

COMUNE DI FERRARA

PROVINCIA DI FERRARA

PIANO COMUNALE PER LA LOCALIZZAZIONE DEGLI IMPIANTI FISSI DI TELEFONIA MOBILE

(ai sensi dell'art.8 c.6 L.n.36 del 22 febbraio 2001)



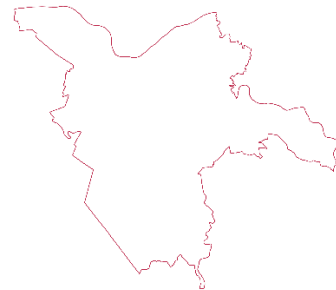
SINPRO srl

Via dell'Artigianato, 20 - 30030 Vigonovo (VE)

info@sinprosr.com

Tel: 049/9801745

UNI EN ISO 14001:2015
UNI EN ISO 9001:2015
UNI CEI 11352:2014
UNI ISO 45001:2018



Progettisti

Ing. Massimo Brait

Ordine degli Ingegneri di Venezia n° 3353

Dott. Urb. Teresa Lania

Ordine degli architetti di Padova – Sez. A Pianificatore Territoriale
n. 3535



D

Relazione Isolinee

Sindaco	Alan Fabbri	Data progetto	Dicembre 2021
RUP	Fabrizio Magnani	Rev. 01	

Nome file:	D_Relazione Isolinee	Controllato da:	T.Lania
Redatto da:	M.Fasolo	Approvato da:	M.Brait

A termini di legge ci riserviamo la proprietà di questo documento con divieto di riprodurlo o di renderlo noto a terzi senza la nostra autorizzazione

INDICE

1. INTRODUZIONE.....	3
2. NORMATIVA ESISTENTE RIGUARDANTE I LIMITI DI ESPOSIZIONE DELLA POPOLAZIONE ALLE ONDE ELETTRROMAGNETICHE.....	3
2.1 RIFERIMENTI NORMATIVI.....	3
2.2 LEGISLAZIONE ITALIANA (D.P.C.M. DEL 8 LUGLIO 2003).....	3
3. LIVELLI INTENSITÀ CAMPO ELETTRROMAGENTICO.....	4
3.1 REPERIMENTO DATI.....	5
3.2 CALCOLO DEL LIVELLO DI CAMPO ELETTRROMAGNETICO.....	6
4. CALCOLO DELLE ISOLINEE DI CAMPO ELETTRROMAGNETICO.....	7
5.1 ALGORITMO DI SIMULAZIONE.....	9
5.2 STIMA DEL CAMPO ELETTRROMAGNETICO GENERATO DALLA S.R.B.....	9
5.3 DICHIARAZIONE DI RISPONDEZZA DEL SOFTWARE EMLAB ALLE INDICAZIONI DELLA GUIDA CEI 211-10 E CEI 211-10; V1.....	10

1. INTRODUZIONE

La presente relazione è inserita all'interno del Piano Comunale di settore per la localizzazione degli impianti di telefonia mobile del Comune di Ferrara ed ha come obiettivo quello di:

- simulare il valore di impatto elettromagnetico previsionale sullo scenario territoriale derivante dagli impianti esistenti;
- simulare il valore di impatto elettromagnetico previsionale sullo scenario territoriale a partire dagli impianti esistenti ed integrati con le emissioni previste per i nuovi potenziali impianti;

2. NORMATIVA ESISTENTE RIGUARDANTE I LIMITI DI ESPOSIZIONE DELLA POPOLAZIONE ALLE ONDE ELETTROMAGNETICHE

2.1 RIFERIMENTI NORMATIVI

Limiti di esposizione, valori di cautela, obiettivi di qualità:

- Legge Quadro n. 36 del 22.02.2001;
- D. Lgs. n. 259 del 01.08.03 (Codice delle Comunicazioni Elettroniche);
- DPCM del 08.07.2003.

Norme tecniche:

- Norma CEI 211-7;
- Norma CEI 211-10;
- Norma CEI 211-10;V1.

2.2 LEGISLAZIONE ITALIANA (D.P.C.M. DEL 8 LUGLIO 2003)

Il Presidente del Consiglio dei Ministri con il presente Decreto, pubblicato nella GU n.199 del 28-8-2003, stabilisce i limiti di esposizione e i valori di attenzione (art.3):

1. Nel caso di esposizione a impianti che generano campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici con frequenza compresa tra 100 kHz e 300 GHz, non devono essere superati i limiti di esposizione di cui alla tabella 1 dell'allegato B, intesi come valori efficaci.

2. A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine eventualmente connessi con le esposizioni ai campi generati alle suddette frequenze all'interno di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, e loro pertinenze esterne, che siano fruibili come ambienti abitativi quali balconi, terrazzi e cortili esclusi i lastrici solari, si assumono i valori di attenzione indicati nella tabella 2 all'allegato B.

3. I valori di cui ai commi 1 e 2 del presente articolo devono essere mediati su un'area equivalente alla sezione verticale del corpo umano e su qualsiasi intervallo di sei minuti.

Tabella 1 Limiti di esposizione (DPCM 8 Luglio 2003 allegato B)

Frequenza	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Densità di potenza D (W/m ²)
0,1 < f < 3 MHz	60	0,2	-
3 < f < 3000 MHz	20	0,05	1
3 < f < 300 GHz	40	0,01	4

Tabella 2 Valori di attenzione (DPCM 8 Luglio 2003 allegato B)

Frequenza	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Densità di potenza D (W/m ²)
0,1 MHz < f < 300 GHz	6	0.016	0.10 (3 MHz-300 GHz)

Tabella 3 Obiettivi di qualità (DPCM 8 Luglio 2003 allegato B)

Frequenza	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Densità di potenza D (W/m ²)
0,1 MHz < f < 300 GHz	6	0.016	0.10 (3 MHz-300 GHz)

3. LIVELLI INTENSITÀ CAMPO ELETTROMAGNETICO

Le stazioni radio base sono gli impianti di radiotrasmissione dei segnali elettromagnetici necessari a garantire la copertura dei servizi di telefonia cellulare sul territorio.

Ogni stazione radio base è composta da una schiera di antenne inserite all'interno di pannelli verticali alti e stretti che sono montati su torri o pali, o sul tetto degli edifici e che, nel loro insieme, sono comunemente indicati con il termine sito. La stazione radio base offre il servizio in una porzione limitata del territorio, che viene definita "cella".

Le antenne utilizzate nelle stazioni radio base emettono energia in un settore dello spazio che risulta essere piuttosto ampio nel piano orizzontale (con un'apertura angolare che può arrivare fino a 90°), e stretto nel piano verticale (in questo caso, l'apertura è di pochi gradi). I costruttori di antenne, ed i gestori che presentano richieste per nuove installazioni, sono soliti fornire i dati che si riferiscono a queste caratteristiche nella forma di diagrammi di radiazione.

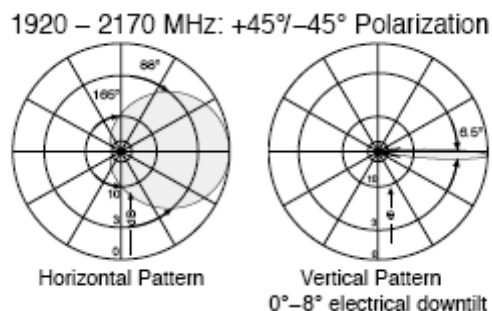


Figura 1: diagramma di radiazione orizzontale (sinistra) e verticale (destra) di antenna UMTS

Ogni stazione radio base è in grado di garantire una copertura “ad ombrello” del territorio, nella quale i valori più intensi del campo si riscontrano di fronte alle antenne, non al di sotto di esse.

Il livello del campo irradiato da una SRB non è fisso nel tempo, ma varia a seconda dell’intensità del traffico telefonico che insiste in un dato istante all’interno della cella che la Stazione Radio Base serve, e a seconda del sistema di telefonia cellulare.

In Italia sono attualmente operativi due diversi sistemi di telefonia cellulare:

- il GSM (Global System for Mobile Communications);
- l’UMTS (Universal Mobile Telecommunication System).

I vari sistemi di telefonia si distinguono per le bande di frequenza utilizzate e per le specifiche caratteristiche tecniche; la tabella che segue riporta le bande di frequenza per i diversi sistemi. Si noti che il sistema GSM che impiega la banda di frequenza intorno ai 1800 MHz è detto anche DCS (“Digital Cellular System”).

Sistema	Banda (downlink, MHz)	Banda (uplink, MHz)
TACS	925 ÷ 936.8	880 ÷ 891.8
GSM 900	921 ÷ 960	876 ÷ 915
DCS 1800	1805 ÷ 1880	1710 ÷ 1785
UMTS	2110 ÷ 2170	1920 ÷ 1980

Tabella 4: Sistemi di comunicazione cellulare e frequenze utilizzate

* Il sistema TACS (Total Access Communications System) non è invece più utilizzabile, in virtù di quanto stabilito dal D.M. 8 luglio 2002 (“Approvazione del piano di ripartizione delle frequenze”).

3.1 REPERIMENTO DATI

I dati necessari per l'analisi del campo elettromagnetico relativi agli impianti radioelettrici nel Comune di Ferrara, sono stati reperiti dalla consultazione delle Analisi di Impatto elettromagnetico degli impianti esistenti presenti all'interno delle pratiche presentate dai gestori in Comune e dai dati comunicati dall’ARPAE per quanto riguarda i futuri impianti

Per i siti di telefonia mobile sono stati presi i singoli dati per antenna, quali:

- Coordinate;
- Altezza centro elettrico dal suolo;
- Abbassamento meccanico;
- Direzione di massima irradiazione;
- Tipo di servizio;
- Modello di antenna;
- Numero massimo di portanti;
- Potenza massima per portante disponibile al connettore d'antenna.

3.2 CALCOLO DEL LIVELLO DI CAMPO ELETTROMAGNETICO

Per il calcolo delle isolinee di campo elettrico è stato impiegato un algoritmo basato sul modello di propagazione in spazio libero. La scelta dell'utilizzo di tale modello di propagazione per la valutazione dell'ampiezza del campo elettrico irradiato dalle antenne è stata fatta sulla base di due motivazioni: la prima è il fatto che questa è l'indicazione data della Norma Tecnica CEI 211-10; la seconda il fatto che una valutazione basata su questo modello è cautelativa. Infatti, il modello prevede che il campo elettromagnetico si propaghi in assenza di ostacoli e non tiene dunque conto dell'attenuazione introdotta da alberi, automobili, abitazioni ed edifici in genere. Inoltre, nell'impostare il calcolo si suppone che le antenne siano alimentate continuamente con la loro potenza massima. Nella realtà invece, e soprattutto nel caso del nuovo sistema di comunicazione UMTS, la potenza di emissione può variare in maniera significativa in funzione del traffico telefonico che insiste in un dato istante in una particolare cella. I valori che si predicono con questo algoritmo di calcolo, dunque, sono certamente superiori a quelli che si riscontrano nella realtà ed è in questo senso che la stima viene ritenuta cautelativa.

Per una singola antenna, l'ampiezza del campo irradiato viene valutata con questo modello come segue. Si indica con $G(\theta, \varphi)$ il guadagno di potenza dell'antenna nella direzione dello spazio individuata dagli angoli θ e φ del sistema di coordinate sferiche centrate nell'antenna e con r la distanza tra il punto in cui interessa valutare il campo ed il centro elettrico dell'antenna. Per semplicità, e per conformità con i dati tecnici che i produttori di antenne sono soliti rilasciare, si assume che il guadagno possa essere scritto nella seguente forma:

$$G(\theta, \varphi) = G_{max} D_V(\theta) D_H(\varphi),$$

dove G_{max} è il guadagno dell'antenna lungo la direzione di massima irradiazione, e $D_V(\theta)$ e $D_H(\varphi)$ sono, rispettivamente, le direttività nel piano verticale ed orizzontale. Detta inoltre P_{al} la potenza di alimentazione ai morsetti dell'antenna, si ottiene il valore dell'ampiezza di campo elettrico dalla seguente espressione

$$|E(r, \theta, \varphi)| = \sqrt{\frac{120\pi \cdot P_{al} \cdot G(\theta, \varphi)}{4\pi r^2}} = \sqrt{30 ERP \frac{D_V(\theta) \cdot D_H(\varphi)}{r^2}}$$

Si è introdotto il parametro ERP ("Effective Radiated Power", ove $ERP = P_{al} G_{max}$) che viene usato di preferenza al posto della potenza di alimentazione e del guadagno perché contiene al suo interno entrambe le caratteristiche tecniche che regolano le prestazioni di una antenna.

Nel caso di presenza di più antenne in uno stesso ambito territoriale, il valore del campo elettrico totale viene calcolato tenendo conto che il campo prodotto da ogni antenna è indipendente da quello prodotto da ognuna delle altre. Ne segue che la media temporale della potenza totale è pari alla somma delle potenze medie di ogni antenna, ed il campo è dato dall'espressione

$$|E_{tot}(r, \theta, \varphi)| = \sqrt{\sum_k E_k^2(r_k, \theta_k, \varphi_k)}$$

Nella valutazione del campo elettrico, si è tenuto conto della conformità orografica del terreno; ciò è stato fatto ricostruendo l'altimetria del territorio a partire dalle quote che sono presenti nella carta tecnica regionale, ed utilizzando poi questa ricostruzione per calcolare le corrette coordinate sferiche di ognuno dei punti nei quali interessava valutare l'ampiezza del campo.

4. CALCOLO DELLE ISOLINEE DI CAMPO ELETTROMAGNETICO

Per tutti gli impianti censiti nel catasto regionale radiofrequenze dell'ARPAE sono state rappresentate, in appositi elaborati grafici, le isolinee del campo elettrico in 2D e 3D. Le isolinee sono state calcolate con tagli da 1,5m, 5m, 10m, 15m e 20m rispetto alla base dell'infrastruttura presa in considerazione.

Come è stato ricordato nel capitolo precedente, il calcolo delle isolinee è stato effettuato impiegando il modello di propagazione in spazio libero, senza cioè tener conto dell'attenuazione del campo causata dagli "ostacoli" fisici presenti sul territorio (automobili, edifici, ecc.).

Per facilitare la comprensione delle simulazioni che contengono le isolinee del campo elettrico, si ritiene opportuno chiarire quanto segue. Si consideri, ad esempio, il fabbricato riportato nella figura seguente.

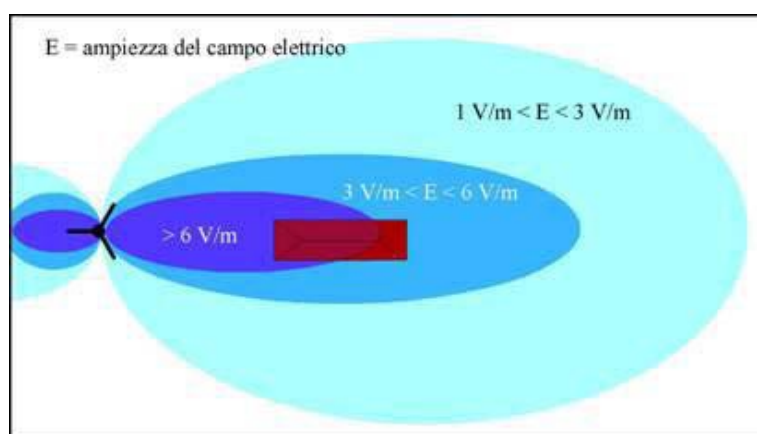


Figura 2: Rappresentazione in pianta

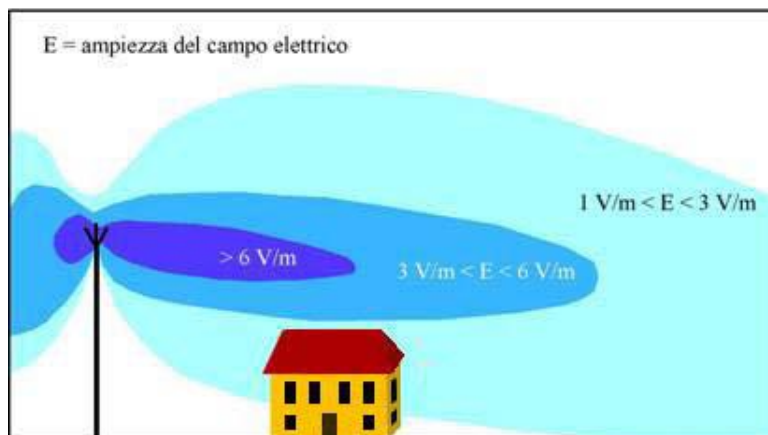


Figura 3: Rappresentazione in sezione

Osservando la rappresentazione in pianta, sembra che il fabbricato sia investito da campi elettrici di ampiezza anche superiore a 6 V/m. In realtà, considerando l'andamento delle isolinee in sezione si può notare come l'ampiezza del campo che interessa effettivamente l'edificio sia compresa tra 1 V/m e 3 V/m.

Pertanto, nel caso in cui si intenda conoscere il campo che investe un dato edificio, si dovrà fare attenzione a confrontare l'altezza del fabbricato stesso con la quota per la quale vengono rappresentate le isolinee del campo elettrico.

Per quanto riguarda le simulazioni previsionali integrate con le emissioni previste per i nuovi potenziali impianti, oltre a considerare tutti gli impianti che hanno già ottenuto "Parere favorevole dell'ARPAE", sono stati aggiunte delle infrastrutture standard su ogni area idonea individuata dal Piano (13 aree - vedi Tav.3).

Le caratteristiche dell'infrastruttura standard considerata sono:

- orientamenti 0-120-240
- centro elettrico 28.00m
- tecnologia: LTE, UMTS, GSM

5. STIMA DEI LIVELLI DI CAMPO ELETTROMAGENTICO

5.1 ALGORITMO DI SIMULAZIONE

La metodologia di simulazione prevede di considerare il campo elettrico nella regione di campo lontano, cioè a distanze superiori alla maggiore fra λ e D^2/λ , dove λ è la lunghezza d'onda e D è la dimensione massima dell'antenna trasmittente. Inoltre il calcolo è stato effettuato ponendoci in una condizione conservativa, in cui il valore massimo è ottenuto mediante calcolo diretto nell'ipotesi che l'onda elettromagnetica sia diretta e tenendo conto della sola attenuazione dovuta alla distanza.

La rappresentazione dei livelli di intensità del campo elettrico è stata eseguita con mappe di campo in 3D dove l'intensità del livello di campo è associata ad un particolare colore, visionabili nelle schede successive della presente relazione.

Le isolinee sono state ottenute attraverso l'inserimento dei dati, relativi ad ogni singola antenna presente sulle stazioni radio base, all'interno del simulatore EMLAB 2.9.1.1.

Le isolinee sono rappresentate in corrispondenza ai valori di:

- 1.0 V/m (colore verde)
- 3.0 V/m (colore giallo)
- 4.5 V/m (colore arancione)
- 6.0 V/m (colore rosso)
- 15.0 V/m (colore viola)
- 20.0 V/m (colore nero)

5.2 STIMA DEL CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DALLA S.R.B.

A partire dalle caratteristiche radioelettriche dei vari impianti, mediante il software di simulazione EMLAB 2.9.1.1., si è calcolato il contributo al valore efficace di campo elettrico dovuto alla attivazione della stazione radio base, considerando i dati a massima espansione.

Il contributo dei ponti radio è conforme ai limiti, in quanto tali installazioni appartengono alla classe di attenzione 1. Per tale classe la guida CEI 211-10 al paragrafo 8.3 enuncia *“Se l'impianto appartiene alla classe 1, esso è conforme ai limiti.[...] Inoltre un tale impianto è sempre conforme indipendentemente dall'evoluzione nel tempo della situazione di campo elettromagnetico creata da altri impianti vicini”*.

Per la visualizzazione grafica 2D – 3D dei risultati ottenuti dalla simulazione si rimanda alla cartografia di riferimento (Tavola n.4)

5.3 DICHIARAZIONE DI RISPONDEZZA DEL SOFTWARE EMLAB ALLE INDICAZIONI DELLA GUIDA CEI 211-10 E CEI 211-10; V1

Telecomunicazioni Aldena srl
Via A. Volta, 13 - 20090 Cusago MI Italy - Tel +39290390461 - Fax +39290390475
aldena@aldena.it - www.aldena.it



Aldena
The Reliable Antennas

DICHIARAZIONE

Telecomunicazioni ALDENA srl,
con sede in Cusago (MI) in via A. Volta, 13,
REA n. 1022683, Registro Imprese N. 189831/79, Partita IVA n. 04539080152,
nella persona del proprio Presidente del Consiglio di Amministrazione Sig. Giuseppe Napoli,

DICHIARA

sotto la propria responsabilità, che il prodotto software ALDENA denominato **EMLAB**,
per il calcolo e la previsione dei campi elettromagnetici irradiati nelle vicinanze di
antenne trasmettenti in alta frequenza, è conforme alle indicazioni della **Guida CEI 211-10**
(Guida alla realizzazione di una Stazione Radio Base per rispettare i limiti di esposizione
ai campi elettromagnetici in alta frequenza), nel rispetto della legislazione italiana vigente.

Dichiara inoltre che provvederà, senza aggravio di spesa per i propri utilizzatori,
ad adeguare i propri programmi software agli eventuali aggiornamenti CEI.

Cusago, Gennaio 2010


TELECOMUNICAZIONI
ALDENA s.r.l.



EMLAB - RF SOFTWARE TOOL

SCHEDA CEI per la valutazione degli algoritmi di calcolo utilizzati

Aggiornamento Gennaio 2010

Algoritmo di calcolo	<input checked="" type="checkbox"/> Spazio libero - campo lontano	<input checked="" type="checkbox"/> Risoluzione di calcolo 0.1 m
	<input checked="" type="checkbox"/> Spazio libero - campo vicino (ricostruzione del campo vicino partendo da modulo e fase dell'elemento base)	<input checked="" type="checkbox"/> Risoluzione di calcolo 0.1 m
	<input checked="" type="checkbox"/> Algoritmi di analisi in ambienti complessi (solo calcolo ostruzioni)	<input checked="" type="checkbox"/> Risoluzione di calcolo 0.5 m
Gestione Dati di Input	<input checked="" type="checkbox"/> Modalità di campionamento dei diagrammi di radiazione delle antenne	<input checked="" type="checkbox"/> Inferiore o uguale a 2 gradi (specificare: 1)
	<input checked="" type="checkbox"/> Modalità di interpolazione dei diagrammi di radiazione delle antenne	<input checked="" type="checkbox"/> Prodotto dei diagrammi di radiazione ⁽¹⁾ <input type="checkbox"/> Algoritmo presente in letteratura ⁽²⁾ (specificare):
	<input checked="" type="checkbox"/> Gestione cartografia digitale/cartacea (se disponibile) SOLO DTM	<input checked="" type="checkbox"/> Risoluzione minima $\leq 1 m^{(3)}$ Direzione X: 90 m Direzione Y: 90 m Direzione Z: 1 m
Precisione dell'Output	<input checked="" type="checkbox"/> Campionamento Spaziale	<input checked="" type="checkbox"/> Risoluzione minima $\leq 1 m^{(3)}$ Direzione X: 0.1 m Direzione Y: 0.1 m Direzione Z: 0.1 m
	<input checked="" type="checkbox"/> Volume di Rispetto	<input checked="" type="checkbox"/> Rappresentazione 2D <input checked="" type="checkbox"/> Linea isocampo a Z=cost e X=cost, Y=cost <input checked="" type="checkbox"/> Rappresentazione dei lobi secondari ⁽⁴⁾ : non vengono applicate approssimazioni <input checked="" type="checkbox"/> Linea isocampo ottenuta come proiezione sui piani coordinati <input checked="" type="checkbox"/> Volume di rispetto <input checked="" type="checkbox"/> Rappresentazione dei lobi secondari ⁽⁴⁾ : non vengono applicate approssimazioni
Rappresentazione Grafica dei Dati di Output	<input checked="" type="checkbox"/> Rappresentazione 3D	<input checked="" type="checkbox"/> Distribuzione sulle superfici
	<input checked="" type="checkbox"/> Calcolo puntuale	

$$G(\theta, \varphi) = G_{MAX} \cdot G_r(\theta) \cdot G_o(\varphi)$$

- (1) Indicare con esattezza, i riferimenti della/e pubblicazione/i da cui è stato tratto l'algoritmo utilizzato.
 (2) Indicare il campionamento spaziale adottato, specificandolo nelle direzioni degli assi coordinati.
 (4) Indicare la soglia di rappresentazione dei lobi secondari (espressa in dB rispetto al guadagno massimo)