

Studio dell'evoluzione della diffusione dell'inquinamento elettromagnetico con l'introduzione dei sistemi 4G. Valutazioni statistiche - Rappresentazione grafica, cartografica e spunti per eventuali studi epidemiologici

Zari¹A., Giusti¹ G., Chiari¹C., Bracci¹B.

¹ARPAT, Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana
Via Marradi 114, 57126 Livorno, Italia (a.zari@arpat.toscana.it)

La rilevanza dell'inquinamento elettromagnetico, negli ultimi 10-15 anni, è andata sempre più crescendo, a causa dell'incremento impressionante del numero di telefoni cellulari e, più recentemente, per la diffusione di apparecchi wireless o similari (quali smartphone, tablet pc, pc portatili). Recenti stime parlano di **oltre 7 miliardi di esemplari al mondo**: tale semplice numero (dato in robusta crescita) è già esaustivo per immaginare l'imponenza dell'infrastruttura di supporto. Per il funzionamento degli apparati portatili, infatti, è stata creata una rete di Stazioni Radio Base (SSRB), di proprietà dei vari gestori, che ha raggiunto una diffusione sul territorio molto ampia, con una copertura quasi totale e di conseguenza un aumento della diffusione dell'inquinamento elettromagnetico a radiofrequenza, sia per estensione che per intensità. A partire dalle valutazioni puntuali degli impianti in questione per la verifica del rispetto dei limiti di legge, che in Italia spetta alle ARPA, questo studio si propone di andare a valutare l'esposizione della popolazione in una intera città (Livorno) mediante software di simulazione 3D su base cartografica. La valutazione viene effettuata stimando l'impatto attuale (inizio 2016) e l'impatto presente 4 anni fa, (inizio 2012) per quantificare gli incrementi dovuti all'implementazione dei sistemi 4G.

DESCRIZIONE DEL CRITERIO DI LOCALIZZAZIONE DEI PUNTI DI CALCOLO

Il territorio del Comune di Livorno si estende su di un'area di circa 104 Km²: calcolare il campo elettrico integralmente su tutto il territorio a intervalli di un metro, significherebbe (considerato anche l'altezza, cioè la tridimensionalità del modello geografico) dover fare un calcolo su miliardi di punti (considerando circa un milione di punti a Km² per circa 100 diverse quote raggiungiamo cifre dell'ordine di 10 miliardi).

Calcolare i livelli su una così estesa matrice richiede enormi risorse di calcolo e fornisce di fatto un quadro poco significativo, poiché i recettori risulterebbero come disposti "ovunque", anche in luoghi e posizioni non accessibili e/o poco frequentate dalle persone restituendo informazioni non significative in relazione alla valutazione dell'esposizione umana.

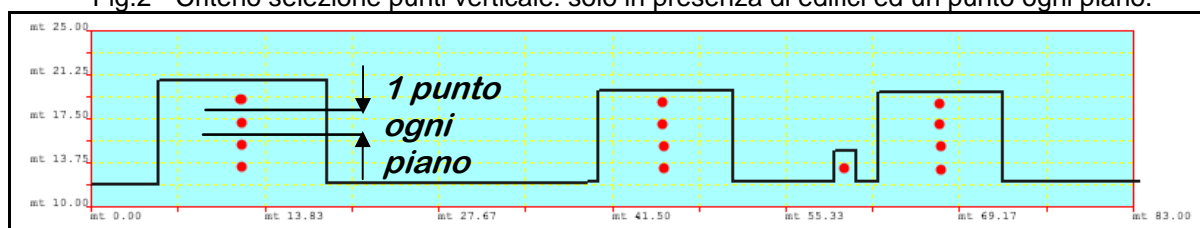
Da qui l'idea di selezionare i punti di calcolo, cioè individuare un criterio per determinare quali siano i punti significativi per stimare i livelli della possibile esposizione dei cittadini che sia più attinente alla reale esposizione. Il criterio applicato al fine di condurre tali stime è rappresentato dalla risposta alla domanda: "dove stanno principalmente le persone?". Risposta: negli edifici.

Quindi, a partire da cartografie georeferenziate (fonte dati Regione Toscana, Comune di Livorno) contenenti dati sugli edifici quali la loro posizione, la loro altezza al suolo e al colmo rispetto al livello del mare, sono state individuate le coordinate X e Y nelle posizioni baricentriche di ciascun palazzo, per poi andare ad individuare, in altezza, tanti punti quanti risultano i piani di ciascun edificio (differenti valori di Z) andando a popolare una matrice tridimensionale di coordinate relative alla distribuzione spaziale dei punti nei quali condurre le stime teoriche.

Fig.1 – Criteri di selezione punti orizzontali: un punto per ogni edificio (in giallo)



Fig.2 - Criterio selezione punti verticale: solo in presenza di edifici ed un punto ogni piano.



Attraverso questa “selezione” di punti di calcolo, si è potuto passare da una matrice territoriale enorme e poco gestibile, contenente perlopiù punti non significativi al fine della stima dell'esposizione ai CEM, ad un raggruppamento di 7 insiemi di punti distribuiti sul territorio e divisi per piano calpestabile degli edifici, dal pian terreno al 6° piano. Il totale degli edifici interessati è stato di 26.472, mentre il numero totale dei punti di calcolo è ammontato a 73.588, ognuno rappresentativo dell'esposizione che si può avere nei diversi piani di tutti gli edifici presenti nel territorio considerato.

Tab. 1 - Numero punti di calcolo suddiviso per piani abitabili di edifici

<i>Piani edifici</i>	<i>P0</i>	<i>P1</i>	<i>P2</i>	<i>P3</i>	<i>P4</i>	<i>P5</i>	<i>P6</i>	<i>Totale punti</i>
<i>Numero punti di calcolo</i>	26472	15797	10905	8329	5997	3885	2203	73588

METODO DI CALCOLO

Le simulazioni effettuate sono state eseguite con specifico SW conforme ai requisiti di calcolo imposti dalle norme CEI di riferimento **CEI 211-10**, tenendo conto di tutti i trasmettitori presenti in città in due momenti diversi: ad oggi (2016 - presenti circa 1300 trasmettitori) e 4 anni fa (2012 - presenti circa 700 trasmettitori), cioè prima dell'introduzione dei sistemi 4G (LTE).

Nel calcolo inoltre non sono stati tenuti in conto né parametri di attenuazioni edifici, né fattori di riduzione delle emissioni (Alfa24).

RISULTATI

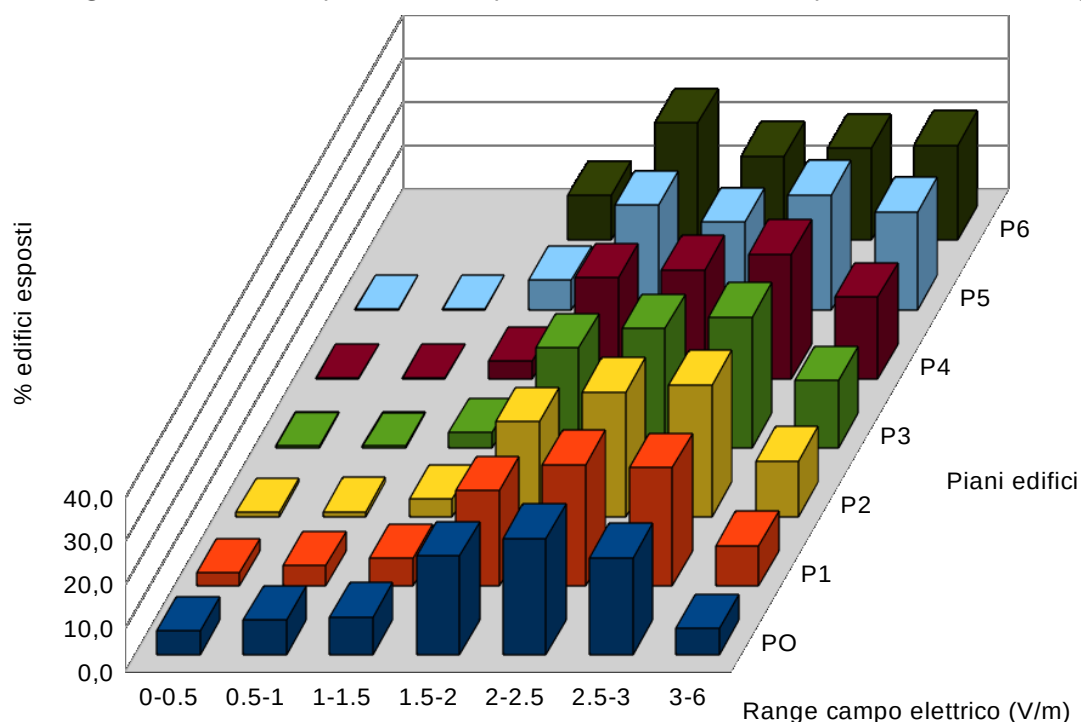
Un primo risultato ottenuto sono state le simulazioni condotte sui dati aggiornati ad oggi che permettono una stima teorica di distribuzione dell'esposizione della popolazione

Inoltre il confronto con i risultati sui dati basati sui trasmettitori presenti nel 2012 consente di stimare l'impatto ambientale dell'introduzione dei **sistemi 4G** all'interno del territorio comunale di una intera città. L'output finale consiste in una matrice dove, oltre al valore di campo elettrico calcolato, sono registrate le informazioni geografiche per ciascun punto di calcolo (latitudine, longitudine e quota).

Tab. 2 – distribuzione dei livelli calcolati in funzione del piano

Piano	<i>P0</i>	<i>P1</i>	<i>P2</i>	<i>P3</i>	<i>P4</i>	<i>P5</i>	<i>P6</i>	Totale
Range campo elettrico (V/m)	n°	n°	n°	n°	n°	n°	n°	n°
0,0÷0,5	1443	465	109	34	10	2	0	2063
0,5÷1,0	2099	736	123	31	3	1	0	2993
1,0÷1,5	2302	992	446	288	243	265	228	4764
1,5÷2,0	6019	3454	2390	1910	1396	932	596	16697
2,0÷2,5	7095	4412	3126	2282	1497	784	428	19624
2,5÷3,0	5901	4292	3313	2503	1720	1026	467	19222
3,0÷6,0	1613	1446	1398	1281	1128	875	484	8225
Totale punti di calcolo	26472	15797	10905	8329	5997	3885	2203	73588

Fig.3 - Percentuale di piani abitati esposti a diversi valori di campo elettrico - suddivisi per piano.



VALUTAZIONI TECNICHE E STATISTICHE

STIMA ESPOSIZIONE POPOLAZIONE ATTUALE (2016)

Si può facilmente notare come le maggiori percentuali di edifici risultino esposti a valori di campo elettrico medio-bassi, compresi tra 1 e 3 V/m, indice di un livello di inquinamento basso, ma molto diffuso, che interessa la maggior parte della popolazione.

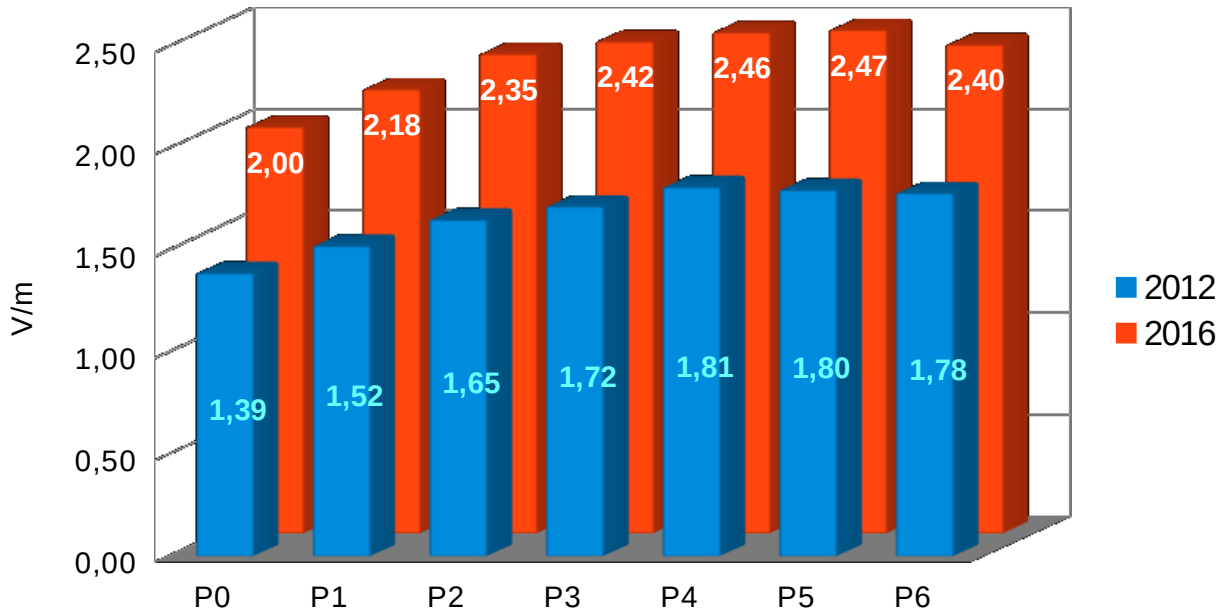
CONFRONTO DATI 2012 – 2106: EVOLUZIONE DELL'INQUINAMENTO

L'introduzione delle nuove tecnologie 4G e la sempre maggiore diffusione capillare delle reti per le telecomunicazioni mobili, ha portato negli ultimi 4 anni nella sola Città di Livorno, l'incremento dei trasmettitori presenti da circa 700 a circa 1300. Tale incremento ha portato una diffusione sempre maggiore dell'inquinamento elettromagnetico: si passa infatti da un valor medio di 1,55 V/m nel 2012 a 2,20 V/m nel 2016, come illustrato in tabella 3.

Tab. 3 – Confronto dei livelli medi di esposizione al campo elettrico (V/m) suddivisi per piano e complessivi

Piani edifici	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Complessivo
2012	1,39	1,52	1,65	1,72	1,81	1,80	1,78	1,55
2016	2,00	2,18	2,35	2,42	2,46	2,47	2,40	2,20
incremento %	43%	43%	42%	41%	36%	37%	35%	41%

Fig.4 - Confronto dei livelli medi di esposizione (suddivisi per piano e complessivi).



ULTERIORI CONSIDERAZIONI SULLA VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE UMANA

Tutti i calcoli del campo elettrico, corpo di questo lavoro, sono stati effettuati secondo norma CEI 211-10, cioè senza valutare l'effetto schermante delle mura degli edifici.

In effetti tale norma non è pensata per il calcolo del campo elettromagnetico in maniera diffusa ed a fini di considerazioni statistiche, ma è stata pensata per il calcolo puntuale e deterministico di tale inquinante: consiglia di mettersi nelle condizioni peggiori e di eseguire calcoli di natura cautelativa, senza considerare appunto il possibile (in quanto è possibile, ma non certo, come ad esempio in prossimità di finestre terrazze e balconi) effetto schermante delle mura edificate.

La stessa norma CEI n°211-10, nel par.6, indica, riguardo ai muri perimetrali tipici di un abitazione, che "il campo elettromagnetico che attraversa il muro (e che quindi può essere preso come riferimento all'interno di un abitazione), risulta attenuato di 12 dB rispetto al campo incidente"

Considerando questa attenuazione "tipica", ma che ricordiamo non presente in prossimità di porte e finestre e in tutti i luoghi degli edifici dove l'impianto trasmissivo è "visibile" (come accade spesso su balconi e terrazze), i valori dei livelli stimati sarebbero notevolmente ridotti, in quanto una attenuazione di 12 dB corrisponde ad una diminuzione del campo elettrico di un fattore circa 4 (cioè il 25% di quanto calcolato).

In tal caso i range di riferimento su cui abbiamo basato tutti i nostri calcoli diminuirebbero di 4 volte, ed in particolare il range di riferimento più alto passerebbe da 3-6 V/m a quello ben più esiguo di 0,75-1,5 V/m, come illustrato il Tabella 4.

Tab. 4- Come si trasformano i range di campo elettrico applicando i coeff. di l'attenuazione dei muri.

Range campo elettrico (V/m)	
senza alcuna attenuazione	con attenuazione mura perimetrali (12 dB)
0 ÷ 0,5	0 ÷ 0,125
0,5 ÷ 1	0,125 ÷ 0,250
1 ÷ 1,5	0,250 ÷ 0,375
1,5 ÷ 2	0,375 ÷ 0,500
2 ÷ 2,5	0,500 ÷ 0,625
2,5 ÷ 3	0,625 ÷ 0,750
3 ÷ 6	0,750 ÷ 1,500

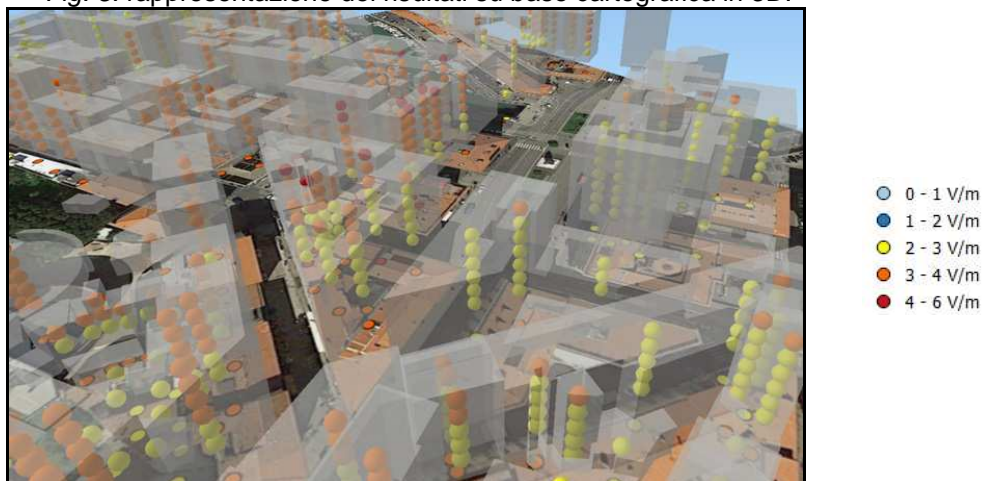
RAPPRESENTAZIONE SU SW OPEN SOURCE

Nel presente lavoro viene anche proposto un esempio basato sull'utilizzo del software open source QGIS come valido strumento per poter visualizzare i risultati, anche allo scopo di renderli fruibili a terzi. Tali dati potranno essere correlati con altre informazioni permettendo, su base cartografica, di disporre di database georeferenziati contenenti dati ambientali relativamente a varie tipologie di inquinanti e di comporre un quadro sempre più completo relativamente ai fattori di pressione ambientali.

Fig. 4: rappresentazione dei risultati su base cartografica in 2D.



Fig. 5: rappresentazione dei risultati su base cartografica in 3D.



La visualizzazione in 3D realizzata con il plugin "Qgis2threejs" di Qgis, permette di creare degli spaccati del tessuto cittadino che possono essere esplorati, operando zoom cambi di vista, rotazioni, etc e permette quindi di visualizzare, evidenziandoli ad esempio con una legenda graduata, i livelli di esposizione emersi dall'analisi condotta ad altezze differenti.

CONCLUSIONI

E' stata dimostrata la fattibilità di una stima dell'esposizione della popolazione all'inquinamento elettromagnetico prodotto da impianti per la telefonia cellulare mediante la costruzione di una matrice tridimensionale realizzata sull'edificato.

Tale matrice è stata realizzata per la città Livorno: circa 73000 punti di calcolo, su cui è stato calcolato il contributo sommatorio di circa 1300 sistemi di trasmissione.

Queste matrici tridimensionali e georeferenziate (X, Y e Z, cioè latitudine, longitudine e quota) che contengono i valori di inquinamento elettromagnetico prodotti dalle SSRB, Stazioni Radio Base per la telefonia cellulare, potranno in futuro far parte di data-base più complessi, contenenti dati ambientali di ogni forma di inquinamento. I dati in essi contenuti possono essere valutati nel complessivo, al fine del controllo e della conoscenza delle varie pressioni sull'ambiente ed essere utili al lavoro degli epidemiologi, che potranno mettere in relazione i contenuti di questi data-base con eventuali patologie riscontrate sulla popolazione.

Dai risultati è stato intanto possibile fare qualche valutazione di carattere statistico: esiste un inquinamento di fondo ormai diffuso abbastanza uniformemente in un centro abitato, questo inquinamento medio è caratterizzato da valori relativamente bassi di campo elettromagnetico, molto inferiori ai limiti indicati dalle più severe normative ambientali grazie anche alla politica di prevenzione esistente in Italia (tutti gli impianti sono valutati dall'ente preposto prima della loro installazione). I valori più alti non sono particolarmente elevati e riguardano una limitata minoranza di abitazioni/edifici. I livelli di campo elettromagnetico però si stanno sistematicamente innalzando con l'introduzione di nuove tecnologie e con la diffusione e l'uso delle reti per le telecomunicazioni mobili sempre più intensivo. Nel presente studio si è stimato che i livelli teorici di campo elettrico dal 2012 al 2016, intervallo di tempo coinciso con l'introduzione delle tecnologie 4G, si sono innalzati di oltre il 40%.

BIBLIOGRAFIA

Lo studio del Parlamento europeo sui danni alla salute "Elettrosmog, tutti i rischi secondo la Ue" (Nota STOA 05/2001).

Norma CEI 211-10 "Guida alla realizzazione di una Stazione Radio Base per rispettare i limiti di esposizione ai campi elettromagnetici in alta frequenza"

IARC-WHO PRESS RELEASE N° 200 "Interphone study reports on mobile phone use and brain cancer risk"

IARC-WHO PRESS RELEASE N°208 "CLASSIFIES RADIOFREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELDS AS POSSIBLY CARCINOGENIC TO HUMANS"

Valutazione dell'andamento temporale dell'esposizione della popolazione a campi elettromagnetici prodotti da impianti per telefonia cellulare" (A.Silvi, A.Zari e G.Licitra), Atti Convegno Nazionale Istituto Scientifico Europeo "Problemi e tecniche di misura degli agenti fisici nel campo ambientale, pp. 45-48 (anche su CD-ROM), Ivrea (TO), 3-5 aprile 2001

Valutazioni statistiche della diffusione dell'inquinamento elettromagnetico da impianti per telefonia cellulare. Spunti per eventuali studi epidemiologici; Tesi di Laurea di Andrea Zari in Tecniche della Prevenzione dell'Ambiente e nei Luoghi di Lavoro (SNT/4) conseguita presso le Facoltà di Medicina e Agraria - Università di Firenze – 23/10/2012