

La simulazione 3D delle emissioni delle SRB a supporto delle attività di autorizzazione e controllo delle Agenzie Regionali per Protezione dell'Ambiente

Daniele Franci, Enrico Grillo, Tommaso Aureli

ARPA Lazio Sezione Provinciale di Roma, Via G. Saredo 52, 00173 Roma, daniele.franci@arpalazio.it

INTRODUZIONE

Gli impianti di telefonia mobile sono in continua evoluzione, sia dal punto di vista delle tecnologie già esistenti che da quello delle nuove tecnologie che saranno disponibili in un futuro molto prossimo. Difatti, accanto alle tecnologie GSM, DCS e UMTS, si stanno affiancando i nuovi servizi UMTS 900 e LTE che contribuiranno a incrementare l'offerta di trasmissione a banda larga. In aggiunta, è sempre più comune la tendenza dei diversi gestori a condividere gli stessi siti provocando un notevole incremento dei livelli di campo elettromagnetico (previsionale e di fondo), in particolare negli ambienti fortemente urbanizzati. In un contesto di questo tipo, un tool di simulazione del campo elettromagnetico previsionale generato dagli impianti di telefonia mobile può essere di notevole aiuto nei processi autorizzativi e di controllo in cui sono coinvolte le Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente (ARPA).

In questo lavoro si presenta *3DSimulation*, un software sviluppato dalla Sezione Provinciale di Roma di ARPA Lazio che permette di effettuare una simulazione accurata del campo elettrico generato da una o più SRB nello spazio circostante. Il software si interfaccia con il *Sistema-CEM*, il database elettronico nel quale vengono archiviati le informazioni tecniche degli impianti di telefonia presentate dal gestore nel processo autorizzativo, dal quale ricava i dati di input sulla base dei quali viene effettuata la simulazione. In aggiunta, *3DSimulation* permette di generare una isosuperficie tridimensionale che delimita il volume entro il quale il valore del campo elettrico generato dalla SRB è superiore o uguale al limite imposto dalla normativa. La superficie 3D generata può essere esportata in formati compatibili con software di mappatura geografica (es. Google Earth), ottenendo così una visualizzazione tridimensionale dell'impatto elettromagnetico nel contesto urbano, che rende immediata l'identificazione di eventuali situazioni di criticità relative ai valori previsionali di campo elettromagnetico. Oltre alla funzione di supporto alle attività di autorizzazione, la procedura sviluppata da ARPA Lazio rappresenta anche un potente strumento di controllo e prevenzione che può essere esteso a vaste aree di territori, come ad esempio interi quartieri urbani.

DESCRIZIONE DEL SOFTWARE DI SIMULAZIONE

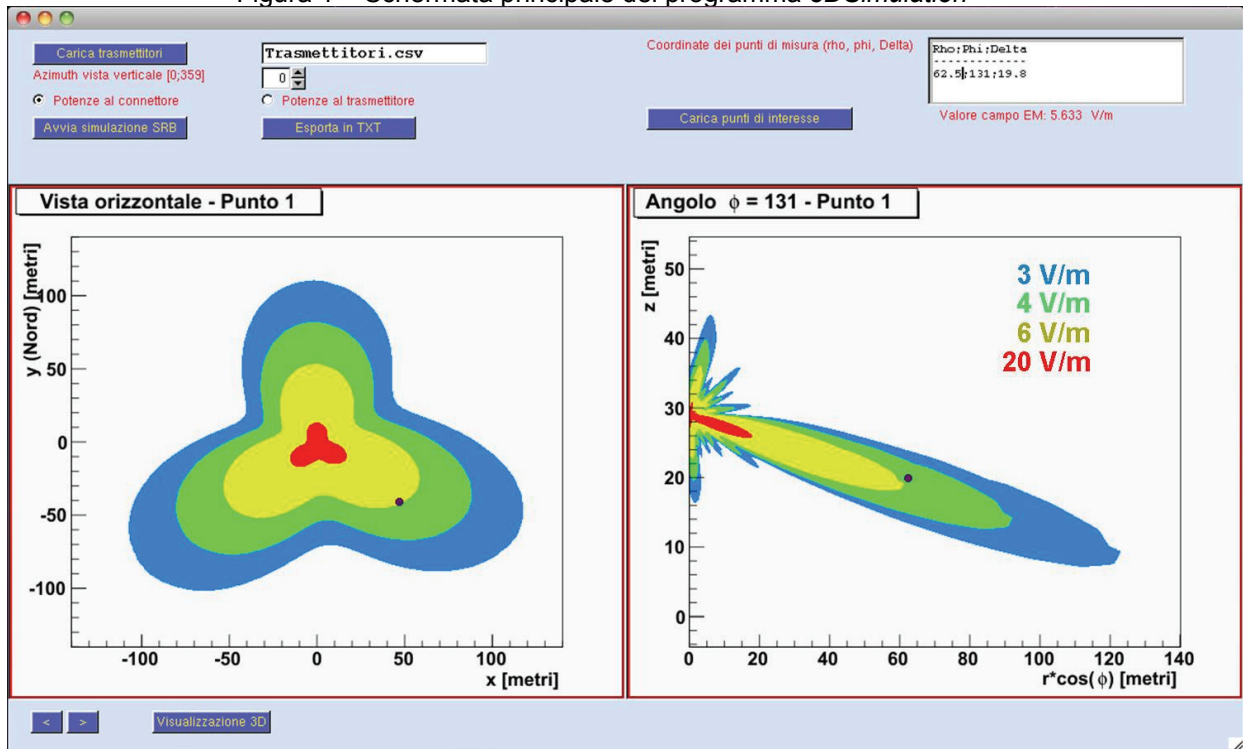
3DSimulation è un software sviluppato da ARPA Lazio, Sezione Provinciale di Roma, per la simulazione del campo elettrico generato nello spazio da impianti radioelettrici ad alta frequenza. Il programma è scritto interamente in C++ e si basa sull'utilizzo delle librerie del pacchetto software ROOT (Brun, 1997), la suite matematica sviluppata al CERN che racchiude strumenti avanzati dedicati all'analisi dei dati sperimentali. Interfacendosi con il Sistema-CEM, attraverso il quale reperisce tutti i dati di input necessari per la simulazione (coordinate geografiche, altezza centro elettrico, potenza, guadagno, tilt e antenne), *3DSimulation* permette di visualizzare graficamente le sezioni orizzontali e verticali delle isosuperfici di irraggiamento a 20, 6, 4 e 3 V/m (fig. 1).

Il software consente inoltre all'utente di visualizzare il valore del campo elettrico in qualsiasi punto dello spazio attraverso un'apposita finestra testuale per l'inserimento delle coordinate dei punti che si vogliono monitorare. Nel caso in cui siano contemporaneamente presenti più impianti radioelettrici all'interno della zona presa in considerazione, il software è in grado di elaborare anche una simulazione congiunta a partire dai dati di input relativi alle singole sorgenti.

Attualmente *3DSimulation* simula il campo elettrico attraverso il *modello di spazio libero* (eq. 1), come indicato dalla norma CEI 211-10 (CEI, 2002)

$$E = \sqrt{\frac{377 \cdot P \cdot G \cdot A_v \cdot A_h}{4\pi \cdot r^2}} \quad (1)$$

Figura 1 – Schermata principale del programma *3DSimulation*



Profilo orizzontale e verticale a 3, 4, 6 e 20 V/m dell'impatto elettromagnetico di una SRB simulata con 3DSimulation. La finestra in alto a destra permette di inserire le coordinate dei punti da monitorare

dove P e G rappresentano rispettivamente la potenza e il guadagno massimo d'antenna, A_v e A_h l'attenuazione verticale e orizzontale relativa alla direzione considerata e r la distanza rispetto al centro elettrico. Algoritmi di calcolo alternativi sono in corso di implementazione e verranno inseriti nella prossima versione del software. Da notare che il software è stato sviluppato seguendo le indicazioni di idoneità per i software di calcolo previsionale dettate dall'appendice G della norma CEI 211-10;V1 (CEI V1, 2004).

Una ulteriore caratteristica di *3DSimulation* è la possibilità di visualizzare i diagrammi di attenuazione orizzontali e verticali delle antenne utilizzate per la simulazione, sotto forma di grafico polare (fig. 2).

La caratteristica principale di *3DSimulation* consiste nella possibilità di registrare, per ogni SRB simulata, una isosuperficie a campo elettrico costante in un formato compatibile con i più popolari software gratuiti per l'editing di immagini. In questa maniera è possibile esportare un solido 3D, rappresentante la zona di massimo impatto elettromagnetico, all'interno di una cartografia tridimensionale.

ELABORAZIONE ED ESPORTAZIONE DEL MODELLO 3D

Come anticipato, l'isosuperficie ottenuta dalla simulazione effettuata con *3DSimulation* può essere caricata da software di editing di immagini ed elaborata al fine di creare un volume di irraggiamento generato dalla SRB in oggetto. Rimanendo nell'ambito di soluzioni gratuite, si è scelto di utilizzare il software *MeshLab* (Cignoni, 2008) per la creazione del volume tridimensionale e *Google SketchUp* per la geolocalizzazione e l'importazione all'interno della cartografia di Google Earth (fig. 3).

Figura 2 – Diagrammi di attenuazione

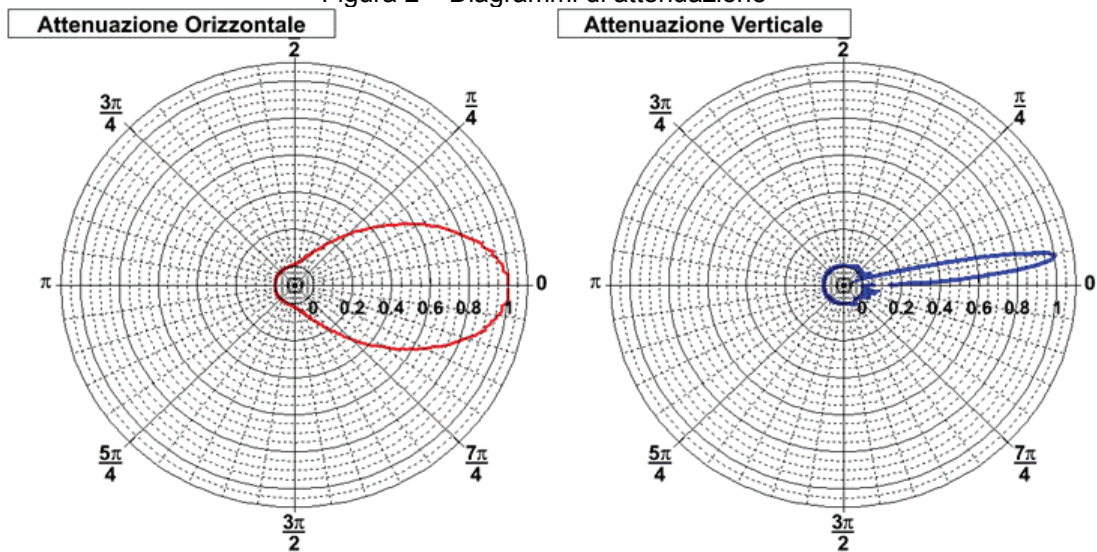
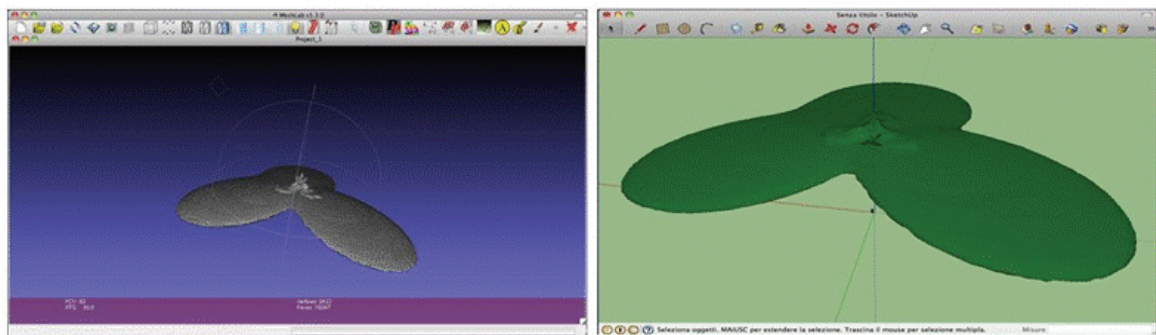


Grafico polare del diagramma di attenuazione di una antenna creato con 3DSimulation

Figura 3 – Software di editing di immagini



Elaborazione del volume 3D con MeshLab (sinistra) e geolocalizzazione e importazione con Google SketchUp (destra)

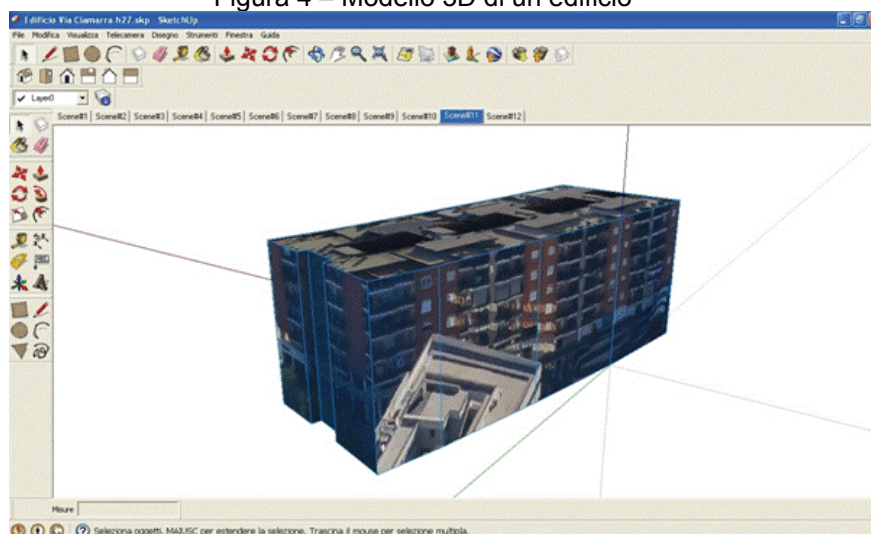
Il principale vantaggio della procedura appena descritta consiste nella verifica immediata del rispetto dei limiti di legge in luoghi di particolare interesse, quali abitazioni private, scuole o uffici. Infatti, sempre attraverso l'utilizzo di Google SketchUp, si può creare il modello tridimensionale di tutti gli edifici che si vogliono monitorare (fig. 4).

I modelli tridimensionali del solido di irraggiamento e degli edifici di interesse prodotti con Google SketchUp possono essere caricati direttamente sulla cartografia 3D di Google Earth (fig. 5). In questo modo si può verificare in maniera veloce e precisa il rispetto dei limiti imposti dalla normativa vigente, accertando l'assenza di zone di intersezione tra il solido di irraggiamento e gli edifici circostanti. Al contempo, la procedura permette di localizzare visivamente i punti più sensibili, fornendo un utile supporto per la pianificazione e la successiva attuazione di piani di monitoraggio del campo elettromagnetico.

MAPPATURA RADIOELETRICA DI UN QUARTIERE URBANO

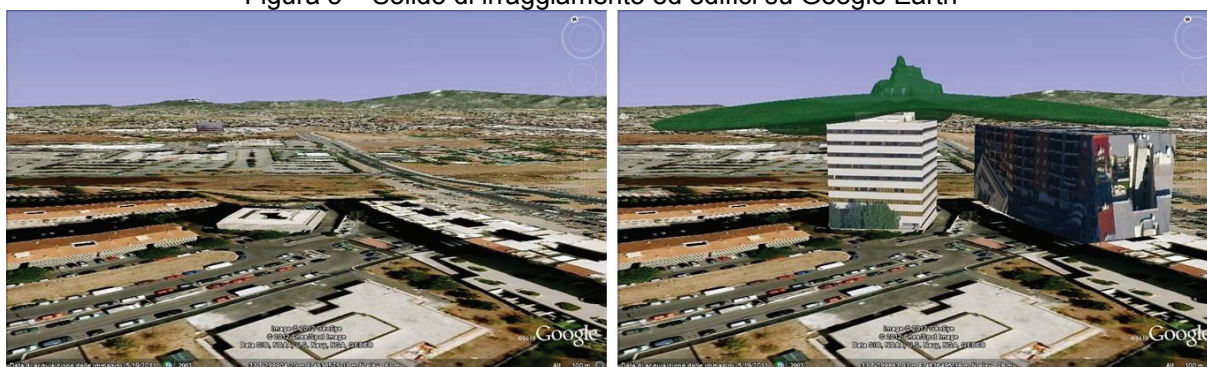
La procedura appena descritta è stata utilizzata per effettuare una mappatura radioelettrica degli impianti di telefonia presenti in un territorio fortemente urbanizzato. A questo scopo è stata scelta come zona di indagine un'area circoscritta al centro della città di Roma, per la quale è già disponibile in Google Earth una rappresentazione dell'edificato urbano in 3D.

Figura 4 – Modello 3D di un edificio



Modello tridimensionale di un edificio creato con Google SketchUp, pronto per l'esportazione in Google Earth

Figura 5 – Solido di irraggiamento ed edifici su Google Earth



Stralcio di Google Earth prima (sinistra) e dopo (destra) la geolocalizzazione e l'importazione del solido di irraggiamento e degli edifici di interesse.

Una volta definita l'area di interesse, la mappatura è stata articolata nelle seguenti fasi:

1. Reperimento dei dati tecnici relativi a tutte le SRB presenti all'interno dell'area di interesse attraverso il Sistema-CEM;
2. Simulazione dell'impatto elettromagnetico di ciascuna SRB attraverso il software 3DSimulation;
3. Creazione, geolocalizzazione e importazione dei solidi di irraggiamento su Google Earth.

L'identificazione degli impianti presenti all'interno della zona di interesse è stata effettuata con un software GIS¹ in cui è stata caricata la posizione di tutti gli impianti presenti all'interno del Sistema-CEM. Sempre attraverso lo stesso software è stata anche delimitata l'area di indagine con un poligono. Infine, le informazioni relative agli impianti presenti all'interno del poligono sono state estratte utilizzando una query spaziale che ha identificato 26 SRB in una zona di circa 500 metri di raggio.

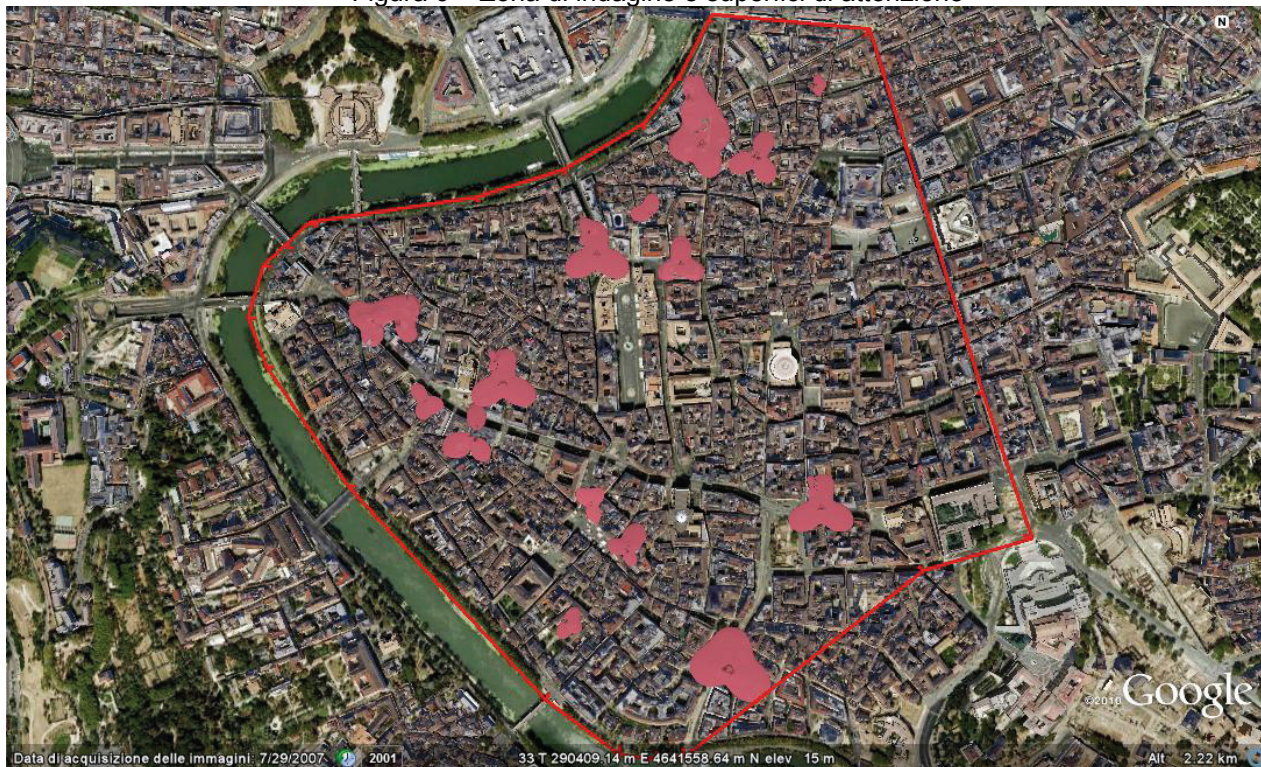
Per tutti gli impianti identificati è stata poi effettuata la simulazione attraverso 3DSimulation, generando l'isosuperficie 3D a 6 V/m (di seguito nominata *superficie di attenzione*) per ciascun sito. Il termine sito va inteso come l'edificio o la struttura che ospita uno o più impianti radioelettrici.

Infine, le superfici di attenzione relative a ciascun sito sono state importate all'interno della cartografia tridimensionale fornita da Google Earth, ponendo particolare attenzione al corretto

¹ ESRI ArcGis Desktop 10.0

posizionamento del centro elettrico rispetto alla quota degli edifici. Il risultato finale dello studio è presentato in (fig. 6) dove è mostrata una panoramica dall'alto dell'intera zona di indagine con tutte le superfici di attenzione.

Figura 6 – Zona di indagine e superfici di attenzione



Panoramica dall'alto della zona di indagine (delimitata dal poligono in rosso) con tutte le superfici di attenzione (in rosa) generate con 3DSimulation.

In presenza di SRB ravvicinate, il campo elettrico generato da tutte le sorgenti può portare a una situazione radioelettrica globale molto complessa. Per questo motivo si è deciso di effettuare una simulazione congiunta per quegli impianti con una distanza dei rispettivi centri elettrici minore di 100 metri. In questi casi, la superficie di attenzione congiunta ha evidenziato una sostanziale modifica dello stato elettromagnetico dell'area circostante il sito di interesse. Un esempio esplicativo di simulazione congiunta di due SRB è mostrato in (fig. 7). Si noti come alcune zone non interessate dalle due superfici di attenzione considerate singolarmente, rientrano invece all'interno della superficie di attenzione globale ottenuta dalla simulazione congiunta delle due SRB.

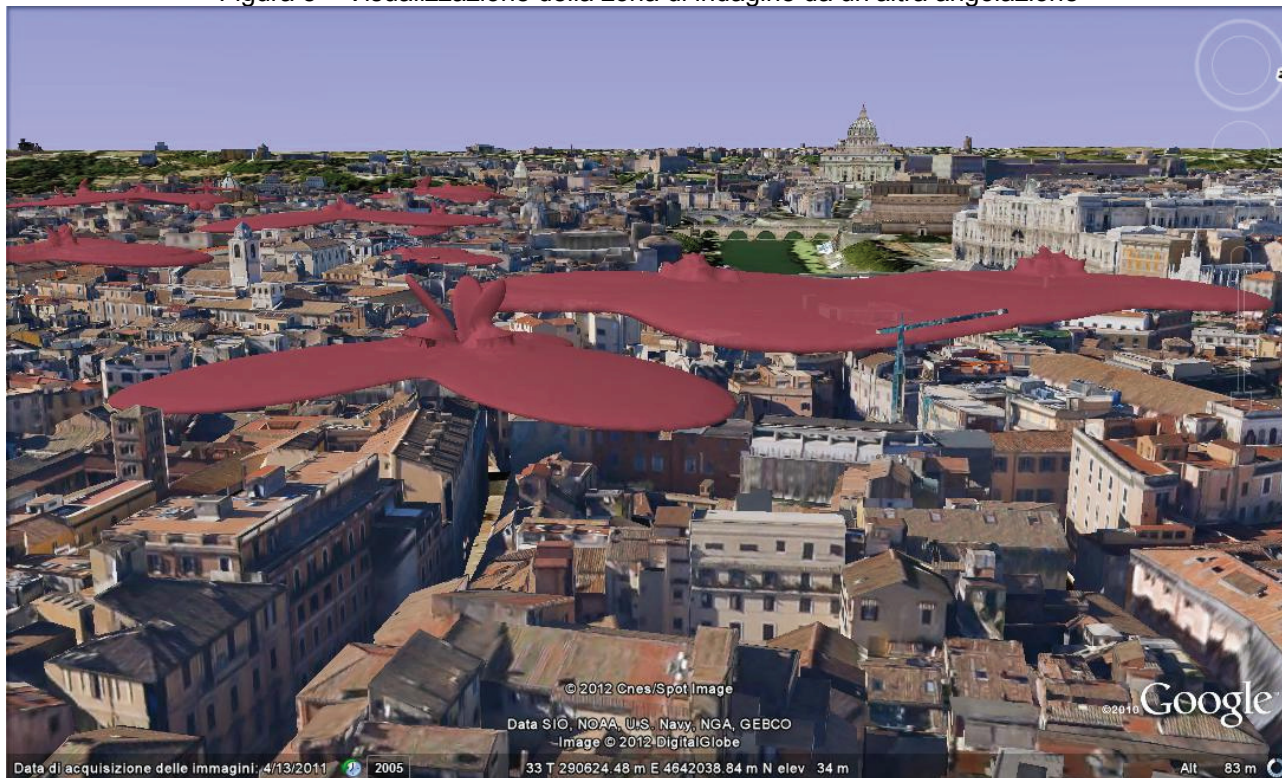
Figura 7 – Superficie di attenzione congiunta



Confronto tra la simulazione di due SRB considerate singolarmente (sinistra) e la simulazione congiunta (destra).

Infine, è interessante sottolineare che le rappresentazioni mostrate in (fig. 6) e (fig. 7) sono navigabili come qualsiasi oggetto tridimensionale caricato all'interno di Google Earth. Ciò significa che, laddove si evidenzia un punto di criticità per quanto riguarda il possibile superamento dei valori di attenzione, sarà possibile effettuare uno zoom su tale punto, ruotare la visuale di 360° e spostarsi in altezza, al fine di ispezionare il punto da angolazioni diverse (fig. 8).

Figura 8 – Visualizzazione della zona di indagine da un'altra angolazione



Visualizzazione alternativa della zona di indagine. La superficie di attenzione si comporta a tutti gli effetti come un qualsiasi oggetto tridimensionale di Google Earth.

CONCLUSIONI

Il progresso tecnologico della telefonia mobile impone lo sviluppo di tecniche di controllo efficaci e di immediato utilizzo da parte degli enti tecnici deputati al rilascio delle autorizzazioni. La procedura sviluppata da ARPA Lazio, basata sull'archiviazione dati tramite il Sistema-CEM, la simulazione attraverso il software 3DSimulation e l'esportazione dell'isosuperficie tridimensionale su Google Earth risulta essere un importante ausilio al fine di validare l'autorizzazione di un impianto, specialmente quando si presenta una condizione di condivisione o di prossimità con impianti di telefonia mobile preesistenti o precedentemente autorizzati.

Il procedimento sviluppato risulta utile anche per la pianificazione e per l'attuazione di piani di monitoraggio del campo elettromagnetico. In particolare, data un'area geografica, mediante la procedura si possono individuare quei punti dello spazio prossimi alle superfici di attenzione. Individuati i punti critici per l'esposizione ai campi elettromagnetici si può quindi predisporre un piano di monitoraggio efficace che includa punti significativi.

Il processo esposto permette di avere sotto controllo la situazione radioelettrica di vasti quartieri metropolitani in maniera rapida, precisa e assolutamente gratuita.

BIBLIOGRAFIA

(Brun, 1997) Brun R., Rademakers F., *ROOT - An Object Oriented Data Analysis Framework*, Inst. & Meth. in Phys. Res. A 389, 1997.

(CEI, 2002) CEI 211-10, *Guida alla realizzazione di una Stazione Radio Base per rispettare i limiti di esposizione ai campi elettromagnetici in alta frequenza.*

(CEI V1, 2004) CEI 211-10 V1 2004-01 *Guida alla realizzazione di una Stazione Radio Base per rispettare i limiti di esposizione ai campi elettromagnetici in alta frequenza; Appendice G Valutazione dei software di calcolo previsionale dei livelli di campo elettromagnetico.*

(Cignoni, 2008) Cignoni P., et al., *Meshlab: an open-source mesh processing tool*, Euro. Ital. Ch. Conf., 2008.