

Studi sull'impatto del 5G sulla salute umana: meta-analisi e individuazione delle lacune conoscitive

Studies on the impact of 5G on human health: meta-analyses and identification of knowledge gaps

Simona Valbonesi[♦], Paolo Grazioso[♦]

♦ Fondazione Ugo Bordoni

Sommario

Il dispiegamento delle reti 5G e dei relativi servizi porterà ad un cambio di paradigma ed all'impiego di bande di frequenza diverse rispetto alla situazione attuale. Le reti 5G saranno infatti operative inizialmente sulle bande 3,4-3,8 GHz, 700 MHz e 26 GHz, ma ci sono anche piani riguardanti l'utilizzo di frequenze più elevate, le cosiddette bande ad onde millimetriche (anche oltre i 26 GHz) tradizionalmente usate per i radar ed i servizi fissi, che sono state finora pochissimo studiate dal punto di vista dell'impatto sulla salute. Inoltre, il ricorso a bande di frequenza più elevate porterà necessariamente alla "temuta" *densificazione* delle reti. Questo nuovo contesto preoccupa la popolazione relativamente ai potenziali rischi per la salute, con diverse comunità ed associazioni che si applicano nel tentativo di fermare la diffusione del 5G. Per fare fronte a queste preoccupazioni, a livello Europeo sono state portate avanti meta-analisi che partono dalla rilettura in chiave critica della letteratura pubblicata, per trarre conclusioni sui potenziali effetti dei campi elettromagnetici a radiofrequenza. È il caso della valutazione dello stato attuale della conoscenza portato avanti dal Servizio di Ricerca del Parlamento Europeo e dell'analisi statistica condotta dal Joint Research Centre della UE sulle relazioni tra crescita delle reti radiomobili ed incidenza di alcune patologie specifiche. Le due analisi, che portano a risultati che possono sembrare contraddittori, hanno in comune l'identificazione di una serie di lacune conoscitive, che devono essere colmate il prima possibile. Il presente articolo riporta e discute i risultati dei due studi sopra citati e propone un'analisi critica delle lacune conoscitive emerse da questi due lavori e da altre pubblicazioni recenti.

Abstract

The deployment of 5G networks and of their services will cause a paradigm shift and the use of different frequency bands with respect to the current situation. As a matter of fact, 5G networks will initially be operating in 3.4-3.8 GHz, 700 MHz and 26 GHz, but future plans include using higher frequency bands, the so-called millimetre wave bands (also above 26 GHz), traditionally used for radars and fixed services and, up to now, scarcely studied on the viewpoint of their impact on health. Furthermore, using higher frequency will cause a feared densification of the network. This new context worries the population about potential risk hazards, with several communities and associations attempting to stop the expansion of 5G.

To face these concerns, some meta-analyses were carried out at European level, which started from a critical survey of the available literature to draw conclusions on potential effects of radiofrequency electromagnetic fields. This is the case of the evaluation of current state of the art of the knowledge carried out by the European Parliamentary Research Service and of the statistical analysis produced by the Joint Research Centre of the European Commission on the relationship between the development of mobile radio networks and the incidence of certain specific pathologies. The two analyses lead to results that may seem contradictory, but they have in common the identification of several knowledge gaps that must be filled as soon as possible. This paper reports and discusses the results of the two above mentioned studies and proposes a critical analysis of the knowledge gaps emerged from these works and from other recent publications.

1 - Introduzione

Gli ultimi decenni sono caratterizzati sia da uno sviluppo senza precedenti delle tecnologie che utilizzano i campi elettromagnetici (CEM) a radiofrequenza (RF) sia da un incremento esponenziale nel numero dei loro utilizzatori. La nuova generazione di comunicazioni mobili (5G) ha visto un cambiamento dal punto di vista tecnico e delle bande di frequenza utilizzate. Tutto ciò ha aumentato l'apprensione riguardo a potenziali effetti sulla salute soprattutto a

lungo termine. Scopo di questo lavoro è l'analisi dei risultati dei più recenti studi effettuati sugli effetti delle esposizioni nonché l'identificazione delle lacune conoscitive da colmare.

2 – Stato dell'arte della ricerca scientifica e nuovi scenari

A seguire si presenta lo stato delle conoscenze sugli effetti dei CEM a RF sulla salute umana.

2.1 - Sintesi dello stato dell'arte della ricerca scientifica

L'introduzione di dispositivi di comunicazione "wireless" ha innescato negli anni un numero considerevole di studi incentrati sugli eventuali effetti sulla salute causati dalla esposizione all'agente fisico campi elettromagnetici. Queste indagini comprendono studi epidemiologici sull'uomo, indagini di laboratorio sugli animali ed in vitro su sistemi cellulari. Dalla sinergia di queste attività il quadro attuale delle conoscenze deriva le proprie basi.

Dal punto di vista tecnico – logistico, il cambio di paradigma in atto con l'avvento delle reti 5G porterà ad un aumento del numero di dispositivi wireless e delle infrastrutture oltre che all'utilizzo di nuove bande di frequenza, in particolare le onde millimetriche.

Per quanto riguarda gli effetti più temuti, quelli di tipo cancerogeno, la IARC nel 2013 [1] ha definito i CEM a RF come "possibilmente cancerogeni" per l'uomo sulla base di limitate evidenze sull'uomo e sugli animali da esperimento. Gli studi su cui si basa tale classificazione riguardano principalmente le frequenze FR1 (da 450 MHz a 6000 MHz) più alcune indagini sulle esposizioni professionali ai radar ad alta frequenza. Mentre gli studi disponibili sulla parte bassa dello spettro radio sono migliaia, per le frequenze più elevate esiste poca letteratura di qualità. La ragione di questo è che finora queste frequenze non sono mai state utilizzate per la comunicazione di massa e quindi i soggetti esposti non erano in numero sufficiente per supportare indagini epidemiologiche.

2.2 - Nuovi scenari espositivi

I fattori rilevanti nella determinazione delle esposizioni sono la distanza della sorgente dal corpo, il livello di potenza del segnale in uscita nonché la condizione di campo vicino (con comportamento non radiativo) e di campo lontano (radiativo). Inoltre, l'efficienza

dell'accoppiamento e la conseguente distribuzione del campo elettromagnetico all'interno del corpo dipendono fortemente dalla frequenza, dalla polarizzazione, dalla direzione di incidenza delle onde sul corpo e dalle caratteristiche anatomiche della persona esposta, inclusi altezza, indice di massa corporea, postura e proprietà dielettriche dei tessuti ([2], [3]).

Le innovazioni tecniche derivanti dalla introduzione del 5G includono un diverso sistema di trasmissione (Multiple-Input and Multiple-Output, MIMO), una diversa modalità di trasmissione e ricezione del segnale (*beamforming*) e l'utilizzo di nuove bande di frequenza. Poiché si sta verificando una variazione sostanziale dal punto di vista tecnico, ci si devono attendere anche cambiamenti per quanto riguarda le modalità di esposizione delle persone. Con l'avvento del 5G, alle bande note ed utilizzate dalle tecnologie *legacy* (2G, 3G) si sovrapporranno bande a frequenza più elevata (da 24 a 60 GHz) che verranno utilizzate per comunicazioni wireless a corto raggio ed elevata capacità. Secondo alcuni l'esposizione potrebbe aumentare a causa della densificazione degli impianti, e l'utilizzo delle onde millimetriche, unito all'aggregazione di segnali a frequenza diversa, potrebbe rappresentare un problema e rendere le valutazioni dosimetriche più complesse [4]0.

3 – Ricognizione sulla letteratura scientifica recente

A livello europeo nel corso del 2020/2021 sono state svolte meta-analisi con lo scopo di effettuare valutazioni sullo stato attuale delle conoscenze ed analisi statistiche avanzate aventi l'obiettivo di individuare una eventuale relazione tra esposizione ai CEM a RF ed insorgenza di patologie. In questa sede si presentano le metodologie ed i risultati dei lavori condotti dal Servizio di Ricerca del Parlamento Europeo (EPRS, European Parliamentary Research Service) e dal Joint Research Centre (JRC) della Commissione Europea.

3.1 – Meta-analisi condotta dal Servizio di Ricerca del Parlamento Europeo EPRS

La revisione delle prove scientifiche attualmente disponibili [5] si concentra sia sugli effetti cancerogeni sia su quelli legati alla riproduzione/sviluppo e prende in considerazione le esposizioni imputabili a tutte le generazioni di telefonia mobile (5G incluso) e tutti gli studi condotti sugli animali e sull'uomo dal 2013 fino ad inizio 2021.

3.1.1 - Metodologia

La ricerca della letteratura idonea all'analisi è stata effettuata attraverso il database accademico PubMed [6] ed il portale EMF [7]. Nel valutare i risultati degli studi si è tenuto conto dei parametri indicati nel Preambolo della Monografia pubblicata dalla IARC nel 2019 [8] che sono stati adattati allo specifico contesto. Le evidenze pertanto sono soggette alla seguente classificazione:

- Evidenze sufficienti – in questo caso è possibile stabilire una associazione causale tra esposizione ai campi elettromagnetici a radiofrequenza ed uno specifico effetto avverso.
- Evidenza limitata – in questo caso l'associazione causale tra esposizione ai CEM a RF ed effetto avverso è credibile ma non è possibile escludere con ragionevole certezza che gli effetti evidenziati siano dovuti a *bias* (es. polarizzazione) o fattori confondenti.
- Nessuna evidenza – non sono disponibili dati o studi che suggeriscano la mancanza o la presenza di effetti avversi.

La valutazione complessiva degli effetti è stata ottenuta integrando le evidenze sull'uomo e sull'animale secondo quanto riportato in Tabella 1.

Tabella 1 - Classificazione delle associazioni.

Evidenze nell'uomo	Evidenze su animali	Valutazione basata sulle evidenze
Sufficiente	Non necessaria	Associazione causale tra esposizione ed effetto avverso
Limitata	Sufficiente	Probabile associazione tra esposizione ed effetto avverso
Limitata	Meno che sufficiente	Possibile associazione tra esposizione ed effetto avverso
Inadeguata	Inadeguata o limitata	Non classificabile

3.1.2 - Dosimetria e valutazione delle esposizioni

La valutazione dell'esposizione negli studi epidemiologici sui CEM a RF è molto complicata e, se non svolta in maniera corretta, può rendere i risultati delle analisi non informativi.

Un problema che impatta su dosimetria e valutazione delle esposizioni deriva dalle caratteristiche peculiari del segnale 5G che pongono dei dubbi sulla possibilità di generalizzare ai sistemi 5G i risultati di studi effettuati sulle tecnologie precedenti, anche in caso di utilizzo delle medesime bande di frequenza. Molto probabilmente su questo tema occorrerebbe concentrare maggiormente il dibattito scientifico.

3.1.3 - Sintesi delle evidenze

Per quanto riguarda i tumori, le analisi portate avanti hanno confermato quanto già espresso nel 2011 dalla IARC all'atto della classificazione dei campi elettromagnetici nel gruppo 2B [8], ossia una limitata prova di cancerogenicità negli esseri umani ed una insufficiente prova di cancerogenicità sugli animali da laboratorio.

Nel corso delle ultime analisi sono state osservate associazioni positive tra esposizione a CEM a RF (900 MHz e 1800 MHz) e patologie come glioma e neurinoma acustico, ma l'evidenza non è ancora sufficientemente forte per stabilire una relazione diretta. Prove sufficienti di cancerogenicità sono state riscontrate anche negli animali da esperimento.

Per quanto riguarda le bande di frequenza ad onde millimetriche, non è possibile sostenere alcuna ipotesi di associazione o non associazione a causa della scarsità delle indagini finora effettuate.

Per quanto riguarda gli effetti associati alla riproduzione/sviluppo, la letteratura scientifica, riferita principalmente a studi sugli animali, mostra evidenze che i campi elettromagnetici a frequenze comprese tra 450 MHz e 6 GHz possano influenzare la fertilità maschile (prove sufficienti) e femminile (prove limitate) e determinare effetti sullo sviluppo di embrioni, feti e neonati (prove limitate) in caso di esposizione della madre. Inoltre, gli *outcome* su animali da laboratorio non possono essere generalizzati all'uomo in quanto le diverse dimensioni fanno sì che l'esposizione sia differente, ed i meccanismi biologici che possono portare ad un

determinato effetto, sono spesso dissimili. Per i campi a frequenze comprese tra 24 GHz e 100 GHz non ci sono dati sufficienti per poter sostenere ipotesi di associazione o non associazione.

3.2 – Meta-analisi condotta dal Joint Research Centre

Il JRC (Joint Research Centre) nel periodo 2020-2021 ha svolto analisi statistiche [10] sui dati relativi alle esposizioni ai campi elettromagnetici a radiofrequenza per esplorare le relazioni esistenti tra la crescita delle reti mobili e l'incidenza di alcune patologie come, ad esempio, i tumori al cervello ed al sistema nervoso centrale.

3.2.1 - Metodologia

Il lavoro proposto parte da un'analisi dettagliata della letteratura scientifica pubblicata negli ultimi dieci anni circa seguita da una analisi esplorativa sulle possibili relazioni tra l'utilizzo del telefono cellulare e l'incidenza di tumori al cervello ed al sistema nervoso centrale. L'indagine coinvolge anche studi sugli animali da laboratorio ed esperimenti in vitro.

Per questa valutazione specifica, dalla banca dati ECIS [9] sono stati estratti i dati relativi alle incidenze dei tumori al cervello ed al sistema nervoso centrale per Austria e Danimarca. Dai dati contenuti nel database ECIS è stato calcolato, con metodi statistici, il rischio cumulativo di insorgenza dei tumori oggetto di studio per ciascun anno.

3.2.2 - Analisi statistica

Per valutare l'impatto dell'uso del telefono cellulare sull'incidenza annuale dei tumori cerebrali è stato utilizzato il metodo dell'impatto causale combinato con modelli di serie temporali strutturali bayesiani ([11], [12]) con ricorso alle covariate, ossia variabili predittive (nel caso specifico crescita della popolazione, tasso di urbanizzazione, crescita pro capite, rischio cumulativo di incidenza di tumori) che in qualche modo possono essere legate al numero annuo di patologie specifiche registrate. Se l'utilizzo del telefono cellulare fosse associato ad un aumento del rischio di tumori, il punto chiave sull'asse temporale è l'anno in cui si presume che questi avrebbero iniziato a manifestarsi. Secondo gli autori [10], questo punto chiave è fissato nell'anno 1997 per l'Austria ed al 1995 per la Danimarca.

L'impatto dell'uso del telefono cellulare è quindi stimato confrontando le serie storiche controfattuali con il numero annuo di nuovi casi registrati nel periodo dall'intervento all'anno di interesse, secondo i dati disponibili. Le analisi statistiche sono state effettuate ricorrendo all'utilizzo di pacchetti specifici ([13], [15]) e del programma di elaborazione "R" [14]. I modelli utilizzati si basano su *trend* e regressioni considerando latenze di 5, 10 e 15 anni che si adattano alle caratteristiche di sviluppo delle neoplasie oggetto di indagine.

3.2.3 - Sintesi delle evidenze

Dall'analisi sono emersi i seguenti risultati chiave:

1. Nella maggior parte degli studi i livelli di esposizione riportati sono significativamente inferiori ai livelli di riferimento indicati all'interno delle Linee guida ICNIRP [17].
2. Lo studio della dosimetria indica che il contributo più significativo all'esposizione complessiva degli esseri umani è quello dovuto al *downlink* dalle stazioni radio base per telefonia mobile e che l'esposizione risulta essere proporzionale alla densità degli utenti mobili ed al traffico presente in rete.
3. Alcuni studi hanno dimostrato che le stazioni radio base per telefonia mobile poste sui tetti potrebbero generare livelli di campo elettrico molto elevati in alcune posizioni vicine.
4. La maggior parte degli studi incentrati sull'impatto dell'esposizione sulla salute non hanno riportato effetti significativi.
5. Alcuni studi di laboratorio su animali e colture cellulari hanno riscontrato attività metaboliche non standard in colture in vitro o effetti avversi su topi e ratti sottoposti ad esposizioni prolungate a campi a radiofrequenza a 1800 MHz.
6. Le indagini scientifiche a livello statistico suggeriscono che tutti gli stimoli potenzialmente tossici (es.: inquinamento) ed il loro impatto cumulativo dovrebbero essere presi in considerazione.
7. La maggior parte degli studi esaminati non ha riportato una correlazione significativa tra utilizzo del telefono cellulare e l'insorgenza di tumori, ad eccezione di alcuni studi (anche se non conclusivi) che riportano l'esistenza di un modello di correlazione coerente tra

l'utilizzo del telefono cellulare e il rischio di glioma e neurinoma acustico.

8. Molti studi epidemiologici hanno segnalato il problema della mancanza di disponibilità di dati medici sufficienti a coprire un arco temporale di ampiezza pari alla latenza di certe tipologie di tumore (che può arrivare fino a 40 anni).
9. L'analisi statistica portata avanti da JRC [10] nel complesso non ha rilevato prove di un aumento dell'incidenza di tumori cerebrali o del sistema nervoso centrale negli anni che hanno seguito l'evoluzione delle reti cellulari nelle regioni oggetto di studio.

4 – Lacune conoscitive emerse

Le indagini portate avanti da JRC e EPRS hanno messo in evidenza una serie di lacune conoscitive; tale questione era stata già affrontata del 2015 dal Comitato SCENIHR [16] che aveva indicato una serie di priorità di studio. In questo capitolo si analizzano in chiave critica le lacune conoscitive emerse nel corso degli anni per le diverse bande di frequenza.

4.1 - Campi elettromagnetici a frequenze basse ed intermedie

I campi elettromagnetici nelle regioni più basse dello spettro a radiofrequenza sono stati ampiamente studiati; tuttavia, da parte del Comitato SCENIHR [16] sono stati individuati alcune lacune conoscitive di seguito riportate con le relative priorità:

- Studi di coorte prospettica sulla associazione tra utilizzo del telefono cellulare ed insorgenza di tumori cranici e nella zona del collo negli adulti: Priorità elevata
- Studio delle associazioni tra utilizzo di telefono cellulare ed insorgenza di tumori in bambini e adolescenti: Priorità elevata
- Valutazione a livello neurofisiologico finalizzate a valutare la differenza nella risposta all'esposizione di varie categorie di soggetti: Priorità elevata
- Valutazione degli effetti dei campi a radiofrequenza sul DNA: Priorità media
- Valutazione degli effetti sullo sviluppo e sulle funzioni cognitive e comportamentali nel bambino: Priorità media
- Valutazione degli effetti dell'esposizione sul sonno e sull'encefalogramma: Priorità media

4.2 - Campi elettromagnetici ad onde millimetriche e sub-millimetriche

Le indicazioni riguardanti i campi elettromagnetici ad onde millimetriche e sub millimetriche (da 24 GHz ad oltre 100 GHz) derivano principalmente dall'analisi effettuata dal *panel* EPRS.

Le lacune conoscitive in queste bande di frequenza presentano caratteristiche di urgenza in virtù del fatto che l'utilizzo delle frequenze millimetriche diventerà sempre più comune man mano che procederà il dispiegamento delle reti 5G e delle future generazioni tecnologiche.

Tali lacune conoscitive sono relative all'insufficienza di dati ed analisi disponibili su esposizioni e tumori nell'uomo e negli animali da esperimento. La problematica della mancanza di dati e delle analisi riguarda anche gli eventuali effetti su riproduzione e sviluppo.

Anche il Comitato SCENIHR [16] ha identificato una serie di lacune conoscitive relative alle esposizioni a campi elettromagnetici ad alta ed altissima frequenza. I pochi studi finora effettuati sono riferiti perlopiù agli effetti termici; il numero di indagini riguardanti gli effetti non termici è estremamente limitato e non mette in evidenza alcuna tossicità o cancerogenicità. Una radiazione a frequenza così elevata è in grado di penetrare solo superficialmente all'interno del corpo umano ([2], [3]), per questo motivo il Comitato SCENIHR [16] indica come altamente prioritario un insieme di indagini sugli effetti sulla pelle e sulla cornea, focalizzando gli studi soprattutto sugli effetti a lungo termine dell'esposizione della pelle a campi a bassa intensità e dell'esposizione acuta dell'occhio a campi estremamente elevati.

4.3 - Lacune metodologiche

Oltre alle lacune di tipo conoscitivo le analisi portate avanti hanno identificato una serie di gap metodologici, alcuni dei quali sono emersi proprio dai nuovi scenari innescati dal 5G. Da un lato permangono i limiti tipici degli studi epidemiologici (dimensione ridotta dei campioni, bassa potenza statistica, fattori di confondimento), dall'altro emergono fattori più specifici.

Una prima serie di lacune riguarda gli aspetti dosimetrici; l'esposizione ai campi a radiofrequenza generati da sistemi per telefonia mobile è proporzionale alla densità delle stazioni radio base ed al traffico generato dagli utenti, questi aspetti fino a questo momento

non sono stati considerati, in un prossimo futuro la valutazione dosimetrica dovrebbe essere effettuata considerando il traffico generato dagli utenti, la densità di stazioni radio base sul territorio e le caratteristiche intrinseche del segnale 5G. I protocolli dovrebbero quindi prendere in considerazione vari scenari di traffico aderenti a situazioni reali ed anche le emissioni specifiche di sistemi radianti MIMO e *small cells* in scenari densi.

Sarebbe utile e necessario dedicare lavoro alla definizione di un protocollo standardizzato specifico per tecnologia da utilizzare quando si effettuano valutazioni di impatto dei campi elettromagnetici sulle funzioni biologiche. In uno scenario futuro, gli studi dovrebbero essere condotti tramite una attività congiunta multidisciplinare e coprire periodi molto lunghi, a partire dagli anni in cui si è vista la crescita esponenziale del numero di telefoni cellulari operativi, fino ai giorni nostri e tenendo in considerazione anche l'impatto cumulativo di altri stimoli potenzialmente tossici che possono avere effetti sinergici o di induzione/promozione.

5 – Discussione e conclusioni

Le moderne telecomunicazioni hanno trasformato le abitudini delle persone ed i modus operandi professionali di privati ed aziende, lo scenario dal punto di vista tecnico è in continua mutazione, con nuove modalità di trasmissione dei segnali, nuove frequenze, nuovi attori, nuove modalità di esposizione e nuovi paradigmi. Dopo decenni di analisi effettuate, è possibile affermare che la maggior parte degli studi non ha evidenziato effetti significativi, alcune indagini su animali ed in vitro hanno riscontrato attività metaboliche non standard sulle colture ed un set di effetti avversi su topi e ratti sui quali occorrerà indagare tenendo sempre presente che quanto riscontrato sugli animali da laboratorio non può essere automaticamente riportato all'uomo a causa delle diverse dimensioni degli organismi e dei diversi processi biologici in gioco. Per quanto riguarda invece l'uomo, le indagini si sono focalizzate principalmente sull'eventuale induzione o promozione di tumori. Le analisi portate avanti, per lo più studi epidemiologici, hanno evidenziato una limitata prova di cancerogenicità per le esposizioni ai campi a radiofrequenza che caratterizzavano le tecnologie *legacy* (900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz), per le bande di frequenza recentemente assegnate al 5G (3,5 GHz e

26 GHz) non ci sono studi specifici, e mancano completamente analisi che possono confermare che quanto riscontrato per le tecnologie 2G/3G/4G possa essere applicato alla tecnologia 5G, che presenta segnali con comportamenti specifici differenti dalle precedenti (MIMO, *beamforming*). Il previsto impiego futuro di frequenze ad onde millimetriche negli scenari 5G comporta ulteriori preoccupazioni, in quanto l'effetto non termico dei segnali ad alta ed altissima frequenza non è stato indagato.

L'analisi effettuata conferma che la valutazione dei potenziali rischi per la salute derivanti dall'esposizione ai campi a radiofrequenza include una serie di incertezze, alcune intrinseche degli studi epidemiologici, altre legate alla variazione dello scenario dal punto di vista tecnologico ed espositivo ed altre di natura metodologica.

Le lacune metodologiche devono essere colmate per arrivare ad avere protocolli condivisi che permettano di confrontare i risultati dei vari laboratori a livello mondiale. La ricerca sulle onde millimetriche dovrà tenere conto delle novità tecnologiche che si stanno affacciando. Inoltre, in uno scenario futuro la ricerca dovrebbe essere meno settoriale ma comprendere indagini di natura multidisciplinare e soprattutto coprire periodi di tempo molto lunghi.

7 – Riconoscimenti

Il presente articolo è stato scritto nell'ambito del progetto Comma 1039-2021-P15 della Convenzione fra Ministero dello Sviluppo Economico e Fondazione Ugo Bordoni.

8 – Bibliografia

[1] - IARC, "Non-ionizing Radiation, Part 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields", *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans* Volume 102, 2013

[2] - Valbonesi, S., Carciofi, C., Papotti, E., "Studio della propagazione del campo elettrico in matrici biologiche multistrato", *Atti del Convegno AIRP*, 2016 - ISBN 978-88-7479-130-9

[3] - Valbonesi, S., Bisceglia, B., Carciofi, C., "MW propagation in biological tissues: considerations on cornea and skin modelization", *International Applied Computational Electromagnetics Society Symposium*, Florence, Italy, 2017

- [4] - Blackman, C, Forge, S., "5G Deployment: State of play in Europe, USA and Asia - In depth analysis requested by the ITRE committee.", *Policy Department for Economic, Scientific and Quality of Life Policies, Directorate-General for Internal Policies*, 2019
- [5] - EPRS, "Health impact of 5G", July 2021
- [6] - PUBmed – *National Library of Medicine* - <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
- [7] - EMF Portal - <https://www.emf-portal.org/en>
- [8] - IARC, "International Agency for Research on Cancer Preamble updated 2019", 2019
- [9] - ECIS - European Cancer Information System, <https://ecis.jrc.ec.europa.eu/>
- [10] - Chountala, C., Baldini, G., "Electromagnetic emissions from mobile networks and potential effect on health - Preliminary study," *JRC Technical Report EUR 30586 EN*, Publications Office of the European Union, ISBN 978-92-76-29839-7, 2021
- [11] - de Vocht, F., "Inferring the 1985-2014 impact of mobile phone use on selected brain cancer subtypes using Bayesian structural time series and synthetic controls", *Environment International*, 97, 100-107, 2016
- [12] - de Vocht, F., "Analyses of temporal and spatial patterns of glioblastoma multiforme and other brain cancer subtypes in relation to mobile phones using synthetic counterfactuals.", *Environmental Research*, 168, 329-335, 2019
- [13] - Brodersen, K.H., Gallusser, F., Koehler, J., Remy, N., Scott, S.L., "Inferring causal impact using Bayesian structural time-series models", *Ann. of Applied Statistics*, 9 (1), 247-274, 2019
- [14] - The R Project for Statistical Computing - <https://www.r-project.org/>
- [15] - Scott, S.L., "Package bst", <https://cran.r-project.org/web/packages/bst/bst.pdf>
- [16] - SCENIHR (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks), "Opinion on Potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF)" - 27 January, 2015 - DOI: 10.2772/75635 – 2015
- [17] - ICNIRP - International Commission on Non-ionizing Radiation Protection – "Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz)." - *Health Phys* 118(5):483 -524 – 2020, disponibile online all'indirizzo <https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPrfgdl2020.pdf>
-