This is the peer reviewd version of the followng article:

La sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti a campi elettromagnetici: aspetti legislativi, particolare sensibilità al rischio, indicazioni per l’idoneità / Filosa, L., Gobba, F., Modenese, A.. - In: RIVISTA AMBIENTE E LAVORO. - ISSN 1825-5396. - 136:(2021), pp. 35-55.

Terms of use:

The terms and conditions for the reuse of this version of the manuscript are specified in the publishing policy. For all terms of use and more information see the publisher's website.

18/11/2026 10:26

(Article begins on next page)

III. La sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti a campi elettromagnetici: aspetti legislativi, particolare sensibilità al rischio, indicazioni per l'idoneità

di Laura Filosa, Fabriziomaria Gobba, Alberto Modenese

1 – INTRODUZIONE

La Sorveglianza Sanitaria (SS) dei lavoratori esposti a rischi professionali, incluso quello da campi elettromagnetici (CEM), rientra tra gli obblighi previsti dal Decreto Legislativo 81/ 2008 [TUS] [1] e successivi provvedimenti di modifica e di integrazione, con particolare riferimento a quelli derivati dalla promulgazione del D. Lgs. 159/2016 [2].

Le misure attualmente previste per i lavoratori con esposizione occupazionale a CEM sono espressamente mirate alla "*protezione dai rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori dovuti agli* ***effetti biofisici diretti e agli effetti indiretti*** *noti provocati dai campi elettromagnetici*" (art. 206, TUS). Non viene invece presa in considerazione "*la protezione da eventuali effetti a lungo termine*" e i Valori Limite di Esposizione (VLE) previsti "*riguardano soltanto le relazioni scientificamente accertate tra effetti biofisici diretti a breve termine ed esposizione ai campi elettromagnetici*" [1].

La legge attualmente vigente, analogamente alla Direttiva Comunitaria 2013/35/UE sulla prevenzione dei rischi da campi elettromagnetici [3] da cui deriva, riconosce però l'esistenza di specifiche condizioni che possono comportare una **maggiore suscettibilità** al rischio da CEM: l'art. 209 del TUS, infatti, esplicitamente prevede la necessità di prestare "*particolare attenzione*" a "*tutti gli effetti sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori particolarmente sensibili al rischio*". Anzi, riporta anche una lista (non esaustiva) di tali lavoratori: "*con particolare riferimento a soggetti portatori di dispositivi medici impiantati, attivi o passivi, o dispositivi medici portati sul corpo e le lavoratrici in stato di gravidanza.*"
Per tali lavoratori, oltre a tener conto delle disposizioni generali definite nel TUS, la tutela è garantita mediante il rispetto dei livelli di riferimento (LR) per l'esposizione della popolazione di cui alla Raccomandazione 1999/519/CE [4]. Tuttavia, la Raccomandazione precisa nel *comma 13* che "*l'adesione ai limiti e ai livelli di riferimento raccomandati non evita necessariamente i problemi di interferenza o effetti sul funzionamento di dispositivi medici quali protesi metalliche, stimolatori cardiaci e defibrillatori, impianti cocleari e di altro tipo*". La sorveglianza sanitaria (SS), ad opera del MC, permette di fornire le corrette indicazioni per l'idoneità alla mansione

2. ASPETTI LEGISLATIVI ED ESPOSIZIONE AI CEM

Le disposizioni specifiche per la protezione dei lavoratori esposti a CEM, inclusa la SS, sono contenute nel Titolo VIII del D.

Lgs. 81/2008, di cui, ai fini della presente trattazione, interessano il Capo I, che fornisce delle Disposizioni Generali, ed il IV, dedicato invece in modo specifico ai "campi elettromagnetici" compresi nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 300 GHz. Il Capo IV, modificato dal D.Lgs. 159/2016 che recepisce il dettato della Direttiva 2013/35/UE, prende esplicitamente 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 del TUS), mentre "*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, del TUS), quindi, esplicitamente esclusi [5]. Le motivazioni dell'esclusione non sono riportate nel testo del recepimento italiano, ma possono essere evinte dalla lettura del preambolo della Direttiva 2013/35/UE, nel quale si chiarisce che sono esclusi dal campo di applicazione gli effetti a lungo termine, dal momento che non si dispone, al momento attuale, di evidenze scientifiche accertate dell'esistenza di una relazione causale: "*This Directive does not address suggested long-term effects of exposure to electromagnetic fields, since there is currently no well-established scientific evidence of a causal relationship*" [3, 6], anche se la European Commission si assume esplicitamente il compito di seguire e prendere in considerazione gli sviluppi della ricerca più recente. Nel caso "*well-established scientific evidence emerges, the Commission should consider the most appropriate means for addressing such effects*".

Secondo quanto statuito dal TUS, sulla base della valutazione dei rischi il MC individua coloro che devono essere sottoposti alla SS ed istituisce un protocollo sanitario per i lavoratori esposti al rischio specifico. Nel protocollo sanitario rientrano gli accertamenti medici ritenuti necessari dal MC ("*esami clinici e biologici ed altre indagini specialistiche*") "*mirati al rischio*".

La SS è "*l'insieme degli atti medici, finalizzati alla tutela dello stato di salute e sicurezza dei lavoratori, in relazione all'ambiente di lavoro, ai fattori di rischio professionali e alle modalità di svolgimento dell'attività lavorativa*" (art. 2, comma 1, lettera m del TUS) e viene "*effettuata dal MC nei casi previsti dalla normativa vigente, dalle indicazioni fornite dalla Commissione consultiva di cui all'art. 6 e qualora il lavoratore ne faccia richiesta e la stessa sia ritenuta dal medico competente correlata ai rischi lavorativi*." (art. 41, comma 1).

La definizione e la programmazione delle attività (inclusi quindi gli accertamenti effettuati in corso di SS ex art. 41 c.2 del TUS) viene definita dal MC "*secondo i principi della medicina del lavoro e del Codice Etico della Commissione internazionale di salute occupazionale (ICOH)*" (art. 39, comma 1, TUS). Il Codice Etico all'art. 12 riporta che "s*i 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. Gli OML (Operatori di Medicina del Lavoro) non dovranno basarsi su esami o accertamenti non affidabili o con scarso valore predittivo in rapporto alle caratteristiche del lavoro svolto*" [7].
Al di fuori delle indicazioni cogenti, supporti alla valutazione del rischio e all'istituzione della SS sono costituiti dalle indicazioni:

- *Linee Guida dell'Associazione Italiana Radioprotezione Medica* (AIRM), recentemente pubblicate [8];

- *Guida non vincolante di buone prassi per l'attuazione della Direttiva 2013/35/UE relativa ai campi elettromagnetici* (GNV) della Commissione Europea [6];
- CEI 106-45 – *Guida CEM, Guida alla valutazione dell'esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (CEM) fra 0 Hz e 300 GHz nei luoghi di lavoro* [9];

Indicazioni operative del Coordinamento Tecnico per la Sicurezza nei Luoghi di Lavoro delle Regioni e delle province Autonome disponibili sul Portale Agenti Fisici (www.portaleagentifisici.it) con le relative "FAQ CEM" [5].

2.1 Effetti dell'esposizione ai CEM

Gli effetti di detrimento per la salute accertati dei CEM, per i quali esistono dei meccanismi patogenetici noti, possono essere distinti in diretti e indiretti (art. 206, TUS):

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 fosfeni. Inoltre, tali effetti possono generare disturbi temporanei e influenzare le capacità cognitive o alle 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 attrezzature e dispositivi medici elettronici, compresi stimolatori cardiaci e altri impianti o dispositivi medici portati sul corpo;
1) rischio propulsivo di oggetti ferromagnetici all'interno di campi magnetici statici;
1) innesco di dispositivi elettro-esplosivi (detonatori);
1) incendi ed esplosioni dovuti all'accensione di materiali infiammabili a causa di scintille prodotte da campi indotti, correnti di contatto o scariche elettriche;
1) correnti di contatto.

I possibili effetti e sintomi che possono comparire in funzione dell'ambito di frequenze della sorgente sono stati sintetizzati in una tabella sinottica, non esaustiva, contenuta nella a GNV [6] che riportiamo qui di seguito (**Tabella 1**).

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

Tabella 1 – Effetti e sintomi associati a un'esposizione superiore ai VLE relativi agli effetti sanitari, dalla GNV [6].

Campo	Frequenza	Possibili effetti e sintomi
Campi magnetici statici	0-1 Hz	Interferenza con dispositivi medici Nausea e vertigini. Effetti su flusso ematico, battito cardiaco, funzione cerebrale (possibile al di sopra di 7 T) Stimolazione dei nervi e contrazione dei muscoli (movimenti rapidi)
Campi magnetici a bassa frequenza	1 Hz-10 MHz	Interferenza con dispositivi medici Sensazioni visive Stimolazione nervosa, con conseguente formicolio o dolore Contrazione dei muscoli, aritmia cardiaca
Campi elettrici a bassa frequenza	1 Hz-10 MHz	Scosse elettriche e ustioni superficiali (in caso di contatto con oggetti)
Campi ad alta frequenza	100 kHz e oltre	Interferenza con dispositivi medici Sensazione di calore Stress termico Scossa e ustione superficiale o profonda (in caso di contatto con oggetti) Possibilità di altri sintomi
I campi intermedi (100 kHz-10 MHz) producono un quadro misto, in cui compaiono i sintomi sia delle alte che delle basse frequenze		

Tabella 2 – Sintesi degli effetti sensoriali e per la salute utilizzati per limitare le esposizioni in diverse regioni di frequenze, dalla GNV [6].

I principali effetti che sono stati presi in considerazione nella definizione dei Valori Limite di Esposizione (VLE) ed i valori di azione (VA) riportati nell'art. 207 del TUS sono definiti sulla base degli effetti sensoriali e sanitari elencati nella **Tabella 2**, estrapolata anch'essa dalla GNV [6]:

*d) «**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;*

*e) «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;***

*f) «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**;*

*g) «**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.*

Va però esplicitamente chiarito che il superamento del limite non comporta necessariamente la comparsa di uno degli effetti citati, ma solo un aumento **del rischio** di comparsa, dato che i limiti sono stati definiti mediante l'applicazione di adeguati fattori di sicurezza.
A differenza della Direttiva Europea 2013/35/EU, la legislazione italiana ha, però, introdotto l'istituto della comunicazione (art. 208 c.6 del TUS) all'organo di vigilanza territorialmente competente, nel caso in cui i VA inferiori, nonché gli stessi VLE relativi agli effetti sensoriali, siano superati anche se solo in modo temporaneo, purché non vengano superati anche i VLE per gli effetti sanitari, e siano rispettate una serie di ulteriori condizioni elencate all'art. 208. In particolari ed eccezionali condizioni, è prevista anche la possibilità di richiedere una specifica deroga che autorizzi un superamento dei VLE. L'articolato del TUS (art. 212) prevede che il DL possa esercire in deroga purché il Ministero del lavoro e delle politiche sociali, di concerto con il Ministero della salute, autorizzi la deroga "*richiesta del datore di lavoro e in presenza di specifiche circostanze documentate e soltanto per il periodo in cui rimangono tali*". Va tuttavia osservato che i criteri e le modalità per tali deroghe devono ancora essere definite con un apposito decreto di prossima uscita.
In ogni caso, in virtù dell'art. 211 del TUS, la SS, "*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* […]. *Nel caso in cui un lavoratore segnali **effetti indesiderati o inattesi** sulla salute, ivi compresi effetti sensoriali, il datore di lavoro garantisce* […] *che siano forniti al lavoratore o ai lavoratori interessati un controllo medico e, se necessario, una sorveglianza sanitaria appropriati*". Lo stesso articolo precisa poi anche che la SS, e i controlli medici da effettuare in caso di comparsa di effetti indesiderati o inattesi sulla salute, o di esposizioni superiori ai VLE per gli effetti sensoriali o/e per gli effetti sanitari, avvengano a spese del DL e siano effettuati in orario di lavoro

2.2 Organizzazione della sorveglianza sanitaria

Il TUS affida le attività di SS al MC che deve essere formalmente nominato dal DL, obbligo delegabile (ex art. 17 del TUS). La SS costituisce una delle competenze richieste al MC (ex art. 39-41 del TUS) che deve possedere i requisiti formali per lo svolgimento del suo ruolo (ex art. 38, TUS) ed, in particolare per la SS dei lavoratori esposti ai CEM, è necessario che abbia "*le competenze nel campo della fisica delle radiazioni non ionizzanti, delle in-*

terazioni 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" [8].

Il primo compito per un'adeguata impostazione della sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti ai CEM consiste *nell'individuazione dei lavoratori da destinare alla SS*. I soggetti da considerare sono i lavoratori esposti ma, in tal senso, non vi è una esplicita identificazione all'interno del TUS. In Italia, oltre al dettato della Direttiva Europea 2013/35/EU recepita nel Titolo VIII, Capo IV del TUS attraverso il D.Lgs. 159/2016, deve essere tenuto in considerazione il combinato disposto rappresentato dai Decreti e dalle Leggi risalenti agli anni 2001 e 2003, successivamente modificate ed integrate.
In particolare, una definizione delle condizioni di esposizioni per ragioni professionali è sancito dalla Legge n. 36 / 2001 che statuisce che l'esposizione ai CEM 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*" [10] senza individuare i livelli di rischio di riferimento per l'attuazione della SS.
Per individuare i lavoratori da sottoporre a SS ci si deve ricondurre alla individuazione dei livelli di esposizione superiori al valore ritenuto sicuro per la popolazione generale, pur non essendo sufficiente. Nel caso di esposizione ai CEM si potrebbero configurare, infatti, situazioni di lavoratori che potrebbero non risultare protetti neanche rispettando i valori per la popolazione. Per questo, è fondamentale l'intervento del MC che acquisisce le informazioni necessarie e valuta le reali condizioni di rischio in base al contesto lavorativo. Di conseguenza, "*i lavoratori da sottoporre a sorveglianza sanitaria sono 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 ai CEM*" [8]. Pertanto, il MC, deve necessariamente riferirsi alle condizioni di esposizione professionale ai CEM [10] e allo specifico stato di salute dei lavoratori esposti per ragioni professionali.
A tal fine, il MC dovrà, quindi, individuare i cosiddetti "*lavoratori particolarmente sensibili al rischio CEM*", sia ai fini dell'idoneità alla mansione, sia per poter adattate le misure di prevenzione e protezione risultanti dal processo di valutazione dei rischi.
Un aspetto fondamentale della SS consiste, però, nel definire a partire da che livello di esposizione a CEM debba essere effettuata. L'unico riferimento esplicito nella normativa è quello previsto dall'art. 211, comma 2, ovvero "*nel caso in cui un lavoratore segnali effetti indesiderati o inattesi sulla salute, ivi compresi effetti sensoriali, il datore di lavoro garantisce, in conformità all'articolo 41, che siano forniti al lavoratore o ai lavoratori interessati un controllo medico e, se necessario, una sorveglianza sanitaria appropriati. Il controllo di cui al presente comma è garantito anche nei casi in cui sia stata rilevata un'esposizione superiore ai VLE per gli effetti sensoriali oppure un'esposizione superiore ai VLE per gli effetti sanitari*".
Tuttavia il testo del D. Lgs. 81/08 e s.m.i non chiarisce in modo esplicito se queste indicazioni valgano in generale per l'individuazione dei lavoratori esposti da sottoporre a SS preventiva e periodica, o siano invece specificamente riferite ad un controllo da effettuarsi in caso di una situazione straordinaria. Un'indicazione è quella riportata nella GNV [6], dove si afferma che "*in assenza di sintomi e rischi noti connessi alle esposizioni a campi elettromagnetici al di sotto dei VLE, non vi sono motivi per prescrivere visite mediche regolari*". Questa posizione è senz'altro condivisibile, a meno che non ci si trovi di fronte a "lavoratori

particolarmente sensibili al rischio": per questi lavoratori una SS andrebbe sempre avviata già al superamento dei livelli di riferimento per la popolazione generale stabiliti dalla Raccomandazione 1999/519/CE.
Sulla base dei risultati delle visite effettuate, nei lavoratori esposti a CEM è quindi da prevedersi in un luogo di lavoro l'esistenza di due gruppi:
a) lavoratori che non presentano specifiche condizioni fisiologiche/patologiche che comportano "particolare sensibilità al rischio";
b) lavoratori con "particolare sensibilità al rischio".

Per quanto riguarda quest'ultimo gruppo, non essendo disponibili, allo stato attuale, indicazioni *evidence-based*, è consigliabile prendere in considerazione in modo specifico le condizioni di particolare suscettibilità al rischio esplicitamente citate nel TUS [1], nella GNV [6] e nella Norma CEI 106-45: 2021 *Guida CEM - Guida alla valutazione dell'esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (CEM) fra 0 Hz e 300 GHz nei luoghi di lavoro* [9].
Per quanto riguarda il contenuto della SS, si tratta di un aspetto particolarmente problematico specialmente considerando l'assenza di possibili indicatori di esposizione ai CEM o di effetto biologico precoce. Un autorevole riferimento di supporto alla categoria dei MC per la definizione della SS e del relativo protocollo, può essere fornito dalle Linee Guida AIRM [8] come sintetizzato nella **Tabella 3**.

INTERVALLI DI FREQUENZA	**ACCERTAMENTI PREVENTIVI**	**ACCERTAMENTI PERIODICI***	**CONTROLLO MEDICO** (superamento VLE/comparsa effetti indesiderati o inattesi)**
Campi magnetici statici e lentamente variabili	Visita medica Questionario anamnestico per impianti attivi e non attivi	Visita annuale* 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) Questionario anamnestico per impianti attivi e non attivi	Visita medica Eventuali accertamenti in funzione dell'entità del superamento dei VLE/ degli effetti riferiti (ad esempio visita ORL, Oculistica, Cardiologica)

ELF, IF e RF fino a 10 MHz	Visita medica Questionario anamnestico per impianti attivi e non attivi	Visita annuale* 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 da ripetere ogni 4 anni** Questionario anamnestico per impianti attivi e non attivi	Visita medica Eventuali accertamenti in funzione dell'entità del superamento dei VLE/degli effetti riferiti (ad esempio visita Oculistica, Cardiologica)
RF > 10 MHz e MO	Visita medica Questionario anamnestico per impianti attivi	Visita annuale* 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 da ripetere ogni 4 anni** Questionario anamnestico per impianti attivi e non attivi	Visita medica Eventuali accertamenti in funzione dell'entità del superamento dei VLE, del distretto/dei distretti corporei interessati/degli effetti riferiti (ad esempio visita 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 ***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			

Tabella 3 – Protocollo sanitario in accordo alle Linee Guida AIRM.

In assenza di indicatori di esposizione/effetto precoce, le visite mediche preventive e periodiche devono essere essenzialmente mirate almeno:

- all'evidenziazione di possibili effetti sia diretti che indiretti;
- alla individuazione e gestione dei lavoratori con condizioni di particolare sensibilità al rischio.

Specie l'ultimo aspetto è di particolare importanza in quanto le esposizioni al di sotto dei VLE dovrebbero permettere di prevenire la comparsa di effetti avversi nei lavoratori con condizioni di "normale" suscettibilità, ma non necessariamente in quelli "particolarmente sensibili al rischio".

In virtù delle premesse e a valle del processo di valutazione del rischio di esposizione dei lavoratori per ragioni professionali ai CEM, il protocollo potrebbe essere istituito prevedendo:

- visita preventiva per tutti i lavoratori individuati dalla Valutazione del Rischio come «eleggibili» 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";
- controllo medico (con eventuale SS) per i lavoratori con livello di esposizione («accidentale») superiore ai VLE o che segnali effetti sulla salute, ivi compresi effetti sensoriali [8].

Per quanto riguarda invece eventuali accertamenti sanitari, è un compito dei medici competenti quello di richiedere, giustificandoli, quelli ritenuti opportuni, inclusi accertamenti specialistici, in presenza di particolari fattispecie cliniche e/o espositive.
Naturalmente gli specifici contenuti sono passibili di revisioni/modifiche, oltre che su base individuale, anche in funzione dello sviluppo delle conoscenze scientifiche.

3. LAVORATORI PARTICOLARMENTE SENSIBILI AL RISCHIO E CONDIZIONI DI PARTICOLARE SENSIBILITÀ AL RISCHIO

Rifacendosi al testo di legge vigente, il TUS, i *lavoratori particolarmente sensibili al rischio* sono introdotti all'Art. 209, dove viene sottolineato che, nel processo di valutazione del rischio di esposizione ai CEM, il DL presta "*particolare attenzione*" a "*tutti gli effetti sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori particolarmente sensibili al rischio; eventuali effetti sulla salute e lo sicurezza dei lavoratori esposti a rischi particolari, **con particolare riferimento a soggetti portatori di dispositivi medici impiantati, attivi o passivi, o dispositivi medici portati sul corpo e le lavoratrici in stato di gravidanza***", vengono poi ripresi nell'art. 210 ("Disposizioni miranti ad eliminare o ridurre i rischi") dove si specifica che: "*II datore di lavoro, in conformità all'articolo 183, **adatta** le misure di cui al presente articolo alle esigenze dei lavoratori appartenenti a gruppi particolarmente sensibili al rischio e, se del caso, a valutazioni individuali dei rischi, in particolare nei confronti dei lavoratori che hanno dichiarato, anche a seguito delle informazioni ricevute ai sensi dell'articolo 210-bis, di essere **portatori di dispositivi medici impiantati attivi o passivi, o hanno dichiarato l'uso di dispositivi medici sul corpo o nei confronti delle lavoratrici in stato di gravidanza** che hanno informato il datore di lavoro della loro condizione*".

Un elenco, non esaustivo, di condizioni che possono implicare una particolare sensibilità al rischio da CEM è stato riportato nella "Guida non vincolante" di cui si riporta un estratto nella seguente **Tabella 4** [6].

Si fa notare che nella Tabella 4, estrapolata dalla GNV Europea [6], è presente, nella traduzione italiana, un refuso. Nella seconda riga dedicata ai "lavoratori portatori di dispositivi medici impiantabili passivi contenenti metallo", tra gli esempi riportati nella seconda colonna, si trovano "tipi di dispositivi medici impiantabili attivi". E' stata resa la traduzione del vocabolo "*case*" con "*tipi*", mentre invece in questo caso la parola si riferiva al significato di *case* come "*contenitore/involucro metallico*" e, pertanto, deve essere letto come "*involucri metallici dei dispositivi medici impiantabili attivi*".
Oltre alla GNV e alle FAQ consultabili nel Portale Agenti Fisici, un'ulteriore sinossi dei lavoratori particolarmente sensibili al rischio è riportata nella Guida CEM, CEI 106-45 [9] da cui è tratta la seguente **Tabella 5** che rimanda agli approfondimenti riportati nell'allegato della Guida stessa:

Oltre ai gruppi di lavoratori precedentemente citati, sono state avanzate varie ipotesi ed esistono alcuni esempi in letteratura, perlopiù tratti da studi sperimentali su animali o in vitro o relativi a *case-reports*, che suggeriscono la presenza di altre possibili condizioni di particolare sensibilità al rischio per i lavoratori, ad esempio legate a particolari condizioni para-fisiologiche o patologiche che interessano i soggetti stessi. Come anche evidenziato dalle recenti Linee Guida AIRM [8], ad oggi non esistono però adeguate evidenze di una "particolare suscettibilità" per alcuna altra condizione individuale, para-fisiologica o patologica (si veda al proposito anche il successivo paragrafo 3.2). Esistono certamente, invece, una serie di condizioni che possono comportare la presenza di sintomi/effetti simili a quelli che possono essere indotti da esposizioni a CEM, un esempio su tutti la Malattia di Menière, che comporta la presenza di sindrome vertiginosa, ovvero di un sintomo, le vertigini, possibilmente legato a esposizioni di rilievo a campi statici ed a bassa frequenza. La domanda che ci si pone è: un soggetto con una condizione quale quella esemplificata, è maggiormente sensibile all'azione dei CEM? Ovvero, potrebbe accadere che i livelli di campo necessari per indurre l'effetto siano inferiori rispetto a soggetti che non presentino quella condizione? In linea teorica la risposta potrebbe propendere anche all'affermatività, ma nella pratica non esistono prove scientifiche a sostegno di tali ipotesi. Al momento attuale non

Lavoratori particolarmente a rischio	Esempi
Lavoratori portatori di dispositivi medici impiantabili attivi (Active Implanted Medical Devices, AIMD)	Stimolatori cardiaci, defibrillatori cardiaci, impianti cocleari, impianti nel tronco encefalico, protesi dell'orecchio interno, neurostimolatori, codificatori della retina, pompe impiantate per l'infusione di farmaci
Lavoratori portatori di dispositivi medici impiantabili passivi contenenti metallo	Protesi articolari, chiodi, piastre, viti, clip chirurgiche, clip per aneurisma, stent, protesi valvolari cardiache, anelli per annuloplastica, impianti contraccettivi metallici e tipi di dispositivi medici impiantabili attivi
Lavoratori portatori di dispositivi medici indossati sul corpo	Pompe esterne per infusione di ormoni
Lavoratrici in gravidanza	

NB: Per valutare se i lavoratori sono particolarmente a rischio, i datori di lavoro dovranno prendere in considerazione la frequenza, il livello e la durata dell'esposizione.

Tabella 4 – Lavoratori particolarmente a rischio ai sensi della direttiva relativa ai CEM, dalla GNV [6].

CATEGORIE	ESEMPI (Elenco non esaustivo)	PARAGRAFO ALLEGATO A
Lavoratori portatori di dispositivi medici impiantati attivi (DMIA)	Stimolatori cardiaci, defibrillatori cardiaci, impianti cocleari, impianti nel tronco encefalico, protesi dell'orecchio interno, neurostimolatori, codificatori della retina, pompe impiantate per l'infusione di farmaci	A.1
Lavoratori portatori di dispositivi medici impiantati passivi (DMIP) con proprietà ferromagnetiche	Protesi articolari, chiodi, piastre, viti, clip chirurgiche, clip per aneurisma, stent, protesi valvolari cardiache, anelli per annuloplastica, impianti contraccettivi metallici e tipi di dispositivi medici impiantabili attivi	A.2
Portatori di corpi o elementi inclusi contenenti parti ferromagnetiche o parti metalliche conduttive	Schegge, piercing, tatuaggi con pigmenti metallici	A.2
Lavoratori portatori di dispositivi medici indossati sul corpo	Pompe esterne per infusione di ormoni o farmaci	A.3
Lavoratrici in stato di gravidanza e minori		A.4
Gruppi di lavoratori non specificati come particolarmente a rischio	Lavoratori che assumono farmaci particolari per patologie mediche riconosciute	A.5

Tabella 5 – Categorie di lavoratori particolarmente sensibili al rischio CEM, dalla Guida CEM [9].

sono disponibili dati scientifici adeguati né per sintomatologie sensoriali, come la vertigine, e nemmeno per quanto riguarda patologie che interessino tessuti elettricamente stimolabili (es. apparato cardiovascolare, sistema nervoso) o sensibili all'azione di meccanismi di tipo termico (es. cristallino, cute) [8].

Pertanto, ad oggi, le condizioni che possono comportare una particolare sensibilità al rischio in relazione agli effetti dei CEM sono sostanzialmente quelle discusse nella sezione precedente, ovvero quelle rappresentate dalla presenza di lavoratori/lavoratrici con **dispositivi medici impiantabili o indossabili (DMI)** e di **lavoratrici in gravidanza**, come di seguito rappresentate nei §§ 3.1, 3.2 e 3.3. La maggiore sensibilità dei lavoratori particolarmente sensibili al rischio CEM comporta la possibile comparsa di vari effetti, che possono essere classificati in **indiretti** e **diretti**.

Gli *effetti indiretti* riguardano quasi esclusivamente i lavoratori particolarmente sensibili al rischio, ed in particolare i "*portatori di dispositivi medici impiantati, attivi o passivi, o dispositivi medici portati sul corpo*" (art. 209, TUS). In questi casi il più importante meccanismo di interazione è l'interferenza, ma in talune situazioni anche l'induzione di correnti e l'effetto meccanico, potrebbero avere un ruolo [8].

Gli *effetti diretti* dei CEM sono essenzialmente riconducibili a situazioni in grado di ridurre la soglia di stimolazione di strutture nervose e della funzione neurosensoriale nel caso di esposizioni a basse frequenze, o ridurre la soglia di tolleranza al riscaldamento di organi e tessuti per le frequenze elevate (anche se, almeno per l'effetto termico va osservato che un rispetto rigoroso del valore limite dovrebbe essere sufficiente per prevenirlo) [8].

3.1 Effetti indiretti

Gli effetti acuti indiretti sono provocati dalla presenza di un oggetto in un campo elettromagnetico, che potrebbe essere causa di un pericolo per la salute e sicurezza, come anche l'interferenza con attrezzature e dispositivi medici elettronici, compresi stimolatori cardiaci e altri impianti o dispositivi medici portati sul corpo. Possono essere causa di rischio propulsivo di oggetti ferromagnetici all'interno di campi magnetici statici, o di innesco di dispositivi elettro-esplosivi (detonatori), come di incendi e di esplosioni dovuti all'accensione di materiali infiammabili a causa di scintille prodotte da campi indotti, correnti di contatto o scariche elettriche, le correnti di contatto. La valutazione del rischio deve tener conto, oltre degli effetti acuti diretti anche di quelli indiretti, e il MC dovrà, in particolare, condurre una valutazione specifica del rischio attuando le misure di prevenzione e protezione, nonché di sorveglianza sanitaria. L'interazione dei CEM può avvenire con i dispositivi medici indossati che possono essere attivi (DMIA) o passivi (DMIP); inoltre, anche i lavoratori con dispositivi medici portati sul corpo rientrano nel gruppo dei possibili soggetti particolarmente sensibili all'esposizione a CEM.

Dispositivi medici impiantati attivi (DMIA)

In relazione ai **DMIA**, i più diffusi sono probabilmente i *pacemaker* (PMK), i defibrillatori (ICD) e gli impianti cocleari, ma ne esistono e ne sono in sviluppo numerosi altri, quali gli impianti al tronco encefalico, gli apparecchi acustici endoauricolari, i neurostimolatori, le pompe per l'infusione, i codificatori della retina ed altri ancora [8].

I possibili effetti che i CEM possono indurre sui dispositivi medici cardiaci, o su loro parti, sono essenzialmente da ricondursi ad un effetto meccanico che può essere generato da (intensi) campi statici e che può comportare dislocazioni, oppure alla induzione di correnti che possono a loro volta causare inibizione della stimolazione o variazioni di soglia o del settaggio del dispositivo, con conseguente errato sensing da disturbo nei circuiti elettronici e/o della capacità di rilevamento del ritmo; un ulteriore meccanismo è un aumento della temperatura ai punti di contatto tra materiali metallici e tessuti, che potrebbe causare una risposta tissutale. La possibile occorrenza di effetti da meccanismo meccanico è da ritenersi un'evenienza più rara rispetto a quelli da correnti indotte in ragione della soglia da ritenersi sensibilmente più elevata. Un altro punto importante è che interferenze modeste e/o di breve durata possono anche essere clinicamente del tutto silenti e passare pertanto inosservate, ma episodi più rilevanti e/o prolungati possono invece indurre stimolazioni inappropriate o un mancato funzionamento, fino ad un completo desettaggio del dispositivo con necessità di riprogrammazione [11]. In generale, specie considerando la diffusione relativamente elevata, le segnalazioni di malfunzionamento di DMIA cardiaci occorse in lavoratori sono decisamente rare nella letteratura scientifica, e la maggioranza

degli autori che si sono occupati della problematica conclude che, negli ambienti di lavoro attuali, la probabilità di fenomeni di interferenza significativa è da considerarsi bassa [11-14]. Non è tuttavia da escludere una sottostima per l'esistenza di episodi che non vengono percepiti dai lavoratori per le ragioni sopraindicate, ovvero che non sono segnalati. Per quanto riguarda in particolar modo i pacemaker, vari studi indicano una potenziale maggiore suscettibilità di quelli unipolari rispetto a quelli bipolari [11-14]. A questo proposito è necessario ricordare che anche la compatibilità per la Risonanza Magnetica di un DMIA non può essere considerate come un parametro di sicurezza assoluto per consentire l'esposizione di un lavoratore a CEM indipendentemente da una valutazione del rischio ad hoc. Va infatti rilevato che i dispositivi compatibili sovente richiedono una programmazione ad hoc prima dell'effettuazione dell'esame, operazione non di certo pensabile come propedeutica per garantire una esposizione professionale.
Anche per quanto riguarda gli altri DMIA i meccanismi in gioco sono essenzialmente gli stessi, mentre gli effetti indotti dipendono dal tipo specifico di dispositivo [8]. Le conoscenze sono tuttavia minori anche perché le segnalazioni sono ancora più scarse, forse anche in funzione della minore diffusione.

I DMIA immessi sul mercato a partire dal 1995 devono rispondere ai requisiti previsti dalla direttiva 90/385/CEE; quelli immessi a partire dal 2007 devono invece far riferimento alla 2007/47/CE, che prevede che tali dispositivi siano progettati e fabbricati in modo da eliminare, o comunque ridurre al minimo, i rischi da esposizioni a CEM ragionevolmente prevedibili nell'ambiente «normale», ovvero quelli indotti dalle più comuni sorgenti ambientali. Inoltre, dal gennaio 2019 i dispositivi medici indossabili devono rispondere ai requisiti previsti dalla della EN60601-1-2 del 2015 (4° Edizione) che, tra l'altro, prevede la necessità di garantire l'immunità a sistemi di comunicazione a radiofrequenza di uso comune quali i sistemi GSM, UMTS, LTE, Bluetooth e reti Wi-Fi ad una distanza di 30 cm. Sembra utile citare anche il recente Regolamento UE 2017/745 [15]. Una discussione approfondita sui contenuti non è oggetto di questa relazione, ma sembra opportuno segnalare almeno il Capo II (Requisiti relativi alla progettazione e alla fabbricazione) dove, tra i requisiti essenziali, figurano la eliminazione o la riduzione per quanto possibile dei " 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". Tuttavia, nella norma non rientra una valutazione dell'immunità ai segnali generati da eventuali sorgenti specifiche che possono essere presenti negli ambienti di lavoro: in questi casi possono essere necessarie ulteriori valutazioni, che possono essere condotte secondo la metodologia generale per la valutazione del rischio di soggetti portatori di DMIA definita nella norma EN EN50527-1:2016 [16]. Questa norma parte dall'assunto che i dispositivi medici impiantati e programmati conformemente alle buone pratiche mediche abbiano un corretto funzionamento per livelli di esposizione che non eccedono quelli stabiliti per la popolazione generale dalla Raccomandazione 1999/519/CE [4], e fornisce anche una lista di apparecchiature/condizioni di esposizione per le quali (purché vengano tenute in considerazione le indicazioni riportate nella colonna "Eccezione e Note") non è da attendersi un superamento dei livelli di riferimento per la popolazione generale [4, 16], e che possono pertanto essere considerati usualmente compatibili anche per i portatori di DMIA. Per i campi magnetici statici (o quasi statici, fino a qualche Hz) viene consigliato di non superare il livello di 1 mT se non per

esposizioni di breve durata, anche se il D.lgs. 81/08 stabilisce un VA di 0,5 mT al fine di prevenire interferenze con i dispositivi impiantabili attivi [16]. Un punto importante da tenere in considerazione è che, per garantire l'immunità dei dispositivi, i valori da considerare nelle valutazioni e confrontare con i valori di riferimento della Raccomandazione 1999/519/CE sono quelli su base istantanea, ovvero senza alcuna ponderazione temporale.

Nelle situazioni in cui tutte le sorgenti presenti nell'ambiente di lavoro rientrano tra quelle riportate nella citata tabella della norma EN50527-1:2016 [16] il processo di valutazione del rischio può essere considerato esaurito e non sono necessarie ulteriori misure. Va però rilevato che situazioni particolari, quali una configurazione peculiare del DMIA necessaria per esigenze cliniche del paziente, ecc., comportano la necessità di una valutazione specifica caso per caso, anche nelle situazioni che, usualmente, sarebbero considerati compatibili in quanto comprese nella lista del citato Allegato A.
Nei casi in cui siano presenti sorgenti non comprese nella tabella, invece, in presenza di lavoratori con DMIA o, comunque, particolarmente sensibili è necessaria una valutazione più approfondita. L'Allegato A della stessa norma [16] riporta le indicazioni per tale approfondimento, che prevede una collaborazione del medico competente. In particolare potranno essere richieste informazioni alla struttura sanitaria dove è stato impiantato il dispositivo e/o al produttore del dispositivo stesso. Devono essere acquisite le necessarie informazioni sulle caratteristiche del dispositivo, i livelli di immunità, i possibili malfunzionamenti prevedibili, le eventuali misure preventive che possono essere messe in atto, ecc.

In linea di massima, le modalità che possono essere applicate per la valutazione sono:

- *approccio non clinico*, basato sul confronto tra i livelli e le caratteristiche dell'esposizione occupazionale del lavoratore ed i livelli di immunità e le caratteristiche del dispositivo così come desumibili dalle informazioni raccolte;

- *approccio clinico*, basato su un vero e proprio monitoraggio "*in vivo*" del funzionamento del DMIA in condizioni di esposizione reali (o eventualmente anche simulate in laboratorio), da attuarsi sotto osservazione clinica diretta, ovviamente prevedendo tutte le necessarie precauzioni opportune.

Nella valutazione approfondita da attuarsi nei lavoratori portatori di DMIA, tra le caratteristiche di cui tenere conto per la valutazione dell'idoneità lavorativa, dovrebbero però essere considerate anche le caratteristiche del fenomeno di interferenza che può essere indotto. e la sua effettiva rilevanza clinica. Ad esempio, in aree con esposizione che potrebbero essere anche superiori ai livelli di immunità del dispositivo, è importante stabilire se la interferenza può essere indotta da esposizioni istantanee o richieda una maggior durata, e se gli effetti sono clinicamente significativi. Se anche esposizioni brevi possono essere efficaci, e l'effetto dell'interferenza non è clinicamente accettabile, l'operatore con DMIA non è idoneo al lavoro nelle aree interessate, ma in alcuni casi, se gli effetti possono essere considerati clinicamente accettabili per brevi periodi (un esempio che viene frequentemente utilizzato per illustrare la situazione è la esposizione transitoria di un portatore di pacemaker che attraversa un sistema antitaccheggio) il lavoratore con DMIA può transitare nell'area, purché non debba sostarvi o lavorarvi [8, 16-18]. Al proposito, una "esposizione transitoria" è descritta come un'esposizione ai campi elettromagnetici che può essere causata da un campo elettromagnetico temporaneo o dal movimento della persona esposta all'interno o attraverso un campo elettromagnetico e che:

- non è continuativa e prevede un termine o una riduzione dei campi a livelli ininfluenti;
- non danneggia il dispositivo impiantato;
- porta esclusivamente a una risposta accettabile del DMIA sulla base di una raccomandazione del medico responsabile (per esempio mediante linee guida generiche o avvisi specifici) o dell'annotazione nella documentazione di accompagnamento del dispositivo impiantato [8, 16-18].

Sulla base dei risultati, il processo di valutazione del rischio, comunque venga effettuato, dovrà in ogni caso concludersi con l'individuazione di aree ad accesso libero (continuativo o transitorio) e aree ad accesso interdetto per i lavoratori particolarmente sensibili, e possibilmente con un piano di adeguamento della postazione/attività [5, 8, 16-18].

Anche nella GNV [6] sono riportate delle indicazioni relative alle modalità di valutazione del rischio, che sono sostanzialmente analoghe a quelle appena descritte.

Dispositivi medici impiantati passivi

I **dispositivi medici impiantati passivi** sono quelli che non hanno una sorgente autonoma di energia e componenti elettriche e/o elettroniche, ed hanno funzioni essenzialmente meccaniche. Esempi sono le protesi articolari, endoauricolari passive, chiodi, piastre, viti, clip chirurgiche, clip per aneurisma, stent, protesi valvolari cardiache, anelli per annuloplastica, impianti contraccettivi, otturazioni dentali ed altri. Vengono usualmente considerati inclusi in questo gruppo anche eventuali corpi estranei inclusi nei tessuti corporei a seguito di infortuni, introduzione accidentale, quali schegge o frammenti metallici inclusi (es. piercing etc.). Anche i lavoratori portatori di tali dispositivi medici portati sul corpo rientrano tra i soggetti potenzialmente particolarmente sensibili all'esposizione a CEM.

E' essenzialmente la componente metallica quella che può condizionare la comparsa degli **effetti indiretti**: se questi impianti o inclusi hanno componenti ferromagnetiche, infatti, possono subire torsioni e/o dislocazioni in presenza di campo magnetico statico con conseguenti possibili lesioni dei tessuti circostanti [5, 8, 17-18]. L'ICNIRP ha indicato nelle sue linee guida sui campi magnetici statici del 2009, per la prevenzione di tali rischi, lo stesso livello di sicurezza di 0,5 mT adottato per la protezione dei portatori di dispositivi medici impiantabili attivi [19], mentre nelle precedenti linee guida del 1994 venivano chiaramente distinte le due tipologie di effetti, e per i rischi connessi alle forze di attrazione e rotazione di impianti contenenti materiali ferromagnetici raccomandava di segnalare le aree caratterizzate da livelli di campo magnetico statico maggiori di 3 mT. Quest'ultimo valore è indicato nel D.lgs. 81/08 come VA per il rischio di attrazione e propulsivo nel campo periferico di sorgenti di campo magnetico statico ad alta intensità (> 100 mT).

Questo valore, che può essere considerato indicativamente valido anche per prevenire l'azione di tipo meccanico esercitata dal campo magnetico statico su impianti ferromagnetici non attivi o su inclusi ferromagnetici, è però inferiore al valore stabilito dalla Raccomandazione 1999/519/CE per la popolazione generale. Nel caso dei campi variabili nel tempo un fattore rilevante è anche la frequenza dato che, tra l'altro, la penetrazione nei tessuti è inversamente proporzionale a tale parametro. Nel caso di campi a bassa frequenza e a frequenze intermedie gli effetti più rilevanti sono sostanzialmente legati alla induzione di correnti, in relazione al fatto che la conduttività dei metalli è usualmente molto maggiore di quella dei tessuti biologici. Nel caso dei campi a radiofrequenza il meccanismo è la deposizione di energia con aumento della temperatura. In tutti i casi, la conseguenza è la possibilità di lesioni dei tessuti circostanti [5, 8, 17-18]. Sebbene ci siano ancora pochi dati su cui basare una valutazione dei rischi cui sono esposti i lavoratori con impianti

passivi, la conformità alla Raccomandazione 1999/519/CE dovrebbe fornire un'adeguata protezione in relazione all'esposizione a campi variabili. Anche in questi casi, sulla base di una specifica valutazione preliminare sulla base delle caratteristiche del dispositivo e dell'esposizione, è possibile valutare la possibilità di esposizione a campi più intensi [5, 8].

Dispositivi medici portati sul corpo

Un'ultima categoria espressamente citata nel TUS è costituita dai "*dispositivi medici portati sul corpo*", che possono essere anche in questo caso attivi o passivi, per i quali valgono considerazioni sostanzialmente analoghe a quelle già espresse per i dispositivi impiantati.

3.2 Effetti diretti

Le condizioni di particolare sensibilità al rischio in relazione agli effetti diretti dei CEM sarebbero essenzialmente riconducibili a situazioni in grado di ridurre la soglia di stimolazione di strutture nervose e della funzione neurosensoriale nel caso di esposizioni a basse frequenze, o ridurre la soglia di tolleranza al riscaldamento di organi e tessuti per le frequenze elevate. In una discussione su queste condizioni, e sulle loro soglie, è necessario riconoscere che i dati della ricerca scientifica su cui basare una valutazione del rischio sono certamente carenti. In modo non casuale, ad esempio nella "*Guida non vincolante di buone prassi per l'attuazione della direttiva 2013/35/UE relativa ai campi elettromagnetici*" [6] gli **effetti diretti** non vengono presi in considerazione.

Le considerazioni riportate di seguito derivano da studi di letteratura piuttosto datati e con vari limiti metodologici, e dall'esperienza pratica, piuttosto che da valutazioni "*evidence-based*".

Relativamente alle basse frequenze, tra le condizioni che potrebbero potenzialmente comportare una maggiore suscettibilità alla stimolazione di strutture nervose e della funzione sensoriale da parte dei CEM, di maggiore interesse sono alcuni possibili effetti a carico del sistema nervoso, tra i quali in particolare la **vertigine** (e, più in generale, la **sensazione di instabilità**), i **fosfeni** e l'epilessia, e a carico del sistema cardiovascolare.

La **vertigine** e **l'instabilità** possono essere indotte da esposizioni ai CEM generati quali dalle apparecchiature per la risonanza magnetica, anche se non solo [8, 17-25]. La variabilità individuale per quanto riguarda la probabilità di insorgenza e l'intensità della sintomatologia rendono complessa una prevenzione efficace, specie considerando l'esistenza di alcune specifiche condizioni individuali che, potenzialmente, potrebbero rendere il lavoratore più suscettibile alla comparsa, con possibili problemi in termini anche di sicurezza. Sono infatti note una serie di patologie dell'orecchio o di natura sistemica che possono indurre, tra l'altro, una sintomatologia vertiginosa e/o comportare instabilità; gli stessi sintomi possono peraltro anche essere dovuti a trattamenti farmacologici o a alcune sostanze tossiche. Per quanto riguarda i **fosfeni**, possono originare da patologie oculari o, più in generale, del sistema nervoso centrale, oppure essere correlati all'assunzione di alcuni farmaci, suggerendo la necessità di una maggiore attenzione per lavoratori con tali patologie o sotto trattamento farmacologico in caso di esposizione a CEM, in particolare per i campi statici indotti dalla RM, o comunque da quelli a bassa frequenza [8, 17-25].

Ancora per quanto riguarda il sistema nervoso, per esposizione a campi statici a bassa e alta frequenza, sono stati osservati effetti quali alterazioni EEG minori sia durante il sonno che la veglia [8, 17-22]. Infine, effetti sul sistema cardiovascolare sono possibili per elevate esposizione a campi magnetici a varie frequenze, ad es. aumenti (pur entro limiti fisiologici) della pressione arteriosa e della frequenza cardiaca [8, 17-23].

3.3 Gravidanza

Anche "*lo stato di gravidanza*" rientra tra le condizioni esplicitamente citate dalla normativa che conferiscono aumentata suscettibilità al rischio da esposizione a CEM [1, 5, 8]. Infatti, sebbene i dati di studi scientifici sugli effetti dell'esposizione occupazionale a CEM in corso di gravidanza siano piuttosto carenti [17-23], sia la donna in gravidanza che il prodotto del concepimento sono ritenuti in generale potenzialmente particolarmente vulnerabili nei confronti dei possibili effetti di numerosi fattori di rischio di natura fisica, chimica e biologica. In termini normativi, il principale testo di riferimento è il D.lgs. 26.03.2001 n. 151 e s.m.i. "Testo Unico delle disposizioni legislative in materia di tutela e sostegno della maternità e della paternità, a norma dell'art. 15 della legge 8 marzo 2000", che prevede da un lato il divieto di adibizione ad alcune lavorazioni ed esposizioni, mentre per alcuni fattori di rischio, tra i quali sono incluse le radiazioni non ionizzanti, è prevista una valutazione particolarmente approfondita che tenga conto dello stato di maggior sensibilità della gestante (allegato C del D.lgs. 151/01). In modo coerente anche il D.lgs. 81/08, all'art.183, riconosce la donna in gravidanza tra i gruppi da considerare particolarmente sensibili al rischio da esposizione professionale a campi elettromagnetici. Su queste basi il rispetto dei VLE previsti dal D.lgs. 81/08 può non essere sufficiente protettivo, e per la tutela particolare della donna in gravidanza sarebbe opportuno fare riferimento a limiti più bassi, quali quelli per la popolazione fissati dalla Raccomandazione Europea 1999/519/CE o, in alternativa, ai valori limite ICNIRP [4, 5, 8, 17-20, 26], che rappresentano attualmente il riferimento scientifico più aggiornato.

A questo proposito si osserva che, più in generale, i limiti di esposizione ai CEM previsti nella normativa, e gli stessi limiti proposti dall'ICNIRP, prevedono una specifica differenziazione tra le esposizioni occupazionali e quelle per la popolazione generale. Questa differenziazione, che è comune per i fattori di rischio, si basa tra l'altro (anche se non solo) sull'esistenza nella popolazione generale di individui maggiormente suscettibili, per i quali la soglia di comparsa dei possibili effetti avversi per la salute o di altri effetti (quali ad esempio quelli di tipo sensoriale nel caso dei CEM) può essere particolarmente bassa (ad esempio effetti sul feto nel caso delle donne in gravidanza, ma anche altri. La prevenzione di questi effetti presuppone che i limiti di esposizione nella popolazione siano più bassi rispetto a quelli previsti per le esposizioni professionali dei lavoratori. La lavoratrice in stato gravidanza esposta per motivi professionali ai CEM viene inclusa tra i soggetti particolarmente sensibili ai rischi da esposizione a tale fattore sia per le particolari condizioni fisiologiche che per la presenza del feto/embrione e, per questa ragione, usualmente esclusa da attività che comportino esposizioni superiori a quella della popolazione generale [5, 8].

4. INDICAZIONI PER LA SORVEGLIANZA SANITARIA DEI LAVORATORI NEI QUALI SONO STATE IDENTIFICATE CONDIZIONI DI PARTICOLARE SENSIBILITÀ AI CEM

In ambito di organizzazione della SS, la presenza di lavoratori con condizioni particolare sensibilità al rischio costituisce ovviamente un aspetto di grande importanza, specialmente perché non è possibile escludere un rischio di comparsa di effetti anche per esposizioni a livelli di CEM inferiori ai valori limite del TUS e della Raccomandazione 1999/519/CE.

Inoltre, il comma 2 dell'art. 211 del TUS prevede l'obbligo di sottoporre i lavoratori esposti a CEM a un "*controllo medico e, se necessario, una sorveglianza sanitaria appropriati*", in due eventualità specifiche:

- nel caso in cui un lavoratore "*segnali effetti indesiderati o inattesi sulla salute, ivi compresi effetti sensoriali*";

- nel caso in cui sia stata rilevata "*un'esposizione superiore ai VLE per gli effetti sensoriali o per gli effetti sanitari*".

Ovviamente, la presenza di lavoratori con condizioni di particolare sensibilità è di rilievo nelle valutazioni conseguenti a queste evenienze. Il "*controllo medico*" è parte integrante della SS, e può essere omologato a una delle tipologie di visite previste all'art. 41, su richiesta del lavoratore nel caso di effetti indesiderati, o periodica, con periodicità modificata dal MC sulla base della valutazione del rischio in caso di superamenti dei VLE e, conseguentemente, si dovrebbe concludere con un giudizio di idoneità alla mansione specifica [8].
Come per tutti gli altri rischi, la SS per il rischio da CEM va definita sulla base della Valutazione del Rischio, e l'esito della valutazione, e quindi l'organizzazione della stessa, è funzione anche della presenza di soggetti con particolare sensibilità al rischio.
Le condizioni che potrebbero verificarsi possono essere di tre tipi:

1) ambienti di lavoro in cui vi è un'assenza di rischio da CEM, e, conseguentemente, non sono necessarie ulteriori misure specifiche;
2) ambienti di lavoro dove, per modalità operative e livelli di esposizione, non sono attesi in generale rischi per la salute dei lavoratori che non presentino condizioni di particolare sensibilità ma nei quali, in caso di presenza di lavoratori portatori di dispositivi medici impiantabili o indossabili (DMI) attivi, siano necessarie misure di prevenzione (quali una formazione e informazioni specifiche e, eventualmente, una SS per il rischio da CEM almeno in fase preventiva);
3) ambienti di lavoro in cui vi sia un rischio "non trascurabile" da esposizione a CEM, e nei quali si renda pertanto necessaria l'attivazione della SS per i lavoratori esposti per ragioni professionali; in questi casi le modalità debbono essere definite tenendo in considerazione anche la presenza di eventuali soggetti con particolare sensibilità.

Le condizioni che possono comportare una particolare sensibilità al rischio in relazione agli effetti dei CEM sono sostanzialmente quelle discusse nella sezione precedente, ovvero quelle rappresentate dalla presenza di lavoratori/lavoratrici con dispositivi medici impiantabili o indossabili (DMI) e di lavoratrici in gravidanza, mentre non esiste attualmente un consenso su un'eventuale particolare sensibilità per il rischio da CEM di lavoratrici/lavoratori con specifiche patologie non adeguatamente controllate dal punto di vista clinico-terapeutico, di organi e tessuti elettricamente stimolabili.

Per le ragioni presentate e discusse in precedenza, in base alle conoscenze attuali per esposizioni occupazionali a livelli di CEM inferiori ai limiti raccomandati per la popolazione generale (Raccomandazione 1999/159/CE) [4] non sono generalmente attesi effetti per i lavoratori con patologie di organi e tessuti elettricamente stimolabili e per le donne in stato di gravidanza, anche se non possono essere totalmente esclusi **effetti indiretti** da interferenza in soggetti portatori di DMI specie per quelli di tipo attivo, specie i pacemaker unipolari [8]. Va osservato che, data la diffusione dei CEM negli ambienti di vita che di lavoro e la relativa frequenza di lavoratori con condizioni di particolare sensibilità, possono essere non rare le situazioni lavorative in cui il MC, nell'ambito della collaborazione alla valutazione del rischio e nel rispetto della privacy dei lavoratori, si può trovare a dover segnalare l'esistenza di condizioni di particolare sensibilità, e richiedere quindi al Datore di Lavoro una valutazione del rischio che possa garantire un'adeguata protezione anche di questi lavoratori, anzi, potrebbe essere addirittura utile che, almeno preliminarmente, la valutazione tenga sempre conto di questa possibilità. A questo proposito, delle indicazioni

sono rintracciabili nella già citata GNV [6], ed in particolare nella Tabella 3.2 sulle "*Prescrizioni per le valutazioni specifiche dei campi elettromagnetici relative ad attività lavorative, apparecchiature e luoghi di lavoro comuni di esposizione*", alla quale si rimanda.
Un altro aspetto da tenere in considerazione è la possibilità di derogare dal rispetto dei VLE, espressamente prevista dal TUS, seppure solo in presenza di circostanze specifiche che devono motivate e preventivamente essere autorizzate secondo le modalità statuite in un Decreto attuativo in fase di redazione. Appare del tutto evidente che di eventuali deroghe venga tenuto adeguato conto nel caso di lavoratori con particolare sensibilità ai CEM.
Infine, ovunque sia identificabile un rischio non trascurabile da esposizione a CEM conseguente a possibili superamenti dei livelli di esposizione previsti per la popolazione generale, in ambito di sorveglianza sanitaria, sarebbe opportuno che il MC valutasse in modo attivo in tutti i lavoratori, non solo in quelli particolarmente sensibili, la eventuale occorrenza di sintomatologie che possono essere riferite all'azione dei campi elettromagnetici, a valle di un'idonea formazione, quali ad esempio gli "*effetti sensoriali nel funzionamento del sistema nervoso centrale, nella testa, indotti da campi magnetici variabili nel tempo*" ed "*effetti indotti da campi magnetici statici, quali vertigini e nausea*" (*ex* art. 210 c.8 del TUS).
Va peraltro detto anche che tali sintomatologie sono generalmente aspecifiche, e solo in alcune (verosimilmente rare) situazioni sono riconducibili all'azione dei CEM, potendo essere più frequentemente associate ad altre comuni cause. Tuttavia, in condizioni particolari, ad esempio nel caso di un miglioramento della sintomatologia in seguito all'interruzione dell'esposizione, il MC potrebbe prendere in considerazione la possibilità di prescrizioni o limitazioni temporanee all'idoneità lavorativa su base individuale, da valutare con particolare attenzione. Peraltro, ricordiamo che la comparsa di tali sintomi può essere considerata un valido motivo di richiesta di *"controllo medico"* da parte dei lavoratori. Gli stessi vanno inoltre cercati anche in caso di controllo in seguito ad esposizioni eccedenti i valori limite, e possono eventualmente rappresentare un campanello di allarme per la comparsa di condizioni di particolare sensibilità (es. sindromi vertiginose, disordini del sistema nervoso o cardiovascolare).
Le modalità per una verifica nel caso di lavoratori con dispositivi medici sono state discusse nella parte precedente, a cui si rimanda, come anche per quanto riguarda ulteriori possibili condizioni di maggior sensibilità agli effetti diretti citate in precedenza. In questi ultimi casi non esistono dimostrazioni che esposizioni contenute nei limiti previsti per la popolazione generale possano costituire un rischio significativo, e considerazioni analoghe sono estensibili anche alle lavoratrici in stato di gravidanza.
Per concludere, si segnala che le nuove linee guida AIRM 2021 propongono un questionario anamnestico di screening per la presenza nei lavoratori di impianti attivi e non attivi e di inclusi metallici che possano determinare problemi di interferenza da sottoporre ai lavoratori prima di essere adibiti alla mansione e periodicamente sulla base del protocollo di cui alla Tabella 3.

BIBLIOGRAFIA

[1] DECRETO LEGISLATIVO 9 APRILE 2008, n° 81. Attuazione dell'art. 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana 30 aprile 2008 n° 101 – Supplemento Ordinario n° 108.
[2] 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) (GU Serie Generale n.192 del 18-08-2016).

[3] DIRETTIVA 2013/35/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 26 giugno 2013 Sulle 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. U.E. n. L 179 del 29 giugno 2004Associazione Italiana di Radioprotezione Medica (AIRM) - Società Italiana di Medicina del Lavoro (SIML). Linee di indirizzo per la sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti a Radiazioni non ionizzanti. Nuova Editrice Berti, Piacenza, 2012.

[4] 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.

[5] Coordinamento Tecnico per la Sicurezza nei Luoghi di Lavoro delle Regioni e delle province Autonome. Decreto Legislativo 81/2008, Titolo VIII, Capo I, II, III, IV e V sulla prevenzione e protezione dai rischi dovuti all'esposizione ad agenti fisici nei luoghi di lavoro. Indicazioni operative – revisione 01 del 18/03/2019.

[6] 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.

[7] International Commission on Occupational Health (ICOH): Codice Internazionale di Etica per Operatori di Medicina del Lavoro consultabile alla pagina web: http://www.icohweb.org/site_new/ico_core_documents.asp (ultimo accesso 29/9/2021)

[8] Associazione Italiana di Radioprotezione Medica (AIRM), AA.VV. Linee Guida per la sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti a campi elettromagnetici. Ed. stampa Depigraf, Caserta, 2021. ISNB: 978-88-909379-4-1

[9] Norma CEI 106-45: 2021, Guida CEM - Guida alla valutazione dell'esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (CEM) fra 0 Hz e 300 GHz nei luoghi di lavoro

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

[11] Napp A, Stunder D, Maytin M, et al. Are patients with cardiac implants protected against electromagnetic interference in daily life and occupational environment? Eur Heart J. 2015 Jul 21;36(28):1798-804.

[12] Tiikkaja M, Alanko T, Lindholm H, et al. Experimental study on malfunction of pacemakers due to exposure to different external magnetic fields. J Interv Card Electrophysiol 2012; 34(1):19-27.

[13] Tiikkaja M, Alanko T, Lindholm H, et al. Interference of low frequency magnetic fields with implantable cardioverter-defibrillators. Scand Cardiovasc J 2012; 46(5):308-14.

[14] Tiikkaja M, Aro AL, Alanko T, et al. Electromagnetic interference with cardiac pacemakers and implantable cardioverter-defibrillators from low-frequency electromagnetic fields in vivo. Europace 2013;15(3):388-94.

[15] 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. Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea del 5 maggio 2017, n° L 117/1.

[16] EN 50527-1:2016 - Procedure for the assessment of the exposure to electromagnetic fields of workers bearing active implantable medical devices - Part 1: General

[17] Modenese A, Gobba F. Occupational Exposure to Electromagnetic Fields and Health Surveillance According to the European Directive 2013/35/EU. Int J Environ Res Public Health. 2021 Feb 10;18(4):1730. doi: 10.3390/ijerph18041730.

[18] Gobba F. Metodi e strumenti sanitari per l'idoneità lavorativa dei soggetti particolarmente sensibili a CEM [Health surveillance of EMF-exposed workers at particular risk.]. G Ital Med Lav Ergon. 2019 Dec;41(4):285-292.

[19] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Guidelines on Limits of Exposure to Static Magnetic Fields. Health Physics 96(4):504-514; 2009

[20] 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(4): 494-522.

[21] World Health Organization. Environmental Health Criteria 232, Static fields. Geneva: World Health Organization, 2006.

[22] World Health Organization. Environmental Health Criteria 238, Extremely low frequency fields. Geneva: World Health Organization, 2007.

[23] Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR). Health Effects of Exposure to EMF. European Commission, 2015.

[24] Schaap K, Portengen L, Kromhout H. Exposure to MRI-related magnetic fields and vertigo in MRI workers. Occup Environ Med 2016; 73: 161–166.

[25] Bravo G, Modenese A, Arcangeli G, Bertoldi C, Camisa V, Corona G, Giglioli S, Ligabue G, Moccaldi R, Mucci N, Muscatello M, Venturelli I, Vimercati L, Zaffina S, Zanotti G and Gobba F (2021) Subjective Symptoms in Magnetic Resonance Imaging Personnel: A Multi-Center Study in Italy. Front. Public Health 9:699675. doi: 10.3389/fpubh.2021.699675

[26] 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.