

Livio Giuliani

*Dirigente di Ricerca del Servizio
Sanitario Nazionale, PI TECH,
00144 Roma*

Pietro Maria Putti

*Università Politecnica
delle Marche,
DISES, 60121 Ancona*

Massimo Rogante

*Studio d'Ingegneria Rogante,
62012 Civitanova Marche
www.roganteengineering.it*

autore

autore

Raoul Saggini

*Università dell'Abruzzo, Cattedra di Medicina
Fisica e Riabilitativa, 66100 Chieti Scalo*

Oncogenesi e oncoterapia da campi elettromagnetici

In questa dettagliata analisi i nostri esperti prendono in esame le possibili connessioni tra l'esposizione a campi magnetici a corrente alternata, AC-MF e campi elettromagnetici, EMF, e l'insorgenza dei tumori, con un occhio attento ai progressi che si stanno compiendo nel loro trattamento elettromagnetico. Seguiamo questo studio le cui conclusioni ci suggeriscono interessanti spunti di riflessione

I campi elettromagnetici (EMF) di diversi schemi di segnale, anche in combinazione con campi elettrici (EF) e campi magnetici (MF), e parallelamente la richiesta di prestazioni multiple di apparecchiature moderne come telefoni cellulari e cordless, stazioni base per telefoni cellulari, schede dati per laptop e notebook, servizi generali di pacchetti radio (GPRS), sistemi universale di telecomunicazioni mobili (UMTS, LTE, 5G) e router di reti locali senza fili (Wi-Fi, WLAN), stanno promuovendo sempre più domande relative a possibili effetti avversi o benefici per l'uomo e gli altri organismi.

In questo quadro si vogliono illustrare le possibili connessioni tra l'esposizione a campi magnetici a corrente alternata, AC-MF e campi elettromagnetici, EMF, e insorgenza dei tumori, ma anche i progressi registrati nel loro trattamento elettromagnetico. Sono riportate, inoltre, note sulla possibile prevenzione dei tumori alla testa mediante l'adozione di dosimetri e dispositivi personali di protezione per le microonde e sulle principali caratteristiche dei dispositivi elettromagnetici a carattere oncoterapeutico.

1. INTRODUZIONE

Il campo elettromagnetico, che in *campo lontano* si propaga come onda di superficie, attraverso la mutua interazione di campo elettrico e campo magnetico, mutuamente ortogonali e proporzionali, è stato scoperto nel corso del XIX secolo, nonostante fosse presente in natura da quando esistono i temporali; le onde elettromagnetiche sono trasportate da particelle chiamate fotoni (quanti) [1].

Esistono due categorie principali di campi elettromagnetici, a seconda dei livelli d'energia dei quanti elettromagnetici: radiazioni ionizzanti o non ionizzanti. I quanti delle radiazioni ionizzanti (ad es., raggi X, raggi gamma e alto ultravioletto) possiedono energia sufficiente a ionizzare le molecole, nell'etere o nell'aria. Tali radiazioni sono in grado di provocare reazioni chimiche rompendo i legami tra molecole, danneggiare cellule viventi e geni, e provocare tumori. I quanti delle radiazioni non ionizzanti, invece, non possiedono abbastanza energia per rompere i legami molecolari nello spazio vuoto o nell'aria. Ciò non toglie che la ionizzazione molecolare in soluzioni acquose e nella materia vivente, in generale, non possa avvenire con meccanismi indiretti, in presenza di campi elettromagnetici non ionizzanti. Le bande di frequenza e gli intervalli di lunghezza d'onda delle radiazioni non ionizzanti, come designate dall'Unione Internazionale delle Telecomunicazioni (ITU), sono riportate nella Tabella 1.

Nella pratica radioprotezionistica le ELF includono le SLF, che scendono al di sotto del *cut-off* di 3 Hz, nella banda tra 1 e 300 Hz [2]. LF e MF, nella letteratura recente, sono anche chiamate Frequenze Intermedie (IF).

Le fonti artificiali di radiazioni non ionizzanti includono stazioni radio e TV, stazioni base per telefoni cellulari e telefoni cellulari, satellitari e cordless, GSM, UMTS, LTE, 5G, GPRS, DECT, schede madri e video per laptop e notebook, Wi-Fi, WLAN e molti altri dispositivi elettronici ampiamente utilizzati nella vita quotidiana (ad es., forni a microonde o generatori di onde convogliate su cavi elettrici per la misurazione del consumo d'elettricità, gas e acqua).

Il fondo elettromagnetico naturale, a parte il campo geomagnetico (che varia da 25 a 60 μT [3]), è generalmente stimato con una densità di potenza di 10^{-7} W/m^2 (sulla superficie terrestre) [4] e include le cosiddette frequenze di Schumann, con picchi a 7,83; 14,1; 20,3; 26,4; 30,4 Hz, che sono generate, in campo lontano, dai fulmini, nella cavità risonante tra la superficie terrestre e la ionosfera. La molteplicità delle frequenze risonanti di Schumann è dovuta alla distanza dalla superficie

terrestre dei diversi strati che formano la ionosfera. *Wienfried Otto Schumann* le calcolò per primo, ma solo nel 1952 [5]. Ciò potrebbe spiegare l'incomprensione di *Henry Poincaré* nei confronti del giovane *Guglielmo Marconi* che gli sottoponeva il suo progetto d'accensione delle luci a Melbourne tramite comando dal suo yacht "Britannia", dislocato nel Canale della Manica. Sembra che il grande fisico matematico francese gli abbia obiettato: "giovannotto, non sa che le onde radio sono onde di superficie? E che la terra è piatta?". Un sommario dei rischi biologici dell'esposizione al campo elettromagnetico (EMF) è riportato in [6].

2. ONCOGENESI

2.1. Campo magnetico AC (MF)

Quarant'anni or sono, i medici *Wertheimer* e *Leeper*, a Denver nel Colorado, osservarono in una scuola della Contea un gruppo di bambini leucemici. Studiando a fondo, essi scoprirono una relazione significativa tra l'insorgenza di *cluster* di leucemia infantile e la presenza di linee elettriche ad alta tensione nell'ambiente in cui i bambini studiavano o risiedevano [7].

La relazione presto stabilita in epidemiologia fu confermata in molti studi nel ventennio successivo. Nel 2000, presso il Karolinska Institutet di Solna, Svezia, i due

	Radiazioni non ionizzanti	Banda di frequenza (v)	intervallo di lunghezza d'onda (λ)
Onde micrometriche	ultravioletto A (UVA)	750÷950 THz	315÷400 nm
	luce visiva (VL)	430÷750 THz	0,4÷0,7 μm
	infrarosso vicino (NR)	300÷430 THz	700 nm ÷ 1 μm
	infrarosso (IR)	0,3÷300 THz	1 μm ÷ 1 mm
Radiofrequenze	frequenza estremamente alta (EHF)	30÷300 GHz	1 mm ÷ 1 cm
	frequenza super alta (SHF)	3÷30 GHz	1 cm ÷ 1 dm
	frequenza ultra alta (UHF)	0,3÷3 GHz	1 dm ÷ 1 m
	frequenza molto alta (VHF)	30÷300 MHz	1÷10 m
	alta frequenza (HF)/onde corte (SW)	3÷30 MHz	10÷100 m
	media frequenza(MF)/onde medie (MW)	0,3÷3 MHz	100 m ÷ 1 km
	bassa frequenza (LF)/onde corte (LW)	30÷300 kHz	1÷10 km
	frequenza molto bassa (VLF)	3÷30 kHz	10÷100 km
	frequenza ultra bassa (ULF)	0,3÷3 kHz	100÷1000 km
	frequenza super bassa (SLF)	30 Hz- 300 Hz	1.000÷10.000 km
frequenza estremamente bassa (ELF)	3÷30 Hz	10.000÷100.000 km	

Tab. 1. Forme di radiazione non ionizzanti.

L'epidemiologia ha presto rivelato la possibile cancerogenicità degli UHF. Forti suggerimenti in questo senso, con riferimento ai tumori cerebrali e allo schwannoma, sono arrivati dallo studio internazionale Interphone

epidemiologi A. Alhom e M. Feychting organizzarono un'analisi congiunta di nove studi epidemiologici, condotti in diversi Paesi alla fine del secolo scorso [8]. Nei bambini cronicamente esposti a più di 0,4 μ T, il rischio relativo di leucemia infantile si è rivelato doppio rispetto ai controlli con un significativo intervallo di confidenza (IC) = 1,27+3,13 e $p = 0,002$ (in cui p o p -value è la probabilità di non correlazione tra rischio relativo e insorgenza di leucemia infantile ed esposizione). Queste prove sono state supportate da molti studi *in vitro*, ma da nessuno studio *in vivo*: allorché l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) ha deciso di classificare il campo magnetico alternato industriale esso è stato schedato come *possibile cancerogeno*, per la leucemia infantile, nel sottogruppo 2B ("Sospetti cancerogeni umani"). In tale sottogruppo rientrano principalmente le sostanze con limitata evidenza per l'uomo in assenza di sufficiente evidenza per gli animali, o quelle con sufficiente evidenza per gli animali e inadeguata evidenza o mancanza di dati per l'uomo [9]. Per una classificazione più severa, sono necessari un

forte supporto all'ipotesi della sua cancerogenicità, dedotto da studi *in vivo*, nonché una descrizione esaustiva del meccanismo d'induzione della leucemia infantile da parte di AC MF.

A seguito dell'inadeguatezza degli studi sperimentali *in vivo* sulla cancerogenicità degli ELF/MF, nel 2001 l'IR iniziò uno ampio progetto sistematico ed integrato di 4 studi sperimentali per valutare il potenziale cancerogeno delle radiazioni non-ionizzanti su ratti Sprague Dawley, esposti dalla vita fetale fino alla loro morte naturale, solamente a campo magnetico sinusoidale - 50Hz (S-50Hz CM) della corrente elettrica oppure, per valutare un possibile effetto promotore/co-cancerogeno, associato ad esposizione a bassa dose di radiazione gamma (secondo esperimento), oppure a formaldeide (terzo esperimento) oppure ad aflatoxina (quarto esperimento) per un totale di oltre 7.000 ratti. L'esposizione soltanto a S-50Hz CM non ha evidenziato un effetto cancerogeno significativo (Falcioni et al., 2018), risultato questo consistente con quanto pubblicato nello studio del National Toxicology Program americano (Boorman et al., 1999)¹; l'esposizione a S-50Hz CM e radiazione gamma (unica dose) ha evidenziato un aumento significativo di neoplasie ematopoietiche e schwannomi maligni del cuore nei maschi e dell'incidenza di carcinomi mammari in maschi e femmine (Soffritti et al. 2016)²; l'esposizione a S-50Hz CM associato a formaldeide ha evidenziato un aumento significativo delle neoplasie ematopoietiche nei maschi e dei carcinomi tiroidei in maschi e femmine. Il fatto che l'esposizione a campo magnetico della corrente elettrica possa aumentare la possibilità di progressione di lesioni benigne a maligne, come può succedere nell'ambiente generale o di lavoro non può essere ignorato.

2.2. Campi elettromagnetici (EMF)

Nei tempi più recenti, è stata sollevata da ogni parte la questione della cancerogenicità dei campi elettromagnetici, principalmente delle microonde dei servizi *wireless* nell'intervallo 0,3+3 GHz (UHF) o, meglio, nello stesso intervallo esteso a 5 GHz per includere il Wi-Fi e il servizio di telefonia LTE.

Ancora una volta, l'epidemiologia ha presto rivelato la possibile cancerogenicità degli UHF. Forti suggerimenti in questo senso, con riferimento ai tumori cerebrali e allo schwannoma, sono arrivati dallo studio internazionale Interphone³, con riferimento a 2.765 gliomi, 2.425 meningiomi, 1.121 neurinomi acustici (o schwannomi vestibolari, tumori derivanti dalle cellule di Schwann dell'ottavo nervo cranico), 109 casi di tumore maligno della parotide e 7.658 controlli, provenienti da 13 Paesi. "L'odds ratio (OR) o rapporto di probabilità era 1,40 (IC 95% 1,03-1,89) per il glioma e 1,15 (IC 95% 0,81-1,62) per il meningioma" nella classe degli *heavy users* (utenti *pesanti* o utenti da più di 10 anni, oltre 1.640 ore di tempo di chiamata cumulativo). Si noti che il risultato è *statisticamente significativo* (*cut-off* dell'IC 95% maggiore di 1) solo

- 1 Le voci bibliografiche citate si possono desumere dalla pubblicazione N. 18 di Soffritti-Giuliani citata nel presente articolo
- 2 Le voci bibliografiche citate si possono desumere dalla pubblicazione N. 18 di Soffritti-Giuliani citata nel presente articolo
- 3 Si vedano anche i risultati degli studi caso-controllo condotti dal gruppo di Hardell

per il glioma, non per il meningioma.

Inoltre *“gli OR per il glioma e il meningioma tendevano ad essere maggiori nei soggetti che riferivano il normale uso del telefono sullo stesso lato della testa del tumore rispetto al lato opposto”* (uso *ipso latere*) Per il neurinoma acustico, l'OR nella classe di utenti *pesanti*, considerando solo quelli diventati tali almeno 5 anni prima della data di riferimento, si è rivelato 2,79 (IC 95% 1,51-5,16), ma in questo caso non è stata trovata alcuna relazione dose-risposta. Il Consorzio Interphone ha deciso di non porre in comune i dati relativi ai tumori della ghiandola parotide, poiché la raccolta dati non ha riempito lo stesso modello nei diversi Paesi [12]. Dopo tale studio, nel maggio 2011 la IARC ha classificato il telefono cellulare quale possibile cancerogeno [13]. Come per la classificazione del campo magnetico industriale, una classificazione più severa potrebbe essere adottata solo in presenza di studi *in vivo* a supporto della cancerogenicità del telefono cellulare.

Tali studi sono stati conclusi nel 2017 dal Programma Tossicologico Nazionale (NTP) degli Stati Uniti che, con riferimento alle esposizioni nel campo prossimo a 900 MHz, ha trovato:

“Chiare prove di tumori nel cuore dei ratti maschi. I tumori erano schwannomi maligni.

Alcune prove di tumori nel cervello di ratti maschi. I tumori erano gliomi maligni.

Alcune prove di tumori nelle ghiandole surrenali dei ratti maschi. I tumori erano feocromocitomi combinati benigni, maligni o complessi” [14].

Nonostante le *“chiare prove”* o *“alcune prove”*, come sopra, *“le conclusioni finali”*, che *“rappresentano il consenso tra l’NTP e un gruppo di esperti scientifici esterni che hanno esaminato a fondo la bozza dei rapporti tecnici NTP in una riunione pubblica nel marzo 2018”* [15] risultano meno nette di quanto le *“prove”* avrebbero consentito. Una ulteriore valutazione dei risultati sperimentali del NTP, a parere di molti e nostra più corretta, è stata fornita dagli epidemiologi svedesi *Hardell e Carlberg* [16].

Una conferma alla *“chiara evidenza”* per gli schwannomi indotti nei ratti maschi da telefoni cellulari a 900 MHz è stata trovata in maniera indipendente dal menzionato Istituto *“B. Ramazzini”* di Bologna. Le esposizioni erano in campo lontano, simulando l'esposizione alle stazioni radio-base per il servizio di telefonia mobile [17]. Una rassegna degli studi dell'Istituto *“B. Ramazzini”* sull'oncogenesi dovuta sia a MF, sia ad UHF è fornita in [18].

3. PREVENZIONE

3.1. Generalità

La prevenzione dei rischi derivanti dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici presenta aspetti assai diversi.

Tralasciamo qui la prevenzione del rischio dei bambini d'ammalarsi di leucemia infantile, se cronicamente esposti al campo magnetico industriale, a 50 o 60 Hz, a valori superiori a 0,4-0,5 mT come si ricava dalla citata classificazione dello IARC. L'annullamento di tale rischio si ottiene solo evitando le esposizioni croniche o a carattere residenziale o scolastico; per ottenere detto annullamento, il Governo del nostro Paese aveva previsto il *risanamento* della rete elettrica italiana,

col DPCM Amato del 22 aprile 1992, la cui attuazione fu differita da Dini, e che fu infine abrogato col DPCM Berlusconi del 08 luglio 2003 e quindi disapplicato, nonostante ne fosse prevista la completa attuazione entro il 31 dicembre 2008 dalla legge 22 febbraio 2001 n. 36 (art. 9). Consideriamo qui solo la prevenzione dei tumori al cuore o al cranio causati dalle esposizioni dell'intero corpo alle stazioni radiobase (o anche radiotelevisive, tenuto conto del segnale di queste, nella stessa banda UHF del segnale telefonico oggi in uso), ovvero causati dall'esposizione della testa per l'impiego dei telefoni mobili da parte degli *heavy ipsilateral users*, divenuti tali per ragioni professionali.

3.2. Esposizioni globali (all'intero corpo)

3.2.1 Esposizione d'individui della popolazione

Per la popolazione, la miglior prevenzione al momento possibile è quella che, attraverso i principi di precauzione e di minimizzazione riconosciuti applicabili all'esposizione ai campi elettromagnetici dalla legge (n. 36/2001, citata), riconosce bassi *“tetti compatibili con la salute umana”* (Regolamento 381/1998 e succ. integr.) e tra questi il *valore di attenzione*, di 0,1 W/m² per la densità di potenza (6 V/m per il campo elettrico), come soglia da non superare per le immissioni elettromagnetiche negli edifici *“adibiti a permanenze superiori alle quattro ore”*. Una misura, questa, adottata anche dalla Confederazione Elvetica con Ordinanza Federale ORNI 23/12/1998 [19], qualificata però come *“limite all'impianto”*, cioè come limite d'emissione, seppure intesa come emissione di un eventuale *cositing* di antenne e non di una singola antenna.

La formulazione elvetica del limite, tuttavia, appare meno tutelare di quella adottata un anno prima dall'Italia: con l'introduzione della tecnologia 5G, un utente potrà essere irradiato in *downlink* contemporaneamente da diverse stazioni radiobase per la telefonia cellulare,

Onde radio (MWs)		USA	EU	Italia		Russia	Polonia	Cina e Fiandre	Belgio*	Catalogna
		OET Bulletin 1997/65/01	Raccom. 1999/519/CE	Regol. 11/9/1998 n. 381 e Decreto 08/07/2003		2003	2003	2003	2003	2003
		L.E.	L.R.	L.E.	valore attenz. (> 4h)	L.E.	L.E.	L.E.	L.E.	L.R.
f (MHz)		campo elettrico E (V/m)								
0,1	OL	-	87,0	60	6	6	7	43,5	6	57,4
0,3	OM	614	87,0	60	6	6	7	43,5	6	57,4
1	OM	614	87,0	60	6	6	7	43,5	6	57,4
1,35	OM	610,3	87,0	60	6	6	7	43,5	6	57,4
3	OC	274,7	50,2	60	6	6	7	25,1	3,5	33,1
3,1	OC	265,8	49,6	20	6	6	7	24,8	3,5	32,7
10	OC	82,4	28,0	20	6	6	7	14,0	2	18,5
29,4	OC	28	-	-	-	-	-	-	-	18,5
30	FM	27,5	-	-	-	-	-	-	-	18,5
109	FM	27,5	28,0	20	6	6	7	14,0	2	18,5
112	VHF	27,5	28,0	20	6	6	7	14,0	2	18,5
300	UHF	27,5	28,0	20	6	6	7	14,0	2	18,5
303	UHF	27,6	28,0	20	6	6	7	14,0	2	18,5
400	UHF	31,7	28,0	20	6	6	7	14,0	2	24,0
700	UHF/5G	41,9	36,4	20	6	6	7	14,0	2,5	25,8
810	UHF/5G	45,1	39,1	20	6	6	7	19,6	2,7	26,0
820	MW	45,4	39,4	20	6	6	7	19,7	2,8	-
821	MW	27,5	-	-	-	-	-	-	-	28,1
900	MW	-	41,3	20	6	6	7	20,6	3,0	-
960	MW	49,1	42,6	20	6	6	7	21,3	3,0	35,1
1500	MW	61,4	53,2	20	6	7,5	7	26,6	3,7	39,3
1870	MW	61,4	59,5	20	6	8,4	7	29,7	4,2	39,7
1920	MW	61,4	60,2	20	6	8,5	7	30,1	4,2	40,3
2000	MW	61,4	61,0	20	6	8,7	7	30,5	4,3	40,3
3000	MW	61,4	61,0	20	6	10,6	7	30,5	4,3	40,3
3001	MW	61,4	61,0	40	6	10,6	7	30,5	4,3	40,3
300000	MW	61,4	61,0	40	6	106	7	30,5	4,3	40,3

(*) Eccetto Fiandre. In Wallonia, il limite è 6 V/m per tutte le frequenze.

Note:

- L.E. = limiti d'esposizione
- L.R. = livelli di riferimento
- per i limiti d'esposizione, E² deve essere mediata su un periodo di 6 minuti
- i livelli di riferimento sono valori superati i quali è previsto un approfondimento per determinare se la persona esposta ha assorbito più di 80 mJ/Kg per secondo (nel caso della Catalogna più di 52)
- per i livelli di riferimento, se f < 10000 MHz, è necessario calcolare la media di E² per un periodo di 6 minuti
- per i livelli di riferimento, se f > 10000 MHz è necessario calcolare la media di E² per un periodo di 68/f ^1,05 minuti
- i livelli di riferimento o i limiti d'esposizione per le emissioni radar devono essere moltiplicati per 10^{0,5}.
- per i valori di attenzione, E² deve essere mediata su un periodo di 24 ore anche se l'esposizione dura 4 ore e 1' (decreto legge Monti-Clini 17/9/2012 art. 14 comma 8)
- laddove una frequenza non è riportata, il tetto di campo elettrico può essere riportato per interpolazione
- i limiti d'esposizione USA per le frequenze UHF/MW sono espressi in densità di potenza (mW/cm²), qui ricondotte ad unità di campo elettrico in condizioni di onda piana
- nella seconda colonna sono indicati gli impieghi industriali prevalenti delle frequenze: con MW si indicano le microonde impiegate per i diversi protocolli, 2G-5G, della telefonia mobile.

Tab. 2. Restrizioni alle radiofrequenze e microonde - campo elettrico (0,1 ≤ f ≤ 30.000 MHz)

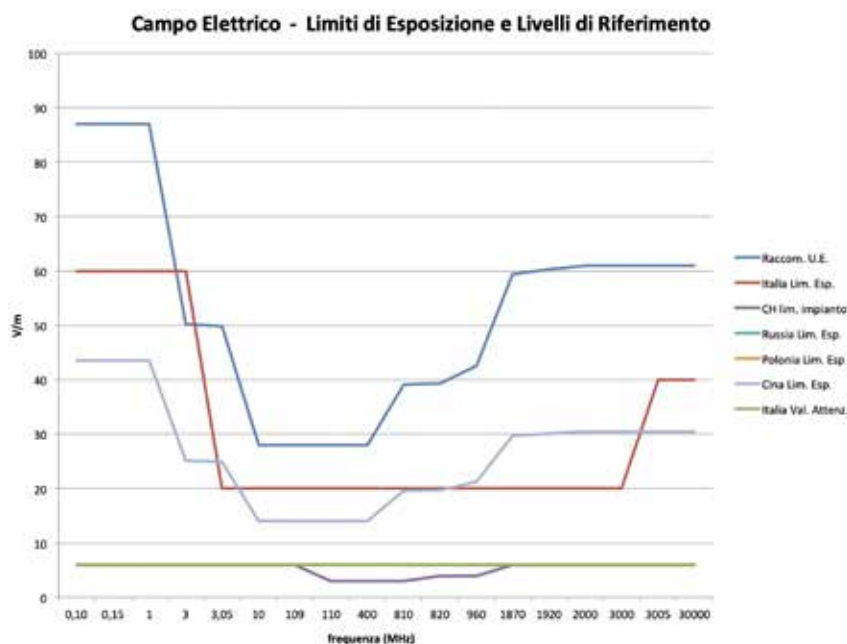


Fig. 1. Limiti d'esposizione e livelli di riferimento per i campi elettrici (V/m).

non necessariamente sullo stesso traliccio o *roadster*. Ciò, al fine di rendergli disponibile una più ampia banda di trasmissione, che prescindendo dalla limitazione del numero di frequenze disponibili in una cella. In compenso, la Svizzera considera il *limite all'impianto* come limite da non superare per ogni intervallo di sei minuti, come era in Italia prima che il Governo Monti volesse modificare una norma tecnica, riguardante le modalità d'effettuazione delle misure radiometriche, per decreto legge (n. 179/2012, art. 14 comma 8). Con tale modifica, il Governo ha esteso da 6 minuti a 24 ore il tempo necessario per effettuare una misura legalmente valida, esigendo di valutare la conformità di un'esposizione di 4 o più ore (fino a 23) tramite una media delle misure registrate per 24 ore. In altre parole, per verificare se una persona, mentre è all'interno di un edificio generalmente tra le quattro o le otto ore, per ragioni diverse (residenziali, lavorative, scolastiche, di cura ambulatoriale) risulta esposta ad un radiazione fuori limite, bisognerà misurare la radiazione presente in quell'edificio per 24 ore, anche quando quell'edificio sarà chiuso e vuoto.

Si tratta di un difetto che richiederebbe l'intervento del legislatore per ripristinare le modalità delle misure radiometriche previgenti in Italia, le uniche previste da tutti gli standard e linee guida di organismi indipendenti in materia (IRPA 1989, CENELEC 1994) [20-21]. La ragione è che il tempo di omeostasi umana della temperatura è nell'ordine dei 12 minuti ed essendo la curva dell'omeostasi una "curva di solarizzazione", a metà tempo l'omeostasi è quasi raggiunta.

L'estensione della regolamentazione, secondo l'articolazione delle restrizioni alle esposizioni della popolazione in *limiti di esposizione-valori di attenzione-obiettivi di qualità*, disposta agli art. 3 e 4 della legge quadro sui campi elettromagnetici (legge 36/2001 cit.) è stata omessa

o modificata col DPCM 8/7/2003, G.U. 199/2003, che rimanda alla Raccomandazione Europea 1999/519/CE [22], per tutto ciò che non era già regolamentato dal DM 381/1998. Ciò ha introdotto una distonia tra l'impianto della stessa legge quadro, basato sul principio di precauzione (art. 1 comma 1 lett. b), sul principio di minimizzazione (art. 8 comma 6) e sul fondamento che esistono effetti termici generati sull'uomo e sugli organismi viventi dall'esposizione acuta alle onde elettromagnetiche, ma esistono anche effetti non termici che possono causare conseguenze avverse, per esposizioni croniche ad onde anche deboli. Un principio sempre ripreso dal Parlamento Europeo, che ha anche condiviso i principi di precauzione e di minimizzazione (ALARA, *As Low As Reasonably Achievable*) in materia [23-25], ma non dalla Commissione o dal Consiglio: questi ultimi, sia con la citata Raccomandazione, concernente l'esposizione della popolazione, sia con le Direttive 2004/40/UE e 2013/35/UE citata, riguardanti le esposizioni dei lavoratori, hanno sempre rigettato l'applicabilità, in materia, sia del principio di precauzione, sia del principio ALARA. Ciò, sul presupposto indimostrato che le radiazioni non ionizzanti possono indurre solo un effetto termico sull'uomo: ciò che ha tenuto i limiti d'esposizione ben alti nella regolamentazione europea sia per la popolazione, sia per i lavoratori, ancorché nella Proposta dell'ultima Risoluzione citata [26] si riporti che già un terzo dei Paesi membri dell'Unione, alla data, avevano adottato il quadro più restrittivo (quello adottato per prima dall'Italia), con limite per esposizioni prolungate della popolazione di 6 V/m e in Lussemburgo di 3 V/m [ibidem, Motivazione, Par. 2, 6° capoverso].

Quest'ultimo valore era stato proposto come *obiettivo di qualità* nella Proposta dell'ISPEL [27] presentata la prima volta al XXX Congresso dell'AIM, Cavalese 5-8 febbraio 1998, e recepita nello Schema del 13 febbraio 1998 del decreto interministeriale *recante i tetti di radiofre-*

quenza compatibili con la salute umana. Quindi, fu adottato l'11 settembre 1998 (n. 381) senza tale obiettivo di qualità. Tale consulenza si concluderà con la proposta di un testo, adottato con la Raccomandazione citata, che si rivelerà in tutto analogo a quello della legge sui campi elettromagnetici adottata dalla Germania nel 1997. Lo stesso obiettivo di qualità sarà introdotto nello Schema di DPCM ex art. 4 legge 36/2001 predisposto dal Ministro dell'Ambiente, ma non approvato per l'opposizione del Ministro della Salute.

Le Tabelle 2 e 3 riportano i limiti d'esposizione relativi alle radiofrequenze ed alle microonde di campi elettrici.

La Figura 1 riporta i grafici dei limiti d'esposizione e dei livelli di riferimento per i campi elettrici (V/m).

La Tabella 4 riporta i limiti d'esposizione relativi alle radiofrequenze ed alle microonde di campi magnetici.

La Figura 2 riporta i grafici dei limiti d'esposizione e dei livelli di riferimento per i campi magnetici (A/m).

Nel 2003 Russia, Polonia e Cina hanno adottato lo stesso schema di restrizioni dell'Italia e della Svizzera, rifiutando i livelli di tasso d'assorbimento specifico (SAR - *Specific Absorption Rate*) e di riferimento e accettando i limiti d'esposizione basati su quantità operative misurabili E, H, P=E×H.

3.2.2 Esposizioni globali dei lavoratori

Per i lavoratori vale anche la regolamentazione delle esposizioni stabilite a livello europeo (prima Direttiva 2004/40/UE, poi Direttiva 2013/35/UE), che combina lavoratori e lavoratori professionalmente esposti, la prima una categoria economico-sociale, la seconda una categoria della prevenzione e sicurezza del lavoro, per la quale usualmente sono riservati limiti d'esposizione più tolleranti di quelli adottati per la popolazione, sul presupposto che i lavoratori che accettano un rischio supplemento, in ragione dell'esposizione a carattere professionale e perciò particolarmente compensato, godono

di condizioni fisiche idonee e controllate. Con la normativa europea sui campi elettromagnetici c'è poca distinzione tra le due categorie e la stessa persona, che fuori l'orario di lavoro è tutelata dai valori di attenzione, nel luogo di lavoro non è tutelata neanche dai limiti d'esposizione per la popolazione, ma da tetti cinque volte più alti. Ciò, in contrasto con quanto stabilito dalla citata legge quadro sui campi elettromagnetici (36/2001), che adotta lo stesso quadro di restrizioni per popolazione e lavoratori, in forza del recepimento delle citate direttive disposto con provvedimento legislativo del Governo a modifica del d.lgs. 81/2008. Tale procedimento potrebbe tradursi in un rischio elettromagnetico aggiuntivo per i lavoratori, con l'avvento dell'*internet delle cose* (IoT).

3.2.3 Misure di prevenzione ambientale

La prevenzione dei pericoli biologici per l'uomo può essere effettuata, in luoghi chiusi, attraverso idonee schermature metalliche. Occorre distinguere il caso d'esposizione a HF o frequenze maggiori da quello a

	Svizzera	Lussemburgo
	ORNI 29/12/1999 814.710	EU Parl. RIS. 2/4/2009
	L.I.	L.I.
f (MHz)	campo elettrico E (V/m)	
0,10	8,5	3
0,15	8,5	3
0,3	8,5	3
1	8,5	3
1.35	8,5	3
3	8,5	3
3,1	3	3
10	3	3
109	3	3
110	3	3
400	3	3
700	3 - 4	3
810	3 - 4	3
820	4	3
960	4	3
1500	4	3
1870	4	3
1920	6	3
2000	5	3
3000	5	3
3001	5	3

Note:
L.I. = limiti d'impianto
Svizzera:
3 V/m nel caso d'impianti di broadcast
4 V/m nel caso d'impianti di telefonia mobile

Tab. 3. Restrizioni alle radiofrequenze e microonde - Svizzera e Lussemburgo - campo elettrico (0,1 ≤ f ≤ 30.000 MHz)

f (MHz)	USA	EU	Italia		Svizzera Lussemburgo	Russia	Polonia	Cina e Fiandre	Belgio*	Catalogna
	OET Bulletin 1997/65/01	Raccom. 1999/519/ CE	Regol. 11/9/1998 n. 381 e Decreto 08/07/2003		ORNI 29/12/1999	2003	2003	2003	2003	2003
	L.E.	L.R.	L.E.	valore attenz. (>4h)	L.I.	L.E.	L.E.	L.E.	L.E.	L.R.
	campo magnetico H (mA/m)									
0,1	-	5000	200	16	16	17	17	2500	15,9	152
0,15	-	4867	200	16	16	17	17	2433	-	-
0,3	1.630	4623	200	16	16	17	17	2316	15,9	152
1	1.622	730	200	16	16	17	17	365	15,9	152
1,35	1.619	292	200	16	16	17	17	146	15,9	152
3	729	243	200	16	16	17	17	122	9,3	88
3,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,1	705	241	50	16	16	17	17	121	9,3	87
10	219	73	50	16	16	17	17	37	5,3	49
29,4	74	-	-	-	-	-	-	-	-	49
30	73	-	-	-	-	-	-	-	-	49
109	73	73	50	16	16	17	17	37	5,3	49
110	-	73	50	16	8	17	17	37	-	-
112	73	-	-	-	-	-	-	-	5,3	49
300	73	-	-	-	-	-	-	-	5,3	49
303	73	-	-	-	-	-	-	-	5,3	49
400	84	73	50	16	8	17	17	37	5,3	64
700	111	96	50	16	8	17	17	48	6,6	68
810	120	105	50	16	8	17	17	53	7,2	69
820	121	106	50	16	10	17	17	53	7,4	-
821	1.630	-	-	-	-	-	-	-	-	75
900	-	110	50	16	-	17	17	54,6	8	-
960	130	115	50	16	10	17	17	57	8	93
1500	163	141	50	16	10	17	17	71	9,8	104
1870	163	160	50	16	16	17	17	80	11,1	105
1920	163	160	50	16	16	17	17	80	11,1	107
2000	163	160	50	16	16	17	17	80	11,4	107
3000	163	160	100	16	16	17	17	80	11,4	107
3001	163	160	100	16	16	17	17	80	11,4	107
3005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30000	163	160	100	16	16	17	17	80	11,4	152

(*) Eccetto Fiandre. In Wallonia, il limite è 17 mA/m per tutte le frequenze.

Note:

L.E. = limiti d'esposizione

L.I. = limiti d'impianto

L.R. = livelli di riferimento

- per i limiti d'esposizione, H^2 deve essere mediata su un periodo di 6 minuti
- per i livelli di riferimento, se $f < 10000$ MHz, è necessario calcolare la media di H^2 per un periodo di 6 minuti
- per i livelli di riferimento, se $f > 10000$ MHz è necessario calcolare la media di H^2 per un periodo di $68/f^{1,05}$ minuti
- i livelli di riferimento o i limiti d'esposizione per le emissioni radar devono essere moltiplicati per $10^{0,5}$.

Tab. 4. Restrizioni alle radiofrequenze e microonde - campo magnetico ($0,1 \leq f \leq 30.000$ MHz)

LF o frequenze minori.

Nel primo caso e con riferimento alle esposizioni in *campo lontano*, è possibile creare una schermatura, in particolare nelle case e in generale dove c'è un'esposizione prolungata a dette frequenze, adottando adeguati materiali conduttivi (ad es., a base di Cu o Fe) come costitutivi di tessuti speciali da applicare alle finestre o anche alle pareti. Un esempio potrebbe essere una tenda tessuta con un reticolo metallico, la dimensione di ciascun quadrato del reticolo, $10 \div 1000$ volte inferiore alla lunghezza della radiazione incidente. Per fermare efficacemente le microonde decimetriche, sarebbero necessari reticoli fitti come quelli dei forni a microonde. Per fermare quelle del 5G e del 6G, nella banda delle onde centimetriche e millimetriche, saranno necessari reticoli più fitti, compatibilmente con la necessità di lasciar passare, alla finestra, la luce del giorno. Questa comporterà dimensioni degli elementi reticolari maggiori, nell'ordine di 1/10 delle lunghezze d'onda e dunque una minore efficacia della schermatura. Nel caso d'esposizione a LF o a frequenze più basse, non è possibile schermare efficacemente il campo magnetico, se non si utilizzano materiali come strati di leghe d'acciaio al carbonio, da applicare alle pareti interne delle case. È evidente che, mentre nel primo caso le soluzioni potrebbero essere abbastanza economiche, anche se al momento non sono ancora diffuse, nel secondo caso il costo è piuttosto elevato e le soluzioni potrebbero essere piuttosto invasive. L'ideale, tuttavia, è analizzare caso per caso, pianificando gli interventi più appropriati e adottando le schermature più idonee.

3.3 Esposizioni parziali alla testa

3.3.1 Esposizione parziale alla testa di individui della popolazione

La regolamentazione italiana dei campi elettromagnetici, per la popolazione, si limita a normare le esposizioni globali ad impianti fissi. L'art. 4 del DPCM infatti

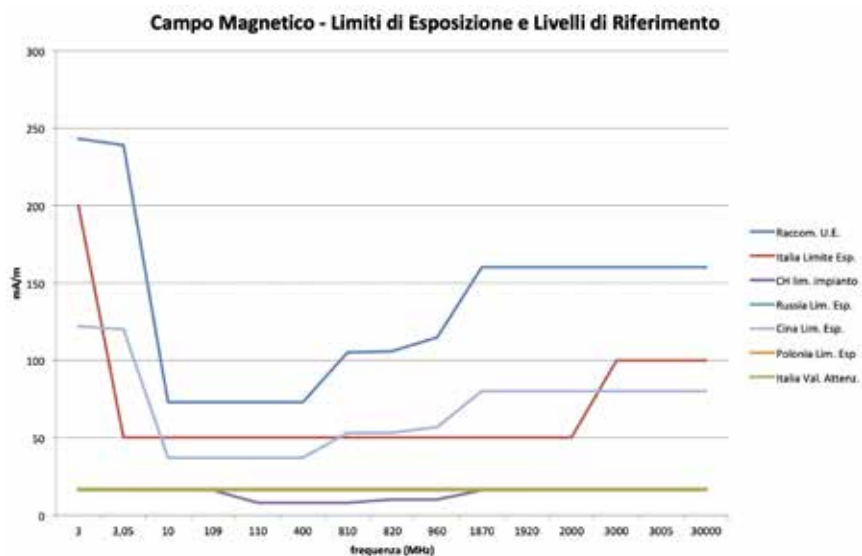


Fig. 2. Limiti d'esposizione e livelli di riferimento per i campi magnetici (A/m).

stabilisce: "A tutela dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz, generati da sorgenti non riconducibili ai sistemi fissi delle telecomunicazioni e radiotelevisivi, si applica l'insieme completo delle restrizioni stabilite nella raccomandazione del Consiglio dell'Unione europea del 12 luglio 1999".

Il DPCM 8/7/2003, che avrebbe dovuto dare attuazione all'art. 4 della legge 36/2001, con riferimento alle radiofrequenze si limita a confermare le norme relative alle esposizioni globali di individui della popolazione, già contenute nel Regolamento 381/1998. Per le esposizioni parziali, sebbene l'art. 4 della legge 36/2001 demandasse al Governo il compito di completare il quadro normativo adottando limiti d'esposizione, valori di attenzione e obiettivi di qualità, come definiti nell'art. 3 della stessa legge, il DPCM rinvia alla citata Raccomandazione europea, che prevede limiti di base e livelli di riferimento (solo per le esposizioni globali e non per quelle parziali, qui di interesse) che non costituiscono un diverso e maggiore livello di tutela, ma solo la traduzione dei limiti di base, espressi in SAR (*Specific Absorption Rate*), in grandezze radiometriche (campo elettrico, campo magnetico e densità di potenza). Le ultime sono grandezze da utilizzare, nei casi d'accertamento sommario dei livelli d'inquinamento, salvo passare alla complicata valutazione del SAR, nel caso il primo accertamento deponga per un possibile inquinamento al di sopra del limite di base. Tanto che, nelle successive Direttive per i lavoratori, la 40 del 2004 e la 35 del 2013 citate, i *livelli di riferimento* sono sostituiti con i *livelli di azione*: qui l'azione non riguarda le misure o le opere per mettere in sicurezza il lavoratore e il posto di lavoro, ma semplicemente l'azione di calcolare il SAR, con modelli matematici o con fantocci con tessuti

umano-equivalenti, al fine d'escludere o accertare il superamento del limite di base consentito. Le misure e le opere di messa in sicurezza verranno solo, eventualmente, dopo.

Ed è perciò che per le esposizioni globali (all'intero corpo), necessariamente in *campo lontano*, l'Italia e poi la Svizzera, il Belgio, il Lussemburgo, la Grecia, la Polonia, la Slovenia e tutti gli altri Paesi che hanno seguito, incluse la Russia e la Cina, non hanno accettato l'articolazione in *limiti di base e livelli di riferimento* ovvero *livelli di azione*, originariamente posta e recepita dalla legge tedesca del 1997 e quindi dalla Raccomandazione europea del 1999. Infatti, nel nostro Sistema Sanitario Nazionale, come pur dovrebbe essere in quello degli altri Paesi della UE, ogni persona è *soggetto della salute*, che costituisce un suo diritto fondamentale, nel rispetto, grazie anche alla sua *educazione e coscienza sanitaria*, della propria *dignità e libertà*; *salute* intesa come *prevenzione, cura e riabilitazione*, oltre che come *salubrità* dell'ambiente, come stabilito dal combinato disposto degli art. 1 commi 1 e 2 e art. 2 comma 1 numeri 1-5 della legge di riforma sanitaria 23 dicembre 1978 n. 833. Dunque egli è, in particolare, *soggetto di prevenzione*, e come tale deve potere essere messo in grado d'accertare personalmente la propria esposizione ad un inquinante, attraverso misurazioni semplici e dirette come quelle offerte dagli strumenti di misura radiometrica. Mentre diverrebbe *oggetto di prevenzione*, amministrata da terzi se la coscienza del suo livello d'esposizione ad un inquinante fosse rimandata ad elaborazione da parte di sofisticati laboratori universitari, che dovrebbero essere in grado di determinare, attraverso modelli matematici e fantocci, se il suo posto di lavoro è salubre o no. Per altro non sono molti i laboratori, nel mondo, che si sono spinti ad effettuare misure accurate di SAR per esposizioni umane e quelli che lo hanno fatto non hanno raggiunto una condivisione di risultati, con riferimento agli assorbimenti, in dipendenza del genere e dell'età [28].

C'è da osservare, inoltre, che il SAR non è una grandezza fisica. La sua definizione migliore sarebbe quella di derivata dell'energia assorbita per unità di tempo per unità di massa. Indicando con W_{assorb} l'energia assorbita per unità di tempo e con m , r , V rispettivamente la massa, la densità e il volume, essa sarebbe definita da:

$$\text{SAR} = dW_{\text{assorb}}/dm = dW_{\text{assorb}}/d(rV) \quad (1).$$

Tale definizione, tuttavia, è inconsistente sia con riferimento all'intero corpo (*Whole Body SAR* o *WBSAR*), sia con riferimento ad una sua parte, ad esempio la testa, il tronco, le mani, ecc., perché la densità non è né costante né, a sua volta, funzione continua, anzi varia con discontinuità al variare dei tessuti e addirittura dei vuoti interni al corpo o alle sue parti, come è evidente. Ne consegue che W_{assorb} non è una funzione derivabile della massa o del volume. La definizione diventa consistente solo limitatamente ad una sezione continua di tessuto, dove la densità si possa ritenere costante, come anche la conducibilità, che entra nella definizione dell'assorbimento come funzione del tipo di tessuto.

Ciò origina la diversa definizione del limite d'esposizione parziale alla

testa in Europa e negli Stati Uniti. In USA, la norma della *Federal Communications Commission* (FCC) per l'esposizione della testa al telefono cellulare precisa: *"The applicable SAR limit for portable transmitters used by consumers is 1.6 watts/kg, which is averaged over any one gram of tissue defined as a tissue volume in the shape of a cube"* [29]. Una precisazione che si basa sulla speranza che il caso di volumi di un centimetro cubo, all'interno dei quali ci sia un solo tipo di tessuto e non ci siano perciò interfacce ove la densità (e la conducibilità elettrica) sono discontinue, sia raro e non capiti quando si debba misurare il SAR alla testa di una persona.

Gli europei, anzi i tedeschi che hanno per primi recepito in Europa il quadro di restrizioni basato sul SAR – poi traslato, attraverso l'ICNIRP, che appena nota ha ricevuto un mandato dalla Commissione della CE, nella Raccomandazione 1999/519/CE – hanno dettato valori limite di 2 W/kg alla testa e al tronco, e di 4 W/kg agli arti e alle estremità (manca una definizione per gli organi genitali

Non sono molti i laboratori che si sono spinti ad effettuare misure accurate di SAR per esposizioni umane e quelli che lo hanno fatto non hanno raggiunto una condivisione di risultati, con riferimento agli assorbimenti, in dipendenza del genere e dell'età

Esposizione Cumulata	Residenziale	Lavorativa	Media residenziale e lavorativa	Smartphone	Media giornaliera cumulata
AWB (W/m ²)	0,1	16,7	16,8	0,2	17,0
AEF (V/m)	6,1	79,3	79,5	7,3	79,8
AHF (mA/m)	16	210	211	19	212

Tab. 5. Esposizione media giornaliera all'intero corpo, reale, per un lavoratore heavy user (5 ore/giorno) con esposizione residenziale nel rispetto sia del valore di attenzione residenziale, sia del limite d'esposizione (livello di azione) lavorativo.

esterni, fatto non trascurabile se si considera che 4 W/kg è la soglia dell'effetto termico [30], che colpisce prima di tutto il cristallino e le gonadi) e avendo precisato che la media va fatta su 10 grammi di tessuto continuo. Tuttavia, nella Raccomandazione, il concetto di tale continuità (costanza della densità e della conducibilità elettrica?) non è specificato, per cui in tal modo si limita il dominio di definizione del SAR alle sole parti della testa (ma vale anche per il WBSAR o per gli arti) interne ad un tessuto "continuo".

3.3.2 Esposizione parziale alla testa di individui della popolazione

Negli USA, le case produttrici di telefoni mobile devono fornire insieme al telefono un bugiardino nel quale specificare il SAR causato dall'uso del telefono ad una data distanza dalla testa. La stessa informazione deve essere resa nelle schede di prodotto accessibili via Internet. Questo in Italia non è dovuto (anche se, in alcuni casi, il dato è comunque reperibile sul web, poiché il prodotto è venduto innanzitutto in altri Paesi), dal momento che la disposizione di corredare i dispositivi elettromagnetici mobili, alla vendita, delle dovute informazioni – prevista dall'art. 12 della legge 36/2001 attraverso l'adozione di un decreto del Governo (entro l'agosto del 2001) – non è stata mai attuata.

Ad esempio, la Apple, sul proprio sito ufficiale, rimanda ad entrambe le normative: si legge, infatti, "Il limite SAR è di 1,6 W/kg nei paesi che rispettano il limite medio su 1 grammo di tessuto e di 2,0 W/kg nei paesi che rispettano il limite medio su 10 grammi di tessuto. Duran-

te i test, i radiotrasmittitori di iPhone vengono configurati sul livello massimo di potenza e impostati su posizioni di funzionamento che ne simulano l'uso a contatto diretto con la testa o il busto, a una distanza di 5 mm".

Di seguito, ad es., i livelli di SAR comunicati da Apple in relazione al Modello A1778: il SAR sulla testa mediato su 1 g risulterebbe pari a 1,19 W/kg e, mediato su 10 g contigui, pari a 1,38 W/kg (<https://www.apple.com/legal/rfexposure/iphone9,3/it/>). È evidente che la media su una massa di 10 g non dovrebbe risultare maggiore della media su 1 g, a meno che quel grammo, dove risulta minore, non sia un punto isolato, necessariamente a cavallo di due tessuti contigui ma non "continui", cosa che lo farebbe escludere dal computo del livello di SAR, ai fini della compliance alla norma europea. In tal caso, il valore trovato varrebbe per quel grammo di tessuto ma non "over any one gram" e la compliance del telefono alla norma FCC non sarebbe assicurata, dal momento che stessa norma esclude che si possa scegliere il grammo di tessuto su cui fare il test. È evidente, in altre parole, che non è possibile che una misura mediata su qualsiasi grammo di tessuto, quindi anche per il grammo per cui la misura risulti più sfavorevole, risulti a sua volta inferiore ad una misura mediata su 10 grammi di tessuto, per giunta contiguo. Se sono stati misurati 1,38 W/kg su 10 grammi di tessuto continuo è evidente che all'interno di quei 10 grammi devesi trovare almeno 1 grammo ove la misura risulta maggiore o uguale a 1,38 W/kg e perciò definitivamente maggiore di 1,19 W/kg. In tale ottica, nonostante la normativa statunitense sia più stringente di quella europea, la produzione di alti livelli di emissioni dagli smartphone, come è emerso nello scoop del *Chicago Herald Tribune* che ha evidenziato un notevole sfioramento dei valori di SAR consentiti, potrebbe comportare il superamento dei livelli massimi, stabiliti sia dalla normativa europea – e quindi italiana –, sia da quella statunitense. In Italia, per esposizioni ad impianti trasmettenti fissi, in campo vicino, cioè ad una distanza, d_{NF} , dall'antenna trasmittente tale che:

$$d_{NF} = \max \{l, D^2/(2I)\}, \text{ con } l \text{ lunghezza d'onda, } D \text{ dimensione massima dell'antenna,}$$

è prescritto di fornire non solo la densità di potenza, P , che è proporzionale al SAR ma anche l'intensità del campo elettrico E e, distintamente, quella del campo magnetico H (All. B, DPCM 8/7/2003). È utile richiamare anche la definizione di zona di induzione, praticamente definita come il cerchio concentrico di un centesimo di area del

campo vicino, dove l'induzione prevale sulla propagazione del campo elettromagnetico. In zona di induzione il campo elettrico ed il campo magnetico sono lontani dall'aver direzione tra loro ortogonale. Le esposizioni della testa al telefono cellulare – che per la stragrande maggioranza dei consumatori avviene a meno di 12 mm, avvengono in campo vicino, meglio in zona di induzione. Ora:

$$SAR = kP \quad (2)$$

con k fattore di proporzionalità dipendente dalla frequenza, dal rapporto tra superficie esposta e volume esposto e dalla conduttività dei tessuti interessati dall'esposizione –

$$P = EHsena \quad (3)$$

ove a rappresenta l'angolo tra la direzione dei vettori campo elettrico e magnetico: seno che vale 1, in campo lontano – a distanza maggiore di una lunghezza d'onda della radiazione emessa dal telefono cellulare – e si riduce con la distanza diventando prossimo a 0 in zona di induzione.

Combinando la (2) con la (3) si ha:

$$SAR = kEHsena \quad (4)$$

Perciò, se nella (2) $sena \approx 0$, risulterà anche nella (3) $SAR \approx 0$, anche in presenza di campi elettrico o magnetico $E, H \gg 0$. In Italia si dice che in tale condizione (campo vicino) la potenza – e dunque la densità di potenza e quindi il SAR – è swattata. Un'informazione sul solo SAR è perciò insufficiente per il consumatore, ed anche se il DPCM 8/7/2003 rinvia, per le soglie di SAR, alla Raccomandazione 1999/519/CE, per le modalità di misura non si può prescindere dal considerare il diverso comportamento dell'onda elettromagnetica in campo lontano e in quello vicino, vale a dire nelle circostanze di esposizioni proprie della testa al telefono cellulare, di cui all'All. B del DPCM 8/7/2 e, ancor più, all'art. 3 del DM 381/1998, recante i tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana.

L'art. 2 del Codice del Consumo riconosce il diritto dei consumatori ad avere una completa informazione sui prodotti loro venduti e ad essere destinatari di una corretta pubblicità, conforme a principi di buona fede e lealtà. L'obbligo di correttezza esclude le pratiche commerciali ingannevoli, di cui all'art. 21 del Codice del Consumo: "È con-

Esposizione media giornaliera	Residenziale	Smartphone	Media giornaliera cumulata
AWB (W/m ²)	0,1	0,1	0,2
AEF (V/m)	6,1	6,1	8,7
AHF (mA/m)	16	16	23

Tab. 6. Esposizione media giornaliera all'intero corpo, reale, per un individuo della popolazione heavy user (3 ore/giorno) con esposizione residenziale nel rispetto del valore d'attenzione residenziale; nonché, oggi, per lavoratori in ambiente di lavoro non legato a lavorazioni elettromagnetiche.

siderata ingannevole una pratica commerciale che contiene informazioni non rispondenti al vero o, seppure di fatto corretta, in qualsiasi modo, anche nella sua presentazione complessiva, induce o è idonea ad indurre in errore il consumatore medio riguardo ad uno o più dei seguenti elementi e, in ogni caso, lo induce o è idonea a indurlo ad assumere una decisione di natura commerciale che non avrebbe altrimenti preso". Tra queste, alla lettera b), la norma include "b) le caratteristiche principali del prodotto, quali ...i rischi, ...i risultati che si possono attendere dal suo uso o i risultati e le caratteristiche fondamentali di prove e controlli effettuati sul prodotto".

Una errata o carente descrizione delle condizioni d'esposizione al campo elettromagnetico a causa dell'impiego del cellulare, come sopra descritta, sembrerebbe comportare una palese violazione delle norme poste a tutela del consumatore e, in particolare, degli artt. 2, 20 e 21 del Codice del Consumo, anche alla luce di quanto stabilito dagli art. 3 e 4 del Regolamento 381/1998, recante i tetti di radiofrequenza con la salute umana, e dell'art. 3 e 4 del DPCM 8/7/2003 in GU 199/2003.

È del tutto evidente, infatti, che se un campo elettrico od un campo magnetico nuoce alla salute o presenta un rischio ritenuto inaccettabile allorché originato da un'antenna di un impianto fisso di telefonia, allora nuoce alla salute o costituisce un rischio inaccettabile anche se originato da un telefono mobile. Escludere il rischio o il danno solo perché il dispositivo che lo causa è fisso o mobile, cioè cambia la categoria merceologica del dispositivo, è un indebito vantaggio concesso ai produttori di uno dei due dispositivi, che fa prevalere un interesse commerciale di categoria sul diritto alla salute garantito dall'art. 32, comma 1, della Costituzione.

3.3.3 Esposizione parziale alla testa dei lavoratori

La Corte d'Appello di Brescia, con sentenza del 22 dicembre 2009 n. 619, con-

fermata dalla Corte di Cassazione con sentenza del 12 ottobre 2012 n. 17438 [31], ha riconosciuto la rilevanza del "requisito di elevata probabilità che integra il nesso causale" tra esposizione al telefono cellulare per uso professionale e insorgenza di neurinoma ai nervi cranici, e conseguentemente condannato l'INAIL al riconoscimento di un indennizzo di rendita al lavoratore colpito dal tumore. Sulla sentenza della Corte d'Appello di Brescia sulla quale è intervenuta la Corte di Cassazione da ultimo citata si vedano anche i riferimenti [32-36].

Nonostante la giurisprudenza sia consolidata sul punto, successivamente alla richiamata sentenza, almeno altri tre lavoratori ammalati di tumore indotto da esposizione alle radiofrequenze emesse da telefono mobile, sono stati costretti ad adire l'Autorità Giudiziaria, per vedersi riconosciuta la relazione causale tra gli stessi. Anche nei suddetti casi i procedimenti si sono conclusi con condanna dell'INAIL [37-39].

Conseguire un riconoscimento assicurativo, in via amministrativa, a favore dei lavoratori colpiti da tumore indotto da onde elettromagnetiche non ionizzanti, sarebbe il primo passo per garantire una maggiore sicurezza del lavoro totalmente sostenibile. Auspicabile sarebbe una modifica da parte del Legislatore del d.lgs. 81/2008 che preveda in capo all'INAIL l'obbligo di regolare in via amministrativa le istanze d'indennizzo di rendita per tumore al cranio dei lavoratori esposti ai campi elettromagnetici, limitando il contenzioso ai soli casi d'insoddisfazione del lavoratore a fronte di una proposta d'indennizzo comunque in linea con i precedenti giurisprudenziali.

3.3.4 Dosimetri e dispositivi personali di sicurezza per i lavoratori

La prevenzione del tumore correlato ai campi elettromagnetici dovrebbe basarsi anche sui due presidi che sono usualmente adottati per la sicurezza del lavoro: 1) *dosimetri personali* e 2) *dispositivi personali di protezione*.

3.3.4.1. Dosimetri personali

La dosimetria dei campi elettromagnetici, allo stato dell'arte, non dovrebbe riguardare l'accumulo della dose ma solo segnalare il superamento dei limiti d'esposizione o dei valori di attenzione, ove previsti. Ciò, se si dà rilievo alla tesi ormai insostenibile, ma ancora sostenuta dalle citate istituzioni internazionali, che gli unici effetti dei campi elettromagnetici sulla salute accertati siano gli *effetti termici*.

Questa pretesa ha comportato il regresso del quadro normativo italiano – inizialmente coerentemente mirato a proteggere tanto dagli effetti termici che da quelli non termici, ancorché incompleto al momento dell'emanazione della legge 36/2001 – a causa del rinvio disposto dal DPCM 8/7/2003 alla Raccomandazione europea 1999/519/CE e la successiva estensione della media delle misure radiometriche da intervalli di 6 minuti a intervalli di 24 ore, per gli individui della popolazione, disposta con il d.l. 179/2012, e soprattutto a seguito del recepimento della Direttiva 2013/35/UE disposto col d.lgs. 1 agosto 2016 in GU 192/2016 SG, che ha modificato il d.lgs. 81/2008.

Oggi avrebbe dunque senso proteggere gli individui della popolazione, in particolari i consumatori utenti della telefonia cellulare, e soprattutto i lavoratori con dosimetri personali in grado di registrare sia la dose accumulata nel tempo, sia gli eventuali superamenti dei limiti per le esposizioni agli effetti termici delle radiazioni non ionizzanti.

Se l'esposizione al corpo è, come dichiarato nel caso citato a scopo esemplificativo del modello A 1774, di 1,34 W/kg (al link su riportato non è specificato a quale parte del corpo, permettendo di intendere in prima approssimazione alla metà), allora l'esposizione istantanea all'intero corpo risulta, nelle frequenze superiori a 2 GHz, in densità di potenza e rispettivamente in campo elettrico:

$$IWB = 10 \cdot 1,34 / 0,8 / 2 \text{ W/m}^2 = 0,84 \text{ W/m}^2 \quad IEF = \text{RADQ}(0,84 \cdot 377) \text{ V/m} = 17,7 \text{ V/m (4)}$$

Allora non è inutile sapere per quanto tempo nelle 24 ore avviene tale esposizione, soprattutto se parte della giornata viene trascorsa in un edificio con permanenza superiore alle 4 ore, dove per valutare l'esposizione occorre fare la media su una permanenza di 24 ore, ai sensi dell'art. 14 c. 8 d.l. 179/2012, e un'altra parte viene passata in un luogo di lavoro dove l'esposizione è a 50 W/m² (136 V/m), livello consentito per ordinari lavoratori dal d.lgs. 81/2008.

Supponiamo, dunque, che un cittadino-lavoratore-consumatore sia esposto per 16 ore ad un'esposizione residenziale di 0,15 W/m² (9 V/m, come consentito dal Governo Monti) per 8 ore ad un'esposizione lavorativa di 50 W/m² (136 V/m come consentito dalla Direttiva Europea, recepita senza armonizzazione alla normativa italiana nel 2016) e per 5 ore al telefono a 0,84 W/m² (1,34 W/kg su metà corpo), allora la media giornaliera dell'esposizione all'intero corpo in densità di potenza e, rispettivamente in campo elettrico o magnetico, AEF o AHF, in forza della sommabilità delle esposizioni, istantanea di cui all'All. IV della Raccomandazione 1999/519/CE, e nel tempo, ai sensi dell'art. 14 c. 8 d.l. 179/2012, è riportata nella Tabella 5.

Come si ricava dalla Tabella 5, l'esposizione ad uno *smartphone* può



Fig. 3. Schermatura personale per le radiazioni non ionizzanti: a) ricevitore/trasmittitore; b) dispositivo NIRpS; c) riduzione conseguente di almeno 6 dBm; d) \leq SAR/2.

incidere per circa l'1 o il 2% dell'esposizione lavorativa, in un ambiente di lavoro saturo di radiazioni elettromagnetiche in alta frequenza, come dobbiamo aspettarci con l'introduzione di reti di stazioni radio-base più dense e di un uso più diffuso della telefonia wireless con l'Internet delle Cose (IOT), a seguito dell'avvento del 5G o, meglio, del 6G. Ma fino ad oggi, con le reti 2G, 3G, 4G, la media delle esposizioni VHF/UHF in ambiente di lavoro è rimasta contenuta nel valore d'attenzione, salvo ambienti di lavoro con profili d'esposizione professionale al campo elettromagnetico. I livelli d'esposizione ambientale sono dunque, usualmente, gli stessi di un'esposizione residenziale e gli stessi che possono investire anziani, senza lavoro e ragazzi: per loro (se *heavy users*, più di 3 ore/giorno) l'incidenza della telefonia cellulare è data verosimilmente dalla Tabella 6.

Ciò, con un'incidenza dell'esposizione wireless su quella ambientale del 100% e con un evidente superamento del livello d'attenzione, pur nel rispetto di ogni tetto dettato dalla normativa vigente. Inoltre, vi è l'esposizione parziale alla testa, per la quale, in presenza di dati contraddittori come quelli sopra citati o pubblicati l'agosto scorso dal *Chicago Herald Tribune*, è bene sospendere il giudizio.

È evidente che l'impiego di un dosimetro personale durante le ore lavorative potrebbe consentire al lavoratore, nei casi d'esposizione in ambienti lavorativi saturi di radiazioni non ionizzanti, di sottrarsi all'esposizione extra lavorativa, inclusa quella della telefonia wireless, per quanto possibile. La dotazione di un dosimetro personale ai lavoratori appare quindi un modo per rispondere al dovere d'informazione sui rischi lavorativi e d'educazione alla sicurezza sul lavoro, postulato dal d.lgs. 81/2008.

3.3.4.2. Dispositivi di protezione individuale

Nei luoghi di lavoro si utilizzano mezzi personali di protezione che suppliscono al rischio residuo dei macchinari o dei dispositivi impiegati nella produzione.

Nei casi d'impiego del telefono cellulare per ragioni professionali,

come quelli che hanno portato ai tumori accertati dai Tribunali di Brescia, Ivrea, Firenze e Monza, sarebbe necessario adottare un dispositivo personale di protezione che consenta un uso non limitato e disinvolto dello *smartphone* per i fini lavorativi.

Come è noto, è piuttosto difficile assicurare il corretto funzionamento del telefono mobile, senza limitare l'*uplink*, e nello stesso tempo proteggere l'utente dalla radiazione emessa dall'antenna in esso incorporata.

Se si fa una ricerca sulle idee brevettuali depositate e che hanno superato il rapporto d'originalità e innovatività usualmente richiesto per il proseguo dell'iter brevettuale, è possibile trovare due *patent pending*, uno dell'ufficio brevetti americano del 2014, l'altro dell'ufficio brevetti italiano del 2016, e internazionale del 2017, che hanno ricevuto una favorevole relazione brevettuale.

Entrambi mirano a schermare l'esposizione alla testa dell'utente, come in Figura 3, a distanza dal telefono mobile inferiore a quella per la quale vengono usualmente condotti i test di verifica del SAR (5 mm, come dichiarato anche dalla Apple nel documento citato). Nella normale attività lavorativa (ma anche nell'uso privato del telefono mobile), non è sempre possibile ricorrere al *Bluetooth* o all'auricolare, senza tener conto del fatto che entrambi introducono una radiazione parassita nell'orecchio: il primo poiché è esso stesso un apparecchio ricetrasmittente, il secondo poiché il cavo che porta il segnale all'orecchio fa da antenna, avendo una lunghezza nella scala delle onde decimetriche.

L'originalità e l'innovatività del *patent pending* italiano consiste nel fatto che esso schermo sia il campo elettrico, sia quello magnetico i quali, in *zona di induzione*, sono lontani dall'essere perpendicolari e non sono mutuamente dipendenti come in fase di propagazione in campo lontano (a 3 GHz, la lunghezza d'onda è di un decimetro e la *zona di induzione* è un centimetro: a 5

mm, la distanza d'uso considerata tipica e standard per i test di determinazione del SAR, l'utente si trova quindi in piena zona di induzione).

4. ONCOTERAPIA

Il primo importante studio sull'oncoterapia mediante impiego di campi elettromagnetici è stato quello del Laboratorio di biofisica cellulare della città della biologia di Poushchino, nell'Oblast di Mosca [40]. Tale studio ha fornito la prova che la Risonanza Ionica Ciclotronica (ICR) di specifici ioni può modulare la malignità del tumore di Ehrlich nei topi (cancro trapiantabile derivato originariamente dal carcinoma mammario dei topi). Un risultato simile è stato ottenuto nel 2012 per

l'epatocarcinoma (HCC) da un'équipe internazionale [41], che aveva precedentemente testato una terapia elettromagnetica su pazienti terminali presso l'Università dell'Alabama [42]. Si è trattato di una somministrazione intraboccale di un campo elettromagnetico VHF (27,12 MHz) modulato in ampiezza con frequenze crescenti nella banda ULF/VLF, come riportato in [42]. Nella modulazione della malignità dei tumori, grazie all'ICR, sono stati registrati progressi presso i Laboratori del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) di Tor Vergata (Roma) nel 2013 [43].

L'uso di frequenze intermedie (100-300 KHz) è stato scelto da Novocure Ltd., un'impresa che ha ottenuto la certificazione della U.S. Food and Drug Administration (FDA) per i suoi dispositivi al fine di trattare i pazienti con tumori cerebrali (glioma e glioblastoma) sostituendo la radioterapia, nel 2011, e nel trattamento del mesotelioma pleurico maligno in combinazione con la chemioterapia, nel 2019 [44].

La linea di ricerca, sia dell'équipe russa, sia di quella italiana, ma anche di quella internazionale che ha operato all'Università dell'Alabama, è quella di sfruttare la ICR per la mobilitazione di ioni implicati nel meta-

LIMITI ED EFFETTI TERMICI

Nell'agosto del 1997, negli USA, l'Office Engineering and Technology della U.S. Federal Communication Commission pubblicò l'OET Bulletin 65 ed. 97/01 "Evaluating Compliance with FCC Guidelines for Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields", col quale recepì lo standard per la tutela della salute dei lavoratori e della popolazione (std. C95-1, pubblicato nel 1992), direttamente proposto dall'Institute of Electrical and Electronics Engineering (IEEE), ente dell'associazione degli industriali di settore. I limiti d'esposizione fissati in tale documento (poi codificato in data 01 ottobre 2011, nel Code of Federal Regulations, Title 47-Telecommunication, Chapter I - Federal Communications Commission. Subchapter A - General. Part 1 - Practice And Procedure. Subpart I - Procedures Implementing the National Environmental Policy Act of 1969, § 1.1310 - Radiofrequency Exposure Limits e 2.1093 - Radiofrequency radiation exposure evaluation: portable devices), mutuati dall'IEEE, avevano fin da allora valore legale. Essi contenevano un'importante novità, vale a dire il limite d'esposizione parziale alla testa e in campo vicino, riguardante tutti i dispositivi portati a meno di 20 cm di distanza dal corpo, in particolare i telefoni mobili: 1,6 W/kg, mediato su 1 g di tessuto per la popolazione. Dato particolare, questo, per i Paesi della Commissione Europea (CE) con industrie dirette alla produzione di telefoni mobili – non più l'Italia, dove si stava procedendo alla chiusura dell'ITALTEL. Il limite USA, mutuato dall'IEEE, ri-

fletteva in quel momento un vantaggio competitivo in capo all'industria telefonica statunitense, ove – in particolare, da parte della Motorola – si aveva largamente investito sulla sicurezza elettromagnetica degli utenti, avendo istituito un'apposita vicepresidenza, per altro affidata all'italiano Quirino Balzano.

Non così le imprese d'oltralpe. La Germania, a fine 1997, adottava una propria legge sulla protezione dei campi elettromagnetici, che non si discostava molto dalla normativa USA tranne che per i livelli d'esposizione dei lavoratori e della popolazione, più cautelari per le frequenze inferiori a 30 MHz, poco rilevanti commercialmente riguardando le usate onde radio (OL, OM, OC). Per il livello d'esposizione parziale alla testa, erano invece stati fissati 10 W/kg per i lavoratori e 2 W/kg per la popolazione, in ogni caso mediati su 10 g di tessuto continuo. Negli USA, tale metodo di valutazione meno cautelativo è invece riservato unicamente per la compliance delle estremità (mani, polsi, piedi e caviglie). In Germania un lavoratore e un cittadino possono essere esposti, alla testa, ad emissioni più intense del 25% rispetto agli USA.

La CE incaricava quindi l'associazione scientifica bavarese International Commission For Non Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) di predisporre il testo della normativa europea per la protezione dai campi elettromagnetici. Tale mandato era stato precedentemente affidato al CENELEC, organismo che raccoglie i Comitati Elettrotecnici dei Paesi membri – in Italia, il CEI. Le Linee

bolismo cellulare, che nelle cellule tumorali è naturalmente accelerato, anche tenuto conto dell'impiego della ICR nella maturazione delle cellule primarie sane [45]. Quella della *Novocure Ltd.*, per sua dichiarazione, è quella d'interferire nel processo mitotico, e precisamente nella formazione del fuso che si formerebbe per accumulazioni di cariche elettrostatiche dello stesso segno sui diversi paralleli del fuso.

Alcune altre linee di ricerca per l'oncoterapia, ad esempio attraverso lo sfruttamento dei segnali elettromagnetici del DNA [46, 47], sono attive in Italia e Svizzera e possono essere sviluppate in con collaborazioni internazionali.

5. CONCLUSIONI

Le tecnologie di comunicazione in rapida crescita, nonostante offrano soluzioni reali ai requisiti di sviluppo della globalizzazione, possono essere considerate una fonte significativa d'inquinamento generale, producendo rischi e pericoli sia per l'ambiente, sia per la vita umana. L'esposizione a EMF è un fenomeno specificamente critico, che dovrebbe essere preso seriamente in considerazione se si vuole garan-

tire una buona salute e il benessere delle persone. Sulla base della letteratura scientifica correlata, sono stati individuati limiti di esposizione e valori di attenzione per esposizioni in edifici adibiti a permanenze superiori alle quattro ore sia per le onde in alta frequenza (> 100 KHz). I valori di attenzione hanno carattere sanitario (Regolamento 381/1992 cit.) e ambientale (DPCM 8/7/2003, GU 199/2003 e 200/2003) e risultano più protettivi di quelli adottati dall'UE e dagli USA, ed oggi sono condivisi da altri otto Paesi della UE, dalla Russia e, in parte dalla Cina. Ad ogni modo, la valutazione del rischio espositivo deve essere effettuata considerando ogni caso separatamente, tenendo conto di durata e periodo

guida per la limitazione delle esposizioni a campi elettrico e magnetici variabili nel tempo ed ai campo elettromagnetici (fino a 300 GHz) videro la luce nell'aprile 1998 sul mensile *Health Physics*, vol. 74, n. 4 (1998). A quella data, la CE aveva già predisposto lo schema di Raccomandazione sulla protezione dai campi elettromagnetici - COM(268)1998 -, che esplicitamente si rifaceva alle linee guida dell'ICNIRP, non ancora *peer reviewed*. In data 01 luglio 1998, allorché iniziava il ticket di Presidenza Austriaca, seguito da quella Tedesca, fu avviato l'iter d'approvazione da parte del Consiglio della CE e conversione in Raccomandazione dello schema COM(268)1998. Non essendo riuscita l'Austria, per opposizione da parte dell'Italia che per volontà del Ministro Bindi aveva formalizzato la propria posizione al Consiglio del 20 ottobre 1998 con una *position paper* presentata dal Rappresentante italiano presso la CE, continuò la Germania.

Nonostante i numerosi emendamenti richiesti dal Parlamento Europeo con la Risoluzione 10/3/1999, con cui in particolare si criticava il mancato riconoscimento dell'applicabilità del Principio di Precauzione e del Principio ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*), già invocati nella Risoluzione del Parlamento Europeo del 5 maggio 1994 e nella successiva Risoluzione del 2 aprile 2009, la presidenza di turno faceva approvare la COM(268)1998 dal Consiglio a maggioranza. La Raccomandazione fu poi trasformata nella prima decade del luglio 1998, allorché il testo fu modificato così da ridurre i molteplici *Whereas* introduttivi ad uno solo. L'Italia, ad

ogni modo, poteva conservare la propria normativa in quanto più cautelativa. I limiti e i livelli di riferimento riportati rispettivamente negli allegati II e III della Raccomandazione dovevano essere adottati, invece, dai Paesi che non disponevano al tempo di normative di protezione adeguate. L'ICNIRP, in sostanza, in quanto mandataria della Commissione, aveva proposto un testo normativo simile a quello già in vigore in Germania, ancorché meno protettivo di quella USA proprio per il pericolo più significativo prossimo venturo: quello dovuto all'esposizione in campo vicino alle radiazioni dei telefoni cellulari. Non è escluso che il limite d'esposizione parziale più elevato adottato in Europa non abbia concorso a determinare l'insorgenza di neurinomi alla testa a lavoratori che, per ragioni professionali, hanno fatto un *heavy and ipsilateral use* del telefono cellulare: nei casi accertati dalla Corte d'Appello di Brescia nel 2011, come confermato dalla Suprema Corte di Cassazione con Sentenza 1734 del 2012, e più recentemente dalla Corte d'Appello di Torino con Sentenza del 3 dicembre 2019. Che i telefoni cellulari potessero produrre effetti termici sui lavoratori europei era la tesi sostenuta dalla vice direttrice americana del Progetto "Campi Elettromagnetici" dell'OMS, *Leeka Kheifets*, al Workshop dell'OMS presso la CE, Lussemburgo, 25-26 febbraio 2003: i limiti europei (10 W/kg per i lavoratori e 2 W/kg per la popolazione) sono dello stesso ordine di grandezza della soglia termica (4 W/kg), e questo può causare il manifestarsi di effetti termici sulla salute.

d'esposizione (notte o giorno), simultaneità di esposizioni a diverse fonti EMF, esposizione aggiuntiva alle radiazioni ionizzanti, rumore, sostanze chimiche e capacità di regolazione dell'omeostasi individuale.

È cruciale, per il non rilassamento dell'attuale livello di tutela della popolazione dai campi elettromagnetici ad alta frequenza, che i *valori di attenzione*, ed ove ne ricorrano le condizioni, gli *obiettivi di qualità* siano rispettati anche nella costruzione della rete 5G, che a causa dell'estensione delle bande di frequenza utilizzate (in Italia anche nella banda delle onde centimetriche, sebbene non subito) e della maggiore densità prevista (di un ordine di grandezza) delle stazioni *radiobase*, potrebbe portare, in mancanza della necessaria prudenza, ad una situazione espositiva non conciliabile con i *tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana*.

Limiti d'esposizione alla popolazione più cautelativi sono stati autorevolmente proposti, nella banda VHF/UHF/SHF, dal Consiglio d'Europa con la Risoluzione PACE 2011/1815 [48], il cui paragrafo 8.2.1 raccomanda di *"Fissare soglie preventive per i livelli d'esposizione a lungo termine alle microonde in tutte le aree interne, secondo il principio di precauzione, non superiore a 0,6 volt al metro, e nel medio termine per ridurlo a 0,2 volt al metro"*. In questo contesto, il termine *microonde* include bande UHF / SHF / EHF. La soglia di 0,6 V/m per le microonde è la stessa raccomandata nella risoluzione di Salisburgo firmata dagli scienziati convocati alla Conferenza Internazionale sull'ubicazione delle torri cellulari svoltasi a Salisburgo nel 2000 come *obiettivo di qualità* [49].

In ambiente di lavoro, sono consentiti dalle attuali raccomandazioni e linee guida livelli d'esposizioni molto alti, di due ordini di grandezza superiori a quelli consentiti per la popolazione. Occorre in primo luogo limitare tali livelli d'esposizione ai casi dei lavoratori professionalmente esposti escludendo tutti gli altri lavoro-

ri, altrimenti l'imposizione a tutti i lavoratori degli attuali limiti, come recepiti per suggestione europea nel d.lgs. 81/2008, introduce surrettivamente limiti sanitari e ambientali più elevati di quelli ammessi per gli stessi lavoratori nel tempo libero e per tutti gli altri individui della popolazione, ponendo seri problemi di costituzionalità del quadro normativo per i lavoratori. In secondo luogo, occorre applicare scrupolosamente il principio di precauzione e quello di minimizzazione, richiamati nella legge 36/2001, come sopra ricordato, onde ridurre tendenzialmente le esposizioni anche dei lavoratori professionalmente esposti, così come è avvenuto per la protezione dalle radiazioni ionizzanti. ■



BIBLIOGRAFIA

1. Kocaman A., Altun G., Kaplan A.A., Deniz Ö.G., Yurt K.K., Kaplan S., (2018), Genotoxic and carcinogenic effects of non-ionizing electromagnetic fields, *Environmental Research* 163, pp. 71-79.
2. Touytou Y., Selmaoui B., (2012), The effects of extremely low-frequency magnetic fields on melatonin and cortisol, two marker rhythms of the circadian system, *Dialogues in Clinical Neuroscience* 14 No. 4, pp. 381-399.
3. Gould J.L., (1984), Magnetic-field sensitivity in animals, *Annual Review of Physiology* 46, pp. 585-598.
4. Russo A.A., D'Elia R., Radiazioni non ionizzanti - Aspetti normativi, Congresso SIRM, Napoli, 1 Ottobre 1997.
5. Schumann W.O., (1952), Über die strahlungslosen Eigenschwingungen einer leitenden Kugel, die von einer Luftschicht und einer Ionosphärenhülle umgeben ist and Über die Dämpfung der elektromagnetischen Eigenschwingungen des Systems Erde – Luft – Ionosphäre; *Zeitschrift und Naturforschung*, 1952, 7a, rispettivamente pp. 149-154 e 250-252.
6. Giuliani L., Rogante M., Wadhams P., Zavan B., Research on electromagnetic field (EMF) and related biological hazards: state-of-the-art, Proc. 8th International Conference "Mechanical Technologies and Structural Materials" MTSM 2018, Split, Croatia, 27-28 September 2018, in Jozic, S. and N. Gjeldum, Eds., Croatian Society for Mechanical Technologies, Split, Croatia (2018), ISSN 1847-7917, pp. 45-51.
7. Wertheimer N., Leeper E., (1979), Electrical Wiring Configurations and Childhood Cancer, *American Journal of Epidemiology* 109, pp. 273-284.
8. Ahlbom A., Day N., Feychting M., Roman E., Skinner J., Dockerty J., Linet M., McBride M., Michaelis J., Olsen J.H., Tynes T., Verkasalo P.K., (2000), A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia, *British Journal of Cancer* 83, pp. 692-698.
9. UE, Regolamento del Parlamento europeo e del Consiglio 2008/1272/CE del 16 dicembre 2008, relativo alla classificazione, all'etichettatura e all'imballaggio delle sostanze e delle miscele, che modifica e abroga le direttive 67/548/CEE e 1999/45/CE e che reca modifica al Regolamento 2006/1907/CE <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX%3A32008R1272>.
10. Soffritti M., Tibaldi E., Padovani M., Hoel D.G., Giuliani L., Bua L., Lauriola M., Falcioni L., Manservigi M., Manservigi F., Panzacchi S., Belpoggi F., (2016), Life-span exposure to sinusoidal-50Hz magnetic field and acute low-dose γ radiation induce carcinogenic effects in Sprague-Dawley rats, *Int J Radiat Biol* 92, pp. 202-214.
11. Soffritti M., Tibaldi E., Padovani M., Hoel D.G., Giuliani L., Bua L., Lauriola M., Falcioni L., Manservigi M., Manservigi F., Belpoggi F., (2016), Synergism between sinusoidal-50Hz magnetic field and formaldehyde in triggering carcinogenic effects in male Sprague-Dawley rats, *American Journal of Industrial Medicine* 59 No. 7, pp. 509-521.
12. Wild C., (2011), IARC Report to the Union for International Cancer Control (UICC) on the Interphone Study, International Agency for Research on Cancer, Lyon, France https://interphone.iarc.fr/UICC_Report_Final_03102011.pdf.
13. WHO (2011), Iarc Classifies Radiofrequency Electromagnetic Fields As Possibly Carcinogenic To Humans, IARC Press Release n. 208, Lion 31 May 2011.
14. U.S. Dept. Health and Human Services (2017), Cell Phone Radio Frequency Radiation, April 2018, National Toxicology Program Technical Reports, Durham (U.S.A.) April 2018 <https://ntp.niehs.nih.gov/results/areas/cellphones/index.html>.
15. U.S. Dept. Health and Human Services (2018), Peer Review of the Draft NTP Technical Reports on Cell Phone Radiofrequency Radiation, National Toxicology Program Technical Reports, Durham, (U.S.A.) March 26 2018 https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/about_ntp/trpanel/2018/march/peerreview20180328_508.pdf.
16. Hardell L., Carlberg M., (2019), The final conclusions represent the consensus between NTP and a panel of external scientific experts who thoroughly reviewed the draft NTP technical reports at



- a public meeting in March 2018, *International Journal of Oncology* 54 No. 1, pp. 111-127.
17. Falcioni L., Bua L., Tibaldi E., Lauriola M., De Angelis L., Gnudi F., Mandrioli D., Manservigi M., Manservigi F., Manzoli I., Menghetti I., Montella R., Panzacchi S., Sgargi D., Strollo V., Vornoli A., Belpoggi F., (2018), 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, *Environmental Research* 165, pp. 496-503.
 18. Soffritti M., Giuliani L., (2019), The carcinogenic potential of non-ionizing radiations: the cases of S-50 Hz MF and 1.8 GHz GSM radiofrequency radiation, *Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology* 125 S3, pp. 58-69.
 19. Consiglio Federale della Confederazione Elvetica, Ordinanza Federale sulla protezione dalle radiazioni non ionizzanti (ORNI) n. 814.710 del 23.12.1999 <https://www.admin.ch/opc/it/classified-compilation/19996141/index.html>.
 20. IRPA, Guidelines on limits of exposure to electromagnetic fields in the frequency range from 100 kHz to 300 GHz, *Health Physics* 54:115 (1988).
 21. Gabriel C., Hutzler B., Krause N., Kunsch B., Maddock B.J., Mariotti G.F., (1999), The European Pre-Standard Env 50166 "Human Exposure To Electromagnetic Fields" In Context. In Bersani F, Ed., *Electricity and Magnetism in Biology and Medicine*, Springer, Boston, pp. 73-76. ISBN 978-1-4613-7208-0 https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4615-4867-6_15.
 22. Consiglio della Unione Europea, Raccomandazione del Consiglio, 12 luglio 1999, n. 519, relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz. GUCE L199/59 del 30/7/1999 <https://publications.europa.eu/it/publication-detail/-/publication/9509b04f-1df0-4221-bfa2-c7af77975556/language-it>.
 23. Parlamento della Comunità Europea, Risoluzione del 5 maggio 1994 sulla lotta contro gli effetti nocivi delle radiazioni non ionizzanti, GUCE C 205 del 25.7.1994, p. 439.
 24. Parlamento della Comunità Europea, Risoluzione del 10 marzo 1999 sulla proposta di Raccomandazione del Consiglio relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz, GUCE C 175 del 21.6.1999 p. 129.
 25. Parlamento della Unione Europea. Risoluzione del 2 aprile 2009 sulle preoccupazioni per la salute connesse ai campi elettromagnetici <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+TA+P6-TA-2009-0216+0+DOC+XML+V0//IT>.
 26. Parlamento della Unione Europea, Relazione 23 febbraio 2009 in Commissione Ambiente, Salute Pubblica e Sicurezza alimentare sulle preoccupazioni per la salute connesse ai campi elettromagnetici n. 2008/2011 (INI) <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?type=REPORT&reference=A6-2009-0089&language=IT#title2>.
 27. Giuliani L., Proposta dell'ISPESL, in: Atti del XXX Congresso dell'AIMR, Cavalese 5-8 febbraio 1999, APSS Trento 1998 (anche in Fogli di Informazione ISPESL 1997 (S4), marzo 1998, sotto-scritta dai direttori di dipartimento dell'ISPESL competenti).
 28. Han Y.Y., Ghandi O.P., De Salles A., Herberman R.R., Davis D.L., Comparative assessment of models of electromagnetic absorptions of the head of children and adults indicates the need for policy changes. In Giuliani L. and Soffritti M., Eds, *Non thermal effects and mechanisms of interaction between electromagnetic fields and living matter*, *Eu J Of Oncology Library*, vol 5, pp. 301-317; Mattioli1885 Fidenza 2010 Oct. ISBN 9788862611664.
 29. U.S. Federal Communications Commission (FCC), Evaluating Compliance with FCC Guidelines for Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields, OET Bulletin 65, Supplement C, 1997 Aug (Previous Edition as OST Bulletin 65 in Oct 1985).
 30. ACGIH, Standard 1953.
 31. Suprema Corte di Cassazione, Sentenza 12 ottobre 2012 n. 17438.12 http://www.icems.eu/docs/Sentenza_integrale_n17438_13577519.pdf?f=/c/a/2009/12/15/MNHJ1B49KH.DTL.
 32. Al Mureden E., I danni da uso del cellulare tra tutela previdenziale e limiti della responsabilità del produttore, nota a App. Brescia, sez. lav. 22 dicembre 2009, in *Resp civ. e prev*, 2010.
 33. Al Mureden E., *La sicurezza dei prodotti e la responsabilità del produttore Casi e materiali*, Torino 2017 pp 35 e ss.
 34. Al Mureden E., *Uso del cellulare e danni alla salute: responsabilità del produttore tra dannosità "tollerabile", principio di precauzione e nuovi obblighi informativi*, *Corriere Giuridico*, 2013.
 35. Al Mureden E., *I danni da utilizzo del cellulare tra conformità del prodotto agli standard legislativi, principio di precauzione e autoresponsabilità dell'utilizzatore*, in *Corriere Giuridico*, 2017, ove ampi riferimenti dottrinali e giurisprudenziali.
 36. Albanese A., *La sicurezza generale dei prodotti e la responsabilità del produttore nel diritto italiano ed europeo in Europa*, dir. Priv., 2005, 1001.
 37. Tribunale Ordinario di Ivrea, Sentenza 30 marzo 2017, notiziata in http://www.ansa.it/canale_salutee_benessere/notizie/medicina/2017/04/20/tribunale-uso-scorretto-cellulare-causa-tumore_058e88fe-45d3-48c0-b727-ab7f527a20b4.html.
 38. Tribunale Ordinario di Firenze, Sentenza 24 giugno 2017 n. 391 <http://polab.it/srl/wp-content/uploads/2010/01/Sentenza-FIRENZE-n.-391-del-24-giugno-2017.pdf>.
 39. Tribunale Ordinario di Monza, Sentenza 13 marzo 2019, notiziata in <https://www.ilfattoquotidiano.it/2019/04/04/elettrosmog-una-nuova-sentenza-lo-riconosce-come-cause-di-tumori-e-intanto-bruxelles-blocca-il-5g/5083102/>.
 40. Novikov V.V., Novikov G.V., Fesenko E.E., (2009), Effect of weak combined static and extremely low-frequency alternating magnetic fields on tumor growth in mice inoculated with the Ehrlich ascites carcinoma, *Bioelectromagnetics* 30 No. 5, pp. 343-351.
 41. Zimmerman J.W., Pennison M.J., Brezovich I., Yi N., Yang C.T., Ramaker R., Absher D., Myers R.M., Kuster N., Costa F.P., Barbault A., Pasche B., (2012) Cancer cell proliferation is inhibited by specific modulation frequencies, *British Journal of Cancer* 106, pp. 307-313.
 42. Costa F.P., De Oliveira A.C., Meirelles R., Machado M.C., Zanesco T., Surjan R., Chammars M.C., De Souza Rocha M., Morgan D., Cantor A., Zimmerman J., Brezovich I., Kuster N., Barbault A., Pasche B., (2011), Treatment of advanced hepatocellular carcinoma with very low levels of amplitude-modulated electromagnetic fields, *British Journal of Cancer* 105, pp. 640-648.
 43. Ledda M., Megiorni F., Pozzi D., Giuliani L., D'Emilia E., Piccirillo S., Mattei C., Grimaldi S., Lisi A., (2013), Non Ionising Radiation as a Non Chemical Strategy in Regenerative Medicine: Ca2-ICR "In Vitro" Effect on Neuronal Differentiation and Tumorigenicity Modulation in NT2 Cells, *PLOS ONE* 8 No. 4, e61535 U.S.A.
 44. Novocure Ltd., Press Release FDA Approves the NovoTTF-100L™ System in Combination with Chemotherapy for the Treatment of Malignant Pleural Mesothelioma, St. Helier (Jersey), May 23 2019 <https://www.novocure.com/fda-approves-the-novottf-100lrm-system-in-combination-with-chemotherapy-for-the-treatment-of-malignant-pleural-mesothelioma>.
 45. Gaetani R., Ledda M., Barile L., Chimenti I., De Carlo F., Forte E., Ionta V., Giuliani L., D'Emilia E., Frati G., Miraldi F., Pozzi D., Messina E., Grimaldi S., Giacomello A., Lisi A. (2009), Differentiation of human adult cardiac stem cells exposed to extremely low-frequency electromagnetic fields. *Cardiovascular Research*, Volume 82(3), pp. 411-420, Epub 2009 Feb 19 <https://doi.org/10.1093/cvr/cvp067>.
 46. Montagnier L., Communication at the Institute "Giuliano Preparata" Meeting, *Salvator Mundi International Hospital*, Rome June 26, 2016.
 47. Umiyati Y., Christianto V., (2016), A Non-Particle View of DNA and Its Implication to Cancer Therapy, *Proc. Conference ICTAP X*, September 2016, Makassar, Indonesia, p. 3 <https://www.rxiv.org/pdf/1610.0334v1.pdf>.
 48. Parliamentary Assembly of Council of Europe (PACE), Resolution 1815/2011 (final version), The potential dangers of electromagnetic fields and their effect on the environment <https://assembly.coe.int/nw/xml/XRef/Xref-XML2HTML-en.asp?fileid=17994>.
 49. Oberfeld G., Ed., (2000), *Proc. International Conference on Cell Tower Siting "Linking Science & Public Health"*, Salzburg, Austria, June 7-8, 2000, Public Health Department, Environmental Health & University of Vienna, Institute of Environmental Health.