a punto nella *Coordination Action EMF* nell'ambito del programma Europeo FP6

<b>Effetto valutato</b>	<b>Forza dell'evidenza</b>
<b>Tumori</b>	
Leucemia nei bambini	Limitata
Tumori cerebrali nei bambini	Inadeguata
Tumori cerebrali negli adulti	Inadeguata
Tumore mammario negli adulti	Assenza d'effetto
Altri tumori (sia in bambini che adulti)	Inadeguata
<b>Patologie neurodegenerative</b>	
Malattia di Alzheimer	Inadeguata
Sclerosi laterale amiotrofica (SLA)	Inadeguata
Altre patologie neurodegenerative	Inadeguata
<b>Effetti riproduttivi</b>	
Tutti	Inadeguata
<b>Patologie cardiovascolari</b>	
Tutti	Assenza d'effetto
<b>Benessere</b>	
Elettrosensibilità	Assenza d'effetto
Sintomi	Inadeguata

**Tabella 6. Valutazioni complessive dei dati della letteratura scientifica del gruppo *European Health Risk Assessment Network On Electromagnetic Fields Exposure* (EFHRAN, 2012) sui possibili effetti delle esposizioni a bassi livelli di RF.**

<b>Effetto valutato</b>	<b>Forza dell'evidenza</b>
<b>Tumori</b>	
Leucemia nei bambini	Inadeguata
Tumori cerebrali nei bambini	Inadeguata
Tumori cerebrali negli adulti	Limitata
Tumore mammario negli adulti	Inadeguata
Altri tumori (sia in bambini che adulti)	Inadeguata
<b>Patologie neurodegenerative</b>	
Malattia di Alzheimer	Inadeguata
Sclerosi laterale amiotrofica (SLA)	Inadeguata
Altre patologie neurodegenerative	Inadeguata
<b>Effetti riproduttivi</b>	
Tutti	Inadeguata
<b>Patologie cardiovascolari</b>	
Tutti	Inadeguata
<b>Benessere</b>	
Elettrosensibilità	Assenza d'effetto
Sintomi	Inadeguata

## 4. Aspetti normativi per la prevenzione del rischio occupazionale da CEM

### 4.1 La normativa Italiana per la prevenzione del rischio occupazionale da CEM

Le disposizioni specifiche per la protezione dei lavoratori esposti a CEM, che comprendono la sorveglianza sanitaria (SS), sono contenute nel Titolo VIII del D.lgs. 81/2008, dedicato agli agenti fisici, ulteriormente suddiviso in sei Capi. Sono di interesse specifico in questa sede il primo, che fornisce delle Disposizioni Generali, ed il IV, dedicato invece in modo specifico ai CEM (0 Hz - 300 GHz), oltre al VI sulle sanzioni.

Il Capo I è entrato in vigore il 1/1/2009, pertanto anche tutti gli obblighi specificamente richiamati in tale capo, inclusi quelli di valutazione del rischio e di informazione e formazione dei lavoratori esposti, sono formalmente in vigore da tale data. Le misure specifiche comprese nel Capo IV sono invece entrate in vigore solo il 2 settembre 2016, in seguito alla pubblicazione del D.lgs. 159/2016 che, recependo la Direttiva 2013/35/UE, ha introdotto varie modifiche sostanziali al Capo IV.

Il testo del D.lgs. 159/2016, che riprende in modo abbastanza letterale quello della Direttiva Europea, prende in considerazione in modo esplicito *"i rischi per la salute e la sicurezza derivanti dall'esposizione ai campi elettromagnetici (da 0 Hz a 300 GHz), come definiti dall'articolo 207, durante il lavoro"*, ma limitatamente a quelli "per la salute e la sicurezza dei lavoratori dovuti agli effetti biofisici diretti e agli effetti indiretti noti provocati dai campi elettromagnetici". (Art. 206, comma 1), mentre esplicitamente escluse quelli a lungo termine (*"non riguarda la protezione da eventuali effetti a lungo termine e i rischi risultanti dal contatto con i conduttori in tensione"*. Art. 206, comma 3).

Sebbene il razionale di questa scelta non venga esplicitato nel testo del recepimento italiano, viene ben chiarito nel preambolo della Direttiva 2013/35/UE, da cui il D.lgs. 159/2016 deriva: *"La presente Direttiva non affronta le ipotesi di effetti a lungo termine derivanti dall'esposizione a campi elettromagnetici, dal momento che non si dispone attualmente di prove scientifiche accertate dell'esistenza di una relazione causale"*.

Cosa siano gli «effetti biofisici diretti» e gli «effetti indiretti» ai sensi del Decreto viene precisato all'art. 207:

*b) «effetti biofisici diretti»: effetti provocati direttamente nel corpo umano dalla presenza di un campo elettromagnetico, che comprendono:*

1) effetti termici, quali il riscaldamento dei tessuti a causa dell'assorbimento di energia dai campi elettromagnetici nei tessuti medesimi;

2) effetti non termici, quali la stimolazione di muscoli, nervi e organi sensoriali. Tali effetti possono essere di detrimento per la salute mentale e fisica dei lavoratori esposti. Inoltre, la stimolazione degli organi sensoriali può comportare sintomi transitori quali vertigini e fosfene. Inoltre, tali effetti possono generare disturbi temporanei e influenzare le capacità cognitive o altre funzioni cerebrali o muscolari e possono, pertanto, influire negativamente sulla capacità di un lavoratore di operare in modo sicuro;

3) correnti negli arti;

c) «effetti indiretti»: effetti provocati dalla presenza di un oggetto in un campo elettromagnetico, che potrebbe essere causa di un pericolo per la salute e sicurezza, quali:

1) interferenza con attrezzi e dispositivi medici elettronici, compresi stimolatori cardiaci e altri impianti o dispositivi medici portati sul corpo;

2) rischio propulsivo di oggetti ferromagnetici all'interno di campi magnetici statici;

3) innescio di dispositivi elettro-esplosivi (detonatori);

4) incendi ed esplosioni dovuti all'accensione di materiali infiammabili a causa di scintille prodotte da campi indotti, correnti di contatto o scariche elettriche;

5) correnti di contatto.

A proposito delle correnti negli arti bisogna effettuare alcune precisazioni, evidenziando, in primo luogo, l'apparente scarsa coerenza nel considerarle come effetti biofisici diretti dei CEM, così come previsto dalla Direttiva 2013/35/UE, in una terza categoria di effetti distinta dagli effetti termici e non termici: unicamente queste due tipologie di meccanismi biofisici sono riconosciute come base per la comparsa di possibili effetti diretti; le correnti negli arti, come descritto nel paragrafo 3.3.4, rappresentano più propriamente non tanto un gruppo separato di effetti, quanto delle grandezze di riferimento utilizzate per assicurare il rispetto delle restrizioni di base in termini di SAR, fissate per la prevenzione degli effetti termici.

Per la prevenzione degli effetti dei CEM considerati dalla normativa, vengono definiti dei valori limite di esposizione (VLE) e dei valori di azione (VA) (art. 207), analoghi a quelli introdotti dalla Direttiva, e a loro volta basati sulle indicazioni dell'ICNIRP.

Tali valori che trovano la loro base teorica nei concetti di restrizione di base e di grandezze di riferimento, il cui rationale è trattato nel paragrafo 3.3, sono definiti come:

I. «valori limite di esposizione (VLE)», 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;

II. «VLE relativi agli effetti sanitari», VLE 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;

III. «VLE relativi agli effetti sensoriali», VLE al di sopra dei quali i lavoratori potrebbero essere soggetti a disturbi transitori delle percezioni sensoriali e a modifiche minori nelle funzioni cerebrali;

IV. «valori di azione (VA)», livelli operativi stabiliti per semplificare il processo di dimostrazione della conformità ai pertinenti VLE o, ove appropriato, per prendere le opportune misure di protezione o prevenzione specificate nel presente capo, nell'allegato XXXVI, parte II:

*1) per i campi elettrici, per «VA inferiori» e «VA superiori» s'intendono i livelli connessi alle specifiche misure di protezione e prevenzione stabilite nel presente capo*

*2) per i campi magnetici, per «VA inferiori» s'intendono i valori connessi ai VLE relativi agli effetti sensoriali e per «VA superiori» i valori connessi ai VLE relativi agli effetti sanitari.*

Alcune eccezioni sono peraltro possibili: ai sensi dell'art. 208 commi 4, 5, e 6, si prevede che, previa comunicazione all'organo di vigilanza territorialmente competente, i VA inferiori, nonché gli stessi VLE relativi agli effetti sensoriali, possano essere superati, seppur in modo temporaneo durante il ciclo lavorativo, purché non vengano superati anche i VLE per gli effetti sanitari e siano rispettate una serie di ulteriori condizioni, tra le quali assume particolare importanza la dimostrazione dell'assenza di rischi per la salute e la sicurezza e la formazione/informazione specifica, ai sensi dell'art. 210-bis, dei lavoratori interessati, anche per tramite del Medico Competente.

In particolari situazioni, peraltro, anche i VLE per gli effetti sanitari potrebbero essere superati. L'art. 212 prevede infatti che il Ministero del lavoro e delle politiche sociali, di concerto con il Ministero della salute, possa concedere delle deroghe *"su richiesta del datore di lavoro e in presenza di specifiche circostanze documentate e soltanto per il periodo in cui rimangono tali"*. I criteri e le modalità per tali deroghe devono ancora essere definiti con un apposito decreto del Ministro del lavoro, di concerto con il Ministro della salute. Va tuttavia precisato che tali eventuali deroghe, nell'intenzione del legislatore, non devono nel modo più assoluto comportare che i lavoratori siano soggetti a sperimentare effetti sanitari; condizione imprescindibile di

applicabilità rimane infatti che il lavoratore sia protetto da qualsiasi tipo di effetto nocivo e rischio per la sicurezza.

#### **4.2 Basi normative e giuridiche per la sorveglianza sanitaria dei lavoratori per il rischio da CEM**

Il D.lgs. 81/2008, principale normativa di riferimento attualmente vigente in tema di tutela della salute e sicurezza nei luoghi di lavoro, affida le attività di sorveglianza sanitaria (SS) al Medico Competente (MC) formalmente nominato dal Datore di Lavoro (DL).

Oltre ai requisiti formali necessari per essere nominato Medico Competente, previsti dall'Art. 38 del D.lgs. 81/2008, presupposto necessario per assumere l'incarico di svolgere attività di SS per i rischi da CEM è che il medico abbia tutte le necessarie conoscenze nel campo della fisica delle radiazioni non ionizzanti, delle interazioni con i sistemi biologici e degli effetti che possono essere indotti, nonché delle attività da attuare per la prevenzione del rischio e, altrettanto importante, che le mantenga regolarmente aggiornate.

Questa competenza complessiva specifica è necessaria in quanto la SS costituisce solo uno degli obblighi che la normativa, in particolare nell'Art. 25 del D.lgs. 81/2008, affida al MC nominato. Tali obblighi, va evidenziato con forza, sono tra loro sia coerenti che interdipendenti.

Senza entrare nei dettagli, ma volendo contestualizzare gli obblighi del MC nel caso di esposizione dei lavoratori ai CEM, vanno richiamati in questa sede almeno:

- la collaborazione alla valutazione del rischio ed alla predisposizione dell'attuazione delle misure per la tutela della salute e dell'integrità psico-fisica dei lavoratori,
- la programmazione ed effettuazione della sorveglianza sanitaria (art. 41, art. 185, comma 1 e 2; art. 211 del D.lgs. 81/2008) in accordo con le più aggiornate conoscenze sul rischio da CEM e nel rispetto dei principi della medicina del lavoro e dell'etica occupazionale,

• la predisposizione ed aggiornamento della cartella sanitaria e di rischio, e tutte le successive incombenze in termini di gestione di tale documento,

• una corretta ed equilibrata informazione ai lavoratori sul rischio, sulle condizioni che possono comportare una maggiore sensibilità al rischio da esposizione a CEM e sulle misure adeguate da adottare per la prevenzione; una corretta informazione è ancora più importante per un rischio che si presta a distorsioni della percezione (una panoramica articolata sull'aspetto dell'informazione e della formazione in relazione all'esposizione dei

lavoratori a CEM è fornita, soprattutto per la parte di pertinenza del Medico Competente, nelle Raccomandazioni 7.5a, 7.5b, 7.5c, 7.5d e 7.5e).

- la comunicazione degli esiti dell'attività di SS e di tutte le ulteriori informazioni necessarie per un'efficace prevenzione del rischio da CEM nel corso delle riunioni previste; per questo rischio sembra opportuno ricordare anche la necessità di tempestiva comunicazione della eventuale presenza in azienda di soggetti con particolare sensibilità al rischio;

- la collaborazione alla organizzazione del servizio di primo soccorso tenendo conto delle caratteristiche e peculiarità dei CEM;

- la visita degli ambienti di lavoro, da ripetersi periodicamente, che costituisce una parte integrante essenziale per tutte le attività descritte.

Per svolgere adeguatamente il ruolo, le competenze del medico devono quindi includere almeno:

- la conoscenza delle norme relative al rischio da CEM nei lavoratori ed alla sua prevenzione;

- il possesso di sufficienti informazioni sul rischio e sulle sorgenti;

- un'aggiornata conoscenza sui meccanismi di interazione, sugli effetti e le condizioni di maggiore sensibilità al rischio, e sugli eventuali accertamenti, anche specialistici, opportuni per evidenziare la eventuale comparsa di effetti e valutarli;

- un'adeguata conoscenza sugli eventuali interventi necessari in caso di esposizioni superiori ai limiti.

Sulla base delle conoscenze disponibili, la SS specifica per i CEM deve considerare, in rapporto alle condizioni di esposizione, i possibili effetti diretti di tipo termico e di stimolazione sui tessuti eccitabili, nonché quelli indiretti quali l'interferenza con dispositivi medici impiantabili attivi ed altri dispositivi indossati o inclusi ferromagnetici presenti, e gli effetti elencati nel D.lgs. 81/2008 e trattati nella apposita sezione di questo documento, tenendo anche conto della eventuale esistenza di condizioni che possano comportare una particolare suscettibilità (si vedano al riguardo le Raccomandazioni 7.7a, 7.7b e 7.7c).

Nel passato, la programmazione e le modalità di effettuazione della SS, e perfino la stessa necessità di SS dei lavoratori esposti a CEM, sono stati oggetto di discussione, e le posizioni assunte sono state anche differenti. Attualmente il quadro normativo è più definito e, in Italia, segue quanto previsto dal D.lgs. 81/2008, così come modificato dal D.lgs. 159/2016, che recepisce in modo sostanzialmente fedele la Direttiva Europea 2013/35/UE.

Verranno illustrati di seguito i presupposti giuridico-normativi che guidano l'attuazione della sorveglianza sanitaria e le condizioni (lavorative) che definiscono i lavoratori sui quali effettuarla (al riguardo si veda anche il prospetto riassuntivo riportato nella Raccomandazione 7.6).

Per quanto riguarda i presupposti giuridico-normativi che guidano l'attuazione della sorveglianza sanitaria, l'art. 185 comma 1 del D.lgs. 81/2008 richiama i principi dell'art. 41 dello stesso decreto e stabilisce che la sorveglianza sia effettuata dal medico competente con le modalità e nei casi previsti ai rispettivi capi (agenti fisici) sulla base dei risultati della valutazione del rischio.

L'art. 211, al comma 1, come modificato dal D.lgs. 159/16, specifica inoltre che *"La sorveglianza sanitaria viene effettuata periodicamente, di norma una volta l'anno o con periodicità inferiore decisa dal medico competente con particolare riguardo ai lavoratori particolarmente sensibili al rischio di cui all'articolo 183, tenuto conto dei risultati della valutazione dei rischi trasmessi dal datore di lavoro"*.

L'esplicito e ripetuto riferimento ai risultati della valutazione del rischio rende, quindi, coerente anche l'applicazione del richiamato regime di sorveglianza sanitaria per quei lavoratori esposti a campi elettromagnetici che appartengano a "gruppi particolarmente sensibili al rischio" (persone che, come argomentato in altra parte, in ragione di specifiche condizioni fisiologiche o patologiche, presentano, potenzialmente, una maggiore suscettibilità al rischio di effetti avversi indotti dai CEM).

Il comma 2 dell'art. 185 definisce l'obbligo di revisione della valutazione del rischio qualora la sorveglianza sanitaria riveli un'alterazione apprezzabile, correlata ai rischi lavorativi, dello stato di salute di un lavoratore. Il datore di lavoro deve tenere conto del parere del Medico Competente nell'attuazione delle misure necessarie a ridurre o eliminare il rischio. In questo modo viene ulteriormente perseguito l'obiettivo di non far ricadere sul lavoratore, in termini di giudizio di idoneità, le conseguenze dell'inadeguatezza dell'ambiente di lavoro (in tal caso è l'ambiente a non essere idoneo, e non il lavoratore).

Il comma 2 dell'art. 211 riguarda invece l'obbligo di sottoporre il lavoratore ad un "controllo medico (terminologia ripresa in modo letterale dal testo della Direttiva 2013/35) e, se necessario, una sorveglianza sanitaria appropriata", in due specifiche fattispecie:

- nei casi in cui un lavoratore "segnali effetti indesiderati o inattesi sulla salute, ivi compresi effetti sensoriali";
- nei casi in cui sia stata rilevata un'esposizione superiore ai VLE per gli effetti sensoriali o per gli effetti sanitari.

La formula del "controllo medico" (peraltro già precedentemente introdotta dall'art. 218 per le radiazioni ottiche) è da considerarsi a tutti gli effetti

come parte integrante della sorveglianza sanitaria di cui all'art.41, e include almeno una visita, opportunamente integrata, ove necessario, da eventuali ulteriori approfondimenti e di follow-up.

Relativamente alla questione circa l'esito idoneativo di tale "controllo", fermo restando la generale liceità normativa della visita e del conseguente giudizio di idoneità ai sensi del rimando riportato all'art. 211 ("in conformità all'art. 41"), si suggeriscono alcune ulteriori fattispecie attraverso le quali affrontare il problema formale.

- Se il controllo deriva da una segnalazione di effetti "indesiderati o inattesi", sarà possibile registrare la visita anche come "su richiesta del lavoratore" (art. 41 c. 2 c) ed esprimere il relativo giudizio.

- Se deriva da un superamento dei VLE, la visita potrà essere equiparata ad una visita per cambio mansione, in funzione della mutata valutazione del rischio (art 41 c. 2 b);

- Qualora il superamento del VLE abbia dato luogo ad un allontanamento dal lavoro per un periodo superiore ai 60 gg, potrà essere altresì equiparata ad una visita "precedente alla ripresa del lavoro" (art 41 c. 2 e-ter).

Il comma 3 dell'art. 211 merita un commento a parte. Il testo recita: "*I controlli e la sorveglianza di cui al presente articolo sono effettuati, a cura e spese del datore di lavoro, in orario scelto dal lavoratore*".

Se la prima parte del comma appare ridondante, essendo già espressamente previsto in altra parte del D.lgs. 81/2008 che tale obbligo deve essere a carico del DL, la seconda parte ha sollevato numerosi interrogativi.

Come si evince dalla lettura del testo della Direttiva 2013/35/UE (anche del testo ufficiale in lingua inglese), nel comma 2 dell'art. 8, secondo e terzo periodo, si affronta il caso nel quale, sia a seguito di segnalazione del lavoratore di comparsa di effetti indesiderati o inattesi sulla salute, sia per il rilevamento di una esposizione superiore ai valori limite di esposizione, il datore di lavoro deve garantire al lavoratore "un controllo medico o una sorveglianza sanitaria individuale", procedure evidentemente diverse dalla routinaria attività di sorveglianza sanitaria (il riferimento è all'art. 14 della direttiva 89/391/CEE ed oggi inserito all'art. 41 del D.lgs. 81/2008). Per tale fattispecie ("la possibilità di sottoporsi a tale controllo o sorveglianza"), e solo per questa, si fa riferimento all'opzione di scelta, da parte del lavoratore, dell'orario di effettuazione del controllo medico.

Nel testo recepito, invece, tale opzione di scelta dell'orario di effettuazione dei controlli sanitari si riferisce a tutta l'attività normata dall'articolo 211, quindi a tutta l'attività di sorveglianza sanitaria. Si ritiene tuttavia, alla luce del complesso delle disposizioni del D.lgs. 81/2008, che tale possibilità di scelta da parte del lavoratore debba intendersi riferita a una rosa di opzioni proposta dal datore di lavoro e dal medico competente.



## 5. La sorveglianza sanitaria di lavoratori con rischio occupazionale da CEM

### 5.1 Impostazione generale della Sorveglianza sanitaria e necessità della sua attivazione

Passo preliminare per l'impostazione di una adeguata sorveglianza sanitaria, che viene attivata rispetto alla valutazione di un rischio occupazionale specifico, è l'individuazione del relativo "campo di applicazione", ovvero, nel caso dei CEM, l'individuazione dei lavoratori che saranno destinatari della SS. Una volta individuati tali lavoratori, si tratterà di impostare un protocollo di sorveglianza adeguato a questa specifica categoria di rischio, cioè rispettoso della norma ma basato sulle consolidate conoscenze disponibili circa i potenziali effetti dannosi attribuibili ai CEM, oltre che nel rispetto dei principi della medicina del lavoro e dell'etica occupazionale.

La questione di chi considerare "lavoratore esposto" accompagna fin dall'inizio le valutazioni di rischio CEM in ambito professionale e le relative normative di prevenzione e protezione, senza però addivenire ad una definizione chiara e condivisa.

Il primo esempio è dato dalla Legge 36/2001 (legge quadro sulla protezione dai campi elettromagnetici) all'art. 2 comma 1, lettera f), nella quale viene sancito che l'esposizione dei lavoratori è "*ogni tipo di esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici che, per la loro specifica attività lavorativa, sono esposti a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici*". Una indicazione molto estensiva che non fa nessun riferimento a livelli di esposizione che potrebbero individuare, come è oggi prassi consolidata per altri fattori di rischio lavorativi, diversi livelli di rischio per le varie categorie di lavoratori sulle quali basare le attività di SS.

Anche la Direttiva 2013/35/UE, che fa riferimento ai "*lavoratori esposti*" per individuare obblighi e procedure, non fornisce alcuna definizione di questi. Le stesse lacune sono riscontrabili nel D.lgs. 159/2016, recepito come Capo IV del Titolo VIII (Agenti Fisici) del D.lgs. 81/2008, dove non è possibile reperire una definizione di lavoratore esposto sul quale poi attivare la SS.

Come detto, oggi è prassi comune ricondurre la identificazione di lavoratori "esposti" (e quindi da sottoporre a sorveglianza sanitaria) alla individuazione di livelli di esposizione superiori ad un valore giudicato "sicuro" per la popolazione generale. Molti esempi possono essere fatti in questo senso, sia per agenti chimici pericolosi che per agenti fisici.

Nella esposizione ai CEM si configurano però alcune peculiari situazioni che non permettono di adottare in modo universale, esteso a tutta la popolazione lavorativa, i medesimi criteri poiché, ad esempio, esiste la possibilità di interferenza dei DMIA anche a valori di esposizione inferiori ai citati livelli di riferimento per la popolazione. Questa situazione, e altre analoghe condizioni, impediscono di fatto la possibilità di applicare in modo automatico tale criterio all'ambito della esposizione professionale a CEM.

La normativa vigente, sebbene non definisca il lavoratore esposto, fornisce tuttavia per gli agenti fisici il percorso attraverso il quale affrontare il problema. Infatti, l'art.185 (Capo I del Titolo VIII - Agenti fisici) prevede l'attuazione della sorveglianza sanitaria vincolandola esplicitamente alla valutazione del rischio, indicando quindi nei fatti che da quest'ultima il MC deve derivare le informazioni necessarie per individuare i lavoratori da sorvegliare.

È di estrema importanza ricordare a questo punto che la VdR relativa ai rischi per la salute non è solo valutazione della esposizione, ma deve includere anche una comparazione tra tale esposizione e lo stato di salute del lavoratore soggetto a quella esposizione, per evidenziarne e quantificarne i possibili rischi.

In questa ottica possiamo quindi definire come **lavoratori da sottoporre a SS** quelli che, in funzione sia dei livelli e delle modalità di esposizione, sia del loro stato di salute, **potrebbero avere conseguenze sanitarie negative in relazione allo svolgimento delle proprie attività lavorative che comportano l'esposizione a CEM**.

Per queste finalità, come già detto, è necessario quindi caratterizzare due «variabili», strettamente interconnesse ai fini della valutazione del rischio:

1. le condizioni di esposizione professionale a CEM (che comprendono sia i livelli, ma anche le specifiche modalità con le quali l'esposizione avviene in quella data mansione e in quelle condizioni lavorative) che possono concretizzare rischi per la salute.

2. Lo specifico stato di salute di quegli addetti, che può rappresentare un rischio in quelle determinate situazioni lavorative.

Il primo passo, quindi, per effettuare una corretta ed esaustiva valutazione del rischio sarà, dopo aver censito le apparecchiature/luoghi di lavoro con emissione/presenza di CEM, quello di individuare (attraverso la valutazione e, se necessario, la misura o il calcolo ai sensi dell'art 209 del D.lgs. 81/2008) le situazioni nelle quali potrebbero concretizzarsi effetti avversi, in particolare (ma non esclusivamente) sui soggetti particolarmente sensibili, e per queste prevedere l'attivazione della SS, escludendone invece altre che non presentano tale evenienza.

Per alcune di queste ultime, poiché in caso di comportamenti inappropriati da parte di soggetti particolarmente sensibili al rischio (specialmente per i portatori di DMIA) potrebbero comunque configurarsi dei rischi, sarà necessario prevedere una specifica attività formativa, su questi lavoratori, per un corretto utilizzo delle sorgenti.

Sulla base pertanto del censimento delle apparecchiature/luoghi di lavoro con emissione/presenza di CEM saranno individuati tre raggruppamenti:

a) Condizioni che, per modalità operative e livelli di esposizione, possono essere giudicate, sulla base della letteratura e della normativa tecnica, come "non a rischio sanitario" anche per i soggetti particolarmente sensibili. In tali casi la SS non sarà attivata. Un elenco esemplificativo di tali situazioni è riportato nella Raccomandazione 7.2c del presente documento.

b) Condizioni che, per modalità operative e livelli di esposizione, sulla base della letteratura e della normativa tecnica, non presentano in generale rischi per la salute ma necessitano, in caso di presenza di lavoratori portatori di DMIA o di dispositivi medici indossabili attivi, di una loro adeguata e specifica formazione in relazione alle modalità di gestione della sorgente di CEM, in particolare delle distanze di sicurezza da rispettare per garantire l'immunità elettromagnetica del dispositivo. Sarà in questo caso sufficiente individuare questi lavoratori e fornire loro adeguata informazione/formazione seguendo, ove presenti, le indicazioni del fabbricante del dispositivo, senza sottoporli alla sorveglianza sanitaria propriamente detta, in questo caso non necessaria.

Nei citati ambiti lavorativi si propone l'utilizzo di uno specifico questionario (Questionario CEI EN 50527-1, modificato), riportato nella Raccomandazione 7.8b del presente documento, che dovrà essere compilato da tutti gli addetti con modalità da definirsi in funzione delle specifiche realtà lavorative ma che, in tutti i casi, dovranno sempre garantire i necessari requisiti di segretezza, ed essere visionato dal solo MC il quale, in caso di riscontro di un lavoratore portatore di DMIA o di dispositivo medico indossabile attivo, informerà il DL della necessità, per il lavoratore interessato, di attivare una formazione specifica. Tale formazione sarà svolta dal MC, anche in conformità a quanto previsto dall'articolo 210-bis del D.lgs. 81/2008, il quale porrà in atto ogni eventuale ulteriore azione ritenuta opportuna. Un elenco non esaustivo di tali situazioni è riportato nella Raccomandazione 7.2b del presente documento.

c) Condizioni che, per modalità operative e livelli di esposizione, sulla base della letteratura e della normativa tecnica, possono determinare concreti rischi per la salute dei lavoratori, in tutti i casi per quelli con particolari

sensibilità al rischio, talora anche per i lavoratori "standard", specificamente per quelli che siano soggetti ad un regime di flessibilità/deroghe per gli effetti sensoriali/sanitari. Per tali lavoratori verrà quindi attivato un piano di sorveglianza sanitaria.

Non è, allo stato attuale, possibile prevedere una elencazione esaustiva di sorgenti/luoghi di lavoro per i quali prevedere l'attivazione o meno della SS, in relazione alla continua evoluzione tecnologica ed anche alle differenti modalità operative proprie dei diversi compatti lavorativi, nonché per il mutare delle condizioni di particolare sensibilità al rischio (per i portatori di DMIA).

È possibile, però, attingendo alla ormai vasta letteratura, ai documenti tecnici internazionali, ad esempio la "*Guida non vincolante di buone prassi per l'attuazione della direttiva 2013/35/UE relativa ai campi elettromagnetici*" (a cura della Commissione Europea - Direzione Generale per l'Occupazione, gli Affari Sociali e l'Inclusione – 2015), ed a strumenti operativi come la Banca Dati del Portale Agenti Fisici (PAF), proporre indicazioni pratiche che, sebbene non comprensive di tutte le realtà lavorative, possono essere di riferimento per gli obiettivi sopra definiti. Un elenco non esaustivo di tali situazioni è riportato nella Raccomandazione 7.2a del presente documento.

Come conclusione si sottolinea che la necessità di mettere in atto le attività citate, complesse e delicate sotto vari aspetti incluso il punto di vista del rispetto della privacy, con la necessità di considerare e integrare un insieme di indicazioni di natura giuridica e tecnica (riassunte nelle Raccomandazioni 7.1a e 7.1b), evidenzia bene come il ruolo del MC nella valutazione del rischio da CEM e nella sua prevenzione non sia di mera collaborazione, bensì di partecipazione attiva.

## 5.2 Contenuti della sorveglianza sanitaria

Applicando la consolidata dottrina della Medicina del Lavoro e della Radioprotezione Medica al particolare settore dei CEM, è possibile ricordare, anche in questa sede, i principali contenuti che devono caratterizzare lo svolgimento della sorveglianza sanitaria.

### a) Aspetti organizzativi

Prima ancora di iniziare le attività di controllo sanitario il MC ha la necessità di predisporre il sistema che renderà operativamente realizzabile la sua attività di tutela della salute dei lavoratori esposti. Per il raggiungimento di tali finalità si possono elencare schematicamente alcuni dei punti rilevanti da attuare.

- Predisposizione di un sistema organizzativo/gestionale per l'effettuazione della sorveglianza sanitaria, anche con affidamento di unità di personale, che dovrà/dovranno essere adeguatamente formata/e.

- Predisposizione e verifica dei processi relativi ai flussi informativi atti a garantire la tempestività delle informazioni e l'efficacia del sistema.
- Collaborazione alla valutazione complessiva delle attività lavorative svolte (modalità e tempi delle procedure), delle apparecchiature (sorgenti) in uso, delle valutazioni dei livelli di esposizione ai CEM effettuate. Si tratta in pratica della collaborazione alla VdR.
- Predisposizione del protocollo di SS mirato al rischio (per mansione e, se necessario, adeguato al singolo lavoratore) sulla base delle informazioni acquisite, secondo le indicazioni della più aggiornata letteratura scientifica e nel rispetto dei principi della Medicina del Lavoro e dell'etica occupazionale.
- Collaborazione alla predisposizione/effettuazione del programma di informazione/formazione mirata al rischio dei lavoratori esposti.

b) Aspetti esecutivi

Una volta predisposta l'organizzazione ed acquisite le necessarie informazioni, sarà possibile procedere alla vera e propria sorveglianza, che, come detto, prevede diversi momenti e contenuti, qui di seguito descritti.

- *Visita preventiva*

L'atto della visita preventiva riveste, per molte ragioni, una importanza particolare, poiché permette di "inquadrare" il lavoratore definendo le sue specifiche condizioni di salute, che dovranno essere valutate in termini di compatibilità con il rischio proprio delle attività alle quali verrà adibito.

Nel concreto, la visita preventiva deve prevedere la raccolta di una serie di dati rilevanti, che andranno a costituire la base della SS. In particolare, vanno considerati i seguenti punti:

- Acquisizione di informazioni sulla mansione (utilizzo di attrezzature con emissione di CEM, modalità e tempi delle procedure) e sulle stime/misure dei livelli di esposizione. In questo senso molto utili sono, oltre ad un'adeguata conoscenza del DVR, i contatti e gli scambi di informazioni con l'RSPP, ma anche i colloqui preliminari effettuati direttamente in sede di sopralluogo con i lavoratori che svolgono le specifiche attività.

- Acquisizione anamnestica di eventuali pregresse esposizioni lavorative in situazioni analoghe all'attuale ed eventuali sintomi correlati (NB: questi elementi sono di fondamentale importanza in particolare per i soggetti portatori di DMIA, ai fini dell'espressione del giudizio di idoneità).

- Acquisizione anamnestica di informazioni sulla presenza di situazioni di particolare sensibilità al rischio:

- In caso di presenza di DMIA o di dispositivi medici indossabili attivi: acquisizione di informazioni dettagliate sulle caratteristiche tecniche

e sulle raccomandazioni che ne limitano l'uso, normalmente ricevute dal lavoratore in occasione dell'impianto, o eventualmente acquisibili presso la struttura che ha provveduto all'impianto o dal fornitore/costruttore del dispositivo;

- In caso di altre condizioni di particolare sensibilità al rischio: acquisizione dettagliata di informazioni specifiche utili alla successiva espressione di idoneità.

- Acquisizione anamnestica di sintomi legati ad effetti sensoriali potenzialmente attribuibili all'esposizione a rilevanti livelli di CEM; a questo scopo possono essere utili dei questionari come quello inserito, a titolo d'esempio, alla fine di questo capitolo.

- Valutazione di accertamenti specialistici precedentemente effettuati dal lavoratore, con attenzione alla individuazione di possibili condizioni di particolare sensibilità al rischio.

- Illustrazione al lavoratore degli esiti e del significato delle esposizioni e dei relativi limiti.

- Esecuzione dell'esame obiettivo, sempre finalizzato alla rilevazione di situazioni di particolare sensibilità al rischio.

- Sulla base dei dati anamnestici e dell'esame obiettivo (EO), valutazione su base individuale della necessità di ulteriori accertamenti.

- Illustrazione al lavoratore degli esiti e del significato degli accertamenti eseguiti.

- Informazione al lavoratore "non particolarmente sensibile al rischio" sulla necessità di segnalare allo stesso MC la eventuale insorgenza di tali condizioni o la comparsa di segni/sintomi ("effetti indesiderati o inattesi") riconducibili all'esposizione.

- In caso di presenza di DMIA o di dispositivi medici indossabili attivi: informazione/formazione specifica sul corretto comportamento e utilizzo del dispositivo in relazione ai CEM presenti nel luogo di lavoro e sulle eventuali precauzioni da adottare.

- In caso di altre condizioni di particolare sensibilità al rischio: informazione/formazione specifica sulle eventuali precauzioni da adottare e sulla necessità di tempestiva informazione al MC in caso di comparsa di segni/sintomi ("effetti indesiderati o inattesi") riferibili all'esposizione a CEM.

- Espressione delle valutazioni conclusive della SS e del giudizio di idoneità alla mansione che espone al rischio.

- Trasmissione del giudizio di idoneità (al Datore di Lavoro e al Lavoratore) e gestione documentale.

### - Visita periodica

Analogamente alla visita preventiva, per le visite periodiche, quando previste, sarà necessario mettere in atto una serie di azioni che ne permettano il corretto svolgimento, in particolare le seguenti:

- Aggiornamento anamnestico sulla eventuale evoluzione delle condizioni di particolare sensibilità al rischio (con acquisizione, ad esempio, di nuova documentazione tecnica relativa al DMIA o al dispositivo medico indossabile attivo e ad eventuali modifiche di impianto/uso) e sulla comparsa di condizioni di particolare sensibilità al rischio diverse da quella/e già riscontrata/e, rilevabili, ad esempio, con una nuova somministrazione del questionario anamnestico per impianti attivi e non attivi di cui alla Norma EN 50527-1.

- Acquisizione anamnestica di sintomi legati ad effetti sensoriali potenzialmente attribuibili all'esposizione a rilevanti livelli di CEM; a questo scopo possono essere utili dei questionari come quello inserito, a titolo d'esempio, alla fine di questo capitolo.

- Valutazione di eventuali esami strumentali o visite specialistiche richieste.

- Esame obiettivo.

- Illustrazione al lavoratore degli esiti e del significato degli accertamenti eseguiti.

- In caso di presenza di DMIA o di dispositivo medico indossabile attivo: rinnovo della informazione/formazione specifica sul corretto comportamento e utilizzo del dispositivo in relazione ai CEM presenti nel luogo di lavoro e sulle eventuali precauzioni da adottare.

- In caso di altre condizioni di particolare sensibilità al rischio: rinnovo della informazione/formazione specifica sulle eventuali precauzioni da adottare e sulla necessità di tempestiva informazione al MC in caso di comparsa di segni/sintomi riferibili all'esposizione a CEM.

- Rinnovo delle informazioni al lavoratore "non particolarmente sensibile al rischio" sulla necessità di segnalare allo stesso MC la eventuale insorgenza di condizioni di sensibilità o la comparsa di segni/sintomi ("effetti indesiderati o inattesi") che possano essere considerati riconducibili all'esposizione.

- Espressione delle valutazioni conclusive della SS e del giudizio di idoneità alla mansione che espone al rischio.

- Trasmissione del giudizio di idoneità (al Datore di Lavoro e al Lavoratore) e gestione documentale.

### *- Controllo medico*

Il controllo medico, che può essere catalogato come una visita medica "straordinaria", è previsto in due casi diversi:

- Controllo medico in occasione di superamento dei VLE, per accettare e gestire la presenza di eventuali effetti a breve termine e valutare la effettuazione di ulteriori accertamenti sanitari opportuni a scopo diagnostico e/o per monitorarne l'evoluzione.
- Controllo medico in occasione di segnalazione di comparsa di effetti indesiderati o inattesi sulla salute, ivi compresi effetti sensoriali, per valutarne l'associazione con l'esposizione e monitorarne l'evoluzione, anche attraverso accertamenti sanitari mirati.

Entrambe queste visite esiteranno in valutazioni conclusive (da trascrivere nella Cartella Sanitaria) e nell'espressione del giudizio di idoneità alla mansione che espone al rischio (cioè alla prosecuzione dell'attività lavorativa con esposizione), che sarà trasmesso al Datore di lavoro ed al Lavoratore.

### **5.3 Indicazioni generali per l'effettuazione della sorveglianza sanitaria e l'espressione del giudizio di idoneità alla mansione specifica**

#### *Protocollo di SS*

In relazione alla impostazione precedentemente illustrata circa la necessità, a valle della valutazione dell'esposizione, di individuare e gestire i lavoratori "particolarmente sensibili al rischio" in funzione degli spettri di frequenza dei CEM considerati, il protocollo di SS viene di seguito illustrato e riportato schematicamente nell'apposita sezione (Raccomandazione 7.8a):

- Visita preventiva per tutti i lavoratori individuati dalla VdR come "elegibili" alla SS.
  - Visita periodica, di norma annuale ma con periodicità diversa sulla base delle condizioni del lavoratore e dei livelli di esposizione per i lavoratori riconosciuti come "particolarmente sensibili" e per quelli con esposizioni sistematicamente superiori ai VLE (flessibilità/deroga).
  - Visita periodica, di norma quadriennale ma con periodicità diversa sulla base delle condizioni del lavoratore e dei livelli di esposizione per i lavoratori riconosciuti "non particolarmente sensibili" e "non sistematicamente esposti oltre i VLE".
  - Controllo medico per i lavoratori con livello di esposizione («accidentale») superiore ai VLE o che segnalino effetti sulla salute, ivi compresi gli effetti sensoriali.
  - Formazione rivolta ai lavoratori portatori di DMIA o di dispositivi medi ci indossabili attivi ed adibiti ad attività che la prevedano.

Questo approccio permette di individuare in fase di visita preventiva, all'interno del gruppo di lavoratori "esposti" come precedentemente definiti, quelli che, per le loro particolari condizioni di salute (lavoratori particolarmente sensibili al rischio), debbano essere sottoposti a controlli periodici al fine di valutare lo stato e l'evoluzione delle loro condizioni di salute, per confermare o meno il giudizio espresso.

Il controllo periodico annuale (o con diversa cadenza definita su base individuale) sarà parimenti previsto anche per quei lavoratori che, sulla base della Valutazione del Rischio, possano superare sistematicamente (e non accidentalmente), i VA/VLE per gli effetti sensoriali e i VA/VLE per gli effetti sanitari (flessibilità/deroga), poiché in tali lavoratori non è possibile escludere la comparsa di effetti sulla salute, anche transitori, in relazione ai quali appare opportuno effettuare una regolare verifica periodica dello stato di salute.

Per tutti i lavoratori per i quali non sono state riscontrate condizioni che comportino una "particolare sensibilità al rischio" in visita preventiva, in relazione alla VdR ripetuta con periodicità di norma quadriennale, in assenza di segnalazioni del lavoratore circa i cambiamenti del proprio stato di salute ed in accordo con quanto previsto all'art.41 circa la periodicità diversa, potrà essere previsto un controllo periodico dilatato nel tempo (anch'esso quadriennale, ma modulabile sempre in funzione della VdR). Tale visita avrà la finalità di verificare, anche solo anamnesticamente o, se ritenuto necessario, con l'ausilio di ulteriori accertamenti, il permanere dell'assenza di condizioni di particolare sensibilità e per effettuare un rinnovo della informazione mirata comprensiva delle necessarie informazioni su tali condizioni, sulla necessità di segnalare al MC la loro comparsa o l'insorgenza di segni/sintomi ("effetti indesiderati o inattesi") riconducibili all'esposizione e sulle modalità per effettuare tale segnalazione.

A tal proposito è importante ricordare, tra i compiti del MC, la formazione dei lavoratori portatori di DMIA o di dispositivi medici indossabili attivi ed adibiti ad attività lavorative per le quali è ritenuta sufficiente solamente tale formazione (non attivazione della SS), secondo le indicazioni del presente documento.

Relativamente ai contenuti della SS, in analogia con quanto avviene per altre tipologie di rischio lavorativo, anche per il rischio da CEM il Medico Competente deve definire nel protocollo sanitario il contenuto degli accertamenti medici a cui vanno sottoposti i lavoratori. In linea generale va ricordato che il Medico Competente, nel proporre a sua discrezione indagini di laboratorio, strumentali e specialistiche necessarie per le finalità della sorveglianza sanitaria stessa, dovrà sempre operare secondo i principi del-

la Medicina del Lavoro e del Codice Etico dell'International Commission on Occupational Health (ICOH). Il Codice, infatti, all'art. 39 comma 1, a proposito degli esami biologici per i lavoratori, riporta: *"Si dovranno prevedere esami biologici ed altri accertamenti sulla base della loro validità e rilevanza nel proteggere la salute del lavoratore interessato, tenendo in dovuto conto la loro sensibilità, la loro specificità ed il loro valore predittivo... Ove possibile, verranno preferiti i metodi non invasivi".*

Gli accertamenti sanitari preventivi, periodici o legati al "controllo medico", indicati nel presente documento (Raccomandazione 7.8a), sono direttamente derivati dall'analisi degli effetti biologici per i quali è evidenziata, in letteratura scientifica, una relazione con l'esposizione a CEM nell'uomo.

Va tuttavia specificato che il protocollo indicato nella Raccomandazione è da considerare essenziale o "minimo". L'individuazione di particolari accertamenti aggiuntivi a quanto indicato deve essere lasciata, sulla base delle consolidate conoscenze scientifiche, all'autonoma e responsabile valutazione del Medico Competente, cui spetta l'obbligo della valutazione di idoneità al rischio, considerata l'estrema varietà delle tipologie e dei livelli di esposizione a CEM in ambito lavorativo e rilevando che i diversi tipi di esposizione ai CEM si associano ad effetti biologici diversi. Per quest'ultima ragione le Raccomandazioni, incluse nel presente documento, presentano un protocollo differenziato in funzione degli specifici intervalli dello spettro elettromagnetico da considerare.

### *Giudizio di idoneità*

La sorveglianza sanitaria si conclude con l'espressione di un giudizio di idoneità alla mansione specifica da parte del Medico Competente; è evidente che per formulare tale giudizio è necessaria un'adeguata competenza sul rischio specifico da CEM. Il giudizio deve avere come obiettivo la protezione dello stato di salute del lavoratore in relazione all'attività lavorativa svolta ed ai rischi ad essa connessi e dovrà quindi valutare la compatibilità dello stato di salute del lavoratore con i livelli di esposizione stimati/calcolati/misurati.

Per quanto riguarda l'esposizione a CEM, l'espressione del giudizio di idoneità non presenta particolari criticità nel caso del lavoratore "sano", cioè che non manifesti le condizioni fisiologiche o cliniche precedentemente definite come "di particolare sensibilità al rischio". Il giudizio sarà pertanto di idoneità piena.

Nell'eventualità, invece, di un lavoratore con condizioni di particolare sensibilità, l'espressione del giudizio è più complessa, in relazione alle di-

verse tipologie di esposizione ed alle differenti condizioni fisiologiche o cliniche riscontrate nell'esecuzione della sorveglianza sanitaria.

Per rendere più agevole il percorso idoneativo e fornire uno strumento operativo di pronta fruibilità, è stata formulata la Raccomandazione 7.10 che, in funzione della tipologia della sorgente/ambiente di lavoro riportate nella Raccomandazione 7.2a, propone esiti idoneativi diversificati in funzione delle categorie delle principali condizioni di particolare sensibilità al rischio.

La redazione di tale Raccomandazione si basa sulle indicazioni sia della Guida non vincolante di buone prassi per l'attuazione della direttiva 2013/35/UE relativa ai campi elettromagnetici, sia della norma CEI EN 50527 (poiché in questi documenti sono contenute specifiche indicazioni circa la gestione, anche idoneativa, dei lavoratori particolarmente sensibili al rischio), integrate dai risultati della rassegna sistematica della letteratura scientifica di settore.

<b>Questionario di screening per la rilevazione di sintomi soggettivi possibilmente attribuibili ad effetti sensoriali nei lavoratori esposti a CEM statici e a bassa frequenza (da sottoporre al lavoratore in occasione della Sorveglianza Sanitaria)</b>				
Sintomo	Presenza e frequenza nell'ultimo anno	In caso di presenza: tendenza nel tempo	Contesto di insorgenza del sintomo	Eventuali circostanze o annotazioni specifiche
Vertigini (erronea sensazione di movimento del corpo o dell'ambiente circostante)	<input type="checkbox"/> Usualmente assenti Presenti <input type="checkbox"/> Più volte al giorno <input type="checkbox"/> Tutti i giorni, <input type="checkbox"/> Più volte nella settimana, anche se non tutti i giorni <input type="checkbox"/> Tutte le settimane, di solito almeno una volta <input type="checkbox"/> Qualche volta al mese, ma non tutte le settimane <input type="checkbox"/> Usualmente circa una volta al mese <input type="checkbox"/> In modo occasionale, meno di una volta al mese <input type="checkbox"/> Presenti, ma senza una frequenza regolare	Ha notato una tendenza nel tempo: <input type="checkbox"/> Mi sembra che stiano aumentando <input type="checkbox"/> Invariata <input type="checkbox"/> Mi sembra che stiano diminuendo <input type="checkbox"/> Non ho notato nessuna tendenza	<input type="checkbox"/> compaiono quando sono sul luogo di lavoro  <input type="checkbox"/> di solito compaiono quando sono fuori dal lavoro  <input type="checkbox"/> Di solito compaiono sia al lavoro che fuori dal lavoro	

<p>Sensazione di instabilità (sensazione di perdita dell'equilibrio/oscillazione della stazione eretta o di instabilità/insicurezza nella marcia)</p>	<p><input type="checkbox"/> Usualmente assente Presente <input type="checkbox"/> Più volte al giorno <input type="checkbox"/> Tutti i giorni, <input type="checkbox"/> Più volte nella settimana, anche se non tutti i giorni <input type="checkbox"/> Tutte le settimane, di solito almeno una volta <input type="checkbox"/> Qualche volta al mese, ma non tutte le settimane <input type="checkbox"/> Usualmente circa una volta al mese <input type="checkbox"/> In modo occasionale, meno di una volta al mese <input type="checkbox"/> Presente, ma senza una frequenza regolare</p>	<p>Ha notato una tendenza nel tempo: <input type="checkbox"/> Mi sembra che stia aumentando <input type="checkbox"/> Invariata <input type="checkbox"/> Mi sembra che stia diminuendo <input type="checkbox"/> Non ho notato nessuna tendenza</p>	<p><input type="checkbox"/> compare quando sono sul luogo di lavoro <input type="checkbox"/> di solito compare quando sono fuori dal lavoro <input type="checkbox"/> Di solito compare sia al lavoro che fuori dal lavoro</p>	
<p>Fosfeni (percezione di lampi luminosi in assenza di stimolo luminoso reale)</p>	<p><input type="checkbox"/> Usualmente assenti Presenti <input type="checkbox"/> Più volte al giorno <input type="checkbox"/> Tutti i giorni, <input type="checkbox"/> Più volte nella settimana, anche se non tutti i giorni <input type="checkbox"/> Tutte le settimane, di solito almeno una volta <input type="checkbox"/> Qualche volta al mese, ma non tutte le settimane <input type="checkbox"/> Usualmente circa una volta al mese <input type="checkbox"/> In modo occasionale, meno di una volta al mese <input type="checkbox"/> Presenti, ma senza una frequenza regolare</p>	<p>Ha notato una tendenza nel tempo: <input type="checkbox"/> Mi sembra che stiano aumentando <input type="checkbox"/> Invariata <input type="checkbox"/> Mi sembra che stiano diminuendo <input type="checkbox"/> Non ho notato nessuna tendenza</p>	<p><input type="checkbox"/> compaiono quando sono sul luogo di lavoro <input type="checkbox"/> di solito compaiono quando sono fuori dal lavoro <input type="checkbox"/> Di solito compaiono sia al lavoro che fuori dal lavoro</p>	

	<input type="checkbox"/> Usualmente assente  Presente <input type="checkbox"/> Più volte al giorno <input type="checkbox"/> Tutti i giorni, <input type="checkbox"/> Più volte nella settimana, anche se non tutti i giorni <input type="checkbox"/> Tutte le settimane, di solito almeno una volta <input type="checkbox"/> Qualche volta al mese, ma non tutte le settimane <input type="checkbox"/> Usualmente circa una volta al mese <input type="checkbox"/> In modo occasionale, meno di una volta al mese <input type="checkbox"/> Presente, ma senza una frequenza regolare	Ha notato una tendenza nel tempo: <input type="checkbox"/> Mi sembra che stia aumentando <input type="checkbox"/> Invariata <input type="checkbox"/> Mi sembra che stia diminuendo <input type="checkbox"/> Non ho notato nessuna tendenza	<input type="checkbox"/> compare quando sono sul luogo di lavoro  <input type="checkbox"/> di solito compare quando sono fuori dal lavoro  <input type="checkbox"/> Di solito compare sia al lavoro che fuori dal lavoro	
Sensazione di sapore metallico	<input type="checkbox"/> Usualmente assente  Presente <input type="checkbox"/> Più volte al giorno <input type="checkbox"/> Tutti i giorni, <input type="checkbox"/> Più volte nella settimana, anche se non tutti i giorni <input type="checkbox"/> Tutte le settimane, di solito almeno una volta <input type="checkbox"/> Qualche volta al mese, ma non tutte le settimane <input type="checkbox"/> Usualmente circa una volta al mese <input type="checkbox"/> In modo occasionale, meno di una volta al mese <input type="checkbox"/> Presente, ma senza una frequenza regolare	Ha notato una tendenza nel tempo: <input type="checkbox"/> Mi sembra che stia aumentando <input type="checkbox"/> Invariata <input type="checkbox"/> Mi sembra che stia diminuendo <input type="checkbox"/> Non ho notato nessuna tendenza	<input type="checkbox"/> compare quando sono sul luogo di lavoro  <input type="checkbox"/> di solito compare quando sono fuori dal lavoro  <input type="checkbox"/> Di solito compare sia al lavoro che fuori dal lavoro	

	<input type="checkbox"/> Usualmente assenti Presenti <input type="checkbox"/> Più volte al giorno <input type="checkbox"/> Tutti i giorni, <input type="checkbox"/> Più volte nella settimana, anche se non tutti i giorni <input type="checkbox"/> Tutte le settimane, di solito almeno una volta <input type="checkbox"/> Qualche volta al mese, ma non tutte le settimane <input type="checkbox"/> Usualmente circa una volta al mese <input type="checkbox"/> In modo occasionale, meno di una volta al mese <input type="checkbox"/> Presenti, ma senza una frequenza regolare	Ha notato una tendenza nel tempo: <input type="checkbox"/> Mi sembra che stiano aumentando <input type="checkbox"/> Invariata <input type="checkbox"/> Mi sembra che stiano diminuendo <input type="checkbox"/> Non ho notato nessuna tendenza	<input type="checkbox"/> compaiono quando sono sul luogo di lavoro <input type="checkbox"/> di solito compaiono quando sono fuori dal lavoro <input type="checkbox"/> Di solito compaiono sia al lavoro che fuori dal lavoro	
Acufeni (ronzii o altre percezioni uditive in assenza di stimolo acustico)	<input type="checkbox"/> Non ne ho notati Presenti <input type="checkbox"/> Più volte al giorno <input type="checkbox"/> Tutti i giorni, <input type="checkbox"/> Più volte nella settimana, anche se non tutti i giorni <input type="checkbox"/> Tutte le settimane, di solito almeno una volta <input type="checkbox"/> Qualche volta al mese, ma non tutte le settimane <input type="checkbox"/> Usualmente circa una volta al mese <input type="checkbox"/> In modo occasionale, meno di una volta al mese <input type="checkbox"/> Presenti, ma senza una frequenza regolare	Ha notato una tendenza nel tempo: <input type="checkbox"/> Mi sembra che stiano aumentando <input type="checkbox"/> Invariata <input type="checkbox"/> Mi sembra che stiano diminuendo <input type="checkbox"/> Non ho notato nessuna tendenza	<input type="checkbox"/> compaiono quando sono sul luogo di lavoro <input type="checkbox"/> di solito compaiono quando sono fuori dal lavoro <input type="checkbox"/> Di solito compaiono sia al lavoro che fuori dal lavoro	
Altri sintomi che si presentano in occasione del lavoro con esposizione a CEM..... ..... ..... ..... ..... ..... .....	<input type="checkbox"/> Non ne ho notati Presenti <input type="checkbox"/> Più volte al giorno <input type="checkbox"/> Tutti i giorni, <input type="checkbox"/> Più volte nella settimana, anche se non tutti i giorni <input type="checkbox"/> Tutte le settimane, di solito almeno una volta <input type="checkbox"/> Qualche volta al mese, ma non tutte le settimane <input type="checkbox"/> Usualmente circa una volta al mese <input type="checkbox"/> In modo occasionale, meno di una volta al mese <input type="checkbox"/> Presenti, ma senza una frequenza regolare	Ha notato una tendenza nel tempo: <input type="checkbox"/> Mi sembra che stiano aumentando <input type="checkbox"/> Invariata <input type="checkbox"/> Mi sembra che stiano diminuendo <input type="checkbox"/> Non ho notato nessuna tendenza	<input type="checkbox"/> compaiono quando sono sul luogo di lavoro <input type="checkbox"/> di solito compaiono quando sono fuori dal lavoro <input type="checkbox"/> Di solito compaiono sia al lavoro che fuori dal lavoro	

## 6. Metodologia seguita per la redazione del presente documento

Va premesso che la redazione di "*Linee Guida*" mediche, in medicina preventiva, si colloca in un ambito che differisce dalla maggior parte delle linee guida prodotte attualmente in ambito sanitario, usualmente mirate a fornire indicazioni basate sull'evidenza relativa all'efficacia di pratiche cliniche e terapeutiche. Le raccomandazioni, incluse nel presente documento, sono volte all'identificazione di adeguate procedure sanitarie di tipo preventivo applicabili da parte dei medici addetti alla sorveglianza sanitaria di lavoratori esposti a campi elettromagnetici, mirate a prevenire la comparsa di possibili effetti avversi, ed alla promozione della salute degli operatori esposti. Nella loro preparazione, che ha presentato vari aspetti di peculiarità caratteristici delle scienze di sanità pubblica e della medicina del lavoro, ci siamo ispirati ed abbiamo tenuto conto delle indicazioni previste in ambito nazionale ed internazionale per la stesura di linee guida in ambito preventivo, come verrà meglio descritto nelle pagine che seguono. Pur essendo l'AIRM una delle società scientifiche delle professioni sanitarie iscritte in apposito elenco istituito e regolamentato con DM 2 agosto 2017, questo documento non rientra tra le linee guida incluse nel Sistema Nazionale Linee Guida (SNLG), anche se è in previsione la proposta di una specifica linea guida su questo argomento al SNLG, secondo il "Manuale metodologico per la produzione di linee guida di pratica clinica" e il "Manuale operativo - Procedure per la proposta di inserimento di linee guida nel Sistema Nazionale Linee Guida" prodotti dal Centro Nazionale per l'Eccellenza Clinica, la Qualità e la Sicurezza delle Cure (CNEC) dell'Istituto Superiore di Sanità (CNEC-ISS, 2018; CNEC-ISS, 2019). Motivazioni legate alla necessità di mettere a disposizione le indicazioni per la sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti a campi elettromagnetici (peraltro, come già detto, prodotte seguendo una metodologia coerente con i criteri attualmente proposti per l'elaborazione di linee guida), accanto al pesante ritardo nelle procedure del SNLG legato alla pandemia da COVID-19, ci hanno convinto della opportunità di questa scelta.

### 6.1 Criteri internazionali proposti dal "Guidelines International Network"

Il Guidelines International Network (G-I-N, [www.g-i-n.net](http://www.g-i-n.net)) è una rete globale, fondata nel 2002, che comprende attualmente 106 organizza-

zioni e 149 membri rappresentanti di 54 Paesi (dati aggiornati ad agosto 2018). Missione primaria di G-I-N è supportare l'assistenza sanitaria basata sull'evidenza e migliorare quindi gli indici di salute a livello globale. Nel 2012 G-I-N ha proposto una serie di requisiti chiave da osservare per la produzione di linee guida di buona qualità (Qaseem et al. 2012), dei quali proponiamo di seguito una sintesi adattata, che hanno costituito la base per lo sviluppo del presente documento.

I. Gruppo di lavoro di composizione eterogenea e con diverse competenze e ambiti di esperienza.

II. Chiarezza e riproducibilità del processo di approvazione delle linee guida, con le dovute specifiche in caso di presenza di sponsor.

III. Chiara espressione dei possibili conflitti di interesse (Conflict of Interest, Col) dei membri del gruppo di lavoro e proposta di strategie di risoluzione in caso di Col, condivise all'inizio del processo.

IV. Presenza di dettagli precisi su ambiti di applicazione e obiettivi delle linee guida.

V. Chiarimento della metodologia utilizzata per lo sviluppo delle linee guida.

VI. Indicazione delle evidenze scientifiche e dei metodi di verifica periodica e aggiornamento.

VII. Presenza di raccomandazioni formulate chiaramente e basate su evidenze scientifiche, che tengano conto di rischi e benefici, e, ove possibile, dei costi.

VIII. Utilizzo di un sistema per la valutazione della qualità e della forza delle evidenze e delle raccomandazioni fornite.

IX. Sottoposizione delle linee guida a un processo di revisione da parte di un gruppo di lavoro esterno prima della pubblicazione delle stesse.

X. Definizione di un periodo di validità delle linee guida, oltre il quale sia necessario un aggiornamento.

XI. Le linee guida debbono includere una dichiarazione degli enti finanziatori e di supporto che hanno contribuito alla realizzazione.

## **6.2 Definizione del gruppo di lavoro e raccolta delle dichiarazioni inerenti i Conflitti di Interesse (Col)**

In accordo al "Guidelines International Network" ed a quanto previsto dall'ISS, i lavori per lo sviluppo delle Raccomandazioni incluse nel presente documento sono stati avviati nel luglio 2016 e si è proceduto alla definizione di un gruppo di lavoro (GdL) multidisciplinare, comprendente un Coordinatore, un panel di esperti e un gruppo di consultazione allargato (revisori esterni).

La composizione del GdL comprende professionisti ed esperti in numerosi settori, tra cui: biologia, fisica, medicina con particolare specializzazione negli ambiti di medicina del lavoro, radioprotezione, psichiatria e aspetti medico-legali, ricerca in ambito epidemiologico, medicina del lavoro e sanità pubblica, ricerca sperimentale sui livelli di esposizione ed effetti biologici dei campi elettromagnetici (CEM), valutazione dell'esposizione a CEM, relative norme tecniche e aspetti giuridici di rilievo. Tra tutti gli appartenenti ai GdL sono state raccolte le dichiarazioni inerenti la presenza o assenza di Conflitti di Interesse (Col). Sono stati considerati possibili Col: la presenza di rapporti di collaborazione professionale e di relazioni rilevanti di natura extraprofessionale con aziende produttrici o commercianti di apparecchiature che possano comportare esposizione di rilievo a CEM, con aziende che effettuino attività terapeutiche mirate alla cura di possibili effetti avversi da CEM e con aziende produttrici o commercianti di apparecchiature di misurazione o comunque effettuanti attività retribuita di valutazione dell'esposizione a CEM. In caso di presenza di Col si è preliminarmente deciso che il GdL avrebbe preso una decisione a maggioranza sulla opportunità di mantenere o meno l'Autore nell'ambito del GdL. Nel caso specifico non sono stati riscontrati Col. La documentazione inerente i Col è disponibile presso la sede nazionale dell'AIRM.

Il gruppo di consultazione allargato, che ha svolto il lavoro di revisione del documento prodotto, è stato preliminarmente identificato all'inizio del processo di sviluppo delle Raccomandazioni. Quindi, nelle fasi finali di redazione e prima dell'ultimazione del lavoro è stata chiesta la disponibilità formale dei revisori, che sono stati ufficialmente inclusi nel GdL allargato. L'individuazione dei revisori è avvenuta sulla base di criteri quali la riconosciuta esperienza a livello nazionale e internazionale nell'ambito degli argomenti trattati nel presente documento, ed identificati come a basso rischio di essere portatori di Col. Essendo il documento in italiano e destinato ad una platea di medici italiani, il GdL allargato risulta costituito unicamente da membri di madrelingua italiana. Anche il gruppo di revisori, così come quello del GdL ristretto, presenta competenze multidisciplinari, che non riguardano unicamente l'ambito medico.

### **6.3 Fasi di sviluppo del presente documento**

Nella prima fase, periodo settembre 2016 - marzo 2018, il GdL ristretto si è occupato della valutazione della congruità del gruppo di partecipanti alla redazione del documento, ivi inclusa la presenza di Col, ha proposto il Coordinatore e identificato i possibili revisori esterni. Sono stati, quindi, definiti gli obiettivi e gli scopi primari, così come indicati nel capitolo 1, nonché

la metodologia per la redazione descritta nel presente capitolo. Successivamente, si è provveduto alla ricerca sistematica delle evidenze esistenti sull'argomento trattato ed all'analisi del materiale reperito, provvedendo inoltre alla ideazione condivisa di una revisione sistematica della letteratura scientifica *ad hoc*, come descritto, in dettaglio, nel successivo paragrafo. Il GdL, mediante il confronto diretto e indiretto durante appositi incontri e scambi di posta elettronica, è pervenuto, in questa fase, alla definizione delle domande a cui rispondere per fornire le Raccomandazioni incluse nel presente documento.

Nella seconda fase, periodo marzo 2018 - dicembre 2019 (in seguito aggiornata sino al 30 giugno 2020), il GdL ha provveduto alla realizzazione della revisione sistematica della letteratura scientifica *ad hoc* e alla realizzazione dei capitoli introduttivi (1-5), nonché al contatto formale dei revisori identificati, per la verifica della loro disponibilità e della presenza di eventuali Col che ne controindicassero il ruolo.

Nella terza e conclusiva fase, periodo dicembre 2019 - luglio 2020, si è provveduto all'elaborazione della risposta ai quesiti identificati nella fase 1 ed alla predisposizione delle raccomandazioni fornite sulla base delle evidenze, raggiungendo un accordo tra gli Autori nell'ambito di riunioni di discussione appositamente organizzate, prevedendo la risoluzione di eventuali conflitti di giudizio nel GdL mediante metodo Delphi per il raggiungimento del consenso. Una volta condivise, le Raccomandazioni, così come l'intero documento elaborato, sono state sottoposte ai Revisori. Infine, raccolte le osservazioni dei Revisori, si è provveduto a una seconda revisione delle Raccomandazioni e del testo del documento, che, dopo nuovo accordo tra gli Autori, è stato elaborato nella sua versione finale per definitiva approvazione e pubblicazione.

#### **6.4 La revisione sistematica della letteratura scientifica**

Per supportare con adeguate evidenze scientifiche le Raccomandazioni fornite nel presente documento, si è provveduto all'effettuazione di una revisione sistematica della letteratura scientifica *ad hoc*, descritta qui di seguito ed in Appendice al presente documento.

Passo preliminare della revisione sistematica è stata l'identificazione di un adeguato obiettivo della ricerca in letteratura scientifica, che è stato definito rispondendo all'adattamento, recentemente proposto per la ricerca epidemiologica basata sulle evidenze in sanità pubblica, dei quesiti PICO (Population of interest, Intervention, Comparators, Outcome) proposti dal gruppo Cochrane (Higgins e Green, 2011). Tale adattamento prevede la nuova formulazione PECO (Populations of interest, Exposures, Compara-

tors, and Outcomes) (Vandenberg et al. 2016). Nel nostro caso le risposte ai quesiti PECO, in base ai quali è stata costruita la stringa di ricerca per interrogare le banche dati biomediche, sono state:

**Popolazione**=individui esposti (anche non esclusivamente per motivi occupazionali) a livelli significativi (anche in relazione a particolare suscettibilità individuale) di campi elettromagnetici.

**Esposizione**= campi elettrici, magnetici, elettromagnetici, statici, a bassa e alta frequenza (0 Hz – 300GHz).

**Controlli**= individui esposti a livelli di campo elettrico, magnetico o elettromagnetico considerabili non significativi ai fini dell'induzione di effetti avversi (data l'ubiquità dei CEM).

**Outcome**= effetti avversi per la salute per i quali sono noti meccanismi d'azione che possano ricondurne la comparsa all'azione dei campi elettromagnetici.

È stato definito il periodo temporale in cui limitare la revisione sistematica: si è scelto il periodo più recente, dal gennaio 2015 al giugno 2020. Tale scelta è stata essenzialmente basata su due criteri: da un lato sulla consapevolezza, da parte di tutti gli esperti presenti nel GdL, della estrema vastità e complessità della letteratura scientifica prodotta nel corso degli anni sugli effetti dei campi elettromagnetici e quantificabile in decine di migliaia di studi scientifici sperimentali ed epidemiologici, dall'altro lato sulla disponibilità di varie ed autorevoli estensive rassegne della letteratura condotte nel corso degli anni da organismi e istituzioni internazionali e indipendenti, di riconosciuto valore scientifico; queste rassegne, che hanno preso in considerazione tutti gli effetti avversi per la salute legati ad esposizioni, occupazionali e non, a CEM fino al 2014, hanno costituito la base per la nostra revisione sistematica. Un elenco non esaustivo di tali pubblicazioni, riconducibili per lo più all'International Commission on Non Ionizing Radiation Protection (ICNIRP 1994, 1998, 2002, 2003a, 2003b, 2004a, 2004b, 2009a, 2009b, 2010, 2011, 2014, 2020), all'International Agency for Research on Cancer (IARC 2002, 2013), alla World Health Organization (WHO 2006, 2007) e al Comitato Scientifico della Commissione Europea "Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks" (SCENIHR 2009, 2012, 2015), è riportato in bibliografia. Tra queste pubblicazioni, abbiamo considerato in particolare gli aggiornamenti più recenti da parte di ICNIRP, nel 2014 e 2020, e da SCENIHR nel 2015 (ma riportante dati di letteratura antecedenti al 2015) per definire il periodo di ricerca. Altre pubblicazioni consultate per la rassegna sistematica, suddivise per tema, sono riportate nella sezione bibliografica afferente all'appendice.

La definizione della stringa di ricerca, che è stata utilizzata su due diversi database biomedici, Medline via Pubmed e Scopus, è presentata in

Appendice. La stringa è stata costruita sulla base delle risposte ai quesiti PECO utilizzando le terminologie riportate nei documenti precedentemente indicati. Per la scelta dei possibili effetti avversi per la salute da CEM da ricomprendere nella ricerca sistematica sono stati considerati, sulla base delle conclusioni delle precedenti rassegne, unicamente gli effetti avversi noti per i quali sia riconosciuto un meccanismo d'azione biologico che ne possa spiegare la comparsa nell'uomo in relazione all'esposizione a CEM. Sono stati individuati, quindi, i principali criteri di inclusione. Il primo criterio ha previsto l'inclusione, nella nostra revisione, unicamente di studi riportanti la valutazione di possibili effetti da CEM nell'uomo, escludendo studi su animali ed *in vitro*. Non abbiamo limitato la popolazione solo a quella lavorativa, essendo interessati alle informazioni su effetti avversi di CEM riportati *in vivo*, ed avendo considerato il fatto che, talvolta, i livelli di esposizione a CEM in ambienti di vita e di lavoro possono essere comparabili, e/o che il rischio di effetti avversi può comparire già per bassi livelli, come nel caso specifico dei soggetti con particolari sensibilità al rischio. Con l'obiettivo di cogliere tutti gli studi pubblicati sull'argomento di interesse, non abbiamo previsto criteri di esclusione specifici in base al disegno degli studi, limitandoci unicamente a non considerare testi gli articoli pubblicati come revisioni, lettere o commenti. Sono stati, quindi, selezionati studi pubblicati in lingua inglese e italiana su riviste peer-reviewed e la revisione sistematica si è svolta in accordo con i passi previsti dalla metodologia PRISMA (vedasi Appendice B riportante il diagramma PRISMA). La selezione degli studi è avvenuta in modo indipendente da due Autori del GdL (FG, AM), che hanno parallelamente effettuato la ricerca nelle due banche dati e, una volta eliminati i duplicati, hanno raccolto i titoli e gli abstract degli studi. Entrambi gli Autori hanno quindi proceduto alla selezione degli studi sulla base dei titoli e degli abstract. In caso di disaccordo tra i due autori, un terzo Autore appartenente al GdL (RF, CG, RM, AP, PR, AS) è stato chiamato a risolvere i conflitti. Nella fase successiva i due Autori (FG, AM), indipendentemente, hanno proceduto all'esame del testo completo degli articoli ed hanno deciso per l'inclusione, o meno, finale degli studi sulla base dei criteri precedentemente fissati. Anche in questo caso, ogni disaccordo è stato risolto da un terzo Autore appartenente al GdL (RF, CG, RM, AP, PR, AS). Sono state anche esaminate le voci bibliografiche dei lavori di rilievo e sono stati consultati esperti nel campo per l'inclusione di eventuali ulteriori lavori. Tutti gli studi inclusi nella revisione sono riportati in Appendice C, contenente le indicazioni bibliografiche, e riassunti nella tabella ivi presentata. Dagli studi raccolti sono, poi, stati estratti i dati di interesse e ne sono stati sintetizzati i risultati di rilievo ai fini dell'individuazione di problematiche di salute.

connesse con un rischio di esposizione a CEM in individui umani, tenendo in considerazione la qualità delle evidenze fornite dagli studi anche sulla base dei disegni e metodologie di ricerca adottati, nonché della presenza di bias. Va tuttavia segnalato che l'eterogeneità dei disegni, metodologie e popolazioni di studio incluse nei lavori raccolti ha precluso ogni possibilità di meta-analisi.

Le evidenze emerse dalla revisione sistematica e le conclusioni delle revisioni condotte dagli organismi e istituzioni internazionali indipendenti di riconosciuto valore scientifico, precedentemente citate, hanno costituito la base per la formulazione delle raccomandazioni nel presente documento.



## 7. Raccomandazioni per la sorveglianza sanitaria dei lavoratori con possibile esposizione a CEM

### 7.1 Qual è la normativa di riferimento per la sorveglianza sanitaria di lavoratori esposti a CEM?

#### RACCOMANDAZIONE 7.1a

La principale normativa di riferimento è il D.lgs. 81/2008, così come modificato dal D.lgs. 159/2016, che ha recepito nel nostro Paese la Direttiva Europea 2013/35/UE, il cui fondamentale riferimento scientifico sono le linee guida ICNIRP. Di interesse più specifico è il titolo VIII ("Agenti Fisici"), capi I e IV ("Campi Elettromagnetici"). L'argomento viene approfondito e discusso nel capitolo 4 del presente documento.

#### RACCOMANDAZIONE 7.1b

Altri riferimenti normativi e indicazioni ufficiali utili per l'individuazione dei lavoratori da sottoporre a Sorveglianza Sanitaria e la definizione dei criteri di idoneità alla mansione, soprattutto per i soggetti con particolare sensibilità al rischio (NB: l'elenco è aggiornato alla data di uscita del presente documento, e non esaustivo).

- Legge 36/2001 (legge quadro sulla protezione dai campi elettromagnetici), con particolare riferimento all'art. 2, comma 1, lettera f relativa alla definizione di esposizione a CEM: "ogni tipo di esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici che, per la loro specifica attività lavorativa, sono esposti a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici".
- Norma tecnica CEI EN50527: "Procedura per la valutazione dell'esposizione ai campi elettromagnetici dei lavoratori con dispositivi medici impiantabili attivi".
- Norma tecnica CEI EN50527-2-1: "Procedura per la valutazione dell'esposizione ai campi elettromagnetici dei lavoratori con dispositivi medici impiantabili attivi -- Parte 2-1: Valutazione specifica per lavoratori con stimolatore cardiaco (pacemaker)".
- Norma tecnica CEI EN50527-2-2: "Procedura per la valutazione dell'esposizione ai campi elettromagnetici dei lavoratori con dispositivi medici impiantabili attivi -- Parte 2-1: Valutazione specifica per lavoratori con defibrillatori cardiaci impiantati (ICDs)".

- Raccomandazione EU 1999/519/CE, basata sulle linee guida ICNIRP del 1998, che individua limiti di base e livelli di riferimento per la popolazione generale.
- D.lgs. 151/2001. Testo unico delle disposizioni legislative in materia di tutela e sostegno della maternità e della paternità, a norma dell'articolo 15 della legge 8 marzo 2000, n. 53.
- Decreto del Ministero della Salute del 10 agosto 2018. Determinazione degli standard di sicurezza e impiego per le apparecchiature a risonanza magnetica.
- Commissione Europea: "Guida non vincolante di buone prassi per l'attuazione della Direttiva 2013/35/UE relativa ai campi elettromagnetici".
- "Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome (in collaborazione con INAIL e Istituto Superiore di Sanità)" Indicazioni Operative.
- Decreto Legislativo 81/2008, Titolo VIII, Capo I, II, III, IV e V relativamente alla prevenzione e alla protezione dai rischi dovuti all'esposizione ad agenti fisici nei luoghi di lavoro.

## 7.2. Quali sono le principali sorgenti d'esposizione lavorativa a CEM nei luoghi di lavoro per le quali, a seguito della valutazione del rischio, potrebbe essere necessario attivare la sorveglianza sanitaria?

### RACCOMANDAZIONE 7.2a

*Tipi di apparecchiatura o luoghi di lavoro per le quali è da ritenersi necessaria l'attivazione della sorveglianza sanitaria (elenco indicativo, non esaustivo)*

#### **Infrastrutture (immobili e terreni)**

Antenne per stazioni radiobase, all'interno dell'area alla quale può accedere esclusivamente il lavoratore in quanto i livelli di campo elettromagnetico superano i livelli di riferimento per la popolazione

Utensili da giardino (a funzionamento elettrico) – utilizzo di Apparecchi di illuminazione speciali, attivati a radiofrequenza o a microonde, utilizzati in ambito industriale

#### **Alimentazione elettrica\***

Circuito elettrico in cui i conduttori sono vicini l'uno all'altro e con una corrente netta superiore a 100 A – compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. – esposizione a campi magnetici

Circuiti elettrici all'interno di un impianto, con corrente di fase nominale superiore a 100 A per un singolo circuito – compresi cavi elettri-

ci, commutatori, trasformatori ecc. — esposizione a campi magnetici  
Impianti elettrici con corrente di fase nominale superiore a 100 A — compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. — esposizione a campi magnetici

Generatori e generatori di emergenza — lavori con Inverter, compresi quelli su sistemi fotovoltaici

Conduttore nudo aereo con tensione nominale superiore a 100 kV o linea aerea superiore a 150 kV, sopra il luogo di lavoro — esposizione a campi elettrici

Turbine eoliche - lavori con

\*NB: Nel caso di reti di alimentazione elettrica (50 Hz) le esposizioni ai campi elettrici e magnetici sono considerate separatamente. Si ritiene di dover approfondire la valutazione nei casi in cui si prevede il superamento dei limiti della Raccomandazione 1999/519/CE

#### **Industria leggera**

Procedimenti di saldatura ad arco manuali (compresi MIG, MAG, TIG)

Caricabatterie professionali di grandi dimensioni, in prossimità di

Apparecchiature per il trattamento corona delle superfici

Riscaldamento dielettrico

Saldatura dielettrica

Apparecchiature per la verniciatura elettrostatica

Forni di riscaldamento a resistenza

Pistole incollatrici — utilizzo di

Pistole ad aria calda (portatili) — utilizzo di

Riscaldamento a induzione

Sistemi automatizzati di riscaldamento a induzione, in cui la ricerca di guasti e la riparazione comportano la stretta vicinanza con la sorgente del campo elettromagnetico

Apparecchi di sigillatura a induzione

Saldatura a induzione

Macchine utensili (per esempio trapani a colonna, smerigliatrici, torni, fresatrici, seghe)

Utensili (elettrici portatili e trasportabili per esempio trapani, levigatrici, seghe circolari e smerigliatrici angolari) — utilizzo di

Ispezione con particelle magnetiche (rilevazione di incrinature)

Magnetizzatori/smagnetizzatori industriali (compresi i cancellatori per nastri)

Riscaldamento ed essiccazione a microonde, nelle industrie del legno (essiccazione, piegatura e incollaggio)

Dispositivi al plasma a RF, compresi quelli per deposizione e polveriz-

**zazione catodica (sputtering) in vuoto**

Sistemi di saldatura automatizzati, in cui la ricerca di guasti, la riparazione e la formazione comportano una stretta vicinanza con la sorgente del campo elettromagnetico

Saldatura a resistenza manuale (saldatura a punti, saldatura continua)

### **Industria pesante**

Elettrolisi industriale

Forni fusori ad arco

Forni fusori a induzione

### **Edilizia**

Macchinari per cantieri (per esempio betoniere, vibratori per cemento/calcestruzzo, gru ecc.) – in prossimità di

Asciugatura a microonde nell'industria edilizia

### **Settore medico**

Apparecchiature mediche con impiego di campi elettromagnetici per diagnosi e terapie (per esempio Risonanza Magnetica, stimolazione magnetica transcranica, tecarterapia, elettrobisturi)

### **Settore estetico**

Apparati che utilizzano campi ELF, IF, RF

### **Trasporti**

Veicoli e altri sistemi di trasporto a motore elettrico – lavoro in prossimità di motorini di avviamento, alternatori e sistemi di accensione

Radar di controllo del traffico aereo, militari, meteorologici e a lungo raggio

Treni e tram a trazione elettrica

### **Ricerca**

Sviluppo e sperimentazione di apparecchiature emettitrici di CEM

### **Varie**

Caricabatterie, ad accoppiamento induttivo o di prossimità

Sistemi e dispositivi di radiodiffusione (radio e TV: LF, MF, HF, VHF e UHF): antenne per le trasmissioni radiotelevisive

Apparecchiature che generano campi magnetici statici (anche "quasi statici" con Frequenza fino a qualche Hz - CEI EN 50527) superiori a 0,5 mT, generati elettricamente o da magneti permanenti (per esempio piani, tabelle e trasportatori magnetici, magneti di sollevamento, supporti magnetici, targhette, distintivi, apparecchiature per la ricerca, cuffie audio)

Apparecchiature di cucina a induzione, professionali

**RACCOMANDAZIONE 7.2b**

*Tipo di apparecchiatura o luogo di lavoro per i quali è usualmente sufficiente provvedere ad una specifica formazione per i soggetti con particolare sensibilità al rischio (in particolare per i portatori di dispositivi medici impiantabili e indossabili attivi) (elenco indicativo, non esaustivo)*

**Comunicazioni senza filo**

Telefoni senza filo (comprese le stazioni base per telefoni senza filo DECT) – utilizzo di

Telefoni cellulari – utilizzo di

Dispositivi di comunicazione senza fili (per esempio Wi-Fi o Bluetooth) comprendenti punti di accesso per WLAN – utilizzo di

**Tutti i luoghi**

Computer, apparecchiature informatiche, apparecchiature audio e video, contenenti sistemi di radiotrasmissione quali RadioLAN, Bluetooth o Telefonia Mobile - utilizzo di

Grandi sistemi per il riscaldamento dell'ambiente- in prossimità di

**Sicurezza**

Sistemi di sorveglianza e identificazione a radio frequenza (RFID) di oggetti

Cancellatori (smagnetizzatori), per nastri o dischi rigidi – utilizzo di Metal Detector (rivelatore di metalli)

**Industria leggera**

Apparecchiature e strumenti di misura contenenti trasmettitori radio (RadioLAN, Bluetooth, Telefonia mobile) – utilizzo di

Apparecchiature elettriche per il riscaldamento (di tipo resistivo) – utilizzo di

**Varie**

Radio bidirezionali (per esempio ricetrasmettenti portatili professionali, trasmettitori radio per veicoli) - utilizzo di

Strumentazione di misura, automazione e controllo dotate di sistemi di radiotrasmissione

Trasmettitori a batteria

### RACCOMANDAZIONE 7.2c

*Tipo di apparecchiatura o luogo di lavoro per i quali, in condizioni standard, non è necessario attivare la sorveglianza sanitaria (elenco indicativo, non esaustivo)*

#### **Mezzi di comunicazione senza filo**

Telefoni senza filo (comprese le stazioni base per telefoni senza filo DECT) – luoghi di lavoro contenenti

Dispositivi di comunicazione senza fili (per esempio Wi-Fi o Bluetooth) comprendenti punti di accesso per WLAN – luoghi di lavoro contenenti

#### **Ufficio**

Apparecchiature audiovisive (per esempio televisori, lettori DVD)

Apparecchiature di comunicazione e reti cablate

Computer e apparecchiature informatiche

Ventilatori e Termoventilatori elettrici

Apparecchiature per ufficio (ad esempio fotocopiatrici, distruggidocumenti, aggraffatrici a funzionamento elettrico)

Telefoni (fissi) e fax

#### **Infrastrutture (immobili e terreni)**

Sistemi di allarme

Antenne per stazioni radiobase, all'esterno dell'area alla quale può accedere esclusivamente il lavoratore in quanto i livelli di campo elettromagnetico superano i livelli di riferimento per la popolazione

Utensili da giardino (elettrici) – luoghi di lavoro contenenti

Apparecchi (elettrici) per il riscaldamento dell'ambiente

Apparecchi domestici e professionali, per esempio frigoriferi, lavatrici, asciugatrici, lavastoviglie, forni, tostapane, forni a microonde, ferri da stirto, a condizione che non contengano dispositivi di trasmissione come WLAN, Bluetooth o telefoni cellulari

Apparecchi di illuminazione, per esempio illuminazione di interni e lampade da scrivania

Luoghi di lavoro accessibili al pubblico conformi ai livelli di riferimento della raccomandazione 1999/519/CE

#### **Alimentazione elettrica**

Circuito elettrico in cui i conduttori sono vicini l'uno all'altro e con una corrente netta pari o inferiore a 100 A – compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. – esposizione a campi magnetici

Circuiti elettrici all'interno di un impianto, con corrente di fase nominale pari o inferiore a 100 A per un singolo circuito – compresi cavi

elettrici, commutatori, trasformatori ecc. – esposizione a campi magnetici

Impianti elettrici con corrente di fase nominale pari o inferiore a 100 A – compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. – esposizione a campi magnetici

Conduttore nudo aereo con tensione nominale inferiore a 100 kV o linea aerea inferiore a 150 kV, sopra il luogo di lavoro – esposizione a campi elettrici

Conduttori nudi aerei con qualsiasi tensione – esposizione a campi magnetici

Circuito a cavo sotterraneo o isolato, con qualsiasi tensione nominale – esposizione a campi elettrici

#### **Industria leggera**

Apparecchiature per la verniciatura e il rivestimento

Attrezzi di controllo non contenenti trasmettitori radio

Pistole incollatrici (portatili) – luoghi di lavoro contenenti

Pistole ad aria calda (portatili) – luoghi di lavoro contenenti

Rampe idrauliche

Apparecchiature e strumenti di misura non contenenti trasmettitori radio

Utensili (elettrici portatili e trasportabili) – luoghi di lavoro contenenti

#### **Settore medico**

Apparecchiature mediche senza impiego di campi elettromagnetici per diagnosi o terapie

#### **Varie**

Caricabatterie, ad accoppiamento non induttivo per uso domestico

Apparecchiature immesse sul mercato europeo conformemente alla raccomandazione 1999/519/CE o alle norme armonizzate sui campi elettromagnetici

Apparecchi non elettrici di tutti i tipi eccetto quelli contenenti magneti permanenti

Apparecchiature portatili (a batteria) non contenenti trasmettitori a radiofrequenza

### 7.3. Quali condizioni comportano una potenziale particolare sensibilità al rischio da CEM?

#### RACCOMANDAZIONE 7.3a

Condizioni che possono determinare una potenziale particolare sensibilità al rischio per possibili effetti da interferenza elettromagnetica con dispositivi medici impiantabili attivi (DMIA), o indossabili sul corpo.

Soggetti portatori di (elenco indicativo e non esaustivo):

- pacemaker cardiaci;
- defibrillatori cardiaci impiantati;
- loop recorder;
- dispositivi di assistenza ventricolare (VAD);
- pompe di infusione di insulina o altri farmaci;
- sistemi di impianto cocleare e sistemi di impianto uditivo del tronco encefalico;
- neurostimolatori, elettrodi impiantati nel cervello o subdurali (si possono annoverare stimolatori cerebrali profondi – Deep Brain Stimulators o DBS, stimolatori spinali, stimolatori dei nervi periferici, stimolatori del nervo vago, stimolatori carotidei);
- altri tipi di stimolatori o apparecchiature elettriche o elettroniche di qualunque tipo;
- protesi funzionali dell'arto superiore e inferiore, dispositivi indossabili ausiliatori (di supporto a funzioni motorie)

#### RACCOMANDAZIONE 7.3b

Condizioni che possono determinare una potenziale particolare sensibilità al rischio per possibile interferenza elettromagnetica con dispositivi medici impiantabili di tipo passivo e altri inclusi metallici.

Soggetti portatori di (elenco indicativo e non esaustivo):

- clip vascolari;
- valvole cardiache;
- distrattori della colonna vertebrale;
- corpi intrauterini (ad esempio spirale o diaframma), se metallici o con componenti metalliche;
- derivazioni spinali o ventricolari, cateteri cardiaci;
- protesi metalliche di qualunque tipo (es. per pregresse fratture, interventi correttivi articolari etc.), viti, chiodi, filo, placche etc.
- schegge metalliche, piercing, pallini da caccia di materiale ferromagnetico non accertati

**RACCOMANDAZIONE 7.3c**

Altre condizioni note che possono determinare una potenziale particolare sensibilità al rischio:

- gravidanza

**7.4. Quali condizioni fisiopatologiche, pur non escludendo l'idoneità al lavoro che espone ai CEM, devono essere considerate con particolare attenzione ai fini della valutazione della idoneità, in quanto possono causare sintomi/effetti simili a quelli che possono essere indotti da esposizioni a CEM?**

**RACCOMANDAZIONE 7.4a**

*Elenco, non esaustivo, di patologie che possono determinare, rendere più frequente o aggravare quadri di vertigine/instabilità*

<i>Categoria di condizioni considerate</i>	<i>Singola condizione/patologia</i>
Disturbi vestibolari periferici	Malattia di Ménière, vertigine parossistica posizionale benigna (vertigine posizionale), labirintite virale, neurite vestibolare, trauma con deficit funzionale vestibolare, fistole vascolari, tumori dell'angolo ponto-cerebellare, fistola perilinfatica, alterazioni vascolari del sistema vestibolare, parossismo vestibolare, vestibulopatia bilaterale, deficit vestibolare residuo periferico (es: pregresso utilizzo di farmaci ototossici o esposizione ad agenti ototossici).
Disturbi vestibolari centrali	Lesioni o neoplasie del tronco cerebrale, insufficienza vertebrobasilare con crisi frequenti, emicrania di origine vestibolare, epilessia vestibolare.
Disturbi neurologici	Malattie cerebrovascolari, attacco ischemico transitario (TIA), ictus ischemico o emorragico, disturbi successivi a trauma cranico e/o del collo, sclerosi multipla, malattia di Parkinson, ipertensione intracranica, malformazione di Arnold-Chiari, neuropatie periferiche del n. VIII (ad esempio per diabete non controllato).

Disturbi muscolo-scheletrici	Sbilanciamento muscolo-scheletrico a livello vertebrale comportante anomala propriocezione (es: quadri significativi di osteocondrosi, spondilosi, discopatie, scoliosi, cifosi, in particolare in fase sintomatologica o di inadeguato compenso), disturbi determinati da compressione del midollo cervicale.
Disturbi cardiovascolari e metabolici	Patologie con rilevante deficit funzionale vascolare (es: aneurisma o dissezione della carotide, stenosi, displasia fibromuscolare e arteriosclerosi delle carotidi, dell'arteria succilia o dell'arteria brachiocefalica, difetti cardiaci congeniti o acquisiti, aritmie, ipertensione o ipotensione), anemia o ipoglicemia rilevanti.
Condizioni autoimmuni	Quadri significativi di malattie autoimmuni di natura sistematica con interessamento vestibolo-coleare (es: lupus eritematoso sistematico, sarcoidosi, tiroiditi autoimmuni, sindrome antifosfolipidi, malattie Ig4-collegate, vasculiti ANCA-associate, malattia di Behçet, sindrome di Cogan, sindrome di Vogt-Koyanagi-Harada, policondrite recidivante) in particolare in fase sintomatologica o di inadeguato compenso.

**RACCOMANDAZIONE 7.4b**

*Elenco, non esaustivo, di farmaci, sostanze d'abuso e sostanze tossiche che possono determinare l'insorgenza di vertigini/instabilità*

Farmaci *, sostanze d'abuso e sostanze tossiche (NB: terapie a dosaggi rilevanti in condizioni di esposizione significativa a CEM)	<p><i>Ototossici</i> (alterazione vestibolare periferica): aminoglicosidi, diuretici dell'ansa, agenti chemioterapici a base di platino e di alcaloidi della vinca</p> <p><i>Antiipertensivi</i> (specie a dosaggio elevato o combinati): vasodilatatori, diuretici, ACE inhibitori, antagonisti del recettore dell'angiotensina II</p> <p><i>Antiaritmici</i>: β-bloccanti e antagonisti del canale del calcio</p> <p><i>Neuro- e psicoattivi</i>: barbiturici, benzodiazepine, agonisti del recettore delle benzodiazepine (es. zolpidem, zopiclone, zaleplon), anticonvulsivanti, antidepressivi, oppioidi, antipsicotici, antiparkinsoniani, litio</p> <p><i>Antistaminici</i></p> <p><i>Anticolinergici</i></p> <p><i>Miorilassanti</i></p> <p><i>Antifungini</i></p> <p><i>Antimalarici</i></p> <p><i>Anti HIV</i></p> <p><i>Alcool</i></p> <p><i>Solventi</i> (es. stirene)</p> <p><i>Metalli pesanti</i></p>
--	--

\*L'instabilità è un effetto indesiderato molto **frequente** (>10% dei pazienti trattati) per: antibiotici ototossici, diuretici, analgesici oppioidi, anticonvulsivanti, immunosoppressori, antidepressivi, antipsicotici, chemioterapici anti HIV.

L'instabilità è un effetto indesiderato **frequente** (1-10% dei pazienti trattati) per: antiaritmici, benzodiazepine, litio, antiipertensivi, antifungini, antimalarici, farmaci per il trattamento del Parkinson.

**RACCOMANDAZIONE 7.4c**

Condizioni che possono indurre fosfene:

- Distacco retinico imminente (per cause di origine traumatica, metabolica etc.)
- Esposizione ad alte dosi di radiazioni ionizzanti a livello cranico
- Prolungata depravazione sensoriale visiva
- Neuropatie ottiche
- Alterazioni dell'eccitabilità della corteccia visiva (per patologie del sistema nervoso centrale, assunzione di sostanze d'abuso, forti stress emotivi etc.)
- Farmaci, tra i quali l'antiaritmico ivabradina

**RACCOMANDAZIONE 7.4d**

Condizioni in grado di comportare sintomi/effetti simili a quelli che possono essere indotti da esposizioni a CEM per la presenza di patologie di organi elettricamente stimolabili

- Soggetti affetti da epilessia con anamnesi positiva per episodi di piccolo o grande male nell'ultimo anno, non adeguatamente controllati a livello farmacologico.
- Soggetti con anamnesi positiva per patologie cardiovascolari su base ischemica e/o aritmica non adeguatamente controllate a livello farmacologico, con particolare attenzione agli eventi inseriti nell'ultimo anno.

**7.5. Quali informazioni e formazione fornire, e a quali tipologie di lavoratori?****RACCOMANDAZIONE 7.5a**

I contenuti dell'informazione e formazione specifica sono definiti nell'art. 210-bis del D.lgs. 81/2008 (Informazione e formazione dei lavoratori e dei rappresentanti dei lavoratori per la sicurezza) che prevede:

"Il datore di lavoro garantisce, inoltre, che i lavoratori che potrebbero essere esposti ai rischi derivanti dai campi elettromagnetici sul luogo di lavoro e i loro rappresentanti ricevano le informazioni e la formazione necessarie in relazione al risultato della valutazione dei rischi con particolare riguardo:

- a) agli eventuali effetti indiretti dell'esposizione;
- b) alla possibilità di sensazioni e sintomi transitori dovuti a effetti sul sistema nervoso centrale o periferico;
- c) alla possibilità di rischi specifici nei confronti di lavoratori appar-

tenenti a gruppi particolarmente sensibili al rischio, quali i soggetti portatori di dispositivi medici o di protesi metalliche e le lavoratrici in stato di gravidanza".

La informazione e la formazione devono peraltro comprendere anche tutte le opportune misure specifiche di protezione da adottare.

La informazione e la formazione specifica sono, ovviamente, ad integrazione e completamento di quanto previsto in tema di informazione e formazione in altre parti del D.lgs. 81/2008, ed in particolare dagli artt. 36 e 37.

### RACCOMANDAZIONE 7.5b

In particolare, la formazione dei lavoratori di cui alla Raccomandazione 7.2a (Tipi di apparecchiatura o luoghi di lavoro per le quali è da ritenersi necessaria l'attivazione della sorveglianza sanitaria) individuati come particolarmente sensibili al rischio, quali i portatori di DMIA e di dispositivi medici indossabili attivi, rappresenta un'importante attività del MC in sede di visita sia preventiva che periodica. In quel contesto il MC deve fornire le informazioni necessarie a tali lavoratori rispetto alle apparecchiature/luoghi di lavoro cui sono adibiti.

Le informazioni circa la compatibilità elettromagnetica dei DMIA prevedono vari step di valutazioni a seconda dei dispositivi e delle caratteristiche dell'esposizione. Tali step sono descritti in modo dettagliato anche nei capitoli introduttivi del presente documento, e specificamente al paragrafo 3.4.1, cui si rimanda per i dettagli. Una informazione fondamentale, che riguarda tutti i casi di lavoratori portatori di DMIA, è quella di attenersi rigorosamente anche sul luogo di lavoro alle raccomandazioni d'uso fornite dal fabbricante per il tramite dell'équipe medica che ha impiantato il dispositivo.

### RACCOMANDAZIONE 7.5c

La formazione dei lavoratori di cui alla Raccomandazione 7.2a (Tipi di apparecchiatura o luoghi di lavoro per le quali è da ritenersi necessaria l'attivazione della sorveglianza sanitaria), individuati come non particolarmente sensibili al rischio, è indirizzata ad istruire gli stessi a segnalare al MC la eventuale insorgenza di condizioni di sensibilità o di segni/sintomi riconducibili all'esposizione ("effetti indesiderati o inattesi"), al fine di essere sottoposti a visita medica (ai sensi dell'art. 211 o "su richiesta del lavoratore" di cui all'art. 41 c. 2 c, per le modificate condizioni di salute) per la necessaria valutazione di idoneità alla mansione.

In caso di esposizioni rilevanti a CEM si consiglia una nuova somministrazione del questionario di cui alla Raccomandazione 7.8b per individuare eventuali condizioni di particolare sensibilità di nuova insorgenza.

#### RACCOMANDAZIONE 7.5d

La formazione dei lavoratori di cui alla Raccomandazione 7.2.b (Tipo di apparecchiatura o luogo di lavoro per i quali è usualmente sufficiente provvedere ad una specifica formazione per i soggetti con particolare sensibilità al rischio, di fatto portatori di dispositivi medici impiantabili e indossabili attivi), individuati come particolarmente sensibili al rischio sulla base della somministrazione del questionario di cui alla Raccomandazione 7.8b, avrà come contenuto le modalità di gestione della sorgente di CEM, tra le quali in particolare le distanze di sicurezza e le specifiche da rispettare per garantire l'immunità elettromagnetica del dispositivo.

#### RACCOMANDAZIONE 7.5e

È opportuno ripetere l'informazione ai lavoratori interessati alle situazioni previste dall'art. 208 commi 4, 5, e 6 (possibili superamenti dei VA inferiori e VLE per gli effetti sensoriali) e, in modo ancora più rigoroso, a quelli coinvolti nel caso delle deroghe previste dall'art. 212. In questi casi il rinnovo della formazione dovrebbe auspicabilmente scattare all'atto della comunicazione all'organo di vigilanza (Art. 208, comma 6) o della richiesta di autorizzazione (Art. 212).

### 7.6. Quali sono i lavoratori su cui attivare la Sorveglianza Sanitaria?

#### RACCOMANDAZIONE 7.6

Sono i lavoratori che, sulla base degli esiti di una valutazione del rischio da condurre in funzione non solo delle sorgenti, dei livelli e delle modalità di esposizione, ma anche dello stato di salute del lavoratore stesso, potrebbero avere conseguenze sanitarie negative in relazione allo svolgimento delle proprie attività lavorative che comportano l'esposizione a CEM, con particolare attenzione ai lavoratori particolarmente sensibili al rischio. Sono da includere tutti i lavoratori professionalmente esposti a CEM emessi dalle sorgenti di cui alla Raccomandazione 7.2a (Tipi di apparecchiatura o luoghi di lavoro per le quali è da ritenersi necessaria l'attivazione della sorveglianza sanitaria).

**7.7. Quali effetti sono oggetto di considerazione da parte del Medico Competente di un'azienda con rischio da esposizione a CEM ai fini della sorveglianza sanitaria?**

**RACCOMANDAZIONE 7.7a**

Effetti a breve termine di tipo diretto (descritti per esteso nel Capitolo 3), "provocati direttamente nel corpo umano a causa della sua presenza all'interno di un campo elettromagnetico, che comprendono:

- effetti termici, quali il riscaldamento dei tessuti a causa dell'assorbimento di energia dai campi elettromagnetici nei tessuti medesimi;
- effetti non termici, quali la stimolazione di muscoli, nervi e organi sensoriali. Tali effetti, oltre a essere di detrimento per la salute mentale e fisica dei lavoratori, possono comportare sintomi transitori quali vertigini e fosfeni in grado di influenzare le capacità cognitive o altre funzioni cerebrali o muscolari, influendo negativamente sulla capacità di un lavoratore di operare in modo sicuro.

**RACCOMANDAZIONE 7.7b**

Effetti a breve termine di tipo indiretto da interferenza con il funzionamento di dispositivi medici (descritti per esteso nel Capitolo 3):

- "provocati dalla presenza di un oggetto in un campo elettromagnetico, che potrebbe essere causa di un pericolo per la salute e sicurezza, quali interferenza con attrezzi e dispositivi medici elettronici, compresi stimolatori cardiaci e altri impianti o dispositivi medici portati sul corpo".

**RACCOMANDAZIONE 7.7c**

Altri tipi di effetti indiretti (descritti per esteso nel Capitolo 3)

- percezione di correnti di contatto (scosse, ustioni)

Inoltre, anche se non ha effetti diretti sulla SS e sull'idoneità, va valutata e riportata nel DVR anche la possibile evenienza di altri effetti indiretti quali:

- rischio propulsivo di oggetti ferromagnetici all'interno di campi magnetici statici;
- 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.

**7.8. Quali protocolli di sorveglianza sanitaria adottare da parte dei Medici Competenti di aziende con lavoratori esposti a CEM e quali informazioni raccogliere per l'identificazione delle condizioni di particolare sensibilità e la comparsa di sintomi possibilmente legati all'esposizione a CEM?**

**RACCOMANDAZIONE 7.8a**  
**IL PROTOCOLLO SANITARIO**

INTERVALLI DI FREQUENZA	ACCERTAMENTI PREVENTIVI	ACCERTAMENTI PERIODICI	CONTROLLO MEDICO*** (superamento VLE/comparsa effetti indesiderati o inattesi)
Campi magnetici statici e campi magnetici con frequenza inferiore a 1 Hz	Visita medica Questionario per impianti attivi e non attivi	Visita <b>annuale</b> * per i lavoratori riconosciuti come "particolarmente sensibili" e per quelli con esposizioni sistematicamente superiori ai VLE, ma con periodicità eventualmente diversa sulla base delle condizioni del lavoratore e dei livelli di esposizione (flessibilità/deroga)  Visita medica da ripetere ogni <b>4 anni</b> **  Questionario per impianti attivi e non attivi	Visita medica Eventuali accertamenti in funzione dell'entità del superamento del VLE e/o degli effetti riferiti (ad esempio consulenza: Oculistica, Cardiologica)
ELF, IF e RF fino a 10 MHz	Visita medica Questionario per impianti attivi e non attivi	Visita <b>annuale</b> * per i lavoratori riconosciuti come "particolarmente sensibili" e per quelli con esposizioni sistematicamente superiori ai VLE, ma con periodicità eventualmente diversa sulla base delle condizioni del lavoratore e dei livelli di esposizione (flessibilità/deroga)  Visita medica da ripetere ogni <b>4 anni</b> **  Questionario per impianti attivi e non attivi	Visita medica Eventuali accertamenti in funzione dell'entità del superamento del VLE e/o degli effetti riferiti (ad esempio consulenza: Oculistica, Cardiologica)

Campi a RF > 10 MHz e microonde	Visita medica Questionario per impianti attivi e non attivi	Visita <b>annuale</b> * per i lavoratori riconosciuti come "particolarmenre sensibili" e per quelli con esposizioni sistematicamente superiori ai VLE, ma con periodicità eventualmente diversa sulla base delle condizioni del lavoratore e dei livelli di esposizione (flessibilità/deroga)  Visita medica da ripetere ogni <b>4 anni</b>  Questionario per impianti attivi e non attivi	Visita medica Eventuali accertamenti integrativi in funzione dell'entità del superamento del VLE, del distretto/dei distretti corporei interessati/ degli effetti riferiti (ad esempio consulenza: Oculistica, Cardiologica, Dermatologica, ecc.)
---------------------------------	--	--	--

\* Per verificare l'evoluzione delle condizioni cliniche di particolari sensibilità.

\*\*Per verificare il permanere dell'assenza di condizioni di particolare sensibilità e per effettuare un rinnovo della informazione mirata, in corrispondenza dell'aggiornamento del DVR

\*\*\* Per verificare l'insorgenza di effetti acuti e gestirne l'evoluzione, per valutare l'associazione degli effetti indesiderati/inattesi con l'esposizione e monitorarne l'evoluzione.

### RACCOMANDAZIONE 7.8b

Questionario anamnestico di screening per la presenza nei lavoratori di impianti attivi e non attivi e di inclusi metallici che possano determinare problemi da interferenza (CEI EN 50527-1, 2013, modificato). Da sottoporre ai lavoratori prima di essere adibiti alla mansione e, di norma, una volta l'anno.

Ha mai subito incidenti di caccia?	<input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no
Piercing?	<input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no
È stato vittima di trauma da esplosione?	<input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no
Ha subito interventi chirurgici su: (barrare in caso negativo)	
Testa .....	Addome .....
Collo .....	Estremità .....
Torace .....	Altri .....
È portatore di:	
• Schegge o frammenti metallici?	<input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no
• Clips su aneurismi (vasi sanguigni), aorta, cervello?	<input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no
• Protesi valvolare cardiaca?	<input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no

• Loop recorder per il monitoraggio continuo ECG?	<input type="checkbox"/> si	<input type="checkbox"/> no
• Dispositivo di assistenza ventricolare (VAD)?	<input type="checkbox"/> si	<input type="checkbox"/> no
• Stabilizzatori / distrattori della colonna vertebrale?	<input type="checkbox"/> si	<input type="checkbox"/> no
• Pompa di infusione per insulina o altri farmaci?	<input type="checkbox"/> si	<input type="checkbox"/> no
• Pace-maker cardiaco o altri tipi di dispositivi dotati di cateteri cardiaci?	<input type="checkbox"/> si	<input type="checkbox"/> no
• Corpi metallici nelle orecchie o impianti per l'udito?	<input type="checkbox"/> si	<input type="checkbox"/> no
• Protesi acustiche esterne?	<input type="checkbox"/> si	<input type="checkbox"/> no
• Neurostimolatori?	<input type="checkbox"/> si	<input type="checkbox"/> no
• Dispositivo intrauterino meccanico?	<input type="checkbox"/> si	<input type="checkbox"/> no
• Derivazione spinale o ventricolare per drenare il liquor?	<input type="checkbox"/> si	<input type="checkbox"/> no
• Protesi metalliche (per pregresse fratture, interventi correttivi articolari, etc.) viti, chiodi, filo, ecc....	<input type="checkbox"/> si	<input type="checkbox"/> no
Localizzazione.....		
• Protesi dentarie fisse o mobili?		
Localizzazione.....	<input type="checkbox"/> si	<input type="checkbox"/> no
• Cristallino artificiale o altri impianti oculari?		
• Protesi dell'arto superiore/mano?		
• Protesi dell'arto inferiore/piede?	<input type="checkbox"/> si	<input type="checkbox"/> no
• Dispositivi indossabili ausiliatori/esoscheletri?	<input type="checkbox"/> si	<input type="checkbox"/> no

### RACCOMANDAZIONE 7.8c

*Sintomi legati ad effetti sensoriali da indagare periodicamente in lavoratori esposti a rilevanti livelli di CEM statici e a bassa frequenza (ad esempio nei lavoratori addetti alla zona ad accesso controllato della RM).*

- *Sintomi aspecifici: difficoltà di concentrazione, perdita di memoria, sonnolenza, astenia, cefalea, disturbi del sonno.*
- *Sintomi più caratteristici: nausea, vertigini/sensazione di instabilità, sapore metallico, lampi luminosi (fotofenici), sensazione di ronzii o fischi (acufeni).*
- *Eventuali altri sintomi: è opportuno chiedere al lavoratore se abbia avuto sintomi che ritiene associati all'esposizione a CEM; se presenti, tali sintomi vanno annotati in cartella.*

*NB: è importante rilevare la frequenza di comparsa (n° di episodi per settimana/mese) e registrare le eventuali variazioni nella loro frequen-*

*za nelle visite successive. È importante, inoltre, verificare la comparsa dei sintomi in relazione all'esposizione a CEM e l'andamento in funzione di variazioni/interruzioni dell'esposizione. A questo scopo può essere utile l'utilizzo di questionari ad hoc da riproporre nel tempo al fine di seguire eventuali variazioni. Per i sintomi soggettivi possibilmente attribuibili ad effetti sensoriali nei lavoratori esposti a CEM statici e a bassa frequenza, una proposta di questionario è riportata, a titolo d'esempio, alla fine del Capitolo 5 del presente documento.*

## **7.9. Quali criteri operativi applicare in caso di lavoratori con "Intolleranza ambientale idiopatica attribuita ai campi elettromagnetici" (IEI-EMF)?**

### **RACCOMANDAZIONE 7.9**

*Non si ritiene giustificata in questi casi la formulazione di un giudizio di non idoneità alla mansione, mancando i necessari presupposti scientifici per ipotizzare un nesso causale con lo scatenamento della sintomatologia a livello individuale. Nonostante ciò, è auspicabile che il MC, eventualmente in collaborazione con altre figure professionali, valuti complessivamente la situazione (altri rischi presenti, livello di consapevolezza del lavoratore circa i rischi del proprio ambiente di lavoro), al fine di fornire al lavoratore interessato una corretta informazione orientata soprattutto a mettere in evidenza i risultati della ricerca scientifica sulla "IEI-EMF" e l'assenza di dimostrazioni di una causalità diretta dei CEM, e sullo stato delle conoscenze sul rischio da campi elettromagnetici in generale, mirata ad una migliore contestualizzazione della sintomatologia lamentata e, possibilmente, ad una sua riduzione o eliminazione (si veda il paragrafo 3.3.5).*

*Nei casi in cui, nonostante le misure intraprese, non si sia pervenuti ad una soluzione, il MC può proporre un intervento di mediazione con i necessari referenti all'interno della realtà produttiva, volto a verificare la fattibilità di eventuali adattamenti dell'organizzazione del lavoro o della mansione, attuabili per quello specifico lavoratore.*

## **7.10 Quali criteri operativi applicare per la espressione del giudizio di idoneità per i lavoratori con particolari sensibilità al rischio?**

Note per una corretta interpretazione della Raccomandazione 7.10:

- a) nelle Tabelle sono indicate, in funzione di specifiche apparecchiature/luoghi di lavoro (come elencate nella Raccomandazione 7.2 -Quali sono le principali sorgenti d'esposizione lavorativa a CEM nei luoghi di lavoro per

*le quali, a seguito della valutazione del rischio, potrebbe essere necessario attivare la sorveglianza sanitaria? -), ed in relazione ai raggruppamenti di condizioni di particolare sensibilità al rischio (come elencate nella Raccomandazione 7.3 - Quali condizioni comportano una potenziale particolare sensibilità al rischio da CEM?):*

- le condizioni in cui è possibile esprimere un giudizio di idoneità piena, per le quali viene cioè valutata l'assenza di potenziali ricadute sanitarie legate allo svolgimento delle specifiche attività;
- le condizioni che invece necessitano di valutazione in termini di compatibilità elettromagnetica per la specifica situazione espositiva, da effettuare secondo quanto indicato nei paragrafi 3.4.1 e 3.4.2 del presente documento per i DMIA. **NB: In assenza di verifica di compatibilità EM il lavoratore dovrà essere considerato non idoneo;**
- le situazioni che, in relazione alle condizioni espositive, determinano per alcuni o per tutti i casi di particolare sensibilità, una controindicazione assoluta all'esposizione. Per quanto riguarda i portatori di dispositivi medici attivi, impiantabili o indossabili, e i portatori di dispositivi medici passivi, tale giudizio può essere modificato sulla base di una valutazione specifica che può essere condotta seguendo le indicazioni riportate nei paragrafi 3.4.1, 3.4.2, 3.4.3.

b) alcune condizioni lavorative, in relazioni alle sorgenti e/o alle modalità esecutive ("Tipo di apparecchiatura o luogo di lavoro"), necessitano di una specifica valutazione dei livelli espositivi per poter escludere il superamento dei limiti ICNIRP per la popolazione generale. Questo perché a tale condizione viene vincolata l'espressione del giudizio di idoneità piena, e quindi la conseguente permanenza nella mansione specifica dei lavoratori/lavoratrici portatori delle specifiche condizioni di particolare sensibilità al rischio;

c) le indicazioni di idoneità riguardanti la gravidanza prevedono in generale l'**inidoneità alla esposizione per valori superiori ai limiti ICNIRP per la popolazione generale, salvo diversa valutazione del MC, sulla base dei livelli di esposizione presenti, delle condizioni psico-fisiche della lavoratrice e del decorso della gravidanza, come indicato nel paragrafo 3.3.6;**

d) nella tabella, il riferimento ai limiti ICNIRP per la popolazione generale rimanda, per le radiofrequenze, alle recenti linee guida ICNIRP 2020 (che rappresentano il riferimento scientifico più aggiornato), anche se in subordine si potrebbe ancora fare riferimento alle linee guida ICNIRP del 1998 (i cui limiti corrispondono a quelli stabiliti dalla Raccomandazione 1999/519/

CE), mentre per i campi magnetici statici e a basse frequenze rimanda, rispettivamente, alle linee guida ICNIRP del 2009 e del 2010.

### RACCOMANDAZIONE 7.10

*Criteri di idoneità per soggetti con condizioni di particolare sensibilità al rischio*

Infrastrutture (immobili e terreni)	
Antenne per stazioni radio base, all'interno della zona di esclusione destinata all'operatore	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Portatori di DMIA:</b> non idoneo.</li><li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> non idoneo.</li><li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> non idoneo.</li><li>• <b>Gravidanza:</b> non idonea.</li></ul>
Utensili da giardino (a funzionamento elettrico) – utilizzo di	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Portatori di DMIA:</b> seguire le procedure indicate nel par. 3.4.1</li><li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> seguire le indicazioni del par. 3.4.2</li><li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> idoneo</li><li>• <b>Gravidanza:</b> idoneo</li></ul>
Apparecchi di illuminazione speciali, attivati a radiofrequenza o a microonde, utilizzati in ambito industriale	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Portatori di DMIA:</b> seguire le procedure indicate nel par. 3.4.1</li><li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> seguire le indicazioni del par. 3.4.2</li><li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> idoneo se rispettati i limiti ICNIRP per la popolazione generale.</li><li>• <b>Gravidanza:</b> idonea se rispettati i limiti ICNIRP per la popolazione generale.</li></ul>

Alimentazione elettrica	
Circuito elettrico in cui i conduttori sono vicini l'uno all'altro e con una corrente netta superiore a 100 A — compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. — esposizione a campi magnetici	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> seguire le procedure indicate nel par. 3.4.1</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> seguire le indicazioni del par. 3.4.2</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> idoneo se rispettati i limiti della Racc. 1999/519/CE per la popolazione generale.</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> idonea se rispettati i limiti IC-NIRP per la popolazione generale.</li> </ul>
Circuiti elettrici all'interno di un impianto, con corrente di fase nominale superiore a 100 A per un singolo circuito — compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. — esposizione a campi magnetici	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> seguire le procedure indicate nel par. 3.4.1</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> seguire le indicazioni del par. 3.4.2</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> idoneo se rispettati i limiti della Racc. 1999/519/CE per la popolazione generale.</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> idonea se rispettati i limiti IC-NIRP per la popolazione generale.</li> </ul>
Impianti elettrici con corrente di fase nominale superiore a 100 A — compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. — esposizione a campi magnetici	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> seguire le procedure indicate nel par. 3.4.1</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> seguire le indicazioni del par. 3.4.2</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> idoneo se rispettati i limiti della Racc. 1999/519/CE per la popolazione generale.</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> idonea se rispettati i limiti IC-NIRP per la popolazione generale.</li> </ul>
Generatori e generatori di emergenza — lavori con	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> seguire le procedure indicate nel par. 3.4.1</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> seguire le indicazioni del par. 3.4.2</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> idoneo</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> idonea</li> </ul>

Inverter, compresi quelli su sistemi fotovoltaici	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> seguire le procedure indicate nel par. 3.4.1</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> seguire le indicazioni del par. 3.4.2</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> idoneo.</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> idonea.</li> </ul>
Conduttore nudo aereo con tensione nominale superiore a 110 kV o linea aerea superiore a 150 kV, sopra il luogo di lavoro — esposizione a campi elettrici (§)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> seguire le procedure indicate nel par. 3.4.1</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> seguire le indicazioni del par. 3.4.2</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> idoneo se rispettati i limiti della Racc. 1999/519/CE per la popolazione generale.</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> idonea se rispettati i limiti IC-NIRP per la popolazione generale.</li> </ul>
(§) Non è indicata una SS specifica su lavoratori addetti in un luogo di lavoro sormontato da (sopra il quale si trova) una linea aerea, qualora si configuri una delle condizioni seguenti:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• le misure nel luogo di lavoro indicano il mancato superamento del livello di riferimento del campo elettrico per la popolazione;</li> <li>• se i calcoli del campo elettrico nel luogo di lavoro derivante dalla linea aerea (es. fornito dall'operatore di linea) indicano il mancato superamento del livello di riferimento del campo elettrico per la popolazione;</li> <li>• se la distanza dal suolo della linea non è inferiore a 16 m (per linee tra 291 kV e 420 kV), 11 m (per linee tra 226 kV e 290 kV), 9 m (per linee tra 151 kV e 225 kV) o qualsiasi altezza (per linee tra 0 kV e 150 kV) in nessun punto sul luogo di lavoro;</li> <li>• quando il luogo di lavoro è in un interno.</li> </ul> <p>Questo si applica quando un lavoratore con DMIA è a livello del suolo (in piedi, seduto, etc.) e non quando è sopra il livello del suolo.</p>
Turbine eoliche, lavori con	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> seguire le procedure indicate nel par. 3.4.1</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> seguire le indicazioni del par. 3.4.2</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> idoneo se rispettati i limiti della Racc. 1999/519/CE per la popolazione generale.</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> idonea se rispettati i limiti IC-NIRP per la popolazione generale.</li> </ul>

Industria leggera	
Procedimenti di saldatura ad arco manuali (compresi MIG, MAG, TIG)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> idoneo.</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> idonea.</li> </ul>
Carica batterie professionali di grandi dimensioni	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> seguire le procedure indicate nel par. 3.4.1</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> seguire le indicazioni del par. 3.4.2</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> idoneo.</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> idonea.</li> </ul>
Apparecchiature per il trattamento corona delle superfici	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> seguire le procedure indicate nel par. 3.4.1</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> seguire le indicazioni del par. 3.4.2</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> idoneo.</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> idonea .</li> </ul>
Riscaldamento dielettrico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> non idoneo</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> non idonea.</li> </ul>
Saldatura dielettrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> non idonea.</li> </ul>
Apparecchiature per la verniciatura elettrostatica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> seguire le procedure indicate nel par. 3.4.1</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> seguire le indicazioni del par. 3.4.2</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> idoneo se rispettati i limiti della Racc. 1999/519/CE per la popolazione generale.</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> idonea se rispettati i limiti IC-NIRP per la popolazione generale.</li> </ul>

Forni di riscaldamento a resistenza	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Portatori di DMIA:</b> seguire le procedure indicate nel par. 3.4.1</li><li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> seguire le indicazioni del par. 3.4.2</li><li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> idoneo.</li><li>• <b>Gravidanza:</b> idonea.</li></ul>
Pistole incollatrici – utilizzo di	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Portatori di DMIA:</b> seguire le procedure indicate nel par. 3.4.1</li><li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> seguire le indicazioni del par. 3.4.2</li><li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> idoneo.</li><li>• <b>Gravidanza:</b> idonea.</li></ul>
Pistole ad aria calda (portatili) – utilizzo di	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Portatori di DMIA:</b> seguire le procedure indicate nel par. 3.4.1</li><li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> seguire le indicazioni del par. 3.4.2</li><li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> idoneo.</li><li>• <b>Gravidanza:</b> idonea.</li></ul>
Riscaldamento ad induzione	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Portatori di DMIA:</b> non idoneo.</li><li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> non idoneo.</li><li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> non idoneo.</li><li>• <b>Gravidanza:</b> non idonea.</li></ul>
Sistemi automatizzati di riscaldamento a induzione, in cui la ricerca di guasti e la riparazione comportano la stretta vicinanza con la sorgente del campo elettromagnetico	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Portatori di DMIA:</b> seguire le procedure indicate nel par. 3.4.1</li><li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> seguire le indicazioni del par. 3.4.2</li><li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> idoneo se rispettati i limiti della Racc. 1999/519/CE per la popolazione generale.</li><li>• <b>Gravidanza:</b> idonea se rispettati i limiti IC-NIRP per la popolazione generale.</li></ul>
Apparecchi di sigillatura ad induzione	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Portatori di DMIA:</b> seguire le procedure indicate nel par. 3.4.1</li><li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> seguire le indicazioni del par. 3.4.2</li><li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> idoneo.</li><li>• <b>Gravidanza:</b> idonea.</li></ul>

Saldatura ad induzione	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> non idonea.</li> </ul>
Macchine utensili (per esempio trapani a colonna, smerigliatrici, torni, fresatrici, seghe)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> seguire le procedure indicate nel par. 3.4.1</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> seguire le indicazioni del par. 3.4.2</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> idoneo.</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> idonea.</li> </ul>
Utensili (elettrici portatili e trasportabili per esempio trapani, levigatrici, seghe circolari e smerigliatrici angolari) – utilizzo di	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> seguire le procedure indicate nel par. 3.4.1</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> seguire le indicazioni del par. 3.4.2</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> idoneo.</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> idonea.</li> </ul>
Ispezione con particelle magnetiche (rilevazione di incrinature)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> seguire le procedure indicate nel par. 3.4.1</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> seguire le indicazioni del par. 3.4.2</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> idoneo se rispettati i limiti della Racc. 1999/519/CE per la popolazione generale.</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> idonea se rispettati i limiti IC-NIRP per la popolazione generale.</li> </ul>
Magnetizzatori/ smagnetizzatori, industriali (compresi i cancellatori per nastri)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> seguire le procedure indicate nel par. 3.4.1</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> seguire le indicazioni del par. 3.4.2</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> idoneo se rispettati i limiti della Racc. 1999/519/CE per la popolazione generale.</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> idonea se rispettati i limiti IC-NIRP per la popolazione generale.</li> </ul>

Riscaldamento ed essiccazione a microonde nella industria del legno (essiccazione, piegatura, incollaggio)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> non idonea.</li> </ul>
Essiccazione a radiofrequenza nell'industria del tessile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> non idonea.</li> </ul>
Dispositivi al plasma a Radiofrequenza (RF), compresi quelli per deposizione e polverizzazione catodica (sputtering) in vuoto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> non idonea.</li> </ul>
Sistemi di saldatura automatizzati, in cui la ricerca di guasti, la riparazione e la formazione comportano una stretta vicinanza con la sorgente del campo elettromagnetico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> Idoneo se rispettati i limiti della Racc. 1999/519/CE per la popolazione generale.</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> idonea se rispettati i limiti IC-NIRP per la popolazione generale.</li> </ul>
Saldatura a resistenza manuale (saldatura a punti, saldatura continua).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> idoneo se rispettati i limiti della Racc. 1999/519/CE per la popolazione generale.</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> idonea se rispettati i limiti IC-NIRP per la popolazione generale.</li> </ul>
Carrelli elevatori	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> seguire le procedure indicate nel par. 3.4.1</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> seguire le procedure indicate nel par. 3.4.2</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> idoneo</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> idonea</li> </ul>

<b>Industria pesante</b>	
Elettrolisi industriale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> idonea se rispettati i limiti IC-NIRP per la popolazione generale.</li> </ul>
Forni fusori ad arco	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> idoneo se rispettati i limiti della Racc. 1999/519/CE per la popolazione generale.</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> idonea se rispettati i limiti IC-NIRP per la popolazione generale.</li> </ul>
Forni fusori a induzione (i fornì di piccole dimensioni hanno in genere campi accessibili di frequenza più alta dei fornì di grandi dimensioni)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> non idonea.</li> </ul>

<b>Edilizia</b>	
Macchinari per cantieri (per esempio betoniere, vibratori per cemento/calcestruzzo, gru ecc.) – lavoro in prossimità	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> seguire le procedure indicate nel par. 3.4.1</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> seguire le indicazioni del par. 3.4.2</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> idoneo.</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> idonea.</li> </ul>
Asciugatura a microonde nell'industria edilizia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> non idonea.</li> </ul>

Settore medico	
Apparecchiature mediche con impiego di campi elettromagnetici per diagnosi e terapie (per esempio stimolazione magnetica transcranica, tecarterapia, elettrobisturi)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> seguire le procedure indicate nel par. 3.4.1</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> seguire le indicazioni del par. 3.4.2</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> seguire le indicazioni del par. 3.4.3</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> idonea se rispettati i limiti ICNIRP per la popolazione generale</li> </ul>
Risonanza magnetica (all'interno della zona con isolinea > 0,5 mT)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> 1) <b>non metallici:</b> idoneo; 2) <b>metallici non ferromagnetici:</b> idoneo se rispettati i limiti della Racc. 1999/519/CE per la popolazione generale; 3) <b>metallici ferromagnetici:</b> idoneo solo per campi &lt; 3 mT.</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> idonea se rispettati i limiti ICNIRP per la popolazione generale.</li> </ul>

Settore estetico	
Apparati che utilizzano campi ELF, IF, RF	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> seguire le procedure indicate nel par. 3.4.1</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> seguire le indicazioni del par. 3.4.2</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> idoneo se rispettati i limiti della Racc. 1999/519/CE per la popolazione generale.</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> idonea se rispettati i limiti ICNIRP per la popolazione generale.</li> </ul>

<b>Trasporti</b>	
Veicoli ed altri sistemi di trasporto a motore elettrico— lavoro in prossimità di motorini di avviamento, alternatori e sistemi di accensione	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> seguire le procedure indicate nel par. 3.4.1</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> seguire le indicazioni del par. 3.4.2</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> idoneo.</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> idonea.</li> </ul>
Radar di controllo del traffico aereo, militari, meteorologici e a lungo raggio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> non idonea.</li> </ul> <p>(Non idoneità in relazione alla possibilità di esposizione accidentale all'intenso fascio direzionale)</p>
Treni e tram a trazione elettrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> seguire le procedure indicate nel par. 3.4.1</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> seguire le indicazioni del par. 3.4.2</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> Idoneo se rispettati i limiti della Racc. 1999/519/CE per la popolazione generale.</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> idonea se rispettati i limiti IC-NIRP per la popolazione generale.</li> </ul>

<b>Ricerca</b>	
Sviluppo e sperimentazione di apparecchiature emettitrici di CEM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> seguire le procedure indicate nel par. 3.4.1</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> seguire le indicazioni del par. 3.4.2</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> idoneo se rispettati i limiti della Racc. 1999/519/CE per la popolazione generale.</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> idonea se rispettati i limiti IC-NIRP per la popolazione generale.</li> </ul>

Varie	
Carica batterie, ad accoppiamento induttivo o di prossimità	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> seguire le procedure indicate nel par. 3.4.1</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> seguire le indicazioni del par. 3.4.2</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> idoneo .</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> idonea.</li> </ul>
Sistemi e dispositivi di radiodiffusione (radio e TV: LF, MF, HF, VHF e UHF): antenne per le trasmissioni radiotelevisive	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> seguire le procedure indicate nel par. 3.4.1</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> seguire le indicazioni del par. 3.4.2</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> idoneo se rispettati i limiti della Racc. 1999/519/CE per la popolazione generale.</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> idonea se rispettati i limiti IC-NIRP per la popolazione generale.</li> </ul>
Apparecchiature che generano campi magnetici statici (§§) superiori a 0,5 millitesla, generati elettricamente o da magneti permanenti (p.es. piani, tavelle e trasportatori magnetici, magneti di sollevamento, supporti magnetici, targhette, distintivi, apparecchiature per la ricerca, cuffie audio)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> non idoneo.</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> idoneo (se campi &lt; 3 mT o impianto non ferromagnetico).</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> idonea.</li> </ul>
§§ anche "quasi statici" con frequenza fino a qualche Hz (CEI EN 50527)	
Apparecchiature professionali di cucina a induzione	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portatori di DMIA:</b> seguire le procedure indicate nel par. 3.4.1</li> <li>• <b>Portatori di dispositivi indossabili attivi:</b> seguire le indicazioni del par. 3.4.2</li> <li>• <b>Portatori di impianti passivi:</b> idoneo.</li> <li>• <b>Gravidanza:</b> idonea.</li> </ul>



## Bibliografia

Advisory Group on Non-Ionising Radiation (AGNIR). Health effects from radiofrequency electromagnetic fields. Chilton (UK): Health Protection Agency (HPA), RCE-20, 2012. [https://www.ices-emfsafety.org/wp-content/uploads/2014/11/AGNIR\\_report\\_2012.pdf](https://www.ices-emfsafety.org/wp-content/uploads/2014/11/AGNIR_report_2012.pdf).

AHLBOM A.-DAY N.-FEYCHTING M.-ROMAN E.-SKINNER J.-DOCKERTY J.-LINET M.-MC-BRIDE M.-MICHAELIS J.-OLSEN J.H.-TYNES T.-VERKASALO P.K., *A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia.* Br J Cancer 2000; 83: 692–698.doi: 10.1054/bjoc.2000.1376

ALYONO J.C.-*Vertigo and Dizziness - Understanding and Managing Fall Risk.* Otolaryngol Clin N Am 2018; 51: 725–740. <https://doi.org/10.1016/j.otc.2018.03.003>

Associazione Italiana di Radioprotezione Medica (AIRM)- Società Italiana di Medicina del Lavoro e Igiene Industriale (SIMLI). Linee di indirizzo per la sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti a Radiazioni non ionizzanti. Nuova Editrice Berti, Piacenza, 2012.

BAAN R.-GROSSE Y.-LAUBY-SECRETAN B.-EL GHISSASSI F.-BOUVARD V.-BEN-BRAHIM-TALLAA L.-GUHA N.-ISLAMI F.-GALICHET L.-STRAIF K., WHO International Agency for Research on Cancer Monograph Working Group. *Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields.* Lancet Oncol. 2011;12:624-626. doi:10.1016/S1470-2045(11)70147-4

BALIATSAS C.-VAN KAMP I.-KELFKENS G.-SCHIPPER M.-BOLTE J.-YZERMANS I.-LEBRET E., *Non-specific physical symptoms in relation to actual and perceived proximity to mobile phone base stations and powerlines.* BMC Public Health 2011;11: 1-12. doi. org/10.1186/1471-2458-11-421

BERNHARDT J.H., *The establishment of frequency dependent limits for electric and magnetic fields and evaluation of indirect effect.* Radiat Environ Biophys 1988; 27:1-27.

BODEWEIN L.-SCHMIEDCHEN K.-DECHEINT D.-STUNDER D.-GRAEFRATH D.-WINTER L.-KRAUS T.-DRIESSEN S.-*Systematic review on the biological effects of electric, magnetic and electromagnetic fields in the intermediate frequency range (300 Hz to 1 MHz).* Environ Res 2019; 171: 247–259. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.01.015>

BOWMAN D.J.-TOUCHSTONE J.A.-YOST M.G., *A Population-Based Job Exposure Matrix for Power-Frequency Magnetic Fields*. National Institute of Occupational Safety and Health, Cincinnati (Ohio, US), 2013. <https://www.cdc.gov/niosh/topics/emf/jem-powerfreq/jempowerfreq.html>

BUA L.-TIBALDI E.-FALCIONI L.-LAURIOLA M.-DE ANGELIS L.-GNUDI F.-MANSERVIGI M.-MANSERVISI F.-MANZOLI I.-MENGHETTI I.-MONTELLA R.-PANZACCHI S.-SGARGI D.-STROLLO V.-VORNOLI A.-MANDRIOLI D.-BELPOGGI F., *Results of lifespan exposure to continuous and intermittent extremely low frequency electromagnetic fields (ELFEMF) administered alone to Sprague Dawley rats*. Environ Res 2018; 164: 271–279. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.02.036>

CARLBERG M.-HARDELL L., *Evaluation of mobile phone and cordless phone use and glioma risk using the Bradford Hill viewpoints from 1965 on association or causation*. BioMed Res Int 2017; 2017:9218486. doi: 10.1155/2017/9218486.

Centro Nazionale per l'Eccellenza Clinica, la Qualità e la Sicurezza delle Cure (CNEC) dell'Istituto Superiore di Sanità (CNEC-ISS). Manuale operativo - Procedure per la proposta di inserimento di linee guida nel Sistema Nazionale Linee Guida. Ed. ISS, 2018.

Centro Nazionale per l'Eccellenza Clinica, la Qualità e la Sicurezza delle Cure (CNEC) dell'Istituto Superiore di Sanità (CNEC-ISS). Manuale metodologico per la produzione di linee guida di pratica clinica. Ed. ISS, 2019.

CERVETTO L.-DEMONTIS G.C.-GARGINI C., *Cellular mechanisms underlying the pharmacological induction of phosphenes*. Br J Pharmacol 2007; 150: 383–390. doi:10.1038/sj.bjp.0706998

CIUMAN R.R., *Inner ear symptoms and disease: pathophysiological understanding and therapeutic options*. Med Sci Monit 2013; 19: 1195-1210. doi: 10.12659/MSM.889815

Commissione europea - Direzione Generale per l'Occupazione, gli Affari Sociali e l'Inclusione. Guida non vincolante di buone prassi per l'attuazione della direttiva 2013/35/UE relativa ai campi elettromagnetici. Bruxelles, novembre 2014. ISBN 978-92-79-45961-0. <http://ec.europa.eu/social/BlobServlet?docId=14741&langId=it> (ultimo accesso 3/7/2017)

Coordinamento Tecnico per la Sicurezza nei Luoghi di Lavoro delle Regioni e delle Province Autonome. Decreto Legislativo 81/2008 Titolo VIII, Capo IV e s.m.i. Protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a campi elettromagnetici. Indicazioni operative in collaborazione con: INAIL, Istituto Superiore di Sanità. Revisione 01: approvata dal gruppo di lavoro Agenti Fisici il 18/03/2019, approvata dall'Area Prevenzione e Sanità Pubblica della Commissione Salute il 20/06/2019. <https://>

[www.portaleagentifisici.it/filemanager/userfiles/Faq\\_AFisici\\_CEM\\_APPROVATO\\_20\\_06\\_2019\\_rev1\\_web.pdf?lg=IT](http://www.portaleagentifisici.it/filemanager/userfiles/Faq_AFisici_CEM_APPROVATO_20_06_2019_rev1_web.pdf?lg=IT)

COSOTTINI M.-FROSINI D.-BIAGI L.-PESARESI I.-COSTAGLI M.-TIBERI G.-SYMMS M.-TOSETTI M., *Short-term side-effects of brain MR examination at 7 T: a single-centre experience.* Eur Radiol 2014; 24: 1923-1928.doi: 10.1007/s00330-014-3177-y

CRESPI C.M.-SWANSON J.-VERGARA X.P.-KHEIFETS L., *Childhood leukemia risk in the California Power Line Study: Magnetic fields versus distance from power lines.* Environ Res 2019; 171: 530–535. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.01.022>

Decreto Legislativo 26 marzo 2001, n. 151. Testo unico delle disposizioni legislative in materia di tutela e sostegno della maternità e della paternità, a norma dell'articolo 15 della legge 8 marzo 2000, n. 53. G.U. n. 96 del 26 aprile 2001, Supplemento Ordinario n. 93.

Decreto Legislativo 1 agosto 2016, n. 159. Attuazione della direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) e che abroga la direttiva 2004/40/CE. (16G00172). G.U. Serie Generale n. 192 del 18 agosto 2016.

Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81. Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro. G.U. n. 101 del 30 aprile 2008, Supplemento Ordinario n. 108 e s.m.i.

DELTOUR I.-SCHÜZ J., *Synthesis of epidemiological studies on mobile phone use and the risk of brain tumors.* In: Epidemiology of electromagnetic fields (Röösli M., ed.): CRC Press, 2014: 243-258.

DIEUDONNÉ M., *Electromagnetic hypersensitivity: a critical review of explanatory hypotheses.* Environ Health 2020, 19:48. <https://doi.org/10.1186/s12940-020-00602-0>

Direttiva 2013/35/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 26 giugno 2013. Disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) (ventesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE) e che abroga la direttiva 2004/40/CE. G.U. Unione Europea n. L 179 del 29 giugno 2004.

European Health Risk Assessment Network on Electromagnetic Fields Exposure (EFHRAN). Work package 5. D3 - Report on the analysis of risks associated to exposure to EMF: *in vitro* and *in vivo* (animals) studies, 2010. [http://efhran.polimi.it/docs/IMS-EFHRAN\\_09072010.pdf](http://efhran.polimi.it/docs/IMS-EFHRAN_09072010.pdf)

European Health Risk Assessment Network on Electromagnetic Fields Exposure (EFHRAN). Deliverable Report D2 of EFHRAN project - Risk analysis of human exposure to electromagnetic fields (revised). Revised version submitted October 2012. [http://efhran.polimi.it/docs/D2\\_Finalversion\\_oct2012.pdf](http://efhran.polimi.it/docs/D2_Finalversion_oct2012.pdf)

FALCIONI L.-BUA L.-TIBALDI E.-LAURIOLA M.-DE ANGELIS L.-GNUDI F.-MANDRIOLI D.-MANSERVIGI M.-MANSERVISI F.-MANZOLI I.-MENGHETTI I.-MONTELLA R.-PANZAC-CHI S.-SGARGI D.-STROLLO V.-VORNOLI A.-BELPOGGI F., *Report of final results regarding brain and heart tumors in Sprague-Dawley rats exposed from prenatal life until natural death to mobile phone radiofrequency field representative of a 1.8 GHz GSM base station environmental emission.* Environ Res 2018; 165: 496-503.<https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.01.037>

GIRASOLI L.-CAZZADOR D.-PADOAN R.-NARDELLO E.-FELICETTI M.-ZANOLETI E.-SCHIAVON F.-BOVO R., *Update on vertigo in autoimmune disorders, from diagnosis to treatment.* J Immunol Res 2018, Article ID 5072582. <https://doi.org/10.1155/2018/5072582>

GLOVER P.M.-CAVIN I.D.-QIAN W.-BOWTELL R.W.-GOWLAND P.A., *Magnetic field induced vertigo: a theoretical and experimental investigation.* Bioelectromagnetics 2007; 28: 349-361.doi: 10.1002/bem.20316

GOBBA F., *Rischi Fisici. Radiazioni non ionizzanti.* In: Alessio L, Franco G, Tomei F. (Eds) - Trattato di Medicina del Lavoro. Padova: Piccin, 2015.

GOBBA F.-BRAVO G.-ROSSI P.-CONTESSA G.M.-SCARINGI M., *Occupational and environmental exposure to extremely low frequency-magnetic fields: a personal monitoring study in a large group of workers in Italy.* J Expo Sci Environ Epidemiol 2011; 21:634-645. doi: 10.1038/jes.2011.9.

GREENLAND S.-SHEPPARD A.R.-KAUNE W.T.-POOLE C.-KELSH M.A. for the Childhood Leukemia-EMF Study Group. *A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia.* Epidemiol 2000; 11: 624-634.doi: 10.1097/00001648-200011000-00003

GUNNARSSON L.G.-BODIN L., *Occupational Exposures and Neurodegenerative Diseases-A Systematic Literature Review and Meta-Analyses.* Int. J. Environ. Res. Public Health 2019; 16: 337.doi:10.3390/ijerph16030337

GURKOV R.-PYYKO I.-ZOU J.-KENTALA E., *What is Meniere's disease? A contemporary re-evaluation of endolymphatic hydrops.* J. Neurol. 2016; 263: S71-S81. doi: 10.1007/s00415-015-7930-1

Health Council of the Netherlands. Mobile phones and cancer: Part 3. Update and overall conclusions from epidemiological and animal studies. The Hague: Health Council of the Netherlands, 2016; publication no. 2016/06. [https://www.gezon-dheidsraad.nl/sites/default/files/201606\\_mobilephonescancerpart3.pdf](https://www.gezon-dheidsraad.nl/sites/default/files/201606_mobilephonescancerpart3.pdf)

Heinrich A.-Szostek A.-Meyer P.-Reinhard I.-Gilles M.-Paslakis G., Rauschenberg J.-Gröbner J.-Semmler W.-Deuschle M.-Meyer-Lindenberg A.-Flor H.-Nees F., *Women are more strongly affected by dizziness in static magnetic fields of magnetic resonance imaging scanners.* Neuroreport 2014; 25: 1081-1084. doi: 10.1097/WNR.0000000000000225.

Higgins J.-Green S., *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. Version 5.1.0 (updated March 2011), 2011.

Huss A.-Spoerri A.-Egger M.-Kromhout H.-Vermeulen R., *Occupational extremely low frequency magnetic fields (ELF-MF) exposure and hematolymphopoietic cancers – Swiss National Cohort analysis and updated meta-analysis*. Environ Res 2018; 164: 467–474. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.03.022>

INAIL, Regione Toscana, AUSL Siena, AUSL Modena. Portale Agenti Fisici. <https://www.portaleagentifisici.it/?lg=EN>.

International Agency for Research on Cancer. Non-ionizing radiation, part 1: static and extremely low frequency (ELF) electric and magnetic fields. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to humans, Vol. 80. Lyon, 2002. <http://monographs.iarc.fr/index.php>

International Agency for Research on Cancer. Non-ionizing radiation, part 2: radio-frequency electromagnetic fields. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to humans, Vol. 102. Lyon, 2013. <http://monographs.iarc.fr/index.php>

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields. Health Phys 1994; 66: 100-106.

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Guidelines for limiting exposure to time varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Phys 1998; 74: 494-522.

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). General approach to protection against non ionizing radiation. Health Phys 2002; 82: 540-548. doi: 10.1097/00004032-200204000-00017

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Exposure to static and low frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (0-100 kHz) - Review of the scientific evidence and health consequences. Bernhardt JH, Matthes R, McKinlay A, Vecchia P, Veyret B (eds) ISBN3-934994-03-2; 2003a.

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Guidance on determining compliance of exposure to pulsed and complex non-sinusoidal waveforms below 100 kHz with ICNIRP guidelines. Health Phys 2003b; 84: 383-387. doi: 10.1097/00004032-200303000-00016

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Medical magnetic resonance (MR) procedures: protection of patients. Health Phys 2004a; 87: 197-216. doi: 10.1097/00004032-200408000-00008

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection - Standing Committee on Epidemiology (ICNIRP SCI). Epidemiology of health effects of radiofre-

quency exposure. Environ Health Perspect 2004b; 112: 1741-1754.doi: 10.1289/ehp.7306

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Guidelines on limiting exposure to static magnetic fields. Health Phys 2009a; 96: 504-514. doi:10.1097/01.HP.0000343164.27920.4a

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection- Standing Committee on Epidemiology (ICNIRP SCI). SCI REVIEW - Epidemiologic evidence on mobile phones and tumor risk: a review. Epidemiol 2009b; 20: 639-652.doi: 10.1097/EDE.0b013e3181b0927d

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1Hz – 100 kHz). Health Phys 2010; 99: 818-836. doi: 10.1097/HP.0b013e3181f06c86

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection- Standing Committee on Epidemiology (ICNIRP SCI). SCI REVIEW - Mobile phones, brain tumours and the Interphone study: where are we now? Environ Health Perspect 2011; 119: 1534-1538.doi: 10.1289/ehp.1103693

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Guidelines for limiting exposure to electric fields induced by movement of the human body in a static magnetic field and by time-varying magnetic fields below 1 Hz. Health Phys 2014; 106:418-425.doi: 10.1097/HP.0b013e31829e5580

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). A closer look at the thresholds of thermal damage: workshop report by an ICNIRP task group. ICNIRP Statement. Health Phys 2016; 111: 300 – 306. doi: 10.1097/HP.0000000000000539

International Commission on Non Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). ICNIRP note: critical evaluation of two radiofrequency electromagnetic fields animal carcinogenicity studies published in 2018. Health Phys 2020; 118: 525-532. doi: 10.1097/HP.0000000000001137

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz). Health Phys 2020; 118:483-524. doi:10.1097/HP.0000000000001210.

International Commission on Occupational Health (ICOH). Codice internazionale di etica per operatori di medicina del lavoro. [http://www.icohweb.org/site\\_new/ico\\_core\\_documents.asp](http://www.icohweb.org/site_new/ico_core_documents.asp) (ultimo accesso 3/7/2017)

INTERPHONE Study Group. Brain tumour risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case-control study. *Int J Epidemiol* 2010; 39: 675-694. doi: 10.1093/ije/dyq079

INTERPHONE Study Group. Acoustic neuroma risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case-control study. *Cancer Epidemiol* 2011; 35: 453-464. doi: 10.1016/j.canep.2011.05.012

Istituto Superiore di Sanità (ISS) e Agenzia per i Servizi Sanitari Regionali (ASSR). Come produrre, diffondere e aggiornare raccomandazioni per la pratica clinica - MANUALE METODOLOGICO. Roma, 2002.

Jalilian H.-Teshnizi S.H.-Röösli M.-Neghab M., *Occupational exposure to extremely low frequency magnetic fields and risk of Alzheimer disease: a systematic review and meta-analysis*. *Neurotoxicol* 2018; 69: 242-252.doi: 10.1016/j.neuro.2017.12.005

Jokela K.-Saunders R.D., *Physiologic and dosimetric considerations for limiting electric fields induced in the body by movements in a static magnetic field*. *Health Phys* 2011; 100: 641-653.doi: 10.1097/HP.0b013e318202ec7e

Kheifets L.-Monroe J.-Vergara X.-Mezei G.-Afifi A.A., *Occupational electromagnetic fields and leukemia and brain cancer: an update to two meta-analyses*. *J Occup Environ Med* 2008; 50:677-688.doi: 10.1097/JOM.0b013e3181757a27

Kheifets L.-Ahlbom A.-Crespi C.M.-Draper G.-Hagihara J.-Lowenthal R.M.-Mezei G.-Oksuzyan S.-Schuz J.- Swanson J.-Tittarelli A.-Vinceti M.-Wunsch Filho V., *Pooled analysis of recent studies on magnetic fields and childhood leukaemia*. *Br J Cancer* 2010; 103: 1128 – 1135. doi:10.1038/sj.bjc.6605838

LAGORIO S.-ANGLESIO L.-D'AMORE G.-MARINO C.-SCARFÌ M.R., *Radiazioni a radiofrequenze e tumori: sintesi delle evidenze scientifiche*. Rapporti ISTISAN 19/11, 2019. [https://www.iss.it/documents/20126/45616/19\\_11\\_web.pdf/ac56a2f9-b6c1-321e-adbf-7165c4bbd88a?t=1581095867194](https://www.iss.it/documents/20126/45616/19_11_web.pdf/ac56a2f9-b6c1-321e-adbf-7165c4bbd88a?t=1581095867194)

Legge 22 febbraio 2001, n. 36. Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici. G.U. Serie Generale n. 55 del 7 marzo 2001.

LEMPERT T.-NEUHAUSER H.-DAROFF R.B., *Vertigo as a Symptom of Migraine*. *Ann NY Acad Sci* 2009; 1164: 242–251. doi: 10.1111/j.1749-6632.2009.03852.x

LUCIEER F.-VONK P.-GUINAND N.-STOKROOS R.-KINGMA H.-VAN DE BERG R., *Bilateral vestibular hypofunction: insights in etiologies, clinical subtypes, and diagnostics*. *Front Neurol* 2016; 7: 1-11. doi: 10.3389/fneur.2016.00026

MIAN O.S.-GLOVER P.M.-DAY B.L., *Reconciling magnetically induced vertigo and nystagmus*. Front Neurol 2015; 6: 1-4 - Article 201. doi: 10.3389/fneur.2015.00201

MIAN O.S.-LI Y.-ANTUNES A.-GLOVER PM.-DAY B.L., *On the vertigo due to static magnetic fields*. PLoS ONE 2013; 8: e78748. doi:10.1371/journal.pone.0078748

MORGAN L.L.-MILLER A.B.-SASCO A.-DAVIS D.L., *Mobile phone radiation causes brain tumours and should be classified as a probable human carcinogen (2A) (review)*. Int J Oncol 2015; 46: 1865-1871. doi: 10.3892/ijo.2015.2908

National Toxicology Program. NTP technical report on the toxicology and carcinogenesis studies in Hsd: Sprague Dawley SD rats exposed to whole-body radio frequency radiation at a frequency (900 MHz) and modulations (GSM and CDMA) used by cell phones. November 2018. NTP TR 595. National Institutes of Health; Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Services. <https://www.niehs.nih.gov/news/newsroom/releases/2018/november1/index.cfm>

National Toxicology Program. NTP technical report on the toxicology and carcinogenesis studies in B6C3F1/N mice exposed to whole-body radio frequency radiation at a frequency (1,900 MHz) and modulations (GSM and CDMA) used by cell phones. November 2018. NTP TR 596. National Institutes of Health; Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Services. <https://www.niehs.nih.gov/news/newsroom/releases/2018/november1/index.cfm>

OGUN O.A.-BÜKI B.-COHN E.S.-JANKY K.L.-LUNDBERG Y.W., *Menopause and benign paroxysmal positional vertigo*. Menopause 2014; 21: 886-889. doi:10.1097/GME.0000000000000190.

PEDERSEN C.-JOHANSEN C.-SCHUZ J.-OLSEN J.H.-RAASCHOU-NIELSEN O., *Residential exposure to extremely low-frequency magnetic fields and risk of childhood leukaemia, CNS tumour and lymphoma in Denmark*. Br J Cancer 2015; 113: 1370-1374. doi: 10.1038/bjc.2015.365

PETERS S.-VISSER A.E.-D'OVIDIO F.-BEGHI E.-CHIÒ A.-LOGROSCINO G.-HARDIMAN O.-KROMHOUT H.-HUSS A.-VELDINK J.-VERMEULEN R.-VAN DEN BERG L.H., *Associations of electric shock and extremely low-frequency magnetic field exposure with the risk of amyotrophic lateral sclerosis*. Am J Epidemiol 2019; 188: 796-805. doi: 10.1093/aje/kwy287

QASEEM A.-FORLAND F.-MACBETH F.-OLLENSCHLÄGER G.-PHILLIPS S.-VAN DER WEES P., *Board of Trustees of the Guidelines International Network. Guidelines International Network: toward international standards for clinical practice guidelines*. Ann Int Med 2012; 156:525-531. doi: 10.7326/0003-4819-156-7-201204030-00009

Raccomandazione del Consiglio del 12 luglio 1999 relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz. G.U. Comunità Europee n. L 199/59 del 30 luglio 1999.

Regolamento (UE) 2017/745 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 5 aprile 2017 relativo ai dispositivi medici, che modifica la direttiva 2001/83/CE, il regolamento (CE) n. 178/2002 e il regolamento (CE) n. 1223/2009 e che abroga le direttive 90/385/CEE e 93/42/CEE del Consiglio. GU Unione Europea n. L 117/1 del 5 maggio 2017.

RÖÖSLI M.-LAGORIO L.-SCHOEMAKER M.J.-SCHÜZ J.-FEYCHTING M., *Brain and salivary gland tumors and mobile phone use: evaluating the evidence from various epidemiological study designs*. Annu Rev Public Health 2019; 40: 221-238. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-040218-044037>

SADETZKI S.-LANGER C.E.-BRUCHIM R.-KUNDI M.-MERLETTI F.-VERMEULEN R.-KROMHOUT H.-LEE A.K.-MASLANYJ M.-SIM M.R.-TAKI M.-WIART J.-ARMSTRONG B.-MILNE E.-BENKE G.-SCHATTNER R.-HUTTER H.P.-WOEHRER A.-KREWSKI D.-MOHIPP C.-MOMOLI F.-RITVO P.-SPINELLI J.-LACOUR B.-DELMAS D.-REMEN T.-RADON K.-WEINMANN T.-KLOSTERMANN S.-HEINRICH S.-PETRIDOU E.-BOUKA E.-PANAGOPOULOU P.-DIKSHIT R.-NAGRANI R.-EVEN-NIR H.-CHETRIT A.-MAULE M.-MIGLIORE E.-FILIPPINI G.-MILIGI L.-MATTIOLI S.-YAMAGUCHI N.-KOJIMA-HARA N.-HA M.-CHOI KH.-MANNETJE A'.-ENG A.-WOODWARD A.-CARRETERO G.-ALGUACIL J.-ARAGONES N.-SUARE-VARELA M.M.-GOEDHART G.-SCHOUTEN-VAN MEETEREN A.A.-REEDIJK A.A.-CARDIS E., *The MOBI-Kids study protocol: challenges in assessing childhood and adolescent exposure to electromagnetic fields from wireless telecommunication technologies and possible association with brain tumor risk*. Front Public Health 2014; 2:Article 124. doi: 10.3389/fpubh.2014.00124

SCHAAP K.-CHRISTOPHER-DE VRIES Y.-MASON C.K.-DE VOCHT F.-PORTENGEN L.-KROMHOUT H., *Occupational exposure of healthcare and research staff to static magnetic stray fields from 1.5–7 Tesla MRI scanners is associated with reporting of transient symptoms*. Occup Environ Med 2014; 71: 423–429. doi:10.1136/oemed-2013-101890

SCHAAP K.-PORTENGEN L.-KROMHOUT H., *Exposure to MRI-related magnetic fields and vertigo in MRI workers*. Occup Environ Med 2016; 73: 161–166. doi:10.1136/oemed-2015-103019

SCHMIEDCHEN K.-DRIESSEN S.-OFTEDAL G., *Methodological limitations in experimental studies on symptom development in individuals with idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF) – a systematic review*. Environ Health 2019; 18:88. <https://doi.org/10.1186/s12940-019-0519-x>

SCHÜZ J.-DASENBROCK C.-RAVAZZANI P.-RÖÖSLI M.-SCHÄR P.-BOUNDS P.L.-ERDMANN F.-BORKHARDT A.-COBALEDA C.-FEDROWITZ M.-HAMNERIUS Y.-SANCHEZ-GARCIA I.-SEGER R.-SCHMIEGELOW K.-ZIEGELBERGER G.-CAPSTICK M.-MANZER M.-MÜLLER M.-SCHMID C.D.-SCHÜRMANN D.-STRUCHEN B.-KUSTER N., *Extremely low-frequency magnetic fields and risk of childhood leukemia: A risk assessment by the ARIMMO-RA consortium*. Bioelectromagnetics 2016; 37: 183-189. doi: 10.1002/bem.21963

SCHÜZ J.-ELLIOTT P.-AUVINEN A.-KROMHOUT H.-POULSEN A.H.-JOHANSEN C.-OLSEN J.H.-HILLERT L.-FEYCHTING M.-FREMLING K.-TOLEDANO M.-HEINÄVAARA S.-SLOTTJE P.-VERMEULEN R.-AHLBOM A., *An international prospective cohort study of mobile phone users and health (Cosmos): design considerations and enrolment.* Cancer Epidemiol. 2011;35:37-43.doi: 10.1016/j.canep.2010.08.001

Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR). Health effects of exposure to EMF. European Commission, 2009.[https://ec.europa.eu/health/archive/ph\\_risk/committees/04\\_scenihr/docs/scenihr\\_o\\_022.pdf](https://ec.europa.eu/health/archive/ph_risk/committees/04_scenihr/docs/scenihr_o_022.pdf)

Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR). Memorandum on the use of the scientific literature for human health risk assessment purposes – weighing of evidence and expression of uncertainty. European Commission, 2012.[https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/scientific\\_committees/emerging/docs/scenihr\\_s\\_001.pdf](https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/scientific_committees/emerging/docs/scenihr_s_001.pdf)

Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR). Potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF). European Commission, 2015. [https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/scientific\\_committees/emerging/docs/scenihr\\_o\\_041.pdf](https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/scientific_committees/emerging/docs/scenihr_o_041.pdf)

SIENKIEWICZ Z.-CALDERÓN C.-BROOM K.A.-ADDISON D.-GAVARD A.-LUNDBERG L.-MALSANYJ M., *Are exposures to multiple frequencies the key to future radiofrequency research?* Front. Public Health 2017; 5: 328. doi: 10.3389/fpubh.2017.00328

SIMKÓ M.-REMONDINI D.-ZENI O.-SCARFÌ M.R., *Quality matters: systematic analysis of endpoints related to "cellular life" in vitro data of radiofrequency electromagnetic field exposure.* Int. J. Environ. Res. Public Health 2016; 13: 701. doi:10.3390/ijerph13070701

SPIEGEL R.-KIRSCH M.-ROSIN C.-RUST H.-BAUMANN T.-SUTTER R.-FRIEDRICH H.-GÖLDLIN M.-MÜRI R.-KALLA R.-BINGISSE R.-MANTOKOUDIS G., *Dizziness in the emergency department: an update on diagnosis.* Swiss Med Wkly 2017;147: w14565. doi:10.4414/smw.2017.14565

Swedish Radiation Safety Authority. Recent Research on EMF and Health Risk - Fourteenth report from SSM's Scientific Council on Electromagnetic Fields, 2019- Report number: 2020:04, ISSN: 2000-0456. <https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/contentassets/47542ee6308b4c76b1d25ae0adceca15/2020-04-recent-research-on-emf-and-health-risk---fourteenth-report-from-ssms-scientific-council-on-electromagnetic-fields-2019.pdf>

TURNER M.C.-BENKE G.-BOWMAN J.D.-FIGUEROLA J.-FLEMING S.-HOURS M.-KINCL L.-KREWSKI D.-MCLEAN D.-PARENT M.E.-RICHARDSON L.-SADETZKI S.-SCHLAEFER K.-SCHLEHOFER B.-SCHÜZ J.-SIEMIATYCKI J.-VAN TONGEREN M.-CARDIS E., *Occupational exposure to extremely low frequency magnetic fields and brain tumour risks in the INTEROCC study.* Cancer Epidemiol Biomarkers Prev 2014; 23: 1863–1872. doi: 10.1158/1055-9965.EPI-14-0102

VANDEBERG L.N.-ÅGERSTRAND M.-BERONIUS A.-BEAUSOLEIL C.-BERGMAN Å.-BERO L.A.-BORNEHAG C.G.-BOYER C.S.-COOPER G.S.-COTGREAVE I.-GEE D.-GRANDJEAN P.-GUYTON K.Z.-HASS U.-HEINDEL J.J.-JOBLING S.-KIDD K.A.-KORTENKAMP A.-MACLEOD M.R.-MARTIN O.V.-NORINDER U.-SCHERINGER M.-THAYER K.A.-TOPPARI J.-WHALEY P.-WOODRUFF T.J.-RUDÉN C., *A proposed framework for the systematic review and integrated assessment (SYRINA) of endocrine disrupting chemicals.* Environ Health 2016;15:74. doi: 10.1186/s12940-016-0156-6. Review. PubMed PMID: 27412149; PubMed Central PMCID: PMC4944316.

VILA J.-BOWMAN J.D.-RICHARDSON L.-KINCL L.-CONOVER D.L.-MCLEAN D.-MANN S.-VECCHIA P.-VAN TONGEREN M.-CARDIS E., INTEROCC Study Group. *A Source-based measurement database for occupational exposure assessment of electromagnetic fields in the INTEROCC Study: a literature review approach.* Ann Occup Hyg. 2016; 60:184-204. doi: 10.1093/annhyg/mev076. Database address: www.crealradiation.com/index.php/en/databases.finally

WARD B.K.-ROBERTS D.C.-DELLA SANTINA C.C.-CAREY J.P.-ZEE D.S., *Vestibular stimulation by magnetic fields.* Ann N Y Acad Sci. 2015; 1343: 69–79. doi:10.1111/nyas.12702

WIEDEMANN P.M.-BOERNER F.U.-REPACHOLI M.H., *Do people understand IARC'S 2B categorization of RF fields from cell phones?* Bioelectromagnetics 2014; 35: 373-378. doi: 10.1002/bem.21851

World Health Organization. Static fields. Environmental Health Criteria 232. WHO, 2006. [http://www.who.int/peh-emf/publications/EHC\\_232\\_Static\\_Fields\\_full\\_document.pdf?ua=1](http://www.who.int/peh-emf/publications/EHC_232_Static_Fields_full_document.pdf?ua=1)

World Health Organization. Extremely low frequency fields. Environmental Health Criteria 238. WHO, 2007. [http://www.who.int/peh-emf/publications/Complet\\_DEC\\_2007.pdf?ua=1](http://www.who.int/peh-emf/publications/Complet_DEC_2007.pdf?ua=1)

World Health Organization. The International EMF Project. <http://www.who.int/peh-emf/project/en/>

ZANOTTI G.-LIGABUE G.-GOBBA F., *Subjective symptoms and their evolution in a small group of magnetic resonance imaging (MRI) operators recently engaged.* Electromagn Biol Med. 2015; 34: 262-264. doi: 10.3109/15368378.2015.1076442.

ZANOTTI G.-LIGABUE G.-KORPINEN L.-GOBBA F., *Subjective symptoms in Magnetic Resonance Imaging operators: prevalence, short-term evolution and possible related factors.* Med Lav 2016; 107: 263-270.



## Appendice

### A. Stringhe di ricerca per la revisione sistematica della letteratura scientifica

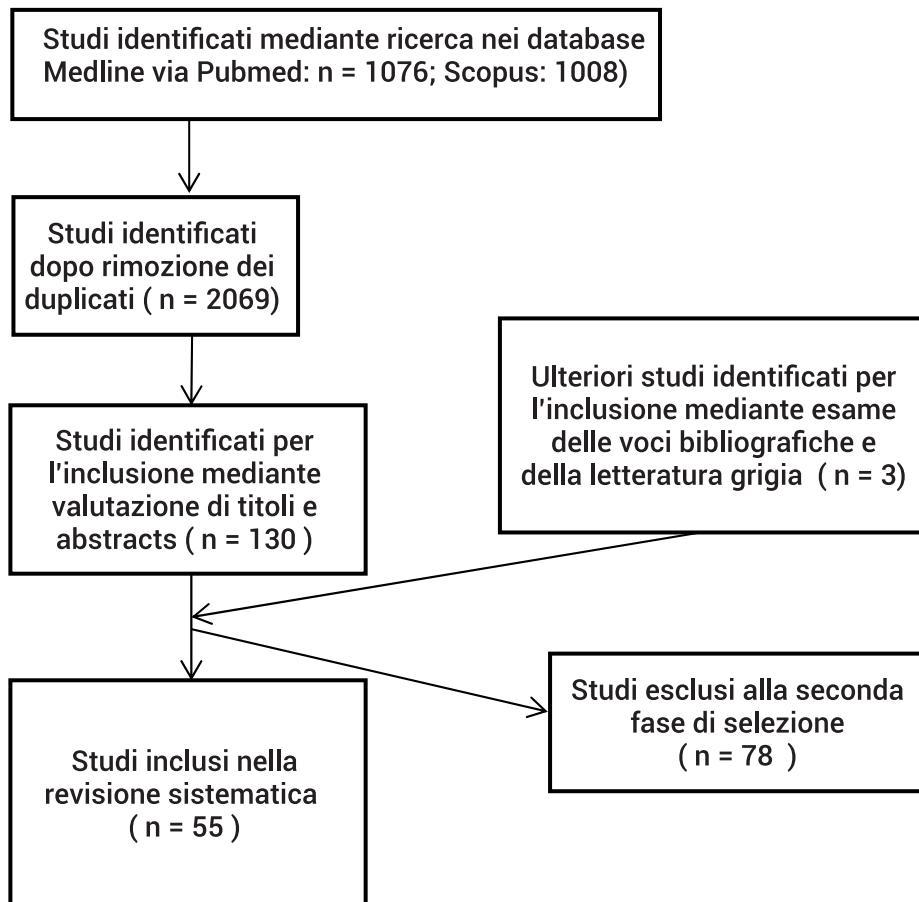
MEDLINE (1076 risultati)

(((((("electromagnetic field\*"[Title/Abstract] OR "magnetic field\*"[Title/Abstract] OR "electric field\*"[Title/Abstract] OR "radiofrequency"[Title/Abstract] OR "static field\*"[Title/Abstract] OR microwave\*[Title/Abstract] OR "magnetic resonance imaging"[Title/Abstract] OR MW[Title/Abstract] OR LF[Title/Abstract] OR EMF[Title/Abstract] OR MF[Title/Abstract] OR EF[Title/Abstract] OR HF[Title/Abstract] OR RF[Title/Abstract] OR MRI[Title/Abstract] OR ELF[Title/Abstract])) AND ("sensory effect\*"[Title/Abstract] OR "health effect\*"[Title/Abstract] OR "non-thermal effect\*"[Title/Abstract] OR "thermal effect\*"[Title/Abstract] OR injury[Title/Abstract] OR "accident\*"[Title/Abstract] OR "metallic taste"[Title/Abstract] OR nausea[Title/Abstract] OR vertigo[Title/Abstract] OR dizziness[Title/Abstract] OR "illusion of movement\*"[Title/Abstract] OR ringing[Title/Abstract] OR "concentration problem\*"[Title/Abstract] OR "concentration difficulties"[Title/Abstract] OR "memory loss"[Title/Abstract] OR drowsiness[Title/Abstract] OR tiredness[Title/Abstract] OR asthenia[Title/Abstract] OR fatigue[Title/Abstract] OR headache\*[Title/Abstract] OR migraine[Title/Abstract] OR hypertension[Title/Abstract] OR "blood pressure"[Title/Abstract] OR "vascular disorder\*"[Title/Abstract] OR "vascular disease\*"[Title/Abstract] OR toxicity[Title/Abstract] OR insomnia[Title/Abstract] OR "sleep disorder\*"[Title/Abstract] OR sleeplessness[Title/Abstract] OR epilepsy[Title/Abstract] OR cramps[Title/Abstract] OR clonus[Title/Abstract] OR shock[Title/Abstract] OR spasm\*[Title/Abstract] OR convulsion\*[Title/Abstract] OR tetany[Title/Abstract] OR "EEG alteration\*"[Title/Abstract] OR "EEG change\*"[Title/Abstract] OR dysesthesia[Title/Abstract] OR anesthesia[Title/Abstract] OR "nerve stimulation\*"[Title/Abstract] OR "muscle stimulation\*"[Title/Abstract] OR phosphine\*[Title/Abstract] OR "tactile sensation\*"[Title/Abstract] OR pain[Title/Abstract] OR "muscle contraction\*"[Title/Abstract] OR tingling[Title/Abstract] OR "muscle twitches"[Title/Abstract] OR arrhythmia[Title/Abstract] OR tachyarrhythmia[Title/Abstract] OR bradyarrhythmia[Title/Abstract] OR "heart dysfunction\*"[Title/Abstract] OR "heart rate alteration\*"[Title/Abstract] OR "heart pace alteration\*"[Title/Abstract] OR "heart rhythm alteration\*"[Title/Abstract] OR "altered heart function\*"[Title/Abstract] OR "disturbed heart rhythm"[Title/Abstract] OR heating[Title/Abstract] OR "skin burn"[Title/Abstract] OR "eye burn\*"[Title/Abstract] OR "cataract"[Title/Abstract] OR "corneal burn"[Title/Abstract] OR PM[Title/Abstract] OR IMD[Title/Abstract])) AND ("2015/01/01"[PDAT] :

"2018/12/31"[PDAT])))) AND (exposure OR worker\* OR occupation\* OR job\* OR absorption)

SCOPUS (1008 risultati)

TITLE-ABS ( ( "electromagnetic field\*" OR "magnetic field\*" OR "electric field\*" OR "radiofrequency" OR "static field\*" OR microwave\* OR "magnetic resonance imaging" OR LF OR HF OR EMF OR RF OR ELF OR MF OR MW OR MRI OR EF ) AND ( "sensory effect\*" OR "health effect\*" OR "non-thermal effect\*" OR "thermal effect\*" OR injury OR "accident\*" OR "metallic taste" OR nausea OR vertigo OR dizziness OR "illusion of movement\*" OR ringing OR "concentration problem\*" OR "concentration difficulties" OR "memory loss" OR drowsiness OR tiredness OR asthenia OR fatigue OR headache\* OR migraine OR hypertension OR "blood pressure" OR "vascular disorder\*" OR "vascular disease\*" OR toxicity OR insomnia OR "sleep disorder\*" OR sleeplessness OR epilepsy OR cramps OR clonus OR shock OR spasm\* OR convulsion\* OR tetany OR "EEG alteration\*" OR "EEG change\*" OR dysesthesia OR anesthesia OR "nerve stimulation\*" OR "muscle stimulation\*" OR phosphine\* OR "tactile sensation\*" OR pain OR "muscle contraction\*" OR tingling OR "muscle twitches" OR arrhythmia OR tachyarrhythmia OR bradyarrhythmia OR "heart dysfunction\*" OR "heart rate alteration\*" OR "heart pace alteration\*" OR "heart rhythm alteration\*" OR "altered heart function\*" OR "disturbed heart rhythm" OR heating OR "skin burn" OR "eye burn" OR "cataract" OR "corneal burn" OR "implanted medical device\*" OR pacemaker\* OR PM OR IMD OR "cardiac defibrillator\*" OR "cochlear implant\*" OR "insulin pump\*" OR "artificial joint\*" OR "metal plate\*" OR prosthesis OR shrapnel\* OR "body piercing\*" OR "electric shock\*" OR electrocution\* )) AND ( exposure OR absorption OR worker\* OR occupation\* OR job\*) AND NOT INDEX (medline) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR , 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2017) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2016) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2015)) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English ")) AND (LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Article ") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Human ") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Humans " ))

**B. Diagramma PRISMA per la revisione sistematica effettuata**

### C. Elenco degli studi inclusi nella revisione sistematica e raggruppamento per argomenti

**STUDI SU SINTOMATOLOGIA SENSORIALE – OPERATORI RISONANZA MAGNETICA**  
 1: Schaap K et al. Exposure to MRI-related magnetic fields and vertigo in MRI workers. *Occup Environ Med.* 2016 Mar.

2. Zanotti G et al. Subjective symptoms and their evolution in a small group of magnetic resonance imaging (MRI) operators recently engaged. *Electromagn Biol Med.* 2015 Sep
3. de Vocht F et al. Transient health symptoms of MRI staff working with 1.5 and 3.0 Tesla scanners in the UK. *Eur Radiol.* 2015 Sep
4. Fribe B et al. Sensory perceptions of individuals exposed to the static field of a 7T MRI: A controlled blinded study. *J Magn Reson Imaging.* 2015
5. Zanotti G et al. Subjective symptoms in Magnetic Resonance Imaging operators: prevalence, short-term evolution and possible related factors. *Med Lav.* 2016
6. Gorlin, A. et al. Acute vertigo in an anesthesia provider during exposure to a 3t MRI scanner (2015) *Medical Devices: Evidence and Research*, 8, pp. 161-166.
7. Kamm K, Pomschar A, Ruscheweyh R, Straube A, Reiser MF, Hernádi I, László JF, Ertl-Wagner B. Static magnetic field exposure in 1.5 and 3 Tesla MR scanners does not influence pain and touch perception in healthy volunteers. *Eur J Pain.* 2019 Feb;23(2):250-259. doi: 10.1002/ejp.1299. Epub 2018 Sep 9. PMID: 30074288

**STUDI SU SINTOMATOLOGIA SENSORIALE – USO DI TELEFONI CELLULARI E ALTRE ESPOSIZIONI**

- 8: Durusoy R et al. Mobile phone use, school electromagnetic field levels and related symptoms: a cross-sectional survey among 2150 high school students in Izmir. *Environ Health.* 2017 Jun 2
- 9: Ghadamgahi M et al. Memory loss risk assessment for the students nearby high-voltage power lines-a case study. *Environ Monit Assess.* 2016.
10. Bamiou DE et al. Mobile telephone use effects on perception of verticality. *Bioelectromagnetics.* 2015 Jan;36(1):27-34.
11. Chiu CT et al. Mobile phone use and health symptoms in children. *J Formos Med Assoc.* 2015 Jul
12. Martens, A.L. et al. Longitudinal associations between risk appraisal of base stations for mobile phones, radio or television and non-specific symptoms (2018) *Journal of Psychosomatic Research*, 112, pp. 81-89.
- 13: Ayoobi F. The effect of local extremely low frequency magnetic field on student sleepiness. *Neurol Res.* 2017 Dec
14. Auvinen A, Feychtung M, Ahlbom A, Hillert L, Elliott P, Schüz J, Kromhout H, Tole-dano MB, Johansen C, Poulsen AH, Vermeulen R, Heinävaara S, Kojo K, Tettamanti G; COSMOS Study Group. Headache, tinnitus and hearing loss in the international Cohort Study of Mobile Phone Use and Health (COSMOS) in Sweden and Fin-

land. *Int J Epidemiol.* 2019 Oct 1;48(5):1567-1579. doi: 10.1093/ije/dyz127. PMID: 31302690; PMCID: PMC6857740.

#### STUDI SU EFFETTI INDIRETTI

- 15.Korpinen L et al. Possible Influences of Spark Discharges on Cardiac Pacemakers. *Health Phys.* 2016 Jan;110(1):1-10.
- 16.Korpinen L, Kuisti H, Tarao H, Elovaara J, Virtanen V. Cardiac pacemakers in magnetic fields of a shunt reactor at a 400 kVsubstation. *Int J Occup Saf Ergon.* 2015;21(2):229-32.
- 17.Huang D et al. Interference of GSM mobile phones with communication between Cardiac Rhythm Management devices and programmers: A combined *in vivo* and *in vitro* study. *Bioelectromagnetics.* 2015 Jul;36(5):367-76.
- 18.Mattei E et al. Impact of capped and uncapped abandoned leads on the heating of an MR-conditional pacemaker implant. *Magn Reson Med.* 2015 Jan;73(1):390-400.
- 19.Guag J et al. Personal medical electronic devices and walk-through metal detector security systems: assessing electromagnetic interference effects. *Biomed Eng Online.* 2017 Mar 20;16(1):33.
- 20.Huss A et al. A survey on abnormal uterine bleeding among radiographers with frequent MRI exposure using intrauterine contraceptive devices. *Magn Reson Med.* 2018 Feb;79(2):1083-1089.
- 21.Mattei E et al. Pacemaker and ICD oversensing induced by movements near the MRI scanner bore. *Med Phys.* 2016 Dec;43(12):6621.
- 22.Mattei E et al. High dielectric material in MRI: Numerical assessment of the reduction of the induced local power on implanted cardiac leads. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 2016 Aug;2016:2361-2364.
- 23.Yao A, Zastrow E, Cabot E, Lloyd B, Schneider B, Kainz W, Kuster N. Anatomical Model Uncertainty for RF Safety Evaluation of Metallic Implants Under MRI Exposure. *Bioelectromagnetics.* 2019 Oct;40(7):458-471. doi: 10.1002/bem.22206. Epub 2019 Aug 8. PMID: 31396987
- 24.Aissani S, Laistler E, Felblinger J. MR safety assessment of active implantable medical devices. *Radiologe.* 2019 Dec;59(Suppl 1):40-45. English. doi: 10.1007/s00117-019-0541-6. PMID: 31321466.
- 25.Noureddine Y, Kraff O, Ladd ME, Wrede K, Chen B, Quick HH, Schaefers G, Bitz AK. Radiofrequency induced heating around aneurysm clips using a generic birdcage head coil at 7 Tesla under consideration of the minimum distance to decouple multiple aneurysm clips. *Magn Reson Med.* 2019 Nov;82(5):1859-1875. doi:10.1002/mrm.27835. Epub 2019 Jun 14. PMID: 31199013.
- 26.Golestanirad L, Kirsch J, Bonmassar G, Downs S, Elahi B, Martin A, Iacono MI, Angelone LM, Keil B, Wald LL, Pilitsis J. RF-induced heating in tissue near bilateral DBS implants during MRI at 1.5 T and 3T: The role of surgical lead management. *Neuroimage.* 2019 Jan 1;184:566-576. doi: 10.1016/j.neuroimage.2018.09.034. Epub 2018 Sep 19. PMID: 30243973; PMCID: PMC6475594.

**STUDI SU POSSIBILI EFFETTI SISTEMA CARDIOVASCOLARE**

27. Ekici, B. et al. The effects of the duration of mobile phone use on heart rate variability parameters in healthy subjects (2016) Anatolian Journal of Cardiology, 16 (11), pp. 833-838. Cited 2 times.
28. Bongers, S. et al. Development of hypertension after long-term exposure to static magnetic fields among workers from a magnetic resonance imaging device manufacturing facility (2018) Environmental Research, 164, pp. 565-573.
- 29: Misek J et al. Heart rate variability affected by radiofrequency electromagnetic field in adolescent students. Bioelectromagnetics. 2018
- 30: Malek F et al. Effect of Short-Term Mobile Phone Base Station Exposure on Cognitive Performance, Body Temperature, Heart Rate and Blood Pressure of Malaysians. Sci Rep. 2015 Aug
31. Devasani, K. et al. Exploring the impact of 900 and 1800 MHz radio frequency electromagnetic radiation on blood pressure and haematological parameters (2017) Toxicology International, 24 (2), pp. 150-156.
32. Szyjkowska A, Gadzicka E, Szymczak W, Bortkiewicz A. The reaction of the circulatory system to stress and electromagnetic fields emitted by mobile phones - 24-h monitoring of ECG and blood pressure. Med Pr. 2019 Jul 16;70(4):411-424. Polish. doi: 10.13075/mp.5893.00805. Epub 2019 Jun 27. PMID: 31249426.

**STUDI SU POSSIBILI EFFETTI DONNA IN GRAVIDANZA/FETO**

33. Khan MW, A pilot study on the reproductive risks of maternal exposure to magnetic fields from electronic article surveillance systems. Int J Radiat Biol. 2018 Oct;94(10):902-908.
34. Migault L et al. Maternal cumulative exposure to extremely low frequency electromagnetic fields and pregnancy outcomes in the Elfe cohort. Environ Int. 2018 Mar; 112:165-173.
35. Ren Y et al. Prenatal exposure to extremely low frequency magnetic field and its impact on fetal growth. Environ Health. 2019 Jan 11;18(1):6.
36. Tsarna E et al. Associations of Maternal Cell-Phone Use During Pregnancy with Pregnancy Duration and Fetal Growth in 4 Birth Cohorts. Am J Epidemiol. 2019 Jul 1;188(7):1270-1280.

**STUDI SU ALTRI POSSIBILI EFFETTI NON CLASSIFICABILI NEI GRUPPI PRECEDENTI**

37. Villarini M et al. Primary DNA damage in welders occupationally exposed to extremely-low-frequency magnetic fields (ELF-MF). Ann Ig. 2015 May-Jun
38. Wang Z et al. Effects of electromagnetic fields exposure on plasma hormonal and inflammatory pathway biomarkers in male workers of a power plant. Int Arch Occup Environ Health. 2016 Jan
39. Curcio G et al. Electromagnetic fields and EEG spiking rate in patients with focal epilepsy. Clin Neurophysiol. 2015 Apr
40. Saghiri MA et al. Effect of mobile phone use on metal ion release from fixed orthodontic appliances. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2015
41. Baby, N.M. et al. The effect of electromagnetic radiation due to mobile phone

- use on thyroid function in medical students studying in a medical college in South India (2017) Indian Journal of Endocrinology and Metabolism, 21 (6).
42. Bagheri Hosseiniabadi M, Khanjani N, Atashi A, Norouzi P, Mirbadie SR, Mirzaei M. The effect of vitamin E and C on comet assay indices and apoptosis in power plant workers: A double blind randomized controlled clinical trial. *Mutat Res.* 2020 Feb-Mar;850-851:503150. doi: 10.1016/j.mrgentox.2020.503150. Epub 2020 Feb 4. PMID: 32247559.
43. Wust P, Ghadjar P, Nadobny J, Beck M, Kaul D, Winter L, Zschaack S. Physical analysis of temperature-dependent effects of amplitude-modulated electromagnetic hyperthermia. *Int J Hyperthermia.* 2019;36(1):1246-1254. doi: 10.1080/02656736.2019.1692376. PMID: 31818170
44. Huss A et al. MRI-related magnetic field exposures and risk of commuting accidents - A cross sectional survey among Dutch imaging technicians. *Environ Res.* 2017 Jul
45. Bongers S et al. Exposure to static magnetic fields and risk of accidents among a cohort of workers from a medical imaging device manufacturing facility. *Magn Reson Med.* 2016 May
46. Youssef, M. et al. The relationship between mobile phone use and ear problems among medical students (2016) *Biomedical Research (India)*, 27 (4), pp. 1251-1254.
47. Brzozek C, Benke KK, Zeleke BM, Croft RJ, Dalecki A, Dimitriadis C, Kaufman J, Sim MR, Abramson MJ, Benke G. Uncertainty Analysis of Mobile Phone Use and Its Effect on Cognitive Function: The Application of Monte Carlo Simulation in a Cohort of Australian Primary School Children. *Int J Environ Res Public Health.* 2019 Jul 8;16(13):2428. doi: 10.3390/ijerph16132428. PMID: 31288491; PMCID: PMC6651811.
48. Hosseiniabadi MB, Khanjani N. The Effect of Extremely Low-Frequency Electromagnetic Fields on the Prevalence of Musculoskeletal Disorders and the Role of Oxidative Stress. *Bioelectromagnetics.* 2019 Jul;40(5):354-360. doi: 10.1002/bem.22198. Epub 2019 Jun 18. PMID: 31215062.
49. Gallastegi M, Jiménez-Zabala A, Molinuevo A, Aurrekoetxea JJ, Santa-Marina L, Vozmediano L, Ibarluzea J. Exposure and health risks perception of extremely low frequency and radiofrequency electromagnetic fields and the effect of providing information. *Environ Res.* 2019 Feb;169:501-509. doi: 10.1016/j.envres.2018.11.042. Epub 2018 Nov 28. PMID: 30530090.
50. Guxens M, Vermeulen R, Steenkamer I, Beekhuizen J, Vrijkotte TGM, Kromhout H, Huss A. Radiofrequency electromagnetic fields, screen time, and emotional and behavioural problems in 5-year-old children. *Int J Hyg Environ Health.* 2019 Mar;222(2):188-194. doi: 10.1016/j.ijheh.2018.09.006. Epub 2018 Oct 9. PMID: 30314943.
51. Davids M, Guérin B, Vom Endt A, Schad LR, Wald LL. Prediction of peripheral nerve stimulation thresholds of MRI gradient coils using coupled electromagnetic and neurodynamic simulations. *Magn Reson Med.* 2019 Jan;81(1):686-701. doi: 10.1002/mrm.27382. Epub 2018 Aug 9. PMID: 30094874; PMCID: PMC6258337.
52. Movahedi, M.M. et al. Short-term exposure to mobile jammer radiofrequency

radiation adversely affects the human hearing (2017) Biomedical Research (India), 28 (4), pp. 1557-1559

53. To NT et al. Extensive myocardial fibrosis after high-voltage electric shock demonstrated by delayed-enhancement cardiac magnetic resonance imaging. Circulation. 2015 Mar 10;131(10): e366-8.

54: Pedersen C et al. Occupational exposure to extremely low-frequency magnetic fields and risk for central nervous system disease: an update of a Danish cohort study among utility workers. Int Arch Occup Environ Health. 2017

55. Talibov M et al. Occupational exposure to extremely low-frequency magnetic fields and electrical shocks and acute myeloid leukemia in four Nordic countries. Cancer Causes Control. 2015 Aug

## D. Lista delle abbreviazioni, di acronimi, unità di misura e sigle utilizzate

A/m: ampere su metro, unità di misura del campo magnetico (H)

A/m<sup>2</sup>: ampere su metro quadro, unità di misura della densità di corrente

B: induzione magnetica

CEI: Comitato Elettrotecnico Italiano

CEM: campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici

CENELEC: European Committee For Electrotechnical Standardization (Comitato Europeo di Normazione Elettronica ed Elettrotecnica)

Col: Conflict of Interest (conflitto di interessi)

DMIA: Dispositivi Medici Implantabili Attivi

DVR: Documento di Valutazione dei Rischi

E: campo elettrico

ELF: Extremely Low Frequencies (frequenze estremamente basse)

f: frequenza

GdL: Gruppo di Lavoro

GI: Giudizio di Idoneità

H: campo magnetico

Hz: hertz, unità di misura della frequenza

IARC: International Agency for Research on Cancer (Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro)

ICD: Implantable Cardioverter Defibrillators (defibrillatori impiantabili attivi)

ICNIRP: International Commission on Non Ionizing Radiation Protection (Commissione internazionale per la protezione dalle radiazioni non ionizzanti)

ICOH: International Commission on Occupational Health (Commissione internazionale per la salute sul lavoro)

IEI-EMF: Idiopathic Environmental Intolerance attributed to ElectroMagnetic Fields (Intolleranza ambientale idiopatica attribuita ai campi elettromagnetici)

IF: Intermediate Frequencies (frequenze Intermedie)

J/kg: joule su chilogrammo, unità di misura dell'assorbimento specifico (SA)

J: joule, unità di misura dell'energia

JEM: Job Exposure Matrix (matrice mansione-esposizione)

$\lambda$ :lunghezza d'onda

m: metro, unità di misura della lunghezza d'onda ( $\lambda$ )

m/s: metro al secondo, unità di misura della velocità di propagazione di un'onda elettromagnetica (v)

MC: Medico Competente

MO: microonde

MRI: Magnetic Resonance Imaging (tomografia a risonanza magnetica)

MW: microwaves (microonde)

NIR: Non Ionizing Radiation (radiazioni non ionizzanti)

RF: radiofrequenze

RFID: Radio-frequency identification systems (sistemi di identificazione a radiofrequenza)

rms: *root mean square* (valore efficace)

S: densità di potenza

SA: Specific Absorption (assorbimento specifico)

SAR: Specific Absorption Rate (tasso di assorbimento specifico)

SCENIHR: Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (Comitato scientifico per i rischi sanitari emergenti e di recente identificazione)

SS: Sorveglianza Sanitaria

T: tesla, unità di misura dell'induzione magnetica (B)

v: velocità di propagazione di un'onda elettromagnetica

V/m: volt su metro, unità di misura del campo elettrico (E)

VA: Valore di Azione

VdR: Valutazione dei Rischi

VLE: Valore Limite di Esposizione

W: watt, unità di misura della potenza

W/kg: watt su chilogrammo, unità di misura del tasso di assorbimento specifico (SAR)

W/m<sup>2</sup>: watt su metro quadrato, unità di misura della densità di potenza (S)













Finito di stampare  
nel mese di luglio 2021  
dalla Tipografia Depigraf  
Caserta





**Associazione Italiana  
Radioprotezione Medica**



9 781234 567897

A standard barcode is positioned vertically on the right side of the page. Below the barcode, the numbers "9 781234 567897" are printed in a small, black, sans-serif font.