

AMBIENTE E SALUTE NELLE MARCHE

ATTIVITA' ED ESPERIENZE

DEL SERVIZIO DI EPIDEMIOLOGIA AMBIENTALE DEL DIPARTIMENTO PROVINCIALE ARPAM DI ANCONA

Rielaborazione e aggiornamento del report 2003 a cura del dott. Marco Baldini

- Aggiornamento 2007 -

CAPITOLO 9

CAMPI ELETTROMAGNETICI

Sommario

9. CAMPI ELETTROMAGNETICI	2
9.1 INTERAZIONE DELLE ONDE ELETTROMAGNETICHE CON I SISTEMI BIOLOGICI.....	2
9.2 EFFETTI DEI CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI STATICI.....	5
9.4 EFFETTI DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI A RADIO-FREQUENZA.....	6
9.5 EVIDENZE IN LETTERATURA SCIENTIFICA DEGLI EFFETTI SULLA SALUTE DA ESPOSIZIONE A CEM	7
9.5.1 Campi elettromagnetici a bassissima frequenza (ELF) ed effetti sanitari.....	8
9.5.2 Campi elettromagnetici a radiofrequenza (RF) ed effetti sanitari	10
9.6 PREVENZIONE FRA PRECAUZIONE E RESPONSABILITÀ	13
BOX 1. - "PRELIMINARY RESULTS FROM A STUDY OF TUMORS OF THE NERVOUS SYSTEM AND RESIDENCE NEAR SEVERAL RADIO EMITTERS"	15
1.1 INTRODUZIONE.....	15
1.2 MATERIALI E METODI	16
1.2.1 Definizione dell'area in studio	16
1.2.2 Dati sanitari e di popolazione	17
1.2.3 Analisi statistica.....	18
1.3 RISULTATI.....	18
1.4 DISCUSSIONE E CONCLUSIONI.....	20

9. CAMPI ELETTROMAGNETICI



9.1 INTERAZIONE DELLE ONDE ELETTROMAGNETICHE CON I SISTEMI BIOLOGICI

Le onde elettromagnetiche sono parte integrante dell'ambiente in cui viviamo e lavoriamo; sono generate da sorgenti naturali (magnetismo terrestre, luce visibile,

raggi X o raggi gamma, ecc.) o hanno origine artificiale (onde radio, radar e telecomunicazioni).

Le onde elettromagnetiche sono campi elettrici e magnetici oscillanti, caratterizzabili attraverso la loro lunghezza d'onda, la loro frequenza o la loro energia per singolo fotone.

Il parametro determinante è la frequenza. Essa indica il numero delle oscillazioni dell'onda elettromagnetica al secondo e gioca un ruolo fondamentale nell'interazione con i sistemi biologici. A maggiore frequenza corrisponde una maggiore energia ed una minore lunghezza d'onda.

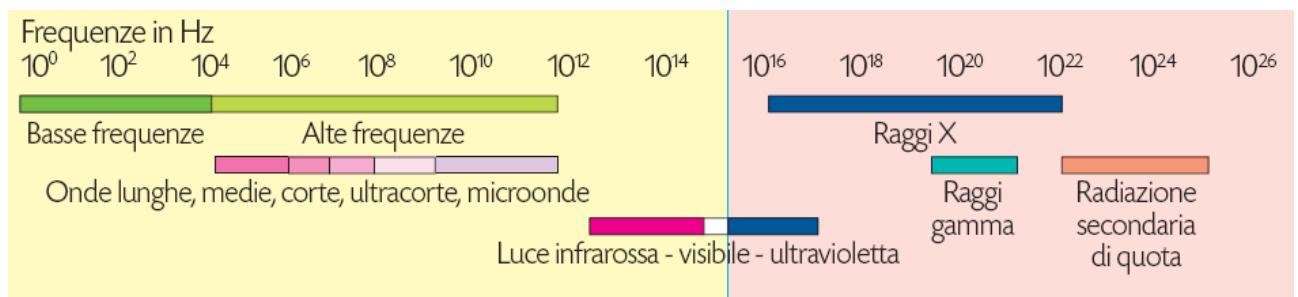
Le onde elettromagnetiche possono essere anche classificate in base alla loro frequenza ed energia in *radiazioni ionizzanti* e *radiazioni non ionizzanti* (figura 1).

Le *radiazioni* ionizzanti, che comprendono per esempio i raggi x e i raggi γ , sono costituite da quanti di energia (fotoni) sufficienti a rompere un legame chimico e produrre la ionizzazione della materia, ovvero la creazione di atomi o molecole elettricamente cariche positivamente o negativamente.

Le radiazioni non ionizzanti (NIR), che comprendono per esempio i campi elettromagnetici a radiofrequenze e microonde e i campi elettrici e magnetici a frequenze estremamente basse appartengono, invece, a quella parte dello spettro elettromagnetico in cui l'energia fotonica non è sufficiente a rompere direttamente i legami molecolari delle cellule e pertanto non sono in grado di produrre la ionizzazione in un sistema biologico. Tali radiazioni sono però in grado di produrre altri effetti biologici che possono talvolta arrecare un danno alla salute.

E' alle radiazioni elettromagnetiche non ionizzanti con frequenza inferiore a quella della radiazioni ultravioletta che ci si riferisce quando si parla di inquinamento elettromagnetico.

Figura 1. Spettro delle radiazioni elettromagnetiche.



Per una migliore comprensione dei possibili effetti sanitari dei campi elettromagnetici sugli organismi viventi e per effettuare la valutazione dell'inquinamento degli ambienti di vita, è utile fare chiarezza circa l'ulteriore distinzione delle NIR.

Gli elettrodotti, gli impianti elettrici, gli elettrodomestici, ecc. sono sorgenti artificiali di campi elettromagnetici con frequenza minore di 300 Hz (Extremely Low Frequencies, ELF).

Per tali fonti viene di solito misurato il campo magnetico in quanto, alle basse frequenze, la componente magnetica si propaga praticamente inalterata attraverso i muri e gli ostacoli di varia natura, mentre il campo elettrico è facilmente schermato dalle pareti e dal terreno.

La telefonia mobile, le stazioni radio-base, i ripetitori radio-televisivi, i collegamenti satellitari e i radar sono sorgenti di campi elettromagnetici ad alta frequenza che, come evidenziato dalla tabella 1, sono compresi nella banda delle radiofrequenze (RF da 100 kHz a 300 GHz)¹. Per le RF la componente dell'onda elettromagnetica che più frequentemente viene rilevata è quella del campo elettrico; in questi casi il campo magnetico è strettamente legato al campo elettrico pur se con rapporti diversi tra loro in campo vicino o lontano.

Le NIR, anche di alta intensità, per definizione non possono determinare fenomeni di ionizzazione nei sistemi biologici, tuttavia la loro interazione con l'organismo umano può provocare altri effetti a livello istologico.

Tabella 1. Principali utilizzazioni della gamma di frequenza da 3 kHz a 30 GHz² .

BANDA	SIGLA	SORGENTI
3-30 kHz	VLF	Trasmissioni marittime (Omega) Videoterminali (VDT) Stufe elettriche domestiche
30-300 kHz	LF	Trasmissioni marittime (Loran)
300-3000 kHz	MF	Trasmissioni radio AM Trasmissioni radioamatori (lamda 160 m) Forni elettrici industriali a induzione Unità elettrochirurgiche
3-30 MHz	HF	Trasmissioni internazionali Trasmittitori radioamatori Trasmittitori radio cittadine Saldatrici di elettr. industriali Diatermia ad onde corte
30-300 MHz	VHF	Trasmissioni radio FM Televisione VHF Trasmittenti mobili e portatili Telefoni senza filo
300-3000 MHz	UHF	Televisione UHF - Telefoni cellulari Forni a microonde e diatermia a micr. Radar per controllo traffico
3-30 GHz	SHF	Ponti radio a microonde Connessioni satellitari Radar di bordo (aerei) e uso polizia

Le principali unità di misura usate per esprimere l'entità del campo elettromagnetico, sono riportate di seguito:

a) Componente elettrica del campo elettromagnetico (E): la sua unità di misura è il volt per metro (V/m).

b) Componente magnetica del campo elettromagnetico (H): la sua unità di misura è l'ampere per metro (A/m).

c) Densità di potenza associata all'onda elettromagnetica (S): la sua unità di misura è il watt per metro quadrato (W/m²). Spesso, per esprimere la densità di potenza, si usano alcuni sottomultipli quali il milliwatt per centimetro quadrato (mW/cm²) ed il microwatt per centimetro quadrato (µW/cm²), ricordando che 1 W/m² = 0,1 mW/cm² = 100 µW/cm².

Un *effetto biologico* si verifica quando l'esposizione alle onde elettromagnetiche provoca qualche variazione fisiologica notevole o rilevabile in un sistema biologico.

Un *danno alla salute* avviene quando l'effetto biologico è al di fuori dell'intervallo in cui l'organismo può normalmente compensarlo, e ciò conduce a qualche condizione

di detrimento della salute; solo in questo caso si parla di *effetti sanitari*, come più volte ribadito dall'OMS.

Gli effetti acuti dell'esposizione a campi statici, ELF, radiofrequenze e microonde sono dovuti a meccanismi di azione ben conosciuti³:

- a. induzione di correnti elettriche e conseguente stimolazione di tessuti costituiti da cellule elettricamente eccitabili, quali fibre muscolari e neuroni, per i campi statici ed ELF;
- b. trasferimento di energia con conseguente aumento della temperatura locale per le RF e microonde.

Gli effetti sanitari a lungo termine sono invece *difficilmente valutabili*; l'eventuale rapporto causa effetto si basa su studi tossicologici ed epidemiologici:

- a. sintomi più o meno soggettivi (affaticamento, irritabilità, difficoltà di concentrazione, diminuzione della libido, cefalee, insonnia, impotenza etc.);
- b. patologie con segni oggettivi ed in genere gravi (tumori, malattie degenerative).

9.2 EFFETTI DEI CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI STATICI

L'azione fondamentale di questi campi sui sistemi biologici è l'induzione di cariche e correnti elettriche; è stato provato che si verificano anche altri effetti (es. interferenza con pacemaker od altri dispositivi elettronici, spostamento di impianti metallomagnetici), che potrebbero portare a danni per la salute ma solo ad intensità di campo molto elevate.

Il campo elettrico statico, escludendo le possibili correnti elettriche indotte da campi particolarmente intensi, non desta preoccupazioni per la salute.

I campi magnetici statici molto intensi possono alterare il flusso sanguigno o modificare i normali impulsi nervosi. Intensità così elevate non si incontrano nella vita quotidiana. Alcune indagini mediche (es. risonanza magnetica) e alcune lavorazioni (es. produzione di corrente continua, impianti elettrolitici, produzioni di magneti permanenti) possono causare esposizioni al di sopra dei livelli normali. Vi è insufficiente informazione sugli effetti di esposizioni prolungate ai campi magnetici statici ai livelli che si incontrano negli ambienti di lavoro.

9.3 EFFETTI DEI CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI A FREQUENZE ESTREMAMENTE BASSE (ELF)

Nel dicembre 2001 è stata pubblicata la rassegna effettuata dall'ICNIRP sui dati allora disponibili in letteratura riguardo ai campi ELF. Si riporta di seguito una sintesi delle conclusioni che sono state tratte.

- a) La qualità degli studi epidemiologici è migliorata negli anni e molte delle recenti indagini su leucemia infantile e su tumori solidi associati ad esposizione occupazionale sono vicini al limite di quello che può realisticamente essere raggiunto in termini di portata dello studio e rigore metodologico.
- b) La valutazione dell'esposizione costituisce una difficoltà particolare per l'epidemiologia dei campi elettromagnetici, da vari punti di vista:

- l'esposizione è impercettibile, diffusa, ha molteplici sorgenti e può variare largamente nel tempo e anche per piccole distanze dalle sorgenti;
 - in genere il periodo di esposizione, rilevante per gli effetti indagati, è precedente alla data in cui le misurazioni realisticamente possono essere ottenute e di durata e con periodo di induzione ignoti;
 - non è nota una misura appropriata dell'esposizione cumulativa e non vi sono dati biologici da cui derivarla.
- c) In assenza di evidenze sperimentali e considerate le incertezze nella letteratura epidemiologica, non esiste alcuna malattia cronica per la quale una relazione etiologica con i campi elettromagnetici possa essere stabilita.
- d) Sono stati presentati in abbondanza dati di elevata qualità sul cancro infantile, come anche per la leucemia dell'adulto ed i tumori cerebrali in rapporto all'esposizione occupazionale. Fra tutte le risultanze valutate negli studi epidemiologici sui campi elettromagnetici, la leucemia infantile in relazione ad esposizioni postnatali superiori a $0,4 \mu\text{T}$ è l'unico caso per il quale vi sia la maggiore evidenza di associazione. Il rischio relativo, in un'analisi condotta su un pool largamente rappresentativo, è stato stimato pari a 2,0 (intervallo di confidenza al 95% 1,27 - 3,13). E' inverosimile che ciò sia dovuto al caso, ma potrebbe in parte essere dovuto a fattori confondenti (bias). Tale dato è difficile da interpretare, in assenza di un meccanismo conosciuto o di un supporto sperimentale riproducibile. Nella succitata analisi largamente rappresentativa soltanto lo 0,8% di tutti i bambini era stato esposto a valori superiori a $0,4 \mu\text{T}$. Ulteriori studi sono quindi necessari per disegnare e testare specifiche ipotesi quali le possibili distorsioni legate alla selezione dei soggetti in studio o la misura dell'esposizione.

“Nella gran parte delle abitazioni, infatti, l'intensità di campo magnetico misurabile è notevolmente inferiore al valore suddetto ma tali intensità possono essere raggiunte e superate in residenze prossime ad importanti sorgenti di CEM (es. alcuni elettrodotti). Dagli studi epidemiologici è stato stimato che l'1% della popolazione sia esposta a campi e-m superiori a $0,3 - 0,4 \mu\text{T}$. Ipotizzando che l'incremento di rischio possa essere attribuito con certezza e totalmente all'esposizione ai CEM e sapendo che il tasso annuale di leucemia infantile (0 - 14 anni) in Italia è circa 4/100000 bambini, nel nostro Paese ogni anno meno di 10 leucemie infantili (3 - 7) su circa 430 sarebbero causate da questa esposizione”.

- e) Sulla base dei riscontri epidemiologici, è stata evidenziata una associazione tra la sclerosi laterale amiotrofica e l'esposizione occupazionale a campi elettromagnetici, sebbene il confondimento sia una potenziale spiegazione.
- f) Il cancro del seno, le malattie cardio-vascolari, il suicidio, la depressione rimangono problemi irrisolti.

9.4 EFFETTI DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI A RADIO-FREQUENZA

Le RF possono produrre effetti biologici che dipendono dalla frequenza e dall'intensità del campo.

Non necessariamente tali effetti biologici si traducono in danni per la salute.

Nella tabella seguente (tabella 2) sono descritti i principali effetti (sperimentalmente accertati) sugli esseri viventi relativi alle specifiche bande di frequenza.

Tabella 2. Principali effetti sugli esseri viventi relativi alle specifiche bande di frequenza.

Banda di frequenza	Effetto biologico	Grandezza dosimetrica	Danni alla salute	Luoghi a rischio (solo indicativo)
RF al di sopra di 10 GHz	Assorbimento dalla superficie della pelle; pochissima energia penetra nei tessuti sottostanti.	La densità di potenza, in watt al metro quadro (W/m^2) e relativi sottomultipli.	Cataratte oculari e ustioni della pelle solo per densità di potenza superiori a $1000 W/m^2$	Nelle immediate vicinanze di radar di potenza, lungo i lobi di emissione e praticamente mai in altri ambienti di vita o di lavoro.
RF tra 1 MHz e 10 GHz	Penetrazione nei tessuti esposti e produzione di calore a seguito dell'assorbimento locale di energia. La profondità di penetrazione dipende dalla frequenza del campo ed è maggiore alle frequenze più basse. Questi aumenti di temperatura possono innescare varie risposte fisiologiche e risposte legate alla termoregolazione.	L'assorbimento di energia si misura come tasso di assorbimento specifico (SAR) entro una data massa di tessuto, in watt al chilogrammo (W/Kg).	Per livelli di SAR comunque maggiori di 4 W/Kg Cataratte oculari e ustioni della pelle solo per valori di SAR molto elevati. Influenza sullo sviluppo fetale (ma effetti teratogeni si verificano solo se la temperatura del feto aumenta per ore di 2-3°C all'ora). Effetti negativi sulle fertilità maschile.	Entro decine di metri di distanza dal fascio di emissione di potenti antenne FM, aree inaccessibili al pubblico in quanto collocate in cima a torri elevate.
Le RF al di sotto di 1 MHz	Nessun riscaldamento significativo; induzione invece di correnti elettriche nei tessuti. Le numerose reazioni chimiche implicate nei processi vitali sono associate a normali densità di correnti "di fondo" di circa $10 mA/m^2$.	Densità di corrente espresse in ampère al metro quadro (A/m^2)	Densità di corrente indotte superiori a $10 mA/m^2$ possono interferire con i normali meccanismi fisiologici e provocare, ad esempio, contrazioni muscolari involontarie.	

La presenza di eventuali effetti cancerogeni a seguito di esposizioni a campi elettromagnetici verrà trattata nella sezione successiva.

9.5 EVIDENZE IN LETTERATURA SCIENTIFICA DEGLI EFFETTI SULLA SALUTE DA ESPOSIZIONE A CEM



Nell'ultimo decennio la letteratura scientifica che indaga l'associazione di possibili effetti sanitari e l'esposizione a campi elettromagnetici si è arricchita di una copiosa mole di informazioni. Dal 2001, anno di pubblicazione del parere del Comitato Scientifico su Tossicità, Ecotossicità e Ambiente⁴ (CSTEE – Scientific Committee on Toxicity, Ecotoxicity and the Environment), si sono succedute pubblicazioni

scientifiche e rassegne che offrono preziosi contributi utili a comprendere il possibile ruolo eziologico dei CEM all'insorgenza di determinate patologie. Ne sono esempi il rapporto Dutch del 2002⁵, il rapporto AGNIR del 2003⁶ ed il rapporto del British National Radiological Protection Board (NRPB) del 2004⁷. Successivamente al rapporto dello CSTEE, è stato istituito un Comitato Scientifico sui Rischi Emergenti e Recentemente Identificati (SCENIHR, Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks) al quale la Commissione Europea ha richiesto un aggiornamento delle informazioni che possano essere utili per una valutazione del rischio per la salute umana.

Recentemente lo SCENIHR si è espresso circa i possibili effetti sulla salute umana a seguito dell'esposizione a campi elettromagnetici⁸.

Nella rassegna di studi analizzati dallo SCENIHR è stato recensito anche l'INTERPHONE, uno studio epidemiologico caso-controllo che, coordinato dalla International Agency for Research on Cancer (IARC), vede la partecipazione di tredici paesi nel mondo, tra cui anche l'Italia, con il compito di indagare la possibile presenza di tumori cerebrali, neurinoma dell'acustico e neoplasie della parotide in utenti di telefonia mobile.

Lo studio si propone di valutare se l'incidenza di neoplasie nelle sedi anatomiche più vicine alla sorgente di emissione risulti associata:

-  alla durata e frequenza d'uso del telefono cellulare;
-  all'intensità di esposizione alle RF utilizzate in telefonia mobile.

I risultati definitivi e complessivi dello studio sono comunque attesi per la fine dell'anno 2007.

9.5.1 Campi elettromagnetici a bassissima frequenza (ELF) ed effetti sanitari

Sebbene anche di recente siano stati effettuati studi epidemiologici che hanno indagato la presenza di un'associazione statistica tra esposizione a campi elettromagnetici a bassissima frequenza (ELF) ed effetti sanitari^{9,10}, le informazioni scientifiche risultano ancora insufficienti o incoerenti.

A tal riguardo molti studi scientifici sono stati pubblicati da quando, nel 1979, Wertheimer e Leeper¹¹ riportarono un'associazione tra mortalità per tumori - sia infantili che dell'adulto - e vicinanza delle abitazioni alle linee di distribuzione dell'energia elettrica; tali case vennero classificate come "abitazioni ad alta configurazione di corrente". Dall'analisi dei risultati emerse l'ipotesi di un aumento nel rischio di tumori infantili conseguente alla presenza di sorgenti di campo magnetico esterne.

Secondo gli orientamenti della letteratura scientifica, circa gli effetti sanitari potenzialmente associabili ad esposizioni a lungo termine dei campi elettromagnetici a bassissima frequenza, vi sono limitate evidenze per un'associazione causale con un aumento dell'incidenza di leucemie infantili^{12,13}, mentre vi sono inadeguate evidenze circa l'insorgenza, anche nel bambino, di altri tumori¹³.



Sebbene alcuni ricercatori abbiano indicato un'associazione tra esposizione a CEM e leucemie, non vi sono prove consistenti di relazioni tra la residenza in vicinanza di linee elettriche ad alta tensione e l'insorgenza di tumori cerebrali o altre neoplasie¹⁴. La mancanza di evidenze di eccessi di patologia è stata osservata anche in studi che hanno provato a relazionare l'esposizione occupazionale a campi elettromagnetici a bassissima frequenza e il neurinoma acustico¹⁵.

Per tali motivi di incertezza, l'Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro (IARC), nel 2002, ha ritenuto di inserire i campi magnetici a frequenze estremamente basse (ELF, 3-3000 Hz) nel gruppo 2B dei "possibili cancerogeni per l'uomo".

Secondo la classificazione IARC, il gruppo 2B dei "Possibili cancerogeni per l'uomo" connota gli agenti per i quali vi è una limitata evidenza di cancerogenicità nell'uomo ed un'evidenza meno che sufficiente negli animali da laboratorio (in questa classe ad esempio vi sono: il caffè, i gas di scarico delle auto a benzina, i fumi di saldatura).

Le evidenze scientifiche che provengono da indagini epidemiologiche effettuate su esposizioni a CEM a bassissima frequenza, data la stretta dipendenza dell'interazione dei sistemi biologici con la frequenza dell'onda elettromagnetica, rendono scientificamente inaccettabile generalizzare le indicazioni che provengono da studi epidemiologici relativi a campi elettromagnetici ELF alle radiofrequenze.

Considerata infatti l'enorme differenza delle frequenze utilizzate nei due settori, ELF e RF, e conseguentemente la loro specificità in termini di caratteristiche fisiche, sorgenti ed occasioni di esposizione umana, meccanismi d'interazione con i tessuti biologici, metodi di misura dell'esposizione e grandezze dosimetriche d'interesse, si

ritiene assolutamente improponibile una estrapolazione di informazioni con l'attribuzione indifferente di dati all'una o all'altra banda di frequenza.

Pertanto sebbene le conoscenze attuali sembrino indirizzarsi verso il possibile ruolo eziopatogenico dei CEM a bassissima frequenza, seppur limitatamente a specifiche patologie neoplastiche infantili, nella comunità scientifica è oggetto di acceso dibattito l'associazione causale dell'esposizione a radiofrequenze degli utenti di telefonia mobile, dei lavoratori e dei residenti in aree sedi di impianti di trasmissione ed eventi sanitari.

9.5.2 Campi elettromagnetici a radiofrequenza (RF) ed effetti sanitari

Nel 1996, la revisione dei dati scientifici svolta dall'OMS nell'ambito del Progetto internazionale CEM concludeva che, sulla base della letteratura disponibile non c'era alcuna evidenza convincente che l'esposizione a RF abbreviasse la durata della vita umana, né che inducesse o favorisse il cancro.

I ricercatori non trovarono indicazioni che esposizioni multiple al di sotto dei livelli di soglia provocassero alcun effetto negativo per la salute. Inoltre, non si verificava alcun accumulo di danni per effetto di esposizioni ripetute a bassi livelli di campi a RF.

Tuttavia, la stessa revisione evidenziò anche la necessità di ulteriori studi per delineare un quadro più completo dei rischi sanitari, specie per un possibile rischio di cancro connesso all'esposizione a bassi livelli di campi RF.

Anche una recente review¹⁶, che ha raccolto i risultati di numerosi studi scientifici compiuti per valutare i possibili effetti sulla salute da esposizioni a campi RF, è giunta alle seguenti considerazioni: *“Le evidenze epidemiologiche per una associazione causale tra cancro e RF sono limitate e inconsistenti. Studi sperimentali su animali non hanno prodotto evidenze consistenti circa la causa o la promozione del cancro e l'esposizione a RF ad intensità non-termica. Grandi studi in vitro non hanno mostrato un potenziale effetto genotossico, anche se gli studi in vitro, valutando i potenziali effetti epigenetici delle RF, presentano alcuni limiti”*.

Da tempo sono noti gli effetti termici generati da determinati livelli di potenza dei campi elettromagnetici ad alta frequenza da onde radio, fenomeno peraltro sfruttato nelle pratiche diagnostiche, terapeutiche e riabilitative, ma il sapere in campo epidemiologico non fornisce risultati validati e definitivi a supporto di possibili effetti a lungo termine di livelli di esposizione a RF di intensità inferiore¹⁷.

Come indicato da recenti review^{11,18} la maggior parte delle indagini epidemiologiche al momento disponibili sono state effettuate, in particolare, su lavoratori potenzialmente esposti a radiofrequenze, come, per esempio, dipendenti di società di telecomunicazioni¹⁹, personale di ambasciate²⁰, operai di aziende di prodotti in plastica con mansioni di termosaldatura²¹ o militari ed operatori radar^{22,23}. Gli autori di queste rassegne sono concordi nel ritenere le informazioni derivanti da tali studi non adeguate a causa dell'eterogeneità e della scarsa attendibilità delle situazioni espositive (la stima dell'esposizione è stata attribuita sulla base del titolo professionale e della mansione svolta) e dell'incoerenza dei risultati ottenuti.



A questi lavori spesso si sono accompagnati studi compiuti sugli utenti di telefonia mobile, anch'essi con risultati controversi e che, comunque, non hanno mostrato un'associazione significativa^{24,25,26,27}. Sulla base delle conoscenze scientifiche preliminari rese disponibili da quei Paesi che hanno già concluso la fase dello studio INTERPHONE di propria competenza, sembra poco probabile che l'uso del telefono cellulare comporti un sensibile aumento del rischio di tumori cerebrali. Riguardo i tumori cerebrali, quattro gruppi partecipanti allo studio si sono già espressi e non hanno evidenziato, nei soggetti con un'esposizione/utilizzo del cellulare inferiore a dieci anni, un incremento del rischio per meningioma e/o glioma. Questi risultati sono stati confermati da tre dei quattro paesi (Svezia²⁸, Danimarca²⁹ e Regno Unito³⁰) anche per gli utenti di telefonia mobile da più di dieci anni. Il quarto membro rappresentato dalla Germania³¹, invece, ha evidenziato in quest'ultimi un aumento del rischio circa l'insorgenza del glioma (OR 2,20 – IC 95% 0,94-5,11) ma non per il meningioma (OR 1,09 – IC 95% 0,35-3,37).

Tale incremento, accompagnato da un ampio intervallo di confidenza, potrebbe comunque essere gravato dal limite metodologico rappresentato dalla bassa numerosità dei casi incidenti; ciò potrebbe spiegare l'apparente contraddizione dei risultati ottenuti.

E' recente anche la pubblicazione dei risultati dello studio caso-controllo effettuato nell'ambito del progetto Interpone da parte del gruppo francese³². I ricercatori sono

giunti alla conclusione che non esiste un incremento significativo del rischio circa l'insorgenza di tumori cerebrali associati all'uso regolare del telefono cellulare.

Gli odds ratio rilevati per le specifiche neoplasie indagate sono risultati i seguenti: neurinoma (OR=0,92; IC 95% 0,53-1,59), meningioma (OR=0,74 ; IC 95% 0,43–1,28) o glioma (OR=1,15 ; IC 95% 0,65–2,05). Sebbene questi risultati non abbiano mostrato un eccesso di rischio statisticamente significativo per i tumori in questione, gli stessi ricercatori affermano che la bassa potenza statistica dello studio e i limiti metodologici sulla misura non dosimetrica delle esposizioni individuali non permettono di escludere la possibilità di un aumento del rischio per gli utenti che utilizzano il cellulare in modo intenso e nel lungo periodo.

A testimonianza dell'eterogeneità delle informazioni circa i rischi di insorgenza di patologie tumorali associati all'uso dei telefoni cellulari è un'indagine compiuta in cinque paesi del Nord-Europa³³, che hanno partecipato allo studio Interphone, che ha rilevato un aumento del rischio di insorgenza del neurinoma ipsilaterale rispetto all'uso riferito del cellulare dopo un periodo di dieci anni (OR 1,8 – IC 95% 1,1-3,1).

E' anche recente la pubblicazione di una rassegna di studi epidemiologici sull'utilizzo del telefono cellulare che è giunta alla seguente conclusione: *“I risultati dagli studi presenti sull'uso dei telefoni mobili per un periodo maggiore o uguale a dieci anni forniscono un esempio consistente dell'aumento del rischio per il neurinoma dell'acustico e per il glioma. Il rischio è più alto per l'esposizione ipsilaterale”*³⁴.

Come riferito dagli stessi autori, i risultati di questa review suggeriscono un utilizzo più moderato degli apparecchi di telefonia mobile, tuttavia, dati i limiti metodologici riscontrati in alcuni degli studi analizzati, vi sono indicazioni per proseguire nella ricerca possibilmente con campioni più numerosi di soggetti arruolati e con lunghi intervalli temporali di utilizzo di telefoni cellulari tali da giustificare la possibile insorgenza di neoplasie con ampi periodi di latenza.

La numerosità relativa di questa tipologia di studi è legata al fatto che l'esposizione alle onde radio derivante dall'uso del cellulare, anche se discontinua, è di gran lunga più elevata rispetto a quella di chi vive vicino ad una stazione radio base.

Questo motivo potrebbe parzialmente giustificare la minore e relativamente recente produzione degli studi epidemiologici più importanti pubblicati fino ad oggi su popolazioni esposte in ambito residenziale.

La discordanza dei risultati di alcuni degli studi sopra menzionati, inoltre, indica che la valutazione dei rischi sanitari derivanti dall'esposizione a campi elettro-magnetici è un processo di interesse multidisciplinare caratterizzato da estrema complessità. A riprova di quanto detto è il numero ingente di pubblicazioni scientifiche esistenti a livello internazionale sull'argomento, anche se spesso si accompagna ad una loro grande eterogeneità e frequente incompletezza.

Indubbiamente le lacune circa le conoscenze scientifiche sugli effetti sanitari dei CEM ad alta frequenza trovano una spiegazione nel fatto che lo sviluppo repentino delle tecnologie, sorgenti dei relativi campi elettromagnetici, è ancora troppo recente ed in continua evoluzione. Ciò pregiudica la quantità e la qualità dei dati disponibili e non consente, se non con alcune limitazioni, studi epidemiologici su popolazioni esposte per periodi prolungati.

Il limite temporale, infatti, assume un ruolo essenziale nella determinazione del buon esito di uno studio epidemiologico al punto che, considerato il lungo periodo di latenza attribuito dalla letteratura all'insorgenza di patologie cronico degenerative, quali i tumori emopoietici e del sistema nervoso che con maggior frequenza vengono indagati per l'esposizione ai CEM, può inficiarne i risultati.

Anche i dati della ricerca biologica non hanno fornito indicazioni conclusive circa l'induzione, la promozione o la progressione dei tumori.

Gli esiti di un lavoro³⁵ del 1997 che riportava la presenza di un raddoppio di linfomi in topi transgenici sono stati contraddetti da uno studio successivo³⁶ che ha mostrato la non replicabilità dei risultati ottenuti nel precedente.

La mancanza di test di laboratorio a supporto di un ruolo causale dei campi elettromagnetici a radiofrequenze sugli effetti cancerogeni, si accompagna, inoltre, ai risultati non conclusivi di studi volti ad individuare una loro attività teratogena³⁷.

Attualmente, quindi, le evidenze epidemiologiche³⁸ e le informazioni derivanti da indagini sperimentali non sembrano poter fare chiarezza sull'argomento.

Sono proprio la diffusione nell'opinione pubblica di ipotesi che collegano l'esposizione a radiofrequenze ad incremento di gravi patologie e, nel contempo, la mancanza di evidenze conclusive e di risposte definitive in merito a possibili rischi per la salute da parte del mondo scientifico che alimentano i timori della popolazione.

9.6 PREVENZIONE FRA PRECAUZIONE E RESPONSABILITÀ

A questo punto ci si potrebbe trovare di fronte alla scelta fra un atteggiamento attivo di una prevenzione primaria fatta in assenza di certezze e un atteggiamento attendista passivo che ignora la prevenzione primaria prendendo a motivo le incertezze etiologiche.

E' evidente che la prima scelta è in armonia con il *principio di precauzione* del quale sempre più spesso si sente parlare. *Il principio di precauzione risponde alla necessità ed urgenza di intervenire quando si è messi a confronto con un rischio potenzialmente serio in assenza dell'evidenza scientifica incontestabile di una relazione causa-effetto.*

Un atteggiamento cautelativo e prudente può venir sbrigativamente interpretato come antitecnologico e antiscientifico.

In realtà chi porta avanti un atteggiamento di cautela non fa che riconoscere che il sapere predittivo rimane il più delle volte al di sotto del sapere tecnico-scientifico. Il riconoscimento della nostra ignoranza o, quanto meno, della nostra limitata conoscenza nel predire le conseguenze del nostro sapere, non può che divenire, come dice Hans Jonas, un dovere di sapere e costituire quindi una spinta alla ricerca e non certo un suo arresto.

Il principio di precauzione a questo livello potrebbe rappresentare il rifiuto di un destino ineluttabilmente determinato da ciò che l'uomo è ormai in grado di fare e che soprattutto sembra essere costretto a continuare a fare, dando priorità oltre che al *come* al *perché* facciamo certe cose, assumendocene quindi anche la *responsabilità*.

I problemi ambientali e di salute continuano a crescere più rapidamente della capacità della società di identificarli e di correggerli.

Adottare il principio di precauzione e quello di responsabilità significa anche accettare il dovere di informare e impedire l'occultamento di informazioni su possibili rischi per la salute ed evitare che si continui a considerare l'intera specie umana come un insieme di cavie sulle quali saggiare tutto quanto è capace di inventare il progresso tecnologico. *"Tutta la nostra realtà è divenuta sperimentale ... l'uomo moderno è votato alla sperimentazione di se stesso"*.

Invece di accettare una società che sta divenendo sempre meno democratica, dato che le scelte sfuggono ormai completamente agli individui, basata su una crescita

economica che deve essere continua e sempre più forte e che nessuna persona di buon senso può accettare come illimitata, ma che può condurci alla catastrofe, è possibile pensare a uno sviluppo che si attui sui principi di precauzione e di responsabilità, dando priorità alla qualità della vita e all'equità sociale e ponendo il mantenimento della salute al di sopra dell'interesse economico .

Un possibile approccio suggerito dall'OMS nel fact-sheet n.263 dell'ottobre 2001 è quello di adottare politiche volontarie per ridurre le esposizioni. Si elencano di seguito alcune misure precauzionali indicate nel documento:

- **Governi e industrie:** Questi organismi dovrebbero essere al corrente dei più recenti sviluppi scientifici e fornire al pubblico informazioni corrette, chiare ed esaurienti sui potenziali rischi dei campi elettromagnetici, assieme a suggerimenti per misure di riduzione delle esposizioni a basso costo e senza controindicazioni. Dovrebbero anche promuovere ricerche che forniscano migliori informazioni in base alle quali definire i rischi sanitari.
- **Singoli individui:** I membri del pubblico generale potrebbero scegliere di ridurre la propria esposizione ai campi elettromagnetici minimizzando l'uso di certi dispositivi elettrici ed aumentando la distanza da sorgenti che possono produrre campi relativamente elevati.
- **Consultazione tra autorità locali, industrie e pubblico nella localizzazione di nuove linee elettriche:** La fornitura di energia ai consumatori richiede ovviamente l'installazione di elettrodotti. Spesso, si richiede che nel decidere la loro localizzazione si tengano in considerazione gli aspetti estetici e la sensibilità del pubblico. Comunque, in queste decisioni si dovrebbero anche considerare le soluzioni per ridurre l'esposizione della popolazione.
- **Un efficace sistema di informazione e comunicazione sui temi sanitari** tra scienziati, governi, industrie e pubblico è necessario per poter raggiungere una generale consapevolezza dei programmi messi in atto per affrontare il problema delle esposizioni a campi ELF e per ridurre sfiducia e paure.

BOX 1. - “PRELIMINARY RESULTS FROM A STUDY OF TUMORS OF THE NERVOUS SYSTEM AND RESIDENCE NEAR SEVERAL RADIO EMITTERS”



Il SEA, in collaborazione con l'Ufficio Osservatorio Epidemiologico dell'ASUR, Zona 7 di Ancona, ha condotto un'indagine epidemiologica ecologica sui residenti nelle vicinanze di impianti emittenti campi elettromagnetici in un'area della provincia di Ancona allo scopo di rilevare l'eventuale presenza di eccessi di patologia tumorale del sistema nervoso centrale. Tale studio dal titolo: “Preliminary results from a study of tumors of the nervous system and residence near several radio emitters” è stato presentato nella sezione poster al Workshop "Spatial Data Methods for Environmental and Ecological Processes" tenutosi a Foggia nel settembre 2006³⁹. Vengono descritti di seguito i contenuti del lavoro originale.

1.1 INTRODUZIONE

Negli ultimi decenni si è assistito ad un proliferare non solo quantitativo ma anche qualitativo di sorgenti di campi elettromagnetici a seguito dello sviluppo industriale e commerciale, dell'evoluzione degli apparati strumentali in campo diagnostico-terapeutico e dell'utilizzo individuale quotidiano di dispositivi elettronici.



Il progresso tecnologico principalmente identificabile nel settore delle telecomunicazioni ha determinato nell'opinione pubblica crescenti timori per la salute legati all'esposizione a campi elettromagnetici (CEM) generati dai ripetitori radiotelevisivi e da stazioni radio-base (SRB) per la telefonia cellulare.

Nel corso degli ultimi dieci anni, infatti, l'incremento esponenziale del numero di utenti della telefonia mobile, in associazione all'ingresso sul mercato di una pluralità di competitors, ha reso necessaria una crescente installazione di stazioni radio-base per la trasmissione e ricezione del segnale con l'ulteriore accrescimento delle fonti di esposizione e con esse dei timori della popolazione esposta per i possibili effetti avversi sulla salute.

Le autorità politico-sanitarie, sulla base di dati scientifici ancora incerti e provvisori, si trovano a dover affrontare il problema di bilanciare esigenze economico-sociali con scelte precauzionali a tutela della salute.

La linea di condotta adottata sembra orientata a perseguire uno sviluppo sostenibile: da un lato attraverso l'applicazione di normative protezionistiche dai campi elettromagnetici con l'indicazione di limiti massimi ammissibili nei confronti di rischi ben determinati e dall'altro con la rassicurazione della popolazione preoccupata di fronte a rischi possibili, quando non ipotetici, che suscita l'esposizione alle fonti di CEM.

I principali obiettivi dello studio sono stati:

-  verificare l'eventuale presenza di eccessi di tumori del sistema nervoso (TSN) tra i residenti in vicinanza degli impianti emittenti CEM;
-  verificare l'eventuale presenza di cluster spaziali e l'ipotesi di una riduzione del rischio all'aumentare della distanza dagli impianti.

Lo studio, quindi, non si è riproposto di evidenziare nessi di causalità tra CEM e TSN che altrimenti avrebbero dovuto essere indagati attraverso campagne di misure e studi analitici su base individuale.

1.2 MATERIALI E METODI

1.2.1 Definizione dell'area in studio

Gli impianti emittenti CEM considerati hanno fatto registrare una potenza di emissione non superiore a 250 Watt. La situazione orografica del territorio in cui sono ubicati e le caratteristiche costruttive molto disomogenee dell'edificato hanno reso particolarmente difficile effettuare misurazioni che potessero descrivere l'esposizione della popolazione residente. Dal 1995 ad oggi sono state effettuate ripetute misure dei CEM da parte del Servizio Radiazioni Rumore del Dipartimento Provinciale ARPAM in alcune abitazioni della zona. Tali dati, essendo stati raccolti con l'intento di verificare il rispetto dei limiti previsti dalle normative protezionistiche vigenti, sono stati inutilizzabili in fase di analisi come misure dirette di esposizione.

Essi, infatti, sono gravati da una serie di bias in quanto le misurazioni non sono state continue ma effettuate in periodi diversi senza tener conto delle caratteristiche dell'emissione della sorgente al momento delle misure, non sono state simultanee nei diversi siti e sono state eseguite da differenti operatori con strumenti di diversa tipologia e taratura.

Non ultima la necessità, come in ogni studio di exposure assessment, di dover valutare realtà ambientali pregresse attribuendo misure attuali⁴⁰ ad esposizioni del passato.

Pur pesando opportunamente questi gap conoscitivi, tali misure hanno permesso in taluni casi di evidenziare attraverso opportuni modelli mixed la significatività statistica della distanza (in condizioni di visibilità degli impianti) come fattore esplicativo dei valori di CEM. E' stata, quindi, adoperata la distanza tra gli impianti (presunta sorgente di rischio) e l'indirizzo di residenza dei soggetti arruolati come proxy dell'esposizione.

In particolare è stato definito arbitrariamente un punto centrale degli impianti e sono state considerate le sue coordinate geografiche; tale punto è stato utilizzato per calcolare le distanze.

Spesso gli studi epidemiologici che hanno valutato l'associazione tra il verificarsi di eventi sanitari e le esposizioni a campi elettromagnetici generati da trasmettitori di segnale, hanno assunto come proxy di esposizione la distanza delle residenze dall'emittente^{41,42,43,44,45}.

In assenza di misure dirette, infatti, la distanza tra la fonte di emissione e le residenze rappresenta un indicatore di esposizione della popolazione in quanto la densità di potenza, in campo aperto, diminuisce in funzione della distanza.

Indagini di questo tipo presentano tuttavia alcuni limiti metodologici che rendono difficile la stima delle esposizioni dei residenti basandosi sulla sola distanza dalla fonte.

Esempi ne sono la numerosità delle sorgenti puntiformi con direzione di propagazione del campo variabile e con potenza e banda di frequenza diverse.

A ciò si aggiungono la complessità dell'orografia del territorio, le diverse altezze di gronda degli edifici e la schermatura delle pareti e degli infissi delle abitazioni che attenuano il campo elettromagnetico e ne rendono improbabile la quantificazione all'interno delle residenze assumendo come unico proxy la distanza dalla sorgente emissiva.

Come rilevato da uno studio sui CEM del 2006⁴⁶, la valutazione delle esposizioni fondata solo sulla base della distanza dalle emittenti non tiene conto di fattori importanti strettamente legati ai livelli di esposizione quali la visibilità delle fonti, l'altezza delle abitazioni e l'eterogeneità temporale.

Data la consapevolezza dei limiti legati all'utilizzo di questa proxy e delle difficoltà, espresse precedentemente, circa la praticabilità in tale realtà territoriale di una modellistica espositiva, gli autori si ripropongono di affrontare nuovamente l'indagine in futuro alla luce di migliori ed approfondite misure delle esposizioni individuali dei soggetti residenti nell'area.

1.2.2 Dati sanitari e di popolazione

I dati sanitari utilizzati nello studio sono stati tratti dall'archivio delle Schede di Dimissione Ospedaliera (SDO) dell'Agenzia Regionale Sanitaria della Regione Marche. Si è scelto di utilizzare le SDO per due ragioni: la prima è legata alla mancanza di registri sanitari specifici per le patologie oggetto dell'indagine; la seconda è legata all'utilizzo a tal fine già sperimentato da altri ricercatori di questa fonte di dati.

Come riportato in letteratura scientifica^{47,48,49,50} per studi epidemiologici è proponibile l'uso di dati sanitari ricavati dalle schede di dimissione ospedaliera quali proxy di incidenza di malattia (incidenza di ricoveri) previa alcune misure cautelative.

Sono stati selezionati i primi ricoveri relativi a soggetti dimessi con diagnosi principale di TSN (ICD-IX 191-192) nel periodo 1996-2003 e residenti nel comune oggetto dell'indagine. Sono stati esclusi dall'analisi i ricoveri relativi al 1996 (anno di prima raccolta delle SDO) per ridurre la possibilità di arruolare soggetti già ospedalizzati per le patologie indagate in anni precedenti. Sono stati esclusi, inoltre, i soggetti con meno di 5 anni di residenza stabile nei 9 anni antecedenti la data della diagnosi principale. Il tentativo è stato quindi quello di selezionare soggetti dimessi con diagnosi principale di TSN per la prima volta e ai quali fosse possibile attribuire una residenza stabile antecedente la data della diagnosi.

E' stata anche considerata la possibilità, non praticabile in questa fase dello studio, di ricorrere alla consultazione della cartella clinica per una conferma della diagnosi.

Per ogni soggetto caso arruolato sono state prese in considerazione le caratteristiche genere, età e residenza.

I dati relativi alla popolazione di riferimento suddivisa per genere, età e residenza sono stati tratti dall'anagrafe comunale e sono relativi all'anno 2005. La scelta di un solo anno di riferimento è stata dettata dalla mancata disponibilità di altri dati.

1.2.3 Analisi statistica

Sono stati calcolati gli standardized morbidity/hospitalization ratio (SMR) riferiti alle singole unità censuarie ed i relativi intervalli di confidenza (ICal 95%).

Per eseguire l'analisi spaziale si è scelto, utilizzando il sistema informativo geografico regionale, di suddividere l'area in studio in 11 cornici:

- a. 10 cornici concentriche (1 cerchio + 9 corone circolari) costruite a partire dagli impianti e di raggio pari a 50 metri (m) (≤ 50 m; 51-100 m; ... ; 451-500 m);
- b. 1 cornice costituita dal restante territorio comunale.

I soggetti arruolati sono stati attribuiti a ciascuna cornice in base alla distanza tra gli impianti e il loro indirizzo di residenza.

Dopo aver definito arbitrariamente un punto centrale degli impianti, la distanza tra l'emittente ed il recettore è stata calcolata con la semisomma dei raggi dei due cerchi formanti la cornice.

Le distanze così definite sono state attribuite sia ai casi che alle popolazioni delle aree.

Le analisi spaziali eseguite sono state la cluster analysis, il test Stone e il test Score. Per maggiori informazioni circa la metodologia applicata si rimanda alla versione originale dello studio.

1.3 RISULTATI

La tabella 3 riporta le distribuzioni di frequenza delle caratteristiche genere ed età dei soggetti casi arruolati suddivisi in funzione della distanza tra gli impianti emittenti ed il loro indirizzo di residenza (≤ 500 m [1°-10° cornice]; > 500 m [11° cornice]). In totale sono stati osservati 94 casi di TSN (48 maschi e 46 femmine) di cui 8 (4 maschi e 4 femmine) a una distanza ≤ 500 m dalla presunta fonte di rischio.

Tabella 3. Caratteristiche dei soggetti casi arruolati con diagnosi principale di tumore del sistema nervoso (ICD-9: 191-192) divisi per distanza tra gli impianti emittenti ed il loro indirizzo di residenza.

CARATTERISTICA	DISTANZA				TOTALE	
	≤500 m		>500 m			
	n	(% Col.)	n	(% Col.)		
Genere						
Maschio	4	(50,0)	44	(51,2)	48	(51,1)
Femmina	4	(50,0)	42	(48,8)	46	(48,9)
Età (aa)						
0-14	0	(0,0)	3	(3,5)	3	(3,2)
15-49	2	(25,0)	11	(12,8)	13	(13,8)
50-64	2	(25,0)	24	(27,9)	26	(27,7)
65-69	1	(12,5)	9	(10,5)	10	(10,6)
>69	3	(37,5)	39	(45,3)	42	(42,7)

Dall'analisi degli SMR calcolati per singola unità censuaria è emerso quanto segue: 2 delle 5 unità censuarie con eccessi statisticamente significativi di TSN sono risultate a non più di 500 m dagli impianti di emissione (SMR [IC 95%]: 1347,4 [163,2-4867,3]; 2886,9 [349,6-10428,5]).

L'analisi spaziale non ha individuato cluster statisticamente significativi.

Nella tabella 4 sono presentati i risultati dell'analisi di morbosità all'interno delle 11 cornici: non si sono riscontrati SMR singoli o cumulati statisticamente significativi.

Non sono risultati infine statisticamente significativi il test Stone e il test Score.

Tabella 4. Analisi di morbosità per tumori del sistema nervoso (TSN). Numero di casi osservati (OS), attesi (AT), standardized morbidity/hospitalization ratio (SMR) e intervallo di confidenza (IC) al 95% nelle 11 cornici considerate.

CORNICE	OS	AT	TSN			
			SMR (IC 95%)			
			Singoli		Cumulati	
0-50 m	0	0,16	0,0	(0,0-0,0)	0,0	(0,0-0,0)
51-100 m	0	0,38	0,0	(0,0-0,0)	0,0	(0,0-0,0)
101-150 m	0	0,38	0,0	(0,0-0,0)	0,0	(0,0-0,0)
151-200 m	2	0,60	335,8	(40,7-1213,0)	132,0	(16,0-476,7)
201-250 m	0	0,62	0,0	(0,0-0,0)	93,7	(11,3-338,3)
251-300 m	0	0,80	0,0	(0,0-0,0)	68,1	(8,3-246,1)
301-350 m	1	0,64	155,5	(3,9-866,4)	83,8	(17,3-245)
351-400 m	1	0,93	107,6	(2,7-599,5)	88,7	(24,2-227,2)
401-450 m	3	1,13	266,4	(54,9-778,5)	124,2	(50,0-256)
451-500 m	1	1,23	81,3	(2,1-453,0)	116,5	(50,3-229,6)
>500 m	86	87,13	98,7	(78,9-121,9)	100,0	(80,8-122,4)

1.4 DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Va precisato ulteriormente che uno studio geografico, coerentemente agli obiettivi preposti, non vuole evidenziare nessi di causalità tra CEM ed eventi sanitari ma solo rilevare, qualora presenti nell'area, eccessi di patologia che andrebbero altrimenti indagati mediante studi di epidemiologia analitica.

Premesso ciò, l'analisi del rapporto tra osservati e attesi per singola sezione di censimento ha rilevato due sezioni prossime agli impianti con eccessi di TSN. La distribuzione spaziale dei casi per indirizzo di residenza, tuttavia, non ha presentato aggregazioni particolarmente sospette nell'area in studio. L'analisi delle cornici non ha evidenziato eccessi statisticamente significativi ed i risultati dei test, Stone e Score, non hanno rifiutato l'ipotesi di un rischio distribuito uniformemente e uguale a quello dell'intera area in esame. I risultati dell'iniziale analisi descrittiva basata sulle unità censuarie non sono stati quindi confermati dall'analisi spaziale basata sugli indirizzi di residenza.

In conclusione non sembra presente l'evidenza di un rischio maggiore per i residenti in prossimità degli impianti.

La metodologia di indagine utilizzata presenta comunque molti limiti, dalla mancanza di una misura diretta di esposizione alla scarsa conoscenza dei casi arruolati (rischi occupazionali, relazioni familiari, ecc.), e non permette, quindi, di escludere in alcun modo nessi tra l'esposizione ai CEM e i TSN che, come già anticipato, andrebbero indagati con campagne di misurazione e studi analitici su base individuale.

Sono attualmente in corso ulteriori analisi relative ad altre patologie (principalmente leucemie) che potrebbero, secondo la letteratura scientifica, essere legate all'esposizione a CEM.

Da questa riconosciuta incompletezza della conoscenza scientifica, secondo l'opinione degli autori, in simili realtà sarebbe doveroso attuare comportamenti che siano in linea con i principi di precauzione e responsabilità.

- ¹ Ahlbom A, Green A, Kheifets L, Savitz D, Swerdlow A. Epidemiology of Health Effects of Radiofrequency Exposure. *Environ Health Perspect*, 2004; 112:1741-1754.
- ² Mantiply ED, Pohl KR, Poppell SW, Murphy JA. Summary of measured radiofrequency electric and magnetic fields (10 kHz to 30 GHz) in the general and work environment. *Bioelectromagnetics*. 1997;18(8):563-77.
- ³ Donato Greco, Peter Boyle, Giuseppe Masera, Roland Mertelsmann. Esposizione a campi a radiofrequenza e leucemia infantile: stato attuale delle conoscenze scientifiche in rapporto alle problematiche dell'area di Cesano. Rapporti ISTISAN 01/25.
- ⁴ Scientific Committee on Toxicity, Ecotoxicity and the Environment (CSTEE). Possible effects of Electromagnetic Fields (EMF), Radio Frequency Fields (RF) and Microwave Radiation on human health. Brussels, C2/JCD/csteeop/EMF/RFF30102001/D(01). Disponibile on-line all'indirizzo: http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/sct/documents/out128_en.pdf; ultima consultazione 08/10/2007.
- ⁵ Health Council of the Netherlands. Mobile telephones. An evaluation of health effects. January 28, 2002. Disponibile on-line all'indirizzo: <http://www.gr.nl/pdf.php?!ID=377>; ultima consultazione 26/09/2007.
- ⁶ Report of an independent Advisory Group on Non-ionising Radiation. Health effects from radiofrequency electromagnetic fields. Volume 14 No.2 2003. Disponibile on-line all'indirizzo: http://www.hpa.org.uk/radiation/publications/documents_of_nrp/dfs/doc_14_2.pdf ultima consultazione 26/09/2007.
- ⁷ National Radiological Protection Board (NRPB). Review of the scientific evidence for limiting exposure to electromagnetic fields (0-300 GHz). Volume 15 No3, 2004. Disponibile on-line all'indirizzo: http://www.hpa.org.uk/radiation/publications/documents_of_nrp/dfs/doc_15_3.pdf ; ultima consultazione 26/09/2007.
- ⁸ Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR). Preliminary Opinion on Possible effects of Electromagnetic Fields (EMF) on Human Health. 19 July 2006. Disponibile on-line all'indirizzo: http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihr/docs/scenihr_o_006.pdf; ultima consultazione 27/09/2007.
- ⁹ Fazzo L, Grignoli M, Iavarone I, Polichetti A, De Santis M, Fano V, Forestiere F, Palange S, Pasetto R, Vanacore N, Comba P. Studio preliminare di mortalità per causa di una popolazione con esposizione residenziale a campi magnetici a 50 Hz, in un quartiere del comune di Roma. *Epidemiol Prev*, 2005; 29: 243-52.
- ¹⁰ Klæboe L, Blaasaas KG, Haldorsen T, Tynes T. Residential and occupational exposure to 50-Hz magnetic fields and brain tumours in Norway: a population-based study. *Int J Cancer*. 2005 May 20;115(1):137-41.
- ¹¹ Wertheimer N, Leeper E. Electrical wiring configurations and childhood cancer. *Am J Epidemiol*, 1979; 109:273-284.
- ¹² Linet MS, Hatch EE, Kleinerman RA, Robison LL, Kaune WT, Friedman DR, Severson RK, Haines CM, Hartsock CT, Niwa S, Wacholder S, Tarone RE. Residential exposure to magnetic fields and acute lymphoblastic leukemia in children. *New England Journal of Medicine* 337:1-7(1997).
- ¹³ International Agency for Research on Cancer (IARC). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-ionizing radiation, part 1: static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. IARC, Lyon, 2002. Vol. 80.
- ¹⁴ Draper G, Vincent T, Kroll ME, Swanson J. Childhood cancer in relation to distance from high voltage power lines in England and Wales: a case-control study. *BMJ*, 2005; 330(7503):1290.
- ¹⁵ Forssen UM, Lonn S, Ahlbom A, Savitz DA, Feychting M. Occupational magnetic field exposure and the risk of acoustic neuroma. *Am J Ind Med*. 2006 Feb;49(2):112-8.
- ¹⁶ Moulder JE, Foster KR, Erdreich LS, McNamee JP. Mobile phones, mobile phone base stations and cancer: a review. *International Journal of Radiation Biology* 2005 March; 81(3): 189-203.
- ¹⁷ Elwood JM. Epidemiological studies of radio frequency exposures and human cancer. *Bioelectromagnetics*, 2004; 25(4):235.
- ¹⁸ Feychting M, Ahlbom A, Kheifets L. EMF and health. *Annu Rev Public Health*, 2005; 26:165-189.
- ¹⁹ Morgan RW, Kelsh MA, Zhao K, Exuzides KA, Heringer S, Negrete W. Radiofrequency exposure and mortality from cancer of the brain and lymphatic/hematopoietic systems. *Epidemiology*, 2000; 11:118-127.
- ²⁰ Goldsmith JR. Epidemiologic evidence of radiofrequency radiation (microwave) effects on health in military, broadcasting and occupational studies. *Int J Occup Environ Health*, 1995; 1:47-57.
- ²¹ Lagorio S, Rossi S, Vecchia P, De Santis M, Bastianini L, Fusilli M, Ferrucci A, Desideri E, Comba P. Mortality of plastic-ware workers exposed to radiofrequencies. *Bioelectromagnetics*, 1997; 18:418-421.
- ²² Szmigielski S, Sobiczewska E, Kubacki R. Carcinogenic potency of microwave radiation: overview of the problem and results of epidemiologic studies on Polish military personnel. *Eur J Oncol* 2001; 6(2):193-99.
- ²³ Groves FD, Page WF, Gridley G, Lisimaque L, Stewart PA, Tarone RE, et al. Cancer in Korean war navy technicians: mortality survey after 40 years. *Am J Epidemiol*, 2002; 155: 810-818.
- ²⁴ Hepworth SJ, Schoemaker MJ, Muir KR, Swerdlow AJ, van Tongeren MJA, McKinney PA. Mobile phone use and risk of glioma in adults: case-control study. *BMJ*. 2006 Apr 15;332(7546):883-7. Epub 2006 Jan 20.
- ²⁵ Schuz J, Bohler E, Berg G, Schlehofer B, Hettinger I, Schlaefer K, Wahrendorf J, Kunna-Grass K, Blettner M. Cellular Phones, Cordless Phones, and the Risks of Glioma and Meningioma (Interphone Study Group, Germany). *Am. J. Epidemiol*, 2006; 163: 512-520
- ²⁶ Inskip PD, Tarone RE, Hatch EE, Wilcosky TC, Shapiro WR, Selker RG, Fine HA, Black PM, Loeffler JS, Linet MS. Cellular-telephone use and brain tumors. *N Engl J Med*. 2001 Jan 11;344(2):79-86.

- ²⁷ Lonn S, Ahlbom A, Hall P, Feychting M. Mobile phone use and the risk of acoustic neuroma. *Epidemiology* 2004; 15(6): 653-659.
- ²⁸ Lonn S et al. Long-term mobile phone use and brain tumor risk. *Am J Epidemiol.* 2005 Mar 15; 161(6):526-35.
- ²⁹ Christensen HC, Schüz J, Kosteljanetz M, Skovgaard Poulsen H, Boice JD, McLaughlin JK, Johansen C. Cellular telephones and risk for brain tumors. *Neurology* 2005; 64: 1189-1195.
- ³⁰ Hepworth SJ, Schoemaker MJ, Muir KR, Swerdlow AJ, van Tongeren MJA, McKinney PA. Mobile phone use and risk of glioma in adults: case-control study. *BMJ.* 2006 Apr 15;332(7546):883-7. Epub 2006 Jan 20.
- ³¹ Schuz J, Bohler E, Berg G, Schlehofer B, Hettinger I, Schlaefer K, Wahrendorf J, Kunna-Grass K, Blettner M. Cellular Phones, Cordless Phones, and the Risks of Glioma and Meningioma (Interphone Study Group, Germany). *Am. J. Epidemiol.* 2006; 163: 512-520
- ³² Hours M, Bernard M, Montestrucq L, Arslan M, Bergeret A, Deltour I, Cardis E. Cell Phones and Risk of brain and acoustic nerve tumours: the French INTERPHONE case-control study. *Rev Epidemiol Sante Publique.* 2007 Oct;55(5):321-332. Epub 2007 Sep 11.
- ³³ Schoemaker MJ et al. Mobile phone use and risk of acoustic neuroma: results of the Interphone case-control study in five North European countries. *Br J Cancer.* 2005 Oct 3;93(7):842-8.
- ³⁴ Hardell L, Carlberg M, Söderqvist F, Mild KH, Morgan LL. Settembre 2007. Long-term use of cellular phones and brain tumours: increased risk associated with use for > or =10 years. *Occup Environ Med.* 64(9):626-32.
- ³⁵ Repacholi MH Basten A, GebSKI V et al. Lymphomas in Eμ-Pim1 Transgenic Mice Exposed to Pulsed 900 MHz Electromagnetic Fields. *Rad Res.* 1997;147:631-640.
- ³⁶ Utteridge TD, GebSKI V et al. Long-term exposure of Eμ-Pim1 transgenic mice to 898.4 MHz microwaves does not increase lymphoma incidence. *Radiat Res.* 2002; 158:357-364.
- ³⁷ Feychting M. Non-cancer EMF effects related to children. *Bioelectromagnetics*, 2005; Suppl 7:S69-74.
- ³⁸ Feychting M. Non-cancer EMF effects related to children. *Bioelectromagnetics*, 2005; Suppl 7:S69-74.
- ³⁹ Guizzardi M, Baldini M, Morbidoni M, Mariottini M. Preliminary results from a study of tumors of the nervous system and residence near several radio emitters. *Proceedings of Workshop "Spatial Data Methods for Environmental and Ecological Processes"*, Foggia, 14-15 settembre 2006. WIP Edizioni. ISBN: 88-8459-078-7.
- ⁴⁰ Schuz J, Mann S. A discussion of potential exposure metrics for use in epidemiological studies on human exposure to radiowaves from mobile phone base stations. *J Expo Anal Environ Epidemiol*, 2000; 10(6 Pt 1):600-5.
- ⁴¹ Hocking B, Gordon IR, Grain HL, Hatfield GE. Cancer incidence and mortality and proximity to TV towers. *Med J Aust* 1996; 165; 601-05.
- ⁴² Dolk H, Shaddick G, Walls P, et al. Cancer incidence near radio and television transmitters in Great Britain. I. Sutton Coldfield transmitter. *Am J Epidemiol*, 1997a; 145: 1-9.
- ⁴³ Dolk H, Elliott P, Shaddick G, Walls P, Thakrar B. Cancer incidence near radio and television transmitters in Great Britain. II. All high power transmitters. *Am J Epidemiol*, 1997b; 145:10-17.
- ⁴⁴ Michelozzi P, Capon A, Kirchmayer U, Forastiere F, Biggeri A, Barca A, Perucci CA. Adult and childhood leukemia near a high-power radio station in Rome, Italy. *Am J Epidemiol*, 2002; 155(12):1096-1103.
- ⁴⁵ Park SK, Ha M, Im HJ. Ecological study on residences in the vicinity of AM radio broadcasting towers and cancer death: preliminary observations in Korea. *Int Arch Occup Environ Health*, 2004; 77(6):387-94.
- ⁴⁶ Burch JB, Clark M, Yost MG, Fitzpatrick CTE, Bachand AM, Ramaprasad J, Reif JS. Radio Frequency Nonionizing Radiation in a Community Exposed to Radio and Television Broadcasting. *Environ Health Perspect*, 2006; 114:248-253.
- ⁴⁷ Chio A, Ciccone G, Calvo A, Vercellino M, Di Vito N, Ghiglione P, Mutani R. Piemonte and Valle d'Aosta Register for ALS. Validity of hospital morbidity records for amyotrophic lateral sclerosis. A population-based study. *J Clin Epidemiol*, 2002;55(7):723-7.
- ⁴⁸ Saitto C, Ancona C, Fusco D, Arcà M, Perucci CA. Outcome of patients with cardiac diseases admitted to coronary care units: a report from Lazio, Italy. *Med Care*, 2004; 42(2):147-54.
- ⁴⁹ Stafoggia M, Picciotto S, Forastiere F, D'Ippoliti D, Cattani G, Marconi A, Perucci CA. Inquinamento atmosferico ed eventi coronarici fatali e non fatali a Roma. *Epidemiol Prev*, 2005 Mar-Apr; 29(2 Suppl):67-69.
- ⁵⁰ Hodgson S, Nieuwenhuijsen MJ, Hansell A, Shepperd S, Flute T, Staples B, Elliott P, Jarup L. Excess risk of kidney disease in a population living near industrial plants. *Occup Environ Med*, 2004; 61(8):717-9.