

EFFETTI BIOLOGICI E SANITARI
A BREVE E A LUNGO TERMINE
DELLE RADIOFREQUENZE E
DELLE MICROONDE.

Prof. Dott. Angelo Gino Levis

Già Ordinario di Mutagenesi Ambientale presso l'Università degli Studi di Padova.

Già membro permanente della Commissione Tossicologica Nazionale presso l'Istituto Superiore di Sanità di Roma.

Già consulente dell'Organizzazione Mondiale della Sanità presso l'Agenzia Internazionale per le Ricerche sul Cancro (I.A.R.C.) di Lione (Francia).

Membro fondatore della International Commission for Electro-Magnetic Safety (ICEMS).

Vice-presidente A.P.P.L.E.

Via Mentana, 23 – 35141 PADOVA

Tel.049.8716382 (Fax 049.8750240)

e-mail: angelo.levis@applelettrosmog.it

info@applelettrosmog.it

(<http://www.applelettrosmog.it>)

INDICE

ABBREVIAZIONI.	Pag.	1
1. PREMESSA.	“	2
2. DISAMINA CRITICA DELLE POSIZIONI CONSERVATIVE.	“	3
2.1. DALL'IRPA ALL'ICNIRP E ALL'OMS.	“	4
2.2. IL RAPPORTO DELL'ICNIRP (1996) SUGLI EFFETTI SANITARI DEI TELEFONI CELLULARI E DELLE STAZIONI RADIO BASE.	“	7
2.3. IL RAPPORTO DELL'ICNIRP (1998) SULLE LINEE-GUIDA PER DEFINIRE I LIMITI DI ESPOSIZIONE A CEM NELL'INTERO AMBITO DI FREQUENZE (DA 0 A 300 GHz).	“	9
2.4. IL “PROGETTO INTERNAZIONALE CEM” DELL'OMS .	“	10
2.5. LA POSIZIONE DEL PARLAMENTO EUROPEO SULLE LINEE-GUIDA ICNIRP/OMS E LA RACCOMANDAZIONE 519/1999 DEL CONSIGLIO DELLA COMUNITA' EUROPEA .	“	11
3. I RAPPORTI DELLE PRINCIPALI ORGANIZZAZIONI E DEI CONGRESSI INTERNAZIONALI RICONDUCEBILI ALLA POSIZIONE CAUTELATIVA.	“	15
3.1. I PRIMI RICHIAMI ALLA PRUDENZA E LA POSIZIONE DI A. FIRSTENBERG.	“	15
3.2. IL CONGRESSO INTERNAZIONALE DI ROCKVILLE .	“	16
3.3. LA POSIZIONE DELL'ISPESL E DELL'ISS.	“	17
3.4. IL RAPPORTO DELLA SOCIETA' REALE DEL CANADA.	“	19
3.5. IL CONGRESSO INTERNAZIONALE DI VIENNA .	“	20
3.6. IL RAPPORTO STEWART.	“	23
3.7. LA CONFERENZA INTERNAZIONALE DI SALISBURGO SULLE SRB.	“	27
3.8. IL “RAPPORTO ZMIROU”.	“	31
3.9. IL RAPPORTO DI G. HYLAND AL PARLAMENTO EUROPEO.	“	33
3.10. IL CONGRESSO INTERNAZIONALE DI STOCCOLMA SULLA ELETTROSENSIBILITA'.	“	39

3.11	L'APPELLO DI FRIBURGO SULLA ELETTROSENSIBILITA'.	“	40
3.12.	LA CONFERENZA INTERNAZIONALE DI CATANIA.	“	43
3.13.	IL 1° CONGRESSO INTERNAZIONALE DELL'ICEMS A VENEZIA.	“	43
4.	EFFETTI GENETICI, EMBRIOTOSSICI, TERATOGENI E CANCEROGENI DELLE RADIOFREQUENZE E DELLE MICROONDE SU SISTEMI SPERIMENTALI DI LABORATORIO E SULL'UOMO.	“	51
4.1.	EFFETTI GENETICI DELLE RADIOFREQUENZE E MICROONDE.	“	51
4.1.1.	ALTERAZIONI STRUTTURALI E FUNZIONALI DEL DNA.	“	52
4.1.2.	EFFETTI CITOGENETICI.	“	53
4.1.3.	MUTAZIONI GENICHE.	“	55
4.1.4.	TRASFORMAZIONE NEOPLASTICA IN VITRO.	“	55
4.1.5.	EFFETTI SUGLI SPERMI E SULLA FERTILITA' MASCHILE.	“	56
4.2.	EMBRIOTOSSICITA' E TERATOGENESI.	“	56
4.3.	EFFETTI CANCEROGENETICI SULL'ANIMALE.	“	56
4.4.	ALTRI EFFETTI IN VITRO E IN VIVO, RILEVANTI AI FINI DELLA CANCEROGENESI.	“	57
5.	INDAGINI EPIDEMIOLOGICHE SULL'EFFETTO CANCEROGENO DELLE RADIOFREQUENZE E DELLE MICROONDE SU POPOLAZIONI UMANE.	“	59
5.1.	DEFINIZIONI UTILIZZATE.	“	59
5.2.	ESPOSIZIONI OCCUPAZIONALI A RADIOFREQUENZE E MICROONDE.	“	60
5.3.	ESPOSIZIONI RESIDENZIALI A RADIOFREQUENZE.	“	61
5.4.	ESPOSIZIONI PERSONALI A TELEFONI PALMARI (CORDLESS E CELLULARI).	“	63
6.	EFFETTI ACUTI DELLE RADIOFREQUENZE E DELLE MICROONDE SULL'UOMO: LA SINDROME DA ELETTROSENSIBILITA' (ES).	“	76
6.1.	PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELLA SINDROME DA ELETTROSENSIBILITA'.	“	76
6.2.	INDAGINI EPIDEMIOLOGICHE SU SINTOMATOLOGIE RICON-		

DUCIBILI ALLA ELETTROSENSIBILITA' DA RF/MO.	“	77
6.3. POSSIBILI BASI CELLULARI E FISILOGICHE DELLA ELETTROSENSIBILITA' DA RF/MO.	“	80
7. CARATTERISTICHE DELL'AZIONE BIOLOGICA DELLE RADIOFREQUENZE E DELLE MICROONDE: POSSIBILI MECCANISMI D'AZIONE.	“	86
7.1. FATTORI FISICI CHE INFLUENZANO L'ATTIVITA' BIOLOGICA DELLE RF/MO.	“	87
7.2. EFFETTI BIOLOGICI DI RF/MO DI INTENSITA' MOLTO BASSA.	“	88
7.3. EFFETTI TERMICI E NON TERMICI.	“	88
7.4. FREQUENZE ELETTROMAGNETICHE E FREQUENZE BIOLOGICHE: BIOCAMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA.	“	90
7.5. MECCANISMI ELETTROMAGNETICI CHE POSSONO ALTERARE IL “TRAFFICO OMEOSTATICO” DEGLI IONI.	“	93
8. VALUTAZIONI CONCLUSIVE.	“	95
8.1. CONSIDERAZIONI DI CARATTERE GENERALE.	“	95
8.2. VALUTAZIONE CRITICA CONCLUSIVA DEI DATI SCIENTIFICI RELATIVI AGLI EFFETTI BIOLOGICI E SANITARI DELLE RF/MO.	“	98
8.3 CONSEGUENZE OPERATIVE ALLA LUCE DELLE NORMATIVE IN VIGORE	“	101
9. APPENDICE: INDAGINI EPIDEMIOLOGICHE SULL'EFFETTO CANCEROGENO DELLE RADIOFREQUENZE E DELLE MICROONDE SU POPOLAZIONI UMANE (DATI GRAFICI).	“	106
10 BIBLIOGRAFIA	“	110
TABELLA 1. VALORI DI ESPOSIZIONE (V/m) IN DIVERSI STATI O REGIONI.	“	50
TABELLA 2. NEOPLASIE IN ESPOSIZIONI OCCUPAZIONALI A RF/MO.	“	69
TABELLA 3. NEOPLASIE IN ESPOSIZIONI RESIDENZIALI A RF.	“	74
FIGURA 1. TRENI DI IMPULSI GSM E FREQUENZE ELF.	“	90
FIGURA 2. VALORI DI CAMPO ELETTRICO (V/m) IN UN SISTEMA A MACROCELLE O A MICROCELLE.	“	104
FIGURA 3. NEOPLASIE IN ESPOSIZIONI OCCUPAZIONALI A RF/MO.	“	107/108

FIGURA 4. NEOPLASIE IN ESPOSIZIONI RESIDENZIALI A RF E IN
ESPOSIZIONI DA TELEFONI CELLULARI (MO).

“ 109

ABBREVIAZIONI.

ALARA, “as low as reasonably achievable” (il livello più basso ragionevolmente ottenibile); **ALATA**, “as low as technically achievable” (il livello più basso tecnicamente ottenibile); **CE**, Comunità Europea; **CEM**, campi elettromagnetici; **CNR**, Consiglio Nazionale delle Ricerche; **ELF**, “extremely low frequencies” (frequenze estremamente basse, p.es. quelle usate negli elettrodotti); **EM**, elettromagnetici; **ES**, elettrosensibilità; **GHz**, giga (10^9) hertz; **GSM**, Global Service for Mobile communication system (2^a generazione della telefonia mobile digitale); **Hz**, hertz (unità di misura della frequenza delle onde EM), **IARC**, Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro, Lione (Francia); **ICEMS**, Commissione Internazionale per la Sicurezza Elettromagnetica; **ICNIRP**, Commissione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni Non Ionizzanti; **INIRC**, Comitato Internazionale per le Radiazioni Non Ionizzanti; **IRPA**, Associazione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni; **ISPESL**, Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro; **ISS**, Istituto Superiore di Sanità; **KHz**, chilo (10^3) Hz; **MHz**, mega (10^6) hertz; **MO**, microonde (p.es. quelle usate nella telefonia mobile); **NCI**, Istituto Nazionale dei Tumori, U.S.A.; **n.d.a.**, nota dell'autore; **NIR**, Gruppo di Lavoro sulle Radiazioni Non Ionizzanti; **NRPB**, Ministero Nazionale per la Protezione dalle Radiazioni, U.K.; **OMS**, Organizzazione Mondiale della Sanità; **PE**, Parlamento Europeo; **RF**, radiofrequenze (p.es. quelle usate nelle trasmissioni radio-tv); **SAR**, “specific absorption rate” (tasso di assorbimento specifico, unità di misura, in W/kg, watt per chilogrammo, dell'energia assorbita); **SRB**, stazioni radio-base per la telefonia mobile; **T**, tesla (unità di misura del campo magnetico indotto); **UE**, Unione Europea; **UMTS**, universal mobile telecommunication system (3^a generazione della telefonia mobile); **UNEP**, Programma Ambientale delle Nazioni Unite; **V/m**, Volt per metro (unità di misura del campo elettrico); **W/kg**, Watt per chilogrammo (unità di misura del SAR).

1. PREMESSA.

Esistono oggi forti contrasti sull'atteggiamento da assumere a fronte dei possibili rischi per la salute umana derivanti dall'espansione, per certi versi esplosiva, delle tecnologie che producono CEM a diversa frequenza (ELF, RF, MO). Tali contrasti nascono dalla divergenza, cristallizzatasi nel tempo e condizionata dagli enormi interessi economici in gioco, **tra due posizioni di principio che possiamo definire, rispettivamente, "conservativa" e "cautelativa" (1).**

La **posizione conservativa**, espressa a partire dal 1988-1993 da organizzazioni internazionali quali l'IRPA/INIRC (2) e l'UNEP/OMS/IRPA (3) e sviluppata negli anni seguenti (1996-1999) soprattutto ad opera dell'ICNIRP (4-5), dell'OMS (6) e della CE (7), **si basa sul presupposto che non esistano dati scientifici certi, a documentazione di effetti nocivi per la salute umana, che non siano riconducibili all'eccessivo riscaldamento dei tessuti (effetto termico) provocato dai CEM. Inoltre gli unici effetti di origine termica inequivocabilmente accertati sarebbero soltanto quelli a breve termine (effetti acuti) mentre gli effetti a lungo termine (effetti cronici), in particolare quelli genetici e cancerogenetici, non sarebbero sufficientemente confermati dalla letteratura scientifica. Infine gli effetti biologici descritti in letteratura, osservati a livelli di esposizione a CEM inferiori a quelli capaci di produrre un significativo rialzo termico, non sarebbero direttamente ricollegabili con effetti sanitari dannosi per l'uomo.** Pertanto, secondo questa posizione, una volta definiti i "limiti di esposizione", cioè i valori di CEM che tutelano dagli effetti sanitari acuti dovuti ad eccessivo riscaldamento dei tessuti, e dopo aver introdotto a scopo cautelativo alcuni fattori di riduzione dei valori suddetti, non ci sarebbe più bisogno di mettere in discussione tali limiti, ma sarebbe sufficiente garantirne il rispetto. **In effetti, da quando nell'88 l'IRPA/INIRC ha definito i limiti di esposizione per le RF e le MO nell'ambito di frequenze tra 100 KHz e 300 GHz (2), questi limiti sono rimasti immutati, essendo stati confermati dalle successive linee-guida pubblicate dall'ICNIRP nel '96 (4) e nel '98 (5).**

La **posizione cautelativa** si è sviluppata, prima ancora degli anni '80, nell'Unione Sovietica e nei paesi dell'Europa orientale nei quali l'attenzione per gli effetti sanitari dei CEM si è andata affermando con largo anticipo, e **successivamente ha preso piede anche nell'emisfero occidentale** dove, p.es. in Italia, Svizzera, Belgio (regioni Vallone), Liechtenstein, Austria (città di Vienna), Lussemburgo, Spagna (Castiglia), Canada, e in altre nazioni (Russia, Bulgaria, Polonia, Cina), **ha dato luogo a normative di legge ad essa improntate. I sostenitori di questa posizione:**

- 1) **contestano il fatto che l'unico effetto accertato dai CEM, dal quale dipenderebbero gli unici effetti biologici documentati con sicurezza (quelli acuti, a breve termine), sia il riscaldamento dei tessuti;**
- 2) **sostengono la plausibilità di altri meccanismi d'azione, in particolare il riarrangiamento spaziale di molecole e ioni nei tessuti esposti anche a livelli molto bassi di CEM, con conseguenti modificazioni funzionali di molecole enzimatiche e di strutture cellulari come la membrana plasmatica, e/o l'interazione (con conseguenti fenomeni di interferenza, risonanza, amplificazione) di specifiche frequenze presenti nelle emissioni EM con specifiche frequenze utilizzate dal nostro organismo per il funzionamento di organi (cervello, cuore, nervi, muscoli, ecc.) e di strutture cellulari (membrana, organuli cellulari, molecole deputate all'informazione genetica) assolutamente essenziali per il benessere dell'organismo umano;**
- 3) **documentano effetti biologici, alcuni dei quali sarebbero indicatori di possibili danni alla salute, definiti "non termici" perché indotti da esposizioni a livelli di CEM inferiori a quelli che producono eccessivo riscaldamento;**

- 4) \sostengono l'esistenza di effetti a lungo termine, anche di tipo cancerogenico, supportati da meccanismi "genotossici" (effetti mutageni) o da altri meccanismi (promozione e co-promozione tumorale);
- 5) su queste basi propongono drastiche riduzioni dei limiti di esposizione, una tutela particolare (mediante limiti particolarmente bassi, definiti "valori di cautela" e "obiettivi di qualità") per i "soggetti sensibili" (bambini, malati, anziani), misure precauzionali sulla localizzazione degli impianti che emettono CEM, interventi di risanamento sugli impianti già esistenti che superino i limiti di esposizione "cautelativi".

In pratica, la posizione cautelativa si fonda sull'applicazione, nel settore che riguarda le esposizioni a CEM, del "Principio di Precauzione", e di altri da esso derivati (ALARA, ALATA), basata sulle seguenti considerazioni:

- la ritenuta pericolosità per la salute delle immissioni elettromagnetiche, perciò oggetto di direttive e risoluzioni europee, nonché di regolamentazione legislativa, statale e regionale;
- l'esistenza di un complesso dibattito scientifico in continua evoluzione, sulla misura della nocività dei campi elettromagnetici, con particolare riferimento, per quanto attiene all'inquinamento elettromagnetico ad alta frequenza (che è legato a più recenti tecnologie, al contrario dell'inquinamento elettromagnetico a bassa frequenza), agli effetti biologici a lungo termine delle radiofrequenze e delle microonde;
- la necessità, a tutela del primario diritto alla salute, di attenersi ai principi di precauzione e di cautela – richiamati, tra l'altro, da raccomandazioni dell'Organizzazione Mondiale della Sanità e del Consiglio della Unione Europea (cfr. raccomandazione 12/7/99) – per cui, quando sussistono incertezze riguardo all'esistenza o alla portata di rischi per la salute delle persone, possono essere adottate misure preventive senza dover attendere che siano esaurientemente dimostrate la realtà e la gravità di tali rischi;
- il rilievo per cui anche il rispetto dei limiti di esposizione fissati dalla legge 2001/36 – che in via transitoria sono ancora quelli del DM 381/98 (susceptibili di riduzione nella ricerca degli "obiettivi di qualità") – non escluderebbe, qualora quei limiti violassero l'incomprimibile diritto alla salute (certamente preminente, nel bilanciamento dei contrapposti interessi, sul diritto di iniziativa economica), la ovvia considerazione che il diritto eventualmente compromesso, specie in relazione alla possibile entità ed effetti della lesione, non tollera dilazioni nei relativi accertamenti finalizzati alla indispensabile tutela della salute;
- la possibilità che, anche ove i limiti suddetti risultino rispettati, l'esposizione prolungata, alla luce delle attuali conoscenze scientifiche e degli studi esistenti, incida sul generale stato di benessere e induca il rischio di possibili patologie, anche future.

Pertanto con la presente relazione ci si propone di contribuire alle considerazioni e alle esigenze sopra esposte eseguendo, nell'ordine:

- 1) una preliminare disamina critica delle posizioni conservative;

- 2) una revisione dei rapporti scientifici delle principali organizzazioni internazionali e dei contributi presentati ai principali convegni internazionali sui potenziali rischi sanitari e sugli effetti biologici dei CEM, in particolare nel settore delle RF impiegato nella telefonia mobile cellulare (MO: da 400 MHz a più di 2000 MHz);
- 3) un aggiornamento sulle più recenti acquisizioni scientifiche relative agli effetti biologici e ai danni sanitari a breve e a lungo termine provocati dalle RF/MO, soprattutto per quanto riguarda i dati ottenuti a livelli di esposizione inferiori a quelli capaci di produrre un significativo rialzo termico (limiti di esposizione) o, addirittura, inferiori ai valori di cautela.

Ci si propone, in sostanza, di legittimare, sulla base dei dati biologici e sanitari forniti dalla letteratura, il perseguimento di obiettivi di qualità, finalizzati alla minimizzazione dei livelli di CEM, quindi alla riduzione delle esposizioni e dei rischi per la popolazione, così come previsto e definito dalle normative nazionali in vigore.

2. DISAMINA CRITICA DELLE POSIZIONI CONSERVATIVE.

2.1. DALL'IRPA ALL'ICNIRP E ALL'OMS.

Nel 1971 l'OMS ha raccomandato per la prima volta di definire le linee-guida per la protezione delle popolazioni umane dai CEM prodotti da RF e MO e a questo scopo, nel '74, l'Associazione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni (IRPA) ha costituito un gruppo di lavoro sulle Radiazioni Non Ionizzanti (NIR). Nel '77, al Convegno di Parigi dell'IRPA, il NIR ha dato luogo ad un Comitato Internazionale per le Radiazioni Non Ionizzanti (INIRC) e, negli anni successivi, l'IRPA/INIRC e l'OMS hanno collaborato a sviluppare i criteri-guida per la protezione della salute umana dai CEM. Nell'81 un gruppo di lavoro OMS/INIRC, sponsorizzato dal Programma Ambientale delle Nazioni Unite (UNEP), ha pubblicato i primi criteri per la protezione da RF/MO, mentre nell'84 e '87 revisioni di tali criteri, estesi anche ai CEM statici e alle ELF, sono state pubblicate da gruppi di lavoro OMS/UNEP/IRPA/INIRC. Infine, nell'82, al Congresso di Montreal l'IRPA/INIRC ha dato luogo all'ICNIRP (Commissione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni non Ionizzanti), che ha pubblicato negli anni successivi due documenti fondamentali: nell'96 una revisione degli effetti sanitari dei telefoni cellulari e delle SRB a MO (4) e nel '98 le linee-guida per limitare l'esposizione a campi elettrici, magnetici ed EM in tutto l'ambito delle loro frequenze, da 0 a 300 GHz (5).

In sostanza l'ICNIRP nel '96 ha adottato la proposta formulata ancora nel 1984 dall'OMS/IRPA di basarsi solo sugli effetti acuti dovuti all'eccessivo riscaldamento dei tessuti biologici per la definizione dei valori-limite di esposizione ai CEM, nell'ambito di frequenze tra 10 MHz e 10 GHz. Dal 1984 questi limiti di esposizione sono rimasti immutati e, con le linee-guida pubblicate nel '98, l'ICNIRP, sulla base di una revisione della letteratura scientifica, li ha estesi all'intero ambito di frequenze dei CEM, da 0 a 300 GHz.

In pratica, una volta stabilito che un aumento di un grado centigrado (1°C) nella temperatura corporea comporta un aumento significativo della probabilità di effetti acuti dannosi per la salute, l'ICNIRP ha definito la quantità di energia EM depositata per unità di massa, indicata come "tasso di assorbimento specifico" (SAR, "Specific Absorption Rate") ed espressa in watt per chilogrammo (W/kg) di peso corporeo, necessaria per produrre un riscaldamento di 1° C. Su questa base, introducendo alcuni "fattori di sicurezza" (in pratica abbassando la soglia per gli effetti termici), sono stati fissati i limiti di esposizione. Si è così stabilito che un aumento di temperatura corporea di 1° C si verifica in un individuo adulto a riposo se questo viene esposto per almeno 30' a un SAR di 1-4W/kg. Per le esposizioni lavorative è stato introdotto un fattore di sicurezza 10, che tiene conto dell'alta temperatura ambientale, dell'elevata umidità e dell'intensa attività fisica che caratterizzano in genere queste lavorazioni, e si è così ottenuto un valore limite di SAR di $4/10=0,4$ W/kg. Per le esposizioni non lavorative è stato introdotto un ulteriore fattore di sicurezza 5, perché i lavoratori del settore sono in genere individui adulti, consapevoli dei rischi che corrono e quindi capaci di prendere le necessarie precauzioni, e inoltre non sono esposti per più di 8 ore al giorno, mentre la popolazione comune comprende "soggetti sensibili", non è in genere consapevole dei rischi che corre, e può essere esposta anche per più di 8 ore al giorno (esposizioni residenziali), e si è ottenuto così un SAR di $0,4/5=0,08$ W/kg. Altre correzioni sono state introdotte in rapporto all'esposizione a particolari frequenze di CEM, che possono dare luogo ad effetti specifici particolarmente rilevanti, quali effetti sul sistema nervoso ecc.

In questo modo l'ICNIRP è arrivata a definire dei limiti di esposizione per le esposizioni non lavorative espressi in W/kg per le diverse tipologie di CEM che, trasformati nei sistemi di misura utilizzati per il campo magnetico indotto dalle ELF (per l'ambito di frequenze che comprende gli elettrodotti), danno un limite di esposizione di 100 microT; per l'intensità del campo elettrico

danno limiti di esposizione di 87 Volt/metro (V/m) per le RF (nell'ambito di frequenze che comprende le emissioni delle stazioni radio-TV) e di 61-58-41-27 V/m per le MO nell'ambito di frequenze rispettivamente: più di 2000, 1800, 950 e 450 MHz, che comprende le emissioni usate per le diverse tecnologie di cellulari usati nella telefonia mobile.

Questi sono gli unici valori definiti dall'ICNIRP quali valori-limite per le esposizioni a CEM: infatti, non avendo preso in considerazione la possibilità di effetti di natura non termica, che potrebbero essere indotti al di sotto della soglia fissata per un riscaldamento di 1°C, ed avendo considerato non sufficientemente provati gli effetti a lungo termine dei CEM, l'ICNIRP non ha introdotto nelle sue linee-guida altri fattori cautelativi, se non i "fattori di sicurezza" sopra indicati.

A questo proposito si possono comunque avanzare **alcune critiche metodologiche**:

1) **le misure di SAR in "campo vicino"**. cioè nelle condizioni in cui l'energia EM emessa dal telefono cellulare durante una telefonata interessa praticamente solo la testa dell'utilizzatore, **vengono eseguite su dei modellini artificiali ("phantoms", fantasmi)**. Pertanto è improbabile che tali misure siano significative visto che le proprietà dielettriche (cioè di conducibilità della corrente EM) dei tessuti e dei fluidi del cervello di un uomo vivo non possono certo essere riprodotte con dei materiali sintetici (vedi Cap. 7.1.);

2) **i limiti di esposizione sopra indicati sono stati calcolati dall'ICNIRP partendo dall'estremo superiore (4W/kg) dell'intervallo di valori (1-4W/kg) di SAR capaci di indurre effetti termici**. Se si parte invece dall'estremo inferiore (1W/kg) di tale intervallo, i limiti verrebbero ridotti di 4 volte: p. es. quello per la telefonia cellulare risulterebbe di $1/10 \times 5 = 0,02 \text{ W/kg}$, che corrisponde a 27 V/m, valore questo molto vicino ai 20V/m adottati come limite di esposizione per la telefonia cellulare dall'Italia col D.M. 381/98 tuttora in vigore;

3) **nella medicina ambientale e del lavoro i fattori di sicurezza applicati nelle esposizioni ad agenti chimici che producono effetti tossici a breve e a lungo termine sono in genere maggiori del fattore 50 (10x5) usato dall'ICNIRP per i CEM**, e applicando questi fattori i limiti di esposizione finali risulterebbero molto più cautelativi, perché ridotti molto di più rispetto al valore di esposizione minimo capace di produrre effetti dannosi. Infatti nella Medicina del Lavoro, dopo aver individuato la dose minima di inquinante priva di effetto (p.es. il NOEL, "no observable effect level", o il LOEL, "lowest observable effect level"), vengono applicati fattori di sicurezza che comportano riduzioni di 10-100-1000 volte, a seconda della pericolosità dell'inquinante e del livello di precisione col quale sono stati definiti il NOEL e il LOEL. Comunque, per le esposizioni non lavorative e in particolare per quelle residenziali che possono durare 24 ore su 24, si applicano sempre i fattori di riduzione più cautelativi (100-1000).

Dal canto suo l'OMS, pur avendo condiviso le conclusioni dell'ICNIRP, ha ritenuto che le ricerche sugli effetti biologici e sanitari dei CEM dovessero essere approfondite e perciò ha dato il via, nel '96, al "progetto internazionale CEM" (6) che dovrebbe concludersi nel 2005. Si tratta di un progetto che prevede ricerche sperimentali e revisioni critiche dei dati della letteratura e che coinvolge 45 nazioni e 8 grandi Agenzie internazionali tra le quali la Comunità Europea (CE), l'Agenzia Internazionale per le Ricerche sul Cancro (IARC) di Lione, che opera proprio sotto l'egida dell'OMS, l'ICNIRP, la NATO, l'UNEP, il Ministero (Board) Nazionale per la Protezione dalle Radiazioni Inglese (NRPB), l'Ufficio Internazionale del Lavoro (ILO), l'Unione Internazionale per le

Telecomunicazioni (ITU), e alcuni Istituti di ricerca scientifica come il prestigioso Istituto Karolinska di Stoccolma, l'Istituto Nazionale Americano per le Scienze Ambientali e Sanitarie (NIEHS) e, in Italia, l'Istituto Superiore di Sanità (ISS) e il CNR. La IARC si è impegnata ad esprimere una prima valutazione sulla cancerogenicità dei CEM a frequenza estremamente bassa (ELF) nel 2001, e per i campi a RF/MO nel 2003, mentre l'OMS pubblica periodici aggiornamenti sul lavoro svolto e sulle conclusioni raggiunte (8), e dovrebbe rivedere le conclusioni della IARC e trarne le necessarie iniziative pratiche (in particolare per quanto riguarda una eventuale revisione dei limiti di esposizione) rispettivamente nel 2002 per le ELF e nel 2004 per le RF e MO.

Dal canto suo l'NRPB ha stabilito nel '93 le linee guida per le RF/MO indicando limiti di esposizione un po' più alti di quelli dell'ICNIRP, ed ha sostanzialmente confermato queste scelte nel '99, dopo un'ampia revisione della letteratura scientifica, tramite il "Rapporto Stewart", le cui raccomandazioni sono state accolte dal governo inglese nel 2000 (vedi 3.6.).

Esiste dunque un legame molto stretto tra le posizioni dell'OMS, dell'ICNIRP e dell'NRPB, ed una posizione-chiave, all'interno di questi organismi, è occupata dal cancerologo Prof. Michael Repacholi, che è stato presidente effettivo dell'ICNIRP fino al '96 e successivamente ne è diventato presidente emerito, che è il responsabile del "progetto internazionale CEM" dell'OMS fin dal '96, e che ha fatto parte anche del comitato di esperti che ha redatto il "Rapporto Stewart" per l'NRPB.

2.2. IL RAPPORTO DELL'ICNIRP (1996) SUGLI EFFETTI SANITARI DEI TELEFONI CELLULARI E DELLE STAZIONI RADIO-BASE (4).

Il rapporto prende in esame i dati di letteratura sugli effetti biologici e sanitari delle RF, e stabilisce i limiti di esposizione nell'ambito delle frequenze (da 400 a più di 2000 MHz) utilizzate per la telefonia mobile, avvertendo comunque che lo sviluppo di nuove tecnologie potrebbe introdurre l'uso di frequenze più alte.

Per quanto riguarda gli aspetti dosimetrici nell'ambito delle frequenze in esame, viene dato per scontato che le interazioni dei CEM con i tessuti biologici dipendono solo dalla quantità di energia depositata per unità di massa (SAR), espressa in W/kg. Le antenne dei telefoni portatili determinano una esposizione localizzata alla testa, e la verifica che tale esposizione rientra nei valori di SAR stabiliti come limiti dall'ICNIRP viene effettuata accoppiando il calcolo teorico della deposizione spaziale sulla testa dell'energia emessa dall'antenna con misure sperimentali dell'energia depositata su modelli anatomici artificiali detti "fantasmi" (phantoms). Invece le SRB determinano un'esposizione estesa a tutto il corpo delle persone che si trovano nelle vicinanze, e la quantità di energia depositata diminuisce col quadrato della distanza dall'antenna. In queste condizioni la verifica che tale esposizione rientra nei limiti fissati viene effettuata solo in base al calcolo teorico e/o alla misura sperimentale dell'energia depositata alla distanza presa in esame, senza bisogno di modelli artificiali.

Il rapporto prende in esame i dati relativi ad effetti biologici rilevanti ai fini della cancerogenesi, concludendo che non c'è evidenza che le RF provochino effetti mutageni e che perciò è improbabile che agiscano come iniziatori tumorali. In realtà **vengono citati alcuni studi che riportano danni al DNA e ai cromosomi su sistemi cellulari in vitro, dopo irradiazione con RF**, ma questi non vengono considerati ai fini della definizione dei limiti perché gli esperimenti non sono stati replicati e presenterebbero alcuni difetti nell'impostazione metodologica. **Ci sono poi molti dati che suggeriscono la capacità delle RF di aumentare la proliferazione cellulare inducendo variazioni in alcuni "segnali" (mediatori biochimici, equilibri ionici, particolari attività enzimatiche) che regolano la sintesi e la trascrizione del DNA. Altri dati mettono in evidenza un aumento della trasformazione cellulare in vitro in esperimenti di trattamento combinato con RF e cancerogeni "iniziatori" di natura fisica (raggi X) o promotori tumorali di natura chimica (esteri del forbolo).** Questi dati, che suggerirebbero la capacità delle RF di funzionare da promotori o co-promotori della cancerogenesi, non vengono considerati conclusivi dall'ICNIRP, perché la loro

rilevanza ai fini della cancerogenesi in vivo, in particolare nell'uomo, non sarebbe chiara. **Anche i dati ottenuti sull'animale che mostrano un incremento dell'incidenza di tumori dopo trattamento combinato con RF e "iniziatori" chimici della cancerogenesi (idrocarburi aromatici policiclici)** e che quindi **confermerebbero la capacità delle RF di potenziare l'effetto cancerogeno "iniziato" da altri agenti, funzionando da promotori**, sono considerati equivoci, mentre **i dati che indicherebbero un'attività cancerogena diretta delle RF** potrebbero essere spiegati con un eccessivo riscaldamento dei tessuti indotto dalle RF, e quindi con un effetto indiretto, mediato dalla temperatura. In conclusione, l'evidenza di un'azione co-cancerogena o di promozione della cancerogenesi da parte delle RF su sistemi sperimentali in vitro e in vivo viene considerata dall'ICNIRP non conclusiva, anche se viene riconosciuto che "i dati provenienti da questi pochi studi sono sufficientemente indicativi da meritare ulteriori sperimentazioni".

Due paragrafi sono dedicati agli effetti delle RF a modulazione di ampiezza e alle RF pulsanti. Le prime sono in grado di provocare, ad intensità troppo basse per produrre riscaldamento dei tessuti, alterazioni dell'attività elettrica, nel cervello di gatti e conigli, dell'attività dell'enzima ornitina-decarbossilasi (i cui livelli sono alti durante la promozione tumorale), e della mobilità degli ioni calcio nel tessuto cerebrale in vivo e in vitro. I valori di SAR ai quali si verificano questi effetti sono inferiori a 0,01W/kg (valore, questo, che è 8 volte più basso del limite fissato dall'ICNIRP per le esposizioni non lavorative), e gli effetti sopra descritti si osservano nell'ambito di particolari "finestre" (windows) di frequenze (generalmente queste finestre hanno un'ampiezza da 1 a 100Hz) e, a volte, anche nell'ambito di particolari "finestre" di densità di energia depositata. **Si riconosce quindi che questi dati contraddicono la generalità dell'assunto in base al quale vi sarebbe sempre una relazione lineare tra dose e risposta**, tuttavia si conclude che i dati non sono quantitativamente sufficienti, né è chiara la loro implicazione quali indicatori di danni alla salute, per cui non possono essere utilizzati per limitare l'esposizione umana.

Per quanto riguarda le radiazioni pulsanti, queste, ad alta intensità, evocano movimenti del corpo in animali da esperimento, e vengono percepite attraverso l'udito in soggetti umani, al punto che un'esposizione prolungata o ripetuta può produrre stress. Altri studi suggeriscono che la retina, l'iride e l'endotelio della cornea dell'occhio dei primati sia sensibile a bassi livelli di MO pulsanti, dando luogo a vari processi degenerativi. **A bassi livelli di MO pulsanti sono stati descritti anche effetti sul metabolismo di neurotrasmettitori e sulla concentrazione dei recettori coinvolti nelle risposte a stress e ad ansia in diverse zone del cervello.** Tuttavia neanche questi dati vengono considerati ai fini della definizione dei limiti di esposizione, poiché non sono stati sufficientemente replicati.

Invece è ben documentata la varietà di effetti delle RF sia su sistemi sperimentali che su soggetti umani sottoposti a irradiazioni generalizzate a tutto il corpo o localizzate, tali da aumentare la temperatura dei tessuti di più di 1°C: p. es. opacizzazione delle lenti oculari, effetti sullo sviluppo embrionale e sulla fertilità maschile, modificazioni delle risposte fisiologiche e termoregatorie al calore, e una diminuita capacità di compiere esercizi mentali. Questi effetti costituiscono l'unica base accettata dall'ICNIRP per la definizione dei limiti di esposizione, sia occupazionale che della popolazione in generale.

Per quanto riguarda le indagini epidemiologiche sulle popolazioni esposte a RF, si sottolinea che queste non forniscono chiare evidenze di un rapporto quantitativo tra esposizione e cancro, anche se si riconosce che questo può dipendere da difficoltà metodologiche, in particolare nell'impostazione dello studio, nella sua esecuzione, nell'interpretazione dei dati, nella valutazione retrospettiva delle esposizioni, nella presenza di fattori di confondimento ecc.

In conclusione, vengono confermati i limiti di esposizione già pubblicati dall'IRPA/INIRC nel 1988 (2), a loro volta ispirati ai criteri-guida formulati dall'OMS/IRPA nel 1984, cioè 0,4 W/kg per le esposizioni occupazionali e 0,08 W/kg per la popolazione in generale (2.1.). Per le esposizioni localizzate in particolari regioni del corpo (p. es. la testa, nel caso dei telefoni cellulari), l'ICNIRP propone limiti molto più alti, cioè 10 W/kg come valore medio in una massa di 10 g di tessuto per le esposizioni occupazionali, e 2 W/kg (cioè 0,02 W/10 g di tessuto) per la popolazione in generale.

2.3. IL RAPPORTO DELL'ICNIRP (1998) SULLE LINEE-GUIDA PER DEFINIRE I LIMITI DI ESPOSIZIONE A CEM NELL'INTERO AMBITO DI FREQUENZE (DA 0 A 300 GHz) (5).

Si tratta dell'ultimo e più importante di una serie di documenti prodotti dall'IRPA/ICNIRP a partire dal 1984, al quale hanno fatto riferimento, nel definire le proprie linee-guida, sia l'OMS (6) che il Consiglio della CE (7).

Nella premessa viene chiarito che “le linee-guida ICNIRP sono state sviluppate attraverso una attenta revisione di tutta la letteratura scientifica, ma che, ai fini di stabilire i limiti di esposizione, si è fatto riferimento esclusivamente agli effetti assolutamente accertati. Poiché gli effetti a lungo termine, in particolare gli effetti cancerogeni dei CEM, sono stati considerati non ancora ben stabiliti, le linee-guida sono basate solo sugli effetti a breve termine, in particolare sui danni immediati per la salute umana, come la stimolazione di nervi periferici e di muscoli, gli shocks e le ustioni provocate dal contatto con i conduttori elettrici, e l'aumento consistente di temperatura corporea indotto dall'assorbimento di energia durante l'esposizione a CEM”. L'ICNIRP conclude che “i dati relativi ad effetti a lungo termine, in particolare quelli riguardanti l'aumento di rischio di cancro da esposizioni a CEM, sono insufficienti a formare una base sulla quale fondare limiti di esposizione, anche se **le ricerche epidemiologiche forniscono un'evidenza stimolante, ma non convincente, a favore di una associazione tra possibili effetti cancerogenetici ed esposizione a livelli di densità di flusso magnetico sostanzialmente inferiori a quelli raccomandati come limiti di esposizione dalle presenti linee-guida.** Gli studi a breve termine in vitro sulle esposizioni a ELF o a MO modulate a frequenza estremamente bassa (ELF) impiegate nella telefonia mobile, hanno messo in evidenza risposte cellulari e tissutali transitorie, senza una chiara relazione dose-effetto. Questi studi hanno un valore limitato al fine di accertare danni alla salute perché molte di queste risposte non sono state dimostrate in vivo. Perciò gli studi in vitro da soli sono giudicati insufficienti quale base primaria per stabilire possibili effetti dei CEM sulla salute umana”.

Il rapporto prosegue citando e analizzando gli studi relativi agli effetti di CEM ad alta e altissima frequenza (RF/MO: da 100 KHz a 300 GHz), che vengono riassunti e portano alle stesse conclusioni già espone nel rapporto ICNIRP del '96 (4). In pratica sia gli studi di laboratorio che le indagini epidemiologiche “confermano la conclusione che effetti biologici dannosi vengono provocati solo da aumenti della temperatura dei tessuti superiori a 1°C” mentre “in generale, gli effetti di RF modulate in ampiezza su sistemi biologici, a livelli tali da non produrre riscaldamento significativo dei tessuti, sono di scarsa entità e molto difficili da collegare con possibili effetti dannosi per la salute”.

In realtà, **da un esame analitico dei dati riportati nel rapporto emergono varie indicazioni sulla possibilità di induzione di aborti e di difetti dello sviluppo embrionale in donne esposte professionalmente a RF, come pure di un aumento del rischio di vari tipi di tumori in militari esposti a radar e di leucemie in popolazioni che vivono in prossimità di trasmettitori radio-TV.** Ma questi dati vengono considerati dall'ICNIRP poco significativi, o perché basati su un numero troppo ridotto di soggetti, o perché privi di misure sufficientemente precise dei livelli di esposizione, e comunque perché necessitano di ulteriori conferme. **Gli effetti sui sistemi cellulari e animali (soppressione dei meccanismi termoregolatori con conseguenze sul sistema nervoso centrale e sull'attività dei sistemi di controllo neuro-endocrino ipotalamico; alterazioni neurologiche neuromuscolari; aumento della permeabilità della barriera emato-encefalica; danni oculari, come opacizzazione delle lenti e anomalie della cornea; alterazioni immunologiche collegate alla risposta agli stress; cambiamenti ematologici; danni riproduttivi, come ridotta produzione di spermatozoi; fenomeni teratogenetici; cambiamenti della morfologia cellulare, del contenuto idrico ed elettrolitico, e delle funzioni della membrana cellulare, ecc.) sono attribuiti ad aumenti della temperatura corporea superiori a 1-2°C. I dati di cancerogenesi sull'animale, come quelli di**

Repacholi et al. (9), che mettono in evidenza un raddoppio dell'incidenza di linfomi in particolari ceppi di topi modificati geneticamente, dopo esposizione a MO alla frequenza usata per la telefonia cellulare (800 MHz) e ad intensità di campo troppo basse per produrre un rialzo significativo della temperatura corporea, e che perciò suggerirebbero un meccanismo d'azione cancerogenico non termico, non vengono presi in considerazione perché devono essere confermati, perché non è sufficientemente evidente una risposta proporzionale alla dose, e perché devono essere estesi ad altre specie animali prima di poter essere estrapolati all'uomo.

In conclusione, l'ICNIRP conferma le linee guida ed i limiti di esposizione già indicati per le esposizioni ELF e RF/MO, sia professionali che della popolazione comune, nei precedenti rapporti del 1988 e 1990 (IRPA/INIRC) per le ELF, e del 1996 (ICNIRP) per le RF/MO. I limiti di esposizione sono quelli riportati e ricavati come già illustrato (2.1.), in base a linee guida già definite dall'OMS/IRPA nel 1984 e da allora rimaste immutate.

2.4. IL "PROGETTO INTERNAZIONALE CEM" DELL'OMS (6).

Si è già detto come è nato, come è organizzato e quali scadenze ha questo progetto, che è coordinato dal prof. M. Repacholi e del quale vengono periodicamente pubblicati degli aggiornamenti (8).

Negli ultimi aggiornamenti resi noti, si afferma che **“un certo numero di studi, condotti a frequenze al di sopra di 1 MHz (RF), suggeriscono che l'esposizione a CEM, di intensità troppo deboli per causare riscaldamento dei tessuti, possono avere conseguenze negative sulla salute, compreso il cancro e la perdita della memoria.** Identificare e incoraggiare ricerche coordinate su questi temi aperti è uno degli obiettivi del progetto CEM”. Si afferma inoltre che **“sono stati segnalati altri effetti sul corpo umano dovuti a campi a RF di bassa intensità, presenti negli ambienti di vita.** Tuttavia questi studi non sono stati confermati da altri studi di laboratorio, oppure le loro implicazioni per la salute umana sono sconosciute. Comunque **questi studi hanno destato notevoli preoccupazioni circa un possibile aumento del rischio di cancro.** E' per questa ragione che essi sono seguiti e valutati nell'ambito del progetto CEM”. E si dice anche che: **“gli studi di cancerogenesi su animali non hanno fornito evidenze convincenti di un effetto sull'incidenza di tumori. Uno studio recente ha trovato che campi a RF, simili a quelli usati nelle telecomunicazioni mobili, aumentano l'incidenza di cancro in topi geneticamente modificati esposti in vicinanza (0,65 m) di un'antenna trasmittente RF.** Verranno condotti ulteriori studi per determinare quanto questi studi siano rilevanti per il cancro nell'uomo. Inoltre molti studi epidemiologici sull'uomo hanno considerato possibili connessioni tra l'esposizione a campi a RF ed un aumento del rischio di cancro. Al momento attuale questi studi non forniscono un'informazione sufficiente per un'appropriata valutazione del rischio di cancro nell'uomo, in conseguenza dell'esposizione a campi a RF, perché i loro risultati sono incoerenti. Ciò può essere spiegato da differenze nel progetto, nell'esecuzione e nell'interpretazione degli studi, comprese differenze nell'identificazione dei soggetti esposti in misura significativa e nella ricostruzione retrospettiva delle esposizioni. Il progetto internazionale CEM incoraggia ricerche coordinate in questo settore. **Per quanto riguarda le esposizioni a bassi livelli di campi RF, è stato segnalato che l'esposizione a livelli troppo bassi per produrre un riscaldamento altererebbe l'attività elettrica cerebrale nei gatti e nei conigli, attraverso variazioni di mobilità degli ioni calcio. Questo effetto è stato segnalato anche in tessuti e cellule isolati in vitro. Altri studi hanno suggerito che i campi a RF modifichino il tasso di proliferazione delle cellule, alterino l'attività enzimatica o agiscano sul DNA delle cellule.** Tuttavia, questi effetti non sono ben accertati e le loro implicazioni per la salute umana non sono comprese abbastanza bene da poter fornire una base per limitazioni dell'esposizione umana”.

In effetti, nonostante tutte queste affermazioni che dovrebbero orientare verso un atteggiamento cautelativo, la mancata adozione di un effettivo “principio di precauzione” porta alla seguente conclusione, di impostazione puramente conservativa: “i limiti di esposizione a campi RF

sono stati stabiliti dall'ICNIRP, un'organizzazione non governativa formalmente riconosciuta dall'OMS. Le linee guida dell'ICNIRP sono state sviluppate dopo revisioni critiche dell'intera letteratura scientifica accreditata, comprendente effetti termici e non termici. Le normative sono basate su una valutazione di quegli effetti biologici le cui conseguenze per la salute siano state dimostrate. L'obiettivo del progetto internazionale CEM è di stabilire se gli effetti biologici che sono stati segnalati in relazione all'esposizione a campi RF di bassa intensità possano avere conseguenze sanitarie. Se tali conseguenze venissero scoperte, ciò potrebbe comportare una revisione dei limiti di esposizione”.

2.5. LA POSIZIONE DEL PARLAMENTO EUROPEO SULLE LINEE-GUIDA ICNIRP/OMS (10) E LA RACCOMANDAZIONE 519/1999 DEL CONSIGLIO DELLA COMUNITA' EUROPEA (7).

Nel luglio 1998 il P.E., che già nel 1994 aveva varato la risoluzione 238 che raccomandava l'adozione di un atteggiamento di cautela nelle esposizioni a CEM, è stato consultato dal Consiglio della C.E. su una proposta di raccomandazione concernente “la limitazione dell'esposizione del pubblico ai CEM fra 0 Hz e 300 GHz”, basata integralmente sulle linee guida e sulle conclusioni operative dell'ICNIRP/OMS (vedi 2.1.,2.2., 2.3., 2.4.) già accolte nel Giugno '98 dal Comitato Scientifico della 24^a Direzione Generale della C.E. Il Parlamento, dopo aver demandato l'esame di tale proposta a proprie commissioni, ne ha approvato le conclusioni che contestano in più punti le posizioni ICNIRP/OMS sottolineando l'inopportunità di limitare la protezione dai CEM ai soli effetti sanitari acuti, conseguenti al riscaldamento dei tessuti, e suggerendo elementi di cautela rivolti alla protezione dagli effetti a lungo termine e da altri effetti di natura non termica, ritenendoli sufficientemente documentati. Le conclusioni del PE sono state trasmesse al Consiglio della CE con la richiesta da parte del Parlamento di essere nuovamente consultato qualora il Consiglio non avesse accettato le modifiche apportate al documento basato sulle linee-guida ICNIRP/OMS. Invece il Consiglio non ha tenuto conto di tali modifiche e, senza avere ulteriormente interpellato il Parlamento, ha approvato il 12.7.99 la Raccomandazione 1999/519/CE che recepisce integralmente le proposte ICNIRP/OMS.

Vale la pena di esaminare i due documenti, iniziando dalle conclusioni della relazione allegata alla proposta del Parlamento Europeo, che si riportano di seguito.

“Un'ampia rassegna degli studi e dei risultati sugli effetti biologici e sanitari delle radiazioni non-ionizzanti è già stata presentata nella relazione dell'On. Paul Lannoye acquisita dal PE. In tale relazione si affermava che ‘tutti questi risultati contribuiscono senza alcun dubbio ad assicurare una base scientifica affidabile alla quale devono appoggiarsi i legislatori per definire norme e regolamenti’. Inoltre si evidenziava che **‘anche se i meccanismi di induzione dei danni biologici non sono perfettamente chiariti, si dispone oggi di elementi sufficienti per adottare norme e regolamenti a partire da due principi guida: 1) il principio di precauzione, in base al quale in caso di dubbio è meglio evitare rischi anche ricorrendo all'opzione zero; 2) il principio dell'OMS, detto ALARA (As Low As Reasonably Achievable) in base al quale l'esposizione alle radiazioni deve essere la più bassa, per quanto ragionevolmente possibile, escludendo l'esposizione alle radiazioni evitabili’**. Dal 1994 ad oggi, inoltre, sono stati pubblicati ulteriori studi che rafforzano quanto già affermato nel rapporto Lannoye. Si tratta di pubblicazioni scientifiche ben note e autorevoli che sembrano però ignorate sia da chi ha redatto la relazione per la proposta di raccomandazione, sia dagli esperti del comitato scientifico della CE (come si può verificare dalla lettura della bibliografia citata nel parere). **Molti degli effetti descritti per i CEM a bassa frequenza (ELF) sono stati recentemente verificati anche con esposizioni ad alte frequenze, come quelle, ad esempio, dei sistemi di comunicazione, dei telefoni cellulari** e di alcune apparecchiature domestiche (si legga, a questo proposito, il libro di R. Santini ‘Telephones cellulaires: Danger?’ edito da M.

Pietteur nel 1998, che riporta un'ampia bibliografia).

In conclusione, le valutazioni della Commissione e del Comitato di esperti sono chiaramente in contraddizione con un gran numero di pubblicazioni scientifiche, apparentemente ignorate. E' evidente che **in base a un gran numero di dati scientifici non si può escludere né il rischio oncogeno, né i vari effetti biologici**: è dunque necessario applicare, come già indicato nel rapporto Lannoye, il principio di precauzione e il principio ALARA. Invece la raccomandazione proposta dalla Commissione afferma addirittura che ' non vi sono prove sperimentali che i CEM molto deboli causino danni genetici, per cui è estremamente improbabile che possano avere qualche effetto sull'insorgenza del cancro', ignorando totalmente il possibile effetto promotore; e conclude affermando che 'i dati epidemiologici risultano insufficienti per consentire la raccomandazione di un limite di esposizione'. In tal modo, la proposta della Commissione risulta meno rigorosa della normativa già esistente in vari paesi membri come la Svezia, il Granducato del Lussemburgo e l'Italia (D.M. 381/98).

Alla luce di questi elementi, si propone che gli Stati Membri indichino distanze minime di sicurezza da edifici pubblici, abitazioni, luoghi di lavoro per la costruzione di linee elettriche, radar e impianti di trasmissione e ritrasmissione radio-televisiva, compresi i ripetitori per i telefoni cellulari, oltre che degli apparecchi elettrici di uso domestico in grado di produrre campi elettromagnetici".

Esiste un altro rapporto fortemente critico nei riguardi della proposta di raccomandazione formulata dal Consiglio della CE, ed è quello stilato da un gruppo di esperti europei autodefinitisi, con chiaro accento polemico, "indipendenti" (11). Si tratta di un documento fondamentale per la critica serrata all'operato degli autori della raccomandazione citata, basata sui rapporti ICNIRP/OMS e riguardante la definizione degli standard di esposizione a campi ELF e RF. Vengono riportati i limiti sperimentali, verificati di persona dagli esperti "indipendenti" nei laboratori presso i quali sono stati realizzati alcuni degli studi sui quali sono state basate le conclusioni ICNIRP. A questi studi ne vengono contrapposti numerosissimi altri su sistemi cellulari in vitro e in vivo e sull'animale, risultati di indagini epidemiologiche su popolazioni umane esposte a CEM e raccomandazioni di agenzie internazionali e di gruppi di esperti, che contraddicono sostanzialmente la posizione ICNIRP/OMS/CE. **In particolare vengono sottolineati vari effetti comprovati dell'esposizione ai CEM:**

- 1) **L'induzione di tumori (leucemie infantili e dell'adulto, e vari altri tipi di tumori) a livelli di esposizione inferiori a quelli suggeriti come limite di sicurezza dalla CE ;**
- 2) **L'induzione su colture cellulari in vitro e su tessuti in vivo di alterazioni cromosomiche, di efflusso di calcio, di alterazioni delle membrane cellulari, di effetti su svariati sistemi enzimatici, in particolare su quelli implicati nella sintesi di poliamine e nell'attivazione di proto-oncogeni tumorali attivi anche nell'uomo (c-myc, c-fos, c-ras), fondamentali nel processo di trasformazione cellulare neoplastica;**
- 3) **L'effetto cancerogeno diretto su animali da laboratorio ;**
- 4) **L'azione promovente sull'induzione di tumori "iniziati" da altri agenti cancerogeni, ripetutamente osservata sull'animale in esperimenti di cancerogenesi con trattamenti combinati con radiazioni EM e svariati cancerogeni chimici "iniziatori", in particolare nitrosometilurea e dimetilbenzantracene;**
- 5) **la riduzione della sintesi della melatonina e le conseguenze che ciò comporta sull'attivazione di oncogeni e sul processo di cancerogenesi nell'uomo. Questo effetto dimostrerebbe in maniera indiscutibile l'esistenza di un modello d'azione dei campi CEM a livello della membrana cellulare, comune con quello di altri agenti**

“promotori”, con **conseguenze estremamente preoccupanti per l’amplificazione che ciò può determinare sull’azione di cancerogeni chimici “iniziatori”, comuni inquinanti degli ambienti in cui vive l’uomo.**

Vengono anche ampiamente discussi:

- 1) **i condizionamenti che le “lobbies” dell’elettricità, delle tele-radiocomunicazioni e della telefonia mobile sono in grado di esercitare sulla comunità scientifica e sul potere politico, grazie agli enormi budgets economici di cui dispongono;**
- 2) i pericoli che ne derivano, soprattutto quando tecnologie potenzialmente pericolose per la salute umana vengono largamente sviluppate senza che il consumatore, involontariamente esposto, sia in grado di percepirne i rischi;
- 3) una serie di interventi politici volti a limitare le esposizioni e a risanare le situazioni a rischio.

Il rapporto si chiude con la raccomandazione che nei 10 anni a venire vengano rigorosamente rispettati i limiti di 0.2 microT per le esposizioni ELF e di 2.5 V/m per le alte frequenze (RF/MO).

Nella raccomandazione 519/1999 varata dal Consiglio della Comunità Europea (7) si afferma inizialmente che

- 1) “coerentemente con il principio di proporzionalità, la presente raccomandazione definisce principi e metodi generali per la protezione dei singoli cittadini, demandando tuttavia agli stati membri l’adozione di norme specifiche per quanto riguarda le sorgenti e le attività che comportano l’esposizione ai CEM e la classificazione, in ambiente professionale o meno, delle condizioni di esposizione delle singole persone ai sensi delle disposizioni comunitarie in materia di protezione della sicurezza e della salute dei lavoratori;
- 2) **gli stati membri hanno facoltà, ai sensi del trattato, di fornire un livello di protezione più elevato di quello di cui alla presente raccomandazione;**
- 3) i provvedimenti adottati dagli stati membri in questo settore, siano essi vincolanti o meno, e il modo in cui essi tengono conto della presente raccomandazione, dovrebbero formare oggetto di relazione a livello nazionale e comunitario;
- 4) allo scopo di migliorare la conoscenza dei rischi e delle misure di protezione dai CEM, gli stati membri dovrebbero promuovere la diffusione dell’informazione e le norme di buona prassi in questo campo, in particolare per quanto riguarda la progettazione, l’installazione e l’uso di attrezzature, in modo da far sì che i livelli di esposizione non superino i limiti raccomandati;
- 5) **particolare attenzione dovrebbe essere rivolta ad un’adeguata informazione finalizzata alla comprensione dei rischi inerenti ai CEM, anche tenendo conto della percezione esistente in questo campo presso la popolazione;**
- 6) **gli stati membri dovrebbero considerare i progressi delle conoscenze scientifiche e della tecnologia in relazione ai sistemi di protezione dalle radiazioni non ionizzanti con un atteggiamento di precauzione, e dovrebbero prevedere la rassegna e la revisione su base sistematica, con le corrispondenti valutazioni, tenendo presenti**

gli indirizzi elaborati dalle organizzazioni internazionali competenti, quali l'ICNIRP”.

Nonostante queste premesse, che sembrerebbero indicare un atteggiamento cautelativo, la raccomandazione accoglie integralmente le linee guida e le conseguenti conclusioni dell'ICNIRP, relative alla definizione dei limiti di esposizione per le emissioni ELF e RF/MO, affermando che “il quadro comunitario, che si riferisce ad un'ampia documentazione scientifica già esistente, deve essere basato sui migliori dati scientifici e sui pareri più autorevoli disponibili in questo campo e dovrebbe comprendere limiti fondamentali e livelli di riferimento per l'esposizione ai CEM, tenendo presente che i limiti di esposizione raccomandati si basano soltanto su effetti accertati”.

3. I RAPPORTI DELLE PRINCIPALI ORGANIZZAZIONI E DEI CONGRESSI INTERNAZIONALI RICONDUCIBILI ALLA POSIZIONE CAUTELATIVA.

3.1. I PRIMI RICHIAMI ALLA PRUDENZA E LA POSIZIONE DI A. FIRSTENBERG.

I primi accenni alla opportunità di limitare le esposizioni ai CEM assumendo un atteggiamento di prudenza, visti i rischi potenziali per la salute umana suggeriti dalla letteratura scientifica, si trovano in un documento del 1984 dell'Agencia per la Protezione Ambientale degli Stati Uniti (EPA) che sottolinea che “la potenziale cancerogenicità dei CEM è stata periodicamente discussa in relazione alle radiazioni a RF fin dal 1953”, e che “la letteratura pertinente, che è scarna, è stata rivista con una piccola evidenza a sostegno del fatto che le esposizioni a RF risultano essere verosimilmente cancerogene. Ma la questione rimane controversa”. Nel 1994, poi, il PE ha votato una risoluzione (238/94) con la quale si invitano gli stati membri della CE a porre in atto accorgimenti per limitare le esposizioni non strettamente necessarie della popolazione ai CEM, raccomandando un atteggiamento di cautela, alla luce della letteratura scientifica sull'argomento.

Un importante documento sulla possibile pericolosità delle emissioni a RF/MO è il volume pubblicato da Arthur Firstenberg nel '97 (12) secondo il quale “mai nella storia dell'umanità milioni di persone sono state sottoposte a CEM ad altissima frequenza (MO) di tale intensità, per 24 ore al giorno e per 365 giorni all'anno, senza alcuna tregua”. Basti pensare che:

- 1) ancora nel 1957 non esisteva alcun satellite artificiale nello spazio, mentre oggi ce ne sono migliaia, lanciati da più di 130 diverse Nazioni, e il loro numero è in continuo e rapido aumento;
- 2) ci sono oggi in Italia più di 25.000 SRB, con la previsione di un raddoppio del loro numero entro pochi anni, in conseguenza dell'introduzione di nuove tecnologie (UMTS) e della proliferazione senza alcun limite dei telefoni cellulari;
- 3) già oggi il CEM “di fondo” (a RF/MO) misurabile in molte città è intorno a 0,1 Volt/m, cioè 10^{20} (cento miliardi di miliardi di) volte superiore al segnale elettromagnetico proveniente da una stella di media potenza, 10^{15} (un milione di miliardi di) volte superiore alla radiazione cosmica, 10.000 volte quella emessa da un satellite artificiale, 100.000 volte superiore a quello presente all'inizio del 1900, quando G. Marconi diede inizio alle prime trasmissioni radio, e 100 volte superiore al CEM “di fondo” già presente nelle stesse città alla fine degli anni '80, prima dell'inizio della telefonia mobile. E possiamo tranquillamente prevedere che la radiazione a RF/MO nella maggior parte dei centri abitati sia destinata ad aumentare ancora di circa 1.000 volte, a causa dell'attuale ritmo di espansione della telefonia cellulare, senza poter dire a quali livelli potrà arrivare.

Sempre secondo Firstenberg “questa tecnologia è più invasiva di ogni altra virtuale innovazione, ed ha la potenzialità di provocare una catastrofe di dimensioni mondiali”! Il testo fornisce poi un'ampia e aggiornata rassegna bibliografica sugli effetti delle RF/MO sul sistema nervoso, sul cuore, sul sangue, sul sistema immunitario, sull'accrescimento e sull'invecchiamento, con un'analisi comparativa degli effetti sui vari organi e sistemi. E riporta anche un'interessante discussione sui meccanismi molecolari e funzionali alla base degli effetti

osservati, **con particolare attenzione ai meccanismi e agli effetti non termici**. Molto interessante è la parte che riguarda **gli effetti cancerogeni delle RF/MO, con una rassegna di alcuni studi sperimentali sull'animale, con incrementi significativi di vari tipi di tumori, e di 4 studi epidemiologici (Honolulu, Sydney, Portland, Polonia), tutti con aumenti significativi di tumori e di mortalità nelle popolazioni esposte a intensità variabili da 0.2 a 100 micro W/cm² (0.9-20 V/m), e di uno studio sui militari polacchi, condotto su circa 128.000 persone negli anni dal 1971 al 1985, con esposizioni dell'ordine di 200 micro W/cm² (27 V/m) e un aumento di più del 100% dei tumori, in particolare leucemie. Importante anche il paragrafo sui danni genetici da RF/MO (aberrazioni cromosomiche, aborti spontanei e disturbi riproduttivi di vario tipo).**

3.2. IL CONGRESSO INTERNAZIONALE DI ROCKVILLE. (13)

Al Congresso di Rockville, nel Maryland, U.S.A. (7.2.1997) su **“Caratteristiche fisiche e possibili effetti biologici delle MO applicate alla telefonia cellulare”** (13) sono intervenuti vari scienziati, di alcuni dei quali si riportano gli interventi.

La Dott.ssa **E.M.CZERSKA** del Centro di Sanità Radiologica di Rockville ricorda preliminarmente che **alcuni tipi di telefoni cellulari utilizzano MO modulate a frequenza estremamente bassa (ELF): questa potrebbe essere la fonte di ulteriori preoccupazioni per la salute umana, tenuto conto dei numerosi rapporti che documentano effetti biologici delle ELF, inclusi quelli della stessa Czerska e di altri autori sulla stimolazione della proliferazione cellulare in vitro in condizioni di temperatura controllate (cioè senza rialzo termico). Riporta poi gli effetti su cellule coltivate in vitro di glioblastoma umano, dopo irradiazione in vitro con MO della stessa frequenza usata per i telefoni cellulari digitali.** La scelta di questa linea cellulare è stata suggerita dai dati della letteratura che documentano un'associazione tra l'uso di telefoni cellulari e la comparsa di glioblastomi cerebrali. Nelle colture esposte a MO per 24 ore si osserva **un aumento statisticamente significativo della proliferazione cellulare, dose-dipendente**. L'aumento di temperatura risulta minimo con le dosi di irradiazione più basse (fino a 1,6 W/kg di SAR), e raggiunge 1°C con un SAR di 4,8 W/kg. Tuttavia un riscaldamento delle colture cellulari di 1°C, in assenza di irradiazione con MO, non provoca una stimolazione della proliferazione dello stesso livello di quella osservata dopo irradiazione.

Il Dott. **S.F.CLEARY** del Collegio Medico dell'Univ. di Richmond, Virginia, U.S.A. **riporta i risultati ottenuti irradiando con MO diversi sistemi cellulari coltivati in vitro, in condizioni che non provocano rialzo termico. Si osservano diverse alterazioni di parametri fisiologici cellulari: 1) alterato trasporto e legame di cationi; 2) alterazioni della cinetica dei canali ionici; 3) alterazioni biochimiche; 4) effetti sul ciclo moltiplicativo cellulare; 5) modificazioni della proliferazione cellulare e della trasformazione neoplastica.** Questi effetti sono generalmente in relazione con alterazioni indotte dalle MO su “bersagli” collocati sulla membrana cellulare, capaci di innescare una serie di processi metabolici che danno luogo ai risultati sopra elencati.

Il Dott. **H.FREY** di Potomac, Maryland, U.S.A., ricorda le **crescenti segnalazioni sull'insorgenza di mali di testa associati all'uso di telefoni cellulari, più frequenti con i telefoni digitali che con gli analogici.** Riferisce quindi i risultati di suoi esperimenti su pazienti volontari irradiati con frequenze proprie della telefonia mobile, dai quali risulta che **l'associazione tra mali di testa e uso del cellulare è un dato reale e non un fenomeno psicosomatico.**

Il Dott. **H.LAI** del Centro di Bioingegneria dell'Univ. di Washington, Seattle, U.S.A., ricorda che **l'uso ripetuto del telefono cellulare può dare luogo ad effetti cumulativi su una zona circoscritta e cruciale del corpo umano, qual è il cervello, rompendo i meccanismi**

compensatori omeostatici e dando luogo a conseguenze dannose per la salute. Per di più, l'esposizione a MO modulate a frequenza estremamente bassa (ELF) aggiunge ulteriore preoccupazione dato che le esposizioni a onde ELF sono accompagnate da effetti biologici e sanitari particolarmente pericolosi. Una rassegna della letteratura mostra che l'irradiazione con MO a livelli di SAR relativamente bassi (meno di 2 W/kg) può produrre vari disturbi neurologici, tra i quali alterazioni della barriera emato-encefalica, del metabolismo, della morfologia, dell'elettrofisiologia del cervello, e dell'attività dei neurotrasmettitori.

Il Dott. R. ADEY del Centro Medico di Loma Lindo, California, U.S.A. **riporta un aumento di incidenza di tumori cerebrali, sia spontanei che indotti da cancerogeni chimici, in ratti cronicamente esposti ad irradiazione con le frequenze proprie della telefonia cellulare (836,55 MHz) a intensità di 1.0 mW/cm² (61 V/m). Trova anche evidenza di promozione di tumori cerebrali ad opera di CEM propri della telefonia cellulare in ratti esposti "in utero" a una singola dose del cancerogeno chimico etilnitrosourea (ENU), e successivamente esposti a cicli di irradiazione con MO per 24 mesi.** Ricorda poi che, dai dati di altri autori, risulta che sia i CEM ELF (50-60 Hz) che quelli a MO modulati a frequenza estremamente bassa (ELF) interagiscono con agenti chimici a livello di recettori della membrana cellulare. Questi recettori attivano enzimi intracellulari, i quali svolgono funzioni essenziali nella moltiplicazione cellulare. **I CEM potrebbero interferire con la morte cellulare programmata (apoptosi) dando luogo a cloni cellulari sopravvivenenti che parteciperebbero allo sviluppo della leucemia infantile (si vedano, a questo proposito, i dati sperimentali di F. Marinelli, riportati al paragrafo 3.13.).** In definitiva, l'idea che un danno al DNA sia di per sé sufficiente per la formazione di un tumore (come si potrebbe pensare sulla base del fatto che molti agenti cancerogeni sono genotossici) si scontra con l'evidenza che i tumori possono derivare anche dall'azione di agenti che non interagiscono direttamente col DNA nucleare (cancerogeni epigenetici), il cui sito d'azione sembra essere sulla membrana cellulare o nella matrice intercellulare.

Il Dott. R.S. MALYAPA della Scuola di Medicina dell'Univ. di St. Louis, U.S.A., sulla base di dati recenti che indicano che l'irradiazione con MO a 2450 MHz provoca rotture a singola e a doppia elica sul DNA nel cervello di ratti, utilizza un test sensibile (il "test cometa") per rilevare rotture a singola elica e siti alcali-labili (che sono un forma di danno "latente" sul DNA, che può dare luogo a rotture o mutazioni) in cellule di mammifero coltivate in vitro (fibroblasti di topo e cellule di glioblastoma umano) irradiate con MO modulate (835 MHz) e non modulate (2450 MHz). Le condizioni di SAR sono tali da provocare minimi rialzi termici (dell'ordine di +0.2° C). In questi esperimenti, a differenza che in quelli sopra citati, non viene messo in evidenza alcun danno al DNA ad opera dell'irradiazione con MO, mentre "controlli positivi" (radiazioni ionizzanti ed ultraviolette) producono, come atteso, danni evidenti (N.B. in nota si segnala che la ricerca è finanziata dalla Motorola Corporation, una compagnia di telefonia cellulare).

3.3. LA POSIZIONE DELL'ISPSEL E DELL'ISS (14, 15).

Fondamentale è poi la posizione decisamente cautelativa assunta alla fine degli anni '90 dall'ISPSEL e dall'ISS, i due massimi organismi scientifici di riferimento per il Ministero della Sanità italiano. Già nel '96 l'ISPSEL aveva esposto questa sua posizione (14) nella relazione predisposta in esecuzione della perizia sulla base della quale il TAR del Lazio, con ordinanza n° 3806 del 18.12.1996 confermata dal Consiglio di Stato con ord. N° 582 del 25.3.1997, ha disposto la sospensione cautelare del provvedimento di dichiarazione di pubblica utilità e urgenza per le opere di installazione di una SRB a

Roma, preferendo in tal modo tutelare in via continuativa l'interesse primario della salute. La relazione dell'ISPESL:

- a) segnala effetti sul sistema nervoso centrale di un uomo di complessione media in seguito ad esposizione a un campo elettrico di 1,5 V/m, mentre in un neonato tali effetti si osservano ad esposizioni di 0,6 V/m;
- b) cita dati secondo i quali campi a RF simili a quelli emessi dall'impianto in questione determinano in vitro, ma anche in vivo, una variazione significativa del flusso dello ione calcio attraverso la membrana cellulare a valori di campo EM assai inferiori ai limiti di esposizione;
- c) sottolinea il fatto che, nonostante siano ancora pochi gli studi epidemiologici che mettono in evidenza l'eventuale effetto cancerogenetico di questo tipo di radiazioni, data la comparsa relativamente recente di questo tipo di inquinamento EM, sono già disponibili alcune evidenze epidemiologiche significative;
- d) riporta dati relativi ad alterazioni funzionali in soggetti esposti a valori di campo EM inferiori a 2-3 V/m, e conclude affermando che ".....non appare possibile limitare, nel caso in ispecie, la valutazione della verifica effettuata, tenendo in considerazione soltanto gli effetti dell'esposizione dovuta al solo impianto Omnitel, senza tener presente che tali effetti si aggiungono a quelli del fondo EM generato dalle antenne circostanti, e senza tener conto della presenza di inquinanti chimici, presenti in una via a così intenso traffico urbano..."

Nella relazione dell'ISPESL viene anche citato un episodio che ben documenta quale sia l'atteggiamento di prudenza dei nostri parlamentari, quando è in gioco la loro personale sicurezza sanitaria, e che vale la pena di riportare testualmente: "Di questo atteggiamento di cautela si è fatto interprete di recente il Prof. Paolo Bernardi, docente della Facoltà di Ingegneria presso l'Università "La Sapienza" (di Roma). Infatti egli è stato incaricato dal Presidente della Camera, On. Pivetti, di valutare la pericolosità di un disturbatore per telefoni cellulari che era stato installato nell'aula del Parlamento allo scopo di impedire l'uso dei telefoni cellulari da parte dei deputati. Detto disturbatore emetteva un CEM con le stesse caratteristiche (dei CEM utilizzati per il funzionamento dei cellulari, n.d.a.), onde interferire con il funzionamento dei telefoni cellulari. I valori di CEM trovati nell'aula dal Prof. Bernardi si aggiravano attorno agli 0,1 V/m. Nella sua relazione (agli atti) il Prof. Bernardi ritenne che anche a così bassi valori fosse necessario assumere le necessarie cautele affinché le esposizioni non aumentassero". E il disturbatore, ovviamente, non venne installato perché, come continua la relazione "queste conclusioni sono conformi ad un atteggiamento di cautela che normalmente viene assunto allorché si è in presenza di esposizioni ad agenti la cui pericolosità non è ancora ben definita, allorché le esposizioni ad essi diventano illimitate nel tempo". Ebbene, come fa notare la relazione dell'ISPESL, i valori di CEM trovati nell'aula della Camera erano "circa 200 volte più bassi del valore-limite di 20 V/m della Legge della Regione Lazio n. 56/89" e circa 60 volte più bassi del valore di cautela di 6 V/m del D.M. 381/98 (n.d.a.)!¹

Successivamente, in un documento congiunto dell'ISS e dell'ISPESL del '98 (15), a conclusione di un'ampia e aggiornata rassegna della letteratura scientifica, si legge testualmente

¹ Si veda a pag. 79 il seguito, altrettanto interessante, di questa vicenda.

che “i rischi sanitari che dette norme (quelle dettate dalle linee-guida ICNIRP/OMS, n.d.a.) considerano ai fini della prevenzione sono però esclusivamente quelli da esposizioni di natura acuta, deterministica, per i quali è possibile quindi individuare valori di soglia. Ciò mantiene aperto il problema della protezione dai possibili effetti a lungo termine, in particolare la cancerogenesi, la cui gestione deve realizzarsi con modalità diverse da quella della definizione dei limiti di esposizione..... Si ritiene, pertanto, che i provvedimenti elaborati (dall’ICNIRP/OMS) per la tutela dagli effetti acuti debbano evidenziare che il rispetto dei valori massimi di esposizione è condizione necessaria ma non sufficiente per tutelare la popolazione dai possibili effetti a lungo termine connessi alle esposizioni ai campi elettromagnetici. I limiti proposti dall’ICNIRP sono basati, come già detto, su effetti acuti pienamente accertati, quali la stimolazione di muscoli e nervi periferici, scosse e ustioni derivanti dal contatto con conduttori e un aumento di temperatura nei tessuti dovuto all’assorbimento di energia..... Le questioni non trattate, in particolare quelle connesse al rischio cancerogeno, sono esplicitate con chiarezza e non si può pervenire alla conclusione affrettata che il rispetto dei limiti proposti rappresenti, tout court, una garanzia di assenza di rischi per la salute”. Il documento sottolinea anche che **“le successive indicazioni provenienti dall’epidemiologia e dalla sperimentazione, tra cui quella di grande rilievo dovuta al recente studio sperimentale australiano di Michael Repacholi (9), spingono ad assumere valori guida più cautelativi. Conforta in questa direzione il fatto che, per l’esposizione a RF, è tecnologicamente ed economicamente possibile raggiungere una riduzione degli attuali tetti massimi di esposizione, soprattutto nelle aree residenziali e destinate all’infanzia o alle strutture sanitarie”**.

3.4. IL RAPPORTO DELLA SOCIETA' REALE DEL CANADA (16).

Nel luglio '98 l'Ufficio Canadese per la Protezione della Salute dalle Radiazioni si è rivolto alla Società Reale del Canada chiedendo che una commissione di esperti venisse incaricata di redigere un rapporto sui potenziali rischi per la salute associati con l'esposizione a CEM a RF/MO prodotti dalle tecnologie già esistenti e da quelle in fase di sviluppo per la telefonia mobile. Il comitato, composto da scienziati canadesi e americani, ha pubblicato nel marzo 1999 un corposo rapporto (150 pagine) comprendente un'accurata rassegna della letteratura sugli effetti biologici e sanitari, termici e non termici, delle RF/MO. Poiché questa stessa letteratura è stata rivista e aggiornata negli anni seguenti dal “Rapporto Stewart” (2000) e dal “Rapporto Zmirou” (2001), dei quali si dirà nei prossimi paragrafi, se ne riferirà più in dettaglio in quella sede, mentre qui si riportano solo le conclusioni del Rapporto Canadese.

“1. Dall’esame della letteratura risulta chiaro che esiste una varietà di effetti biologici provocati dall’esposizione di cellule e animali a livelli non termici di CEM a MO. Tali effetti sono stati evidenziati in esperimenti eseguiti sulla base di protocolli convalidati, in presenza di controlli positivi e negativi, accompagnati da misure affidabili dell’intensità delle esposizioni; inoltre la valutazione dei risultati di questi esperimenti è basata su appropriate analisi statistiche, e i risultati sono stati confermati da sperimentatori diversi. L’importanza di questi effetti biologici non termici risiede nel loro grado di associazione con eventuali effetti dannosi per la salute. A giudizio del comitato, nonostante gli effetti biologici non termici possano essere associati ad effetti dannosi per la salute, per nessuno di essi è stata dimostrata, fino ad oggi, una chiara relazione causale. Tuttavia il comitato riconosce

che molti studi su animali e sull'uomo, riguardanti potenziali effetti dannosi per la salute e progettati per metterne in evidenza la correlazione con effetti biologici non termici, non hanno potere sufficiente per escludere del tutto che tale correlazione esista e che alcuni tipi di effetti sanitari possano verificarsi anche in condizioni non termiche. Perciò il comitato raccomanda che ricerche di questo tipo vengano stimulate e sostenute.

2. Il comitato non è a conoscenza di alcuna ricerca epidemiologica su popolazioni che risiedono in prossimità di SRB. Tuttavia, dato che in queste situazioni l'intensità dei CEM è particolarmente bassa, si ritiene che ricerche di questo tipo abbiano minore priorità perché hanno poca capacità di fornire informazioni utili. D'altra parte, poiché i telefoni cellulari sono in uso da un tempo relativamente limitato, dovranno essere eseguiti altri studi epidemiologici, oltre a quelli finora prodotti, per arrivare a stabilirne un eventuale effetto sanitario (p. es. di tipo cancerogenico), provocato da un'esposizione di lunga durata.

3. Rispetto ai telefoni mobili che utilizzano sistemi di trasmissione satellitari, la maggior parte delle nuove generazioni di cellulari utilizza emissioni di intensità significativamente inferiore, ma a frequenze che non sono state studiate adeguatamente per quanto riguarda i loro possibili effetti sulla salute umana. Inoltre l'effetto potenziale sulla salute provocato dalla modulazione a bassissima frequenza (ELF) dei segnali a MO, presente nella strumentazione cellulare, richiede particolare attenzione”.

Il rapporto si conclude con una serie di raccomandazioni pratiche e di suggerimenti sugli indirizzi da dare alle ricerche molto simili a quelli contenuti nel “Rapporto Stewart”, al quale si rimanda.

3.5. IL CONGRESSO INTERNAZIONALE DI VIENNA (17).

Al Congresso di Vienna (25-28 Ott.1998) sui “Possibili Effetti Biologici e Sanitari dei Campi Elettromagnetici a RF” hanno partecipato una ventina di scienziati, tra i quali i già citati C. Blackman, N. Cherry, M. Kundi, H. Lai, W. Mosgoller, S. Szmigielski e L. Verschaeve, che, al termine del Congresso, **hanno approvato la seguente risoluzione.**

1. **I partecipanti concordano nell'affermare che gli effetti biologici provocati da esposizioni a CEM a RF di bassa intensità sono scientificamente dimostrati.** Tuttavia il livello corrente del consenso scientifico su questo punto è insufficiente perché se ne possano ricavare limiti di esposizione affidabili. L'attuale evidenza scientifica circa gli effetti biologici a bassi livelli di CEM (cioè al di sotto della soglia termica) richiede ulteriori ricerche sperimentali sul possibile impatto di tali effetti

sulla salute umana e una valutazione adeguata dei livelli di esposizione.

2. **La popolazione deve essere coinvolta per tempo nella programmazione delle stazioni radio-base.** A questo fine devono essere rese accessibili le informazioni sui dati tecnici dell'impianto e sui livelli di esposizione, come pure ogni informazione sullo stato del dibattito scientifico relativo agli effetti sulla salute. Deve anche essere resa possibile la partecipazione della popolazione a livello decisionale sui limiti di esposizione, sulla scelta dei siti di localizzazione degli impianti, ecc.

3. Devono essere forniti agli utilizzatori di telefoni cellulari i dati tecnici che rendono possibile la valutazione dei livelli di esposizione ai CEM. Al fine di promuovere un uso prudente di tali apparecchiature, deve essere fornita un'informazione sufficiente e corretta sullo stato del dibattito scientifico relativo agli effetti sulla salute della tecnologia in uso. Questo dovrebbe offrire la possibilità agli utilizzatori di programmare volontariamente una riduzione dell'esposizione EM. Inoltre, ciò dovrebbe stimolare lo sviluppo di tecnologie caratterizzate da emissioni EM di minore intensità.

Tra i contributi scientifici presentati si segnalano i seguenti:

Il Dott. **C.F.BLACKMAN**, dell'E.P.A. di Research Triangle Park, North Carolina, U.S.A., dopo aver ricordato che le radiazioni a RF possono provocare aumenti di temperatura nei tessuti biologici dovuti essenzialmente all'interazione dei CEM con le molecole d'acqua cariche (dipoli), sottolinea il fatto che **sono state osservate altre risposte biologiche che non dipendono da aumenti della temperatura corporea indotti dai CEM. Riporta quindi i dati che dimostrano effetti biologici delle RF modulate a bassa frequenza sugli equilibri degli ioni Calcio, regolatori critici dei segnali cellulari coinvolti nella maggior parte dei processi di trasduzione. Alcuni esperimenti recenti hanno poi messo in evidenza l'influenza di CEM a bassa frequenza, come sono quelli usati nella modulazione delle RF utilizzate nella telefonia cellulare, sulla differenziazione e sul controllo della crescita e della proliferazione cellulare.** Questi esperimenti hanno permesso di determinare una varietà di parametri espositivi critici alle basse frequenze, correlati con la produzione di specifiche risposte cellulari: tali parametri espositivi risultano del tutto analoghi a precise condizioni chimiche essenziali per produrre alcuni effetti tossicologici nei sistemi biologici. Il fatto che CEM a basse frequenze ben definite o a RF modulate a bassa frequenza possano indurre cambiamenti in processi critici di controllo biologico è ormai accertato.

Il Dott. **N. CHERRY** della Lincoln Univ., Canterbury, Nuova Zelanda, ricorda che, dopo la prima osservazione del 1959 della capacità dei CEM a RF di produrre rotture cromosomiche, **molti studi hanno rilevato rotture al DNA e aberrazioni cromosomiche in cellule animali e umane coltivate in vitro e anche in animali e soggetti umani esposti in vivo. Colture cellulari esposte a RF/MO vanno incontro anche a trasformazione neoplastica, e anche l'esposizione cronica di animali a RF/MO pulsanti o modulate dà luogo ad un aumento di tumori. I CEM a RF/MO provocano inoltre cambiamenti nella concentrazione intracellulare di ioni Calcio, diminuzione della sintesi di melatonina, e danni cellulari dovuti ad un aumento dei radicali liberi. Alcuni studi epidemiologici, infine, documentano aumenti statisticamente significativi di tumori in popolazioni esposte a RF/MO.** I telefoni cellulari espongono gli utilizzatori ad elevati livelli di CEM a RF/MO, soprattutto nella zona della testa, e rendono molto probabile un

effetto cancerogeno, soprattutto su alcune zone del cervello. Perciò i telefoni cellulari dovrebbero portare dei marchi che segnalano i pericoli per la salute insiti nel loro uso.

Il Dott. **L. VON KLITZING** dell'Univ. di Lubeca, Germania, sottolinea come il fatto che **la discussione sugli effetti biologici dei CEM sia così controversa dipenda dall'ignoranza che riguarda la "struttura biocibernetica" dell'organismo umano**. Le linee-guida che hanno fissato i livelli di esposizione prendono in considerazione soltanto il trasferimento di energia e il conseguente riscaldamento dei tessuti umani, ma non considerano il delicato biosistema che caratterizza gli esseri umani: **CEM a livelli di energia estremamente bassi influenzano varie funzioni biologiche in maniera dipendente dalle frequenze (e non tanto dalle energie) utilizzate, e producono effetti biologici diversi dal riscaldamento**, che non possono essere spiegati sulla sola base delle leggi fisiche ben note e generalmente accettate. Riferisce poi i risultati di **alcuni test eseguiti su persone sane per verificare l'effetto di MO modulate a basse frequenze, emesse da telefoni cellulari, su alcuni parametri fisiologici: sia i dati elettroencefalografici che la regolazione del flusso periferico del sangue risultano influenzati da esposizioni anche di breve durata**.

Il Dott. **T. LITOVITZ** dell'Univ. Cattolica di Washington, U.S.A., segnala che **c'è ormai una consolidata evidenza sperimentale che dimostra che i segnali a RF/MO modulati a basse frequenze producono una varietà di effetti biologici**. Riporta quindi una serie di considerazioni e di dati in base ai quali conclude che anche la trasmissione di segnali a RF/MO da parte di cellulari GSM/TDMA, nei quali è stato potenziato il sistema di regolazione e/o di trasmissione DTS, possono dare luogo ad effetti biologici significativi.

Il Dott. **K.H. MILD** dell'Ist. Nazionale del Lavoro di Umea, Svezia, ricorda che dal 1995 diverse persone hanno segnalato **malesseri collegati all'uso dei cellulari: mali di testa, depressione e ansietà, sensazione di caldo attorno all'orecchio, difficoltà di concentrazione ecc.** Le segnalazioni sono più numerose tra gli utilizzatori di cellulari GSM, che emettono MO modulate a ELF, per i quali, in genere, i limiti di esposizione risultano meno cautelativi. Riporta quindi **i risultati di una sua ampia indagine epidemiologica che ha coinvolto quasi 15.000 utilizzatori di cellulari di diversa tipologia, dai risultati della quale risulta confermata una associazione statisticamente significativa tra durata della telefonata/numero di telefonate giornaliere e prevalenza delle sintomatologie sopra indicate**.

Il Dott. **S. ROESCHKE** dell'Univ. di Mainz, Germania, riporta i risultati di una sua ricerca sugli **effetti dei CEM emessi da cellulari digitali GSM sull'elettroencefalogramma (EEG) di volontari umani**. Descrive una varietà di alterazioni, delle quali le più significative riguardano l'andamento dell'EEG **durante la fase REM del sonno, che risulta alterata sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo**. In pratica, i CEM emessi dai cellulari diminuiscono la durata, il tempo di latenza e l'entità della fase REM, il che fa pensare ad un effetto soppressivo su questa fase del sonno. Anche l'analisi spettrale dell'EEG durante la fase REM risulta alterata, ciò che non si osserva durante le altre fasi del sonno e durante lo stato di veglia.

Il Dott. **U. WARNKE** dell'Univ. di Saarland, Saarbrücken, Austria, sottolinea il fatto che i risultati di esperimenti sugli effetti sull'uomo di CEM a bassissimo livello di energia sono spesso poco riproducibili. Questo dipende dalla complessità di vari parametri, che si possono comprendere solo se si tiene presente che **l'organismo umano è una entità quantica** ("a quantum construction"): tutti gli organismi sono costruiti ed operano con lo stesso tipo di energia quantica, rappresentato dalle forze elettromagnetiche, e, in determinate circostanze, anche con lo stesso spettro di energie (e con le stesse frequenze) di quelle usate da una sorgente tecnologica (telefono cellulare, ripetitore rice-trasmittente, ecc.) usata per le radiotelecomunicazioni. Questo concetto è di fondamentale importanza per capire **i meccanismi delle interferenze e delle interazioni energetiche, che possono dare luogo a cambiamenti in fondamentali funzioni biologiche**. Nell'intervento descrive due esempi delle conseguenze di tali interferenze provocate da CEM a bassa energia: le modificazioni provocate dai CEM sui quanti di energia emessi dalle membrane dei neuroni depolarizzati e l'influenza dei CEM sugli oscillatori neuronali.

3.6. IL RAPPORTO STEWART (18).

Si tratta del rapporto redatto da un Comitato di esperti nominato dal Governo Inglese per esaminare i problemi sanitari creati dalla telefonia mobile (MO). Il Comitato, presieduto dal Prof. Sir William Stewart (Presidente della Royal Society di Londra e di quella di Edinburgo, nonché della Società Inglese di Microbiologia) e formato da una dozzina di autorevoli scienziati (tra i quali M. Repacholi), ha svolto i suoi lavori consultando anche comitati “spontanei” di cittadini, membri del Parlamento inglese, giornalisti specializzati, associazioni con interessi specifici nel settore, e industrie delle telecomunicazioni.

Il “Rapporto Stewart” è molto corposo (160 pagine), estremamente accurato, e contiene una rassegna molto aggiornata della letteratura scientifica, i cui risultati vengono discussi con molto rigore e obiettività e sono riassunti per argomenti. **Se ne riportano qui di seguito le conclusioni, poste alla fine di ogni singolo paragrafo.**

[1] **Meccanismi di interazione delle radiofrequenze con i tessuti. I campi elettrici e magnetici prodotti nel nostro corpo da una sorgente EM possono provocare effetti biologici mediante meccanismi termici e non termici.** Gli effetti termici sono ben documentabili: essi sono la causa degli effetti sanitari a breve termine dei CEM, che costituiscono la base per la definizione dei limiti di esposizione (p. es. dell’ICNIRP/OMS/CE, n.d.a.). Per quanto riguarda i meccanismi non termici, nessuno dei quali può essere escluso a priori, uno di questi potrebbe essere rappresentato dalla risonanza con cui un sistema biologico reagisce a particolari frequenze dei CEM, risultando invece insensibile ad altre frequenze (si veda al punto 3.9. quanto sostiene G. Hyland a questo proposito, n.d.a.). Altri meccanismi discussi in dettaglio nel “Rapporto Stewart” sono: 1- la produzione ed il movimento di ioni ad opera di CEM oscillanti; 2- l’aggregazione di cellule polarizzate, cioè caricate elettricamente in modo da formare dei dipoli, ad opera di un campo elettrico; 3- la polarizzazione delle membrane cellulari e la produzione di correnti sulla loro superficie, con conseguenze sul trasporto e sul movimento di molecole e ioni lungo e attraverso le membrane; 4- la denaturazione di molecole proteiche, con modificazioni della loro struttura e/o perdita della loro funzionalità.

[2] **Effetti sulle membrane cellulari. Ci sono evidenze che i CEM a MO alterano le proteine delle membrane e modificano il movimento di ioni attraverso la membrana stessa.** Alcuni di questi effetti sembrano verificarsi solo a temperature al di sotto della temperatura corporea o, al contrario, ad intensità di CEM che provocano un riscaldamento significativo. Tuttavia **alcuni dati suggeriscono che RF analoghe a quelle usate nella telefonia mobile possano influenzare i canali ionici delle membrane e altre proteine di membrana delle cellule nervose del cervello, anche in condizioni normali di temperatura. Ciò potrebbe provocare modificazioni delle funzioni cellulari,** ma il significato di questi effetti sulla salute umana è incerto. Inoltre questi effetti non sono stati confermati.

[3] **Efflusso del calcio.** Sebbene il grosso delle evidenze sperimentali suggerisca che l’esposizione a MO, a intensità troppo basse per produrre un riscaldamento significativo dei tessuti, aumenta il rilascio dello ione calcio da parte del tessuto cerebrale, i risultati sono in parte contraddittori. L’osservazione che **questi effetti si verificano soprattutto con CEM modulati in ampiezza a basse frequenze** sarebbe preoccupante per l’uso che viene fatto di questa tecnologia nella telefonia mobile, ma è difficile da interpretare. Inoltre nella telefonia cellulare la modulazione di ampiezza entro la banda critica di frequenza è di entità molto modesta, e infine, anche se un effetto di questo tipo si verificasse nelle emissioni dei cellulari, le sue implicazioni sulle funzioni cellulari sarebbero comunque poco chiare, e un rischio per la salute non sarebbe scontato. **Ad ogni modo, come misura precauzionale, modulazioni di ampiezza attorno alla frequenza di 16 Hz dovrebbero essere evitate, se possibile, nello sviluppo delle nuove generazioni dei telefoni cellulari.**

[4] Eccitabilità dei neuroni. C'è una buona evidenza che l'esposizione a MO di alta intensità, sufficiente a provocare riscaldamento significativo, riduce l'eccitabilità dei neuroni, mentre esposizioni che non provocano rialzo termico non danno questo tipo di effetto.

[5] **Sistemi neurotrasmettitori.** La maggior parte dei dati di letteratura si riferisce a condizioni di esposizione a MO che provocano effetti sui sistemi di termoregolazione in seguito ad eccessivo riscaldamento. Tuttavia, **in vista del ruolo essenziale che i neurotrasmettitori rivestono nel funzionamento del cervello, e per il coinvolgimento di specifici sistemi di trasmissione nervosa nella regolazione delle emozioni, della memoria, del sonno ecc., questa tematica richiede ulteriori ricerche, comprese quelle dirette ad accertare effetti di questo tipo direttamente su soggetti umani volontari.**

[6] **Effetti sull'encefalogramma in animali.** In generale gli studi in questione hanno impiegato CEM diversi da quelli prodotti dalla telefonia mobile, ed i risultati non sono univoci. Tuttavia **alcuni esperimenti hanno fornito l'evidenza di effetti non termici delle MO sull'attività cerebrale.**

[7] Percezioni uditive. La percezione uditiva di CEM a MO pulsanti di forte intensità può dare luogo a risposte comportamentali, ma il fenomeno non è stato studiato in condizioni rilevanti per l'uso della telefonia mobile, ed è improbabile che si verifichi anche alle intensità di picco dei campi pulsanti usati dai cellulari.

[8] Apprendimento e memoria. Queste funzioni sono certamente alterate quando i CEM provocano un riscaldamento tissutale superiore a 1°C, mentre non ci sono evidenze sperimentali consistenti che lo stesso si verifichi mediante meccanismi non termici. Alcuni dati in questo senso sono infatti poco rilevanti perché le modificazioni osservate non sono statisticamente significative, e perché non sono state riprodotte da esperimenti di altri autori. Tuttavia occorrono altre ricerche su questo argomento, soprattutto su volontari.

[9] Effetti sulla barriera emato-encefalica. L'evidenza di questo tipo di effetti è inconsistente e contraddittoria. Recentemente esperimenti bene eseguiti non hanno messo in evidenza alcun effetto.

[10] Effetti sulla sintesi di melatonina. I risultati sono in generale negativi, inoltre la ghiandola pineale che produce questo ormone, importante perché svolge, tra gli altri, un effetto protettore nei confronti di alcuni tipi di cancro, in particolare di quello mammario, è situata, nella testa dell'uomo, a un livello molto meno superficiale che negli animali. Perciò un eventuale effetto di inibizione sulla produzione di melatonina nell'animale sarebbe sensibilmente ridotto nell'uomo.

[11] **Effetti sull'occhio.** Si tratta di vari effetti (cataratta, lesioni della cornea, degenerazione dei fotorecettori retinici, ecc.) osservati, in genere, a livelli di SAR superiori a quelli fissati come limite di esposizione per la telefonia cellulare. Tuttavia **questi studi destano preoccupazione in vista dei possibili effetti sanitari sull'occhio provocati dai picchi di intensità dei CEM a MO pulsanti usati nella telefonia cellulare.**

[12] **Effetti che possono avere rilevanza sulla cancerogenesi.**

[12.1]. **Ornitina de-carbossilasi (ODC).** L'attivazione di questo enzima può avere un ruolo nella fase di promozione della cancerogenesi, come dimostrato dall'azione di alcuni ben noti agenti promotori come gli esteri di forbole. E' stato dimostrato che i CEM a bassissima frequenza (ELF) aumentano significativamente la sintesi di ODC, e che **i campi a MO pulsanti e modulati a basse frequenze, come quelli usati nella telefonia cellulare, possono provocare piccoli incrementi nei livelli di ODC, anche a livelli di intensità non termici.** Tuttavia è improbabile che questi moderati effetti possano avere un effetto di promozione, cioè possano potenziare l'effetto di agenti cancerogeni iniziatori, o di co-promozione, cioè possano contribuire alla promozione tumorale da parte di altri agenti.

[12.2.] **Espressione genica.** **Molta impressione ha destato uno studio recente (19), pubblicato sulla prestigiosa rivista "Nature", eseguito su un verme, che ha messo in evidenza un sensibile aumento dell'espressione genica che potrebbe avere rilevanza nel processo di cancerogenesi, in condizioni di trattamento con CEM a MO che non danno effetti termici (si**

vedano, a questo proposito, i risultati di De Pomerai riportati al pragrafo 3.13.). Questo modello sperimentale e altri simili, che utilizzano cellule di mammiferi coltivate in vitro, potrebbero essere molto utili per chiarire le risposte genetiche ai CEM a MO, sulle quali non può ancora essere espresso un parere definitivo.

[12.3.] **Effetti sulla crescita, sulla sopravvivenza e sulla proliferazione cellulare.** Nell'insieme, i dati non mostrano effetti significativi dei campi a MO su questi parametri, fatta eccezione per **uno studio che mostra un incremento della proliferazione cellulare a livelli di SAR che non danno effetto termico**, studio che però deve essere replicato.

[12.4.] Effetti genotossici. L'insieme dei dati suggerisce che, in assenza di un effetto termico, i CEM a MO non inducono mutazioni nelle cellule somatiche né in quelle germinali. I dati relativi a danni al DNA e ad effetti a livello cromosomico sono contraddittori. Sembra dunque improbabile che i CEM a MO possano agire come iniziatori della cancerogenesi.

[13] **Cancerogenesi nell'animale.** Alcuni studi sperimentali su roditori suggeriscono che le MO possono indurre direttamente (iniziare) la formazione di tumori, promuovere (cioè potenziare) l'effetto di agenti noti per essere cancerogeni iniziatori, e promuovere la crescita di tumori già iniziati, quando questi vengono trapiantati su un altro animale. In alcuni di questi studi l'intensità dei CEM è sufficientemente alta da poter produrre effetti termici. Nell'insieme, però, **i dati forniscono un'evidenza ancora contraddittoria sulla capacità cancerogena delle MO.**

[14] Effetti sulla riproduzione. Sulla base di studi compiuti su roditori non c'è evidenza convincente che l'esposizione a MO comporti un qualche rischio per l'embrione o per la fertilità maschile. **C'è però uno studio che descrive una drammatica diminuzione di fertilità in topi maschi, irradiati con campi a MO di debolissima intensità** nelle vicinanze di una concentrazione di almeno 100 ripetitori radio-TV in Grecia (il "parco delle antenne" a Thessaloniki), ma ci sono dubbi circa il fatto che l'effetto possa essere provocato da una irradiazione di bassa intensità, e sarebbe importante ripetere questa osservazione in condizioni meglio controllate.

[15] **Studi su volontari**. L'esposizione di soggetti umani volontari a segnali a MO di intensità superiori ai limiti di esposizione propri della telefonia mobile provoca effetti acuti su funzioni cerebrali (capacità cognitive quali memoria, attenzione e concentrazione) accompagnati da modificazioni dell'elettroencefalogramma, che possono influenzare il comportamento. Il meccanismo causale di questi disturbi non è noto, ma potrebbe includere un debole riscaldamento localizzato. **Anche se i dati disponibili non mettono in evidenza effetti dei telefoni cellulari sulle funzioni cardiache e sulla circolazione, questo argomento merita di essere approfondito per la presenza di alcune segnalazioni contrastanti. Infatti alcuni autori hanno osservato effetti acuti sulla pressione sanguigna in volontari esposti a un cellulare GSM posizionato vicino al lato destro del capo, e l'effetto è stato attribuito ad una eccessiva vasocostrizione innescata da un aumento dell'attività del sistema simpatico a livello del tronco encefalico.** Ma questo dato deve essere confermato.

[16] Studi epidemiologici sull'uomo. A parte il rischio ormai ben assodato di incidenti associati all'uso del cellulare durante la guida dell'automobile, non ci sono evidenze epidemiologiche sufficientemente convincenti di una relazione causale tra esposizioni a campi a MO generati dai cellulari e induzione di tumori di qualsiasi tipo. Un numero significativo di persone segnalano sintomi quali stanchezza, male di testa, sensazioni di calore vicino all'orecchio durante o subito dopo l'uso del cellulare, ma non è chiaro se e fino a quale livello tali sintomi siano provocati dai CEM del cellulare.

Seguono una serie di considerazioni e di proposte operative che si ritiene utile riportare in dettaglio. Secondo il Comitato Stewart:

1. **ci sono due tipi di effetti diretti, termici e non termici**, e anche effetti indiretti (p. es. quelli su chi guida usando il cellulare, o quelli su chi vive e soprattutto su chi frequenta le scuole in prossimità di una SRB);

2. l'insieme dei dati suggerisce che l'esposizione al di sotto dei limiti ICNIRP non produce effetti dannosi alla salute sulla popolazione generale. Tuttavia **c'è ora evidenza scientifica che ci possono essere effetti biologici al di sotto di questi livelli di esposizione, e non si sa che relazione ci possa essere tra questi effetti biologici e possibili danni sanitari;**
3. **le popolazioni non sono geneticamente omogenee e le persone hanno diversi gradi di sensibilità ai danni ambientali. Perciò oggi non è possibile garantire che l'esposizione a MO, anche al di sotto dei limiti stabiliti, sia totalmente priva di effetti dannosi, e i vuoti di conoscenza scientifica sono sufficienti a giustificare un approccio precauzionale;**
4. **si raccomanda un approccio precauzionale all'uso delle tecnologie di telefonia mobile fino a quando non sarà disponibile un'informazione più dettagliata e più valida scientificamente su qualsiasi tipo possibile di effetto dannoso;**
5. **un approccio precauzionale non è certo privo di costi, tuttavia lo si considera essenziale in questo stadio di conoscenza ancora insufficiente sull'impatto delle tecnologie di telefonia mobile sui sistemi biologici e sulla salute umana;**
6. si raccomanda che il governo nazionale, le amministrazioni locali, le industrie del settore e i consumatori, vengano tutti attivamente coinvolti nell'indirizzare la loro attenzione sui possibili effetti della telefonia mobile sulla salute.

Inoltre il Comitato Stewart formula **le seguenti raccomandazioni al Governo Britannico:**

1. **venga costituito un registro dei lavoratori esposti e venga tenuta sotto controllo la mortalità per cancro e la comparsa di ogni effetto dannoso alla salute.** In caso di segnalazioni positive, venga stabilito un sistema di sorveglianza sanitaria;
2. nonostante l'insieme delle evidenze scientifiche indichi che non vi sono rischi per la salute per chi vive in prossimità di SRB, ci possono essere effetti dannosi indiretti in certi casi. Perciò **si raccomanda che vengano revocati i permessi (concessioni) per tutte le SRB, comprese quelle con tralicci inferiori a 15 m, e che la collocazione di tutte le vecchie e nuove SRB venga assoggettata a un normale processo di pianificazione;**
3. si raccomanda che il Governo, di concerto con le industrie e con i consumatori, sviluppi un **protocollo che possa essere usato per impostare il processo di pianificazione delle SRB** e che questo venga assiduamente e pubblicamente seguito, prima che vengano dati i permessi per l'installazione di nuove SRB. Questo protocollo dovrebbe essere pronto entro 12 mesi, e dovrebbe assicurare il coinvolgimento della popolazione e un sistema di documentazione molto chiaro e facilmente consultabile;
4. il Governo dovrebbe **costituire un "database" (inventario) con i dettagli di tutte le SRB e delle loro emissioni;**
5. dovrebbe essere attivato **un sistema indipendente, "random" (a caso) e continuo di sorveglianza delle emissioni, per essere certi che non vengano superati i limiti di emissione al di fuori delle "zone di esclusione" delle SRB. Particolare attenzione deve essere fatta per le SRB prossime alle scuole o ad altri siti sensibili;**
6. **per le SRB a macrocelle situate sul terreno delle scuole, il fascio di emissione a maggiore intensità non deve cadere su alcuna parte della scuola (giardino incluso) senza il consenso della scuola e dei genitori. Lo stesso deve essere fatto per le SRB situate in prossimità delle scuole e dei loro parchi-giochi;**
7. deve essere assicurato che, nel pianificare la collocazione di una SRB, **l'autorità competente garantisca che i CEM a MO ai quali la popolazione è esposta vengano mantenuti al livello più basso, compatibile con il sistema di telecomunicazioni;**
8. i livelli di SAR dei telefoni cellulari devono essere accessibili ai consumatori;
9. **se ci sono effetti dannosi per la salute tuttora sconosciuti, i bambini ne sarebbero particolarmente vulnerabili perché il loro sistema nervoso è ancora in fase di sviluppo, perché è maggiore l'assorbimento di energia dalla loro testa, e perché la durata della loro esposizione nel corso della intera vita è più lunga.** In accordo col principio di precauzione, l'uso ormai diffuso di cellulari da parte dei bambini per chiamate non essenziali deve essere

scoraggiato. Le industrie non devono usare alcun mezzo per promuovere l'uso dei cellulari da parte dei bambini.

Per quanto riguarda la ricerca relativa agli effetti sanitari il Comitato Stewart raccomanda:

1. anche se non c'è evidenza che le radiazioni a MO usate nella telefonia mobile (cellulari e SRB) possano indurre il cancro, **c'è ora evidenza di effetti su varie funzioni biologiche, incluse le attività del cervello. Questa è un'altra ragione per usare un approccio di precauzione. In particolare è stata espressa preoccupazione circa il fatto che la natura pulsante dei segnali dei cellulari e delle SRB possa determinare un impatto sulle funzioni cerebrali. Questo è un effetto particolarmente subdolo, che richiede ulteriori ricerche, soprattutto se i segnali pulsanti continueranno ad essere usati nella 3° generazione (UMTS);**
2. si raccomandano le seguenti priorità nella ricerca, che deve essere rivolta soprattutto ai seguenti temi: 1) effetti sulle funzioni cerebrali; 2) conseguenze dell'esposizione a segnali pulsanti; 3) miglioramento delle tecniche di dosimetria; 4) possibili effetti sulle funzioni sub-cellulari e sui cambiamenti cellulari indotti dalle MO; 5) studi psicologici e sociologici sugli effetti della telefonia mobile; 6) studi epidemiologici e su volontari, compresi bambini e individui che ci si può aspettare siano più sensibili alle MO;
3. deve essere attivato un programma di ricerche sostanzioso, sotto l'egida di un comitato chiaramente indipendente. Tale programma, vista la situazione delle conoscenze scientifiche, deve prendere in esame la letteratura sottoposta a "referees" (cioè gli articoli pubblicati solo dopo essere stati esaminati e approvati dal comitato scientifico di redazione della rivista, n.d.a.), gli articoli senza referaggio, e persino le segnalazioni di carattere aneddotico. Il programma dovrebbe essere finanziato 50/50 dai gestori e dal settore pubblico;
4. lo stato dell'arte sui possibili effetti sanitari della telefonia mobile dovrebbe essere rivisto e aggiornato ogni 3 anni.

Il "Rapporto Stewart" è stato inviato al Governo Inglese alla fine del '99 ed è stato divulgato tramite una conferenza pubblica tenutasi a Londra l'11/5/2000.

A conclusione va segnalato che, **nella sua risposta (20), il Governo Inglese sottolinea punto per punto il suo accordo con i pareri espressi dal Comitato, e ne accoglie tutte le raccomandazioni pratiche.**

3.7. LA CONFERENZA INTERNAZIONALE DI SALISBURGO SULLE SRB (21).

Negli ultimi tre anni diversi autori, in particolare C. Blackman (22), N. Cherry (23), A. Giovanazzi (24), M. Kundi (25) e G. Oftedal (26), hanno pubblicato revisioni di dati della letteratura e nuovi dati da loro stessi ottenuti, giungendo a posizioni fortemente cautelative nei riguardi delle esposizioni a CEM. Molti di questi autori hanno anche preso parte alla **"Conferenza Internazionale di Salisburgo sulle Stazioni Radio Base per la Telefonia Mobile" (21), tenutasi nel Giugno 2000, che ha visto la partecipazione di 293 scienziati in rappresentanza di 23 nazioni**, e i cui atti costituiscono un documento fondamentale. Va però premesso che **i fautori della posizione "conservativa", cioè gli scienziati che fanno capo all'ICNIRP e al "Progetto CEM" dell'OMS, pur essendo stati invitati a parteciparvi in veste di relatori, non si sono presentati alla Conferenza. Questo atteggiamento è stato fortemente criticato nel discorso introduttivo alla Conferenza tenuto dal Dott. C. König, autorevole membro del Dipartimento della Sanità austriaco, che ha affermato testualmente:**

"L'OMS fa assegnamento – con un occhio cieco e un orecchio sordo – sulle affermazioni di un solo comitato di esperti, cioè l'ICNIRP che, pur ponendo esso stesso l'esigenza di ulteriori ricerche, emette affermazioni restrittive e stabilisce limiti apodittici (cioè al riparo da ogni possibile contestazione, n.d.a.). L'OMS avrebbe dovuto correggere piuttosto spesso le

proprie posizioni per quanto riguarda sia i campi ELF, sia la definizione dei limiti ambientali per i contaminanti dell'aria e quella dei limiti tossicologici dei contaminanti dell'acqua potabile. Le conoscenze progrediscono e perciò le revisioni sono necessarie e utili. Da questo punto di vista **una discussione seria e aperta sugli effetti non termici e a basse intensità dei CEM ad alta frequenza (RF) è da tempo in grave ritardo**. Come possano giustificare la loro assenza da questa Conferenza quegli scienziati che rappresentano le posizioni dell'ICNIRP, che pure sono stati invitati gentilmente, in maniera amichevole e alle stesse condizioni di partecipazione – cioè come relatori – rimane inspiegabile. Ciò non depone certo a favore della loro capacità di accettare critiche alle loro scoperte ed esperienze. Se la loro assenza dovesse essere dovuta ad arroganza e disprezzo, non potremmo certo lasciare che il pubblico ignori tale atteggiamento. Coloro che cessano di apprendere si troveranno su un sentiero sbagliato subito dopo il primo incrocio”.

La conferenza di Salisburgo si è conclusa con una risoluzione, sottoscritta da una ventina di relatori (tra i quali C. Blackman, N. Cherry, C. König, M. Kundi, C. Sage, S. Szmigielsky e gli italiani L. Giuliani e F. Marinelli), **con la quale si raccomandano i seguenti limiti di esposizione: un valore di cautela di 0,6V/m per le esposizioni ad alta frequenza e a modulazione pulsante comprendenti componenti ELF (si veda al punto 3.9. quanto riportato da G. Hyland a questo riguardo) e un corrispondente obiettivo di qualità di 0,3V/m.**

Tra i contributi più significativi presentati alla conferenza di Salisburgo sugli effetti biologici e sanitari dei CEM a RF si ricordano i seguenti.

La Dott.ssa C. SAGE (27) di Santa Barbara, California, U.S.A. **riassume e commenta 56 lavori scientifici recenti che documentano effetti acuti sull'uomo da esposizioni a RF/MO, a intensità prive di effetti termici e a frequenze dell'ordine di quelle emesse dai telefoni cellulari e dalle SRB (800-2000 MHz) : effetti su svariati sistemi enzimatici (e quindi su svariate funzioni cellulari), sulla sintesi della melatonina e della serotonina, sulla barriera emato-encefalica, sul sistema cellulare immunitario, sulla risposta agli stress mediata da recettori del sistema nervoso centrale, sulla pressione sanguigna, sulle funzioni cerebrali e del sistema nervoso, sul comportamento, sulla capacità di apprendimento e sulla memoria, sulla capacità visiva, sul sonno, sul ritmo sonno-veglia, sulle funzioni cognitive e sulla capacità di concentrazione**, ecc. E fornisce anche una serie di indicazioni sulle possibili basi molecolari e sulle conseguenze funzionali di questi effetti che, nel loro insieme, caratterizzano la ormai ben nota **“sindrome da elettromagnetismo”**. Inoltre riporta i più importanti e più recenti studi sugli effetti a lungo termine, dannosi per la salute umana (malattie degenerative a carattere irreversibile, effetti genetici e cancerogenetici) dell'esposizione a RF/MO:

danni al DNA (rotture a doppia e a singola elica), con rapporto dose-effetto, in cellule nervose di ratto esposte in vitro a 0,6 W/kg, e in vivo sull'animale esposto a 1.2 W/kg, alle frequenze usate per i cellulari (800-2.400 MHz);

inibizione della riparazione dei danni al DNA anche a basse intensità (2.4-24 microW/g)

stimolazione della trascrizione genica, dovuta molto probabilmente all'interazione dei campi elettromagnetici con le coppie di basi azotate del DNA, che danno luogo ad alterazioni nella distribuzione dei loro elettroni mobili;

induzione di micronuclei (alterazioni cromosomiche in

cellule a riposo) nel sangue periferico di lavoratori esposti a 10-20 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (6-8 V/m) a frequenze di 1.250-1.350 MHz, **e nel midollo osseo di topi** esposti a 2.450 MHz ;

aumento netto, e proporzionale alla dose di irradiazione, della frequenza di aberrazioni cromosomiche (tra le quali va segnalata la presenza di cromosomi dicentrici, che sono un “marcatore” tipico dell’esposizione ad agenti cancerogeni quali le radiazioni ionizzanti) **e di micronuclei** (frammenti cromosomici anormali) **a livelli di esposizione privi di effetti termici** e alla frequenza di 2.450 MHz;

aumento della frequenza di aberrazioni cromosomiche in sangue umano esposto in toto, e in linfociti umani purificati, esposti al campo elettromagnetico generato dall’antenna di una SRB (954 MHz), con effetto sinergico (moltiplicativo) quando l’esposizione viene effettuata in presenza di mitomicina C, un agente chimico dotato di potere mutageno e cancerogeno (in questo caso si verifica anche un aumento netto della frequenza di scambi tra cromatidi fratelli e di rotture del DNA);

aumento netto e statisticamente significativo (raddoppio) dell’espressione di proto-oncogeni “fos” alle frequenze usate per la telefonia cellulare mobile (835,6 MHz) ;

aumento di radicali liberi, in condizioni di esposizione prive di effetti termici, in cellule di neuroblastoma umano, in cellule di cervello di gatto e in cellule del sistema vascolare di varie specie di animali, **con possibili conseguenze sulla regolazione dei processi di stress ossidativi, quali si verificano nel morbo di Parkinson, nella malattia di Alzheimer, nei disturbi cardiaci coronarici, nell’invecchiamento e nel cancro.** L’Autore sottolinea il fatto che, per questa via, l’esposizione a MO a livelli privi di effetti termici, potrebbe agire come un promotore tumorale, facilitando l’induzione di tumori ad opera di cancerogeni chimici genotossici anche in assenza di altri promotori;

alterazioni istologiche significative della struttura dei testicoli di ratti esposti a MO (alle frequenze usate per la telefonia mobile) e a bassa intensità (0,141 W/kg) ;

l’Autore **riassume poi un gran numero di studi che evidenziano l’induzione di tumori (in particolare tumori cerebrali, con un aumento fino a 4 volte rispetto ai livelli dei controlli) in ratti esposti a intensità dell’ordine di un $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (a frequenza 450 MHz) o in condizioni simili a quelle dell’esposizione umana (0.15-0.4 W/kg a 2.450 MHz).** Vengono riportati anche **i risultati degli studi del Prof. M.Repacholi (9), dai quali risulta un aumento statisticamente significativo (x 2,4) di linfomi in ratti esposti per ½ - 1 h al giorno a MO alla frequenza (900 MHz) usata per la telefonia mobile** (a questo proposito l’Autore sottolinea il fatto che l’uso di telefoni cellulari da parte di chi li impiega per ragioni di lavoro può superare le 3 h al giorno!);

infine vengono **segnalati i primi dati relativi all’induzione di**

tumori cerebrali nell'uomo (glioblastomi ed astrocitomi maligni, meningiomi non maligni e neuromi acustici) associati all'uso di telefoni cellulari. L'aumento si verifica in corrispondenza del lato dove è collocato l'orecchio usato per la comunicazione, ed è statisticamente significativo (x 2,45 per l'orecchio destro; x 2,40 per l'orecchio sinistro). Studi successivi degli stessi autori hanno confermato questi risultati (28).

Il Prof. N. CHERRY (29) della Lincoln University di Christchurch, Nuova Zelanda presenta una **breve rassegna degli effetti acuti e a lungo termine delle radiazioni a MO** (SRB e telefoni cellulari) con citazioni dei dati ottenuti dai vari autori che mettono in evidenza la comparsa di:

danni al DNA;
attivazione di oncogeni ;
micronuclei e aberrazioni cromosomiche ;
morte cellulare ;
vari tipi di tumori dell'infanzia (rapporto dose-effetto statisticamente molto significativo);
aborti spontanei in fisioterapiste (rapporto dose-effetto statisticamente molto significativo) ;
disturbi del sonno ;
disturbi cardiaci (aritmie: rapporto dose-effetto statisticamente molto significativo) in fisioterapisti;
inibizione della sintesi della melatonina;
disturbi della pressione sanguigna;
vari tipi di disturbi neurologici (capogiri, mali di testa, disturbi della concentrazione, perdita della memoria, stanchezza, ecc.) in utilizzatori abituali di telefoni cellulari , (rapporto significativo tra durata giornaliera dell'uso del cellulare ed effetto).

Inoltre lo stesso autore (30) **riassume e commenta 176 articoli recenti che dimostrano effetti dannosi per la salute umana dovuti all'esposizione a radiazioni elettromagnetiche a MO (telefonia cellulare).** Queste ricerche dimostrerebbero che le radiazioni EM tipiche della telefonia cellulare rappresentano una grossa fonte di rischio per l'uomo perchè sarebbero **capaci di indurre tutti i tipi di effetti dannosi già identificati per altre radiazioni EM (ELF),** probabilmente perchè basati sugli stessi meccanismi biologici. Il rischio maggiore sarebbe per gli utilizzatori di telefoni cellulari, a causa dell'esposizione della testa e della grande sensibilità mostrata dai processi neurologici del cervello e dello stesso tessuto cerebrale all'induzione di tumori. I danni al DNA subiti dal tessuto cerebrale accelererebbero la morte delle cellule e quindi lo sviluppo anche di malattie neurodegenerative e di tumori al cervello. Ma si possono ipotizzare altri tipi potenziali di tumori (fegato, polmoni, testicoli) per l'abitudine da parte di chi usa i telefoni cellulari di tenerli accesi nelle tasche dei pantaloni e nei taschini delle giacche. **Conclude affermando che, dalla letteratura passata in rassegna, si ricava l'evidenza di un rischio elevato di:**

- 1) **cancro, specialmente tumori al cervello e leucemia,** ma anche altri tipi di tumori;
- 2) **disturbi cardiaci** (soprattutto aritmia, ma anche infarto miocardico);
- 3) **effetti neurologici** (disturbi del sonno, difficoltà di apprendimento, depressione, tendenza al suicidio);

- 4) **effetti sul sistema riproduttivo**, soprattutto aborti spontanei e malformazioni congenite;
- 5) **infezioni virali e altre malattie infettive, a causa della ridotta competenza del sistema immunologico, associata alla riduzione della sintesi di melatonina e all'alterata omeostasi degli ioni Calcio.**

3.8. IL "RAPPORTO ZMIROU" (31)

Si tratta di un rapporto, pubblicato nel Gennaio 2001 e commissionato dalla Direzione Generale della Sanità della Francia per verificare se lo stato delle conoscenze sui rischi sanitari provocati dall'esposizione a CEM prodotti dalla telefonia mobile (RF/MO) giustifica le norme per la gestione di questo settore, in particolare i limiti di esposizione adottati dalla Francia e dalle autorità europee (CE). I nomi dei componenti il "Comitato Zmirou" non sono riportati sul rapporto, ma in una nota si specifica che nel gruppo di lavoro sono rappresentate competenze scientifiche diverse, com'è richiesto dalla complessità dell'argomento, e che i componenti hanno potuto esprimere una varietà di opinioni sulla materia, ed hanno anche preso in considerazione punti di vista diversi e divergenti, sia all'interno del gruppo che attraverso la consultazione di membri di organizzazioni scientifiche, dell'amministrazione pubblica, dell'industria, delle associazioni interessate al settore, e della politica, con lo scopo di raccogliere ulteriori informazioni e di identificare con precisione le preoccupazioni della popolazione su questo argomento. Inoltre nella nota si legge, per la prima volta in un rapporto di questo tipo, che **"tutti i membri del gruppo di esperti hanno firmato preliminarmente una dichiarazione nella quale hanno specificato tutti gli incarichi e i lavori scientifici svolti in collegamento con, o finanziati dalle industrie interessate allo sviluppo della telefonia mobile, così come qualsiasi interesse economico che ciascuno di essi poteva avere avuto nell'ambito di tali industrie"**.

Il rapporto si basa sul lavoro di revisione della letteratura già svolto da quattro comitati, tra i quali quello della Società Reale del Canada del Marzo 1999 (3.4.) e quello del Comitato Stewart del Maggio 2000 (3.6.); e passa in rassegna la letteratura scientifica più significativa pubblicata dopo l'uscita di questi rapporti, e comunque non inclusa in essi. In particolare vengono riportati e discussi con molto senso critico:

- (1) studi epidemiologici sulle RF (emittenti radio-TV, radar e altre esposizioni professionali) e sulle MO (telefoni cellulari);
- (2) articoli di carattere generale e su specifici effetti biologici e sanitari delle RF/MO;
- (3) meccanismi d'azione, effetti biologici e sanitari non termici delle RF/MO;
- (4) opinioni critiche sulle linee-guida dell'ICNIRP/OMS.

In questa rassegna **viene sottolineata l'importanza di due articoli recenti giudicati di "ottima qualità e di notevole risonanza"**: 1) quello di Owen (32), che segnala una correlazione statisticamente significativa tra uso del cellulare e tumori nelle zone temporali e occipitali e nel lobo temporo-parietale dello stesso lato sul quale è stato usato abitualmente il cellulare, mentre non trova alcuna associazione sul lato non interessato dall'uso del cellulare (in realtà la citazione fa riferimento ai dati di Hardell et al. (28), non commentati nel "Rapporto Zmirou", n.d.a.) 2) quello di alcuni autori cinesi, (33), condotto a Singapore, nel quale viene segnalata una correlazione statisticamente significativa, nell'ambito di varie sintomatologie prese in esame (mali di testa, affaticamento, perdita della memoria, capogiri, ecc.), tra mali di testa e uso del cellulare.

Sulla base di questo riesame il rapporto conclude affermando che "la letteratura recente non offre nuovi, sostanziali contributi all'informazione già acquisita..... i lavori sperimentali forniscono nuovi dettagli sull'effetto delle RF/MO su alcune funzioni percettive sia negli animali

che nell'uomo, ma non è chiaro se si tratta di "effetti microtermici", se tali effetti coinvolgono fenomeni ormonali, e se possono essere presi a sostegno dell'esistenza di rischi reali per la salute umana, derivanti da esposizioni prolungate e/o ripetute. Tuttavia **questi risultati vanno considerati importanti alla luce dello studio epidemiologico effettuato a Singapore (33), che suggerisce in maniera convincente che l'uso intensivo di cellulari può dare luogo a mali di testa.....** Gli esperimenti che descrivono l'induzione di micronuclei (si tratta di una alterazione cromosomica particolare, n.d.a.) in cellule esposte a RF sono interessanti, ma vanno replicati..... Gli studi epidemiologici sul rischio di tumori al cervello non permettono di concludere che le RF/MO svolgono un ruolo nello sviluppo di queste forme di cancro nelle condizioni attuali, caratterizzate da un periodo ancora troppo breve di induzione (5-6 anni dall'inizio di un utilizzo diffuso dei cellulari). Anche se i risultati, nel loro insieme, sono rassicuranti, essi non permettono di escludere l'esistenza di effetti a lungo termine.....".

Un paragrafo interessante è dedicato ad esaminare **l'opportunità di applicare il principio di precauzione a questo tipo di problematiche**: vengono riportate le raccomandazioni della CE circa l'utilizzo di questo principio, in alternativa ad altre politiche dirette alla minimizzazione dei rischi, come il "principio ALARA" e la "prudent avoidance". E un altro paragrafo tratta dei **fattori fisiologici sulla base dei quali particolare cautela dovrebbe essere esercitata nelle esposizioni dei bambini e degli adolescenti (fino a 16 anni), legate all'uso dei cellulari e alle esposizioni alle SRB.**

Il rapporto prosegue con le seguenti affermazioni:

"1) Mentre le linee-guida dell'ICNIRP si basano solo su effetti biologici scientificamente dimostrati, sicuramente collegati a danni alla salute umana, e riferibili solo al meccanismo d'azione sicuramente accertato dei CEM che è quello termico, i dati scientifici correnti mettono in evidenza una varietà di effetti biologici che si verificano a livelli di energia EM che non provocano alcun rialzo localizzato della temperatura. Attualmente non è possibile dire se questi effetti non termici possono costituire la base per veri e propri danni alla salute.

2) Si può affermare che non ci sono rischi per la salute (quando si rispettano gli attuali limiti di esposizione, n.d.a.)? No: anche se alcuni dati della letteratura sono a sostegno di questa ipotesi, **non è possibile escludere che effetti non termici pericolosi per la salute umana siano associati alle esposizioni a campi a RF/MO di bassa intensità.** Inoltre alcuni effetti potenzialmente molto seri (p. es. la promozione di cancro al cervello) sono attualmente oggetto di ricerche epidemiologiche su larga scala, a livello internazionale, i cui risultati saranno disponibili solo tra parecchi anni. Le ricerche in corso sono anche mirate a verificare la possibilità di altri effetti potenzialmente dannosi (p. es. danni all'udito e al sistema nervoso, mali di testa, ecc.).

3) Se la ricerca arriverà a dimostrare l'esistenza di rischi per la salute dovuti all'uso della telefonia cellulare, la probabilità di danni a livello individuale sarà certamente molto bassa. Tuttavia, se dovessero essere dimostrati dei rischi, il numero estremamente elevato di utilizzatori della telefonia mobile (44 milioni di persone in Francia, entro il 2004) farà sì che, anche se il rischio individuale sarà basso, l'impatto sulla salute pubblica a livello di popolazione generale potrà essere sostanziale.

4) **Si raccomanda comunque un approccio basato sul principio di precauzione, allo scopo di cautelare la popolazione da ogni rischio potenziale associato all'uso della telefonia mobile. L'obiettivo è quello di ridurre l'esposizione media della popolazione al livello più basso possibile, compatibile con la qualità del servizio.** A questo scopo gli utenti devono adottare misure di "prudent avoidance", cioè semplici accorgimenti volontari

per ridurre le esposizioni superflue (p. es. minimizzando l'uso del cellulare quando la ricezione è debole, usando l'auricolare, evitando di portare il cellulare in prossimità di zone del corpo particolarmente sensibili, come l'addome nel caso di donne gravide e le gonadi negli adolescenti). I gestori devono continuare nel loro sforzo di ridurre le emissioni della telefonia mobile al minimo livello possibile, compatibilmente con la qualità del servizio. **L'obiettivo deve essere soprattutto quello di ridurre l'esposizione dei "soggetti sensibili" (bambini, ammalati): perciò si raccomanda che i "siti sensibili" (scuole, day-hospital, ospedali), se situati a meno di 100 m da una SRB, non siano colpiti dal fascio delle emissioni".**

Seguono una serie di raccomandazioni pratiche per limitare le esposizioni e di suggerimenti circa gli indirizzi prioritari da dare alla ricerca scientifica, che ricalcano quelli già inclusi nel "Rapporto Stewart" (3.6.), al quale si rinvia.

3.9. IL RAPPORTO DI G. HYLAND AL PARLAMENTO EUROPEO (34).

Un contributo di grande rilievo alle posizioni cautelative, in particolare per quanto riguarda la messa in evidenza di meccanismi d'azione e di effetti biologici non termici dei CEM, è quello fornito dal biofisico Gerard Hyland, da tempo attivo in Gran Bretagna, che oltre ad aver **presentato nel Marzo 2001** un corposo rapporto al PE (34), del quale sono stati pubblicati anche un riassunto (35) e una traduzione (36) in italiano, è autore di vari altri contributi sull'argomento (37).

Hyland contesta puntualmente le linee guida ICNIRP/OMS, ed i limiti di esposizione alle ELF/RF/MO che ne sono stati ricavati, perché basati esclusivamente sull'assunto della capacità delle RF e delle MO di riscaldare i tessuti biologici e della capacità delle ELF di indurre correnti elettriche circolanti all'interno del corpo umano, provocando per queste vie danni alla salute. Dato che la severità degli effetti nocivi aumenta con l'intensità dei CEM, la frequenza delle radiazioni in oggetto è stata presa in considerazione dall'ICNIRP solo in quanto essa influenza la capacità dell'organismo di assorbire l'energia del campo irradiante, e quindi la produzione di effetti termici.

Nel suo rapporto al PE Hyland sostiene, sulla base di un centinaio di citazioni bibliografiche, **che le linee guida ICNIRP/OMS non proteggono affatto dagli effetti dannosi per la salute, che sono provocati primariamente e specificatamente dalle interferenze che le frequenze esogene (dei CEM) provocano nel corpo umano quando si sovrappongono o sono prossime a quelle dei circuiti organici. Tali interferenze danno luogo, mediante risonanza, ad una elevata ed indesiderata amplificazione o a una modificazione delle frequenze endogene, associate a diverse attività biologiche fondamentali, come quelle proprie del cervello, del cuore e dei muscoli, rilevabili mediante EEG e ECG ed EMG¹, quelle del ritmo cardiaco, e, a livello cellulare e subcellulare, quelle legate a importanti attività biochimiche che coinvolgono per esempio il trasporto di ioni Calcio attraverso le membrane cellulari, con conseguenze dannose per l'omeostasi dell'organismo e per la salute.** Esistono cioè delle vere e proprie "finestre" (windows) tra le frequenze endogene, attraverso le quali **specifiche frequenze dei CEM possono penetrare, in funzione dell'intensità dei CEM, e interagire in maniera assolutamente non lineare provocando, sempre con una relazione non lineare, effetti biologici che possono variare di intensità da un individuo all'altro e, nello stesso individuo, in rapporto alle diverse condizioni fisiologiche in cui questo si trova.** La situazione dunque è completamente diversa da quella che caratterizza il rapporto lineare dose - effetto nel caso degli effetti acuti nella tossicologia classica, dove l'agente esogeno è del tutto estraneo all'organismo umano e ne influenza le funzioni in maniera direttamente proporzionale alla dose somministrata. Qui, invece, **alcune delle frequenze**

¹ EEG, elettroencefalogramma; ECG, Elettrocardiogramma; EMG, elettromiogramma.

utilizzate nell'emissione dei CEM possono essere uguali o molto vicine alle frequenze fisiologiche messe a punto e usate dall'organismo per le proprie funzioni; perciò l'agente in questione non è, in questo caso, del tutto estraneo all'organismo coinvolto, e l'interazione dei CEM con gli esseri viventi avrà dunque un andamento assolutamente non lineare che dipende soprattutto dalle frequenze emesse e assorbite, e solo in parte dall'intensità complessiva dei CEM. Un organismo vivente (e in particolare l'uomo, per l'evoluzione complessa che lo ha caratterizzato) è esso stesso uno strumento elettromagnetico di grande sensibilità e precisione e, come tale, è vulnerabile e può essere danneggiato dai CEM esogeni (e non tanto per il riscaldamento da questi prodotto), esattamente come avviene per la componente attiva di uno strumento elettronico. Solo che quest'ultimo subisce sempre la stessa influenza per opera di un dato CEM, mentre in un organismo vivente cambiano continuamente le condizioni fisiologiche e quindi varia la sensibilità ai CEM.

A questo proposito va sottolineato che le linee guida ICNIRP sono fortemente protettive nei riguardi della strumentazione elettronica (per esempio negli ospedali, nell'aviazione, in particolari ambienti tecnologicamente attrezzati), nei confronti della quale è stato riconosciuto che le interferenze non sono dovute al riscaldamento operato dai CEM, e per le quali è stato fissato un limite prudenziale di 3V/m, valido in tutta la CE. Invece le stesse linee guida permettono che gli esseri umani siano esposti a CEM d'intensità anche 10-20 volte superiori a tale limite (da 43 a 61 V/m a seconda delle frequenze, secondo le linee guida ICNIRP/OMS/CE).

Va anche sottolineato il fatto che l'elettrosmog è un fenomeno particolarmente insidioso, creato dall'uomo, nei riguardi del quale, dato l'intervallo di tempo relativamente breve trascorso da quando la tecnologia è stata introdotta, non può certo essersi creata alcuna immunità evolutiva, sia per quanto riguarda gli effetti avversi che questo fenomeno produce nei nostri organismi, sia per quanto concerne le interferenze con i processi elettromagnetici naturali dai quali dipende la nostra omeostasi.

Ciò che distingue i CEM prodotti tecnologicamente dalla maggior parte di quelli di origine naturale è il livello molto maggiore di "coerenza" che caratterizza i primi, col che si vuol dire che le loro frequenze sono particolarmente ben definite e quindi vengono percepite (e acquisite) molto più facilmente dagli organismi viventi, inclusi gli esseri umani. Ciò aumenta nettamente la loro potenza biologica e rende possibili effetti di vario tipo, non di natura termica, specifici per determinate frequenze, e nei confronti dei quali le linee guida oggi esistenti, come quelle dell'ICNIRP/OMS, non offrono alcuna protezione. Certo anche gli effetti non termici hanno una soglia corrispondente ad una determinata intensità minima della frequenza in questione, la cui entità è tuttavia molto al di sotto di quella alla quale si verifica un qualsiasi riscaldamento misurabile.

Pertanto il rapporto contesta, non solo l'uso degli standard di esposizione che derivano dalle linee guida ICNIRP/OMS, ma anche l'uso dei valori di SAR, che non hanno alcuna rilevanza per quanto riguarda gli effetti non termici. Su questo punto viene svolta un'analisi molto accurata di alcune specifiche frequenze, presenti nei sistemi GSM e UMTS, ed emesse dalle rispettive tecnologie incorporate, capaci di interferire in maniera non lineare, e senza alcun effetto termico, con processi fondamentali quali la divisione cellulare e le comunicazioni intercellulari. E viene segnalata ripetutamente la presenza di componenti a frequenza estremamente bassa (ELF), sia nelle sorgenti elettriche dei telefoni cellulari necessarie per l'emissione di impulsi a MO (batterie; queste sono altamente penetranti), sia negli impulsi a MO emessi dalle antenne dei cellulari. Tali componenti ELF possono dare picchi di intensità fino a 40 microtesla in prossimità del telefono portatile, e si sono dimostrate capaci di aumentare la mortalità di embrioni di pollo tenuti in prossimità del cellulare, schermato in modo da non emettere MO. Tale componente ELF crea un ulteriore e serio rischio per la salute umana, dato che può danneggiare l'integrità di alcuni legami tra ioni e proteine, essenziali per il mantenimento della struttura (e quindi delle funzioni) delle proteine enzimatiche, e per gli equilibri ionici intra e inter cellulari, provocando così alterazioni metaboliche di vario tipo ed alti livelli di stress.

Il rapporto fornisce poi un ampio elenco, documentato da citazioni bibliografiche, di effetti in vitro ed in vivo alle frequenze a MO, comprese quelle proprie del sistema GSM. Importanti e ben documentati sono gli effetti genotossici, quelli sui sistemi enzimatici, sulla permeabilità delle membrane, sulla depressione del sistema immunitario (anche tramite l'inibizione della sintesi della melatonina), sulla attivazione di oncogeni, sulla promozione tumorale e sulle interazioni sinergiche con agenti iniziatori tumorali.

Per quanto riguarda gli effetti in vivo sull'uomo si segnalano:

- * **L'aumento della pressione arteriosa** durante l'esposizione a MO, anche in condizioni di riposo;
- * **L'aumento della concentrazione di ossido nitrico nell'aria espirata** durante l'uso del cellulare, segno di un livello elevato di stress e di infiammazione;
- * l'effetto terapeutico positivo della risonanza a MO, usata per ristabilire l'omeostasi in varie condizioni patologiche umane mediante irradiazione ad intensità ultra-deboli e in condizioni cliniche ben controllate, il che rende plausibile che tale radiazione, se applicata indiscriminatamente e a maggiore intensità, possa avere effetti dannosi (si confronti quanto avviene con i farmaci, quando se ne aumenta il dosaggio oltre i livelli terapeutici);
- * **una varietà di altri effetti, occasionali e saltuari, nella popolazione esposta (ipersensibilità ai CEM), per ciascuno dei quali gli aspetti sintomatici possono essere collegati con specifiche alterazioni funzionali indotte dalle MO a livello cellulare e subcellulare:** per esempio, il mal di testa con l'alterazione del sistema dopamina-oppiato e con l'aumentata permeabilità della barriera emato-encefalica; i disturbi del sonno con l'effetto sul movimento rapido degli occhi nella fase REM del sonno (caratterizzata da una più intensa attività onirica), e con l'inibizione della sintesi di melatonina; la perdita di memoria con le influenze sull'ippocampo, che è uno dei bersagli delle MO; le incidenze significativamente aumentate (fino a 2-3 volte le incidenze normali) di tumore nel cervello di utilizzatori di telefoni cellulari, alla periferia del cervello dove la radiazione ha maggior accesso, e proprio sul lato collegato con l'uso del cellulare (tumori ipsilaterali), con la genotossicità delle MO a bassa intensità (rottture del DNA, alterazioni cromosomiche e induzione di micronuclei) e con l'effetto promotore di queste.

A proposito del dato sui tumori ipsilaterali, segnalato in un recente studio epidemiologico svedese (28), il rapporto sottolinea come la notizia sia stata ignorata dalla stampa specializzata, che ha dato invece grande risalto al dato, pure ricavato dallo stesso studio, relativo al mancato aumento di incidenza dei tumori cerebrali nel loro complesso. Allo stesso modo l'evidenza che l'esposizione involontaria e prolungata a MO, a intensità intermedie tra quelle che si realizzano vicino ad un cellulare attivo e quelle che sono presenti vicino ad una SRB (anche se a frequenze leggermente diverse da quelle usate nel sistema GSM), provoca leucemie e linfomi, si è potuta ricavare da un riesame del **rapporto Lilienfeld sull'irradiazione di addetti all'ambasciata americana a Mosca** ai tempi della guerra fredda (86, vedi pag.59), ma solo dopo che è stato possibile riesumare alcune parti del rapporto deliberatamente rimosse dal Dipartimento di Stato degli U.S.A.. E, per restare nell'ambito della critica alle manipolazioni operate a danno delle notizie scientifiche di un certo rilievo sugli effetti delle MO, il rapporto cita anche evidenze di effetti dannosi sul sistema nervoso da parte di RF e MO nell'Est-Europeo, molto simili agli effetti ora rilevati con l'utilizzo del sistema GSM, evidenze ricavate da documenti dell'Agenzia di Difesa U.S.A., anche questi mutilati in alcuni paragrafi ora riesumati.

Per quanto riguarda comunque la scarsità di dati sulle incidenze di tumori in popolazioni esposte a MO da SRB per GSM, ciò non significa affatto che sia stata acquisita un'immunità contro esposizioni a lungo termine (croniche), ma dipende solo dal tempo di latenza molto lungo dei tumori

che possono essere stati iniziati e promossi in queste situazioni, rispetto alle esposizioni di questo tipo che sono relativamente recenti.

Hyland ricorda anche che **c'è evidenza di effetti nocivi (aborti spontanei, paralisi alla nascita, emaciazione, riduzione della portata latte, etc.) in animali domestici (cani, gatti) in prossimità di SRB.** Gli effetti compaiono solo dopo che l'antenna GSM è stata attivata, scompaiono quando gli animali vengono allontanati dalla SRB, e si ripresentano quando vengono riavvicinati. Si tratta di casi non isolati, a volte accompagnati da danni al sistema immunitario. Ci sono anche segnalazioni relative alla diminuzione di popolazioni di uccelli e di api in prossimità di SRB. Ovviamente in questi casi non si può pensare ad effetti "psicosomatici", come invece spesso viene contestato per la cosiddetta "sintomatologia da ipersensibilità ai CEM" delle popolazioni umane. Il fatto poi che tali effetti sugli animali si manifestino in tempi brevi dall'esposizione giustifica il timore che effetti ben più gravi si possano verificare nell'uomo, dopo tempi di esposizione ben più prolungati. Sintomi ed effetti analoghi sono stati descritti in studi epidemiologici riguardanti altre installazioni a RF operanti a frequenze un po' più corte, per esempio un trasmettitore a onde corte, e un radar (154 - 162 MHz), con intensità di CEM confrontabili con quelle misurabili a 150 m da una SRB per GSM : per esempio **diminuita sintesi notturna di melatonina in gatti; diminuito sviluppo della capacità di memoria e di attenzione in bambini che vivono in un raggio di 20 km da un radar, sottoposti ad una esposizione di 0.039 microW/cm² (<0.4 V/m); aumento di sei volte di danni cromosomici in mucche esposte a un'intensità massima di CEM a MO di 0.1 microW/cm² (0.6 V/m).**

Sulla base di questi dati Hyland propone che, nel caso delle stazioni GSM, venga ridotta l'intensità di emissione fino al minimo livello, al di sotto del quale non viene rilevato alcun effetto avverso per la salute delle popolazioni esposte, tenendo conto che ci sono segnalazioni di "soglie", relative ad effetti biologici non-termici, dell'ordine di 1 microW/cm² (1.9V/m). Intensità pari ad alcuni decimi di tale valore sono misurabili fino a 150-200 m da una tipica SRB-GSM alta 15 m, e a queste distanze vengono ancora segnalati effetti avversi alla salute. Perciò, se si vuole introdurre un fattore di sicurezza di 10 volte, è necessario che in tutti i luoghi in cui vi è un'esposizione di lunga durata l'intensità dei CEM non superi i 10 nanoW/cm² (0,194 V/m, che è l'obiettivo proposto per il 2010 da Neil Cherry per la Nuova Zelanda) (21, 23).

In conclusione si può tranquillamente affermare che, se lo stesso quadro di effetti accertati e di sospetti fosse disponibile per un nuovo cibo o per un nuovo farmaco, questo sicuramente non avrebbe potuto essere immesso sul mercato.

Il rapporto sottolinea anche **i molti condizionamenti che l'industria, anche attraverso governi compiacenti, esercita sul pubblico**, che viene così artificiosamente rassicurato circa i rischi provocati dai CEM, **e persino sulla ricerca scientifica**, attraverso finanziamenti mirati e controlli sulla pubblicazione dei risultati. Sarebbe ora in corso un tentativo, addirittura sotto l'egida dell'OMS, di armonizzare a livello globale gli standard di esposizione, cercando di persuadere le nazioni che hanno adottato limiti più severi, come la Russia e la Cina, ad abbandonarli a favore dei livelli più permissivi adottati dalle nazioni dell'Ovest. A questo proposito va ricordato che proprio in Russia, dove è stata scoperta più di 30 anni fa la sensibilità degli organismi viventi specifica per determinate frequenze di MO, anche di bassissima intensità, i limiti di esposizione sono fino a 100 volte inferiori a quelli dell'ICNIRP.

Il rapporto comprende anche **una serie di raccomandazioni :**

- * **Che venga decisamente scoraggiato l'uso prolungato, e non legato a situazioni di emergenza, del telefono mobile da parte dei bambini**, e che le industrie rinuncino a promuovere tale uso abolendo le campagne pubblicitarie cui i bambini sono sensibili. **Che i bambini siano più a rischio degli adulti di fronte all'irradiazione elettromagnetica a**

MO dipende dal fatto che l'assorbimento delle MO alle frequenze usate nella telefonia mobile è maggiore da parte di un oggetto delle dimensioni del capo di un bambino mentre, per il ridotto spessore delle ossa del cranio, la penetrazione delle onde risulta molto più efficace che non in un adulto. Inoltre il sistema nervoso ancora in fase di sviluppo e l'attività cerebrale di un bambino sono particolarmente vulnerabili alle MO usate nel sistema GSM, che utilizza una ripetizione delle frequenze pulsanti a 8.34 Hz e a 2 Hz , caratteristiche del segnale di un telefono a trasmissione discontinua (DTS), e che si trovano in prossimità delle frequenze delle onde cerebrali alfa e delta, che sono particolarmente attive ed in continua evoluzione nel bambino, fino a 12 anni. Il che significa che tali onde cerebrali sono particolarmente disturbate dall'interferenza con il segnale di un GSM. Anche l'attività moltiplicativa delle cellule in un bambino è particolarmente elevata, e le rende più suscettibili a modificazioni di tipo genetico. Infine il sistema immunitario di un bambino, la cui efficienza è in ogni caso diminuita dalla radiazione usata nei cellulari, è meno attivo che in un adulto e rende il bimbo meno in grado di proteggersi di fronte ad effetti avversi provocati da esposizioni croniche a questo tipo di radiazioni.

- * Che le industrie rendano ben chiaro agli utenti che i valori di SAR, che in alcuni paesi cominciano ad essere riportati per legge sui telefoni mobili, fanno riferimento solo alla capacità dei CEM di riscaldare i tessuti umani, ma non hanno alcuna rilevanza nei confronti degli effetti non termici, che pure sono indotti dalle emissioni dei cellulari.
- * Che la capacità protettiva di alcuni sistemi installati sui cellulari debba essere comprovata da test biologici e non, come spesso accade, dalla semplice indicazione della riduzione dei livelli di SAR.
- * Che si presti attenzione all'esposizione ad altre fonti di RF, come gli impianti trasmettenti radio TV ad alta potenza ed i radar militari e della polizia, che possono creare seri problemi alla salute umana, contrariamente a quanto viene spesso dichiarato anche da fonti autorevoli.
- * **Che ci si assicuri che nelle emissioni della telefonia mobile non vi sia alcuna presenza di onde ELF o RF o MO nell'ambito delle frequenze utilizzate per l'attività elettrica del cervello umano o per le "finestre" dell'efflusso del calcio dalle membrane cellulari.**

Nel caso della telefonia mobile non solo c'è stata una grande riluttanza da parte degli organi ufficiali ad accettare la relazione non lineare tra intensità dei CEM ed effetti biologici, ma anche una mancata attenzione alle segnalazioni di danni alla salute degli esseri umani e degli animali, provocati dall'esposizione ai CEM prodotti da MO pulsanti, di intensità inferiori a quelle capaci di provocare effetti termici. Queste segnalazioni erano disponibili da lungo tempo in seguito alle esperienze realizzate con installazioni a MO (non solo di tipo militare), simili a quelle oggi usate per la telefonia GSM. Inoltre, al fine di rendere questa nuova tecnologia disponibile in tempi brevi, non solo non si è esitato a compromettere o a bypassare le ricerche necessarie per la sicurezza umana, ma addirittura alcune indicazioni che tale tecnologia poteva non essere priva di rischi sono state, e continuano ad essere, ignorate dalla stampa specializzata, dalle leggi e dai regolamenti nazionali ed internazionali. Un esempio di tali resistenze è dato dal fatto che il Ministero per la Protezione Radiologica Nazionale Inglese (NRPB) non è stato in grado di fornire alcune pubblicazioni scientifiche particolarmente rilevanti per il lavoro del gruppo di esperti indipendenti sulla telefonia mobile, per il quale il ministero fungeva da segretariato, con la scusa che non le trovava, pur avendo ricevuto i riferimenti bibliografici completi; mentre lo stesso ministero non ha avuto alcuna difficoltà nel fornire altre pubblicazioni molto meno significative, pubblicate sullo stesso numero della stessa rivista di quelle risultate introvabili!

Per tutte queste ragioni i timori delle popolazioni non sono affatto infondati, e l'ironia della situazione attuale, per quanto riguarda la telefonia mobile, è che le attuali linee-guida, ed i limiti di esposizione che ne sono derivati, offrono una maggiore protezione alle strumentazioni elettroniche piuttosto che agli esseri umani!

Secondo Hyland, di particolare timore per il pubblico, e ciò che genera maggiore scandalo, è la sottomissione di certi gruppi della popolazione, per 24 ore al giorno e per 7 giorni alla settimana, alle emissioni delle SRB destinate al sistema GSM, quando queste vengono collocate, senza alcun senso di responsabilità, vicino alle abitazioni, alle scuole, agli ospedali. L'ambiente dove vivono questi gruppi di persone è permanentemente e inevitabilmente contaminato. Ciò è del tutto inaccettabile e pone seri problemi etici contravvenendo indiscutibilmente al "Codice di Norimberga", in quanto questi gruppi di persone, che potrebbero un giorno manifestare qualche tipo di danno alla salute dovuto a tale esposizione cronica, non hanno a disposizione alcuna informazione precisa circa i rischi che corrono. In altre parole queste persone sono, a tutti gli effetti, i soggetti involontari di un esperimento di massa!

Il rapporto conclude ribadendo che l'assorbimento di MO provoca riscaldamento dei tessuti biologici che, se eccessivo, è deleterio per la salute: ciò è indiscutibile e costituisce la base delle attuali linee-guida internazionali. Nelle esposizioni alle MO usate nel sistema GSM dei telefoni mobili, queste linee-guida sono generalmente rispettate. Anche nel caso delle emissioni da parte delle SRB è stato ripetutamente confermato che le emissioni sono sensibilmente inferiori ai limiti stabiliti dalle linee-guida. Tuttavia ciò che oggi è in discussione è se, nel caso degli organismi umani viventi, queste radiazioni possano esercitare altre, più subdole, influenze di natura non termica che possono anch'esse provocare effetti dannosi per la salute. Le preoccupazioni del pubblico sono dovute al fatto che, se ciò dovesse avvenire, le linee-guida esistenti non offrirebbero alcun livello adeguato di protezione, dato che lascerebbero la popolazione vulnerabile da questi possibili danni di natura non termica.

Come già spiegato, **la capacità delle MO di provocare riscaldamento dei tessuti dipende innanzitutto dalla loro intensità, ed è essenzialmente solo questa proprietà (l'intensità) che viene limitata dalle linee-guida. Gli effetti di natura non termica dipendono invece dall'esistenza di una "somiglianza oscillatoria" tra le frequenze della radiazione e quelle di certe attività elettriche endogene al nostro organismo, che l'organismo attiva e utilizza quando è vivo, e che sono soggette alle interferenze con le frequenze presenti nella radiazione emessa.** E' questa la dimensione del problema che non viene presa in considerazione dalle attuali linee-guida.

L'organismo umano esposto ai CEM viene erroneamente considerato immune da qualsiasi effetto che non sia di tipo termico, a dispetto del fatto che con l'uso dei telefoni mobili, il cervello, che è l'organo più sensibile di tutto il corpo, viene, per la prima volta nella sua storia evolutiva, esposto a brevissima distanza a una sorgente sia di MO pulsanti, emesse dai CEM prossimi all'antenna, sia alle ben più penetranti onde ELF, emesse dalla batteria e dall'antenna. Questa errata convinzione, che esclude ogni effetto di tipo non termico, continua a persistere, soprattutto negli organismi deputati a regolamentare le esposizioni (OMS, ICNIRP, CE), a dispetto del fatto che la possibilità di influenze di natura non termica sui sistemi viventi da parte del tipo di radiazioni usate nella telefonia mobile rappresenta una predizione quasi generale della biofisica moderna, non lineare, e a dispetto dell'evidenza, accumulatasi da oltre 30 anni, di effetti di natura non termica associati a reazioni biologiche dannose per le popolazioni umane, provocati non solo dalle esposizioni alle radiazioni GSM, ma anche da altre installazioni che emettono MO e RF con intensità confrontabili a quelle che si riscontrano fino a diverse centinaia di metri da una SRB.

In conclusione, e in accordo con la filosofia di impostazione cautelativa enunciata almeno a parole dall'OMS, appare difficile confutare il fatto che godere di un'accettabile qualità della vita richiede qualche cosa di più che la semplice protezione da un evento terminale. Anche effetti avversi, non necessariamente letali, che possono essere provocati

dall'esposizione alla radiazione GSM, devono essere considerati inaccettabili, perché indiscutibilmente hanno un'azione debilitante che mina il benessere generale di quanti ne vengono colpiti e che, nel caso di neonati, di bambini e di preadolescenti, può comprometterne lo sviluppo scolastico e neurologico.

3.10. IL CONGRESSO INTERNAZIONALE DI STOCCOLMA SULLA ELETTRO-SENSIBILITA' (38).

Al Congresso di Stoccolma (27-28 Sett. 2001) hanno partecipato una ventina di ricercatori, esperti nel campo della "ipersensibilità ai CEM" o "elettrosensibilità" (ES), dei quali viene anche riportato il "curriculum vitae". Tra gli interventi più rilevanti per la problematica in oggetto si citano i seguenti.

Il Prof. **R.OLIN**, Emerito di Medicina Sociale, Univ. di Stoccolma, riferisce che negli ultimi 11 anni **ha personalmente esaminato più di 3.000 pazienti ES con diverse sintomatologie: senso di affaticamento, dolori muscolari, sensibilità multipla a sostanze chimiche, disturbi del sonno, irritabilità, depressione e senso di stress.** Egli ritiene che questi e molti altri sintomi, che gli psichiatri spesso diagnosticano come psicosomatici, non lo siano affatto: **negli ultimi anni molti studi hanno dimostrato che in tali disturbi sono implicate alterazioni di funzioni neurologiche ed endocrine e perfino disfunzioni del sistema immunologico.** Sostiene che i diversi disturbi possono essere ricondotti **ad un unico meccanismo d'azione**, innescato da un'alterata funzione degli astrociti, che sono le cellule più comuni del nostro cervello, che circondano i neuroni e le loro sinapsi. Gli astrociti hanno importanti funzioni regolatorie e nutrizionali ed hanno recettori per i neurotrasmettitori, neuropeptidi e altre sostanze neuroattive (glutammato, ATP e GABA sono alcuni esempi di messaggeri delle comunicazioni tra astrociti e neuroni), mentre impulsi basati su variazioni della concentrazione del Calcio vengono trasmessi lungo il reticolo astrocitario e rappresentano un sistema di trasporto a distanza di segnali che, in questo modo, diffondono possibili disturbi provocati in un'area focale (p.es. da una alterata permeabilità della barriera emato-encefalica) fino a sistemi funzionali del cervello anche lontani dall'area colpita.

Il Dott. **W.J.REA**, Presidente del Centro di Salute Ambientale di Dallas, U.S.A., riferisce che **i suoi pazienti ES presentano un ampio spettro di patologie:** molti sono anche sensibili ai pesticidi, oltre che ai telefoni cellulari, ai computers e alle antenne delle SRB. Molti pazienti sono sensibili anche ai metalli, e presentano spesso deficienze in vitamine, minerali e aminoacidi.

Il prof. **L.RONNBACK**, dell'Ist. di Neuroscienze Cliniche di Goteborg, **segnala come fatto ormai ben riconosciuto che i pazienti ES presentano una varietà di sintomi quando vengono esposti ai CEM: affaticamento mentale, diminuita capacità di attenzione, concentrazione e apprendimento. Presenta quindi una possibile spiegazione per questi fenomeni.** In breve, egli attribuisce un ruolo-chiave alle cellule gliali che sono in grado di comunicare fra di loro e con i neuroni; tale comunicazione è regolata da una varietà di neurotrasmettitori (p.e. noradrenalina, glutammato, neuropeptidi, ecc.) e la comunicazione richiede una rete astrogliale intatta, capace di trasmettere impulsi basati su variazioni della concentrazione del Calcio. In condizioni di stress, quali potrebbero essere prodotte da un'alterata presenza o produzione di sostanze (radicali liberi, acido arachidonico, diminuito livello di ATP, acido lattico, ecc.) , p.es. come conseguenza di un'alterata funzionalità della barriera emato-encefalica, si verificherebbe una intensa attività neuronale le cui conseguenze sarebbero: difficoltà di riconoscere le informazioni in entrata come "nuove o vecchie", da cui una sovrastimolazione del cervello, che a sua volta si rifletterebbe, a lungo andare, in perdita dell'attenzione, della capacità di concentrazione, in depressione mentale, ansia e stress, ad andamento cronico.

Il Prof. **O.JOHANSSON**, del Dip. di Neuroscienze dell'Ist.Karolinska di Stoccolma, **sottolinea i risultati recenti di ricerche epidemiologiche (Hardell et al., 28) che hanno dimostrato una correlazione tra l'uso del vecchio sistema analogico di telefonia cellulare e la comparsa di tumori cerebrali ipsi-laterali (a destra o a sinistra, a seconda delle abitudini dei pazienti).** Sottolinea anche come **gli studi che dimostrano come i CEM possano alterare la permeabilità della barriera emato-encefalica, facilitare la crescita di tumori (linfomi), e provocare cambiamenti delle mast-cellule in coltura, mettano in evidenza veri e propri effetti biologici che possono determinare effetti sanitari.** Segnala infine come **esperimenti ben condotti in doppio-cieco abbiano rivelato, in pazienti ES, significative alterazioni della pressione sanguigna, del battito cardiaco, del tracciato EEG, e, ciò che è particolarmente importante, come tali cambiamenti siano stati registrati usando livelli di irradiazione (da pochi mW/kg fino a 1 W/kg) inferiori, o spesso molto inferiori, al valore di SAR (2W/kg) usato come limite di esposizione in molti paesi.**

Il Dott. **J.EBERHARDT**, dell'Ist. di Radiofisiologia di Lund, Svezia, riferisce i risultati di esperimenti che dimostrano come **CEM modulati a bassissima frequenza (presenti nei sistemi usati per la telefonia cellulare) interagiscano direttamente con componenti delle membrane cellulari, alterando l'efflusso del Calcio attraverso i canali della membrana, con conseguenti modificazioni della concentrazione intra- ed extracellulare di questo ione, che svolge molteplici funzioni regolative sul nostro organismo.**

Il Dott. **C.MUELLER**, dell'Ist. Federale di Tecnologia di Zurigo riporta i risultati di un suo studio, a doppio-cieco, sugli effetti di **CEM a bassissima frequenza su pazienti ES: l'intero gruppo di soggetti è in grado di avvertire la presenza dei CEM durante l'esposizione e la profondità del sonno e le condizioni emotive dei pazienti risultano significativamente modificate dai CEM.** Conclude sostenendo che la sindrome da ipersensibilità ai CEM dipende in parte da un effetto dei CEM su soggetti predisposti e in parte dalla comparsa di disturbi in soggetti normali, come conseguenza di fattori in parte biologici, in parte fisici, in parte anche psicologici e psicosociali.

3.11. L'APPELLO DI FRIBURGO SULLA ELETTROSENSIBILITA' (39)

Il 9.10.2002 è stato pubblicato un documento firmato da 64 medici tedeschi, specialisti di varie discipline mediche, che si riporta integralmente qui di seguito.

“In quanto medici di varie specialità (soprattutto di medicina ambientale) abbiamo constatato negli ultimi anni tra i nostri pazienti un aumento drammatico di malattie gravi e croniche, in particolare:

- disturbi dell'apprendimento, della concentrazione e del comportamento tra i bambini (p.es.iperattività);
- disturbi della pressione arteriosa;
- disturbi cardiaci;
- infarti e lesioni vascolari al cervello;
- malattie degenerative neurologiche (p.es. Alzheimer) ed epilessia;
- tumori maligni, come leucemie e tumori cerebrali.

Inoltre constatiamo la comparsa di vari altri disturbi, che spesso vengono male interpretati in quanto attribuiti a fenomeni psicosomatici; p.es., per parlare solo dei sintomi più evidenti:

- mali di testa ed emicranie;
- stanchezza cronica;
- inquietudine;
- insonnia ed astenia;

- rumori alle orecchie;
- predisposizione alle infezioni;
- dolori ai nervi e ai tessuti molli, non spiegabili.

Poiché conosciamo l'ambiente residenziale e le abitudini dei nostri pazienti, constatiamo ogni giorno più spesso una chiara correlazione temporale e spaziale tra la comparsa di queste malattie e l'inizio di una sovrabbondanza di onde radio, p.es. sotto forma di:

- installazione di ripetitori per la telefonia cellulare nei dintorni delle abitazioni dei nostri pazienti;
- utilizzazione intensiva di telefoni portatili;
- acquisto di un telefono digitale senza fili (DECT) nell'abitazione dei nostri pazienti o nelle vicinanze di questa.

Non possiamo più credere a una coincidenza casuale perché:

- troppo spesso constatiamo un accumulo impressionante di alcune di queste malattie in particolari quartieri o caseggiati;
- troppo spesso la malattia migliora, oppure mali che duravano da mesi o da anni guariscono relativamente in poco tempo dopo la diminuzione o la scomparsa del sovraccumulo di onde radio nell'ambiente dei nostri pazienti;
- troppo spesso le nostre osservazioni sono confermate da misurazioni sul posto di onde radio di intensità inusuale.

Sulla base della nostra esperienza quotidiana **consideriamo la tecnologia dei telefoni cellulari mobili introdotta nel 1992 e ormai onnipresente, e quella dei telefoni senza fili, introdotta nel 1995, come i più importanti agenti scatenanti di questa drammatica evoluzione. Nessuno, ormai, riesce più a sfuggire a questo sovraccarico di alte frequenze. Queste rafforzano il rischio di effetti dovuti ad agenti chimici e fisici già presenti nell'ambiente in cui viviamo, sovraccaricano le difese immunitarie e sono in grado di annullare i meccanismi di regolazione che dovrebbero garantire il nostro equilibrio. Questo pericolo è particolarmente forte per le donne incinte, per i bambini, per gli adolescenti, gli anziani e i malati.** I nostri sforzi terapeutici per ristabilire la salute dei nostri pazienti sono sempre più privi di successo. Perché la penetrazione, priva di ostacoli, di una irradiazione permanente negli appartamenti e nei luoghi di lavoro, ma soprattutto nelle stanze dei bambini e nei salotti, che consideriamo come luoghi importanti per il rilassamento, la rigenerazione e la guarigione, provoca senza interruzione una condizione di stress e impedisce il ristabilimento fondamentale del malato. A causa di questa evoluzione inquietante ci sentiamo obbligati ad informare il pubblico di queste nostre osservazioni, soprattutto dopo aver constatato che alcuni tribunali tedeschi considerano i pericoli provocati dalla telefonia mobile come puramente ipotetici. **Quello che noi constatiamo ogni giorno nei nostri ambulatori è ben lontano dall'essere ipotetico. Noi vediamo un numero crescente di malati cronici, anche come conseguenza di una politica irresponsabile nella definizione dei valori limite che, invece che proteggere la popolazione contro le conseguenze a breve e a lungo termine sulla salute da parte delle onde e.m. emesse dalla telefonia cellulare mobile prese come parametro di riferimento per le scelte normative, si piega alle esigenze commerciali di una tecnologia che già da parecchio tempo viene riconosciuta come pericolosa.** A nostro parere si tratta dell'inizio di una evoluzione che deve essere presa molto sul serio, a causa della quale la salute di tante persone è minacciata. Noi non ci lasciamo sviare dai risultati di ricerche irreali che sono influenzate, come mostra spesso l'esperienza, proprio dalle industrie, mentre risultati di grande evidenza reale vengono sistematicamente ignorati. Per noi agire è diventata una necessità assoluta. Come medici noi siamo anche, prima di tutto, gli avvocati difensori dei nostri pazienti. Nell'interesse di tutte le persone coinvolte, il cui diritto fondamentale alla vita e all'integrità della salute fisica vengono attualmente messi in gioco, noi facciamo appello

ai responsabili nella politica e nella società. Sostenete con tutta l'autorità che vi compete le nostre rivendicazioni.

Devono essere messe a punto nuove tecnologie di comunicazione compatibili con la salute umana, che tengano conto dei possibili rischi, soprattutto prima della loro diffusione, e che non dipendano in alcun modo da finanziamenti privati. E come misure immediate e transitorie proponiamo:

- riduzione drastica dei valori limite, della potenza di emissione e del carico in onde radio fino a un livello compatibile con le funzioni biologiche, soprattutto nelle zone destinate al riposo e alla convalescenza;
- nessuna ulteriore espansione delle tecnologie di telefonia cellulare mobile, in modo che l'esposizione alle loro radiazioni non si moltiplichi ulteriormente;
- diritto di intervento della popolazione e dei comuni per quanto riguarda la pianificazione dei siti dove dovrebbero essere collocate le antenne, il che dovrebbe essere ovvio in una democrazia;
- educare la popolazione, e soprattutto chi utilizza i telefoni portatili, sui rischi alla salute provocati dai CEM e su un loro utilizzo più coscienzioso; interdizione dell'uso dei portatili ai bambini e restrizioni d'uso per gli adolescenti;
- divieto dell'uso dei telefoni portatili e dei telefoni senza fili nelle scuole materne e in generale in tutte le scuole, negli ospedali, negli asili nido, negli edifici e nei trasporti pubblici, analogamente a quanto viene fatto per i divieti al fumo di sigaretta;
- istituzione di zone franche, dove non sia previsto l'uso di cellulari e di telefoni senza fili, analogamente alle zone prive di traffico automobilistico;
- revisione degli standard per i telefoni senza fili allo scopo di ridurre l'intensità di irradiazione e di limitare l'emissione dei CEM alla durata del loro reale utilizzo, in modo da evitare la pulsazione continua, biologicamente critica;
- incentivare la ricerca scientifica indipendente dalle industrie, tenendo conto una buona volta dei tanti risultati critici circa la non innocuità dei CEM e delle nostre osservazioni mediche.

3.12. LA CONFERENZA INTERNAZIONALE DI CATANIA (40).

La Conferenza di Catania (12-14 Sett. 2002) su “Stato della Ricerca sui Campi Elettromagnetici. Aspetti Scientifici e Legali”, organizzata dall’ISPESL, dall’Università di Vienna e dalla città di Catania, ha visto la partecipazione di una quindicina di scienziati di varie nazioni, tra i quali i già citati C. Blackman (vicepresidente del gruppo di lavoro della IARC sugli effetti cancerogeni dei CEM, presidente della Società di Bioelettromagnetismo, consulente dell’EPA), H. Lai (Dip. di Bioingegneria, Univ. di Washington), W. Loscher (Direttore del Dipartimento di Farmacologia, Tossicologia e Farmacia dell’Univ. di Hannover), L. Hardell (Dip. di Oncologia, Univ. di Oerebro, Svezia), S. Szmigielskii (Ist. di Igiene ed Epidemiologia, Univ. di Varsavia), M. Kundi (Ist. di Medicina Ambientale, Univ. di Vienna), W. Mosgoller (Ist. di Ricerche sul Cancro, Vienna), K. Hansson (Ist. Nazionale di Igiene del Lavoro, Umea, Svezia), E. Richter (Direttore dell’Unità di Medicina Occupazionale e Ambientale dell’Univ. di Hadassah, Gerusalemme), M. Blank (Columbia Univ., New York), A.R. Liboff (Prof. Emerito al Dipartimento di Fisica dell’Univ. di Oakland, U.S.A.), e gli italiani L. Giuliani (Direttore del Dipartimento ISPESL di Venezia), F. Belpoggi (Fondazione Europea di Oncologia e Scienze Ambientali “Ramazzini”, Bologna), F. Marinelli (Ist. di Citomorfologia, CNR, Bologna), E. Del Giudice (Ist. Naz. di Fisica Nucleare, Milano), e S. Grimaldi (Ist. di Neurobiologia e Medicina Molecolare, CNR, Roma).

Tutti gli scienziati sopra elencati hanno sottoscritto la seguente risoluzione.

- 1. L’evidenza epidemiologica e i dati sperimentali in vivo e in vitro dimostrano l’esistenza di effetti indotti dai CEM, alcuni dei quali possono produrre danni alla salute umana.**
- 2. Noi rigettiamo gli argomenti in base ai quali si sostiene che CEM di bassa intensità non sono in grado di interagire con i tessuti.**
- 3. Esistono spiegazioni plausibili degli effetti indotti da CEM di intensità inferiore ai limiti di esposizione suggeriti dall’ICNIRP e alle raccomandazioni dell’Unione Europea.**
- 4. Il peso delle evidenze sperimentali impone strategie preventive basate sul principio di precauzione.** In certi casi il principio di precauzione può comportare iniziative volontarie di prudenza (“prudent avoidance”) nell’uso di determinate tecnologie.
- 5. Noi siamo coscienti che vi sono lacune nella conoscenza degli effetti biologici e fisici e dei rischi sanitari dei CEM, che richiedono ulteriori ricerche da parte di organismi indipendenti.**
- 6. I sottoscritti ricercatori concordano nel costituire una commissione scientifica internazionale per promuovere la ricerca finalizzata a proteggere la salute pubblica dai CEM e per sviluppare le basi scientifiche e le strategie operative per la definizione, la prevenzione, la gestione e la comunicazione dei rischi, sulla base del principio di precauzione.**

3.13. IL 1° CONGRESSO INTERNAZIONALE DELL’ICEMS A VENEZIA (41)

Il 18.12.02 si è svolto a Venezia un Convegno su “Iniziativa Internazionale per la Sicurezza Elettromagnetica” al quale hanno preso parte scienziati italiani, spagnoli, austriaci, polacchi e inglesi, e nel corso del quale è stata fondata la “Commissione Internazionale per la Sicurezza Elettromagnetica” (ICEMS), le cui finalità erano state già delineate da un gruppo di ricercatori anche di altri paesi in occasione del Convegno di Catania (3.12).

Nel suo saluto ai partecipanti al Convegno di Venezia e alla cerimonia fondativa dell'ICEMS, il Prof. S. SZMIGIELSKI, Prof. di Fisiopatologia al Dipartimento di Sicurezza delle MO di Varsavia, Polonia, **ha ricordato come il gran numero di evidenze scientifiche, accumulate negli ultimi anni sugli effetti che esposizioni a lungo termine a CEM anche molto deboli possono provocare sugli esseri umani, sia stato di fatto ignorato da una parte della comunità degli scienziati che si occupano di bioelettromagnetismo, soprattutto dai fisici e dai biofisici. Costoro ritengono che, in assenza di una precisa conoscenza dei meccanismi di interazione dei CEM a livello molecolare e cellulare, non possano essere accettati risultati pure ben misurabili e documentati.** L'autore sottolinea come la sua esperienza di oltre 40 anni di ricerche sugli effetti biologici e sanitari delle MO lo abbia portato a concludere che un ulteriore, sostanziale progresso nel difficile settore del bioelettromagnetismo richiede la partecipazione attiva di medici esperti di medicina ambientale e del lavoro, oltre che di salute pubblica. L'analisi, da parte di professionisti, dei sintomi soggettivi e delle modificazioni effettivamente misurabili delle funzioni fisiologiche in soggetti che vivono in condizioni ambientali ben controllate di esposizione ai CEM è infatti la via più efficace per confermare la convinzione della comunità sulla reale dimensione dei rischi provocati dall'esposizione a CEM di bassa intensità. L'ICEMS intende usare tale criterio per fornire un contributo sostanziale allo sviluppo del bioelettromagnetismo, in vista di una riconsiderazione delle linee-guida sui limiti di sicurezza nelle esposizioni a CEM.

Tra le comunicazioni scientifiche presentate a Venezia, particolarmente importanti sono quelle di due gruppi di ricercatori, i cui risultati sono stati ampiamente commentati dalle riviste specializzate e anche dalla stampa corrente. Il Dott. F. MARINELLI dell'Ist. per il Trapianto di Organi e la Immunocitologia del C.N.R. di Bologna, dopo aver ricordato con ampietà di citazioni bibliografiche **la capacità dei CEM di alterare meccanismi biochimici e molecolari nelle cellule di mammiferi esposte sia in vitro che in vivo, indipendentemente da fenomeni dovuti a rialzo termico,** sottolinea che tra i meccanismi cellulari danneggiati dai CEM di bassa intensità sono compresi il metabolismo e la proliferazione cellulare, che vengono alterati in seguito ad effetti dei CEM su tutti i componenti cellulari: dalla membrana citoplasmatica, sulla quale viene modificata la distribuzione delle molecole proteiche, essenziali nei meccanismi di permeabilità e di trasporto, fino al nucleo dove i CEM attivano una serie di eventi a cascata, che coinvolgono enzimi intracellulari e molecole che regolano la moltiplicazione cellulare. Cita anche i dati in base ai quali è stato ipotizzato **un effetto cancerogeno dei CEM sia a bassa che ad alta frequenza in base all'induzione di vari tipi di tumori su animali da esperimento e a dati epidemiologici sull'uomo (soprattutto su bambini), nonché i dati che dimostrano un effetto sinergico (cioè di potenziamento moltiplicativo e non di semplice sommatoria) tra CEM e cancerogeni chimici (cloruro di vinile) in operai esposti a MO (10-50 μ W/cm², cioè 6-13 V/m), sulla base dell'aumento di danni al DNA nelle cellule del sangue (formazione di micronuclei e di aberrazioni cromosomiche).** E infine ricorda come MO, sia modulate che non modulate, **possano provocare rotture al DNA nelle cellule cerebrali di animali irradiati ripetutamente, con un chiaro rapporto dose-effetto. Espone quindi i risultati della ricerca svolta dal gruppo da lui stesso coordinato, pubblicati di recente (42), su cellule leucemiche irradiate, in condizioni di temperatura controllata, con MO della frequenza tra 850 e 950 MHz (la stessa usata dalla maggior parte dei telefoni cellulari GSM) e della potenza di 1 mW (quella massima per i cellulari diffusi in Europa è di 2 mW).** Mediante test molto sensibili su base immunologica sono stati verificati **gli effetti delle MO sulla proliferazione e sul ciclo cellulare, nonché sull'espressione dei geni coinvolti nell'apoptosi (la cosiddetta “morte cellulare programmata”) e sulla sopravvivenza delle cellule.** I risultati mostrano che nelle colture cellulari esposte a MO per

periodi relativamente brevi (da 2 a 24 ore) si verifica **un aumento considerevole** (e statisticamente significativo rispetto ai controlli non irradiati) **di cellule morte per apoptosi**, mentre nelle colture esposte per periodi più lunghi (48 ore) il processo di apoptosi viene evitato, ed **aumenta significativamente il numero di cellule capaci di andare incontro a sintesi di DNA e ad attiva proliferazione**. In sostanza, le cellule esposte a MO rispondono immediatamente ai danni provocati dall'irradiazione attivando il processo di apoptosi ma, col prolungarsi dell'esposizione, le cellule che sono sopravvissute e che hanno evitato la morte per apoptosi cominciano a moltiplicarsi molto attivamente, portando con sé un accumulo di danni al DNA e di segnali di sopravvivenza attivati. Infatti **l'analisi immunologica mostra che le cellule tumorali sopravvissute e in attiva proliferazione esprimono alcuni tipici oncogeni (geni tumorali) quali akt, ras e Bcl2, che favoriscono la replicazione**.

Il Dott. **D. de POMERAI** dell'Università di Nottingham, in Inghilterra, **espone i risultati** degli esperimenti condotti dal suo gruppo su un verme Nematode, **pubblicati per la prima volta nel 2000 su Nature, la più prestigiosa rivista scientifica internazionale (19)**, già citati con grande rilievo nel "Rapporto Stewart" (3.7.) come esempio della **capacità di CEM a MO di attivare l'espressione di alcuni geni, importanti perché ubiquitari e quindi presenti anche nell'uomo, in condizioni nelle quali non si verifica alcun aumento di temperatura**. Il verme in questione è probabilmente l'animale meglio caratterizzato dal punto di vista genetico (nel '98 il suo genoma è stato interamente sequenziato e nel 2002 il premio Nobel per la Medicina è stato assegnato a tre scienziati che sono stati tra i fondatori della biologia dello sviluppo di questi organismi). Inoltre questi vermi rispondono con grande sensibilità e specificità agli stress ambientali, compresi quelli provocati da inquinanti chimici e dalle MO. I vermi sono stati esposti a MO della **frequenza usata nella telefonia cellulare (750-1000 MHz) e di intensità molto bassa (SAR: 0,004 – 0,015 W/kg) in confronto alle intensità tipiche dei telefoni cellulari (SAR:0,02 – 1,0 W/kg)**, e ad un temperatura di 25° C, di 3° C inferiore a quella necessaria per l'espressione, attivata dal rialzo termico, di alcuni geni "reporter" (gfp e LacZ). **In queste condizioni l'irradiazione con MO non provoca alcun variazione significativa di temperatura, mentre induce una attiva espressione dei geni "reporter"**. Per di più, se il trattamento con MO viene fatto su animali allo stato larvale, si osserva, rispetto ai controlli, **una netta stimolazione della crescita e, in seguito, della produzione di uova**, mentre un aumento di soli 3° C di temperatura, in assenza di irradiazione con MO, provoca l'effetto opposto: inibizione della crescita e della produzione di uova. Inoltre, utilizzando ceppi di vermi mutanti in geni che controllano una proteina della membrana cellulare oppure una proteina nucleare, si può osservare che **l'attivazione genica provocata dalle MO si esplica soprattutto a livello delle funzioni della membrana cellulare, e anche in questo caso ciò si verifica senza alcun aumento della temperatura locale**. Infine, irradiando con MO soluzioni di una proteina serica (albumina di bovino), si osserva **un aumento del processo di aggregazione delle molecole proteiche**, proporzionale alla durata dell'irradiazione. Questi dati confermano quelli di altri autori, secondo i quali le MO sono in grado di accelerare la velocità di avvolgimento-svolgimento di proteine globulari in soluzione.

In conclusione, gli esperimenti sul verme Nematode dimostrano chiaramente che CEM a MO di bassa intensità possono provocare effetti biologici di natura non termica e ne mettono in evidenza possibili meccanismi molecolari basati sull'attivazione di geni importanti per la crescita e lo sviluppo, e sulla modificazione strutturale di proteine di membrana. Gli autori concludono con due importanti considerazioni: 1) poiché gli effetti osservati non sono di natura termica, i limiti di esposizione attuali per le MO, che sono invece basati solo su effetti termici accertati, andrebbero riconsiderati; 2) data l'universalità dei sistemi implicati nelle risposte biologiche qui descritte, una risposta analoga di natura non

termica potrebbe verificarsi anche nei tessuti umani, dopo irradiazione con MO di potenza molto ridotta, e questa possibilità andrebbe verificata.

Al Convegno di Venezia sono stati presentati anche alcuni contributi sulle implicazioni che i dati scientifici rivestono ai fini della definizione di una politica di protezione della salute umana dall'inquinamento elettromagnetico. P. es. il Dott. **C. GOMEZ-PERETTA**, Direttore del Dipartimento Ricerca dell'Ospedale di Valencia, Spagna, ha presentato **un documento che è il risultato del lavoro di una trentina di ricercatori spagnoli di varie discipline, basato su una revisione critica della letteratura scientifica (oltre 600 pubblicazioni) sugli effetti biologici e sanitari delle MO usate nella telefonia cellulare**. Gli autori sottolineano come la controversia esistente nella comunità scientifica circa i rischi sanitari prodotti da questa tecnologia si riflettano nella estrema diversità dei limiti di esposizione fissati per fini protettivi nelle diverse nazioni (si veda la tabella allegata, modificata e aggiornata da chi scrive). **La situazione non è diversa da quella che si è verificata in passato per il tabacco, l'asbesto, il DDT, i PCB (policlorobenzeni), il cloruro di vinile, ecc., cioè per sostanze i cui effetti cancerogeni e tossici sono stati sottovalutati per decine di anni, perché la relazione causa/effetto veniva sistematicamente rigettata da molti studiosi, come sempre avviene quando la tutela dai rischi ambientali o sanitari implica importanti conseguenze economiche.**

La possibilità che i CEM prodotti dalle MO pulsanti di bassa intensità, come sono quelle usate nella telefonia mobile, esercitino effetti non termici sugli organismi viventi si basa su due fatti. **Da un lato le MO, che vengono identificate sulla base della loro intensità e frequenza, sono un sistema di trasporto di energia oscillatoria; dall'altro il corpo umano è uno "strumento elettrochimico" di grande sensibilità, nel quale il controllo e la corretta operatività delle funzioni vitali sono regolati da diversi tipi di fenomeni elettrici oscillatori, ognuno dei quali è caratterizzato da una specifica frequenza. Perciò alcune attività biologiche ed elettriche endogene (proprie del nostro organismo) possono subire interferenze dovute al carattere oscillatorio della radiazione esogena (p. es. le MO della telefonia cellulare) sulla base dei seguenti principi fondamentali.**

1. **Tutte le strutture biologiche** instaurano comunicazioni con il mezzo circostante mediante impulsi elettrici dinamici, perciò elettromagnetici, che sono intrinseci alle strutture biologiche.
2. **Il nostro cervello** è l'organo più sensibile agli effetti indotti nel nostro organismo dai fenomeni elettrici esogeni. L'attività di base del nostro cervello è dell'ordine di alcune femtotesla ($fT = 10^{-15}T$).
3. **Il nostro cuore** è in grado di mantenere la sua attività ritmica a partire da un flusso costante di corrente elettrica, che può essere interrotto da un CEM prodotto all'esterno del nostro corpo .
4. **Tutte le nostre strutture cellulari** devono mantenere, per essere vitali, una differenza di potenziale elettrico che le rende sensibili a correnti elettriche indotte dall'esterno.
5. **Il nostro corpo** si comporta come un'antenna ricevente nei confronti delle onde EM esterne.
6. **Il nostro sistema nervoso (centrale e periferico)** è collegato dal punto di vista funzionale con la maggior parte delle nostre attività vitali, non solo a causa della sua caratteristica attività EM, ma anche tramite un complesso sistema endocrino/ormonale. Pertanto esso rappresenta una struttura estremamente sensibile e facilmente alterabile ad opera di emissioni EM esterne.

Il fatto che i CEM possano essere usati anche per scopi diagnostici (risonanza magnetica, magnetismo funzionale, magneto-encefalografia ecc.) e terapeutici (stimolazione magnetica

trans-cranica ecc.) non è in contrasto con la **documentazione, prodotta da tanti laboratori indipendenti, di una varietà di effetti non termici di RF/MO di bassa intensità, tra i quali:**

- **la modificazione delle caratteristiche dinamico- funzionali della membrana cellulare;**
- **l'alterazione degli impulsi nervosi di trasduzione, di natura chimico-fisica;**
- **la stimolazione della proliferazione cellulare;**
- **la produzione di un aumento dei marcatori molecolari collegati alla presenza di cellule tumorali.**

Inoltre le MO usate nella telefonia mobile sembrano in grado di influenzare una varietà di funzioni del cervello, e persino del sistema endocrino, senza produrre riscaldamento dei tessuti. Non c'è da sorprendersi se le persone esposte a CEM denunciano soprattutto sintomi di carattere neurologico. Per esempio, **mali di testa ed emicranie** sono consistenti con gli effetti dei CEM sul sistema dopamina-oppiato del cervello e con le modificazioni della permeabilità della barriera emato-encefalica. **I disturbi del sonno** sono consistenti con le modificazioni indotte dai CEM sui livelli di melatonina e di altri neuroormoni. Infine, i **disturbi auditivi e comportamentali** (condizioni di stress) dovuti a RF/MO non richiedono particolari spiegazioni.

Se non si vogliono fare gli stessi errori compiuti in passato è importante tenere presente i risultati delle ricerche sugli effetti sanitari provocati dalle stazioni radio-TV, e dai radar. Infatti i telefoni mobili analogici usano segnali simili a quelli radio-TV, e i telefoni mobili digitali impiegano MO pulsanti molto simili a quelle dei radar, anche se di diversa frequenza. Purtroppo gli studi epidemiologici sulle esposizioni a stazioni radio-TV e a radar hanno messo in evidenza un aumento di patologie tumorali, come pure cardiache e neurologiche, nonché alterazioni dell'apparato riproduttivo, anche se le esposizioni non sono sempre esattamente definite.

Se la protezione della salute dei cittadini deve essere anteposta ai problemi legati allo sviluppo o agli interessi economici, allora l'UE dovrebbe rivedere le risoluzioni che ha adottato (sotto la spinta dell'OMS/ICNIRP, n.d.a.), abbassando i limiti suggeriti fino ai livelli ai quali oggi possono essere documentati effetti a livello cellulare. La Conferenza di Salisburgo ha raccomandato un limite di 0,1 microW/cm² (0,6 V/m) per la popolazione esposta a RF/MO, e questo è anche il limite adottato in Spagna da alcuni Comuni, in particolare della Castiglia, per i cosiddetti "siti sensibili" (scuole, Ospedali, centri geriatrici ec.). Altre Nazioni (Italia, Svizzera ecc.) hanno adottato limiti tra 10 e 4,2 microW/cm² (6-3 V/m), mentre altre li hanno fissati a 450 o 900 microW/cm² (41-58 V/m) a seconda delle frequenze (v. Tabella). Non ha molto senso che l'UE usi criteri completamente diversi quando si tratta di proteggere la salute dei suoi cittadini. Un abbassamento dei livelli di esposizione è possibile anche per le industrie: quasi mai un'antenna di telefonia mobile produce livelli di campo elettrico al di sopra di 6 V/m. **Ciò rende ancora più incomprensibile perché si debbano mantenere dei limiti basati solo sugli effetti termici, ignorando così le centinaia di pubblicazioni scientifiche che dimostrano l'esistenza di effetti non termici indotti da CEM di potenza molto ridotta. Dato che i risultati di molti studi scientifici e perfino i regolamenti di alcune regioni, sulla base del principio di precauzione, hanno definito livelli di protezione intorno a 0,6 V/m, e in alcuni casi persino inferiori a questo valore, è veramente negligente lasciare che la popolazione continui ad essere esposta a valori superiori di 10 – 100 volte a tali livelli. Non vorremmo essere costretti ad aspettare che sia stabilita l'evidenza certa e assoluta degli effetti cancerogeni dei CEM di debole intensità nelle esposizioni di lunga durata!**

Un altro intervento di carattere generale e di grande rilievo è quello del Dott. S. BAUMANN, dell'Agenzia Svizzera per l'Ambiente di Berna, il quale ricorda che la ricerca sul bioelettromagnetismo ha prodotto alcuni risultati molto chiari e generalmente accettati che formano la base per la definizione dei livelli di esposizione proposti dall'ICNIRP e fatti propri dall'OMS e dall'UE. Ma, in aggiunta a questi, ci sono molti altri risultati scientifici che appaiono

inaspettati alla luce delle conclusioni correnti sopra citate. **Alcuni di questi effetti “teoricamente impossibili”, che hanno un potenziale significato negativo per la salute pubblica, si verificano a livelli di esposizione molto bassi**, certamente al di sotto dei limiti correnti di esposizione. In aggiunta a queste osservazioni scientifiche, **alcuni cittadini hanno esperienza di effetti negativi sulla propria salute e sul proprio benessere psico-fisico, come conseguenza della esposizione quotidiana a CEM di bassa intensità, anche di alcuni ordini di grandezza inferiore ai limiti di esposizione definiti dalle agenzie internazionali**. L’atteggiamento di certa scienza ufficiale nei riguardi di questi effetti, indicati spesso come “effetti non termici” o “effetti delle basse dosi”, è generalmente scettico. Questi effetti mettono in discussione i principi sui meccanismi d’azione dei CEM generalmente accettati e molti scienziati li ritengono dovuti al caso, a non buone pratiche di laboratorio o ad altre cause, ma non ai CEM. E’ certamente più facile criticare la ricerca di un collega che mettere in discussione le proprie convinzioni scientifiche. Ma questo comportamento non è quello di cui hanno bisogno la società e la politica. **Oggi molti cittadini sono coinvolti in esposizioni prolungate ai CEM che possono provocare effetti dannosi anche a basse dosi**. La politica ha la responsabilità di assicurare una sufficiente protezione della popolazione. I cittadini e le autorità vogliono che la scienza si occupi di questi fenomeni, indipendentemente dal fatto che essi si inquadrino nelle teorie ufficiali. Se la scienza non accetta questo indirizzo non ci saranno risposte serie ai problemi di cui soffrono i cittadini, né le autorità potranno garantire che le attuali strategie di protezione siano appropriate e sufficienti. **La ricerca in futuro dovrà dunque essere centrata proprio su questi effetti inaspettati**. I contrasti tra le teorie correnti più consolidate e le osservazioni empiriche apparentemente incoerenti con tali teorie non dovranno costituire un ostacolo, bensì dovranno fare da stimolo per nuove ricerche. Non sarebbe la prima volta nella storia della scienza che dati sperimentali e statistici inconciliabili fra loro hanno aperto la via per una conoscenza più approfondita ed una estensione delle basi teoretiche di un fenomeno, a condizione che le discrepanze non vengano ignorate ma anzi siano considerate con serietà. In futuro la scienza potrebbe essere in grado non solo di rilevare gli effetti sulla salute provocati dalle tecnologie già in uso, ma anche di predire gli effetti sanitari di nuove tecnologie, sulla base della conoscenza dei meccanismi di interazione degli organismi viventi soprattutto con bassi livelli di radiazione. Ma oggi siamo molto lontani da questo obiettivo e perciò la conoscenza degli effetti biologici e sanitari delle esposizioni a breve e a lungo termine dei CEM riveste un ruolo essenziale. Ebbene, fino ad ora la valutazione dei rischi è stata fatta seguendo una “modalità digitale”: sì o no, il rischio alla salute è scientificamente provato oppure no. **Le principali organizzazioni internazionali (ICNIRP, OMS, UE) hanno adottato questo approccio: i criteri scelti per valutare l’affidabilità dei risultati scientifici sono molto rigidi e solo pochi effetti biologici sono stati presi in considerazione ai fini della valutazione. Per stabilire i limiti di esposizione, tra gli effetti dannosi per la salute solo quelli assolutamente accertati sono stati considerati, mentre ogni altro effetto è stato ignorato. Questo approccio non è di alcuna utilità se si perseguono delle strategie di carattere precauzionale. La precauzione, infatti, riguarda soprattutto gli effetti non (ancora) accertati, ma che potrebbero rivelarsi reali e potrebbero comportare un rischio sanitario**. In questo contesto la scienza deve informare i politici non solo sulle prove accertate ma anche sulle probabilità di effetti negativi per la salute. Gli effetti biologici devono essere presi in considerazione e classificati come “accertati, probabili, possibili, o improbabili”, e deve essere stabilito in che grado un dato effetto biologico costituisca o potrebbe costituire un rischio sanitario. Sarà necessario sviluppare criteri di valutazione nuovi e largamente accettati in modo da poter compiere questo tipo di valutazioni in maniera uniforme e trasparente. Una valutazione dei rischi basata sui criteri sopra accennati è un servizio che la scienza può e deve rendere ai politici. L’ICEMS, che intende basare le sue attività sul principio di precauzione, svolgerà un ruolo fondamentale nel definire questi criteri e nel produrre valutazioni di rischio differenziate.

Nella Svizzera c’è una lunga tradizione nell’applicazione del principio di precauzione e, dato il contesto legale esistente e mancando una valutazione differenziata del rischio, è stato usato

un diverso approccio per ridurre le esposizioni. Il Governo Svizzero ha infatti stabilito che le esposizioni a lungo termine devono essere ridotte fino al livello tecnicamente/operativamente possibile ed economicamente accettabile. Ne sono derivati valori limite precauzionali sostanzialmente più bassi dei limiti suggeriti dall'ICNIRP: per la telefonia cellulare valori 10-15 volte inferiori (4-6 V/m contro i 41-58 V/m dell'ICNIRP, vedi Tabella 1), e 100 volte inferiori per le installazioni elettriche (1 microTesla anziché 100 microTesla). Tuttavia neppure questi limiti, pur prudenziali, garantiscono una protezione della salute della popolazione in tutte le circostanze possibili. E' compito della scienza svolgere le ricerche necessarie e indicare, sulla base dei risultati ottenuti, i limiti di esposizione da perseguire.

TABELLA 1

LIMITI INFERIORI DI ESPOSIZIONE (IN V/M) PER LA TELEFONIA MOBILE (A DIVERSE FREQUENZE) IN DIVERSI STATI E REGIONI.

Stato o Regione	A 400 MHz	a 950 MHz	a 1.800 MHz
Giappone, U.S.A., Gran Bretagna ¹	31	47	61
Australia, Francia, Germania, Spagna, (Catalogna, Navarra) ^{1,2}	27	41	58
Belgio (Reg. Fiamminghe) ¹	20	27	36
Russia, Cina, Italia, Bulgaria, Polonia, Spagna (Castiglia: aree urbane)	6	6	6
Canada	5	5	6
Belgio (Reg. Vallone)	3	4	6
Puglia, Marche, Prov. Autonoma di Trento	3	3	3
Austria (solo Vienna), Prov. Aut. TN (siti sensibili)	2	2	2
Austria (Salisburgo), Spagna (Castiglia: siti sensibili)	0,6	0,6	0,6
Toscana	0,5	0,5	0,5
Nuova Zelanda (proposta Neil Cherry)	0,2	0,2	0,2
Australia (New South Wales)	0,06	0,06	0,06

¹ Queste Nazioni non hanno adottato il Principio di Precauzione, pertanto i valori riportati rappresentano l'unico limite applicato, valido per esposizioni di breve e lunga durata. Per tutte le altre Nazioni, che hanno adottato il Principio di Precauzione, sono riportati i valori di cautela, o gli obiettivi di qualità (ultime 4 righe) validi per esposizioni superiori alle 4 ore giornaliere.

² Questi sono i valori suggeriti dall'ICNIRP/OMS/C.E.

4. EFFETTI GENETICI, EMBRIOTOSSICI, TERATOGENI E CANCEROGENI DELLE RADIOFREQUENZE E DELLE MICROONDE SU SISTEMI SPERIMENTALI DI LABORATORIO E SULL'UOMO.

La dimostrazione della capacità di indurre effetti genetici (alterazioni strutturali o funzionali del DNA, effetti a livello cromosomico, vere e proprie mutazioni geniche) da parte di agenti chimici e fisici, definiti per questa loro proprietà “genotossici”, è importante non solo perché tali effetti, se prodotti su cellule germinali, possono dare luogo a conseguenze di per sé particolarmente gravi (semisterilità, sterilità, aborti spontanei, malformazioni embrionali, mortalità perinatale, malattie ereditarie a base genica o cromosomica), ma anche perché un danno genetico a livello di cellule somatiche può rappresentare l'inizio del processo di trasformazione neoplastica. Infatti, per una vasta categoria di cancerogeni fisici (radiazioni ultraviolette, radiazioni ionizzanti) e chimici (p. es. idrocarburi aromatici policiclici, amine aromatiche, benzene, cloruro di vinile, molti metalli, diversi coloranti aromatici, erbicidi, conservanti, ecc.) il danno genetico somatico costituisce il meccanismo di “**iniziazione**” cancerogenetica, che è solo la prima tappa del processo di trasformazione neoplastica. Infatti alla fase di iniziazione fanno seguito vari altri processi, come la “**promozione**”, cioè la facilitazione dello sviluppo della cellula trasformata, la “**progressione**” che permette alle cellule, definitivamente trasformate in senso neoplastico, di espandersi nella sede di origine, e la “**metastasi**”, cioè la diffusione delle cellule trasformate e la loro capacità di moltiplicarsi in sedi diverse da quella in cui si sono formate.

Vista la semplicità di esecuzione, la precisione e la rapidità molto maggiore ed il costo molto minore dei test di mutagenesi ed anche di alcuni test di promozione e di trasformazione neoplastica in vitro rispetto ai test di cancerogenesi sull'animale, la messa in evidenza di una attività genotossica può rappresentare un importante indizio della potenziale cancerogenicità dell'agente in esame. Per questi motivi i dati sull'attività mutagena e/o promovente sono diventati parte integrante di quel complesso di informazioni, fondato soprattutto sui dati di cancerogenesi sull'animale, sui rilievi epidemiologici sulle popolazioni umane esposte, e sulla comprensione del meccanismo d'azione a livello molecolare e cellulare, sulle quali si basano tutte le grandi Agenzie ed i Comitati internazionali, nonché gli Enti di governo a ciò proposti, ai fini della identificazione e della classificazione degli agenti cancerogeni per l'uomo.

Gli effetti embriotossici, che possono dare luogo a malformazioni embrionali (teratogenesi) alla base delle quali a volte può anche esserci un danno genetico, sono importanti per le gravi conseguenze che provocano di per sé, e vengono messi in evidenza grazie ad opportuni sistemi sperimentali animali, ai fini di una valutazione dei possibili rischi embriotossici per la popolazione umana.

Infine **i test di cancerogenesi sull'animale (in genere roditori)**, nonostante la difficoltà dei trattamenti sperimentali, l'alto costo per l'elevato numero di animali da impiegare ed i tempi di esecuzione particolarmente lunghi (non meno di 4-5 anni, tenuto conto della vita media delle specie utilizzate e della necessità di valutare la eventuale presenza di tumori solo dopo la morte naturale degli animali), **restano comunque, tra tutti i sistemi di laboratorio, quelli a più alto valore predittivo ai fini della estrapolazione di un possibile rischio cancerogenetico per l'uomo.**

4.1. EFFETTI GENETICI DELLE RADIOFREQUENZE E MICROONDE.

In una review di alcuni anni fa (43) sugli effetti dei CEM a livello cellulare e molecolare, che comprende anche alcune sezioni dedicate all'azione genotossica vera e propria dei CEM, vengono sottolineati alcuni aspetti peculiari di tale azione. Secondo gli Autori l'evidenza già allora disponibile suggerisce **che i processi cellulari possono essere influenzati anche da CEM**

particolarmente deboli, privi di effetto termico ma capaci comunque di produrre perturbazioni dell'omeostasi cellulare, con conseguenze a volte reversibili, altre volte irreversibili, come avviene nella **promozione tumorale** che i CEM sembrano in grado di esercitare in presenza di agenti iniziatori primari della cancerogenesi. Viene anche sottolineato che anche le piccole perturbazioni provocate dai CEM producono sempre reazioni piccole ma misurabili, ma che tuttavia la relazione tra la reazione cellulare e lo stimolo EM applicato non è né semplice né lineare. In molti casi sembra esservi un livello “soglia” dello stimolo EM, al di sotto del quale non c'è risposta e al di sopra del quale la risposta aumenta, raggiungendo rapidamente un livello di saturazione. Oltre questo, la risposta non aumenta ulteriormente, anche se aumentano l'intensità del CEM o il tempo di esposizione. In altri casi sembrano esserci invece delle “finestre” (windows), cioè degli intervalli di frequenza o di intensità, al di fuori dei quali non c'è risposta biologica, oppure, se c'è, è di segno opposto a quella che si osserva nell'ambito dell'intervallo efficace. **Nell'insieme, questi aspetti della relazione dose-risposta rendono il modello di meccanismo d'azione biologico dei CEM estremamente complesso.**

Si è voluta ricordare questa interessante osservazione relativa all'azione biologica dei CEM, che negli anni successivi è stata ripresa, sviluppata e documentata con dati sperimentali nuovi da vari autori, in particolare da G. HYLAND (v. 3.9.).

Per quanto riguarda gli effetti genetici veri e propri dei CEM, gli Autori della review (43) concludono affermando che i dati su sistemi in vivo e in vitro sono concordi nel mostrare che i CEM alterano la trascrizione del DNA e quindi l'espressione dei geni, mentre i dati relativi ad alterazioni della replicazione del DNA sono contraddittori. Perciò, se l'esposizione ai CEM è in qualche modo associata ad un aumento del rischio di cancro, questo dovrebbe aver luogo principalmente mediante un meccanismo di promozione piuttosto che di iniziazione tumorale.

Ci sono poi due reviews più recenti dedicate esclusivamente alla genotossicità delle RF e MO, la prima delle quali (44), finanziata con fondi dei gestori della telefonia mobile (Wireless Technology Research), conclude affermando che “i risultati di più di 100 studi suggeriscono che le RF non producono direttamente effetti mutageni e che i pochi effetti genotossici osservati dopo esposizioni a CEM ad alta frequenza e di forte intensità sono prevalentemente dovuti a ipertermia, anche se sembrano esserci alcuni effetti indiretti sulla replicazione e la trascrizione dei geni in condizioni di esposizione tali da non provocare un significativo rialzo termico”.

Va sottolineato che anche i molti lavori sperimentali finanziati dai gestori della telefonia mobile hanno invariabilmente prodotto risultati negativi: così quelli del gruppo che fa capo a MALYAPA (45, 46) e a VIJAYALAXMI (47), finanziati dalla Motorola Inc., che non documentano alcuna evidenza di danni al DNA e ai cromosomi dopo irradiazione di cellule di mammifero in vitro con MO a varie frequenze (835, 847, 2450 MHz), quello di FRITZE et al. (48), pure finanziato dalla Motorola Inc., che non mostra effetti delle frequenze tipiche del sistema GSM (attorno a 1 GHz) sulla trascrizione di vari geni nel cervello di topo, e quelli finanziati entrambi dalla Wireless Technology Research, di PHYLLIPS et al. (49) e di VASQUEZ et al. (50), i quali non trovano evidenze né di danni al DNA in leucociti umani in vitro, né di mutazioni geniche in batteri e in cellule di topo, né di alterazioni cromosomiche in linfociti umani dopo irradiazione con MO (837 e 1900 MHz).

Molto diversa è la panoramica sugli effetti genotossici delle RF e MO che si ricava dall'altra review (51) e da molti altri lavori sperimentali “indipendenti”, non considerati perché successivi o comunque non commentati in tale review.

I dati di genotossicità possono essere suddivisi, a seconda del tipo di effetto genetico osservato, in alcuni sottogruppi.

4.1.1. ALTERAZIONI STRUTTURALI E FUNZIONALI DEL DNA.

Diverse ricerche hanno dimostrato la capacità che hanno le MO, in particolare quelle di frequenza elevata (2.450 MHz, che è la frequenza utilizzata nella telefonia cellulare UMTS) di provocare danni strutturali al DNA in cellule di mammifero trattate in vitro e in cellule ricavate da vari organi di animali irradiati in vivo, anche quando la temperatura viene mantenuta entro i normali limiti fisiologici. P.es. già nel 1994 era stato segnalato che nelle cellule del cervello e del testicolo di ratti esposti a MO (2.450 MHz; $1\text{mW}/\text{cm}^2$, che è la dose fissata dall'ICNIRP quale limite di sicurezza per le esposizioni di breve durata delle popolazioni umane) **il DNA viene significativamente frammentato** (52). In seguito, soprattutto il gruppo che fa capo al Dott. LAI ha ripetutamente confermato questa osservazione: nelle cellule del cervello di ratti esposti a MO continue o pulsate di bassa intensità (2.450 MHz; SAR=1,2 W/Kg) il DNA subisce **rottture sia della singola che della doppia elica**, senza differenze quantitative tra i due tipi di onde EM, e con un chiaro rapporto dose-effetto (53, 54). Gli Autori ritengono che tali rottture, che possono rappresentare la base molecolare per l'induzione di alterazioni cromosomiche o di altre modificazioni genetiche, siano prodotte dall'effetto diretto dell'energia EM delle MO sulle molecole di DNA e/o dall'inibizione dei meccanismi di riparazione dei danni al DNA nelle cellule del cervello. Questi Autori hanno anche dimostrato che le rottture a doppio filamento vengono ridotte di numero se gli animali vengono trattati con naltrexone (un antagonista degli oppioidi) subito prima dell'esposizione alle MO (LAI 98, 153): **questi dati supportano l'ipotesi che le RF/MO siano in grado di attivare gli oppioidi endogeni al cervello dando luogo a una varietà di effetti biologici (55).** Infine, un lavoro fondamentale sempre di LAI e SINGH (56) ha dimostrato che, se i ratti vengono trattati immediatamente prima o dopo l'esposizione a MO, con melatonina o PBN (butilfenilnitrono), che sono due sostanze attive come "scavengers" ("spazzini"), cioè catturatori di radicali liberi, l'azione di rottura del DNA da parte delle MO viene bloccata. Questo conferma l'ipotesi che la produzione di radicali liberi sia alla base del danno cerebrale provocato dalle RF/MO.

Tutte queste osservazioni sono di particolare importanza perché l'accumulo di danni al DNA nelle cellule del cervello potrebbe essere alla base di varie malattie neurodegenerative, per le quali è già stata stabilita una correlazione con le esposizioni a CEM di bassissima frequenza (ELF, 57) e di tumori da RF e MO (vedi 5.2, 5.3, 5.4) oltre che da ELF (58), mentre un eccesso di radicali liberi nelle cellule è stato dimostrato essere la causa di una varietà di disturbi nell'uomo.

Diversi dati recenti dimostrano inoltre che anche la funzionalità del DNA può essere alterata dalle MO. P.es. la trascrizione e quindi l'espressione del proto-oncogene "C-jun" viene sensibilmente alterata in cellule umane coltivate in vitro, dopo un'irradiazione con MO (836, 55 MHz; $9\text{mW}/\text{cm}^2$), in condizioni che non producono alcun effetto termico (59), ed anche l'espressione del proto-oncogene "C-fos" viene alterata in cellule di hamster coltivate in vitro, dopo irradiazione con MO (835,62 – 847,74 MHz), esattamente dello stesso tipo di quelle usate nella telefonia cellulare (60). **Di particolare rilievo sono poi i dati recenti di De Pomerai sull'attivazione da parte di MO (750-1000 MHz) di alcuni geni in un verme Nematode, pubblicati per la prima volta su "Nature" (19), che è la più prestigiosa rivista scientifica internazionale, e già ampiamente commentati (pag. 23 e 44).**

Sono state anche formulate ipotesi circa il meccanismo mediante il quale i CEM stimolano la trascrizione genica (61): come avviene sulle membrane cellulari, dove l'effetto del segnale EM sugli enzimi di membrana (Na, K – ATPasi) dipende dall'interazione tra i CEM e le cariche mobili sulle molecole enzimatiche, anche sul DNA l'attivazione genica potrebbe dipendere da una interazione diretta tra i CEM e i grossi flussi di elettroni, mobili entro i piani sovrapposti delle basi azotate nella doppia elica del DNA.

4.1.2. EFFETTI CITOGENETICI

Gli stessi Autori della review già citata (**VERSCHAEVE e MAES**, 51) hanno condotto ricerche in questo settore, dimostrando che **MO di diversa frequenza sono in grado di indurre aberrazioni cromosomiche e scambi tra cromatidi fratelli** (un particolare tipo di modificazione della struttura del cromosoma che implica l'intervento dei meccanismi di riparazione dei danni al DNA, e che quindi è anche indirettamente un indicatore di danno al DNA) **in cellule di mammifero coltivate in vitro**. P.es., in colture di **linfociti umani** esposte a MO (2.450 MHz) a **una temperatura mantenuta rigorosamente costante** per mezzo di "probes" collegati al microcomputer che regola l'irradiazione, è stato verificato un netto aumento della frequenza di aberrazioni cromosomiche, compresi cromosomi dicentrici e frammenti acentrici (62). Inoltre, esponendo **"in situ" campioni di sangue umano alle MO (954 MHz) emesse da un'antenna GSM nelle prossimità di una stazione radio-base**, e mettendo poi in coltura i linfociti così irradiati, in presenza di **mitomicina-C (MMC)**, un agente chimico capace di danneggiare il DNA), si osserva **un effetto sinergico, cioè moltiplicativo e non semplicemente additivo** tra MO e MMC, altamente riproducibile, rappresentato da un aumento della frequenza di scambi tra cromatidi fratelli (63). Un effetto sinergico dello stesso tipo, anche se meno evidente, è stato osservato dopo irradiazione di sangue umano intero con MO (935,2 MHz), sulla base dell'aumento della frequenza di tre parametri (aberrazioni cromosomiche classiche, scambi tra cromatidi fratelli e rotture del DNA per mezzo del "test cometa") nei linfociti coltivati in presenza di MMC (64). Infine, effetti sinergici tra RF/MO e agenti chimici genotossici (adriamicina, proflavina, etilmetanosulfonato), che supportano indirettamente le osservazioni sulla capacità delle MO di amplificare l'effetto di alcuni agenti tossici di indurre tumori nell'uomo, sono stati osservati da vari altri autori e sono stati rivisti da Verschaeve e Maes (51).

Tra gli altri lavori che hanno messo in evidenza la capacità delle MO di indurre alterazioni cromosomiche in cellule di mammifero in vitro, oltre a quelli citati nella review di Verschaeve e Maes (51), vanno ricordati quelli del gruppo che fa capo a **GARAJ-VRHOVAC**. **In fibroblasti di hamster cinese e in campioni di sangue umano in toto, irradiati con MO (7,7 GHz; 0,5 mW/cm²)** è stata osservata una **frequenza significativamente aumentata di particolari aberrazioni cromosomiche** (cromosomi dicentrici e ad anello) e **di micronuclei** (masserelle di cromatina nel citoplasma di cellule non in divisione, contenenti frammenti di cromosomi prodotti in seguito a rotture cromatidiche o cromosomiche o interi cromosomi, "dispersi" nel corso della mitosi e rimasti esclusi dal nucleo) (65,66,67): **un quadro, questo, tipico dell'effetto a livello cromosomico delle radiazioni ionizzanti**.

Particolarmente interessante e di notevole rilievo per le possibili estrapolazioni per quanto riguarda il rischio di danno genetico in condizioni reali di esposizione a MO, come possono essere quelle occupazionali o residenziali per le popolazioni umane, sono i dati relativi all'**aumento significativo di aberrazioni cromosomiche** (rotture e frammenti privi di centromero, traslocazioni, dicentrici, aneuploidie e poliploidie: ancora un quadro citogenetico tipico delle radiazioni ionizzanti) **in un gruppo di 50 lavoratori occupazionalmente esposti a MO**, rispetto a un campione di soggetti non esposti (68). Il che, secondo gli Autori, **indicherebbe una connessione tra esposizione occupazionale prolungata alle MO e induzione di mutazioni in cellule somatiche, con tutte le conseguenze che ciò può avere sull'iniziazione del processo cancerogenetico**. In un lavoro successivo GARAJ (69) ha confermato **la capacità delle MO (1.250-1.350 MHz; 10-20 mW/cm² pari a 6-9 V/m) di indurre micronuclei e di alterare il ciclo mitotico nei linfociti ottenuti dal sangue di 12 soggetti professionalmente esposti** (poliziotti e militari addetti ai radar), confermando i dati sull'aumento di micronuclei in soggetti esposti professionalmente a MO, già descritti da altri in precedenza (70).

Particolarmente interessante è poi l'osservazione di **BALODE** (71) di un **aumento di micronuclei negli eritrociti periferici ottenuti da campioni di sangue di bovini allevati in un fattoria nella zona della stazione a RF (154-162 MHz) di Skzunda in Lituania**, perchè questi bovini hanno la stessa esposizione della popolazione che vive in quell'area. E molto interessanti sono anche i lavori del gruppo di ricercatori che fa capo a **KUNDI**. Questi hanno preso lo spunto

da un vecchio articolo (72), pubblicato su "Nature" che è la più prestigiosa rivista scientifica internazionale, che aveva segnalato un aumento significativo di aberrazioni cromosomiche (ancora una volta del tipo di quelle prodotte dalle radiazioni ionizzanti) in cellule vegetali (apici radicali di aglio) irradiate in vitro con RF (dell'ordine dei MHz). KUNDI e i suoi collaboratori hanno pensato di utilizzare un classico test di danno citogenetico (induzione di micronuclei in cellule di Tradescantia), **esponendo "in situ" le cellule vegetali in questione a RF (10-21 MHz), emesse da antenne di vario tipo e di diversa potenza, nelle prossimità (200 m; 1-3V/m) di una stazione radiotrasmittente, trovando in ogni caso incrementi significativi della frequenza di micronuclei rispetto ai controlli di laboratorio (73).** In seguito KUNDI (25), commentando questi dati, ha sottolineato come essi siano stati ottenuti a intensità di CEM troppo basse (1-3 V/m, v. sopra) per causare un effetto termico e, sulla base di queste e di altre osservazioni presenti nella letteratura, **ha proposto per la tecnologia GSM un valore di cautela di 1 mW/m² (0,614 V/m), che è lo stesso valore indicato dai firmatari della risoluzione finale al Congresso Internazionale di Salisburgo del 2003 (3.7).**

Importanti e in accordo coi dati sopra descritti sono infine i **risultati positivi ottenuti sul topo nel classico test dei letali dominanti e in quello delle anomalie dello sperma dopo irradiazione con MO (2.450 MHz) (74,75), che confermano il rischio di grossi danni cromosomici, oltre che di danni al DNA, connesso con l'esposizione a MO di questa frequenza.**

4.1.3. MUTAZIONI GENICHE

Negli anni '70 e '80 sono state effettuate diverse ricerche sulla capacità di RF e MO di indurre mutazioni geniche nel classico test di Ames, usando ceppi diversi del batterio Salmonella typhimurium, e in altri test su batteri (Escherichia coli) e su lieviti (Saccharomyces cerevisiae), tutte con risultati negativi, rivisti da Léonard et al. (76) e da Verschaeve e Maes (51). Pure tutti negativi sono stati i risultati, rivisti da Verschaeve e Maes (51), delle ricerche sull'induzione da parte di RF/MO di mutazioni geniche in cellule sia somatiche che germinali di Drosophila melanogaster e su cellule di mammifero coltivate in vitro.

4.1.4. TRASFORMAZIONE NEOPLASTICA IN VITRO

Il **test di trasformazione neoplastica su cellule coltivate in vitro**, nonostante alcune limitazioni metodologiche, viene **largamente utilizzato come test a breve termine e di primo livello per lo screening di sostanze chimiche dotate di possibile attività cancerogena.** Questo test è stato utilizzato usando cellule di hamster irradiate con MO (2.450 MHz), in assenza o in presenza del classico promotore tumorale TPA (estere-acetato del forbolo) e preceduto o seguito da irradiazione con raggi X, in esperimenti separati (77). I risultati dimostrano che, mentre i CEM a MO da soli non inducono trasformazione neoplastica, l'associazione MO più TPA produce un aumento altamente significativo della frequenza di trasformazione, che raggiunge un livello eguale a quello prodotto da una dose di 1,5 Gy di raggi X. La frequenza di trasformazione risulta dipendente dal livello di esposizione alle MO, ed è additiva con la frequenza indotta dai raggi X. **In conclusione, questi dati indicano la possibilità che l'irradiazione a MO, pur non inducendo di per sé trasformazione neoplastica in vitro, agisca efficacemente come co-promotore e co-cancerogeno.**

Dati successivi (78) hanno messo in evidenza che, anche in assenza di un promotore tumorale, le MO (2.450 MHz) sono in grado di aumentare significativamente la frequenza di

cloni trasformati in una linea di cellule coltivate in vitro, originate da endometrio uterino umano.

VERSCHAEVE e MAES (51) avevano concluso nel 1998 la loro rassegna sui dati di genotossicità delle RF/MO affermando che “in accordo con i dati citogenetici riportati, è chiaro che molta cautela deve essere usata nel trarre qualsiasi conclusione generale sulla capacità delle RF e delle MO di indurre danni cromosomici, effetti ereditabili e genotossici”. Questa conclusione, alla luce dei dati citati in questo paragrafo, per la massima parte non inclusi in quella rassegna, deve essere oggi aggiornata data la numerosità dei riscontri positivi riguardanti vari aspetti della genotossicità associata alle esposizioni sperimentali a RF/MO.

4.1.5. EFFETTI SUGLI SPERMI E SULLA FERTILITA' MASCHILE

Le alterazioni morfologiche e funzionali degli spermatozoi e la diminuzione della fertilità maschile (semisterilità, sterilità) possono dipendere da effetti genetici, in genere da grosse anomalie a livello cromosomico. Questi effetti sono stati studiati su roditori ed i risultati, rivisti da VERSCHAEVE e MAES (51), mostrano che **un'esposizione acuta a MO di intensità elevata, tale da aumentare la temperatura dei testicoli, produce alterazioni dell'epitelio degli spermatozoi, e di conseguenza riduce la fertilità maschile.** Effetti di questo tipo sono stati osservati solo in condizioni estreme, tali da produrre sugli animali rialzi termici molto rilevanti della temperatura rettale e/o testicolare. Perciò **nulla si può dire sulla possibilità che esposizioni sperimentali croniche a RF/MO di bassa intensità producano, in assenza di rialzo termico, alterazioni degli spermatozoi e, di conseguenza, riduzione della fertilità maschile.**

4.2. EMBRIOTOSSICITA' E TERATOGENESI.

Gli effetti embriotossici e teratogenici sperimentali delle RF/MO sono stati rivisti da VERSCHAEVE e MAES (51) e da O'CONNOR (79), con conclusioni largamente concordanti.

Diversi studi hanno messo in evidenza **effetti teratogeni delle RF/MO su animali da esperimento, accompagnati in genere da un aumento significativo della temperatura corporea materna.** Perciò, essendo ben stabilito che temperature sufficientemente elevate sono teratogene in diverse specie animali, primati inclusi, le segnalazioni relative alle RF/MO possono essere attribuite al rialzo termico riscontrato. In realtà i dati sperimentali sulle perdite embrionali (aborti spontanei) e sulle malformazioni dello sviluppo embrionale ad opera di MO sono in parte contraddittori. Ciò dipende con ogni probabilità da differenze da specie a specie per quanto riguarda la termosuscettibilità: i ratti vanno incontro più facilmente a perdite piuttosto che a malformazioni embrionali, mentre in altre specie di mammiferi il rapporto tra aborti spontanei ed effetti teratogenici varia notevolmente.

Va anche detto che **in questi studi sono state saggiate solo poche frequenze nell'ambito delle RF/MO e sempre ad intensità elevate in trattamenti acuti, anziché in esposizioni croniche a basse intensità, come si verifica nella maggior parte delle esposizioni che interessano le popolazioni umane.** In tutti gli studi che hanno mostrato effetti di questo tipo le intensità usate erano infatti superiori ai livelli massimi permessi per le esposizioni umane.

E' stata anche rivista l'associazione tra esposizione professionale a MO ed aborto spontaneo, morte perinatale e malformazioni embrionali nell'uomo: solo la frequenza di aborti spontanei è risultata significativamente aumentata in questo tipo di esposizione (83).

In conclusione, i dati oggi disponibili non permettono di escludere che esposizioni sperimentali a RF/MO al di sotto dei livelli massimi permessi possano produrre effetti embriotossici o teratogenici.

4.3. EFFETTI CANCEROGENETICI SULL' ANIMALE.

Gli studi cronici sull'incidenza e la progressione del cancro negli animali da laboratorio presentano molte difficoltà, già indicate nell'introduzione di questo Capitolo, e sono pochi i centri di ricerca in grado di condurre questo tipo di sperimentazioni in maniera rigorosa sotto tutti i punti di vista. Conviene anche in questo caso prescindere dalle rassegne e dai lavori finanziati dalle Industrie del settore, che hanno documentato invariabilmente risultati negativi, p.es. la review di McCann et al. (80) finanziata dall'Electric Power Research Institute di Oakland (Australia), o che addirittura hanno messo in evidenza una riduzione dell'incidenza di tumori dopo irradiazione degli animali con MO, alle frequenze usate nella telefonia cellulare, p.es. Imaida et al. (81), finanziati dalla Association of Radio Industries and Business Giapponese, e Adey et al. (82), finanziati dalla Motorola Corporation.

Gli studi di ricercatori "indipendenti", rivisti da TAIOLI (83), "nel complesso sembrano indicare un effetto di promozione (da parte delle RF/MO) sul tumore della pelle, della mammella e sul linfoma, anche se i risultati non sono univoci". Anche VERSCHAEVE e MAES (51), che hanno rivisto meticolosamente la letteratura in proposito, concludono che "l'evidenza di un effetto di promozione, di co-cancerogenesi o sulla progressione tumorale da parte delle RF/MO non può essere considerata conclusiva, ma tuttavia vi sono alcuni risultati positivi che sono sufficientemente indicativi da richiedere ulteriori sperimentazioni".

Uno di questi studi (84) ha messo in evidenza **un'accelerazione dello sviluppo di tumori della pelle indotti (iniziati) su topi da un ben noto cancerogeno genotossico (benzo(a)pirene), in seguito ad irradiazione per alcuni mesi con MO (2.450 MHz), a intensità prive di effetti termici**. L'altro studio, che ha avuto larga risonanza e che ancora viene sempre citato come riferimento, è quello di **REPACHOLI et al. (9)**, condotto su un ceppo di topi transgenici che esprimono l'oncogene attivato "pim 1" nelle cellule linfoidi: i topi sono stati esposti a MO pulsate, identiche a quelle usate nel sistema GSM di telefonia digitale, a una intensità eguale a quella emessa da un telefono cellulare, per mezz'ora ogni giorno. Il risultato è stato **un aumento significativo di linfomi** del tipo a cellule-B, già nelle prime fasi dell'esperimento, **con un incremento successivo durante tutto il periodo (18 mesi) di esposizione alle MO**. L'esperimento è stato condotto **"in campo lontano"**, cioè **tenendo gli animali a distanze dalla sorgente di MO maggiori rispetto a quelle tra il cellulare e la testa durante una normale conversazione telefonica, perciò i risultati potrebbero rappresentare una sottostima del reale rischio cancerogeno associato all'emissione di MO nella telefonia mobile**. Viste le caratteristiche molto particolari del ceppo murino usato in questo esperimento, e non essendo finora stato replicato lo studio in questione né sul topo né su altre specie animali, non è del tutto chiara l'implicazione di questi risultati ai fini di una valutazione dei rischi per la salute umana, ma è chiaro che essi devono essere presi molto seriamente e che altre ricerche devono essere al più presto realizzate in questo settore. A questo proposito va segnalato **l'esperimento in corso presso i laboratori della prestigiosa Fondazione Europea Ramazzini** (Bentivoglio, Bologna), già diretti dall'illustre oncologo Prof. C. Maltoni ed ora dal suo successore Prof. **M. SOFFRITTI**: in questo mega-esperimento (11.000 ratti albini saranno coinvolti nelle varie serie sperimentali), i cui risultati si conosceranno non prima di 3-4 anni, viene studiata l'attività cancerogena diretta dei CEM a bassissima frequenza (ELF) e delle RF/MO, nonché la loro capacità di funzionare come promotori della cancerogenesi indotta da altri cancerogeni "iniziatori" di natura fisica (radiazione gamma) e chimica (aflatossine, formaldeide).

4.4. ALTRI EFFETTI IN VITRO E IN VIVO, RILEVANTI AI FINI DELLA CANCEROGENESI.

Nella loro review (51) VERSCHAEVE e MAES riassumono anche i dati più rilevanti sugli effetti delle RF/MO su sistemi in vitro e in vivo che possono avere rilevanza col processo di

cancerogenesi (si veda anche, a questo proposito, quanto già anticipato ai paragrafi 3.6, 3.7,3.9 e 3.13). **Una irradiazione con RF e MO, a intensità che non producono rialzo termico, può alterare i flussi ionici attraverso le membrane cellulari, che rappresentano importanti segnali per gli equilibri intracellulari, la proliferazione e le relazioni intercellulari, in seguito ad un'azione sulle pompe ioniche (sodio-, potassio-ATPasi) in cellule umane del sangue coltivate in vitro.** Effetti non termici sulla trascrizione del DNA e quindi sull'espressione genica sono stati verificati su cellule di mammifero in vitro, sulla base di alterazioni dell'incorporazione di precursori radioattivi del DNA e dell'RNA (vedi anche quanto riportato al paragrafo 4.1.1). Una serie di articoli hanno poi messo in evidenza che MO modulate a bassissima frequenza (ELF), oltre a favorire la trasformazione neoplastica in vitro (vedi 4.1.4), possono alterare le attività intracellulari di enzimi coinvolti nella promozione neoplastica, senza influenzare in maniera significativa la sintesi del DNA. Per esempio, **vari articoli hanno segnalato un effetto sui livelli intracellulari dell'enzima ornitina-decarbossilasi (ODC), che è un enzima usualmente implicato nella promozione tumorale.**

Tra i dati ottenuti in vivo sull'animale, particolare importanza rivestono poi i lavori che riportano **gli effetti di RF/MO a diversa frequenza e intensità sul sistema immunologico**, dato che questo svolge un ruolo di grande importanza nel controllare la proliferazione delle cellule tumorali.

5. INDAGINI EPIDEMIOLOGICHE SULL'EFFETTO CANCEROGENO DELLE RADIOFREQUENZE E DELLE MICROONDE SU POPOLAZIONI UMANE.²

I CEM prodotti dai sistemi di trasmissione radiotelevisivi (RF), da quelli per la telefonia mobile, nonché dalle diverse tipologie di telefoni cellulari (MO) sono presenti e hanno potuto esercitare e manifestare i loro effetti a lungo termine da tempi molto più recenti rispetto ai CEM originati dai sistemi di produzione, trasformazione, trasporto e utilizzazione dell'energia elettrica (ELF). Non c'è perciò da meravigliarsi se, mentre numerosissime indagini epidemiologiche e metaanalisi (revisioni cumulative di varie indagini) hanno dimostrato una relazione causale tra le esposizioni ELF di popolazioni umane (soprattutto, ma non esclusivamente, di carattere residenziale) e vari tipi di tumori (soprattutto, ma non esclusivamente, leucemie infantili), al punto che i CEM-ELF sono stati classificati come "possibili" o addirittura "probabili" agenti cancerogeni per l'uomo (1, 57, 58), **le conclusioni sui possibili effetti cancerogeni per l'uomo sono più problematiche per le esposizioni a RF, e ancor più per le esposizioni a MO.**

Le indagini epidemiologiche sull'effetto cancerogeno di RF e MO possono essere distinte in tre gruppi: quelle relative ad esposizioni professionali (RF/MO), quelle su popolazioni esposte per motivi residenziali ad emittenti radiofoniche e televisive (RF), ed infine, negli anni più recenti, quelle riguardanti l'uso di telefoni palmari (cordless e cellulari) (MO).

5.1. DEFINIZIONI UTILIZZATE

Nell'elaborazione dei dati relativi alla incidenza di tumori (o alla mortalità per tumori) nelle popolazioni esposte a un supposto fattore di rischio si usano in genere i seguenti parametri e definizioni.

1. **RR (Rischio Relativo):** è la misura di associazione utilizzata negli **studi di coorte**, che indica l'incidenza della malattia tra i soggetti esposti divisa per l'incidenza della malattia tra i soggetti non esposti. Se $RR=1$, vuol dire che non c'è differenza di incidenza di malattia tra esposti e non esposti, e che quindi non c'è rischio.

2. **OR (Odds Ratio):** è la misura di associazione utilizzata negli **studi del tipo caso-controllo**, che indica il rischio di essere stati esposti osservato nei casi diviso per il rischio di essere stati esposti osservato nei controlli. Se $OR=1,0$ vuol dire che casi e controlli sono stati esposti al fattore di rischio nella stessa proporzione, e che quindi non c'è rischio aggiuntivo rispetto a quello dei controlli.

3. **SMR (Standardized Mortality Ratio):** è la misura di associazione che indica la mortalità per un dato tipo di tumore tra i soggetti esposti divisa per la mortalità tra i soggetti non esposti. Se $SMR=1,0$ vuol dire che non c'è differenza di mortalità, dovuta alla neoplasia in esame, tra esposti e non esposti, e che quindi l'esposizione in esame non comporta alcun aumento di mortalità per quel dato tipo di tumore.

4. **IC 95% (Intervallo di Confidenza al 95%):** gli intervalli di confidenza vengono utilizzati assieme all'RR, all'OR e all'SMR perché indicano la variazione che il valore di questi parametri può subire nella popolazione generale. **In caso di associazione positiva (RR, OR o SMR superiori a 1,0), i risultati sono considerati statisticamente significativi solo quando anche il limite inferiore dell'intervallo di confidenza è superiore a 1,0.** Per esempio, un $RR=2,0$ con un intervallo di confidenza di 1,3 – 3,4 indica che l'associazione osservata (raddoppio del rischio negli esposti) è statisticamente significativa, ma che in realtà può variare in modo plausibile tra 1,3 e 3,4.

Si possono usare IC che comportano una probabilità più o meno alta (99% - 95% - 90%) che il vero incremento di rischio sia compreso nell'intervallo di valori individuato. Di solito si sceglie

² I dati riportati in questo paragrafo sono tratti in parte da due recenti rassegne sull'argomento, che considero molto obiettive, curate dalle Dott.sse Caterina Zanetti (85) e Emanuela Taioli (80). Ovviamente, l'interpretazione dei dati e le conclusioni sono di mia esclusiva responsabilità (n.d.a.).

l'IC 95%: questo indica che ci sono solo 5 probabilità su cento che l'incremento di rischio vero stia fuori dell'intervallo individuato. Perciò, quando il limite inferiore dell'IC 95% è superiore a 1,0 si dice che l'eccesso di rischio negli esposti è statisticamente significativo al 95%. Se invece l'IC 95% comprende il valore 1,0, si dice che non si può escludere che si tratti di un eccesso di rischio verificatosi per caso (anche se il RR effettivamente osservato rimane il più probabile): per esempio, se il RR è 1,4 e l'IC 95% è 0,9 – 1,7, significa che, anche se il RR è superiore a 1,0, il rischio nella popolazione esposta non è significativamente diverso da quello della popolazione di controllo, e che c'è solo il 5% di probabilità di sbagliare.

Naturalmente i limiti di confidenza saranno tanto più stretti, e quindi i valori di incremento di rischio tanto più informativi, quanto più lo studio è ampio e il numero di esposti a valori alti di rischio (p.es. di esposizione a campi elettromagnetici) è grande.

Nell'impossibilità di definire gli IC, o anche in associazione con questi, **si usano a volte parametri di significatività più tradizionali della statistica, che danno luogo a indici quali: n.s., non significativo; $p < 0,05$, significativo al 95%; $p > 0,01$, significativo al 99%; ecc.**

5.2. ESPOSIZIONI OCCUPAZIONALI A RADIOFREQUENZE E MICROONDE.

Le indagini epidemiologiche su lavoratori professionalmente esposti alle radiazioni a radiofrequenze e a microonde **non hanno dato risultati univoci e coerenti, e risentono sostanzialmente di importanti limitazioni.** La definizione dell'esposizione è sempre molto deficitaria: nel migliore dei casi essa è assegnata sulla base del lavoro svolto, certamente o verosimilmente in presenza di apparecchiature emittenti. In altri casi l'esposizione è assegnata perché giudicata probabile, o anche solo possibile, nello svolgimento delle mansioni proprie della categoria professionale di appartenenza. In alcuni casi è autoriportata dal soggetto rispondendo a un questionario. Quando pure l'esposizione risulta accertata, non vi sono generalmente informazioni sulla frequenza e sull'intensità dei campi elettromagnetici in causa, nonché sui tempi di esposizione (profili temporali quotidiano e settimanale, durata complessiva dell'esposizione). In definitiva, in molti studi manca completamente qualunque informazione dosimetrica sui soggetti esposti.

Inoltre generalmente, nelle popolazioni lavorative esaminate, è da considerare possibile l'esposizione anche ad altri cancerogeni professionali (radiazioni ionizzanti, benzene, ecc.), ma manca ogni documentazione al riguardo. Tutto ciò rende possibili associazioni spurie fra l'incremento di rischio eventualmente rilevato e la presunta esposizione a campi elettromagnetici.

Tuttavia **l'effetto più probabile** di una inaccurata selezione dei soggetti realmente esposti consiste nella loro "diluizione" fra coloro che esposti non sono, e conseguentemente nella **sottostima degli indici di rischio.**

Tra gli studi epidemiologici che hanno messo in evidenza una correlazione statisticamente significativa tra esposizione professionale a RF/MO e aumentata incidenza di tumori alcuni meritano di essere segnalati.

Il primo è stato condotto da **LILIENFELD et al. '78 (86)** sui dipendenti dell'ambasciata americana a Mosca esposti a MO (radar), che erano in servizio tra il 1953 ed il 1976, per i quali è risultato **significativamente aumentato il rischio di incidenza di tutte le neoplasie, sia negli adulti che nei bambini, inoltre quello per la leucemia (adulti e bambini) e quello per i tumori al cervello e alla mammella (solo adulti).** Sulla base di questo studio **GARLAND et al. '88 e '90 (87, 88)** hanno esaminato i militari della marina e della aviazione americana esposti a MO (radar), nei quali è stato riscontrato **un aumento significativo del rischio sia di tumori al testicolo che di leucemia mieloide.** Un altro interessante studio ha preso in esame i residenti in due Stati americani, che possedevano un permesso per svolgere attività di radioamatori (**MILHAM '85 e '88: 89,90**): nonostante non fosse disponibile alcun dato sulla reale esposizione individuale alle RF, lo studio ha messo in evidenza **un aumento significativo di tutti i tipi di leucemie e dei tumori dei tessuti linfatici (linfomi non-Hodgkin e mielomi multipli).**

Un grosso studio epidemiologico è stato condotto da SZMIGIELSKI '96 sui militari in servizio in Polonia dal 1971 al 1985 classificati come esposti a RF/MO sulla base di misurazioni effettuate sul luogo di lavoro (91): gli esposti sono risultati avere un aumento significativo di rischio di tutti i tumori (escluso il melanoma), in particolare dei tumori del sistema linfatico. I dipendenti della compagnia telefonica norvegese sono stati inclusi in uno studio di TYNES et al. '96 che ha valutato l'incidenza di cancro, confrontata con quella della popolazione generale norvegese (92): le operatrici addette a radio e telegrafo (RF) sono risultate avere **un aumento significativo di cancro in genere, in particolare della mammella e dell'utero.**

Altri studi epidemiologici condotti nella prima metà degli anni '90 hanno messo in evidenza **aumenti significativi di tumori al cervello** nel personale (solo maschi) dell'aviazione militare americana (880.000 persone esaminate) (93) e in soggetti maschi esposti professionalmente a RF/MO (94), **di tumori all'occhio** (melanoma intraoculare) in personale esposto occupazionalmente a MO (95), e **di tumori al testicolo** in ufficiali della polizia americana esposti a MO (96) e in soggetti esposti occupazionalmente a RF/MO (97).

Due segnalazioni (96,98), consistono nella presentazione di "clusters" ovvero osservazioni non pianificate di apparente eccesso nel numero di casi di neoplasia in piccoli gruppi di poliziotti utilizzatori di radar palmari e di tecnici esposti a radar (MO), verosimilmente ad intensità di campo piuttosto elevate. Come è noto, questo fenomeno è previsto dalla statistica come possibile prodotto di variazioni casuali, e non vi è nessun metodo statistico per determinare, una volta che si è osservato un "cluster", se esso è dovuto o no al caso. Il corretto approccio scientifico al "cluster" è considerarlo uno spunto per formulare ipotesi che poi vanno verificate con studi correttamente disegnati.

Accanto a questi studi che sono a favore dell'ipotesi di una correlazione statisticamente significativa della esposizione occupazionale a RF/MO con lo sviluppo di tumori nell'uomo, altri studi riportati in TABELLA 2 hanno messo in evidenza un aumento di vari tipi di tumori, privo però di significatività statistica (99-102), ed esistono infine anche studi con risultati del tutto negativi.

Nella TAB. 2 e nelle FIG. 3°-3B (pag. 106-7) sono riassunti i risultati delle indagini epidemiologiche che, pur con i limiti sopra accennati, hanno fatto emergere una relazione fra esposizione a radiofrequenze e microonde e neoplasie. Si sottolinea che questa vuole essere la segnalazione selettiva dei casi in cui gli indici di rischio risultano elevati. Sono presentati i risultati che hanno raggiunto la significatività statistica, ed in alcuni casi, sono segnalati i risultati che vi si avvicinano senza raggiungerla. Gli studi qui presentati, pur mancando in qualche caso di informazioni precise sull'esposizione, sono tuttavia caratterizzati almeno dalla presenza accertata o esplicitamente dichiarata, nella situazione lavorativa esaminata, di apparecchiature emittenti radiofrequenze e/o microonde. Non sono stati invece considerati i lavori scientifici in cui la valutazione degli indici di rischio è stata fatta in riferimento al "job title", ovvero a categorie di occupazioni in cui, secondo l'opinione degli Autori, fosse possibile fra l'altro anche l'esposizione a campi elettromagnetici (ad esempio ingegneri o tecnici elettronici, riparatori radio e TV, addetti alle linee telefoniche, ecc.), che pure hanno messo in luce indici di rischio aumentati per diverse neoplasie (leucemie, linfomi, tumori cerebrali, del testicolo, melanomi cutanei e dell'occhio).

5.3. ESPOSIZIONI RESIDENZIALI A RADIOFREQUENZE

Le indagini epidemiologiche sulle esposizioni residenziali a radiofrequenze (emittenti radiofoniche e televisive) hanno in comune **un disegno epidemiologico particolare, chiamato di tipo geografico.** Si tratta di valutare l'incidenza e/o la mortalità per una determinata malattia in relazione alla distanza da una fonte di inquinamento ambientale. Questi studi, definiti anche semi-ecologici, non vanno a misurare il tipo e il livello di esposizione personale, ma invece definiscono fasce di popolazione a diverso grado di esposizione sulla base della loro residenza. I dati geografici vengono poi interfacciati con i dati di mortalità o di incidenza di malattia forniti da fonti

governative quali i registri dei tumori, per valutare se l'occorrenza della malattia è più frequente nelle vicinanze della fonte di inquinamento ambientale.

Tali studi sono di facile esecuzione e di basso costo rispetto a studi caso-controllo o di coorte, ma hanno ovviamente molte limitazioni interpretative. Servono di solito per generare ipotesi di lavoro da approfondire con studi epidemiologici *ad hoc*. **La TABELLA 3 e la FIGURA 4 (pag. 108) riassumono gli studi geografici più importanti condotti sul tema.**

In breve, **cinque studi** – nel 1986 alle Hawaii (103), nel 1996 a Sydney, in Australia (104), nel 1997 in Inghilterra (105,106), nel 1998 in Colorado negli U.S.A. (107), e nel 2002 nell'area circostante Radio Vaticana in provincia di Roma (108) – **hanno messo in evidenza una aumentata frequenza di casi di leucemia infantile, leucemie e linfomi in adulti, e “trends” positivi per melanoma, tumore alla vescica e tumori cerebrali in adulti.** Più precisamente, sulla scorta di una osservazione aneddotica di un “cluster” di leucemie infantili in un'area delle **Hawaii** dove era collocato un centro di telecomunicazioni militare, è stato condotto uno studio caso-controllo sui bimbi residenti entro 2 miglia dall'area incriminata, ed è stato trovato **un eccesso di incidenza di tutti i tumori (statisticamente significativo) ed un eccesso di leucemie (non significativo)** (103). Lo studio condotto in **Australia** nel 1996 (104) riporta **un significativo aumento di incidenza e mortalità per leucemia, soprattutto nella fascia di età da 0 a 14 anni, ma anche nella popolazione complessiva**, in prossimità di trasmettitori TV, in confronto a zone lontane geograficamente. Uno studio simile è stato condotto in **Inghilterra** (105), con risultati sovrapponibili a quelli dello studio australiano, in quanto **l'incidenza di leucemia è risultata superiore nei residenti nel raggio da 0 a 2 Km** dal ripetitore TV rispetto all'incidenza osservata nel resto del paese, e l'associazione scompariva del tutto nei residenti in aree più distanti (fino a 10Km). Lo studio è stato ripetuto includendo 20 ripetitori radio e TV presenti nel territorio inglese (106) ed i risultati sono stati confermati su uno dei 20 impianti. **Un aumento significativo di tumori cerebrali in adulti** è stato osservato nel 1998 nei residenti in prossimità di un ripetitore radio-TV nella zona della Montagna Lookout in **Colorado** (107), ma il dato non è mai stato pubblicato su riviste scientifiche.

Il caso di Radio Vaticana merita un commento particolare. Nel 2002 sono stati pubblicati (108) i dati già resi noti tra il 1999 e il 2001 **dall'Agenzia di Sanità Pubblica del Lazio**, che documentano un aumento statisticamente significativo di leucemie infantili entro un'area distante fino a 6 Km dall'emittente di Radio Vaticana, con una diminuzione significativa del rischio con l'aumentare della distanza dall'emittente, sia per quanto riguarda la mortalità per leucemia nei maschi adulti che l'incidenza di leucemia infantile. Nel Settembre 2001 è stato reso pubblico il rapporto del Gruppo di Studio istituito dal Ministero della Sanità Italiano (M.S.I.), fortemente critico nei riguardi della metodologia usata dall'Agenzia del Lazio e che ne contesta duramente le conclusioni. La vicenda è stata ampiamente commentata **in un editoriale curato da uno dei più autorevoli epidemiologi italiani, di fama internazionale (B. TERRACINI, 109)**, nel quale viene ribadita la correttezza della metodologia e delle conclusioni dell'indagine effettuata dall'Agenzia del Lazio, e viene invece criticato per diversi aspetti il rapporto del Gruppo di Studio del M.S.I. Infine, nella Primavera del 2002 è stata resa nota la consulenza di **relazione tecnica disposta dalla Procura della Repubblica di Roma (110), effettuata e redatta da 4 scienziati tra i quali 2 dei migliori epidemiologi italiani (P. COMBA, Direttore del Reparto di Epidemiologia Ambientale presso l'Istituto Superiore di Sanità di Roma, e P. CROSIGNANI del Registro Tumori della Lombardia presso l'Istituto Nazionale Tumori di Milano).** Questa relazione **conferma ed anzi rafforza le conclusioni dell'Agenzia del Lazio in quanto stabilisce che “sulla potenzialità di un nesso di causalità tra la esposizione a RF e il verificarsi di leucemie nell'area oggetto di indagine, il peso delle evidenze è in favore dell'esistenza di tale nesso.** Questo perché:

- 1) gli studi epidemiologici sono iniziati senza la percezione di un eccesso di rischio, né hanno trovato altri eccessi di tumori al di fuori delle leucemie, il che è coerente con una specificità di azione dell'agente;

- 2) i pochi dati di letteratura indicano proprio nelle leucemie il potenziale bersaglio dell'esposizione;
- 3) utilizzando metriche più precise (come hanno fatto i consulenti tecnici, n.d.a.) il rischio aumenta e diviene più consistente nei due sessi anche per gli adulti;
- 4) tutte queste associazioni sono riscontrate nonostante il numero molto limitato di casi, e le analisi riportano un buon livello di significatività statistica anche se il numero di casi è modesto”

La vicenda di Radio Vaticana, anche per il risalto e le distorsioni che i dati relativi a questa indagine hanno avuto dalla stampa, non solo italiana, e dai politici del nostro paese, è emblematica perché rispecchia le difficoltà che si incontrano nell'interpretazione delle indagini epidemiologiche in un settore come quello delle RF e MO, nel quale gli enormi interessi economici, legati al mantenimento e allo sviluppo delle tecnologie e dei servizi coinvolti, condizionano inevitabilmente persino una interpretazione prudentiale dei dati. Prova ne è che le due rassegne internazionali sui risultati degli studi epidemiologici sulla relazione tra esposizioni occupazionali e residenziali a RF e tumori nell'uomo, entrambe promosse e sostenute dai gestori delle industrie elettroniche (ELWOOD: Telecom New Zeland,111; MOULDER: Federation of the Electronic Industry,112), concludono che, alla luce dei dati esistenti, tale relazione è inconsistente, mentre una rassegna indipendente, basata su un riesame meticoloso di tutti i casi documentati, (23), contesta tale affermazione e conclude che la relazione tra esposizioni ad emittenti a RF e vari tipi di cancro nell'uomo risulta invece largamente assodata.

A conclusione di questo paragrafo va detto che, a fronte degli studi sopra riportati, che mettono in evidenza un “possibile” o “probabile” rischio cancerogeno da esposizioni residenziali a RF, altri due studi (113) hanno dato risultati contraddittori, per lo più negativi.

Nel complesso, dunque, questi dati suggeriscono la necessità di ulteriori studi sul tema della relazione tra esposizione residenziale a RF e cancro, con particolare riferimento alla leucemia.

5.4. ESPOSIZIONI PERSONALI A TELEFONI PALMARI (CORDLESS E CELLULARI)

Le indagini epidemiologiche sulla relazione tra incidenza di tumori e uso personale di telefoni portatili senza fili (cordless) e/o telefoni cellulari **sono le più recenti** tra quelle prese in esame in questo paragrafo. L'uso di telefoni portatili si è diffuso rapidamente nella nostra società, senza distinzioni di età o di classe sociale: è pertanto importante sapere se questa abitudine comporta rischi per la salute in quanto, se rischio esiste, questo deve essere comunicato all'utente in modo appropriato, così da rendere informata e consapevole la scelta dell'utilizzo di questo tipo di telefoni. L'aspetto che maggiormente ha preoccupato l'opinione pubblica è ovviamente, viste le modalità di utilizzo di questi apparecchi, quello di **un possibile rischio di tumori cerebrali o comunque di tumori a carico dei tessuti e degli organi (cute, orecchio, nervo acustico) localizzati nell'area di appoggio del telefono.**

Poiché l'utilizzo massiccio dei telefoni cordless e cellulari è avvenuto solo negli ultimi anni, gli studi in proposito sono ancora pochi: dal 1996 ad oggi sono stati pubblicati i risultati di una decina di indagini epidemiologiche sull'argomento (FIGURA 4 pag. 108), sei delle quali sono usualmente considerate come aventi avuto esito negativo (nessun aumento di tumori con l'uso dei telefoni) e verranno discusse per prime.

Innanzitutto, di questi 6 studi 5 sono stati esplicitamente finanziati dai gestori della telefonia mobile (MORGAN: Motorola, 114; DREYER,116 e ROTHMAN, 127: Wireless Research Technology - Cellular Telephone Industry Association; MUSCAT: Wireless Technology Research, 117; JOHANSEN: Tele Danmark Mobile e Sonofon, 118), **mentre uno** (INSKIP, 115) **non cita alcuna fonte di finanziamento.** In secondo luogo anche in questi studi si possono notare incrementi nelle stime di rischio, peraltro non significativi dal punto di vista statistico: p.es. un

valore di SMR di 8,4 (statisticamente non significativo: IC 95% non presentati) per tumori cerebrali in chi risultava avere acquistato un cellulare da oltre 3 anni, in confronto al valore pure non significativo di 2,4 per i possessori di un telefono fisso sull'auto (116); un valore di OR di 2,1 (IC 95%: 0,9 – 4,7) per tumori cerebrali neuroepiteliomatosi in pazienti che riferivano di usare un telefono cellulare (117); un valore di OR di 1,9 (IC 95%: 0,6 – 5,9) per neurinoma del nervo acustico in pazienti che dichiaravano di utilizzare un cellulare da più di 5 anni (115); valori di OR di 1,12 (IC 95%: 0,97 – 1,3) per tumore al testicolo, di 1,34 (IC 95%: 0,95 – 1,85) per tumore del collo dell'utero, e di 1,31 (IC 95%: 0,98 – 1,7) per tumori intracranici della ghiandola pituitaria e/o dell'ipofisi tra i sottoscrittori di un abbonamento a un telefono cellulare, con una stima di rischio che aumenta in generale con l'allontanarsi nel tempo della data di sottoscrizione dell'abbonamento e quindi col prolungarsi dei tempi di utilizzo dello stesso (118). Inoltre tutti e sei questi studi presentano molte importanti limitazioni.

Innanzitutto vi è il problema che in tutti manca qualunque informazione oggettiva riguardante l'esposizione, se non altro nelle sue caratteristiche più macroscopiche, come la durata nel tempo e l'intensità quotidiana dell'utilizzo del telefono. Le misure surrogate sono state: la presenza in liste di acquirenti (116) o di abbonati (118), oppure le risposte date a questionari postali (28,119), o somministrati in ospedale da operatori sanitari consapevoli della diagnosi, talora anche da parenti del paziente se troppo grave o deceduto (115, 117).

Un'altra questione di grande peso è la durata del periodo intercorrente fra la data di inizio dell'utilizzo, ancorché determinata nei modi discutibili sopra richiamati, e quella della diagnosi di neoplasia. In tutti e sei gli studi solo in una minoranza veramente esigua questo periodo raggiunge almeno i 3 anni (dal 3,7% al 6,9% dei casi, perfino nei tre studi più recenti, 115,117,118). E' evidente la discrepanza fra questi intervalli troppo ridotti ed il lungo periodo solitamente impiegato dal processo neoplastico per evolvere dall'induzione fino all'evidenza clinica. Addirittura, in uno studio molto recente, nella parte in cui i dati sono analizzati per verificare l'eventuale associazione fra lateralità del tumore e quella di uso del telefono, il criterio dichiarato per definire l'uso è "almeno due telefonate alla settimana per almeno sei mesi prima della diagnosi". Non meraviglia constatare che, così definiti i casi esposti, l'analisi sulla lateralità non conduca ad evidenziare alcuna associazione (118).

Un altro aspetto molto importante è che il periodo analizzato in questi sei lavori riguarda anni in cui l'uso dei telefoni cellulari era ancora limitato e dispendioso. Questo comporta due conseguenze. La prima, che le percentuali basse (attorno al 15%) sia di casi che di controlli utilizzatori di questi apparecchi hanno comportato risultati numerici di piccole dimensioni, quindi gli studi sono poco potenti e producono evidenze di peso molto limitato. La seconda, che anche l'utilizzo quotidiano era ridotto. I dati riguardanti l'utilizzo medio sono presentati solo nei due studi che hanno utilizzato questionari somministrati in ospedale: in uno l'uso medio dichiarato è di 2,5 ore al mese (117), nell'altro per classificare i soggetti come "utilizzatori abituali", e quindi come "esposti", il criterio è stato "fare almeno due telefonate alla settimana" (115).

Nei lavori che hanno basato l'inclusione nello studio su liste di acquirenti o di abbonati (28, 118), sono state escluse le aziende, eliminando così una parte cospicua (circa il 30%) del totale, ma soprattutto verosimilmente escludendo proprio le persone maggiormente esposte, cioè coloro che usavano un telefono aziendale, e che quindi probabilmente lo utilizzavano di più sia perché necessario, sia perché non avevano a proprio carico le tariffe, all'epoca cospicue. In questi stessi studi sono stati eliminati anche i titolari di più di un apparecchio o abbonamento, e quindi probabilmente un gruppo di popolazione con maggiore disponibilità economica e pertanto anche in questo caso con maggiore propensione all'utilizzo.

Infine in tutte le popolazioni studiate sono stati esclusi i minori di 18 anni – attualmente un gruppo di utilizzatori molto significativo – e viceversa sono rappresentati soprattutto i gruppi di età più avanzata, che ancor oggi, ma soprattutto all'epoca, praticavano un uso ridotto di questo mezzo.

In definitiva, la maggior parte delle persone studiate come “esposte” in tutti e sei gli studi in realtà hanno sperimentato un uso recente, ed anche probabilmente molto limitato, del telefono cellulare.

Commentando questi dati un Autore (120) ha affermato:”...la maggior parte delle analisi di questi studi (115, 117, 118) mostrano che se non vi è esposizione, non vi è effetto... pertanto, *queste indagini sono irrilevanti rispetto al problema*. Del resto anche gli Autori di uno degli ultimi studi pubblicati concludono così l’abstract del loro lavoro: “Questi dati non supportano l’ipotesi che il recente uso dei telefoni cellulari causi tumori cerebrali, *tuttavia essi non sono sufficienti per valutare i rischi per coloro che li utilizzano da lungo tempo, intensamente, e per periodi potenzialmente lunghi*” (118).

Vi sono poi altre questioni metodologiche relative ai vari studi. Nei due studi di popolazione (116, 118), non è stato controllato un fattore di confondimento importante, cioè lo stato socioeconomico elevato dei possessori “precoci” di telefoni cellulari, che come è noto si associa a morbilità e mortalità ridotte. In questi stessi due studi (116, 118) gli utilizzatori di telefoni aziendali e i pluripossessori o pluriabbonati, esclusi dai casi, sono però compresi fra la popolazione generale che rappresenta il gruppo di controllo. In uno dei due studi caso-controllo su base ospedaliera sui tumori cerebrali (117) sono stati inclusi fra i controlli anche pazienti affetti da neoplasie, purchè ovviamente non cerebrali, con la sola esclusione di leucemie e linfomi. Due studi basati su dati di Registri Tumori (28, 119) sono stati criticati per la possibilità di aver introdotto distorsioni non controllabili nella selezione dei casi (121). Nello studio più recentemente pubblicato (118) sono stati classificati insieme come “esposti”, in quanto abbonati, possibili utilizzatori di cordless e di apparecchi di altro tipo, comportanti esposizioni molto inferiori.

E’ importante evidenziare come tutte le limitazioni segnalate nei sei studi agiscano in un’unica direzione, quella della sottostima del rischio. Per riportare le parole dell’Autore richiamato anche sopra (120): “(questi studi) non sarebbero stati in grado di rilevare un effetto (cancerogeno da parte dei telefoni cellulari) nemmeno se questo fosse stato particolarmente rilevante”!

Va anche ricordato che il sistema digitale (GSM) è stato introdotto in commercio più recentemente, quindi il periodo di latenza per un possibile sviluppo di tumore può non essere sufficientemente lungo nella maggior parte degli studi pubblicati a tutt’oggi. Sono necessari studi che includano un numero elevato di casi, con dettagliate informazioni sull’esposizione e con un periodo di latenza più lungo dall’inizio dell’esposizione, perchè si possano trarre conclusioni realmente utili ai fini della tutela della salute pubblica.

In conclusione, conformemente con i principi scientifici dell’epidemiologia e della statistica, i risultati di questi 6 studi non consentono certo di affermare l’esistenza di una correlazione fra utilizzo dei telefoni cordless e cellulari e maggior frequenza di neoplasie, in particolare cerebrali. Ma per i medesimi principi questi stessi risultati non consentono neanche, in alcun modo, di negare tale correlazione.

Gli studi con risultati positivi, tutti finanziati da Enti statali, fanno capo in gran parte al gruppo di epidemiologi svedesi guidati da L. HARDELL. Questi, in un primo articolo (119), riportava i risultati di una indagine caso-controllo sui tumori cerebrali nelle regioni di Uppsala-Orebro (1994-96) e di Stoccolma (1995-96).L’esposizione a telefoni cellulari è stata stabilita sulla base di questionari, ai quali hanno risposto 209 casi (90% dei questionari distribuiti) e 425 controlli (91%). **Complessivamente non risulta alcun aumento dei tumori cerebrali: OR=0,98 (IC 95%: 0,69 – 1.41), e lo stesso risultato si ottiene separando i dati ottenuti sugli utilizzatori di GSM digitali**

(OR=0,97; IC 95%: 0,61 – 1,56) da quelli sugli utilizzatori di telefoni analogici, almeno tre volte più potenti dei digitali (OR = 0,94; IC 95%: 0,62 – 1,44). Tuttavia, **se si elaborano i dati per i tumori temporali e occipitali, separandoli in base al lato destro o sinistro del capo che gli utilizzatori hanno dichiarato di avere usato abitualmente per le telefonate, si hanno aumenti dei tumori (definiti “ipsilaterali”), anche se statisticamente non significativi, sia per il lato destro (OR = 2,45; IC 95%: 0,78 – 7,76) che per il sinistro (OR = 2,40; IC 95%: 0,52 – 10,90).** Questo risultato si ottiene solo relativamente all’uso del telefono analogico, e gli autori ritengono che per il digitale il periodo di osservazione sia troppo breve per delle conclusioni definitive.

Dopo questa prima indagine orientativa, il gruppo di Hardell ha pubblicato **un secondo articolo** (28) nel quale, oltre a re-includere i dati precedenti ne vengono aggiunti altri, compresi quelli relativi a **controlli positivi e negativi**. Tra i controlli positivi l’incidenza di tumori cerebrali risulta significativamente aumentata negli esposti a raggi X a scopo diagnostico (OR = 2,10; IC 95% = 1,25 – 3,53), negli addetti a un’industria chimica esposti ad aspartame (OR = 4,1; IC 95%: 1,25 – 13,4), e soprattutto nei laboratoristi che fanno uso di fluoroscopia (OR = 3,21; IC 95%: 1,16 – 8,85), mentre per i controlli negativi (altri servizi sanitari, altre industrie chimiche) l’aumento non è significativo (OR = 6,00; IC 95%: 0,62 – 57,7). **Per quanto riguarda l’uso di telefoni cellulari l’incidenza di tumori ipsilaterali nelle regioni temporali, tempoparietali e occipitali risulta aumentata in maniera statisticamente non significativa (OR = 2,42; IC 95%: 0,97 – 6,05), il che conferma i dati già descritti. Tuttavia, utilizzando un sistema di analisi multivariata l’incremento diventa statisticamente significativo (OR = 2,62; IC 95%: 1,02 – 6,71), ma va detto che in questo studio, metodologicamente corretto, questo risultato è basato solo su 13 casi di soggetti esposti.**

In uno **studio successivo** (122) il gruppo di Hardell ha selezionato, sulla base di questionari, 1429 soggetti colpiti da tumore cerebrale e 1470 controlli, che sono stati appaiati per età, sesso e collocazione geografica in modo da formare 1303 coppie, che sono state quindi esaminate. Dai dati risulta che **l’uso di cellulari analogici aumenta comunque del 30% il rischio di sviluppare tumori cerebrali, e che l’incremento di rischio arriva all’80% per chi ha usato l’analogico per 10 anni o più. Invece i dati relativi all’uso di cellulari digitali e di cordless non sono significativi perché, secondo gli autori, i tempi di esposizione sono tuttora troppo brevi perché un eventuale effetto cancerogenico abbia potuto manifestarsi** (si calcola che in Svezia gli analogici siano stati introdotti nel 1986, i cordless analogici nel 1988, mentre i cordless e i cellulari digitali sarebbero in uso solo dal 1991).

Nel 1999 Hardell (123.) aveva anche descritto **un caso di angiosarcoma cutaneo sul lato sinistro della testa in una donna che dichiarava di avere utilizzato un cordless a partire dal 1988, usando sempre l’orecchio sinistro, inoltre, a partire dal 1994, anche un cellulare digitale. L’angiosarcoma è un tipo molto raro di sarcoma dei tessuti molli (STS), e Hardell ricorda che, su 434 casi di STS da lui esaminati, solo 8 (1,8%) erano angiosarcomi. L’Autore fa anche notare che, per qualsiasi tipo di telefono, l’assorbimento massimo di energia emessa avviene sulla pelle e che la penetrazione in profondità per le frequenze usate per questi apparecchi è dell’ordine di pochi centimetri. Ricordando i casi sopra documentati di tumori cerebrali ipsilaterali, Hardell formula l’ipotesi che anche questo caso di angiosarcoma cutaneo ipsilaterale possa essere messo in relazione con l’uso del cordless. Ovviamente, questa è solo una ipotesi di lavoro, tutta da verificare.**

Una indagine caso-controllo particolarmente interessante e ben condotta (STANG, 124) riguarda la possibile correlazione tra MO emesse dai telefoni cellulari e **un raro tipo di tumore, il melanoma uveale dell’occhio**. L’Autore ha separato i soggetti esaminati a seconda che a questi potesse essere attribuita una “possibile” esposizione a MO, “nessuna” esposizione, oppure una “probabile e sicura” esposizione, ed ha trovato **un rischio elevato e statisticamente significativo sia in radiooperatori esposti professionalmente ad emissioni a RF (OR = 3,0; IC 95%: 1,4 – 6,3) che in soggetti con “probabile o sicura” esposizione a MO da telefoni cellulari (OR = 4,2; IC 95%: 1,2 – 14,5).** L’Autore sostiene che l’effetto osservato non è di natura termica, e

ipotizza che le MO emesse dai cellulari possano avere un'azione cancerogenetica non diretta (iniziazione), bensì di promozione tumorale: infatti in letteratura è documentato un effetto inibitorio della melatonina, che è un ormone sintetizzato nella retina e nei corpi ciliari oltre che nell'ipofisi, sulla crescita in vitro di linee cellulari derivate da melanoma uveale.

Infine, **un recente studio finlandese (AUVINEN, 125)** ha cercato di mettere in relazione il rischio di tumore al cervello e alle ghiandole salivari con l'utilizzazione di telefoni cellulari, sulla base dei dati di esposizione forniti nel 1996 dalle compagnie telefoniche. In questo caso non è risultata alcuna associazione significativa tra l'uso dei cellulari e i tumori al cervello e alle ghiandole salivari, bensì **una debole associazione tra gliomi e cellulari analogici**.

La difficoltà delle indagini epidemiologiche sui possibili rischi sanitari derivanti dall'uso personale dei telefoni portatili deriva, oltre che dai fattori già ampiamente discussi, anche dal fatto che l'esposizione a MO dovuta a tale uso varia considerevolmente sulla base della durata dell'utilizzo del portatile, del numero e della lunghezza delle telefonate, del luogo dove avviene la chiamata, ecc. Ci sono, per esempio, differenze di esposizione legate al fatto che la telefonata avvenga in luogo chiuso, e al numero, densità e distanza delle antenne (ripetitori) riceventi. L'utilizzo preferenziale di un arto (destro o sinistro o entrambi) è, come si è visto dai dati di Hardell, un altro elemento da considerare. In aggiunta, i sistemi analogici ad 800 MHz di frequenza danno origine ad esposizioni differenti da quelle causate dai sistemi digitali (GSM), che sono modulati secondo schemi complessi che danno luogo, come si è più volte sottolineato, anche a frequenze estremamente basse (ELF). In generale, poi, il sistema GSM a 1.800 MHz utilizza potenze molto più basse rispetto al sistema analogico.

In ogni caso, studi specifici sulla quantità di radiazione assorbita dai tessuti a contatto con o comunque esposti alla sorgente di MO da telefoni palmari indicano che il tessuto gliale e meningeo, qualsiasi tessuto ematopoietico attivo contenuto nelle ossa della zona parietale, la parte vestibolare del nervo acustico, la parotide e la parte superficiale del lobo parietale anteriore dal lato di utilizzo del portatile sono le parti più esposte, e su queste andrà concentrata l'attenzione delle indagini circa il possibile sviluppo di neoplasie indotte da questo tipo di emissioni.

Infine, **non risulta pubblicata a tutt'oggi alcuna indagine epidemiologica sui possibili rischi cancerogenetici derivanti dall'esposizione residenziale ad antenne, stazioni radio-base, ripetitori telefonici**: ricerche di questo tipo risentiranno, oltre che delle difficoltà e dei limiti già segnalati per le analoghe indagini sulle esposizioni a RF, anche del fatto che le intensità delle emissioni sono in questo caso molto ridotte rispetto a quelle derivanti dall'uso dei cellulari. Su questo tema si possono riferire **solo notizie aneddotiche** che tuttavia, secondo l'autorevole parere del Comitato di esperti che per conto del Governo Inglese ha redatto il "Rapporto Stewart" (pag. 26, punto 3), "vista la situazione delle conoscenze scientifiche" devono comunque essere prese in considerazione. Una di queste **riguarda la notizia pubblicata dalla stampa Spagnola nel Gennaio 2002**, di un "cluster" di 3-4 casi di leucemia linfoblastica acuta e linfoma di Hodgkin tra i bambini di una scuola della Castiglia, pochi mesi dopo l'installazione di ben 36 antenne per la telefonia mobile sul tetto di un edificio distante appena 46 metri dalla scuola stessa (si noti che, in Spagna, l'incidenza di questi cancro è di 3-4 casi ogni 100.000 bambini tra 0 e 14 anni). Anche se i livelli dell'esposizione EM provocata dalle antenne nei locali della scuola rientravano nei limiti di legge, e nonostante una commissione medica nominata dalle autorità regionali non avesse potuto stabilire un nesso causale tra le MO irradiate dalle antenne ed i casi di cancro tra i bambini della scuola, il governo regionale è stato costretto a chiudere la scuola in attesa del parere di una commissione incaricata di svolgere un nuovo studio epidemiologico dal Ministro della Sanità. Un'altra notizia recente **ripresa dalla stampa italiana nell'Ottobre 2002 (126)** riguarda la segnalazione di tre casi di morte per una rara forma di cancro al tronco cerebrale, avvenuti rispettivamente nel 1996, 1998 e 2002, a carico di tre bambini che avevano frequentato in un paese della Francia una scuola materna ed elementare, sul tetto della quale dal 1992 erano state installate varie antenne per la telefonia cellulare. Uno studio epidemiologico commissionato da una associazione locale avrebbe inoltre messo in evidenza anche il caso di un uomo di 57 anni che

viveva in un palazzo sul quale erano state installate 4 antenne, morto due anni fa per un cancro linfatico, e altri 14 casi patologici gravi, quattro dei quali riguardanti bambini.

A conclusione di questo paragrafo si può dire che, mentre per le esposizioni occupazionali e residenziali a RF l'insieme dei dati epidemiologici depone a favore dell'ipotesi di una associazione con un aumento del rischio di cancro, in particolare di leucemie, per le esposizioni personali a MO, derivanti dall'uso di telefoni portatili, nulla di conclusivo è stato raggiunto, anche se i pochi dati a favore dell'associazione con tumori cerebrali ipsilaterali e con tumori all'occhio destano sospetti e preoccupazioni, che le prossime ricerche dovranno chiarire.

Certo non può essere oggi condivisa la posizione di quegli autori i quali, a conclusione di rassegne sostenute o comunque commissionate dai gestori della telefonia mobile, affermano che “né i diversi studi sulle esposizioni occupazionali a RF né i pochi studi sugli utilizzatori di telefoni cellulari offrono alcuna chiara evidenza di una associazione con tumori al cervello o con altre neoplasie” e che “se anche gli studi in corso dovessero dimostrare una forte incidenza di tumori (per questo tipo di esposizioni), l'aumento assoluto di rischio sarebbe probabilmente molto più piccolo di quello connesso agli incidenti automobilistici dovuti all'uso del cellulare durante la guida” (ROTHMAN: Wireless Technology Research – Cellular Telephone Industry Association, 128); o addirittura che “l'evidenza epidemiologica di una associazione tra esposizioni a RF/MO e cancro è debole e inconsistente” e che “una connessione tra l'irradiazione derivante dall'uso dei telefoni cellulari e l'induzione di cancro non è plausibile dal punto di vista fisico” (MOULDER: Federation of the Electronic Industry, 129).

TABELLA 2. RISULTATI DI STUDI EPIDEMIOLOGICI SULL'INCIDENZA DI NEOPLASIE IN ESPOSIZIONI OCCUPAZIONALI A RADIOFREQUENZE E MICROONDE

AUTORE	ESPOSIZIONE	SOGGETTI	NEOPLASIE AUMENTATE	OSSERVAZIONI
LILIENFELD et al., 1978 (86)	MO, documentata	Residenti presso l'ambasciata americana a Mosca (1953-1976)	<ul style="list-style-type: none"> • Tutte le neoplasie (adulti e bambini): RR adulti=2,7; RR bambini=3,0; p<0,05 • Leucemia (adulti e bambini): RR=2,7; p<0,05 • Cervello (adulti): RR=1,9; p<0,05 • Mammella (adulti): RR=2,1; p<0,05 	<ul style="list-style-type: none"> • Dati basati su 33 casi di neoplasia • Dati riportati come negativi nello studio originale, ridiscussi da GOLDSMITH, 1995 (130) • Intervallo di tempo breve dall'esposizione rispetto al tempo di latenza delle neoplasie
GARLAND et al., 1988 (87)	Radar, apparecchiature elettriche. Assegnata in base alla categoria professionale	Personale della Marina e dell'Aviazione americana (solo maschi) (1974-1979)	<ul style="list-style-type: none"> • Testicolo: RR=6,2; IC95% = 1,9-13; p<0,001 	<ul style="list-style-type: none"> • Indagate solo le neoplasie del testicolo • Dati basati su 143 casi di tumore al testicolo • Anzianità lavorativa: <2 anni (34%), <4 anni (58%) • Eccesso di rischio per i "tecnici delle apparecchiature di supporto aereo" e per altre 3 categorie professionali, fra le 110 individuate • Esposizione anche a numerosi altri inquinanti
GARLAND et al., 1990 (88)	Radar, apparecchiature elettriche. Assegnata in base alla categoria professionale	Personale della Marina e dell'Aviazione americana (solo maschi) (1974-1984)	<ul style="list-style-type: none"> • Leucemia mieloide: RR=2,4; IC95% = 1,0-5,0; p<0,05 	<ul style="list-style-type: none"> • Indagate solo le leucemie; dati basati su 102 casi di leucemia • Anzianità lavorativa: <2a (32%); <4a (56%) • Eccesso di rischio evidenziato per gli "elettricisti" e non per le altre 94 categorie professionali individuate (tra le quali i tecnici elettronici e gli addetti radio)

				<ul style="list-style-type: none"> • Esposizione anche a numerosi inquinanti
MILHAM 1985 (89)	RF: apparecchiature per radioamatori	1.691 radioamatori deceduti nel 1971-1983 (solo maschi) negli Stati di Washington e California	<ul style="list-style-type: none"> • Tutte le leucemie: SMR = 1,91; p<0,01 • Leucemia mieloide: SMR=2,81; p<0,01 • Leucemia acuta: SMR=2,89; p<0,01 • Leucemia cronica: SMR=2,67; p<0,01 	<ul style="list-style-type: none"> • Indagata solo la mortalità per le leucemie • Dati basati su 24 casi di morte per leucemia
MILHAM 1988 (90)	RF: apparecchiature per radioamatori	67.829 radioamatori deceduti nel 1979-1984 (solo maschi) negli Stati di Washington e California	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema linfatico ed emopoietico: SMR=1,23; IC95%=0,99-1,52; n.s. • Altri tessuti linfatici, compresi linfomi non-Hodgkin e mieloma multiplo: SMR=1,62; IC95%=1,17-2,18; p<0,05 • Leucemie: SMR=1,24; IC95%=0,87-1,72; n.s. • Leucemia mieloide acuta : SMR=1,76 ; IC95%=1,03-2,85 ; p<0,05 • Colon : SMR=1,11; IC95%=0,89-1,37; n.s. • Prostata : SMR=1,14 ; IC95%=0,90-1,42; n.s. • Cervello: SMR=1,39; IC95%=0,93-2,00; n.s. 	<ul style="list-style-type: none"> • Indagata la mortalità per tutte le neoplasie • Dati basati su 741 casi di morte per neoplasie • Casi solo in parte sovrapponibili a quelli del precedente studio dello stesso Autore
SZMIGIELSKI 1996 (91)	RF/MO (150-3500 MHz) <ul style="list-style-type: none"> • 80% delle situazioni: 0,1-2 W/cm²; 15%:2-6 W/cm² 	Personale militare di carriera polacco: circa 128.000 persone, delle quali circa 3.700 esposte a RF/MO (solo maschi) 1971-1985	<ul style="list-style-type: none"> • Tutte le neoplasie: RR=2,07; IC95%: 1,12-3,58; p<0,05 • Stomaco: RR=3,24; IC95%=1,85-5,06; p<0,01 • Colon-retto: RR=3,19; IC95%=1,54-6,18; p<0,01 • Cute, incluso melanoma: RR=1,67; 	<ul style="list-style-type: none"> • Indagata l'incidenza di tutte le neoplasie • Dati sulle neoplasie del tratto genitale non presentati

	<ul style="list-style-type: none"> Assegnata sulla base della categoria professionale 		<p>IC95%=0,92-4,13; p<0,05</p> <ul style="list-style-type: none"> Sistema nervoso, incluso tumore del cervello: RR=1,91; IC95%=1,08-3,47; p<0,05 Linfoma di Hodgkin:RR=2,96; IC95%=1,32-4,37; p<0,05 Linfoma non-Hodgkin: RR=5,82; IC95%=2,11-9,74; p<0,001 Leucemia Cronica linfocitica: RR=3,68; IC95%=1,45-5,18; p<0,01 Leucemia Acuta linfoblastica: RR=5,75; IC95%=1,22-18,16; p<0,05 Leucemia Cronica mielocitica: RR=13,90; IC95%=6,72-22,12; p<0,001 Leucemia Acuta mieloblastica: RR=8,62; IC95%=3,54-13,67; p<0,001 	
TYNES et al., 1996 (92)	RF/MO : 405 KHz – 25 MHz (documentata)	2.618 operatrici addette a radio e telegrafo su navi mercantili in Norvegia (solo femmine) 1920-1980	<ul style="list-style-type: none"> Tutte le neoplasie: RR=1,2; IC95%=1,0-1,4 Mammella:RR=1,5; IC95%=1,1-2,0 Mammella (età: 50-54 anni): RR=2,5; IC95%=1,3-4,3 Utero: RR=1,9; IC95%=1,0-3,2 Retto: RR=1,8; IC95%=0,7-3,9 Cervello: RR=1,0; IC95%=0,3-2,3 Leucemia: RR=1,1; IC95%=0,1-4,1 Rene: RR=1,6; IC95%=0,3-4,8 	<ul style="list-style-type: none"> Indagata l'incidenza di tutte le neoplasie nel periodo 1961-1991 Dati basati su 140 casi di neoplasie Esposizione anche a 50 Hz (ELF)
GRAYSON 1996 (93)	RF/MO: assegnata in base alle categorie professionali	Personale (solo maschi) dell'aviazione militare americana (circa 880.000	<ul style="list-style-type: none"> Cervello: OR = 1,39; IC95% = 1,01-1,90 	<ul style="list-style-type: none"> Studio caso-controllo; indagati solo i tumori del cervello; dai basati su 230 casi di tumore al cervello Informazioni sull'esposizione (solo potenziale) molto approssimative

		persone) 1970-1989		
THOMAS et al., 1987 (94)	RF/MO: assegnata in base alle categorie professionali	Personale (solo maschi) impiegato in professioni con uso di strumentazione elettrica ed elettronica	<ul style="list-style-type: none"> • Cervello: OR = 1,6; IC95%=1,0-2,4 	<ul style="list-style-type: none"> • Studio caso-controllo: indagati solo i tumori del cervello • Informazioni sull'esposizione (solo potenziale) molto approssimative
HOLLY et al., 1996 (95)	MO: radar Autoriportata in questionario	221 casi di melanoma intraoculare, 447 controlli (solo maschi) 1978-1987	<ul style="list-style-type: none"> • Melanoma intraoculare: OR = 2,1; IC95% = 1,1 – 4,0 	<ul style="list-style-type: none"> • Studio caso-controllo: indagato solo il melanoma intraoculare
DAVIS e MOSTOFI 1993 (96)	MO: radar palmare Documentata	340 Ufficiali di Polizia (solo maschi) di Washington 1963-1991	<ul style="list-style-type: none"> • Testicolo: RR = 6,9; p<0,001; IC95%=2.4-14.5 	<ul style="list-style-type: none"> • Indagate solo le neoplasie del testicolo; dati basati su un "cluster" di 6 casi di tumore al testicolo • Durata media dell'esposizione: 14,7 anni; minima: >4,5 anni • Esclusi altri fattori di rischio noti; rischio sottostimato secondo gli Autori
HAYES et al., 1990 (97)	RF e MO : autoriportata in un questionario	271 casi di tumore del testicolo e 259 controlli (età: 18-42 anni) 1976-1981	<ul style="list-style-type: none"> • Testicolo: OR = 3,1; IC95% = 1,4-6,9 	<ul style="list-style-type: none"> • Studio caso-controllo; indagate solo le neoplasie del testicolo • Scarsa concordanza fra l'esposizione a RF e MO autoriportata e quella assegnata sulla base del "job title" • Rischio associato solo all'esposizione autoriportata
RICHTER et al., 2000 (98)	MO: radar Documentata in quasi tutti i casi; note anche frequenza,	15 tumori in pazienti-sentinella e loro colleghi, tecnici addetti ai radar	<ul style="list-style-type: none"> • Tutti i tumori: RR<1,0; p<0,001 • Sistema ematolinfatico: RR=2,5; p<0,001 • Solo linfomi: RR=4,0; p<0,001 	<ul style="list-style-type: none"> • "Cluster" di 15 casi autoriportati • Insorgenza delle neoplasie in età molto giovane

	intensità e durata dell'esposizione			
ROBINETTE et al., 1980 (99)	RF e MO : radio e radar su navi e aerei della Marina americana Assegnata in base alla categoria professionale	Circa 40.000 addetti a radio, radar; tecnici elettronici e collaboratori; tecnici dei controlli antincendio (solo maschi) impiegati durante la guerra di Corea 1950-1954	<ul style="list-style-type: none"> • Tutte le neoplasie: SMR=1,4; n.s. RR=1,0; IC95% = 0,9-1,3 • Apparato respiratorio:SMR=2,2; n.s. RR=1,1; IC95%=0,8-1,8 • Sistema linfatico ed emopoietico: SMR=1,6; n.s.; RR=1,2; IC95%=0,8-1,7 • Leucemia:RR=1,3; IC95% = 0,7-2,2 	<ul style="list-style-type: none"> • Indagate tutte le neoplasie (mortalità e incidenza); dati basati su 943 casi di morte per neoplasia, e 279 casi di incidenza di neoplasia • Informazioni sull'esposizione (solo potenziale) molto approssimative • Carente classificazione degli esposti e quindi possibile sottostima degli effetti, segnalate dagli Autori stessi
FINKELSTEIN 1998 (100)	MO: radar palmari. Documentata	Ufficiali di Polizia dell'Ontario (Canada) (solo maschi)	<ul style="list-style-type: none"> • Tutti i tumori: RR = 0,9; IC95%=0,8-1,0 • Cervello:RR=0,8; IC95%=0,5-1,4 • Leucemia:RR=0,6;IC95%=0,3-1,0 • Testicoli:RR=1,3;IC95%=0,9-1,8 	<ul style="list-style-type: none"> • Indagati tutti i tumori
MUHM 1992 (101)	RF/MO: 10 KHz-100 MHz per almeno 30g anche non consecutivi, nell'arco di 6 mesi. Desunta dall'Archivio del S.S. Aziendale	304 soggetti maschi esposti durante l'esecuzione di test 1970-1986	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema emopoietico:SMR=4,96; IC95%=0,90-12,75 • Linfomi: SMR=9,47; IC95%=0,24-52,78 • Leucemia mieloide cronica: SMR=7,75; IC95%=0,94-28,01 	<ul style="list-style-type: none"> • Indagate tutte le neoplasie; dati basati su 4 casi di morte per neoplasia • Intervallo medio dall'esposizione: 11 anni (+/- 5 anni)
LAGORIO et al., 1997 (102)	RF emesse da apparecchi per saldatura nell'industria plastica Documentata	481 femmine 1962-1992	<ul style="list-style-type: none"> • Tutte le neoplasie: SMR = 2,0; IC95%= 0,7-4,3 	<ul style="list-style-type: none"> • Indagate tutte le neoplasie; dati basati su 6 decessi per neoplasia • Esposizione anche a solventi e a cloruro di vinile

TABELLA 3. RISULTATI DI STUDI EPIDEMIOLOGICI SULL'INCIDENZA DI NEOPLASIE IN ESPOSIZIONI RESIDENZIALI A RADIOFREQUENZE

AUTORE	DISEGNO DELLO STUDIO	NEOPLASIE AUMENTATE
ANDERSON e HENDERSON, 1986 (103)	Studio caso-controllo sull'incidenza di tumori nei bambini residenti in 9 zone entro 2 miglia da emittenti a RF, e in 2 zone di controllo nelle Hawaii	<ul style="list-style-type: none"> • Tutti i tumori: <ul style="list-style-type: none"> nei maschi: RR = 1,5; statisticamente significativo nelle femmine: RR = 1,3; statisticamente significativo • Solo leucemie: <ul style="list-style-type: none"> nei maschi: RR = 1,6; n.s. nelle femmine: RR = 1,5; n.s.
HOCKING et al., 1996 (104)	Incidenza e mortalità per cancro (1972/90) in Australia in 3 aree in prossimità di trasmettitori TV, in confronto ad aree lontane dai trasmettitori	<ul style="list-style-type: none"> • Incidenza di leucemia: <ul style="list-style-type: none"> nella popolazione totale: RR = 1,2; IC 95% = 1,1 - 1,4 nella fascia 0-14 anni: RR = 1,6; IC 95% = 1,2 - 2,3 • Mortalità per leucemia: <ul style="list-style-type: none"> nella popolazione totale: SMR = 1,2; IC 95% = 1,0 - 1,4 nella fascia 0-14 anni: SMR = 2,3; IC 95% = 1,3 - 4,0
DOLK et al., 1997a (105)	Incidenza di cancro in prossimità di un ripetitore TV in Inghilterra (1974/86), in confronto con l'incidenza nel resto dell'Inghilterra	<ul style="list-style-type: none"> • Leucemia: <ul style="list-style-type: none"> • 0-2 Km dal ripetitore: RR = 1,8; IC 95% = 1,2 - 2,7 • 0-10 Km dal ripetitore: RR = 1,0; IC 95% = 0,9 - 1,1
DOLK et al., 1997b (106)	Incidenza di cancro in prossimità di 20 ripetitori radio-TV in Inghilterra (1974/86), in confronto con l'incidenza nel resto del paese	<ul style="list-style-type: none"> • Leucemia (0-14 anni): <ul style="list-style-type: none"> • 0-2 Km dai ripetitori: RR = 1,1; IC 95% = 0,6 - 2,1 • 0-10 Km dai ripetitori: RR = 1,0; IC 95% = 0,9 - 1,1 • Leucemia (più di 14 anni): <ul style="list-style-type: none"> • 0-2 Km dai ripetitori: RR = 1,0; IC 95% = 0,8 - 1,2 • 0-10 Km dai ripetitori: RR = 1,1; IC 95% = 1,0 - 1,1

<p>MICHELOZZI et al., 2002 (108)</p>	<p>Incidenza di leucemia nei bambini e mortalità per leucemia negli adulti in un'area di 10 Km dai ripetitori radio-TV di Radio Vaticana (Roma) negli anni 1987-1998</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Leucemia nei bambini: 0-6 Km dai ripetitori: RR = 2,2; IC 95% = 1,0 – 4,1 • Diminuzione significativa del rischio di leucemia infantile (p = 0,03) e della mortalità per leucemia negli adulti (p = 0,036) con l'aumentare della distanza dai ripetitori
---	--	---

6. EFFETTI ACUTI DELLE RADIOFREQUENZE E DELLE MICROONDE SULL'UOMO: LA SINDROME DA ELETTROSENSIBILITA' (ES).

Gli effetti acuti, a breve termine, dei CEM prodotti dalle RF e dalle MO sull'uomo sono rappresentati da una varietà di sintomi aspecifici e da veri e propri stati di malattia che, per il fatto di non essere generalizzati a tutta la popolazione esposta ma solo a una percentuale variabile di questa, vengono indicati coi termini di “ipersensibilità ai campi elettromagnetici” o “elettrosensibilità” (ES). Secondo Gobba (131), che è uno dei maggiori esperti italiani in materia, in assenza di criteri “ufficiali” per diagnosticare questa sintomatologia, la percentuale di popolazione che riferisce di soffrire di ES varia largamente tra lo 0% e il 30%. In particolare, sulla base di una indagine disposta dalla C.E. tramite un apposito gruppo di studio del quale ha fatto parte lo stesso Gobba (132), questa percentuale è molto ridotta sulla base delle stime ottenute utilizzando come fonte le indicazioni fornite dalle istituzioni ufficiali (Ministeri, Università, Ospedali, ecc.), ed aumenta considerevolmente sulla base delle valutazioni fornite dalle associazioni e dai comitati dei cittadini. Tuttavia, pur con tutte le approssimazioni dovute alla mancanza di criteri diagnostici incontrovertibili, il numero delle persone con riferita ES sembra essere in sensibile aumento in Europa (si veda, a questo proposito, quanto riportato al paragrafo 3.11), ed in particolare in Italia.

Una prima descrizione dei sintomi che caratterizzano la ES e dei meccanismi molecolari e cellulari mediante i quali i CEM (ELF/RF/MO, visto che il fenomeno è comune praticamente a tutto lo spettro delle emissioni elettromagnetiche non ionizzanti) potrebbe indurre tali sintomi e stati di malattia, è già stata data ai paragrafi 3.9, 3.10 e 3.11, e verrà ora approfondita.

6.1 PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELLA SINDROME DA ELETTROSENSIBILITA'

Secondo Gobba (131) non sembrano esservi particolari predilezioni di età per la comparsa dei sintomi da ES, che comunque sembrerebbero interessare con maggiore frequenza le persone di sesso femminile. Inoltre sembra possibile distinguere **due diversi tipi di manifestazioni**:

1) la “**dermatite da schermo**”, caratterizzata da rilevanti sintomi cutanei a varia localizzazione, del tipo eritema, prurito, sensazione di calore, talvolta con sintomi obiettivi come papule e pustole, e in certi casi associati a disturbi del sistema nervoso centrale (astenia, disturbi del sonno e della memoria, ecc.), dell'apparato cardiovascolare (palpitazioni, aritmie) e di altri organi e apparati. Queste forme sono scatenate, almeno nelle fasi iniziali, dall'uso professionale di schermi video e sono caratterizzate, in un buon numero di casi, da un miglioramento progressivo spontaneo, con una riduzione graduale, anche se non con una totale scomparsa dei sintomi;

2) la **ES, scatenata da varie apparecchiature elettriche, linee elettriche, emittenti radio-TV, telefoni cellulari, antenne e stazioni radio-base, e caratterizzata da più importanti sintomi a carico del sistema nervoso** (astenia psicologica anche intensa, apatia, difficoltà nell'elaborazione del pensiero, irritabilità, perdita della memoria, ansietà, instabilità dell'umore, cefalea, vertigini, disturbi del sonno e del ritmo sonno-veglia), **muscolare** (astenia muscolare, disestesie di vario tipo specie alle estremità, mialgie agli arti), **cardio-circolatorio** (tachicardia, palpitazioni), **cutaneo** (eritemi, prurito, dolore di tipo puntorio, bruciori, alterazioni della termoregolazione spesso con sudorazioni profuse), **ma anche da una vasta gamma di altri disturbi. A differenza di quanto**

avviene per la “dermatite da schermo”, in assenza di interventi, nelle persone affette da ES un miglioramento non è frequente ed anzi, nella maggioranza dei casi (fino al 70%), si verifica un progressivo peggioramento, inteso sia come una più facile comparsa dei sintomi sia come un aumento della loro intensità.

Una considerazione importante è che in entrambe le forme i sintomi, che vengono riferiti all'esposizione EM, sono molto variabili da soggetto a soggetto e inoltre possono variare sensibilmente nel tempo nello stesso soggetto, per intensità e durata. Pure importante è l'osservazione che non sembra esservi alcuna proporzione tra intensità dei CEM ed intensità dei sintomi, che possono essere causati da CEM di intensità anche molto debole, come sono ad es. quelli emessi da stazioni radio-base poste alla distanza di decine o centinaia di metri.

Diversi autori hanno tentato di dimostrare la relazione diretta tra CEM e comparsa dei sintomi della ES, mediante esposizione di soggetti volontari in esperimenti condotti in cieco. Con alcune importanti eccezioni, alcune citate da Gobba (131) e altre riportate al paragrafo 3.10, nella maggior parte di questi studi i soggetti non sono stati in grado di riconoscere correttamente l'esistenza dei CEM né hanno lamentato la comparsa dei sintomi tipici in coincidenza con l'irradiazione EM. Per questi motivi il già citato gruppo di studio della CE (132) è giunto alla conclusione che i dati scientifici finora disponibili non forniscono una adeguata dimostrazione di un reale rapporto causa-effetto tra CEM e comparsa della ES, anche se viene riconosciuto che sono necessarie ulteriori informazioni e che l'esistenza di gruppi consistenti di persone con problemi di salute molto gravi riferibili alla ES è un motivo sufficiente per un trattamento approfondito di questa materia, mediante ricerche mirate sulle cause di specifici sintomi o sindromi, e sulla verifica di specifiche ipotesi.

Va però sottolineato che le suddette conclusioni sono state tratte parecchi anni fa (1997) e che molti degli esperimenti in cieco sui quali tali conclusioni si basano sono stati condotti su volontari in buona salute, in giovane età e senza particolare predisposizione alla comparsa di sintomi della ES, ed è oltremodo improbabile che soggetti ES fossero casualmente presenti nei gruppi di volontari sui quali sono state condotte quelle sperimentazioni. Inoltre nella maggior parte degli esperimenti i volontari non sono stati esposti alle emissioni EM di un vero e proprio telefono cellulare, ma a un “surrogato” di questo, cioè ad un generatore di MO che può differire dal cellulare per alcune proprietà cruciali ai fini della produzione degli effetti in esame: p.es. le MO emesse da tale generatore possono non essere modulate o pulsate in frequenza come lo sono invece quelle dei veri cellulari GSM o, anche ammesso che lo siano, possono non contenere le frequenze ELF a 8,3 Hz, e certamente non quelle a 2 Hz e a 17,4 Hz, che sono proprio quelle maggiormente “bioattive” (v. paragrafo 7.4.).

In ogni caso sono state pubblicate negli ultimi anni indagini epidemiologiche che hanno dimostrato correlazioni statisticamente significative tra alcuni sintomi tipici della ES e specifiche esposizioni ai CEM. Inoltre sono stati ampiamente documentati effetti a livello molecolare, cellulare e funzionale di CEM a RF/MO, anche di intensità talmente debole da non poter produrre alcun rialzo termico, che possono senz'altro costituire la base per spiegare il meccanismo di induzione di alcune delle principali sintomatologie della ES.

6.2. INDAGINI EPIDEMIOLOGICHE SU SINTOMATOLOGIE RICONDUCEBILI ALLA ELETTROSENSIBILITA' DA RF/MO.

Tra gli studi che hanno messo in evidenza la prevalenza dei disturbi che caratterizzano la ES, in particolare il **male di testa**, nelle persone esposte a RF/MO molti hanno il carattere di semplici segnalazioni aneddotiche. Questi studi sono stati rivisti da FREY (133) il quale, pur non potendone trarre l'evidenza di una associazione certa tra uso dei cellulari e aumento del rischio di mali di testa, ne ha postulato la **possibile correlazione a livello di meccanismo d'azione sottolineando che le alterazioni della funzionalità della barriera emato-encefalica, che sono spesso la base dell'eziologia del male di testa, sono uno degli effetti tipici dell'esposizione a MO anche di debole**

intensità. E anche il sistema dopamina-oppiato del cervello, che pure è coinvolto nell'eziologia di questo disturbo, secondo i dati citati da Frey è alterato da esposizioni EM di bassa intensità. Inoltre, in tutte le ricerche citate da Frey le caratteristiche delle MO sono approssimativamente le stesse, per quanto riguarda le frequenze usate, il sistema di modulazione delle stesse e l'energia incidente, di quelle delle onde emesse dai telefoni cellulari oggi in uso (GSM).

Tra gli studi che presentano maggiore rigore scientifico, essendo basati su una corretta impostazione metodologica e una elaborazione statistica dei dati, vanno citati, innanzitutto, quelli di **HOCKING (134)** e di **MILD et al. (135)**, che hanno indagato **la possibile associazione tra disturbi del sistema nervoso centrale, in particolare mali di testa, e uso di telefoni cellulari.** HOCKING (134), ha identificato ben 35 soggetti che riferivano sensazioni di bruciore e di dolore alla testa, soprattutto nella zona temporale, occipitale e auricolare del lato usato per le telefonate; 11 soggetti con disturbi visivi; 15 con sensazioni di nausea, vertigini, sensazione di "increspatura" dei capelli, con conseguente difficoltà di concentrazione. Il 75% dei casi esaminati erano utilizzatori di telefoni digitali.

MILD et al. hanno condotto un grosso studio epidemiologico in Svezia e in Norvegia, nella seconda metà degli anni '90, su 8.879 utilizzatori di cellulari digitali GSM (funzionanti a 1.800 MHz) e 8.113 utilizzatori di cellulari analogici (funzionanti a 900 MHz). Com'è noto, i digitali hanno intensità di emissione ridotta rispetto agli analogici, e gli Autori riportano, proprio tra gli utilizzatori di analogici, un'associazione statisticamente significativa tra durata e numero giornaliero delle telefonate e comparsa di vari sintomi: sensazione di calore dietro e attorno all'orecchio, mali di testa, affaticamento, bruciore al viso e vertigini.

Uno studio epidemiologico recente, che ha destato molto interesse, tanto da essere riportato con un certo rilievo anche in alcuni rapporti governativi internazionali (v. pag. 30), è stato condotto sulla popolazione di un distretto di Singapore da CHIA et al. (33) che hanno esaminato 808 tra uomini e donne di età compresa tra i 12 e i 70 anni, selezionati con metodologia statistica. Tra questi, **gli utilizzatori di telefoni cellulari** erano poco meno della metà (44,8%) e **questo gruppo è risultato affetto, tra una serie di sintomatologie del sistema nervoso centrale prese in considerazione, soprattutto da mali di testa (60,3% dei casi), in percentuale statisticamente superiore (RR=1,31; IC95%=1,00-1,70) a quella riscontrata nel gruppo dei non utilizzatori di cellulari (44,8%).** Questa associazione è confermata dal fatto che vi è anche **un aumento significativo** nella prevalenza dei mali di testa **con la durata (minuti al giorno) delle telefonate,** e anche dal fatto che tale prevalenza viene **ridotta di più del 20% tra i soggetti che usano l'auricolare durante le telefonate** e che quindi allontanano dalla loro testa la sorgente dell'emissione EM (antenna del cellulare), rispetto a quanti invece applicano direttamente il cellulare all'orecchio (33)

Sono stati pubblicati recentemente anche i risultati di **due indagini epidemiologiche riguardanti la possibile correlazione tra l'esposizione a MO emesse da stazioni radio-base (SRB) per la telefonia mobile e la comparsa dei disturbi tipici dell'ES.** Una prima indagine (**RUDOLPH, 136**) è stata condotta su **soggetti che abitano nelle prossimità di una SRB che opera a 1.800 MHz,** e riporta le misure di campo elettrico riscontrato nelle abitazioni dei soggetti esaminati, mettendo in evidenza **una correlazione statisticamente significativa tra l'intensità del campo e la gravità delle sintomatologie riscontrate.** Anche la separazione dei soggetti in due gruppi caratterizzati da livelli di esposizione significativamente diversi permette di evidenziare una severità significativamente maggiore della "sindrome da MO" nel gruppo a esposizione più elevata.

Un secondo studio epidemiologico è stato condotto da **SANTINI et al. (137)** per mezzo di un questionario su **530 persone (270 maschi e 260 femmine) che vivono più o meno vicino, o lontano da una SRB per**

la telefonia mobile. Sono stati presi in esame 18 sintomi tra quelli propri della ES da RF/MO, le cui incidenze sono state analizzate mediante test statistici nei gruppi a diversa intensità di esposizione (diversa distanza dalle abitazioni dalla SRB) e confrontate con quelle della popolazione non esposta. I risultati dimostrano che **alcuni sintomi** (nausea, perdita dell'appetito, disturbi visivi) **si manifestano solo nei soggetti che abitano nelle immediate vicinanze (<10 m) dalla SRB**, altri (problemi cardiovascolari, irritabilità, tendenza alla depressione, vertigini, difficoltà di concentrazione, perdita della memoria, riduzione della libido) **si riscontrano fino a 100 m dalla SRB, mentre i mali di testa, i disturbi del sonno e i problemi cutanei si manifestano, senza diminuzione significativa di intensità, fino a 200 m dall'antenna.** Nei soggetti che vivono nella zona compresa tra 200 e 300 m, infine, solo il senso di affaticamento si manifesta in maniera significativamente maggiore rispetto a quanti vivono oltre i 300 m dalla SRB, o a quanti non risultano per nulla esposti alle MO della telefonia mobile. Per sette dei sintomi presi in esame l'incidenza è significativamente maggiore ($p < 0,05$) nelle donne rispetto agli uomini.

Gli Autori sottolineano il fatto che, dato che l'intensità dei CEM si riduce sensibilmente e progressivamente con la distanza dalla sorgente di emissione (SRB), il fatto che certi sintomi (in particolare i mali di testa, i disturbi del sonno e i problemi cutanei) non diminuiscano almeno fino ai 200-300 m dall'antenna conferma osservazioni precedenti (138) secondo le quali, a parte l'intensità dei CEM, altri fattori, come le particolari frequenze utilizzate, le fluttuazioni del campo EM emesso dovute al diverso numero di comunicazioni in atto, la riflessione delle onde EM, sembrano svolgere un ruolo nell'eziologia di alcuni disturbi. Infine, per quanto riguarda la maggiore incidenza delle sintomatologie tipiche della ES nel sesso femminile, questo dato è in accordo con quanto già segnalato per i disturbi del sonno tra gli utilizzatori di telefoni cellulari e, più in generale, con la particolare sensibilità delle donne ai CEM in generale (139, 140).

Anche le malattie cardiovascolari sono state associate all'esposizione occupazionale a MO ($OR=2,5$; $IC95\%=1,1-5,8$), ma l'unico studio disponibile (citato da Taioli, 83) non è mai stato replicato, inoltre il protocollo non prevedeva la verifica obiettiva della patologia cardiaca riferita dai soggetti tramite questionario.

Nonostante l'esiguità dei dati in proposito, una recente rassegna americana (141) afferma che “questa sindrome da RF/MO è una realtà medica dovuta all'esposizione a onde EM di altissima frequenza, pulsate, come sono quelle proprie delle tecnologie usate per i telefoni cellulari”¹.

Vale infine la pena di segnalare che le variazioni di alcuni parametri di laboratorio già utilizzati per evidenziare l'esposizione di popolazioni esposte a CEM di bassissima frequenza (ELF), in particolare i livelli urinari di un metabolita della melatonina (142, 143) e le sottopopolazioni dei linfociti nel sangue periferico (144, 145), sembrano in grado di evidenziare anche alterazioni metaboliche nelle persone esposte a RF/MO (P. Comba, comunicazione personale).

Ovviamente, è proprio nel settore delle sintomatologie riconducibili alla elettrosensibilità che abbondano le segnalazioni aneddotiche che qualche autorevole scienziato, già investito di incarichi governativi particolarmente delicati come quello di proporre i nuovi limiti di esposizione ai CEM, definisce **“leggende metropolitane”²** Ora, a parte il fatto che, secondo l'autorevole parere del Comitato di esperti che per conto del Governo Inglese ha redatto il “Rapporto

¹ Vedi anche nota 1 a pag. 104.

² **Tullio Regge, editoriale dell'8.4.2001 su “La Repubblica”:** “...tutti concordano nel dire che il fenomeno (elettrosmog) non esiste o che, se si verifica, è a un livello tale da non poter essere rilevato..., in compenso abbondano le leggende metropolitane raccolte nei bar di paese e spacciate per verità assolute”.

Stewart” (pag. 26, punto 3), vista la situazione delle conoscenze scientifiche anche le segnalazioni aneddotiche devono comunque essere prese in considerazione per orientare le ricerche in proposito, **una di queste segnalazioni merita senz’altro di essere citata per l’autorevolezza della fonte, trattandosi infatti non di uno dei tanti “bar di paese” ma della nostra Camera dei Deputati:**

Si è già ricordato in precedenza, (3.3., pag.17) il fatto che un disturbatore per telefoni cellulari, fatto installare alla Camera durante la presidenza dell’On.Pivetti, aveva dovuto essere staccato per le proteste dei deputati, preoccupati per la propria salute a causa dell’intensità dell’emissione EM da questo prodotta (0,1 V/m, cioè 60 volte di meno del valore di cautela in vigore nel nostro paese). Da un editoriale del 19.12.02 su “Il Giornale” (145 bis) intitolato “Allarme a Montecitorio”, si apprende ora che tale disturbatore, re-installato e staccato periodicamente per iniziativa del Presidente e per le proteste dei deputati, sta provocando grossi disturbi ai frequentatori della Camera (“malori in aula”, “improvvisi sbalzi di pressione”, “acufeni, conseguenti a irritazione e infiammazione del nervo acustico”, “crisi di emicrania”, ecc., tutte sintomatologie riconducibili, come si è visto, alla ES), al punto che vari deputati hanno richiesto “una commissione di parlamentari per lo studio di questo problema”, “una indagine epidemiologica”, “l’introduzione in aula di un limite all’elettromagnetismo”, “l’intervento del Ministro delle Comunicazioni Maurizio Gasparri” e quello del Ministero della Sanità. Dall’articolo si apprende anche che un deputato “portò in aula dati che dimostravano come i CEM sprigionati sull’aula (0,1 V/m, n.d.a.) fossero cancerogeni, mentre un altro dichiarò agli atti che “le microonde possono incidere sulla corteccia cerebrale e sulla sfera sessuale maschile”¹.

Questa segnalazione, in sostanza, non fa che confermare quanto si vedrà al paragrafo seguente (6.3) e più avanti (7.2, 7.3, 7.4), cioè che effetti biologici rilevanti come possibile base degli effetti sanitari acuti (ES) delle RF/MO possono essere indotti a intensità EM molto basse (fino a 0,1 V/m e anche meno), senza che sia rilevabile alcun rialzo termico.

6.3. POSSIBILI BASI CELLULARI E FISILOGICHE DELLA ELETTROSENSIBILITA’ DA RF/MO.

HOCKING (146) ha recentemente ricapitolato lo sviluppo delle ricerche sulla ES da RF/MO ricordando che, già negli anni ’70, **tale sintomatologia era stata ripetutamente segnalata e presa in seria considerazione nei paesi dell’Est Europeo**, mentre solo di recente l’interesse per questa sindrome e gli studi sulle sue possibili basi molecolari, cellulari e fisiologiche hanno imposto una revisione dell’atteggiamento inizialmente molto scettico con cui, nei paesi occidentali, erano state accolte quelle prime segnalazioni.

I primi dati provenienti dai paesi dell’Est Europeo avevano già permesso di identificare gli aspetti principali della ES che è caratterizzata da: 1) **sintomi neurologici** (astenia, stanchezza, irritabilità, sonnolenza, perdita della memoria, ecc.); 2) **sintomi vascolari** (sudorazione, dermografismo, cambiamento della pressione sanguigna, ecc.); 3) **sintomi cardiaci** (aritmie, dolori cardiaci, alterazioni dell’elettrocardiogramma, ecc.). Questi dati, come si è detto, furono accolti con scetticismo dalle autorità mediche dei nostri paesi fino a che, all’inizio degli anni ’80, furono pubblicate negli Stati Uniti le prime segnalazioni riguardanti militari accidentalmente esposti a radiazione acuta con MO (radar), con conseguenti sintomatologie (labilità emotiva, irritabilità, mali

¹ Il Giornale: “Allarme a Montecitorio. Il mistero degli svenimenti alla Camera”, Giovedì 19.12.2002.

di testa, insonnia, ipertensione arteriosa) che **persistevano a distanza di molti mesi dall'esposizione**, senza che fosse possibile identificarne una spiegazione né a livello organico né su base psicologica. Comunque queste segnalazioni fornirono per la prima volta un'evidenza forte e circostanziata dell'esistenza di un rapporto causale tra gli effetti riscontrati e l'esposizione a MO, e rafforzarono le prime evidenze fornite dai rapporti dell'Est Europeo.

Hocking cita anche alcuni **esempi di esposizioni acute accidentali a RF, caratterizzate da sintomi (mali di testa, astenia, diarrea, ecc.) che possono durare anche 3-4 anni dopo la fine dell'esposizione**, il che supporta l'ipotesi di un rapporto causale tra l'esposizione a RF e l'induzione della sintomatologia propria dell'ES. L'Autore sottolinea anche il fatto che alcuni risultati negativi, riscontrati in soggetti esposti accidentalmente a MO non modulate (4,1 GHz), confermano il ruolo essenziale della modulazione a bassissima frequenza (ELF) nell'eziologia dell'ES da RF/MO.

In questo primo gruppo di studi, rivisti da HOCKING (146), il meccanismo alla base dei disturbi osservati resta oscuro: persino dopo esposizioni acute a RF/MO di intensità particolarmente elevata non è stato possibile evidenziare alcun segno localizzato di danno al cervello o al sistema nervoso periferico, quale ci si sarebbe potuto aspettare come conseguenza di un effetto termico. Perciò la causa di una così lunga persistenza degli effetti osservati resta sconosciuta, anche se l'Autore cita **una serie di osservazioni sperimentali che suggeriscono per la prima volta alcune possibili spiegazioni. RF modulate e di breve intensità alterano sia il flusso del Calcio nel cervello di polli, che la funzionalità dei neurotrasmettitori in varie specie animali**. Inoltre, modificazioni nella conduzione nervosa nel cranio di pazienti con persistenti disestesie vengono indotte da irradiazione con MO modulate e di bassa intensità, emesse da un telefono cellulare: soprattutto le fibre A e C presentano alterazioni della soglia di percezione a uno stimolo elettrico, il che dà luogo ad anomalie della capacità sensoriale che, secondo l'Autore, possono fornire la base neurologica per molte sintomatologie proprie della ES.

Anche **SANTINI et al.** (137) hanno rivisto alcuni dati recenti che gettano luce su alcuni possibili meccanismi alla base della ES. Essi sottolineano:

- 1) **il ruolo della ghiandola pineale e del suo ormone, la melatonina, la cui secrezione notturna è inibita dalle RF/MO, favorendo così l'azione nefasta dei radicali liberi sulle cellule, normalmente inibita da questo ormone;**
- 2) **le alterazioni che le RF/MO provocano sui recettori cerebrali (oppioidi, colinergici) che controllano nell'uomo la soglia del dolore e l'evoluzione dello stato depressivo e, negli animali, la capacità di apprendimento e di memorizzazione;**
- 3) **le modificazioni che RF/MO modulate a frequenze estremamente basse inducono sui movimenti intra- e inter-cellulari di molti ioni (Sodio, Potassio, Litio), in particolare del Calcio, che è uno dei principali messaggeri della comunicazione cellulare.**

Uno degli effetti più significativi delle RF/MO a livello cellulare, per le implicazioni che questo ha sulla fisiologia del sistema nervoso centrale e sulle alterazioni funzionali che ne possono derivare, è senza dubbio **l'alterata permeabilità della barriera emato-encefalica, segnalata da vari autori sia negli animali da esperimento che nelle cellule umane**. Salford et al. (147) hanno osservato questo effetto nei ratti dopo irradiazione a valori di SAR inferiori a 1 W/Kg con MO a 915 MHz, sia pulsate che modulate. Frey (148), sulla base di dati che dimostrano che l'irradiazione con onde EM del tutto simili a quelle emesse da un telefono cellulare altera profondamente la permeabilità della barriera emato-encefalica in varie specie animali, sostiene che, visto che questa struttura costituisce un'interfaccia critica tra circolo sanguigno e cervello, tale effetto potrebbe ben rappresentare la causa di mali di testa. Leszczynski (149) ha osservato che, irradiando con le MO di

un cellulare cellule isolate dai vasi sanguigni della barriera emato-encefalica, queste subiscono una contrazione, dovuta ad alterazioni strutturali di molte proteine costitutive, che ne impedisce la permeabilità. L'Autore segnala che, se questo effetto dovesse aver luogo anche in vivo, nelle cellule dei vasi sanguigni cerebrali, esso impedirebbe a ioni e molecole di passare dal sangue al cervello.

Un altro effetto importante delle RF/MO per le conseguenze sulla funzionalità del sistema nervoso centrale è rappresentato dalle **alterazioni**, segnalate di recente nella letteratura, **dell'attività bioelettrica del cervello**. **LEBEDEVA et al. (150)**, esponendo in doppio cieco 24 volontari alle emissioni di un cellulare (902,4 MHz; $0,06 \text{ mW/cm}^2 = 15 \text{ V/m}$), hanno messo in evidenza su 16 soggetti alterazioni significative dell'elettroencefalogramma, più evidenti quando i soggetti sono irradiati ad occhi chiusi che ad occhi aperti. Queste alterazioni sono indicative di uno stato di eccitazione della corteccia cerebrale, e persistono per parecchio tempo anche dopo che l'irradiazione è cessata. Gli Autori riportano anche un'ampia rassegna dei lavori sull'argomento, citando dati che dimostrano la capacità delle RF/MO di indurre modificazioni biochimiche dei neuroni centrali, alterazioni dell'attività bioelettrica del cervello in conigli e ratti, nonché nell'uomo: in quest'ultimo caso, quanto maggiore è la sensibilità alle RF/MO dei soggetti esposti, tanto più bassa è la soglia di intensità EM alla quale si osservano le modificazioni dell'andamento dell'encefalogramma.

Un contributo importante allo studio delle modificazioni dell'elettroencefalogramma (EEG) indotte nell'uomo dalle MO emesse dai telefoni cellulari viene dal gruppo di ricercatori che fa capo ad **ACHERMAN**, presso l'Ist. di Farmacologia e Tossicologia dell'Univ. di Zurigo (151). In un primo studio questi ricercatori hanno esposto durante il sonno 24 giovani volontari ad una irradiazione bilaterale intermittente (15' si/ 15' no) alle MO modulate emesse da un cellulare GSM (900 MHz; SAR = 1 W/kg), ad hanno osservato che le onde tipiche dell'EEG vengono alterate, in un ambito specifico di frequenze (7-14 Hz), durante la fase del sonno caratterizzata da movimenti non rapidi degli occhi (fase "non REM"). Il massimo delle modificazioni si osserva durante la parte iniziale del sonno, permane tale per 20-50 minuti, e in seguito l'effetto diminuisce gradualmente; inoltre il periodo di veglia, dopo una prima fase di sonno, viene abbreviato. In un secondo studio, 16 volontari sono stati esposti per 30' alle stesse MO durante la veglia che precede il sonno: l'EEG durante il sonno è risultato alterato nello stesso ambito di frequenze (9-14 Hz) e anche in questo caso l'effetto diminuisce gradualmente durante il corso del sonno, la cui durata complessiva non viene alterata. E' stato poi studiato l'effetto sull'EEG di una esposizione unilaterale alle MO del cellulare per 30' prima del sonno: in questo caso ad ognuno dei 16 volontari venivano applicate bilateralmente due antenne delle quali solo una, a loro sconosciuta, veniva poi attivata. Inaspettatamente, le modificazioni dell'EEG sono risultate simili nei due emisferi, senza alcuna asimmetria evidente, il che potrebbe dipendere secondo gli Autori dal fatto che il rapporto dei SAR sui due lati (5/1 tra la parte esposta e la parte controlaterale non esposta) non è sufficientemente alto da indurre un effetto differenziale (in altri termini il CEM sull'emisfero non esposto supererebbe comunque la soglia e sarebbe quindi sufficiente a scatenare l'effetto). In alternativa, si può supporre che le strutture più sensibili del cervello siano a livello subcorticale, e le loro proiezioni bilaterali spiegherebbero perché l'effetto è comunque simmetrico. Il gruppo di Acherman ha anche analizzato tramite tomografia positronica i cambiamenti del flusso sanguigno cerebrale, durante esposizione unilaterale di 13 volontari per 30' alle MO del cellulare: in questo caso si osserva un aumento del flusso nella regione dorsolaterale-prefrontale, solo sul lato sul quale è stata applicata l'antenna del cellulare, e tale aumento dura per più di 30' dopo la fine dell'impulso EM. Infine è stato dimostrato che solo i segnali EM modulati in frequenza delle MO dei cellulari sono in grado di alterare l'EEG, mentre i segnali non modulati sono privi di effetto.

Del resto, proprio sul fatto che i campi EM possono influenzare le attività cerebrali nell'uomo si basano le tecniche di stimolazione magnetica transcranica con le quali, mediante l'applicazione di campi magnetici potenti e di brevissima durata sulla superficie del cranio, vengono indotte correnti elettriche in zone localizzate del cervello, che influenzano significativamente le

capacità intellettive e i comportamenti del soggetto (si veda, a questo proposito, l'articolo divulgativo a pag. 231 de "L'Espresso" del 5.12.2002, 152).

Un contributo di fondamentale importanza sugli effetti neurologici ed i relativi meccanismi d'azione a livello molecolare e cellulare delle RF/MO viene dal gruppo di ricercatori che fa capo a LAI presso il Dipartimento di Bioingegneria dell'Univ. di Seattle, Washington (U.S.A.). Lai ha messo in rete (153) il testo aggiornato del suo intervento al Congresso Internazionale di Vienna (vedi 3.5.) che riassume le esperienze e riporta l'elenco delle numerosissime pubblicazioni scientifiche realizzate nei suoi laboratori sugli effetti neurologici delle RF/MO sul cervello del ratto.

L'Autore ricorda che, quando il sistema nervoso o il cervello vengono disturbati dalle onde EM, si verificano alterazioni morfologiche, elettrofisiologiche e chimiche che inevitabilmente danno luogo a modificazioni del comportamento. Gli effetti neurologici riportati in letteratura includono cambiamenti della permeabilità della barriera emato-encefalica, della morfologia cellulare, dell'elettrofisiologia, dell'efflusso del Calcio, del metabolismo cellulare, delle funzioni dei neurotrasmettitori, della risposta ai farmaci che agiscono sul sistema nervoso, e del comportamento.

Attivo fin dal 1980, Lai si è occupato inizialmente dell'effetto di brevi esposizioni a MO (2.450 MHz; SAR=1,2 W/Kg; 1 mW/cm²) sull'azione di farmaci che agiscono sul sistema nervoso del ratto. Egli ha messo in evidenza che **l'effetto di vari farmaci (anfetamina, apomorfina, morfina, barbiturici ed alcool etilico) viene modificato se i ratti sono esposti per 45' alle MO, e che tali modifiche dipendono dal fatto che le onde EM attivano un gruppo di neurotrasmettitori del cervello, gli oppioidi, che sono prodotti nel cervello stesso.** Le interazioni tra MO e farmaci possono avere importanti implicazioni sugli effetti sanitari delle MO, in particolare possono dare luogo a **variazioni della sensibilità interindividuale ai CEM, che è una caratteristica tipica della ES:** p.es. è stato dimostrato che l'uso di farmaci oftalmici nella cura del glaucoma aumenta in maniera molto netta gli effetti dannosi che le MO provocano sugli occhi. Inoltre, l'aumento di attività degli oppioidi nel cervello può provocare un incremento del consumo di alcool da parte degli animali irradiati.

In seguito l'interesse di Lai si è concentrato sugli **effetti delle MO su un particolare neurotrasmettitore, l'acetilcolina, una sostanza chimica ubiquitaria nel cervello, che è coinvolta in numerose funzioni fisiologiche e comportamentali.** Lai ha dimostrato che aree cerebrali diverse hanno diversa sensibilità alle MO per quanto riguarda le risposte colinergiche. Inoltre la ripetitività e la durata dell'irradiazione dà luogo a risposte diverse: p.e. dopo esposizioni ripetute di 45' alle MO il numero dei recettori per l'acetilcolina aumenta, mentre cala se l'esposizione è di soli 25'. **I cambiamenti nel numero di recettori per l'acetilcolina rappresentano una risposta compensatoria ad un disturbo ripetuto sull'attività dell'acetilcolina nel cervello, e ne conseguono caratteristiche alterazioni nelle risposte del sistema nervoso.** Altri studi dello stesso Autore hanno dimostrato che **anche gli oppioidi endogeni sono coinvolti nell'azione delle MO sull'acetilcolina, e che le risposte a livello cerebrale all'irradiazione con MO sono delle vere e proprie risposte a condizioni di stress:** infatti gli effetti delle MO sull'acetilcolina cerebrale sono le stesse di quelle che si osservano in risposta a tipiche situazioni di stress (rumore molto forte, compressione del corpo, ecc.). Alcune conferme sono date anche dal fatto che **le MO attivano l'ormone da stress, cioè il fattore di rilascio della corticotropina e alterano i recettori cerebrali delle benzodiazepine,** i quali modulano l'azione dei farmaci benzodiazepinici anti-ansia e vengono alterati sotto stress.

Altri risultati ottenuti da Lai sui ratti, che potrebbero avere importanti implicazioni su alcuni aspetti della ES da RF/MO nell'uomo sono i seguenti. **Alcuni degli effetti delle RF sul cervello del**

ratto sono “condizionabili”: i processi condizionanti, che collegano certe risposte comportamentali con particolari eventi (stimoli) ambientali, modificano costantemente il comportamento dell'animale. Più precisamente, in una classica situazione condizionante, uno stimolo “neutro” che in condizioni naturali non sarebbe in grado di evocare una particolare risposta, viene ripetutamente associato con un secondo stimolo in grado di evocare la risposta, fino a che lo stimolo “neutro” (che è diventato uno stimolo condizionato) finisce per essere in grado di evocare anche da solo la risposta (che è diventata così un risposta condizionata). Nei ratti, nei quali la risposta cerebrale a livello di neurotrasmettitori sia stata ripetutamente indotta da una irradiazione con MO, dopo un certo tempo la risposta (divenuta condizionata) si ottiene mettendo semplicemente in atto le procedure dell'esposizione, senza aver bisogno di attivare l'irradiazione.

Sfruttando la diversa risposta alle MO dei recettori colinergici della regione dell'ippocampo (coinvolta nella funzione di memoria) e della regione frontale (coinvolta nell'apprendimento), Lai ha dimostrato che **le MO inibiscono significativamente l'apprendimento e modificano la memoria dei ratti, alterando completamente le strategie comportamentali degli animali in risposta agli stimoli ambientali. Queste modificazioni persistono per un certo tempo, dopo che è cessata l'esposizione alle MO.**

Un altro tipo di esperimenti importanti effettuati da Lai riguarda **gli effetti delle MO sul DNA (induzione di danni sul singolo o doppio filamento) del cervello di ratti**, i cui risultati sono stati già riportati in dettaglio (4.1.1.), e dei quali si discutono in questo paragrafo le possibili implicazioni a breve e a lungo termine. E' noto che i danni al DNA sono cumulativi e che, normalmente, la cellula è in grado di riparare attivamente tali danni. Ma **le cellule nervose hanno capacità riparative molto limitate ed i danni cumulati possono indurre diverse conseguenze a livello cellulare: dalla “iniziazione”, che è la prima fase di un processo a lungo termine come la trasformazione neoplastica e la cancerogenesi, alla morte cellulare programmata (apoptosi), a malattie neurodegenerative come l'Alzheimer, il Parkinson, la corea di Huntington, la sclerosi laterale amiotrofica, ecc.** In particolare, nella maggior parte delle cellule nervose che non si dividono più e che difficilmente diventano cancerose, le conseguenze di danni cumulativi al DNA sono rappresentate prevalentemente dalla morte cellulare, che può indurre o accelerare le malattie neurodegenerative sopra citate. Ed in effetti nel cervello di ratti irradiati con MO si osserva un netto aumento di apoptosi (morte cellulare programmata). Tuttavia **alcune cellule del cervello, le cellule gliali, possono diventare cancerose** ed è possibile che questo effetto venga “iniziato” dai danni accumulati sul DNA, non riparati o riparati con meccanismi “poco fedeli”.

Per quanto riguarda poi l'osservazione di Lai (4.1.1.) che **l'induzione di danni al DNA da MO nel cervello di ratti è inibita da molecole come la melatonina e il butil-fenil-nitrone, che fanno da catturatori (“scavengers”, spazzini) di radicali liberi, va ricordato che i radicali liberi svolgono un ruolo fondamentale nei processi di invecchiamento, e sono coinvolti nell'eziologia e nella progressione delle malattie neurodegenerative sopra citate.** Infine va ricordato che la disponibilità di radicali liberi dipende dallo stato nutrizionale dell'individuo, p.es. dalla disponibilità nella dieta di

sostanze ad attività antiossidante, dal consumo di alcool e dalla quantità di cibo consumata, e che varie condizioni, quali stress psicologici e un'intensa attività fisica, possono aumentare l'effetto dei radicali liberi nell'uomo. Questi processi potrebbero dunque spiegare perché certi individui sono più sensibili agli affetti di un'esposizione a RF/MO, dando luogo a quella variabilità di risposte che è tipica della ES da RF/MO.

Nel corrente mese di Gennaio sono stati infine pubblicati i risultati di uno studio effettuato da un gruppo di ricercatori svedesi dell'Università di Lund (154) sugli effetti di una esposizione di 2 ore alle emissioni EM di un cellulare GSM sul cervello di ratti (12-26 settimane di età), il cui sviluppo è confrontabile con quello di adolescenti di meno di 20 anni, che sono tra i più forti utilizzatori di telefoni mobili. Gli Autori mettono in evidenza l'infiltrazione di albumina attraverso la barriera emato-encefalica e un danno ai neuroni cerebrali, proporzionale all'intensità dell'esposizione, e concludono affermando di non poter escludere che, dopo qualche decade di abituale uso giornaliero, un'intera generazione di utilizzatori di telefoni cellulari possa manifestare effetti neurologici e comportamentali negativi, fin dalla mezza età.

L'importanza di tutti questi studi sugli effetti delle MO a livello cerebrale deriva, oltre che dai riflessi neuro-comportamentali che tali effetti rivestono, anche dal fatto che, come confermato da una recente pubblicazione di due ricercatori israeliani (155), **i segnali della telefonia cellulare sono portati da frequenze EM per le quali "specificatamente la testa di un uomo funziona da antenna ed il tessuto cerebrale da ricevitore a demodulazione"**. La testa ovale di un uomo adulto ha infatti un asse minore di 16-17 cm, che è uguale alla metà della lunghezza d'onda per le frequenze nell'ambito dei 900 MHz, e alla intera lunghezza d'onda per le frequenze di 1.800 MHz. Questa forma è dunque perfetta per funzionare da antenna (risonatore) per le radiazioni EM emesse dai telefoni cellulari, ed è per questo che essa assorbe la maggior parte dell'energia associata a queste specifiche frequenze. Gli Autori hanno calcolato che a 900 MHz la testa di un adulto assorbe l'80% della radiazione emessa da un cellulare mentre la testa di un bambino di 7 anni, per le sue dimensioni ridotte, ne assorbe solo il 69% ma, tenuto conto del ridotto spessore delle ossa, dello sviluppo cerebrale non ancora completato e dell'inizio anticipato dell'esposizione (che è quindi destinata a durare più a lungo), l'energia assorbita è comunque più pericolosa che in un adulto. Per questo molte autorità (p.es. l'NRPB e il Comitato Stewart, vedi 3.6.) raccomandano che l'uso dei cellulari nell'infanzia e nell'adolescenza sia scoraggiato e ridotto al minimo possibile.

7. CARATTERISTICHE DELL'AZIONE BIOLOGICA DELLE RADIOFREQUENZE E DELLE MICROONDE: POSSIBILI MECCANISMI D'AZIONE.

7.1. FATTORI FISICI CHE INFLUENZANO L'ATTIVITA' BIOLOGICA DELLE RF/MO.

La complessità dei fattori che influenzano la capacità dei CEM prodotti da RF/MO di indurre effetti biologici e sanitari sull'uomo è stata messa a fuoco da vari Autori, soprattutto da LAI (153) e da HYLAND (34-37). Restrungendo la discussione alle MO impiegate nella telefonia mobile, bisogna prima di tutto considerare che la stretta contiguità con l'antenna durante l'uso dei telefoni cellulari provoca la deposizione di una quantità relativamente considerevole di energia EM nella testa degli utenti, dando luogo all'irradiazione ripetuta di una parte più o meno fissa di tessuto. Si tratta in questo caso di una esposizione a breve termine, di carattere ripetitivo e ad una intensità relativamente elevata. Al contrario, l'esposizione alle MO emesse dalle antenne di una stazione radio-base è in genere di lunga durata, ma ad una intensità molto ridotta.

L'intensità delle MO nell'ambiente si misura in unità quali il mW/cm^2 (e relativi multipli o sottomultipli) o il V/m. Tuttavia l'intensità fornisce un'informazione limitata in vista della valutazione dei possibili effetti biologici, che richiede anche la conoscenza della **quantità di energia assorbita dal tessuto o organo irradiato.** Questa è espressa generalmente come **"tasso di assorbimento specifico" (Specific Absorption Rate, SAR),** che definisce la quantità di energia assorbita per unità di massa (p.es. 1 kg) di tessuto, ed è **generalmente espressa in W/kg.** Nel caso di un farmaco quello che conta come determinante principale dell'effetto terapeutico non è soltanto la quantità di principio attivo in ogni pastiglia o fiala o numero di gocce, ma soprattutto la quantità che di tale principio viene assorbita per unità di peso corporeo. Sfortunatamente le MO non si comportano semplicemente come un farmaco: **il tasso di assorbimento e la distribuzione dell'energia EM nell'organismo umano dipendono da molti fattori:** p.es. la composizione dielettrica (cioè la capacità di fare da conduttori elettrici) dei diversi tessuti (p.es. le ossa, che hanno un basso contenuto di acqua, assorbono meno energia dei muscoli, i cui tessuti sono abbondantemente idratati); le dimensioni del tessuto o organo rispetto alla lunghezza d'onda delle MO utilizzate, e quindi rispetto alla loro frequenza vista la correlazione (inversa) tra le due proprietà delle onde EM; la forma, la geometria e l'orientazione dell'oggetto irradiato e la sua distanza dalla sorgente EM. **Questi fattori fanno sì che la distribuzione dell'energia assorbita da un organismo irradiato sia estremamente complessa e non uniforme, e possa dar luogo alla formazione dei cosiddetti "punti caldi" (hot spots), in corrispondenza dei quali l'energia può essere particolarmente concentrata.** P. es., da misure del SAR in diverse aree del cervello di ratti irradiati con MO risulta che due regioni distanti fra di loro meno di un millimetro possono avere una differenza di SAR di più del doppio l'una rispetto all'altra, e questo spiega perché diverse aree del cervello del ratto mostrino diversa sensibilità alle MO emesse da un cellulare. In questo caso, poi, l'animale è tenuto fermo durante l'esposizione, ma la situazione è ancora più complicata se il soggetto irradiato è in movimento: a seconda della maggiore o minore intensità del movimento, la distribuzione del SAR nelle varie parti del corpo può essere più complessa, più uniforme, o addirittura impossibile da definire. Invece, la distribuzione dell'energia emessa da un telefono cellulare nella testa dell'utilizzatore è meglio definita a causa della posizione relativamente stabile del telefono in rapporto alla testa. Ma anche in questo caso si possono comunque formare alcuni "punti caldi" in certe zone del capo (e del cervello), nelle quali i valori di SAR possono raggiungere anche gli 8 W/kg.

Oltre all'intensità e al SAR, **anche la frequenza costituisce un parametro importante ai fini dell'attività biologica delle MO impiegate:** la questione della frequenza è vitale perché condiziona, p.es., la possibilità di estrapolare i dati ottenuti con le RF alla situazione che si verifica nel caso della telefonia mobile (MO). Infatti la maggior parte delle ricerche condotte fino a una

decina di anni fa impiegavano frequenze diverse (molto più basse, come sono le RF) di quelle usate nella telefonia mobile. Nel complesso, i dati che mettono in evidenza effetti biologici diversi da parte di frequenze diverse, o effetti che si osservano solo a una data frequenza, sono piuttosto scarsi nella letteratura. Sono molti di più gli studi che dimostrano che **diverse frequenze producono lo stesso effetto, p.es. cambiamenti della permeabilità della barriera emato-encefalica del ratto sono stati descritti dopo irradiazione con un ampio spettro di frequenze (915, 1.200, 1.300, 2.450 e 2.800 MHz), ed effetti sull'efflusso del Calcio sono stati osservati entro uno spettro di frequenze ancora più ampio (50, 147, 450 e 915 MHz).** Se c'è una differenza nell'effetto di diverse frequenze, si tratta di una differenza quantitativa piuttosto che qualitativa. Per di più, alcuni studi mettono in evidenza effetti biologici solo entro un intervallo più o meno ristretto ("windows", finestre) di frequenze, e non a frequenze maggiori o minori di questo intervallo. Tutti questi dati dimostrano che, in ogni caso, la frequenza può essere un fattore importante nel determinare l'azione biologica delle RF/MO.

Un aspetto importante che riguarda gli effetti biologici delle RF/MO è se questi effetti sono o no cumulativi, cioè se, dopo ripetute esposizioni, l'organismo si adatta o meno alla perturbazione EM prodotta e quando, dopo una esposizione continuativa e cumulativa, l'omeostasi (cioè la capacità di mantenere un equilibrio anche in presenza di influenze esterne) viene eventualmente rotta, dando luogo ad effetti irreversibili. La possibilità che un effetto sia cumulativo nel tempo, in seguito ad esposizioni ripetute o continuative, è **particolarmente importante nella telefonia mobile, che comporta esposizioni ripetute, di durata più o meno breve, ma ad alta intensità EM (telefonate) ed esposizioni continuative a bassa intensità per periodo lunghi (anni, decenni) di tempo (stazioni radio-base).** I dati della letteratura mettono in evidenza cambiamenti nel tempo delle risposte caratteristiche del sistema nervoso alle MO, il che suggerisce che gli effetti non vengono "dimenticati" (annullati) dopo ogni singola esposizione. In realtà, a seconda della risposta presa in esame, si osservano le seguenti situazioni: 1) l'effetto si manifesta solo dopo un'esposizione prolungata o ripetuta, ma non dopo un solo periodo di esposizione; 2) l'effetto sparisce dopo un'esposizione prolungata, il che suggerisce che c'è una capacità di adattamento; 3) effetti diversi si manifestano dopo esposizioni di diversa durata. Si è già ricordato (6.3 pag.82) che **Lai (153) ha dimostrato che il danno al DNA prodotto da MO della telefonia cellulare sul cervello di ratti è cumulativo ed ha le caratteristiche di una risposta da stress. Ed è noto che gli effetti da stress si accumulano nel tempo, con una prima fase di adattamento seguita da una rottura dei processi omeostatici quando lo stress persiste, dando luogo ad effetti che possono diventare irreversibili.**

Un altro aspetto fondamentale, che verrà sviluppato più sotto, e che molti studi hanno messo in evidenza, riguarda il fatto che **RF/MO modulate o pulsate sono particolarmente efficaci nel produrre determinati effetti biologici, spesso diversi (quantitativamente, ma soprattutto qualitativamente) da quelli prodotti da radiazioni EM della stessa frequenza, ma continue.** Questa conclusione è importante perché le MO usate nella telefonia mobile sono pulsate o modulate a frequenze estremamente basse (ELF), e questo solleva il problema di quanto i CEM ELF così prodotti contribuiscono agli effetti biologici e sanitari delle radiazioni EM impiegate nella telefonia mobile.

7.2. EFFETTI BIOLOGICI DI RF/MO DI INTENSITA MOLTO BASSA.

A quanti mettono in dubbio la possibilità di effetti biologici e sanitari prodotti dall'esposizione continuativa a MO di bassa intensità, come si verifica nelle vicinanze di una stazione radio-base per la telefonia mobile, vanno ricordati **i risultati di tanti studi che hanno messo in evidenza effetti biologici, anche molto rilevanti per le possibili conseguenze sulla salute umana, dopo esposizione a MO di intensità anche estremamente bassa. P. es.**

cambiamenti dell'attività proliferativa delle cellule a valori di SAR di 0,000021-0,0021 W/kg; diminuzione della capacità riproduttiva in topi esposti a 160-1053 nanoW (10^{-6} W)/cm², pari a 0,6-2V/m (i corrispondenti valori di SAR non sono stati calcolati); diminuzione della capacità di assumere cibo e di abbeverarsi in ratti esposti a un SAR di 0,0317 W/kg; cambiamenti del metabolismo del Calcio a SAR di 0,05-0,005 W/kg; danni al DNA a valori di SAR di 0,024-0,0024 W/kg. La maggior parte di questi dati sono stati ottenuti, per di più, dopo una singola esposizione a MO, mentre l'esposizione alle MO emesse da una stazione radio-base è un'esposizione cronica, e questo assume un'importanza particolare.

Infine, intensità e durata di una data esposizione possono interagire tra loro nel determinarne l'attività biologica, e ci sono dati che dimostrano che “minore intensità per più lunga durata di esposizione” può produrre lo stesso effetto di “alta intensità per minore durata di esposizione”.

7.3. EFFETTI TERMICI E NON TERMICI.

Quando l'energia EM delle RF/MO è assorbita dal corpo essa viene convertita in calore: questo è provocato dall'aumento di agitazione delle molecole dipolari (in particolare l'acqua) ad opera dei campi EM rapidamente alternati. Essendo ormai ben stabilito che le funzioni svolte dai sistemi biologici vengono alterate in seguito all'innalzamento della temperatura, **gli standard di sicurezza attualmente in vigore (limiti di esposizione) sono rivolti alla prevenzione degli effetti termici** (vedi 2.1.). **Tuttavia è ormai riconosciuto che anche effetti biologici “non termici” possono essere indotti dall'esposizione a RF/MO a intensità inferiori a quelle che provocano effetti termici.**

Il termine di effetto “non termico” può avere due significati diversi: 1) l'effetto biologico si verifica in condizioni nelle quali non si è in grado di riscontrare un aumento di temperatura significativo nell'animale o nel tessuto esposto, il che fa supporre che i processi fisiologici vengano mantenuti, nonostante l'azione delle RF/MO, ad una temperatura costante; 2) le RF/MO sono in grado di provocare effetti biologici senza l'intervento di energia termica e quindi indipendentemente da un innalzamento anche minimo della temperatura (“effetti a-termici”). In realtà la distinzione ha poco senso dato che è molto difficile escludere che un effetto biologico sia di natura termica dato che, quando l'energia delle RF/MO viene assorbita, inevitabilmente viene attivata un'energia termica.

In alcuni esperimenti, a dire il vero, “controlli termici” (cioè campioni di controllo soggetti a riscaldamento senza irradiazione con RF/MO) non mostrano gli stessi effetti biologici dei campioni irradiati, il che ha fatto pensare ad effetti non termici (o a-termici). Tuttavia, come si è detto sopra, è praticamente impossibile riprodurre la stessa distribuzione di energia assorbita ad opera delle RF/MO con un sistema di riscaldamento dall'esterno (infatti un cibo cotto in un forno tradizionale è ben diverso dallo stesso cibo cotto in un forno a MO). E, come si è visto, la distribuzione dell'energia dovuta all'irradiazione con RF/MO nel corpo umano o in un animale da esperimento è importante nel determinare il tipo di effetti biologici prodotti. Tutto questo per dire che **il fatto che un “controllo termico” non riproduca lo stesso effetto dell'irradiazione con RF/MO non dimostra inequivocabilmente l'esistenza di effetti non termici.** E, d'altra parte, anche se non c'è modo di mettere in evidenza un significativo aumento di temperatura dopo irradiazione con RF/MO, ciò non esclude che si possa verificare un effetto termico: la fisiologia dei sistemi di regolazione della temperatura è particolarmente complicata e può coinvolgere diversi organi o tessuti: p.es. Lai ha dimostrato che, anche irradiando un ratto con MO a un livello di SAR

di 0,6 W/kg che non dovrebbe produrre effetto termico, l'animale disperde attivamente l'energia assorbita, il che fa pensare che il sistema di controllo della temperatura corporea da parte del cervello sia stato comunque attivato.

Un altro motivo per non escludere la possibilità di un contributo termico agli effetti biologici osservati a valori di SAR inferiori a quelli fissati per evitare un eccessivo riscaldamento del corpo è che questi effetti potrebbero benissimo essere “micro-termici”. Ci sono infatti **alcuni esempi di effetti di questo tipo**: uno è l'effetto uditivo che permette di percepire MO pulsate, che è dovuto all'espansione termoelastica della testa del soggetto irradiato. Anche a valori di SAR considerati “non termici” la pulsazione delle MO viene percepita sotto forma di “suono” perché una minuscola onda pressoria viene indotta nella testa e viene convertita dalla coclea in energia “microtermica”: la soglia per la percezione uditiva è stata determinata approssimativamente in 10 microjoule/gm per ogni pulsazione EM, il che determina nella testa un aumento di temperatura di un milionesimo di grado centigrado! Un altro esempio abbastanza simile di effetto microtermico delle MO si verifica a carico dell'apparato vestibolo-cocleare, che è quella parte dell'orecchio interno responsabile del senso dell'equilibrio e del movimento: si è visto che la distribuzione non omogenea dell'assorbimento delle MO nella testa dell'uomo può dare luogo a un microgradiente termico nei canali semicircolari dell'orecchio, che altera la funzionalità del sistema vestibolare.

L'esistenza di “finestre” di intensità o di frequenza delle MO entro le quali la produzione di effetti biologici può essere limitata, il fatto che onde EM modulate o pulsate possano produrre effetti più forti o diversi rispetto a onde continue, e la dimostrazione di effetti biologici che si verificano a valori di SAR (e quindi a intensità di emissione EM) estremamente bassi, potrebbero far pensare all'esistenza di effetti non termici (o a-termici). Tuttavia **l'impossibilità di escludere, in tutti questi casi, la produzione da parte delle MO di un riscaldamento anche minimo e difficilmente misurabile, rende poco pratico continuare a distinguere gli effetti termici da quelli non termici. Per questi ultimi Lai propone di usare il termine di “effetti prodotti a bassa intensità”, dove la “bassa intensità” è definita in rapporto al livello minimo di esposizione capace di produrre l'effetto indesiderato e preso come riferimento dalle linee guida suggerite da un particolare organismo (ICNIRP, OMS, Congresso di Salisburgo, ecc.) o adottate da una particolare Nazione.** Qualsiasi esperimento, eseguito a livelli di esposizione inferiori a tale livello minimo di esposizione sarà considerato un esperimento a “bassa intensità” e gli effetti eventualmente prodotti in queste condizioni saranno “effetti a bassa intensità”. Per esempio, se il livello minimo di SAR al quale si ritiene venga prodotto un effetto dannoso (in questo caso l'effetto termico, vedi 2.1.) è di 4 W/kg¹, e se le linee-guida suggeriscono di introdurre un fattore di sicurezza di 50 fissando dunque un valore limite di SAR di 0,08 W/kg, qualsiasi effetto biologico dannoso per l'organismo osservato a valori di SAR inferiori a 4 W/kg dovrà essere considerato un “effetto a bassa intensità” e potrà spingere a rivedere le linee-guida, stabilendo nuovi valori-limite di esposizione.

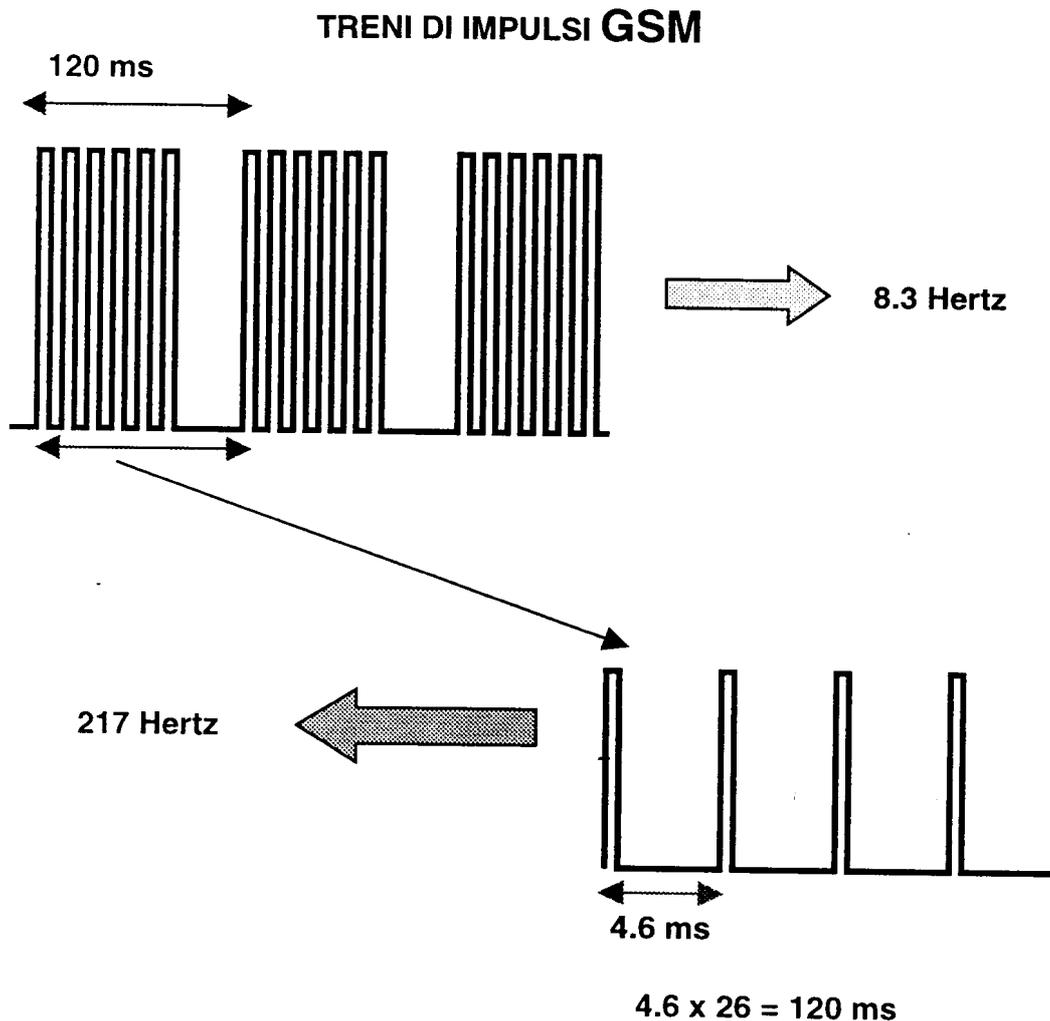
A conclusione di questi primi 3 paragrafi del presente Capitolo possiamo dire che la risposta biologica a una esposizione con RF/MO non è in relazione lineare con l'intensità della radiazione: vari altri parametri espositivi, quali la frequenza, la durata, la forma dell'onda (continua, pulsata, modulata in frequenza o in ampiezza), la ripetitività, ecc., sono importanti nel determinare le risposte biologiche e nell'influenzare la forma (non lineare) del rapporto tra dose (intensità) e

¹ In realtà, secondo le linee-guida dell'ICNIRP, l'intervallo di SAR entro il quale verrebbero prodotti effetti sanitari indesiderati, di natura termica, è di 1-4 W/kg, quindi il limite minimo, in base al quale calcolare i valori-limite di esposizione dovrebbe essere 1 W/kg (v. 2.1., pag.5).

risposte. Per capire i possibili effetti sanitari dell'esposizione alle MO della telefonia cellulare è necessario conoscere il contributo di ciascuno di questi parametri e il modo in cui essi interagiscono l'uno con l'altro.

**7.4. FREQUENZE ELETTROMAGNETICHE E FREQUENZE BIOLOGICHE:
BIOCOMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA.**

I comuni telefoni cellulari GSM emettono MO a frequenze comprese nell'intervallo di 800-900 MHz o in quello di 1.600-2.000 MHz. I telefonini analogici funzionano con un sistema di modulazione della frequenza, mentre quelli digitali emettono MO pulsate. In pratica, la radiazione usata nel sistema GSM (oggi il più comune, in attesa dell'entrata in funzione del sistema UMTS che utilizza frequenze superiori ai 2.000 MHz) consiste di un'onda portante ad alta frequenza (negli intervalli sopra indicati), che tuttavia "pulsata" periodicamente con frequenze anche bassissime. Più precisamente l'onda portante è "modulata", cioè organizzata in "treni" (serie) di impulsi: ciascun treno "è lungo" (sarebbe meglio dire "dura"), 120 millisecondi, ed è formato da 26 impulsi ("vagoni del treno") uno dei quali è lungo (dura) 4.6 millisecondi. Questi due periodi introducono nello spettro della radiazione rispettivamente le frequenze di 8,3 Hz e di 217 Hz (vedi Figura 1 qui sotto):



Altre modulazioni, dovute al modo di funzionamento di altri apparecchi cellulari, introducono frequenze di 2 Hz e di 17,6 Hz. Tutte queste sono frequenze estremamente basse (ELF), e alcune di esse sono vicine o coincidono con frequenze biologiche e sono pertanto “bioattive”, cioè vengono riconosciute dai sofisticati circuiti EM presenti nel corpo umano (ad es. nel cervello, nell’ippocampo, nel cuore, ecc.), con le conseguenze qui sotto indicate.

Gli organismi viventi scambiano continuamente energia con l’ambiente circostante, tramite la loro attività metabolica: semplicemente per il fatto di essere vivi essi hanno un contenuto significativo di energia e sono lontani dall’equilibrio termico. Per questo motivo l’aggiunta anche di piccole quantità di energia può comportare conseguenze significative per la stabilità energetica dell’organismo vivente. **Una parte dell’energia dei sistemi viventi serve a mantenere attività elettriche oscillatorie di vario tipo, nelle quali vengono immagazzinate determinate quantità di energia.** Esempi di tali attività sono **i circuiti neuronali del cervello**, che emettono onde EM di diversa frequenza a seconda dello stato del cervello (veglia, sonno: fase REM e non-REM, ecc.), oppure **i circuiti cardiaci**, quelli **neuromuscolari**, oppure quelli che sovrintendono ai **ritmi circadiani** e così via. Questi sono solo gli esempi più familiari, che la medicina riconosce ed utilizza ormai da tempo, p. es. a scopi diagnostici (elettrocardiogramma, elettroencefalogramma, elettromiogramma, per citare le tecniche diagnostiche più comuni). Forse meno familiari sono i **campi EM a bassissima frequenza (ELF) associati all’elettrochimica del cervello, all’efflusso del Calcio e ai sistemi neurorecettori, e i campi EM ad alta frequenza (MO) presenti a livello cellulare e subcellulare, che presiedono a processi fondamentali, p.es. alla divisione delle cellule.** Tutte queste attività sono caratterizzate da varie frequenze, alcune delle quali sono molto ben definite (scientificamente si dice che costituiscono eccitazioni EM estremamente “coerenti”), che vengono definite “frequenze biologiche”.

Come un circuito radio può sintonizzarsi su una frequenza esterna, cioè riconoscerla e ricevere energia da un’onda EM caratterizzata da quella frequenza specifica amplificandola ad un livello di intensità più potente, così i circuiti EM biologici possono sintonizzarsi e ricevere energia da radiazioni esterne. In particolare, se la frequenza esterna eguaglia o è molto prossima a quella di una bioattività, quest’ultima può essere influenzata in vario modo, con meccanismi “non termici” o “a bassa intensità” quali:

- 1) **“amplificazione risonante”**, che può portare a raggiungere un livello energetico inaccettabilmente alto da un punto di vista biologico;
- 2) **“interferenza”**, risultante in un degrado o nell’inibizione di alcune attività essenziali, p.es. il rilascio di melatonina;
- 3) **“forzatura”** di una biofrequenza, magari ad un valore incompatibile con l’omeostasi;
- 4) **“accensione”** in tempi minimi di qualche processo per il quale la sola fornitura di energia endogena è inadeguata.

Per capire questi fenomeni basta considerare che **il corpo di un uomo “vivo” è un sofisticatissimo strumento elettronico per il cui funzionamento deve essere mantenuto un equilibrio omeostatico, frutto di una serie innumerevole di processi cellulari e molecolari.** Questo equilibrio non rappresenta una condizione stabile, ma è piuttosto una configurazione energetica di minimo relativo, separata, tramite una debolissima barriera energetica, da configurazioni energetiche ben più rilevanti, che rappresentano spesso abissi senza ritorno per la funzione biologica in causa. Si capisce così come **una pur minima interferenza energetica proveniente dall’esterno possa provocare, col suo pur minimo trasferimento di energia,**

effetti drammatici di allontanamento dall'equilibrio omeostatico, in maniera affatto graduale (tecnicamente si parla di effetti o fenomeni “non lineari”, spesso “altamente non lineari”).

E' con questo meccanismo “frequenza-specifico” che un organismo vivente è capace di “riconoscere” un CEM esterno oscillante o modulato. Questa abilità di riconoscere un CEM esterno, e di esserne influenzato nei modi sopra indicati, attraverso la sua frequenza piuttosto che semplicemente dalla sua intensità, cioè dall'energia che esso contiene, viene definita come una **“influenza informazionale”**. Per esempio, **negli epilettici foto-sensitivi** si possono provocare convulsioni mediante esposizione a luce resa intermittente tramite modulazione che produce frequenze **tra 15 e 20 Hz**: la provocazione della convulsione è dovuta, non tanto all'intensità della luce, quanto alla frequenza con la quale essa pulsa. Tale frequenza, essendo molto prossima a quella che caratterizza l'attività elettrica del cervello di un epilettico durante una convulsione, permette al cervello di “riconoscerla”, cioè di ricevere informazione (energia EM) e di reagire di conseguenza. Secondo Hyland, **la possibilità di provocare crisi epilettiche negli animali di laboratorio (ratti) esposti a MO pulsanti, che comprendono anche la frequenza di 17,6 Hz, e la segnalazione di un aumento della frequenza di crisi convulsive in bambini epilettici che vivono in prossimità di stazioni radio-base per la telefonia mobile si basano proprio sul meccanismo di interferenza sopra descritto.**

Altre frequenze bio-attive sono:

- 1) **le frequenze portanti (MO) usate nella telefonia GSM (900-1.800 MHz)**, che interferiscono con processi biologici fondamentali come la divisione delle cellule e l'oscillazione degli ioni Calcio e Magnesio attraverso le membrane cellulari;
- 2) **le frequenze ELF di 2 Hz e di 8,3 Hz presenti nel sistema utilizzato per “pulsare” le MO dei cellulari**, che coincidono rispettivamente con gli intervalli di frequenza tipici delle onde alfa e delta dei ritmi elettroencefalografici;
- 3) **la frequenza ELF di 17,6 Hz, anch'essa presente in uno dei sistemi di pulsazione delle MO dei cellulari**, che è prossima alla frequenza fotoepilettica, ed anche molto vicina alla frequenza di 16 Hz alla quale l'efflusso del Calcio dalle cellule del cervello mostra un picco drammatico, ed i neurorecettori eccitatori ed inibitori presenti nel cervello vengono più intensamente influenzati¹
- 4) **La frequenza di rete elettrica di 50 – 60 Hz**, che è prossima alle frequenze di ciclotrone di ioni, ad esempio Sodio, Potassio, Magnesio e Litio, che si trovano comunemente nei sistemi biologici dove svolgono ruoli essenziali in molteplici funzioni cellulari (vedi al paragrafo seguente).

E' importante ricordare che la possibilità di interferenze di questo tipo è ben nota nel contesto della compatibilità elettromagnetica, tanto che vengono prese misure estreme per evitarla, come la proibizione dell'uso dei telefoni cellulari sugli aerei, negli ospedali e, più in generale, in presenza di strumentazione elettronica particolarmente delicata. **La stessa preoccupazione, purtroppo, non viene ancora estesa all'organismo umano vivente, una situazione che tradisce una ignoranza colpevole del fatto che un organismo vivente è uno**

¹ Per questi motivi nel 2001, su richiesta del Governo Inglese, l'NRPB (156), il Ministero Nazionale per la Protezione dalle Radiazioni, attraverso il proprio Gruppo di Studio sulle Radiazioni non-Ionizzanti, ha deciso di accogliere la raccomandazione già avanzata nel 2000 dall'IEGMP (Gruppo Indipendente di Esperti della Telefonia Mobile) affinché “come misura precauzionale, la modulazione di ampiezza attorno ai 16 Hz venga eliminata, se possibile, nei futuri sviluppi usati per la codificazione dei segnali della telefonia mobile”. La raccomandazione si basa sulla dimostrazione che a questa frequenza è massima la velocità di efflusso (perdita) del Calcio dal cervello e da altri tessuti, e sul fatto che una frequenza molto vicina (17,6 Hz) viene emessa nella modulazione di ampiezza usata per produrre i segnali pulsanti in alcune tecnologie di telefonia cellulare. Si veda anche la nota¹ a pag. 99.

strumento EM per eccellenza e che, come tale, esso è particolarmente vulnerabile da una interferenza EM esterna!

In questo contesto occorre sottolineare che, poiché i CEM endogeni sono coinvolti nel controllo di processi biologici essenziali, è proprio questa funzione di controllo quella con cui interferisce l'esposizione a CEM esogeni di debole intensità, in opposizione a quanto si verifica con CEM esogeni di intensità molto maggiore, che producono danno alle cellule o ai tessuti. Ci sono, come già si è visto (7.3.) **molti esempi di ripercussioni funzionali importanti da parte di CEM deboli, p.es.:**

- 1) **l'inibizione del processo di riparazione dei danni al DNA** che si producono, sotto forma di rotture dei filamenti, durante il normale processo di replicazione, ma che in condizioni fisiologiche vengono immediatamente riparati; questa inibizione può spiegare l'aumento osservato nella frammentazione del DNA, a dispetto del fatto che l'energia in un quanto di MO è di fatto insufficiente a causare rotture;
- 2) **effetti sull'efficienza del sistema immunitario**, che è il principale meccanismo di difesa contro l'invasione di agenti patogeni e contro lo sviluppo dei tumori;
- 3) **l'inibizione della sintesi dell'ormone oncostatico melatonina;**
- 4) **i cambiamenti dell'attività proliferativa delle cellule, del metabolismo del Calcio, ecc.**

In tutti questi casi l'effetto dei CEM di debole intensità è quello di interferire negativamente su un processo naturale che è essenziale per la prevenzione di effetti dannosi per la salute, piuttosto che di danneggiare cellule o tessuti con effetti diretti sulla salute stessa.

7.5. MECCANISMI ELETTROMAGNETICI CHE POSSONO ALTERARE IL "TRAFFICO OMEOSTATICO" DEGLI IONI.¹

In una serie di articoli, **DEL GIUDICE et al.** hanno proposto un **meccanismo per il traffico ionico², che avviene attraverso le membrane cellulari del corpo umano e che è responsabile del benessere omeostatico. In base a questo meccanismo la presenza di un campo magnetico esterno al corpo umano ed oscillante a basse frequenze può alterare profondamente lo scambio ionico che avviene attraverso le membrane cellulari.**

Il meccanismo poggia sulla teoria della elettrodinamica quantistica coerente sviluppata da PREPARATA (160) e su svariate successive conferme sperimentali e fenomenologiche di questa teoria (ZHADIN et al.,161). In base a questa visione scientifica l'acqua gode, come pure tutti i liquidi in generale, di proprietà di coerenza quantistica che ne influenzano vistosamente il comportamento in diverse situazioni. Più precisamente, a seguito di un'interazione squisitamente quantistica fra le molecole d'acqua e le fluttuazioni (quantistiche) del campo EM naturale, sempre presenti in natura ad ogni frequenza, si generano

¹ Ringrazio il Prof. L.F.Donà Dalle Rose, del Dip. Di Fisica dell'Univ. di Padova, per il contributo alla stesura di questo paragrafo, come pure del precedente (7.4).

² Si noti che tale traffico coinvolge circa 10^{20} ioni al secondo. Infatti il corpo umano adulto contiene circa il 70% di acqua, metà della quale è dentro e metà fuori delle cellule. Queste ultime sono circa 10^{15} e ciascuna delle corrispondenti membrane sostiene attraverso i propri canali ionici un flusso di ioni pari a 200.000 ioni/sec. Il flusso complessivo, somma su tutte le cellule, è perciò pari a $2 \cdot 10^{20}$ ioni al secondo.

nell'acqua domini (regioni) spaziali "coerenti", composti da molecole d'acqua che oscillano tutte insieme (coerentemente) fra due stati quantici di energia. Ciascuno di questi domini si estende su dimensioni pari a circa 100 nm (cioè 100 miliardesimi di metro); essi sono immersi nella restante frazione di acqua, detta anche fase "non coerente". I domini hanno notevoli proprietà e, tra queste, la proprietà di ospitare sui propri gusci – senza resistenza viscosa – le orbite degli ioni carichi in soluzione nell'acqua stessa. Nell'acqua del corpo umano, metà della quale è dentro e metà fuori delle cellule, sono disciolti ioni in gran numero e relativi a molte specie diverse. Gli ioni del corpo umano percorrono queste orbite per effetto del campo magnetico terrestre, o comunque di un campo magnetico statico che, agendo sulle loro cariche, induce appunto traiettorie ioniche circolari. In ogni dominio coerente il campo magnetico statico deriva da contributi di campi diversi, che si sommano vettorialmente: oltre al campo terrestre, vi può essere ad es. il campo magnetico statico indotto nel dominio da campi EM esterni ad altissima frequenza (tipicamente 1000 MHz), ad es. quelli usati nella telefonia cellulare. Gli ioni percorrono le orbite in un tempo ben definito oppure – ciò che è lo stesso – il numero di orbite percorse in un secondo, cioè la frequenza (detta anche frequenza di ciclotrone), è ben definito ed è proporzionale al campo magnetico. I domini coerenti ovviamente popolano in gran numero anche le regioni adiacenti alla membrana cellulare, sia dentro che fuori della cellula.

Se al campo magnetico costante si sovrappone un campo EM oscillante di frequenza vicina a quella di ciclotrone, le orbite vengono alterate e gli ioni fuoriescono dai gusci. Se i domini non sono adiacenti alle pareti della membrana, gli ioni si fermano nella parte di acqua non coerente e vengono rimpiazzati da altri ioni provenienti da questa medesima fase. Se invece i domini sono adiacenti alle suddette pareti, gli ioni fuoriusciti vengono indotti ad attraversare la membrana dalla differenza di potenziale esistente fra le pareti della membrana stessa. In natura (modi di Schumann) ed all'interno del corpo umano (campi prodotti dal sistema nervoso centrale o – probabilmente – dal sistema vegetativo) vi sono vari campi EM oscillanti che inducono questi attraversamenti e provvedono quindi a mantenere gli equilibri omeostatici propri dell'individuo in questione (regolazione del flusso di ioni, 158). **Tuttavia se viene acceso un campo EM esterno non naturale, di frequenza vicina a quella di ciclotrone di una data specie ionica, allora quella specie ionica ne verrà influenzata e possono avvenire scambi ionici "non voluti" attraverso le pareti della membrana cellulare e generare squilibri nell'omeostasi, percepiti come sofferenza dall'individuo.** P. es. le frequenze ELF di 50-60 Hz sono prossime alle frequenze di ciclotrone di varie specie ioniche (Sodio, Potassio, Magnesio, Litio), che svolgono ruoli essenziali in molte funzioni cellulari.

Il ricercatore russo BINHI (162) ha descritto un altro meccanismo non termico, basato sulla meccanica quantistica, capace di descrivere i fenomeni di dissociazione dei complessi ione-proteina dovuti a deboli campi magnetici oscillanti, in presenza di un campo magnetico statico. Il meccanismo proposto spiega bene vari dati sperimentali relativi ai complessi con ioni Ca e Mg ed ha come corollario che **nelle suddette condizioni si forma uno squilibrio nella concentrazione ionica intra- ed inter-cellulare. Tale squilibrio ionico può di nuovo essere all'origine di malfunzionamenti metabolici e di alti livelli di stress (34).**

8. VALUTAZIONI CONCLUSIVE.

Prima di formulare una valutazione critica conclusiva sugli effetti biologici e sanitari delle RF/MO sulla base del riesame pressoché esaustivo della letteratura scientifica effettuato nei precedenti capitoli, vanno sottolineati alcuni aspetti importanti e di carattere generale che emergono da questo riesame.

8.1. CONSIDERAZIONI DI CARATTERE GENERALE.

1. La telefonia cellulare è una tecnologia importante che, sviluppata in maniera tumultuosa soprattutto negli ultimi 10 anni, ha ancora enormi possibilità di espansione: basti pensare all'imminente avvio della terza generazione di cellulari (UMTS), che prevede l'utilizzo di nuove antenne e stazioni radio-base e di nuove frequenze finora non presenti nell'ambiente, e all'ingresso nel mercato mondiale di nuovi gestori e di nuovi utenti. Solo negli Stati Uniti circa 80 milioni di persone utilizzavano nel 2000 il cellulare, con un ritmo di entrata di decine di migliaia di nuovi utenti ogni giorno (32), mentre in Italia ci sono oggi più di 30 milioni di cellulari serviti da circa 25.000 stazioni radio-base, e un raddoppio di questi numeri è atteso entro il prossimo biennio. **Se l'esposizione alle MO usate per la telefonia cellulare risultasse associata ad un aumento anche lieve di qualche tipo di effetto dannoso per la salute dell'uomo, anche non particolarmente rilevante, l'enorme numero degli utenti e la presenza ormai ubiquitaria di emissioni EM di significativa intensità, caratterizzate da una larga gamma di frequenze comprendenti quelle estremamente basse, ELF, prodotte dai sistemi di modulazione in uso, e particolarmente "bioattive" (7.4.), potrebbero dar luogo a un problema sanitario potenzialmente molto grave.**

2. Come sempre avviene quando la scienza comincia ad indagare i possibili effetti dannosi dovuti all'uso di prodotti dietro ai quali si nascondono interessi economici enormi e planetari (si pensi al tabacco, all'amianto, al cloruro di vinile e, più in generale, al settore della plastica), anche nel caso delle RF/MO la letteratura scientifica sull'argomento risente dei condizionamenti esercitati dai produttori mediante finanziamenti mirati, controllo dei risultati, influenze politiche e altre pratiche ormai ben collaudate, quali regalie, campagne mediatiche, informazioni riservate, ecc. (34-37, 157). Non è certo un caso che gli studi finanziati dai gestori o dai produttori abbiano dato risultati sistematicamente negativi anche per quanto riguarda i possibili danni alla salute umana prodotti dall'esposizione a RF/MO. Anche se tali studi si rivelano inconsistenti ad un esame approfondito, essi finiscono col rendere confuso e contraddittorio il quadro complessivo, pure in presenza di una sovrabbondanza di dati positivi prodotti tramite ricerche "indipendenti". Esempi illuminanti di "risultati condizionati e condizionanti" sono, per quanto riguarda la telefonia cellulare, parte dei dati sui tumori indotti sull'uomo (5.4.), sugli effetti genetici (4.1.) e sulla elettrosensibilità (6.1.).

3. A fronte di una massa veramente considerevole di dati sperimentali che mettono in evidenza effetti biologici e sanitari e possibili meccanismi d'azione a livello molecolare, cellulare e fisiologico delle RF/MO accumulatisi negli ultimi anni, appare oggi insostenibile e assolutamente ingiustificata la posizione dell'OMS (2.1., 2.4.) fondata sui rapporti scientifici dell'ICNIRP del '96 (2.2.) e del '98 (2.3.), ma di fatto ferma a linee-guida fissate alla fine

degli anni '80 (2.1.). Tali linee-guida, infatti, si basano, ai fini della definizione dei limiti di esposizione: a) solo sugli effetti sanitari, ignorando quindi i dati biologici che li sottendono e che ne chiariscono i meccanismi di induzione; b) solo sugli effetti definitivamente accertati, in deroga a quanto previsto dal Principio di Precauzione (v. sotto), che avrebbe invece dovuto essere proprio il fondamento della politica cautelativa dell'OMS e della Comunità Europea; c) solo sugli effetti di natura termica, mentre ormai sono ben documentati effetti "non termici" o "a intensità particolarmente basse" (7.3.); d) solo sugli effetti acuti, a breve termine, a dispetto dei dati documentati nella letteratura, relativi ad effetti cronici, a lungo termine, in particolare genetici (4.1.1., 4.1.2.) e cancerogenetici (4.1.4., 4.3., 4.4., 5.2., 5.3., 5.4.).

4. Questa posizione dell'OMS/ICNIRP/CE rigida, antistorica, che rifiuta persino il confronto scientifico (3.7.), appare condizionata non tanto dalla prudenza quanto dalla conservazione di interessi ben identificabili. Tuttavia questa posizione non ha impedito a molte Nazioni di rivedere criticamente le linee guida dell'ICNIRP e di adottare, in nome del Principio di Precauzione, limiti di esposizione sensibilmente più bassi di quelli proposti dall'OMS/CE (3.13.: Tab.1), e addirittura di introdurre valori di cautela e obiettivi di qualità ancora più cautelativi, in vista di una minimizzazione delle esposizioni EM largamente giustificata dai dati scientifici. Al punto che, dopo alcuni Congressi Internazionali preparatori (3.5., 3.7., 3.12., 3.13.), nel Dicembre 2002 la comunità scientifica "indipendente" ha sentito il bisogno di fondare una Commissione Internazionale per la Sicurezza Elettromagnetica (ICEMS) che, richiamandosi al Principio di Precauzione, si pone come alternativa all'ICNIRP, con l'obiettivo di rivedere le basi scientifiche e le strategie operative in vista di una diversa definizione e una migliore prevenzione dei rischi da esposizioni EM (3.12., 3.13.).

5. Il Principio di Precauzione, nato all'interno di tematiche strettamente ambientali (Rio de Janeiro, 1992) ed entrato a far parte del Trattato Costitutivo dell'Unione Europea (Maastricht, 1994), nella sua estensione agli aspetti sanitari risponde a una politica di gestione del rischio che si applica in circostanze con un grado elevato di incertezza nei dati scientifici, e riflette la necessità di intraprendere iniziative atte a limitare un rischio potenziale serio, senza dover aspettare il risultato delle ricerche scientifiche. In sostanza esso suggerisce di adottare misure per prevenire un danno, anche quando non si è del tutto certi che tale danno si verificherà.

6. Il Principio di Precauzione si è posto dunque come causa di trasformazione del cosiddetto "diritto positivo", che aveva sempre recepito le scoperte scientifiche man mano che queste andavano affermandosi. L'esperienza del diritto positivo, in costante e sempre successivo inseguimento delle scoperte scientifiche, dovrebbe essere ormai finita. L'ordinamento ha cambiato tecnica di tutela e protezione a causa della parossistica accelerazione delle scoperte scientifiche, soprattutto in campo biomedico. Non più la creazione di norme ad hoc per ogni scoperta, norme che necessariamente arrivano dopo la scoperta, quando i danni sono già prodotti, ma la creazione di un principio unico, quello di precauzione appunto, che consente all'ordinamento nel suo complesso di garantire, ed ai singoli soggetti giuridici di ottenere una protezione in via preventiva e sostanziale.

7. Aderendo a questa impostazione, il Principio di Precauzione è stato ben incorporato nelle nostre normative nazionale e regionali sulle esposizioni a

onde EM, in particolare alle RF e alle MO. Da ciò è derivata anche la necessità di tutelare la salute, soprattutto dei soggetti più sensibili (bambini, anziani, malati) mediante il perseguimento di “obiettivi di qualità” che minimizzino le esposizioni, anche a valori inferiori a quelli raggiungibili in base ai limiti di esposizione e ai valori di cautela. Inoltre, coerentemente con i principi suesposti, la Magistratura Italiana di ogni ordine e grado ha ritenuto, anche in merito a situazioni riguardanti l’inquinamento EM, di dover tutelare preventivamente il diritto prioritario alla salute e all’integrità fisica dei cittadini a fronte della documentazione scientifica di possibili incrementi di rischio, anche quando non siano superati i limiti fissati dalle leggi in quel momento in vigore.

8.2. VALUTAZIONE CRITICA CONCLUSIVA DEI DATI SCIENTIFICI RELATIVI AGLI EFFETTI BIOLOGICI E SANITARI DELLE RF/MO.

La valutazione conclusiva degli effetti biologici e sanitari delle RF/MO può essere così schematizzata con riferimento ai dati scientifici illustrati nei precedenti capitoli.

1) **Trattamenti sperimentali di animali da laboratorio e di volontari umani con MO alle frequenze tipiche della telefonia cellulare (400, 950, 1.800, 2.450 MHz) dimostrano l’induzione di una varietà di effetti biologici, tra i quali i più significativi sono i seguenti (3.2, 3.5, 3.6, 3.7, 3.9, 3.10, 3.13, 6.3).**

- **Alterazioni della permeabilità della barriera emato-encefalica; della funzionalità dei recettori e dei neurotrasmettitori cerebrali; della morfologia e della biochimica dei neuroni centrali; del flusso sanguigno cerebrale;**
- **modificazioni della conduzione nervosa nel cranio; dell’attività bioelettrica del cervello;**
- **cambiamenti della risposta ai farmaci che agiscono sul sistema nervoso; delle risposte a condizioni di stress; dell’apprendimento e della memoria;**
- **induzione di danni al DNA, accumulo di radicali liberi, accelerazione del processo di apoptosi (morte cellulare programmata) nelle cellule cerebrali;**
- **effetti sulla moltiplicazione cellulare;**
- **inibizione della sintesi della melatonina.**

2) **E’ stato dimostrato (3.3,3.7, 3.9, 3.13, 7.1, 7.2, 7.3, 7.4) che gli effetti sopra indicati:**

- **possono essere indotti specificatamente da determinate frequenze nell’ambito delle MO usate nella telefonia cellulare;**
- **più in generale, variano quantitativamente col variare delle frequenze di irradiazione EM;**
- **sono cumulativi, permangono per un certo tempo anche cessata l’irradiazione; e, dopo irradiazioni ripetute, possono diventare irreversibili;**
- **possono essere indotti a intensità EM estremamente basse, inferiori anche di 2-3 ordini di grandezza ai valori di SAR suggeriti dall’ICNIRP/OMS/CE (0.08 W/Kg, corrispondenti a 27, 41 e 58 V/m rispettivamente a 400, 950 e 1.800 MHz), e inferiori anche 1-2 ordini di**

grandezza ai limiti di esposizione (20 V/m) e ai valori di cautela (6 V/m) previsti dalla legislazione italiana;

- comunque sono dimostrabili a intensità EM talmente basse da non indurre alcun rialzo termico misurabile nei tessuti irradiati;
- risentono della “forma” dell’onda EM, in particolare della modulazione o pulsazione dei segnali (frequenze) usati nella telefonia cellulare, perché queste generano, accanto alle MO “portanti”, frequenze estremamente basse (ELF), alcune delle quali sono particolarmente “bioattive” perché sono coincidenti o estremamente simili alle frequenze biologiche che svolgono ruoli essenziali a livello del cervello, del sistema nervoso centrale e periferico, del cuore, dei muscoli, delle membrane cellulari, dell’equilibrio ionico, del metabolismo cellulare, in definitiva dell’equilibrio omeostatico di ciascun essere vivente.

3) Gli effetti molecolari, biochimici, cellulari e fisiologici sopra riportati possono essere alla base di molte delle manifestazioni acute, correlate all’esposizione a RF/MO, che caratterizzano la cosiddetta “sindrome da elettrosensibilità” (3.10, 3.11, 6, 6.1, 6.2, 6.3). Tale sindrome:

- è caratterizzata da una varietà di sintomi a carico: a) del sistema nervoso (astenia psicologica anche intensa, apatia, difficoltà nell’elaborazione del pensiero e nella capacità di concentrazione, perdita della memoria, irritabilità, ansietà, instabilità dell’umore, depressione, cefalea, vertigini, disturbi del sonno e del ritmo sonno-veglia); b) del sistema cardio-circolatorio (aritmie, tachicardia, palpitazioni, modificazioni della pressione arteriosa e del flusso sanguigno periferico); c) del sistema muscolare (astenia muscolare, disestesie di vario tipo specie alle estremità, mialgie agli arti); d) della cute (eritemi, prurito, dolore di tipo puntorio, bruciori, alterazioni della termoregolazione spesso con sudorazione diffusa); e) dell’udito, della vista, dell’olfatto, dell’apparato digerente;
- sulla base di dati epidemiologici recenti risulta correlata, con rapporto causa-effetto, all’esposizione alle emissioni EM dei telefoni cellulari e delle relative antenne e stazioni radio-base: in quest’ultimo caso, molte delle sintomatologie descritte persistono nelle persone residenti anche a distanze considerevoli (fino a 200 metri) dalle antenne.

4) Per quanto riguarda la capacità delle RF/MO di indurre danni genetici, diverse ricerche (3.7, 3.9, 3.13, 4.1.1., 4.1.2.) hanno dimostrato che:

- MO delle frequenze usate nella telefonia cellulare (UMTS: 2.450 MHz) inducono rotture del singolo o del doppio filamento del DNA in cellule di mammifero coltivate in vitro e in cellule cerebrali di ratti irradiate in vivo, probabilmente come conseguenza dell’inibizione dei meccanismi di riparazione dei danni e della produzione di radicali liberi;
- anche la funzionalità del DNA viene alterata: diversi “proto-oncogeni” e “oncogeni” tumorali vengono infatti attivati dopo irradiazione con MO (800-1.000 MHz), in condizioni che non producono alcun rialzo termico, in cellule di mammifero coltivate in vitro;
- aberrazioni cromosomiche classiche, dello stesso tipo di quelle indotte da radiazioni ionizzanti, e anche “micro-nuclei” (conseguenti a rotture cromosomiche o anomalie nella migrazione mitotica di interi cromosomi) e “scambi tra cromatidi fratelli” (segno di riparazione anomala dei danni cromosomici), vengono indotti da MO (950, 1.350, 2.450 MHz) in cellule

di mammifero e in linfociti umani coltivati in vitro, in condizioni costanti di temperatura;

- **effetti sinergici (moltiplicativi) a livello cromosomico** vengono indotti irradiando le cellule con MO, in presenza di vari cancerogeni chimici genotossici;
- **un aumento significativo di aberrazioni cromosomiche si verifica in linfociti del sangue periferico di soggetti umani, professionalmente esposti a MO (radar), in eritrociti periferici di bovini allevati in prossimità di una stazione a RF (160 MHz), e in cellule vegetali esposte “in situ” alle RF emesse da una stazione radiotrasmittente, a intensità particolarmente basse (1-3 V/m) e in assenza di rialzo termico;**
- **grossi danni cromosomici vengono indotti in topi irradiati con MO (2.450 MHz), come dimostrato dall’aumento di “letali dominanti” e di anomalie dello sperma.**

5) Per quanto riguarda gli effetti cancerogeni delle RF/MO su sistemi sperimentali in vitro e in vivo (3.2, 3.6, 3.7, 3.9, 3.13, 4.1.4, 4.3, 4.4) è stato dimostrato che:

- **MO delle frequenze usate nella telefonia cellulare (2.450 MHz), oltre che attivare “proto-oncogeni” e “oncogeni tumorali” (v. punto 4 qui sopra), stimolano la proliferazione di cellule cancerose e sono in grado di aumentare la frequenza di trasformazione neoplastica in vitro:** quest’ultimo effetto risulta particolarmente evidente in presenza di “promotori” tumorali di natura chimica, ed è additivo dell’effetto provocato da cancerogeni genotossici, segno che, in queste condizioni le MO funzionano, oltre che da “inizzatori”, anche come agenti “co-promotori” e “co-cancerogeni”;
- **MO (1.840 MHz) inducono e promuovono tumori cerebrali in ratti adulti, ed anche in embrioni di ratti “in utero”, cronicamente irradiati;**
- **un effetto di promozione si verifica nel topo anche per quanto riguarda tumori della pelle, della mammella e linfomi;**
- **MO pulsate emesse da un telefono digitale GSM provocano un aumento significativo di linfomi in topi transgenici che esprimono un “oncogene” attivato nelle cellule linfoidi, anche se l’irradiazione (cronica) avviene “in campo lontano”, cioè a distanze maggiori rispetto a quelle tra la testa e il cellulare durante una conversazione telefonica.**

6) Una revisione particolarmente accurata e critica dei risultati delle indagini epidemiologiche sugli effetti cancerogeni di RF e MO in popolazioni umane esposte (5.2, 5.3, 5.4), nonostante i molti limiti metodologici che caratterizzano questo tipo di ricerche, permette di stabilire che:

- **vari studi mettono in evidenza correlazioni statisticamente significative tra esposizioni occupazionali a RF e MO (radar) e aumento di incidenza di vari tipi di tumori, soprattutto leucemie e tumori del sistema linfatico, ma anche tumori del cervello, dell’occhio, del testicolo, della mammella e dell’utero (Tab. 2, pag.68; Fig.3°-B, pag. 106-7);**
- **alcuni studi su esposizioni residenziali a RF (impianti per telecomunicazioni militari, stazioni radio-TV) mettono in evidenza aumenti statisticamente significativi della frequenza di leucemie**

infantili, leucemie e linfomi in adulti, e “trends” positivi per melanoma, tumore alla vescica e tumori cerebrali negli adulti (Tab.3, pag.73, Fig.4, pag. 108);

- **due unici studi epidemiologici “indipendenti” (finanziati da Enti statali) su utilizzatori di telefoni cellulari suggeriscono incrementi statisticamente significativi di tumori cerebrali “ipsilaterali”, cioè sullo stesso lato usato per le telefonate, e di un raro tipo di tumore nell’uomo, il melanoma uveale dell’occhio (5.4 Fig.4, pag. 108);**
- **nessuna indagine epidemiologica è stata condotta finora per quanto riguarda la possibile correlazione tra esposizione alle MO emesse da antenne e stazioni radio-base per la telefonia cellulare e tumori nelle popolazioni residenti nelle prossimità di queste; su questo tema esistono solo segnalazioni aneddotiche (5.4., pag.62)**

Che le alterazioni del flusso ionico a livello dei neuroni del cervello abbiano un ruolo fondamentale nello scatenare la crisi epilettica è stato dimostrato da uno studio recentemente pubblicato sulla prestigiosa rivista scientifica “Lancet” da un gruppo di ricercatori dell’Istituto Neurologico “Carlo Berta” di Milano e dell’Ospedale Pediatrico “Bambin Gesù” di Roma. Questi hanno scoperto che, alle radici di questa patologia che la tradizione popolare definisce il “mal caduco”, ci sono, almeno in parte, i nostri geni, ed in particolare alcune mutazioni che determinano un malfunzionamento della trasmissione elettrica tra i neuroni. Più precisamente, la crisi epilettica è causata da un disordine del transito di ioni, le particelle cariche elettricamente che hanno il compito di attirare i neuroni. L’alterazione genetica provoca un difetto strutturale dei punti di passaggio degli ioni, i cosiddetti “canali ionici”, sconvolgendo la regolarità del flusso. Secondo questi ricercatori, inoltre, l’esposizione agli stimoli visivi della televisione e dei videogiochi ha aumentato i casi di crisi epilettica nei soggetti predisposti.

8.3. CONSEGUENZE OPERATIVE ALLA LUCE DELLE NORMATIVE IN VIGORE.

Le considerazioni conclusive (8.1) e la valutazione critica dei risultati scientifici relativi agli effetti biologici e sanitari delle RF/MO (8.2) supportano alcune conseguenze operative basate sulla corretta applicazione delle normative in vigore.

I limiti fissati dal **D.M. 381/1998** (art.4), confermati dalla **legge 36/2001** (art.3) e **richiamati anche dal DLGS 198/2002** (art.1, comma d) sono rappresentati, **“in corrispondenza di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere”** dal **“valore di cautela”** o **“di attenzione”** pari a **6 V/m** per il campo elettrico, e dagli **“obiettivi di qualità”**. Mentre il valore di cautela, o di attenzione, rappresenta un limite ben definito sulla base di un preciso valore numerico di intensità di campo elettrico dell'emissione EM, **gli obiettivi di qualità (art.2 delle “Linee Guida Applicative del D.M. 381/1998”, Luglio/Settembre 1999) sono “valori entro cui contenere il campo EM per tutelare la popolazione nel breve, medio e lungo periodo, valori che possono essere raggiunti utilizzando innovazioni tecnologiche. E' fondamentale sottolineare l'importanza di tale definizione, che può comportare l'introduzione di misure che portano a ridurre ulteriormente l'esposizione della popolazione anche nel caso in cui siano già rispettati i limiti e le misure di cautela definite nel decreto. L'obiettivo di qualità è, in altri termini, uno strumento che concorre all'attuazione del principio di minimizzazione delle esposizioni indebite della popolazione ed in generale di ottimizzazione dell'inserimento dell'opera nell'ambiente, tenuta sempre presente la necessità di garantire la funzionalità dei servizi di radiocomunicazione”**. Secondo l'art.3, comma d) della Legge 36/2001, gli **“obiettivi di qualità sono: 1) i criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, indicati dalle leggi regionali secondo le competenze definite dall'art.8; 2) i valori di campo elettrico, magnetico ed EM, definiti dallo Stato secondo le prescrizioni di cui all'art.4, comma 1, lettera a, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi”**.

Appare dunque chiaro che già **il legislatore**, **“ritenuta la necessità di riservare misure più cautelative, perlomeno nei casi in cui si possono verificare esposizioni a CEM per tempi prolungati, da parte di recettori sensibili non esposti per ragioni professionali “ (5° capoverso della Premessa al D.M. 381/98), ha deciso, sulla base della documentazione scientifica già allora disponibile circa gli effetti biologici e sanitari delle RF/MO, di perseguire, tramite gli obiettivi di qualità, il risultato di “produrre i valori di CEM più bassi possibile, compatibilmente con la qualità del servizio svolto dal sistema stesso, al fine di minimizzare l'esposizione della popolazione” (art.4, comma 1, del D.M. 381/98).**

A questo proposito va sottolineato che **le conoscenze scientifiche sugli effetti biologici e sanitari prodotti dalle RF/MO sono enormemente progredite dal 1998 ad oggi, col risultato di rendere ancora più pressante l'obiettivo della minimizzazione delle esposizioni indebite**. Infatti, come riassunto al paragrafo 8.2 del presente Capitolo conclusivo, i dati riportati per esteso nella prima parte di questa relazione (in particolare ai Capitoli da 3 a 7) mettono in evidenza che:

- 1. effetti dannosi, particolarmente rilevanti, delle RF/MO vengono indotti a livello molecolare, biochimico, cellulare e funzionale su cellule di mammifero (anche umane) coltivate in vitro, su animali da esperimento e su volontari umani (punto 1, pag.96), anche ad intensità di campo elettrico estremamente basse, inferiori di 1-2 ordini di grandezza rispetto al valore di cautela di 6 V/m (punto 2, pag. 96);**
- 2. tali effetti costituiscono la base di molte delle manifestazioni patologiche acute, correlate all'esposizione a RF/MO anche di bassa intensità. Tali patologie trovano spiegazione anche nella particolare composizione delle onde EM usate nella telefonia mobile, che**

comprende frequenze particolarmente “bioattive”, e costituiscono manifestazioni tipiche della cosiddetta “sindrome da elettrosensibilità”, presente in soggetti che abitano o che lavorano anche a distanze considerevoli (fino a 100-200 metri) dalle stazioni radio-base per la telefonia cellulare (punto 3, pag. 97);

3. per quanto riguarda il “rischio di possibili patologie, anche future”, la possibilità di effetti a lungo termine, ritardati, di tipo genetico da parte delle RF/MO è largamente documentata in sistemi sperimentali (cellule di mammifero esposte “in vitro”, animali trattati in laboratorio), in animali esposti “in loco” e in soggetti umani esposti professionalmente (punto 4, pag. 97, 98);

4. effetti cancerogenetici sono documentati su animali da esperimento (punto 5, pag. 98), su lavoratori esposti professionalmente a RF/MO e su persone residenti in prossimità di ripetitori radio-TV (punto 6, pag. 98, 99), mentre i dati relativi a tumori indotti dall’uso di telefoni cellulari appaiono ancora troppo scarsi per trarre indicazioni conclusive (punto 6, pag.99), e per quanto riguarda la possibile insorgenza di tumori in popolazioni residenti in prossimità di stazioni radio-base per la telefonia mobile manca qualsiasi indagine epidemiologica in merito e sono presenti solo segnalazioni aneddotiche (punto 6, pag.99);

5. sia gli effetti acuti che quelli a lungo termine delle RF e della MO possono essere potenziati, mediante meccanismi di “promozione”, “co-promozione” e “co-cancerogenesi” (punti 4 e 5, pagg. 97,98) in presenza di agenti chimici tossici o di cancerogeni genotossici, tra i quali anche alcuni comuni inquinanti delle aree urbane a grande traffico autoveicolare, quali gli idrocarburi aromatici policiclici.

Esiste dunque sicuramente una probabilità di rischio sanitario come conseguenza delle esposizioni a RF e MO il cui grado però è difficilmente quantificabile per quanto riguarda le possibili patologie a lungo termine (genetiche e cancerogenetiche), soprattutto nelle condizioni di esposizione che caratterizzano le emissioni prodotte da antenne e stazioni radio-base per la telefonia mobile, mentre il rischio è sicuramente elevato per quanto concerne le patologie acute, che in genere persistono e si aggravano col perdurare dell’esposizione, con conseguenze gravi sia sul piano organico che su quello psicologico, fino ad incidere pesantemente sulla qualità della vita.

A questo proposito mi sia consentito di ricordare il parere di tre illustri scienziati.

Secondo A. FIRSTENBERG (2, pag. 14) “mai nella storia dell’umanità milioni di persone sono state sottoposte a CEM ad altissima frequenza (MO) di tale intensità, per 24 ore al giorno e per 365 giorni all’anno, senza alcuna tregua”, e “questa tecnologia (la telefonia cellulare n.d.a.) è più invasiva di ogni altra virtuale innovazione, ed ha la potenzialità di provocare una catastrofe di dimensioni mondiali”.

Dal canto suo, A. FREY (157), a conclusione di una rassegna sull’uso di studi inappropriati e di informazioni fuorvianti, sui conflitti di interesse ed i condizionamenti che caratterizzano gran parte delle ricerche sugli effetti biologici e sanitari delle MO usate nella telefonia mobile, così conclude: “I precedenti sono solo piccoli esempi, tra quanti se ne possono ricordare, di conflitti di interesse, di assunzioni implicite e di ricerche inappropriate, tutti ben documentati, che compromettono la ricerca biologica necessaria per determinare se i CEM costituiscono un rischio per la salute. Come conseguenza, i responsabili politici non hanno a portata di mano i dati biologici necessari per stabilire se c’è un rischio, e la popolazione è confusa. E così, centinaia di milioni di

utilizzatori di telefoni cellulari, che non hanno potuto esprimere un consenso basato su una corretta informazione circa l'uso di questa tecnologia, sono le cavie inconsapevoli di un enorme esperimento biologico”.

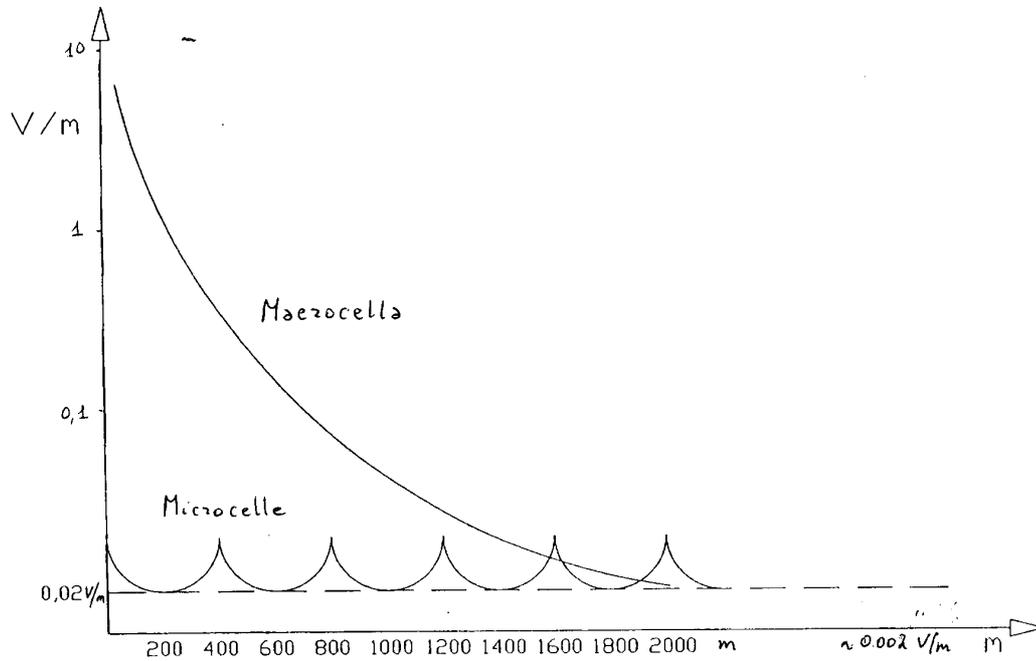
E infine, secondo G. HYLAND (34, pag. 36) “di particolare timore per il pubblico, e ciò che genera maggiore scandalo, è la sottomissione di certi gruppi della popolazione, per 24 ore al giorno e per 7 giorni alla settimana, alle emissioni delle stazioni radio-base destinate al sistema GSM, quando queste vengono collocate, senza alcun senso di responsabilità, vicino alle abitazioni, alle scuole, agli ospedali. L'ambiente in cui vivono questi gruppi di persone è permanentemente e inevitabilmente contaminato. Ciò è del tutto inaccettabile e pone seri problemi etici contravvenendo indiscutibilmente al “Codice di Norimberga”, in quanto questi gruppi di persone, che potrebbero un giorno manifestare qualche tipo di danno alla salute dovuto a tale esposizione cronica, non hanno a disposizione alcuna informazione precisa circa i rischi che corrono. In altre parole, queste persone sono, a tutti gli effetti, i soggetti involontari di un esperimento di massa”.

Secondo questi ed altri autori l'intensità massima del campo elettrico in corrispondenza delle zone di permanenza prolungata della popolazione, in particolare dove sono presenti bambini i quali, per i motivi già illustrati (3.9., pag. 35; 3.11., pag. 40; 6.3., pag. 84), sono particolarmente sensibili ai danni alla salute provocati dalle MO della telefonia mobile, non dovrebbe superare 0,6 V/m o addirittura 0,2 V/m. Questi sono anche gli obiettivi di qualità proposti dalle risoluzioni conclusive espresse in occasione di alcuni importanti Congressi Internazionali sulla telefonia mobile e sono già stati adottati da alcune città o Nazioni estere e dalla Regione Toscana (v. Tabella 1, pag. 49).

Per quanto riguarda le eventuali misure idonee a ridurre le immissioni e/o i loro effetti, la risposta è implicita nella definizione degli obiettivi di qualità datane dalle norme vigenti, laddove si specifica che tali obiettivi, e tramite essi la minimizzazione delle esposizioni e dei rischi per la popolazione, si persegue mediante “le migliori tecnologie disponibili” e “i criteri localizzativi”.

Gli accorgimenti tecnologici rivolti alla minimizzazione delle esposizioni possono consistere nella riduzione della potenza di emissione delle antenne montate sulla stazione radio-base, in un diverso orientamento dei fasci principali di emissione delle onde EM dalle antenne, nell'eliminazione delle frequenze “bioattive” eventualmente presenti, ma soprattutto nella sostituzione del sistema “a macrocella” proprio di una stazione radio-base di notevole potenza, con un sistema a più “microcelle” di potenza molto ridotta (2 W, o anche meno). Il risultato è illustrato nella figura qui sotto riportata, che rappresenta l'andamento dei valori di campo elettrico nella sezione di una “macrocella”, cioè dell'area di pertinenza di una stazione radio-base di potenza medio-alta (40-70 W), e mette in risalto l'abbattimento di tali valori che si può ottenere mediante la copertura della stessa area con più “microcelle” di bassa potenza.

FIGURA 2



Si tenga presente che il segnale di un telefono cellulare risulta ancora ottimale con valori di campo elettrico di 2 mV/m (0.002 V/m) e che i gestori si cautelano garantendo, alla periferia della “cella”, un valore 10 volte superiore (0,02 V/m). Ebbene, per poter servire un’area (cella) di circa 2 km di raggio garantendo questo valore minimo (0,02 V/m) fino alla periferia della stessa, è necessario, tenuto conto della rapida diminuzione dei valori di campo elettrico con la distanza dalla sorgente, che la “macrocella” sia servita da un ripetitore (stazione radio-base) ad alta potenza di emissione. Col risultato che larghi settori dell’area in questione, fino ad alcune centinaia di metri dall’emittente, sono investiti da onde EM di intensità considerevole (fino ad alcuni V/m), anche se inferiori al valore di cautela (6 V/m). Il che ovviamente non si verifica con un sistema a più “microcelle”, sicuramente più dispendioso per i gestori, ma altrettanto sicuramente più efficace nel minimizzare l’esposizione della popolazione e nel tutelarne la salute.

Per quanto riguarda, infine, i “criteri localizzativi”, va sottolineato che la scelta della collocazione delle stazioni radio-base deriva nella massima parte dei casi da accordi tra gestori e proprietari degli immobili, avallata dagli organismi competenti (Comune, ARPA) solo in base alla verifica del rispetto del valore di cautela, ma senza la dimostrazione che tale collocazione, essendo per ipotesi l’unica in grado di assicurare la funzionalità del servizio nell’area in questione, rispetta anche gli obiettivi di qualità, ottemperando al principio di minimizzazione delle esposizioni indebite e al Principio di Precauzione, come previsto dalle normative in vigore. Pertanto, a fronte di eventuali, documentati e rilevanti disturbi denunciati dai residenti dopo l’attivazione di tali impianti, installati spesso a pochi metri di distanza dai locali di loro prolungata permanenza, e tenuto conto dei rischi a breve e a lungo termine per la loro salute documentati dai dati presentati con la presente relazione, l’unica misura immediata

e veramente efficace per ridurre le immissioni e/o i loro effetti non può che essere la drastica riduzione di potenza o la disattivazione e la successiva de-localizzazione (cioè lo spostamento in altro sito più idoneo) della stazione radio-base in oggetto.¹

Prof. Dott. Angelo Gino Levis

Padova, 15 Marzo 2003.

¹ Vale la pena di segnalare che proprio in questi giorni in alcune città italiane, quali Padova (172), Cremona (173), Roma (174), Milano (175) e Torino (176), sono venuti alla ribalta della cronaca casi eclatanti di elettrosensibilità, spesso suffragati da consulenze mediche che ne hanno confermato la relazione causale con l'esposizione a stazioni radio-base per la telefonia cellulare.

9. APPENDICE.

Figura 1 e 2. Incidenza di o mortalità per tumori in esposizioni occupazionali a RF e MO.

AR apparato respiratorio; **CE** cervello; **CO** colon; **CU** cute; **H** linfomi di Hodgkin; **L** tutte le leucemie; **LE** sistema linfatico ed emopoietico; **LI** linfomi; **LL** leucemie linfocitiche (**a** acute; **c** croniche); **LM** leucemie mieloidi (**a** acute; **c** croniche); **MA** mammella; **ME** melanomi intraoculari; **NH** linfomi non Hodgkin; **P** prostata; **R** retto; **RE** rene; **S** stomaco; **TE** testicolo; **TN** tutte le neoplasie; **U** utero.

I dati e le fonti bibliografiche sono riportati nel testo e in Tabella 2, eccetto quelli relativi ai lavori di Tynes et al. '92 (165), Tynes et al. '94 (166), Armstrong et al. '94 (167), Cantor et al. '95a (168), Cantor et al. '95b (169) e Beall et al. '96 (163) che sono ripresi da una review di Kundi '02 (171).

Figura 3. Incidenza di e mortalità per tumori in esposizioni residenziali a RF, e in esposizioni volontarie a telefoni cellulari (MO).

CE cervello; **G** gliomi cerebrali; **GS** ghiandole salivari; **L** leucemie (**i** infantili; **t** nella popolazione totale); **LI** linfomi; **M** meningiomi; **ME** melanomi intraoculari; **MO** mortalità complessiva per leucemie (**i** infantili; **t** nella popolazione totale); **N** neuroepiteliomi; **NA** neurinomi acustici; **SN** sistema nervoso; **TN** tutte le neoplasie; **esp. breve**, <0,7 ore/mese; **esp. lunga**, >10 ore/mese; **0-2 km, ecc.** area presa in esame a partire dalla fonte di emissione; **am** analisi multivariata; **■** studi finanziati dai gestori della telefonia cellulare.

I dati e le fonti bibliografiche sono riportati nel testo e in Tabella 3, eccetto quelli relativi ai lavori di Selvin et al. '92 (164) e Maskarinec et al. '94 (170) che sono ripresi da una review di Kundi '02 (171).

Fig. 1 - STUDI OCCUPAZIONALI - I

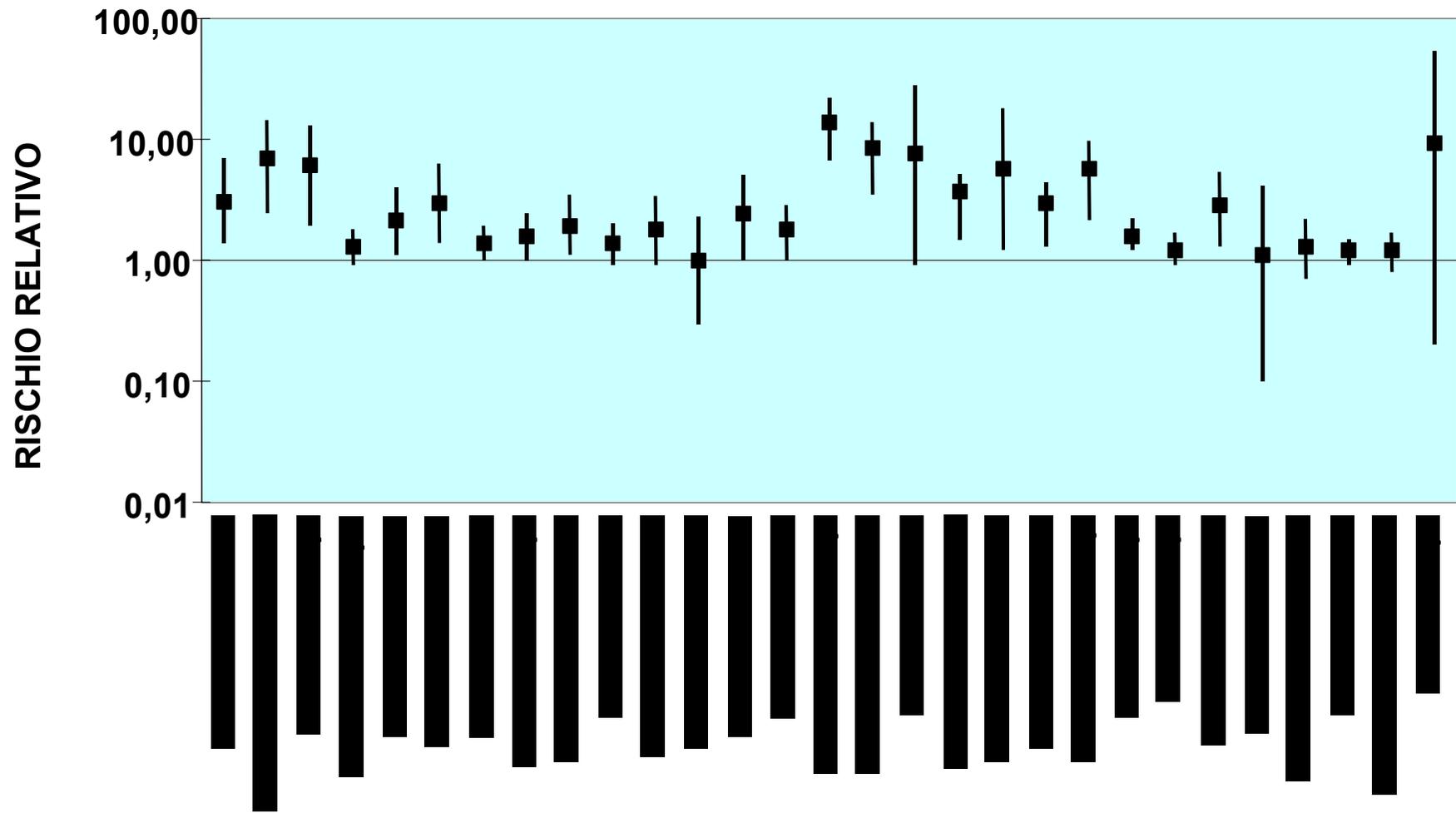
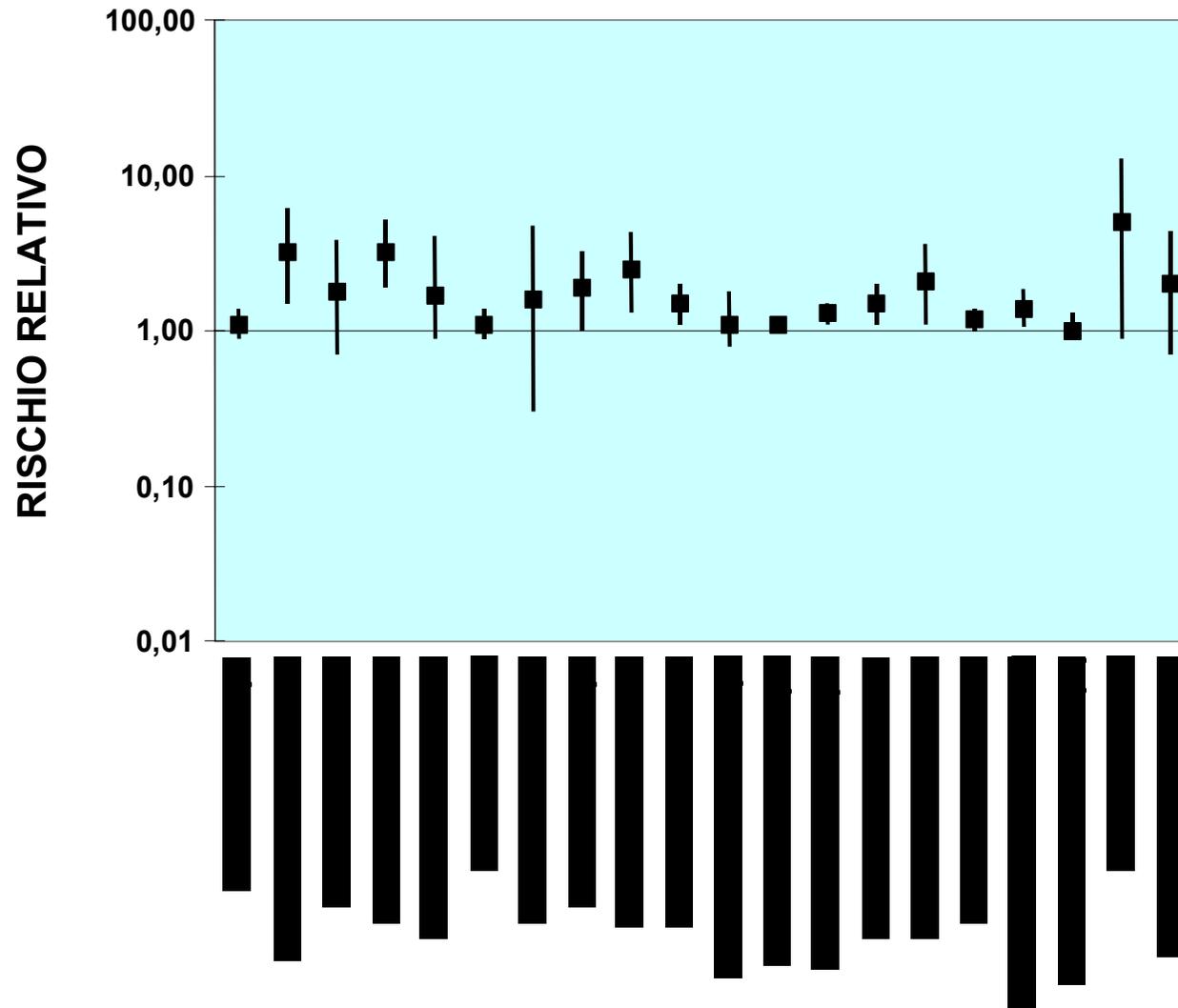


FIGURA 3B

Fig. 2 - STUDI OCCUPAZIONALI - II



10. BIBLIOGRAFIA.

- Levis A.G.** Inquinamento elettromagnetico: leggenda metropolitana o reale emergenza sanitaria? Convegno su “Campi Elettromagnetici: Effetti sulla Salute Umana, Normative e Aspetti Giuridici”; Abano Terme (PD), 6.4.2002 (<http://www.applelettrosmog.it>).
- International Radiation Protection Association / International Non-Ionizing Radiation Committee.** Guidelines on limits of exposure to radiofrequency electromagnetic fields in the frequency range from 100 KHz to 300 GHz, *Health Phys.*, 54: 115-123, 1988.
- United Nations Environment Programme / World Health Organization / International Radiation Protection Association.** Electromagnetic fields (300 KHz to 300 GHz). Geneva; World Health Organization; Environmental Health Criteria; pp. 137, 1993.
- ICNIRP Statement;** *Health Physics*, 70: 587-592, 1996.
- ICNIRP Guidelines;** *Health Physics*, 74: 494-522, 1998.
- International EMF Project,** World Health Organization 1997-1999 (http://www.who.int/peh-emf/publications/facts_press/falct_italian.htm).
- Raccomandazione Consiglio UE** 1999/519/CE (esposizione ai campi elettromagnetici), *Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee*, 30.7.1999.
- WHO Information** on “Electromagnetic Fields and Public Health”; Fact Sheet n. 193, June 2000 (http://www.who.int/inf-fs/eu_fact193.htm).
- Repacholi M.H.** et al.; *Rad.Res.*, 147 (63): 631-640, 1997.
- Parlamento Europeo.** Relazione sulla proposta di raccomandazione del Consiglio sulla limitazione dell’esposizione del pubblico ai campi elettromagnetici fra 0 Hz e 300 GHz (COM.(98)0268-C4-0427/98-98/0166(CNS), 25.2.1999.
- Opinione di Esperti Indipendenti** a proposito della Proposta di Raccomandazione del Consiglio della CE (98/0166), relativa alla limitazione dell’esposizione della popolazione a campi elettromagnetici da 0 a 300 GHz (in francese), Settembre 1988 (inedito).
- Firstenberg A.;** “Microwaving Our Planet – The environmental Impact of the Wireless Revolution”; Published by the Cellular Phone Task Force, Brooklyn, New York, 1997.
- Workshop on “Physical Characteristics and Possible Biological Effects of Microwaves Applied in Wireless Communication”;** Rockville, MD, U.S.A., 7.2.1997 (http://www.microwavenews.com/FDA_Workshop_Abstracts.html).
- ISPESL;** Relazione resa ai sensi dell’art.9 comma 3 della legge della Regione Lazio n.56/89, in esecuzione dell’ordinanza n. 3161/96 del TAR del Lazio, 1996.
- Documento congiunto dell’ISPESL e dell’ISS** sulla problematica della protezione dei lavoratori e della popolazione a campi elettrici e magnetici e a campi elettromagnetici a frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz. Atti Convegno “Radiofrequenze e Microonde. La salute a Rischio?”; Cavalese (TN), 5-6 Febbraio 1998. Pubblicaz. AIRM n. 27, Provincia Autonoma di TN, pp 256-275 e pp 86-89, 1998.
- A Review of the Potential Health Risks of Radiofrequency Fields** from Wireless Telecommunication Devices. An Expert Panel Report prepared at the request of the Royal Society of Canada (<http://www.rsc.ca>).
- Workshop on “Possible Biological and Health Effects of RF Electromagnetic Fields”.** Vienna, 25-28.10.1998.

- Independent Expert Group on Mobile Phones. *The Stewart Report*, 11.5.2000 (<http://www.iegmp.org.uk/IEGMPtxt.htm>); vedi anche: W.Stewart, Mobile Phones and Health, 2000 (www.nrp.org.uk).
- De Pomerai D.** et al., Nature, 405: 417-418, 2000.
- Stewart Report.** The Government's Response, December 2000 (<http://www.doh.gou.uk/mobile.htm>).
- International Conference on Cell Tower Siting**; Salzburg, June 7-8, 2000 (www.land-sgb.gu.at/celltower).
- Blackman C. F.**; in "Workshop on Possible Biological and Health Effects of RF Electromagnetic Fields"; University of Vienna, October 25-28, Vienna, 1998.
- Cherry N.**; in "Inquinamento da Campi Elettromagnetici"; CEDAM, PD, pp 187-294, 2002.
- Giovanazzi A.**; ibidem, pp 121-135, 2002.
- Kundi M.**; ibidem, pp 175-186, 2002.
- Oftedal G.** et al.; in "WTR 2.State of the Science Colloquium", Long Beach, CA, U.S.A.; 19-20th June, 1999.
- Sage C.**; Atti Conferenza di Salisburgo (vedi 21), pp 90-105, 2000.
- Hardell L.** et al.; J. Gen. Medicine, Vol 2, N. 3, 2000 (<http://www.medscape.com/Medscape/GeneralMedicine/journal/2000/v02.n03/mgm0504.hard>).
- Cherry N.**; Atti Conferenza di Salisburgo (vedi 21), pp 109-118, 2000.
- Cherry N.**; Atti Conferenza di Salisburgo (vedi 21), pp 191-232, 2000.
- "Zmirou Report"** to the French Health General Directorate, January 2001 (www.sante.gouv.fr/index.htm).
- Owen RD.**; Epidemiology, 11: 99-100, 2000.
- Chia S.E.** et al.; Environ. Health Perspect., 108: 1059-1062, 2000.
- Hyland G.J.** – The Physiological and Environmental Effects of Non-ionizing Electromagnetic Radiation. Working Document for the STOA Panel, European Parliament, Directorate General for Research, March 2001 (http://www.europarl.eu.int/stoa/publi/pdf/00-07-03_eu.pdf).
- Hyland G.J.** – Gli Effetti Fisiologici e Ambientali delle Radiazioni Elettromagnetiche Non-ionizzanti. Parlamento Europeo – Direzione A-STOA, Ufficio per la valutazione delle scelte scientifiche e tecnologiche. Sunto delle scelte e resoconto esecutivo; PE n. 297.574, Marzo 2001, (FAX (352)430027718/32)22844980).
- Hyland G.J.**; Documento STOA (vedi 34), riassunto e libera traduzione a cura di A.G.Levis, 2002 (<http://www.applelettrosmog.it>). **Hyland G.J.**, Effetti fisiologici e ambientali dei C.E.M.: critica degli attuali limiti di sicurezza. Atti Conv. Su "Campi Elettromagnetici: Effetti sulla Salute Umana, Normative e Aspetti Giuridici"; Abano Terme, PD; 6.4.2002.
- Hyland G.J.**; Physics and biology of mobile telephony; The Lancet, 356: 1833-1836, 2000.
- Hyland G.J.**; Non-thermal effects of mobile phones; in "City and Financial Conference on Mobile Phones and Health – The Latest Developments"; London, 6-7th June 2001.
- Hyland G.J.**; On the inadequacy of existing safety guidelines; in "5th International IBC Conference on Mobile Phones – Is There a Health Risk?"; London 7-8th December 2000. **Hyland G.J.**; How exposure to base-station radiation can adversely affect humans. (www.tassie.net.au/emfacts/mobiles/hyland2.html).
- Workshop on "Electrosensitivity"**; Stockholm, 27-28.9.2001 (<http://www.feb.se/NEWS/Program10927.pdf>).
- Freiburger Appeal**, 9.10.2002 (<http://www.feb.se>).
- Catania Resolution**: risoluzione finale del Convegno su "Lo Stato della Ricerca sui Campi Elettromagnetici: Aspetti Scientifici e Giuridici"; Catania 13-14.9.2002.

- 1st Workshop of ICEMS* on “International Initiatives for Electromagnetic Safety”; Venezia 18.12.2002.
- Marinelli F.* et al., *New Scientist*, 24.10.2002
(<http://www.newscientist.com/hottopics/phones/phones.jsp>).
- Goodman E.M.* et al., *International Review of Cytology*, 158: 279-338, 1995.
- Brusick D.* et al., *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 32: 1-16, 1998.
- Malyapa R.S.* et al., *Radiation Research*, 148: 608-617, 1997.
- Malyapa R.S.* et al., *Radiation Research*, 148: 618-627, 1997.
- Vijayalaxmi* et al., *Radiation Research*, 155: 113-121, 2001.
- Fritze K.* et al., *Neuroscience*, 81: 627-639, 1997.
- Phillips L.P.* et al., *Environmental Mutagen Society Abstracts*, 1999: 49.
- Vasquez M.V.* et al., *ibidem*, 1999:66.
- Verschaeve L. and Maes A.* *Mutation Research*, 410: 141-165, 1998.
- Sarkar S.* et al., *Mutation Research*, 320: 141-147, 1994.
- Lai H. and Singh N.P.*, *Bioelectromagnetics*, 16: 207-210, 1995.
- Lai H. and Singh N.P.*, *Int.J. Radiat. Biol.*, 69: 513-521, 1996.
- Lai H.*, *Bioelectromagnetics*, 13: 513-526, 1992.
- Lai H. and Singh N.P.*, *Bioelectromagnetics*, 18: 446-454, 1997.
- Comba P.* et al.; *Ist. Sup. di Sanità, Rapporti ISTISAN 95/29*, 1995. *Lagorio S., Comba P.* et al.; *Ist. Sup. di Sanità, Rapporti ISTISAN 98/31*, 1998.
- Comba P.*: Gli studi epidemiologici su campi elettromagnetici ELF; in “Campi Elettromagnetici. Prevenzione Comunicazione Controllo e Ricerca”; I Quaderni di Arpa, pp 28-36, 2001. *Ahlbom A.* et al.; *Br. J. Cancer*, 83: 692-698, 2000.
- Ivaschuk* et al., *Bioelectromagnetics*, 18: 223-229, 1997.
- Goswami* et al., *Radiation Research*, 151: 300-309, 1999.
- Blank M. and Goodman R.*, *Bioelectromagnetics*, 18: 111-115, 1997.
- Maes A.* et al., *Bioelectromagnetics*, 14: 495-501, 1993.
- Maes A.* et al., *Environ. Molec. Mutagenesis*, 28: 26-30, 1996.
- Maes A.* et al., *Mutation Research*, 393: 151-156, 1997.
- Garaj-Vrhovac V.* et al., *Mutation Research*, 263: 143-149, 1991.
- Garaj-Vrhovac V.* et al., *ibidem*, 243: 87-93, 1990.
- Garaj-Vrhovac V.* et al., *ibidem*, 281: 181-186, 1992.
- Garaj-Vrhovac V.* et al., *ibidem*, 181: 321, 1987.
- Garaj-Vrhovac V.*, *Chemosphere*, 13: 2301-2312, 1999.
- Fucic A.* et al., *Mutation Research*, 282: 265-271, 1992.
- Balode Z.*, *The Science of the Total Environ.* 180: 81-85, 1996.
- Heller J.H. and Teixeira-Pinto A.A.*, *Nature*, 4665: 905-906, 1959.
- Haider T.* et al., *Mutation Research*, 324: 65-68, 1994.
- Goud S.N.* et al., *ibidem*, 103: 39-42, 1982.
- Manikowska-Czerska E.* et al., *J. Heredity*, 76: 71, 1985.
- Léonard A.* et al., *Mutation Res.*, 123: 31-46, 1983.
- Balcer-Kubiczek E.K. and Harrison G.H.*, *Radiation Res.* 126: 65-72, 1991.
- Watson J.M.* et al., *Gynecol. Oncol.*, 71: 64-71, 1998.
- O'Connor M.E.*, *Teratology*, 59: 287-291, 1999.
- McCann J.* et al., *Environ. Health Perspectives*, 105: 81-103, 1997.
- Imaida K.* et al., *Cancer Letters*, 155: 105-114, 2000.
- Adey W.R.* et al., *Cancer Research*, 60: 1857-1863, 2000.
- Taioli E.*, I campi elettromagnetici ad alta frequenza; in “Inquinamento Elettromagnetico” (M.A.Mazzola e E. Taioli); pp 237-247; *Il Sole-24 Ore, Area Pirola; Milano*, 2001.
- Szmigielski A.* et al., *Bioelectromagnetics*, 3: 179-191, 1982.

- Zanetti C.**, Effetti cancerogeni delle radiofrequenze e delle microonde. Atti Conv. Su “Campi Elettromagnetici: Effetti sulla Salute Umana, Normative e Aspetti Giuridici”; Abano Terme, PD; 6.4.2002.
- Lilienfeld A.M.** et al.; U.S. Department of State; Washington, D.C., 1978.
- Garland F.C.** et al., *Am. J. Epidemiol.*, 127: 411-414, 1988.
- Garland F.C.** et al., *ibidem*, 132: 293-303, 1990.
- Milham S.J.**, *Lancet*: 812, 1995. **Milham S.J.**, *Environ. Health Perspectives*, 62: 297-300, 1985.
- Milham S. J.**, *Am. J. Epidemiol.*, 127: 50-54, 1988.
- Szmigielski S.**, *Sci. Of the Total Environ.*, 180: 9-17, 1996.
- Tynes T.** et al., *Cancer Causes Control*, 7: 197-204, 1996.
- Grayson J.K.**, *Am. J. Epidemiol.*, 143: 480-486, 1996.
- Thomas T.L.** et al., *Jour. Natl Cancer Inst.*, 79: 233-238, 1987.
- Holly E.A.** et al., *Epidemiology*, 7: 55-61, 1996.
- Davis R.L. and Mostofi F.K.**, *Am. J. Ind. Med.*, 24: 231-233, 1993.
- Hayes R.B.** et al., *Int. J. Epidemiol.*, 19: 825-831, 1990.
- Richter E.D.** et al., *Int. J. Occup. Environ. Health*, 6: 187-193, 2000.
- Robinette C.D.** et al., *Am. J. Epidemiol.*, 112: 39-53, 1980.
- Finkelstein M.M.**, *Am. J. Med.*, 34: 157-162, 1998.
- Muhm J.M.**, *J.O.M.*, 34: 287-292, 1992.
- Lagorio S.** et al., *Bioelectromagnetics*, 18: 418-421, 1997.
- Anderson B.S. and Henderson A.K.**, Report to the City and County of Honolulu, Hawaii, 27 Oct. 1986.
- Hocking B.** et al., *Med. J. Austr.*, 165: 601-605, 1996.
- Dolk H.** et al., *Am. J. Epidemiol.*, 145: 1-9, 1997.
- Dolk H.** et al., *ibidem*, 145: 10-17, 1997.
- Colorado Department of Public Health and Environment**, 1998.
- Michelozzi P.** et al., *Am. J. Epidemiol.*, 155: 1096-1103, 2002.
- Terracini B.** et al., *Epidemiologia e Prevenzione*, 25: 231-255, 2001.
- Comba P., Crosignani P.** et al., Relazione di consulenza tecnica in tema di valutazione epidemiologica e medico legale delle emissioni elettromagnetiche nella zona di Cesano. Procura della Repubblica presso il Tribunale di Roma, 2002.
- Elwood J.M.**, *Environ. Health Perspect.*, 107: 155-168, 1999.
- Moulder J.E.**, An assessment of the evidence relating to radio-frequency radiation and cancer. (<http://www.fe.i.org.uk/fe.i/fe.iweb.nsf/f>)
- Selvin S.** et al., *Soc. Sci. Med.*, 34: 769-777, 1992. **Mc Kenzie D.R.** et al., *Austr. N.Z. J. Public Health*, 22: 360-367, 1998.
- Morgan R.W.** et al., *Epidemiology*, 11: 118-127, 2000.
- Inskip P.D.** et al., *New Engl. J. Med.*, 344: 79-86, 2001.
- Dreyer N.A.** et al., *Jour. Amer. Medic. Assoc.* 282: 1814-1816, 1999.
- Muscat J.E.** et al., *ibidem*, 284: 3001-3007, 2000.
- Johansen C.** et al., *Jour. Natl Cancer Inst.*, 93: 203-207, 2001.
- Hardell L.** et al., *Intern. Jour. Of Oncology*, 15: 113-116, 1999.
- Frey A.H.**, *Environ. Health Perspect.*, 109: A200, 2001.
- Ahlbom A. and Feychting M.**, *Int. J. Oncol.*, 15: 1045-1047, 1999.
- Hardell L.** et al., *Europ. J. Cancer Prevention*, 11: 377-386, 2002.
- Hardell L.** et al., *Epidemiology*, 10: 785-786, 1999.
- Stang A.** et al., *Epidemiology*, 12: 7-12, 2001.
- Auvinen A.** et al., *Epidemiology*, 13: 356-359, 2002.
- Il Gazzettino**, Esteri, pag.7, 22.10.2002.
- Rothman K.J.** et al., *Epidemiology*, 7: 303-305, 1996.

- Rothman K.J.**, The Lancet, 356: 1837-1840, 2000.
- Moulder J.E.** et al., Radiation Research, 151: 513-531, 1999. **Moulder J.E.**, Cellular phone antennas (base stations) and human health, 14.9.2000.
(<http://www.mcw.edu/gcrc/cop/cell-phone-health-FAQ/toc.html>)
- Goldsmith J.R.**, Int. J. Occup. Environ. Health, 1: 47-57, 1995.
- Gobba F.**, La ipersensibilità ai campi elettromagnetici; I Quaderni di ARPA, Bologna 2001, pp 37-43.
- European Commission**: Possible health implications of subjective symptoms and electromagnetic fields. A report prepared by a European Group of experts, 1997.
- Frey A.H.**, Environ. Health Perspect., 106: 101-103, 1998.
- Hocking B.**, Occup. Med., 48: 357-360, 1998.
- Mild K.H.** et al., Arbetslivsrapport, 23: 1-47, 1988.
- Rudolph K.**, Microwave exposure from cellular phone base stations, 2002
(<http://webmail.register.it/cgi-in/webmail.pl?action=read.../1037449409.31705.daitarn>)
- Santini R.** et al., Pathol. Biol., 50: 369-373, 2002.
- Santini R.** et al., Pathol. Biol., 48: 525-528, 2000.
- Santini R.**, Bioelectromagnetics Newsletter, 144: 5, 1998.
- Loomis D.P.** et al., J. Natl Cancer Inst., 86: 921-925, 1994.
- Johnson Liakouris A.G.**, Arch. Environ. Health, 53: 236-238, 1998.
- Burch J.B.** et al., Am. J. Epidemiol., 150: 27-36, 1999.
- Levallois P.** et al., 22nd Meeting of the Bioelectromagnetic Society, Munich 11-16.6.2000, Abstract Book p. 97
- Bonhomme-Faivre L.** et al., Arch. Environ. Health, 53: 87-92, 1998.
- Bonhomme-Faivre L.** et al., 22nd Meeting of the Bioelectromagnetic Society, Munich 11-16.6.2000, Abstract Book pp 265-266, 1998.
- Hocking B.**, Occup. Med., 51: 66-69, 2001.
- Salford L.G.** et al., Bioelectrochem. Bioenerg., 30: 293-301, 1993.
- Frey A.H.**, Environ. Health Perspect., 106: 101-103, 1998.
- Leszczynski D.**, B.B.C. News, 19.6.2002.
- Lebedeva N.N.** et al., Critical Rev. in Biomedical Engineering, 28: 323-337, 2000.
- Borbely A.A.,...and Achermann P.**, Neurosc. Lett., 275: 207-210, 1999. **Huber R.,...and Achermann P.**, Neuroreport, 11: 3321-3325, 2000. **Huber R.,...and Achermann P.**, J. Sleep Res., 11: 289-295, 2002 (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/htbin-post/Entrez/query?form=6&db=m&Dopt=b>)
- L'Espresso-Salute**, Le mani sulla mente; pp 231-233, 5.12.2002.
- Lai H.**, Neurological effects of radiofrequency electromagnetic radiation (<http://www.wave-guide.org/library/lai.html>)
- Salford L.G.** et al., Microsc. Res. Tech., 27: 535-542, 1994.
- Weinberger Z. and Richter E.**, J. of Medical Hypotheses, 2003 (<http://www.jpost.com>).
- National Radiological Protection Board**, Vol. 12, n.2, 2001.
- Frey A.H.**, The Scientist, 14: 47-49, 2000.
- Del Giudice E.**, Campi magnetici deboli agenti sulla materia vivente, L'Ospedale Maggiore 94: 325-329, 2000.
- Del Giudice et al.**, Bioelectromagnetics, 23: 522-530, 2002.
- Preparata G.**, QED Coherence in matter. Singapore, New Jersey, London, Hong Kong: World Scientific, 1995.
- Zhadin M.N.** et al., Bioelectromagnetics 19: 41-45, 1998.
- Binhi V.N.**, Bioelectrochemistry and Bioenergetis, 45: 73-81, 1998.
- Beall C.** et al., Epidemiology, 7: 125-130, 1996.
- Selvin S.** et al., Soc. Sci. Med., 34: 769-777, 1992.
- Tynes T.** et al., Am. J. Epidemiol., 136: 81-88, 1992.

Tynes T. et al., Am. J. Epidemiol. 139: 645-653, 1994.
Armstrong B. et al., Am. J. Epidemiol, 140: 805-820, 1994.
Cantor K.B. et al., J. Natl. Cancer Inst., 87: 227-228, 1995 a.
Cantor K.B. et al., J. Occup. Environm. Med., 37: 336-348, 1995 b.
Maskarinec G. et al., J. Environm. Pathol: Toxicol. Oncol., 13: 33-37, 1994.
Kundi M., dati presentati al Convegno dell'ICEMS di Venezia (41); lavoro in corso di stampa, 2003.
Dott. Raffaele Giorgetti, Consulenza Medico Legale su residenti di via Carducci a Padova in data 29.03.2001.
Cremona: Il primo malato accertato di elettrosmog
(<http://www.ilnuovo.it/nuovo/foglia/0,1007,171833,00.html>).
Roma: Antenne e scuole, 8 indagati. Inchiesta sulla Leopardi : La Repubblica Cronaca di Roma 28.02.2003; *Italia Oggi (Ambiente Sanità)* 10.12.2002; <http://www.punto-informatico.it/p.asp?i=43273>).
Milano: Il processo contro l'antenna di Via Cassano d'Adda continua
(<http://groups.yahoo.com/group/forumelettrosmog>).
Torino: Elettrosmog: indagine su Omnitel: Il Giornale 27.10.2002.