

Campi elettromagnetici: conoscenze attuali e misure a Pavia

Gli esseri viventi sono da sempre esposti alle radiazioni *naturali* prodotte dalla Terra, dall'atmosfera e dal Sole: raggi cosmici, radiazioni solari, magnetismo terrestre, fulmini, fanno parte di un "fondo" elettromagnetico naturale con il quale l'uomo ha sempre convissuto.

Negli ultimi anni, ad esso si sono aggiunti i campi *artificiali* prodotti dalle sorgenti legate alle attività industriali ed alle nuove tecnologie utilizzate dall'uomo, con la conseguenza che gli esseri viventi sono attualmente esposti a campi di intensità notevolmente superiore rispetto a quella naturale.

D'altra parte, nella vita di tutti i giorni, siamo ormai abituati ad usare macchinari ed elettrodomestici che ci aiutano nelle attività quotidiane e ci permettono di godere di maggior tempo libero; inoltre, le innovazioni tecnologiche e lo sviluppo della ricerca scientifica orientati verso la produzione di macchinari diagnostici e terapeutici sempre più sofisticati, hanno notevolmente allungato l'aspettativa di vita in questo periodo.

Gli elettrodotti che ci portano energia elettrica, gli impianti radar, le antenne di emittenza per radio e televisioni, le antenne per i ponti radiotelevisivi e per la telefonia mobile, gli stessi telefonini producono campi elettromagnetici; anche in casa siamo vicini a molte più sorgenti di radiazioni di quelle che immaginiamo, dai cavi dell'impianto elettrico alla lavatrice, dalla televisione ai trasmettitori posti nelle culle dei neonati, dal tostapane al forno a microonde.

In tabella 1 sono mostrate le principali sorgenti di campi elettromagnetici distinte per frequenze.

Tabella 1 – Esempi di sorgenti di campi elettromagnetici raggruppati per frequenze o lunghezza d'onda.

Tipi di radiazione		Sorgenti principali	Frequenza	Lunghezza d'onda	
RADIAZIONI IONIZZANTI		DIAGNOSTICA A RAGGI X RADIOISOTOPI	>30.000THz	<0.1 μm	
RADIAZIONI NON IONIZZANTI	UV	STERILIZZAZIONE	300 GHz – 30.000 THz	0.1 μm -1 mm	
	VISIBILE	LASER			
	INFRAROSSO	LAMPADE TELECOMANDI			
	RADIOFREQUENZE (RF)	MICROONDE (MW)	IMPIANTI RADAR RADAR TERAPIA ANTENNE PER LA TELEFONIA CELLULARE FORNI A MICROONDE PONTI RADIO	1 GHz – 300 GHz	1 mm – 30 cm
			ANTENNE RADIOTELEVISIVE APPARECCHI PER MARCONI TERAPIA ANTENNE PER RADIOAMATORI	100 kHz – 1 GHz	30 cm – 3 km
BASSE FREQUENZE (ELF)		VIDEOTERMINALI APPARECCHI PER MAGNETOTERAPIA ELETTRODOMESTICI ELETTRODOTTI	>0 Hz – 100 kHz	3 km - <∞	
CAMPI STATICI		RISONANZA MAGNETICA ELETTROLISI	0 Hz	∞	

Notiamo che le onde elettromagnetiche prodotte dalle diverse sorgenti sono distinte in due gruppi:

- ◆ **RADIAZIONI IONIZZANTI**, che possiedono una quantità di energia tale da provocare, a dosi significative, modificazioni nella struttura del DNA; sono quelle che possono danneggiare l'organismo umano, provocando patologie tumorali anche gravissime.
- ◆ **RADIAZIONI NON IONIZZANTI**, caratterizzate da una quantità di energia molto bassa tale da non modificare la materia a livello atomico.

La differenza tra radiazione ionizzante e non ionizzante risulta netta, perfettamente definita, tale da non poter creare alcuna confusione ed inquietudine.

Quando si parla di **ELETTROSMOG** o **INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO** ci si riferisce alla grande quantità di campi elettrici e magnetici generati da onde appartenenti alla sezione *non ionizzante* dello spettro elettromagnetico, più precisamente da 300 GHz a 0 Hz.

- ✓ Da 300 GHz a 100 kHz sono comprese le frequenze legate ai campi magnetici delle **RADIOFREQUENZE** o **RF** e delle **MICROONDE** dette anche **MW**.

Le principali sorgenti sono rappresentate da emettitori e ripetitori radiotelevisivi e dai ripetitori per la telefonia mobile. Appartengono a questo gruppo anche i telefoni cellulari e i forni a microonde.

- ✓ Da 100 kHz a 0 Hz sono comprese le frequenze che caratterizzano i campi magnetici a **FREQUENZE ESTREMAMENTE BASSE** dette anche **ELF**; le principali sorgenti artificiali sono rappresentate dagli elettrodotti, dalle linee elettriche di distribuzione e da tutti gli apparecchi alimentati da corrente elettrica, elettrodomestici e videoterminali compresi.

RISCHI PER LA SALUTE E LEGGI CHE CI TUTELANO

Da diversi anni, le conseguenze causate dall'esposizione a campi elettromagnetici sono oggetto di intenso lavoro di ricerca: faremo pertanto riferimento ai documenti prodotti dall'Organizzazione Mondiale della Sanità che, nel 1996, ha avviato un progetto internazionale per dare alla popolazione delle risposte alle preoccupazioni sorte circa gli effetti sull'uomo dei campi elettromagnetici. Gli studi eseguiti a tutt'oggi dalla Comunità scientifica internazionale si basano su due considerazioni: in primo luogo che gli effetti prodotti da una esposizione a campi elettromagnetici sono molto diversi se ci riferiamo a ELF oppure a RF/MO, e che esiste una distinzione tra effetti acuti a breve termine oppure effetti cronici a lungo termine.

(Tab.2) **ESPOSIZIONE A CAMPI ELF**

EFFETTI ACUTI A BREVE TERMINE

- ◆ I dati scientifici portano ad **escludere qualunque danno apprezzabile alla salute** come effetto immediato dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici a 50 hertz che possono essere presenti **nei normali ambienti di lavoro e di vita**

EFFETTI CRONICI A LUNGO TERMINE

- ◆ **Ipoteticamente cancerogeni per l'uomo per esposizioni prolungate a campi elevati.**

ESPOSIZIONE A CAMPI RF/MO

EFFETTI ACUTI A BREVE TERMINE

- ◆ Le ricerche scientifiche censite dall'OMS riferiscono essenzialmente **effetti di natura termica**

EFFETTI CRONICI A LUNGO TERMINE

- ◆ **Le preoccupazioni manifestate** a proposito dell'esposizione cronica a campi elettromagnetici a radiofrequenza **non trovano** attualmente, secondo l'OMS, **alcuna giustificazione nei dati scientifici**

La indicazione relativa agli **effetti ipoteticamente cancerogeni** per l'uomo, derivanti dall'esposizione prolungata nel tempo a campi elettrici e magnetici ELF, rappresenta una definizione all'interno di una classificazione elaborata dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC). Questa classificazione indica che *esiste una limitata evidenza credibile che l'esposizione prolungata a campi ELF elevati potrebbe provocare il cancro, non che certamente lo provochi*, né viene indicata l'entità del rischio.

Tale giudizio è stato formulato riferendosi ad alcuni studi condotti in diversi Paesi che hanno evidenziato un incremento del numero dei casi di alcune patologie tumorali, leucemie infantili in particolare. Molteplici ricerche sono al momento in corso, tuttavia non esistono ancora documentazioni che confermino questa associazione; inoltre, la stima del rischio fornisce un valore così basso che attualmente non può essere considerato significativo.

Nell'incertezza vale il principio di cautela che suggerisce di adottare, ove possibile, le misure che riducano al minimo l'esposizione ai campi elettromagnetici ELF.

A questo proposito un chiarimento essenziale va fatto per gli elettrodomestici comunemente presenti nelle nostre abitazioni: ricordiamo che un campo elettromagnetico "di fondo" è sempre presente in casa, aumenta con l'uso dei vari apparecchi elettrici e dipende anche dalla potenza dell'apparecchio stesso e dalla richiesta di energia.

ELETTRODOMESTICI	CAMPO MAGNETICO (μ T) alla distanza di		
	3 cm	30 cm	100 cm
Lavatrice	0.8-50	0.15-3	0.01-0.15
Lampada da tavolo	40-400	0.5-2	0.02-0.25
Asciugacapelli	6-2000	<0.01-1	<0.01-0.3
Ferro da stiro	8-30	0.12-0.3	0.01-0.03
Forno elettrico	1-50	0.15-0.5	0.04-0.09
Frigorifero	0.5-1.7	0.01-0.25	<0.01
Rasoio elettrico	15-1500	0.08-7	<0.01-0.3
Televisore	25-50	0.04-2	<0.01-0.15

Tabella 3 – Livelli tipici di esposizione al campo magnetico per i più comuni elettrodomestici

La tabella 3 ci mostra come l'intensità del campo magnetico è rilevante soprattutto nelle immediate vicinanze dell'elettrodomestico in funzione *diminuendo* con la *distanza*.

Inoltre l'esposizione meno sicura, poiché la distanza dalla sorgente è minima, riguarda solo zone parziali del corpo come ad esempio il capo per l'asciugacapelli ed il viso per il rasoio elettrico. Occorre pertanto "autoregolare l'esposizione" riducendola al minor tempo possibile e stando a distanza di sicurezza dalle sorgenti.

CONSIGLI PER RIDURRE L'ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI PROVOCATI DA ALCUNI ELETTRODOMESTICI

Asciugacapelli	Il motore dell'apparecchio deve essere tenuto lontano dalla testa almeno 20-30 cm Meglio se nei bagni vengono installate sorgenti fisse a tubo.
Rasoio elettrico	Limitarne l'uso alternandolo con le tradizionali lamette
Televisione	Stare ad almeno 2 metri di distanza. Non sostare nella parte posteriore e laterale in cui i campi magnetici possono essere più elevati
Apparecchiature elettroniche in generale	Impiegarle alla massima distanza possibile e non lasciarle accese inutilmente. Evitare di usarle vicino ai bambini

L'aumento di temperatura da parte dei tessuti corporei costituisce l'effetto acuto a breve termine provocato da una esposizione a campi elettromagnetici RF. Questo aumento della temperatura è contrastato dai normali meccanismi di termoregolazione, che però non sono efficaci negli organi scarsamente vascolarizzati come l'occhio e le gonadi maschili.

La quantità di radiazioni assorbita viene definita SAR o *tasso specifico di assorbimento* che viene misurata in Watt per chilo di peso corporeo: *effetti biologici significativi* possono verificarsi quando le radiazioni assorbite provocano un aumento di temperatura pari ad 1°C, corrispondente ad un SAR di 4 W/kg. La densità di potenza del campo elettromagnetico corrispondente è di 100 W/m², mentre l'intensità del campo elettrico è di circa 200 V/m: questi valori si riscontrano soltanto a pochi metri da antenne molto potenti, utilizzate solo per le emissioni radiotelevisive e solitamente collocate in luoghi molto lontani dai aree abitate ed accessibili solo agli addetti ai lavori.

Il SAR corrispondente ai valori massimi di esposizione alle radiofrequenze fissati dalla normativa italiana è uguale a 0.08 W/kg, con un riscaldamento del tessuto umano pari a 0.02°C: il limite

considerato, perciò, risulta di estrema prudenza essendo inferiore di ben 50 volte al livello di cautela adottato a livello internazionale.

Tabella 4 – Norme della Comunità Europea (Raccomandazione del 12 luglio 1999)

Sorgenti tipiche	Frequenza	Campo elettrico	Campo magnetico
Elettrodotti	50 Hz	5000 V/m	100 μ T
Antenne radio onde medie	1 MHz	87 V/m	0.73 A/m
Stazioni radio base per la telefonia cellulare (SRB)	900 MHz	41.2 V/m	0.111 A/m
Ponti radio	10 GHz	61 V/m	0.16 A/m

Tabella 5 – Limiti della normativa italiana (Legge n. 36 del 22 febbraio 2001)

Sorgenti tipiche	Frequenza	Campo elettrico	Campo magnetico
Elettrodotti	50 Hz	5000 V/m	100 μ T
Antenne radio onde medie	1 MHz	60 V/m	0.2 A/m
Stazioni radio base per la telefonia cellulare (SRB)	900 MHz	20 V/m	0.05 A/m
Ponti radio	10 GHz	40 V/m	0.1 A/m
Misure di cautela alle radiofrequenze			
Radio, SRB,...	100 kHz–300 GHz	6 V/m	0.016 A/m

Nelle tabelle 4 e 5 vengono indicati i valori limite di esposizione a campi elettrici e magnetici fissati dalle norme comunitarie e dalla legge italiana.

Le tabelle ci mostrano come i limiti attualmente in vigore in Italia siano di gran lunga più restrittivi di quelli adottati dalla Comunità Europea: questa estrema cautela del legislatore si fonda sul *principio di precauzione* poiché, non disponendo di studi capaci di escludere che i campi elettromagnetici possano produrre effetti dannosi sulla salute, si è ritenuto opportuno essere ancora più prudenti di quanto già non lo fosse stata l'Unione Europea.

In particolare, in ambienti dove la permanenza dell'uomo è superiore alle quattro ore, per le frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz, vale il limite ancora più severo di 6 V/m per il campo elettrico e 0.016 A/m per il campo magnetico.

ONDE ELETTROMAGNETICHE A PAVIA

Gli elettrodotti ad alta, media e bassa tensione sono sorgenti di campi elettromagnetici **ELF**: a Pavia gli elettrodotti a tensione più elevata sono dislocati per lo più in aree periferiche.

L'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Lombardia ha effettuato verifiche e continua a mantenere sotto controllo la situazione presso tali sorgenti di onde elettromagnetiche .

Non si sono mai osservati superamenti dei limiti di legge riguardo i campi elettromagnetici alle basse frequenze in alcun sito nel Comune di Pavia.

Anche le antenne installate sui nostri tetti per favorire lo sviluppo della telefonia mobile, insieme alle antenne dei sistemi radiotelevisivi, sono fonti di onde elettromagnetiche che generano campi alle radiofrequenze (**RF**).

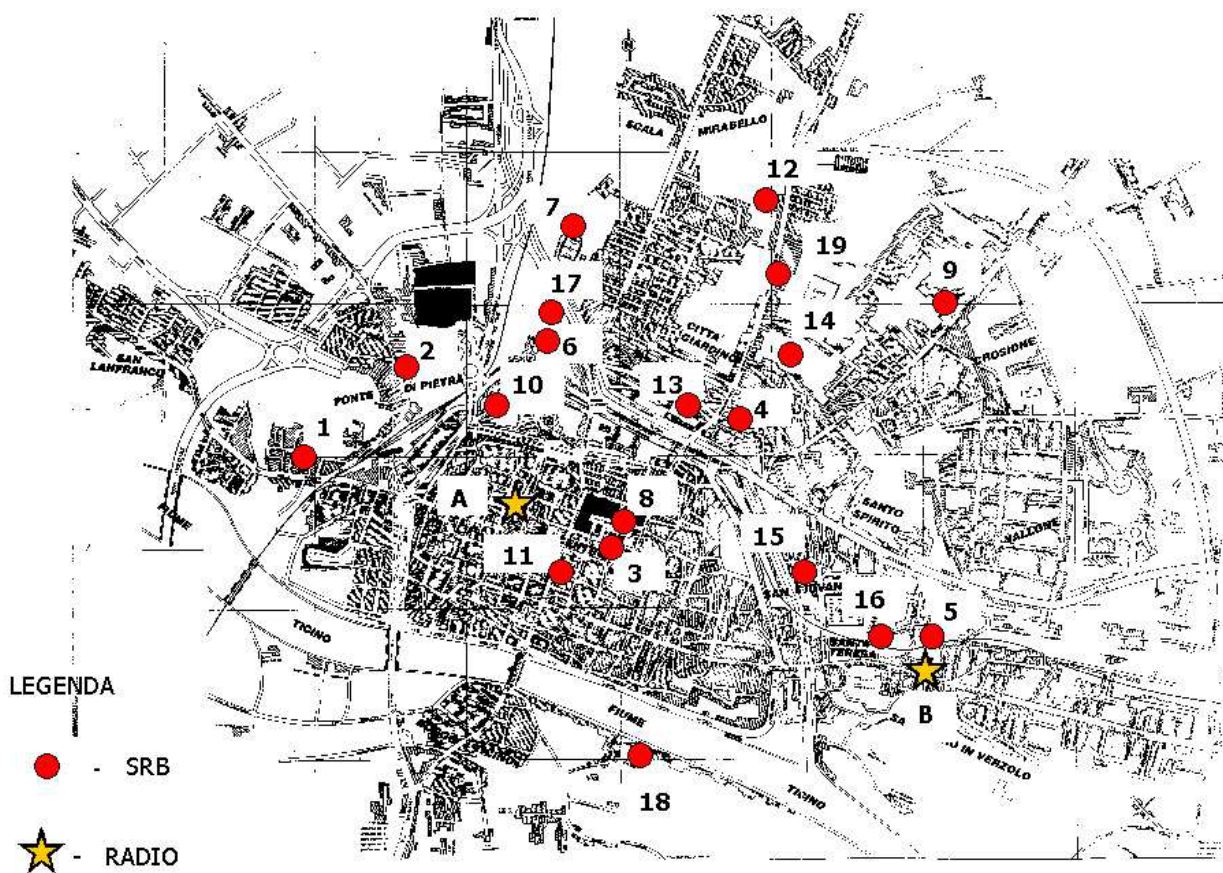


Fig. 1 – Siti ove sono collocate le principali sorgenti di campi elettromagnetici alle radiofrequenze a Pavia: il punto rosso indica le stazioni radio base (SRB) e la stella gialla le emittenti radiofoniche.

Nell'anno 2000 è stata effettuata un'indagine su tutto il territorio comunale di Pavia allo scopo di misurare l'intensità del campo elettromagnetico alle radiofrequenze in città. I risultati di tale indagine sono contenuti in una tesi di laurea discussa all'Università di Pavia¹ e della quale si riportano in sintesi i risultati.

¹ Tesi discussa il 12.12.00 dalla D.ssa Elisabeta Scupelli per il conseguimento del titolo di Dottore in Fisica

Nella figura 1 sono riportati i siti che individuano le principali sorgenti di campo elettromagnetico a Pavia, in particolare le antenne radio e le stazioni radio base per la telefonia mobile (SRB).

Le due stelle gialle indicano la localizzazione delle antenne radio attive, mentre i cerchi rossi segnalano i 19 siti delle stazioni radio base per la telefonia cellulare.

La maggior parte delle SRB sono situate nelle aree più densamente abitate, dovendo raggiungere un elevato numero di utenti: una grande capacità di traffico viene garantita moltiplicando il numero delle stazioni riceventi e trasmettenti perciò la porzione di territorio o “cella” che ogni antenna irraggia è assai limitata, in città va da poche centinaia di metri a due chilometri al massimo.

Per evitare interferenze tra stazioni radio base contigue che adottano gli stessi canali radio, la potenza di emissione in ognuna di queste celle è molto bassa, da 40 watt per il sistema TACS, utilizzato ormai solo dal 10% degli utenti, a 30 watt per il sistema GSM e DCS.

Le antenne, sia riceventi che trasmettenti, sono normalmente installate su tralicci o sul tetto di edifici in modo tale che il fascio elettromagnetico irraggiato non incontri ostacoli che riducano la copertura e l'efficacia nelle celle di interesse.

E' indubbio che sono state sottovalutate sia le esigenze di natura estetica che i problemi dovuti all'impatto visivo che tralicci e sistemi di antenne hanno sul paesaggio urbano; tuttavia si sottolinea che *le dimensioni delle antenne e quelle dei loro sostegni non sono collegate alla potenza irradiata, anzi tecnicamente risulta proprio il contrario* poiché l'obiettivo è quello di concentrare il segnale in un'area ben definita ed alle frequenze necessarie senza incontrare ostacoli che ne riducano l'efficienza trasmissiva.

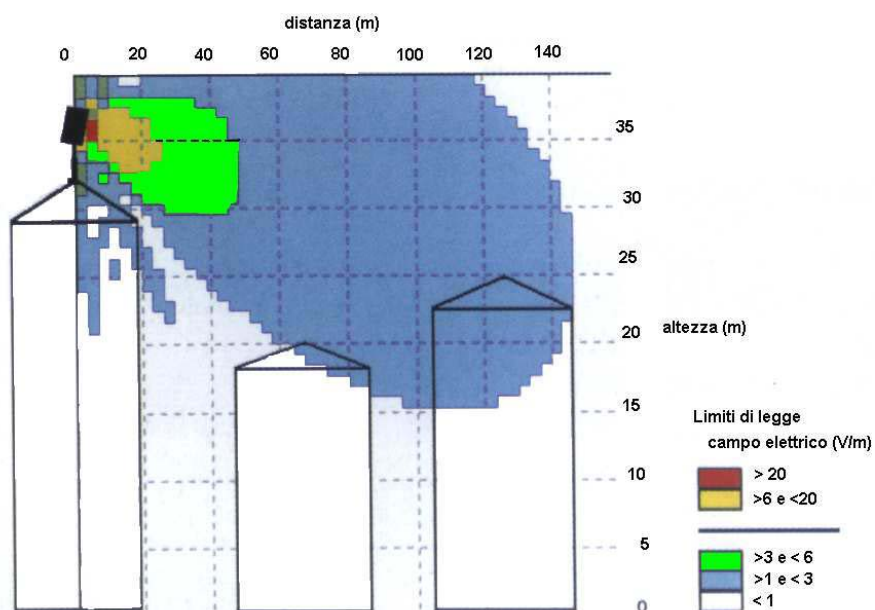


Fig. 2 – Campo elettrico nei pressi di una stazione radio base posta sul tetto di una casa.

In Fig. 2 è rappresentato il campo elettrico generato da un'antenna per la telefonia cellulare posizionata sul tetto di un condominio. Come si può osservare le emissioni elettromagnetiche emesse dalle stazioni radio base hanno un orientamento ben preciso mirato a coprire le aree esterne d'interesse. Per questo motivo è molto difficile che venga superato il limite di legge di 6/Vm stabilito per gli edifici sottostanti le antenne e comunque vicini ad esse.

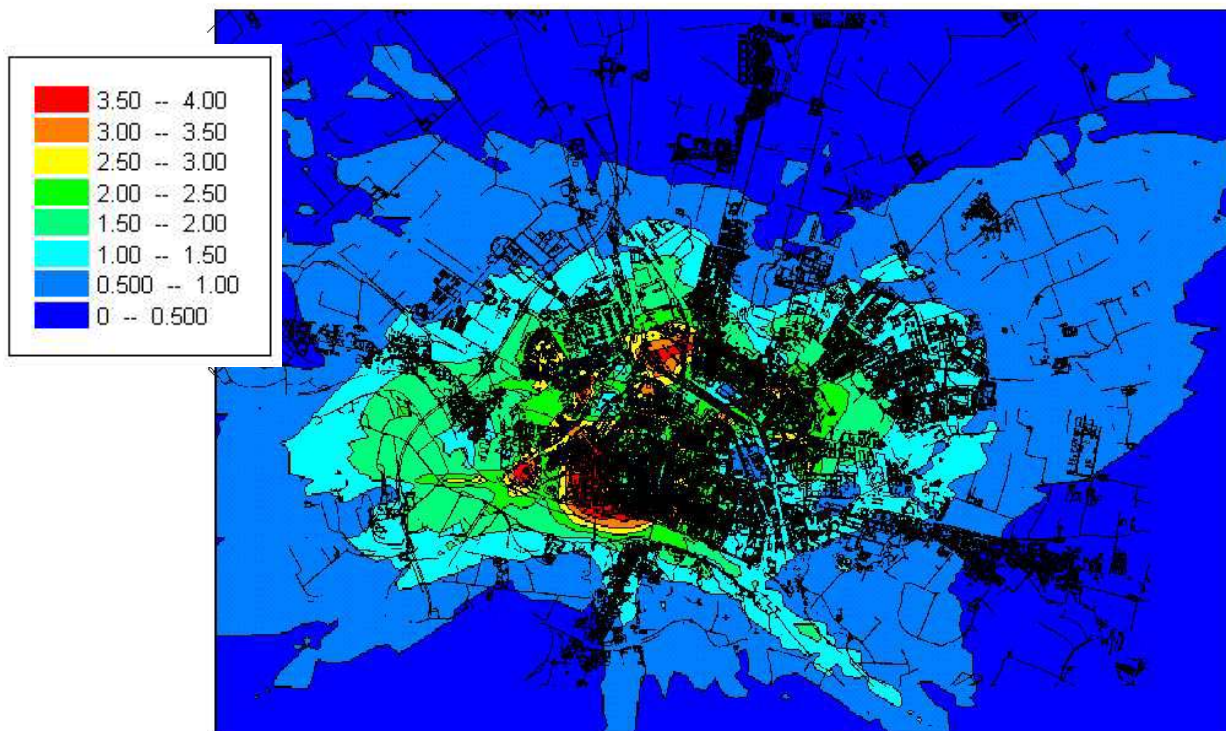


Fig. 3 – Intensità del campo elettrico (V/m) massimo calcolato nella città di Pavia nell’ipotesi in cui tutte le stazioni radio base siano accese alla massima potenza.

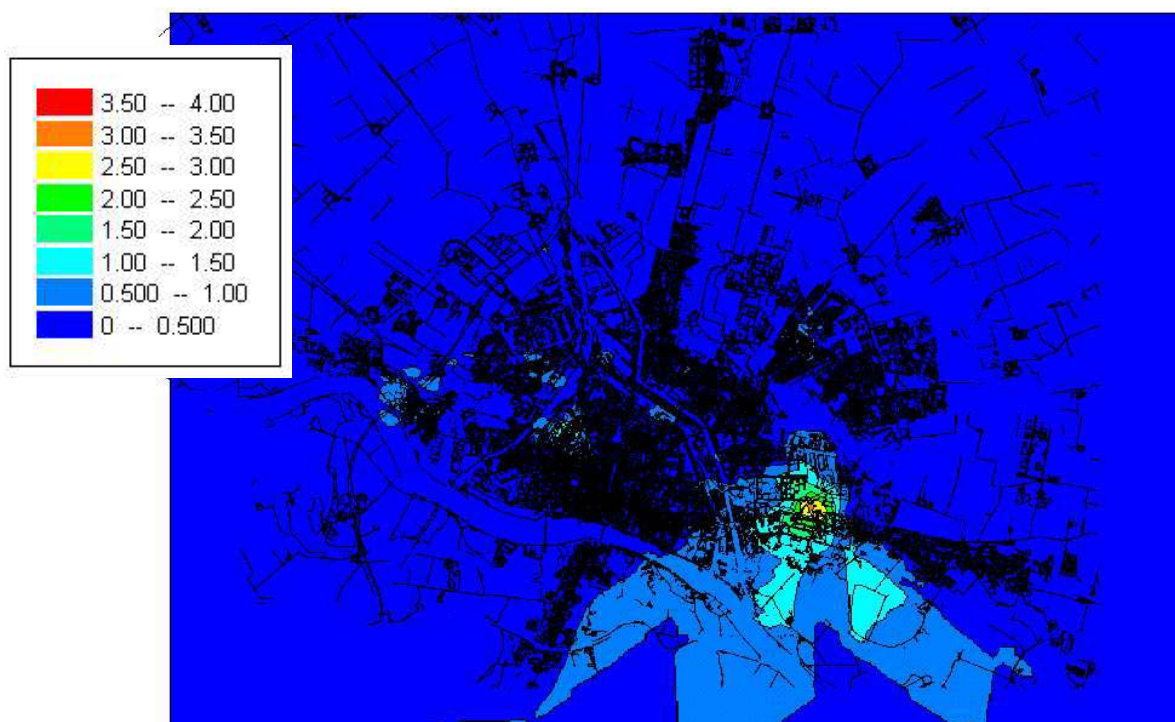


Fig. 4 – Intensità di campo elettrico (V/m) a Pavia, risultante da oltre 400 misure effettuate sul territorio urbano.

In fig.3 sono riportate le *valutazioni effettuate su tutto il territorio comunale* ipotizzando che tutte le stazioni radio base siano attive contemporaneamente ed alla massima potenza. *In nessun punto si osserva il superamento del limite di 6 V/m, ed ovviamente nemmeno quello di 20 V/m.*

Oltre a queste valutazioni teoriche sono state effettuate misurazioni di campo elettrico in più di 400 punti specifici della città. I risultati di tale indagine sono riportati in figura 4.

Il limite di 20 V/m non viene mai avvicinato così come non si raggiunge neanche la misura più restrittiva, definita anche *limite di qualità*, dei 6 V/m. I punti critici rilevati, comunque con valori di campo elettrico massimo pari a 4 V/m, si sono riscontrati nei pressi di una delle stazioni radio.

In generale a Pavia i valori di campo elettrico sono compresi tra 0.5 e 1 V/m, corrispondenti al normale fondo elettromagnetico indispensabile alla regolare ricezione radiofonica, televisiva e per la telefonia mobile.

L'ultima osservazione è relativa all'introduzione delle antenne per la telefonia mobile che hanno mediamente incrementato il fondo elettromagnetico di 0.5 V/m, valore che non può comportare preoccupazioni e timori di sorta.

Testo e immagini curati da:

Cristina Bosio, Lucianna Melgiovanni e Massimo Tamburelli
Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Lombardia – Dipartimento di Pavia
Via Bixio 13, 27100 Pavia.
Elisabetta Scupelli, laureata in Fisica il 12.12.00 presso l'università degli studi di Pavia.