

# Mappatura dei livelli di campo elettromagnetico nell'intervallo di frequenza 100 kHz - 3 GHz sul territorio comunale di Merì (ME)

Committente dello studio: Comune di MERI' (ME)

Professionista incaricato: Prof. Dr. LUIGI MAXMILIAN CALIGIURI

## Premessa

La “mappatura elettromagnetica” consiste nella caratterizzazione, ottenuta attraverso misurazioni strumentali e/o valutazioni previsionali, dei valori di intensità dei campi elettromagnetici, generati da sorgenti di origine antropica, presenti sul territorio comunale in un insieme di punti rappresentativi. Lo scopo è quello di realizzare uno strumento conoscitivo preliminare basilare per garantire la tutela dei cittadini dagli eventuali rischi per la salute derivanti da esposizioni illecite a campi elettromagnetici e di fornire alla popolazione un’informazione oggettiva e razionale su una problematica complessa (dal punto di vista scientifico, tecnico e politico – gestionale) ed importante, spesso caratterizzata da incomprensioni tra le diverse parti coinvolte e tensioni nella popolazione, anche dovute alla crescente richiesta di installazione da parte dei gestori alle amministrazioni comunali di nuovi impianti, soprattutto per telefonia cellulare.

Più specificamente, i principali obiettivi di una siffatta mappatura elettromagnetica del territorio consistono nel:

- 1) fornire una base conoscitiva generale del territorio comunale in riferimento alla presenza di campi elettromagnetici e, di conseguenza, una valutazione preliminare della possibile esposizione della popolazione e dell’ambiente a tali tipi di agenti fisici, con particolare riferimento al confronto con i limiti massimi fissati dalla normativa vigente in materia di tutela dall’inquinamento elettromagnetico da radiazioni non ionizzanti;
- 2) costituire il supporto cognitivo propedeutico essenziale per l’eventuale predisposizione ed attuazione di azioni di tutela della popolazione e di risanamento di sorgenti di campi elettromagnetici;
- 3) caratterizzare lo “stato di fatto” indispensabile per l’elaborazione dei Piani di Localizzazione degli impianti e delle installazioni generanti campi elettromagnetici e per l’adempimento agli obblighi previsti, per l’amministrazione comunale e per i gestori degli impianti, dal Regolamento comunale di disciplina in corso di approvazione, in modo particolare per quanto riguarda il corretto dislocamento di futuri impianti per telefonia cellulare (SRB), considerato il rapido e crescente sviluppo di nuove tecnologie, quali ad esempio l’UMTS, e l’ingresso sul mercato di nuovi soggetti gestori, oppure la delocalizzazione di SRB già esistenti o di quelle eventualmente in fase di autorizzazione antecedentemente all’approvazione del Regolamento comunale;
- 4) costituire il presupposto per eventuali successive analisi “mirate” ed approfondite di casi specifici nei quali siano stati evidenziati valori di intensità di campo significative (ad prossime ai limiti di legge) o superiori ai limiti imposti dalla normativa, che implicano, secondo quanto previsto dalle norme vigenti l’ulteriore processo della “riduzione a conformità” ossia l’individuazione delle specifiche sorgenti che determinano il superamento dei limiti e il loro conseguente “risanamento” a valori di campo conformi alle prescrizioni.

## Riferimenti normativi

La possibile correlazione tra esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici ed una serie di effetti sanitari di tipo acuto e cronico, unita alla crescente moltiplicazione e diffusione, delle tecnologie determinanti, a vario titolo, la generazione di tali agenti, ha spinto la comunità scientifica internazionale, già da oltre un ventennio, ad affrontare il problema della tutela della popolazione e dei lavoratori dai rischi derivanti dall'esposizione a campi NIR attraverso l'emanazione di diverse raccomandazioni tecniche.

La più importante è quella emanata nel 1998 dall'ICNIRP (International Commission of Non – Ionizing Radiations Protection) la più prestigiosa organizzazione scientifica internazionale in materia, dal titolo "Guidelines for limiting exposure to time – varying electric, magnetic, and electromagnetic fields up to 300 GHz" (Linee guida per la limitazione dell'esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici variabili nel tempo con frequenze fino a 300 GHz).

Essa stabilisce i limiti di esposizione in termini di valori massimi delle grandezze fisiche interne all'organismo detti limiti di base e derivati da valutazioni biologiche. I limiti di base sono correlati ai valori di grandezze esterne all'organismo, direttamente misurabili (intensità dei campi elettrici e magnetici, densità di potenza, polarizzazione, etc.), detti livelli di riferimento; sia i limiti di base che i livelli di riferimento sono espressi in funzione della frequenza dell'onda armonica del campo incidente considerata.

I livelli di riferimento rappresentano dunque i valori limite da utilizzare per la valutazione dell'esposizione a campi e.m. ottenuta attraverso le misurazioni delle grandezze esterne all'organismo umano.

Sulla scorta della succitata raccomandazione ICNIRP ed in virtù della deliberazione del Consiglio dell'Unione europea del 12 luglio 1999, pubblicata nella G.U.C.E. n. L199 del 30 luglio 1999, relativa alla limitazione delle esposizioni della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz; molti Paesi europei, tra cui l'Italia, hanno emanato proprie disposizioni normative atte a regolamentare la materia in ambito nazionale.

In Italia questo iter ha portato alla promulgazione della Legge n. 36/2001 "Legge quadro sull'inquinamento elettromagnetico" avente come finalità quella di sancire i principi fondamentali in tema di tutela dall'inquinamento elettromagnetico e di stabilire il quadro generale di competenze e di obblighi all'interno del quale lo Stato, le Regioni, le Province ed i Comuni avrebbero dovuto svolgere l'attività necessaria ad assicurare le attività previste dalla legge.

All'interno di tale quadro lo Stato ha il compito di definire ed organizzare le attività fondamentali in materia di tutela, e controllo dell'inquinamento elettromagnetico tra cui, in primo luogo, la fissazione dei limiti di esposizione e delle metodologie di misura, l'attività di ricerca nel settore specifico e così via attraverso una serie di decreti attuativi tra cui, ricordiamo, per ultimo, il DPCM 8 Luglio 2003, riguardante la fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione (peraltro integralmente derivati dai corrispondenti limiti fissati dalla raccomandazione europea del 30 luglio 1999) della esposizioni ai campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 100 kHz – 300 GHz e per i campi elettrici e magnetici a frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti.

In particolare, l'art. 3 del DPCM 8 Luglio 2003, fissa i limiti di esposizione ed i valori di attenzione per la popolazione a campi elettromagnetici prodotti da sorgenti operanti nell'intervallo di frequenza 100 kHz - 300 GHz, espressi come valori mediati su un'area equivalente alla sezione verticale del corpo umano e su qualsiasi intervallo di sei minuti. I valori limite di esposizione per l'intensità del campo elettrico, magnetico e della densità di potenza dell'onda piana equivalente, sono riportati nella tabella 1.

Tabella 1. Limiti di esposizione per la popolazione

Frequenza f (MHz)	Intensità di campo elettrico E(V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Densità di potenza $S(W/m^2)$
	60	0.2	-
	20	0.05	1
	40	0.01	4

La fissazione degli obiettivi di qualità ha lo scopo, nelle intenzioni del legislatore, di fornire un criterio di cautela rispetto ai possibili effetti a lungo termine eventualmente connessi con le esposizioni ai campi generati alle frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz all'interno di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, e loro pertinenze esterne. Tali valori sono riportati nella tabella 2.

Tabella 2. Valori di attenzione

Intensità di campo elettrico E(V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Densità di potenza $S(W/m^2)$
6	0.016	0.10

Con riferimento ai suddetti valori di attenzione, si deve precisare che essi sono stati stabiliti, tenendo conto della disponibilità, all'epoca dell'emanazione della norma, di dati sui possibili effetti sanitari a lungo termine dell'assorbimento di radiazione elettromagnetica a radiofrequenza e microonde.

L'art. 4 del DPCM 8 Luglio 2003 prevede infine la fissazione degli obiettivi di qualità (per i quali valgono le stesse considerazioni appena espresse per i valori di attenzione) che rappresentano i valori calcolati o misurati, mediati su un'area equivalente alla sezione verticale del corpo umano e su qualsiasi intervallo di sei minuti, delle grandezze caratteristiche, da non superarsi all'aperto nelle aree intensamente frequentate. Tali valori coincidono con quelli riportati in tabella 2.

È opportuno a questo punto sottolineare che i valori limite di esposizione si riferiscono all'intensità del campo elettrico E, magnetico H e della densità di potenza S. Queste tre grandezze, come detto in precedenza, sono tutte contemporaneamente valide, dal punto di vista protezionistico, per la caratterizzazione del campo e.m. variabile soltanto in condizioni di "campo lontano". Nel caso di campo vicino, il comportamento di "onda piana" non può essere in generale assunto ed è pertanto necessario, in tali casi, uno studio approfondito sulla confrontabilità dei valori misurati o calcolati con i rispettivi limiti fissati dalla normativa.

Infine, l'art. 6 del DPCM 8/07/03 stabilisce che le tecniche di misurazione e di rilevamento da adottare sono quelle indicate nella norma CEI 211-7 e/o nelle specifiche norme emanate successivamente dal CEI.

Per quanto riguarda la tutela dall'esposizione a campi elettrici e magnetici, alla frequenza di rete (50Hz) generati connessi al funzionamento ed all'esercizio degli elettrodotti, il DPCM 8 Luglio 2003, stabilisce, all'art. 3 i seguenti limiti di esposizione per la popolazione, espressi come valori efficaci:

Tabella 3. Limiti di esposizione per la popolazione e valore di attenzione

Valore limite	E (kV/m)	H ( $\mu T$ )
tutti i siti	5	100
siti "sensibili"	-	10

Nei siti cosiddetti "sensibili" ossia nei luoghi adibiti a permanenza non inferiori a 4 ore giornaliere, negli ambienti abitativi, in quelli scolastici, nelle aree di gioco per l'infanzia, si assumono, a titolo di maggiore cautela relativamente al valore dell'induzione magnetica, espressa come mediana dei valori misurati su 24 ore in condizioni "normali" il valore di cautela riportato nella tabella 3.

Tabella 4. Obiettivo di qualità

Valore limite	E (kV/m)	H ( $\mu T$ )
Siti "sensibili"	-	3

Per elettrodotti di nuova realizzazione in corrispondenza alle aree "sensibili" di cui sopra e nella progettazione di nuovi insediamenti in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti, al fine di giungere ad una minimizzazione dell'esposizione, relativamente al solo campo magnetico, il Decreto stabilisce che deve essere rispettato l'obiettivo di qualità riportato in tabella 4.

Per quanto riguarda le tecniche di misura da adottare per la verifica del rispetto dei limiti, all'art. 5, il medesimo decreto stabilisce che le tecniche da adottare, nel caso dei limiti di esposizione, sono quelle riportate nella Guida CEI 211-6 e successivi aggiornamenti, mentre, nel caso di verifiche relative al rispetto dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità, deve essere impiegata la procedura indicata dal DM 29.05.2008.

Infine, per quanto riguarda le esposizioni a sorgenti, generanti campi e.m. nell'intervallo di frequenza tra 0 e 100 kHz e non riconducibili al funzionamento di elettrodotti (nel senso del DPCM), per la valutazione dei limiti, si dovrà fare riferimento alla deliberazione del Consiglio dell'Unione europea del 12 luglio 1999, pubblicata nella G.U.C.E. n. L199 del 30 luglio 1999, relativa alla limitazione delle esposizioni della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz.

## **Criteri metodologici generali**

L'organizzazione concettuale ed operativa delle attività espletate per l'esecuzione della presente mappatura è stata articolata in due fasi: la prima, denominata FASE 1, riguardante l'analisi conoscitiva preliminare del territorio comunale dal punto di vista delle possibili sorgenti di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, la seconda, denominata FASE 2, concernente l'attività di misurazione e di analisi dei valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico generati dalle sorgenti individuate nella fase preliminare.

### **Fase 1: Analisi conoscitiva preliminare**

L'analisi conoscitiva preliminare, finalizzata alla individuazione dei siti di misura da includere nelle attività di cui alla successiva fase 2, ha riguardato l'analisi dei seguenti fattori:

- 1) presenza di installazioni generanti campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (elettocondotti ad alta tensione e relative infrastrutture, stazioni radio base per la telefonia mobile, impianti per diffusione radio e televisiva, etc.) e relative caratteristiche di emissione. Queste informazioni sono state desunte, per quanto possibile, dall'analisi diretta dei luoghi e dai dati, relativi all'eventuale presenza di impianti radioelettrici operativi e regolarmente autorizzati, agli atti dell'Amministrazione comunale<sup>1</sup>;
- 2) possibilità di esposizione per la popolazione (residenzialità, alta densità di popolazione o elevata frequentazione);
- 3) presenza di siti sensibili (scuole, case di cura, ospedali, etc.);
- 4) acquisizione della cartografia di base necessaria per l'organizzazione dei rilievi strumentali.

### **Fase 2: Misurazione ed analisi dei valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico**

#### **Metodologia di misura e di analisi adottata**

In accordo con quanto previsto dal DPCM 8 Luglio 2003, sono state adottate le tecniche di misura e di rilevamento previste dalle norme CEI di pertinenza ed in particolare:

- Norma CEI 211-7 "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 10 kHz – 300 GHz, con riferimento all'esposizione umana";
- Norma CEI 211-6 "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz – 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana";
- Norma CEI 211-10 "Guida alla realizzazione di una Stazione Radio Base per rispettare i limiti di esposizione ai campi elettromagnetici in alta frequenza";

---

<sup>1</sup> In diversi casi e specialmente in assenza di un regolamento comunale di disciplina delle installazioni (e di un Piano delle Localizzazioni), tali dati non sono disponibili (perché non richiesti dai competenti uffici comunali o non fornite dai gestori) delle amministrazioni comunali o lo sono in forma estremamente parziale e comunque insufficienti per gli obiettivi di caratterizzazione dell'esposizione. Tale eventualità potrebbe comportare, specialmente nel caso di eventuali impianti esistenti ma non autorizzati o per i quali la procedura di autorizzazione risulti, alla data di esecuzione dei rilievi di cui alla presente relazione, in corso di istruttoria, valutazioni non coerenti con gli obiettivi prefissati, ovviamente non riconducibili alla responsabilità dello scrivente. Tuttavia, al fine di garantire, nei limiti di quanto oggettivamente consentito dalla disponibilità di informazioni, anche nelle situazioni caratterizzate da scarsità o assenza di dati tecnici, un approccio cautelativo, in linea con gli obiettivi di cui in premessa, per la valutazione dei livelli di campo elettromagnetico, si è proceduto inizialmente alla individuazione di un insieme di punti di misura sulla base di un criterio facente capo principalmente agli elementi delineati nell'ambito dei criteri generali.

- Norma UNI CEI ENV 13005 "Guida all'espressione dell'incertezza di misura"

La scelta del sistema di misura dipende essenzialmente dagli obiettivi della misura e dalla tipologia di segnale considerato.

Nelle mappature elettromagnetiche di territori generalmente estesi, quali quelli comunali, ed in presenza di differenti e molteplici tipologie di sorgenti caratterizzate da emissioni in frequenza in bande ad intersezione non nulla, in riferimento a quanto discusso in premessa, le misure sono volte a valutare i livelli di campo elettromagnetico globalmente presenti in un dato punto (ossia dovuti a tutte le possibili sorgenti presenti la cui emissione è in grado di interessare il punto dato) ed ad individuare i punti critici, soprattutto in relazione alla verifica della conformità ai limiti imposti da legislazioni e norme tecniche.

Per tale ragione è possibile e ragionevole, sempre in riferimento agli obiettivi di tali mappature complessive, utilizzare una metodologia di misura ed analisi basata sull'impiego di sensori e strumenti di misura a banda larga, sia nell'intervallo di frequenza 5 Hz – 100 kHz che nell'intervallo 100 kHz – 300 GHz.

Tenuto conto delle finalità del lavoro ed in accordo con i criteri generali stabiliti nelle principali norme tecniche nazionali ed internazionali nell'esecuzione delle misure sono stati seguiti i seguenti criteri generali:

- a) l'individuazione dei punti di misura è stata ottenuta valutando, preventivamente, in funzione della tipologia delle sorgenti coinvolte e delle relative emissioni in termini di campo elettrico, magnetico o elettromagnetico negli intervalli di frequenza sopra individuati, le posizioni di presumibile maggiore esposizione e, successivamente, tra queste, quelle situate in spazi accessibili alla popolazione, procedendo poi in corrispondenza a questi, alla misurazione dell'intensità dei campi elettrici, magnetici e/o elettromagnetici in assenza di soggetti;
- b) è stata, per quanto possibile, seguita una suddivisione in parti omogenee del territorio comunale per tipologie di esposizione, all'interno delle quali sono state eseguite un numero di misure statisticamente significative per la rappresentatività del risultato;
- c) dopo l'esecuzione e l'analisi delle misure è stata ottenuta una caratterizzazione dell'area utilizzando oltre ai valori medi delle grandezze anche gli opportuni indicatori statistici;
- d) le misurazioni sono state eseguite in assenza di precipitazioni atmosferiche e tenendo conto dei parametri meteo – climatici in grado di alterare il risultato della misura quali, in primo luogo, temperatura ed umidità. In particolare l'effetto di quest'ultimi è stato incluso tenendo conto dell'incertezza dichiarata per essi dal costruttore della strumentazione, nel corretto intervallo di funzionamento corretto della stessa;
- e) con riferimento alla durata temporale delle misurazioni di campo, per ogni postazione individuata ed in funzione delle caratteristiche delle sorgenti presenti, è stata determinata l'ora e la durata delle diverse misurazioni relative a quella postazione. E' stato adottato, in conformità con le normative vigenti, un intervallo di tempo di misura minimo pari a 6 minuti;
- f) con riferimento alla distribuzione spaziale dei punti di misura utilizzati per fornire il valore finale riportato per ogni postazione, è stato scelto, un numero di punti sufficiente in funzione della lunghezza d'onda del campo e della dimensione della sonda in modo da garantire, limitatamen-

te all'estensione dell'ambiente da esaminare, il rilevamento dei punti di massimo e di minimo del campo (se presenti entro l'incertezza associata alla misura) e, soprattutto, di valutare, nel caso di misure di sorgenti a radiofrequenza e microonde, la variazione del campo lungo una superficie equivalente alla sezione verticale del corpo umano normolineo. In particolare, in quest'ultimo caso, effettuando misure a banda larga con sensori di dimensioni piccole rispetto all'altezza media del corpo umano, sono state eseguite, per ogni punto di misura scelto, tre differenti misurazioni di campo a diverse altezze dal suolo, al fine di ottenere una media rappresentativa dell'esposizione del soggetto su tutta la sezione verticale come previsto dalle norme. In particolare sono state considerate tre altezze di riferimento  $h_1 = 1.1 m$ ,  $h_2 = 1.5 m$  e  $h_3 = 1.9 m$  rispetto al suolo o a livello dei piedi in funzione della posizione della sorgente rispetto al soggetto esposto di riferimento. Il valore efficace dell'intensità del campo elettrico "finale" da confrontare con i limiti di conformità risulta dall'opportuna media dei valori rilevati corrispondenti alle tre altezze  $h_1, h_2$  ed  $h_3$  (ognuno a sua volta il risultato di una media su 6 minuti). Tale procedura può essere semplificata utilizzando il seguente criterio (anche riportato in forma meno generale nelle linee guida applicative ministeriali del DM 381/98): nel caso in cui i risultati delle misure all'altezza  $h_1$  ed all'altezza  $h_3$  differiscano di una quantità minore dell'incertezza associata al maggiore tra i valori di campo misurati, le misure sono equivalenti ed ognuna di essa può essere considerata come rappresentativa del risultato, viceversa in caso contrario, si procede all'esecuzione di una terza misura (o di ulteriori misure ad altezze diverse se necessario) e della successiva media come precedentemente descritto. Nel caso delle misurazioni nell'intervallo di frequenza 5 Hz – 10 kHz, nel caso di sufficiente uniformità del campo nell'area di indagine, è stata ritenuta rappresentativa la misurazione eseguita all'altezza  $h = 1.5 m$  ;

- g) in caso di individuazione di punti cosiddetti "caldi" (ossia significativi dal punto di vista dei valori di campo rilevati) è stata valutata la possibilità che tali punti rappresentino punti di effettiva probabile presenza e/o permanenza di individui;
- h) nell'esecuzione delle misure massima cura è stata posta nel ridurre al minimo possibile l'introduzione di errori sistematici "operatore – dipendente" (quali, ad esempio, presenza dell'operatore, presenza di oggetti o sorgenti interferenti, immunità elettromagnetica a campi "spuri", orientamento dei sensori rispetto alla polarizzazione, utilizzo di supporto non conduttore per la strumentazione, etc.) massimizzando, entro i limiti di incertezza consentiti dalla catena strumentale utilizzata nelle condizioni presenti, l'accuratezza della misura.

### Strumentazione utilizzata

Per l'effettuazione delle misura in tale intervallo di frequenza 100 kHz - 3 GHz è stato utilizzato il misuratore portatile di campi elettrici e magnetici WANDEL & GOLTERMANN EMR 300, equipaggiato con la sonde di campo elettrico triassiali TYPE 8, raffigurato in fig. 1, le cui caratteristiche salienti sono riportate nella tabella 5.





Fig. 1. Il misuratore portatile di campi elettrici e magnetici EMR 300

Tabella 5. Caratteristiche del misuratore EMR 300 accoppiato alla sonda E-field probe type 8

Caratteristica	EMR 300 + E-field probe type 8
Intervallo di frequenza	100 kHz – 3 GHz
Gamma	0.6 V/m – 800 V/m
Errore Assoluto	a 27.12 MHz e 27.5 V/m
Isotropicità	(
Linearità (rif. 27.5 V/m e 100 MHz)	per
	per
	per
	per
Risposta in frequenza (fattore tipico di calibrazione)	(100 kHz – 100 MHz) (100 MHz – 3 GHz)
Sensibilità alla temperatura	+0.2 / -1.5 dB (0 °C - 50 °C)

### Valutazione dell'incertezza strumentale

Le incertezze di misura dovute alla catena strumentale utilizzata sono state calcolate a partire dalle specifiche tecniche fornite dal costruttore (cfr. tabella 5) ed applicando le metodologie previste dalla guida UNI CEI ENV 13005 "Guida all'espressione dell'incertezza di misura", ed in funzione dei valori rilevati strumentalmente.

Sono state considerate, in quanto preponderanti, le seguenti sorgenti di incertezza di tipo B legate alla catena strumentale e riportate schematicamente di seguito assieme alle relative distribuzioni di probabilità assunte.

Tabella 6. Stima delle componenti di incertezza di misura e relativa distribuzione di probabilità

Sorgente di incertezza	Simbolo	Distribuzione di probabilità assunta
deviazione dalla linearità di risposta in ampiezza	$D_{lin}$	Rettangolare
risposta in frequenza	$D_{freq}$	Rettangolare
deviazione dall'isotropia di risposta	$D_{dir}$	Normale ( $k = 2$ )
incertezza assoluta sulla calibrazione	$D_{cal}$	Normale ( $k = 2$ )
effetto della sensibilità alle variazioni di temperatura	$D_{temp}$	Rettangolare
errore assoluto	$D_{ass}$	Normale ( $k = 2$ )

Le incertezze standard di tipo B, derivate a partire dalle specifiche del costruttore e dai certificati di taratura assumendo le distribuzioni di probabilità indicate in tab. 6, sono state utilizzate per ricavare l'incertezza totale delle misure di campo, attraverso la relazione<sup>2</sup>

$$u_{tot} = \frac{\ln 10}{20} E_{letto} \sqrt{\sum_i \left( \frac{\Delta_i}{k_i} \right)^2}$$

in cui  $E_{letto}$  indica il valore misurato direttamente dallo strumento,  $D_i$  sono i valori delle incertezze indicate in tabella 7 e  $k_i$  i relativi fattori di copertura associati alle distribuzioni di probabilità assunte.

Assumendo una distribuzione normale per i valori del campo misurato e un livello di confidenza al 95% abbiamo dalla precedente relazione, per il valore dell'incertezza totale estesa della misura, l'espressione:

$$U = 2u_{tot} = \frac{\ln 10}{10} E_{letto} \sqrt{\sum_i \left( \frac{\Delta_i}{k_i} \right)^2}$$

## Risultati delle misurazioni strumentali

In funzione degli obiettivi e finalità riportate in premessa sono stati individuati i punti di misura rappresentati nella tavola grafica allegata al presente documento.

Nelle schede che seguono sono riportati, per ogni punto considerato, i risultati delle misurazioni strumentali e delle relative elaborazioni, in cui il significato delle grandezze riportate è il seguente:

- $E_{6min}(H_{6min})$ , valore efficace dell'intensità del campo elettrico (magnetico) mediato su un opportuno intervallo temporale di 6 minuti, contenuto nell'intervallo di tempo di misura adottato, nel punto indicato<sup>3</sup>, rilevato ad altezza dal suolo;

<sup>2</sup> Per valori delle componenti dell'incertezza espresse in dB.

<sup>3</sup> Per valori delle componenti di incertezza espresse in dB.

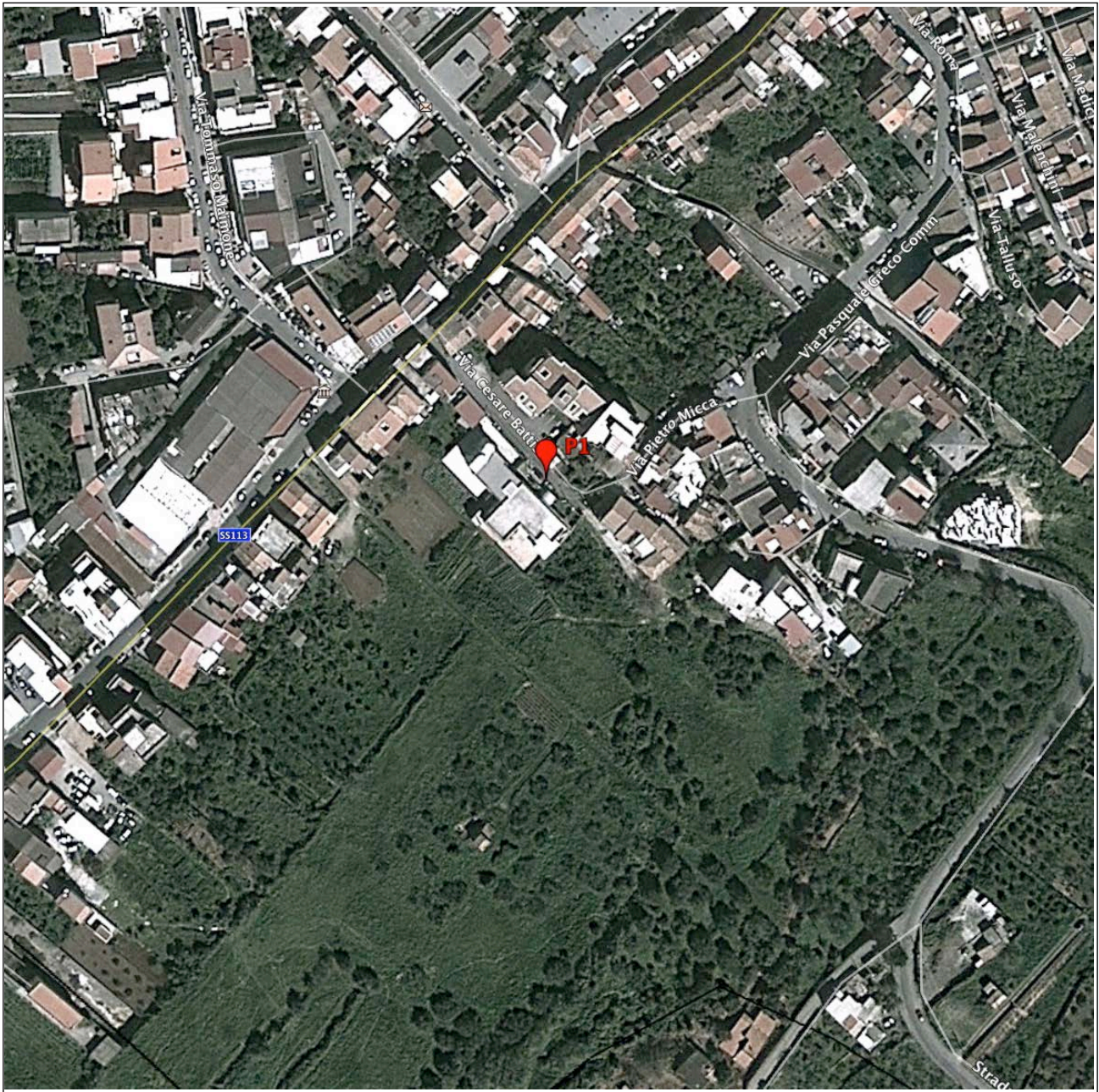
- $E_{\min}$  , valore minimo dell'intensità del campo elettrico rilevato, nel punto indicato, durante l'intervallo temporale di 6 minuti considerato per la determinazione del valore efficace , ad altezza dal suolo;
- $E_{\max}$  , valore massimo dell'intensità del campo elettrico rilevato, nel punto indicato, durante l'intervallo temporale di 6 minuti considerato per la determinazione del valore efficace , ad altezza dal suolo;
- $\sigma$  , deviazione standard dei valori dell'intensità del campo elettrico rilevati, nel punto indicato, durante l'intervallo temporale di 6 minuti considerato per la valutazione del valore efficace , all'altezza dal suolo;
- $\Delta E_{ext}(\Delta H_{ext})$  , incertezza di misura estesa associata al valore di  $E_{6\min}(H_{6\min})$  ;
- $\bar{E}_{6\min}(\bar{H}_{6\min})$  , valore efficace dell'intensità del campo elettrico relativo al punto di misura indicato, mediato sulla sezione verticale equivalente del corpo umano, riferito ad un intervallo temporale di 6 minuti, rappresenta il valore da confrontare con i limiti di legge;
- $\Delta \bar{E}_{6\min}(\Delta \bar{H}_{6\min})$  , incertezza di misura estesa associata al valore di  $\bar{E}_{6\min}(\bar{H}_{6\min})$  , rappresenta l'incertezza di misura associata al valore da confrontare con i limiti di legge.

## Risultati delle misurazioni nell'intervallo di frequenza

100 kHz – 3 GHz

## Postazione di misura P1

### INDIVIDUAZIONE GEOGRAFICA



### RISULTATI ANALISI STRUMENTALE<sup>4</sup>

Punto	$h(m)$	$E_{6min}$	$E_{max}$	$E_{min}$	$\sigma$	$\Delta E_{6min}$	$\bar{E}_{6min}$	$\Delta \bar{E}_{6min}$	Data	Ora inizio	Coordinate	Limite di esposizione (DPCM 8.7.03)
$P_1$	1.90	<0.60	<0.60	<0.60	ND	ND	-	-	08.01.13	11:00	N 38,164665° E 15,248921°	20
	1.50	<0.60	<0.60	<0.60	ND	ND	-	-		11:10		
	1.10	<0.60	<0.60	<0.60	ND	ND	-	-		11:20		

<sup>4</sup> Valori espressi in V/m.

## Postazione di misura P2

### INDIVIDUAZIONE GEOGRAFICA



### RISULTATI ANALISI STRUMENTALE<sup>5</sup>

Punto	$h(m)$	$E_{6min}$	$E_{max}$	$E_{min}$	$\sigma$	$\Delta E_{6min}$	$\bar{E}_{6min}$	$\Delta \bar{E}_{6min}$	Data	Ora inizio	Coordinate	Limite di esposizione (DPCM 8.7.03)
$P_1$	1.90	0.69	0.90	<0.60	0.04	0.10	-	-	08.01.13	12:00	N 38,166709° E 15,251164°	20
	1.50	0.78	0.87	0.67	0.03	0.11	-	-		12:10		
	1.10	<0.60	0.64	<0.60	0.04	ND	-	-		12:20		

<sup>5</sup> Valori espressi in V/m.

## Postazione di misura P3

### INDIVIDUAZIONE GEOGRAFICA



### RISULTATI ANALISI STRUMENTALE<sup>6</sup>

Punto	$h(m)$	$E_{6\min}$	$E_{\max}$	$E_{\min}$	$\sigma$	$\Delta E_{6\min}$	$\bar{E}_{6\min}$	$\Delta \bar{E}_{6\min}$	Data	Ora inizio	Coordinate	Limite di esposizione (DPCM 8.7.03)
$P_1$	1.90	<0.60	<0.60	<0.60	ND	ND	-	-	08.01.13	12:45	N 38,166577° E 15,252203°	20
	1.50	<0.60	<0.60	<0.60	ND	ND	-	-		12:55		
	1.10	<0.60	<0.60	<0.60	ND	ND	-	-		13:05		

<sup>6</sup> Valori espressi in V/m.

## Postazione di misura P4

### INDIVIDUAZIONE GEOGRAFICA



### RISULTATI ANALISI STRUMENTALE<sup>7</sup>

Punto	$h(m)$	$E_{6min}$	$E_{max}$	$E_{min}$	$\sigma$	$\Delta E_{6min}$	$\bar{E}_{6min}$	$\Delta \bar{E}_{6min}$	Data	Ora inizio	Coordinate	Limite di esposizione (DPCM 8.7.03)
$P_1$	1.90	<0.60	<0.60	<0.60	ND	ND	-	-	08.01.13	13:30	N 38,167871° E 15,252487°	20
	1.50	<0.60	<0.60	<0.60	ND	ND	-	-		13:38		
	1.10	<0.60	<0.60	<0.60	ND	ND	-	-		13:48		

<sup>7</sup> Valori espressi in V/m.



## Postazione di misura P5

### INDIVIDUAZIONE GEOGRAFICA



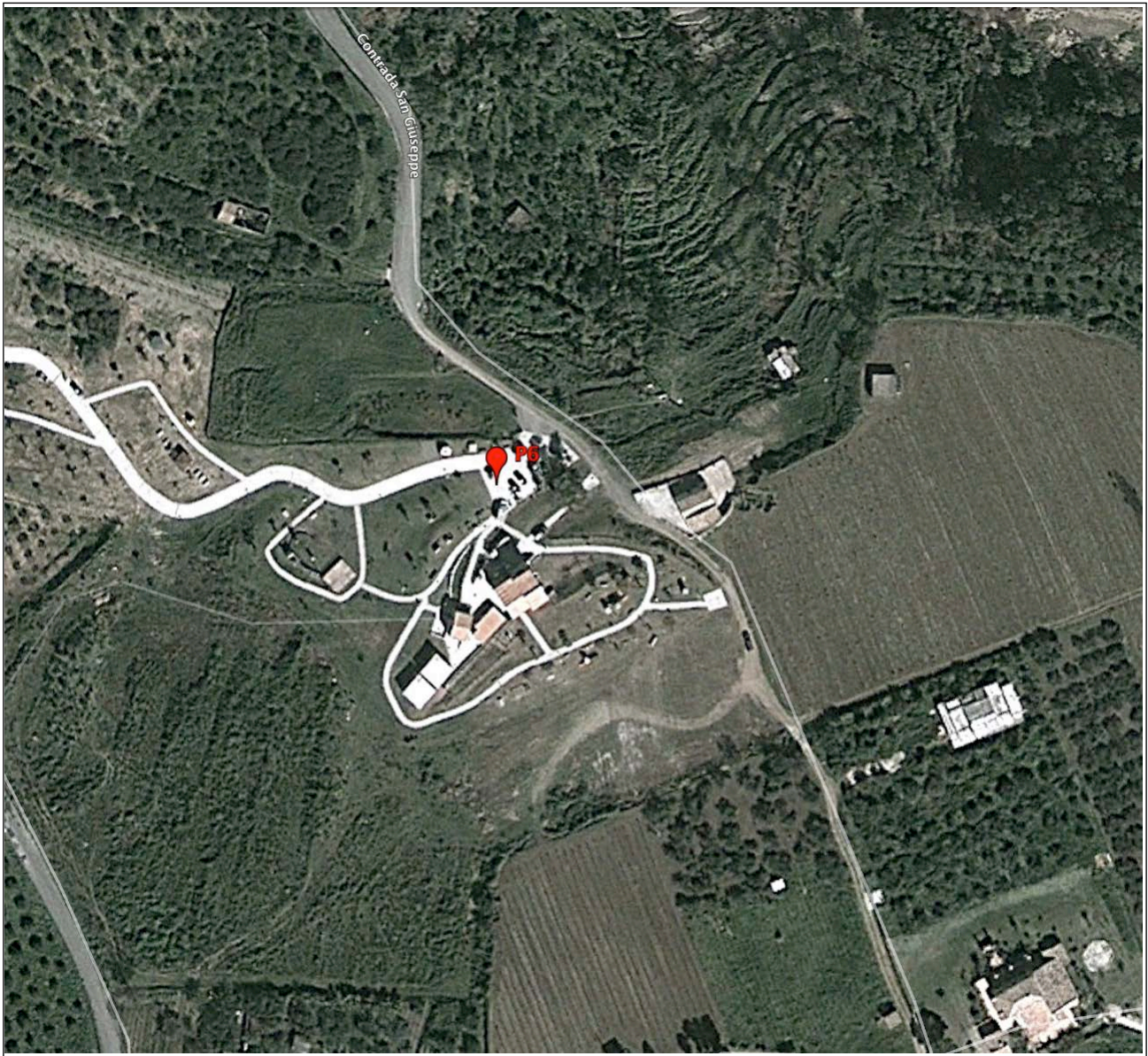
### RISULTATI ANALISI STRUMENTALE<sup>8</sup>

Punto	$h(m)$	$E_{6min}$	$E_{max}$	$E_{min}$	$\sigma$	$\Delta E_{6min}$	$\bar{E}_{6min}$	$\Delta \bar{E}_{6min}$	Data	Ora inizio	Coordinate	Limite di esposizione (DPCM 8.7.03)
$P_1$	1.90	<0.60	<0.60	<0.60	ND	ND	-	-	08.01.13	14:00	N 38,166589° E 15,254670°	20
	1.50	<0.60	<0.60	<0.60	ND	ND	-	-		14:10		
	1.10	<0.60	<0.60	<0.60	ND	ND	-	-		14:20		

<sup>8</sup> Valori espressi in V/m.

## Postazione di misura P6

### INDIVIDUAZIONE GEOGRAFICA



### RISULTATI ANALISI STRUMENTALE<sup>9</sup>

Punto	$h(m)$	$E_{6min}$	$E_{max}$	$E_{min}$	$\sigma$	$\Delta E_{6min}$	$\bar{E}_{6min}$	$\Delta \bar{E}_{6min}$	Data	Ora inizio	Coordinate	Limite di esposizione (DPCM 8.7.03)
$P_1$	1.90	<0.60	<0.60	<0.60	ND	ND	-	-	08.01.13	14:45	N 38,162431° E 15,258699°	20
	1.50	<0.60	<0.60	<0.60	ND	ND	-	-		14:55		
	1.10	<0.60	<0.60	<0.60	ND	ND	-	-		15:05		

<sup>9</sup> Valori espressi in V/m.

## Postazione di misura P7

### INDIVIDUAZIONE GEOGRAFICA



### RISULTATI ANALISI STRUMENTALE<sup>10</sup>

Punto	$h(m)$	$E_{6min}$	$E_{max}$	$E_{min}$	$\sigma$	$\Delta E_{6min}$	$\bar{E}_{6min}$	$\Delta \bar{E}_{6min}$	Data	Ora inizio	Coordinate	Limite di esposizione (DPCM 8.7.03)
$P_1$	1.90	<0.60	<0.60	<0.60	ND	ND	-	-	08.01.13	16:00	N 38,169897° E 15,247382°	20
	1.50	<0.60	<0.60	<0.60	ND	ND	-	-		16:10		
	1.10	<0.60	<0.60	<0.60	ND	ND	-	-		16:20		

<sup>10</sup> Valori espressi in V/m.

## Considerazioni finali sui risultati delle misurazioni strumentali e delle relative analisi

Dall'analisi dei risultati delle misurazioni e delle analisi strumentali condotte e riportate nelle pagine precedenti, si evidenzia quanto segue: i livelli di campo elettromagnetico rilevati in ambiente esterno risultano conformi, allo stato di esecuzione dei rilievi strumentali riportati nel presente elaborato, ai limiti imposti dalle normative vigenti nei punti accessibili alla popolazione. Ad ogni modo, tenuto conto della natura della presente indagine strumentale che riflette la situazione esistente all'atto del rilievo, è raccomandabile programmare l'esecuzione di ulteriori attività periodiche di monitoraggio dei livelli di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico presenti sul territorio comunale nel medio e lungo periodo.

Addì 15.01.2013

IL PROFESSIONISTA INCARICATO

Prof. Dr. Luigi Maxmilian Caligiuri

