

MONITORAGGIO IN CONTINUO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

Controllo permanente dell'esposizione ai Campi Elettromagnetici a radiofrequenza e a microonde per personale e passeggeri



APPENDICE TECNICO

Agg. Maggio 2023

SOMMARIO

1. PREMESSA	3
1.2. Fotografie delle unità installate	4
2. CENNI TEORICI E MODALITÀ DI ACQUISIZIONE.....	6
2.1. Definizioni ed unità di misura.....	6
2.2. Misure in campo lontano e campo vicino	7
2.3. Onda elettromagnetica piana	9
2.4. Volume di rispetto.....	9
2.5. Diagramma di radiazione d'antenna e rappresentazione delle curve isocampo.....	10
2.6. Esecuzione delle misure di esposizione CEM	12
2.7. Misurazioni mediante la rete di monitoraggio CEM presso VCE	13
2.8. Misurazioni condotte a basse frequenze E.L.F.....	14
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	16
4. RISULTATI DELLE ACQUISIZIONI	20

1. PREMESSA

La rete di monitoraggio dei campi elettromagnetici presso l'aeroporto Marco Polo di Venezia è stata creata allo scopo di rilevare le emissioni CEM presso tutti gli ambienti a permanenza umana di personale e passeggeri, secondo criteri di conformità alla normativa vigente, e alla totale applicazione dei principi cautelativi per la salute umana. Il sistema è basato sull'acquisizione e registrazione continua mediante specifiche centraline, al fine di tracciare un quadro riassuntivo e continuamente aggiornato sugli effetti delle sorgenti radianti.

1.1. **Struttura della rete di monitoraggio**

A seguito delle numerose e approfondite analisi puntuali condotte per l'intera aerostazione, SAVE SpA e Tesem srl hanno individuato le aree particolarmente significative per la rilevazione in continuo del fondo elettromagnetico. Sono attualmente operative dieci centraline di monitoraggio, di cui in parte su supporti fissi e in parte su supporti mobili. Tre delle centraline fisse sono state posizionate in aree strategiche interne all'aerostazione, in corrispondenza delle microcelle per telefonia mobile, laddove il flusso dei passeggeri è elevato e vi è permanenza prolungata di dipendenti.

Un'unità è dedicata al monitoraggio in continuo della copertura del parcheggio multipiano, in prossimità degli uffici car rental. Un'altra unità monitora la palazzina uffici SAVE. Ulteriori unità sono a presidio di aree tecniche, pista e dal 16/04/2023 una centralina è installata su supporto veicolare su una delle safety car a tutela degli operatori in piazzale.

Il posizionamento corrente delle centraline è riassunto di seguito:

- **TERMINAL – AEROSTAZIONE:**

Centralina "Fixed 01" con sonda monobanda 100kHz-7GHz - Piano terra

Centralina "Fixed 03" con sonda monobanda 100kHz-7GHz – Piano primo

Centralina "Mobile 02" con sonda monobanda 100kHz-7GHz – Piano primo

- **AREE ESTERNE:**

Centralina "Fixed 04" con sonda monobanda 100kHz-7GHz – Terrazza uffici SAVE

Centralina "Mobile 01" con sonda monobanda 100kHz-7GHz – c/o Copertura Multipark

Centralina "Mobile 05" con sonda monobanda 100kHz-7GHz – c/o Terrazza Nord Piano 3

Centralina "Mobile 07" con sonda monobanda 100kHz-7GHz – c/o Pista

Centralina "Mobile 08" con sonda monobanda 1MHz-40GHz – c/o Safety Car

- **AREE IMPIANTI:**

Centralina "Mobile 03" con doppia sonda 100kHz-7GHz e 10Hz-5KHz – Scoperto impianti

Centralina "Mobile 04" con doppia sonda 100kHz-7GHz e 10Hz-5KHz – c/o 400Hz torino

1.2. Fotografie delle unità installate

<p>Centralina Fixed 01</p> 	<p>Centralina Fixed 02 (fino al 14/04/2023)</p> 	<p>Centralina Fixed 03</p> 
<p>Centralina Fixed 04</p> 	<p>Centralina Mobile 01</p> 	<p>Centralina Mobile 02</p> 
<p>Centralina Mobile 03</p> 	<p>Centralina Mobile 04</p> 	<p>Centralina Mobile 05</p> 

Centralina Mobile 07
(dal 16/04/2023)



Centralina Mobile 08
(dal 16/04/2023)



2. CENNI TEORICI E MODALITÀ DI ACQUISIZIONE

Per la corretta interpretazione delle rilevazioni di Impatto Elettromagnetico si procederà ad illustrare le grandezze fondamentali coinvolte nella teoria dei campi elettromagnetici, la normativa di riferimento applicabile, le misure di cautela e gli obiettivi di qualità.

2.1. Definizioni ed unità di misura

Con il termine N.I.R., acronimo dall'inglese Non Ionizing Radiation (Radiazioni non Ionizzanti) si intendono tutte quelle forme di onde di natura elettromagnetica dotate di energia inferiore a quella necessaria alla ionizzazione della materia vivente.

Spettro elettromagnetico:

TIPO	FREQUENZA	LUNGHEZZA D'ONDA
Campi a frequenze estremamente basse (ELF e VLF)	1 Hz ÷ 300 Hz	$3 \cdot 10^8$ m ÷ 10^6 m
Campi a basse frequenze (LF)	300 Hz ÷ 300 kHz	10^6 m ÷ 1 km
Radiofrequenze (RF)	300 kHz ÷ 300 MHz	1 km ÷ 1 m
Microonde (MW o MO)	300 MHz ÷ 300 GHz	1 m ÷ 1 mm
Infrarosso (IR)	300 GHz ÷ 300 THz	1 mm ÷ 1 μ m
Luce visibile	375 THz ÷ 750 THz	800 nm ÷ 400 nm
Ultravioletto (UV)	750 THz ÷ 3000 THz	400 nm ÷ 100 nm

Campo elettrico E: si definisce campo elettrico una quantità vettoriale che, in ogni punto di una data regione di spazio, rappresenta il rapporto fra la forza esercitata su una carica elettrica di prova q ed il valore della carica medesima.

L'unità di misura del campo elettrico nel sistema S.I. è il volt/metro (V/m).

Campo magnetico H: si definisce campo magnetico una quantità vettoriale-assiale definita in ogni punto di una data regione di spazio in modo tale che il suo rotore sia uguale alla densità di corrente elettrica totale, compresa la corrente di spostamento.

L'unità di misura del campo magnetico nel sistema S.I. è l'ampere/metro (A/m).

Densità di potenza elettromagnetica S: è la potenza elettromagnetica che fluisce attraverso l'unità di superficie, normale alla direzione di propagazione. Nella regione di

campo lontano S è legata al valore efficace del campo elettrico E_{eff} ed al valore efficace del campo magnetico H_{eff} dalle relazioni:

$$S = \frac{E_{eff}^2}{\eta} = \eta \cdot H^2$$

essendo $\eta = 377 \Omega$ l'impedenza caratteristica dello spazio libero. L'unità di misura della densità di potenza elettromagnetica nel sistema S.I. è il watt/metro-quadro (W/m^2).

Tabella di Conversione:

1 T	=	10'000	G	
1 μT	$\hat{=}$	0.796	A/m	
1 A/m	$\hat{=}$	1.257	μT	
1 mG	=	0.1	μT	
1 W/m^2	=	0.1	mW/cm^2	= 100 $\mu W/cm^2$

Frequenza f : La frequenza è il numero di cicli o periodi nell'unità di tempo. L'unità di misura della frequenza nel sistema S.I. è l'herz (Hz).

Obiettivi di qualità: Sono valori di campo elettromagnetico da conseguire nel breve, medio e lungo periodo, usando tecnologie e metodiche di risanamento disponibili, al fine di realizzare obiettivi di tutela.

2.2. Misure in campo lontano e campo vicino

La distribuzione dei Campi Elettromagnetici nello spazio circostante di una data sorgente dipende dalle caratteristiche radioelettriche della sorgente stessa e dal punto di osservazione.

A seconda della distanza del punto di misurazione dalla sorgente che origina il campo, si individuano due diverse regioni:

- Regione di campo vicino
- Regione di campo lontano (zona di Fraunhofer)

Inoltre, la regione di campo vicino si suddivide ulteriormente in:

- *Regione di campo vicino reattivo*
- *Regione di campo vicino radiativo (zona di Fresnel)*

La distinzione tra le diverse regioni dipende dalle dimensioni della sorgente e dalla lunghezza d'onda (quindi la frequenza di radiazione). Per strutture elettricamente piccole, la separazione tra campo vicino e lontano si ha per distanze pari circa alla lunghezza d'onda λ (che alle frequenze utilizzate in telefonia mobile è nell'ordine di 11-35cm). Per strutture elettricamente estese (dimensioni dell'antenna molto superiori a λ), la medesima separazione avviene ad una distanza di circa $2D^2/\lambda$.

La distinzione in tali zone assume un determinante significato operativo sulle procedure di misura:

- *In condizioni di campo vicino, le misure di campo devono essere condotte in maniera indipendente per campo elettrico e campo magnetico.*
- *In condizioni di campo lontano, invece, è possibile misurare uno solo dei campi (elettrico o magnetico) e ricavare di conseguenza l'altro, essendo il campo elettrico E e quello magnetico H legati tra loro dall'impedenza caratteristica dello spazio libero $Z_0=377\Omega$.*

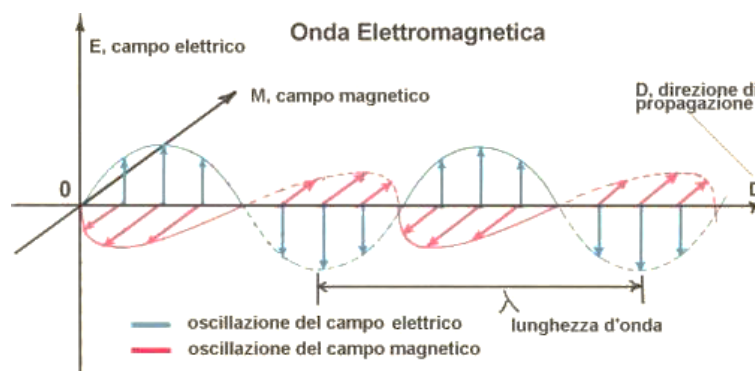
Nelle misure in campo vicino reattivo, i campi variano fortemente da punto a punto senza una correlazione definita. Questa zona risulta localizzata nelle immediate vicinanze della sorgente, dove le componenti reattive del campo predominano su quelle radiative. **In tali condizioni, i fenomeni di propagazione di potenza sono assai ridotti, e le componenti reattive dell'energia elettromagnetica decadono molto rapidamente in funzione della distanza, assumendo significato solo in diretta prossimità dell'emettitore.**

Nella zona di campo vicino radiativo (zona di Fresnel) comincia a prendere invece consistenza il trasporto di potenza elettromagnetica, pur non realizzandosi ancora una propagazione per onda piana.

In campo lontano, invece, è molto più semplice valutare l'andamento dei campi, poiché essi assumono le caratteristiche di onda piana: E ed H oscillano in direzioni ortogonali e il loro rapporto E/H è costantemente pari a 377Ω .

2.3. Onda elettromagnetica piana

Le radiofrequenze a grande distanza R dal trasmettitore rispetto alla lunghezza d'onda emessa, cioè quando vale la relazione $R \gg \lambda$, possono essere studiate come onde piane.

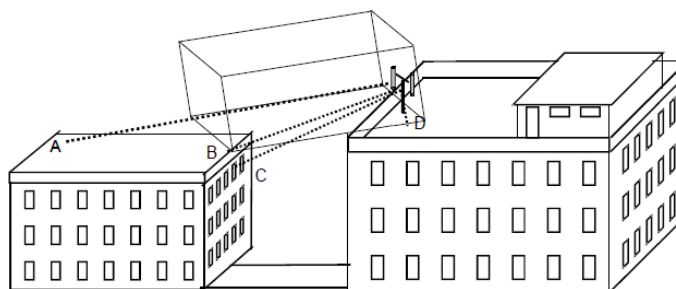


Le onde elettromagnetiche piane sono caratterizzate da campi elettrici E e magnetici H sempre e ovunque in fase: cioè la loro variazione temporale è sempre identica, e le loro direzioni spaziali sono ortogonali. E ed H assumono quindi stessa direzione, ampiezza, e fase in piani perpendicolari alla direzione di propagazione (si dice che i due campi sono in fase nel tempo e in quadratura nello spazio).

Questa particolare condizione di propagazione permette di poter misurare uno solo dei due campi, e ricavare di conseguenza l'altro, essendo in tal caso il rapporto E/H pari all'impedenza caratteristica del vuoto $Z_0=377\Omega$.

2.4. Volume di rispetto

Il volume di rispetto è un volume (di forma tipicamente parallelepipedo) che circonda l'antenna radiante, all'interno del quale è possibile superare i valori limite di emissione. Al di fuori di tale volume, il campo deve essere, invece, conforme ai limiti di legge.



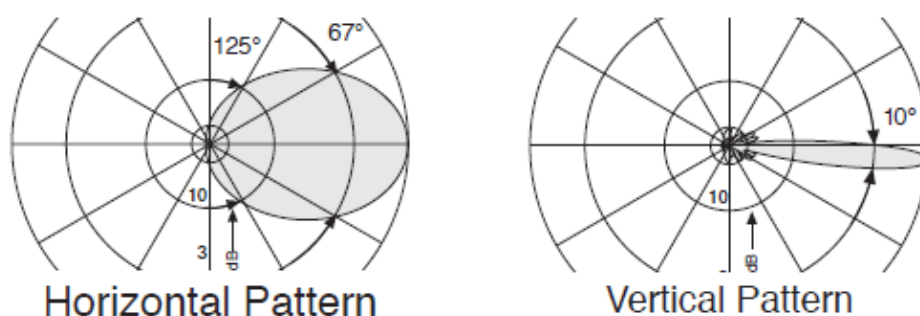
Quando si progetta un impianto di telecomunicazione, il progettista, in fase di redazione della AIE (Analisi di Impatto Elettromagnetico) da sottoporre all'ARPA competente, deve

calcolare le dimensioni di tale volume, e assicurarsi che all'interno dello stesso l'accesso alle persone venga inibito o regolamentato opportunamente.

2.5. Diagramma di radiazione d'antenna e rappresentazione delle curve isocampo

Il diagramma di radiazione di un'antenna è la rappresentazione tridimensionale del guadagno della stessa.

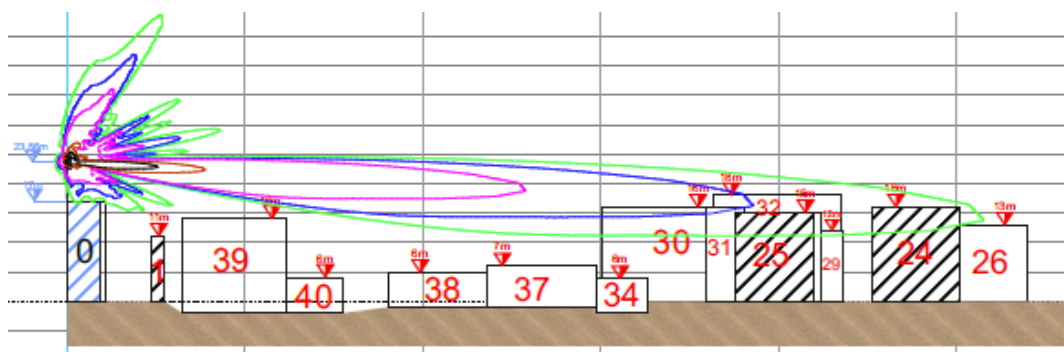
Nella grande maggioranza degli impianti per telecomunicazioni (in primis quelli di telefonia mobile), le antenne utilizzate sono di tipo direttivo, cioè concentrano il proprio guadagno entro un angolo azimutale e in elevazione spazialmente contenuto, al di fuori del quale l'emissione radiante è particolarmente ridotta o nulla.



Valori tipici di direttività azimutale per un antenna radiomobile sono nell'ordine di 60-70°, mentre la direttività in elevazione è ridotta a soli 5-15°.

Nella progettazione di un impianto di telecomunicazione, in fase di redazione della AIE, e sulla base del diagramma di radiazione e dei pattern d'antenna specifici forniti dalle case costruttrici, il progettista deve simulare la propagazione della radiazione elettromagnetica emessa dalle antenne.

Tale simulazione viene graficamente rappresentata sotto forma di curve isocampo, cioè curve sulla cui superficie il valore di Campo Elettrico assume un valore definito (i valori tipicamente rappresentati sono 20V/m, 6V/m, 3V/m e talvolta anche 4V/m e 10V/m).



All'interno di ciascuna curva i valori di campo stimato saranno superiori rispetto a quanto calcolato sulla superficie della curva stessa, mentre all'esterno di ciascuna curva il fondo stimato sarà inferiore al valore superficiale.

Rappresentando proporzionalmente in scala l'edificio ospitante l'impianto, le curve isocampo, e l'immediato circondario (entro un raggio tipico, per gli impianti outdoor, pari a 300m), si riesce ad assicurare che la curva isocampo a 6V/m (rappresentata in figura in colore fucsia) non intercetti alcuna struttura a permanenza umana superiore alle 4 ore giornaliere.

Secondo quanto descritto, appare evidente come, a quote non pertinenti in ogni caso interdette alla permanenza umana, sia presente un volume all'interno del quale possono essere superati i valori normativi di emissione. L'esistenza di tale volume di rispetto, come già descritto al paragrafo 2.3, non rappresenta assolutamente un rischio sanitario, poiché esso deve essere dimensionalmente calcolato in fase di progettazione, ed entro i suoi confini deve essere interdetto l'accesso al personale non autorizzato.

2.6. Esecuzione delle misure di esposizione CEM

Con riferimento alle misure volte alla verifica della conformità degli impianti e delle apparecchiature ai limiti prescritti dalle legislazioni o dalle norme tecniche, la norma **CEI 211-7** precisa alcuni aspetti essenziali relativi all'esecuzione di tali misure:

- 1. le misure di intensità di campo devono essere effettuate negli spazi accessibili ai soggetti potenzialmente esposti, ma sarebbe auspicabile l'assenza degli stessi soggetti: infatti, i limiti di esposizione sono espressi in termini di campi imperturbati, anche se in realtà i campi talvolta possono essere perturbati dalla presenza di persone nell'area di interesse.*
- 2. si deve considerare una suddivisione dell'area da caratterizzare in parti omogenee (per esposizione alle sorgenti, per popolazione, ecc.) e all'interno di queste si deve eseguire un numero di misure statisticamente significativo, tale da permettere la determinazione delle distribuzioni temporali e spaziali dei campi; tale numero deve essere scelto sulla base della superficie oggetto di indagine e delle persone stabilmente residenti;*
- 3. la caratterizzazione dell'area, dopo l'esecuzione delle misure, si ottiene calcolando i parametri statistici più idonei (medie e deviazioni tipo) per valutare la massima esposizione possibile della popolazione, anche in funzione della destinazione d'uso dell'area.*
- 4. I livelli di intensità di campo ottenuti in queste condizioni possono essere confrontati direttamente con i "valori limite" prescritti dalle normative vigenti in materia.*
- 5. Nella stragrande maggioranza dei casi, per le rilevazioni viene utilizzata un antenna di piccole dimensioni rispetto all'altezza media del corpo umano. In tal caso è necessario considerare, per ogni punto di misura, più altezze dal suolo per poter ottenere una media spaziale significativa. Si consiglia di eseguire tre misure, ad altezze standard pari a 1.1m – 1.5m e 1.9m da terra o dal livello dei piedi, se l'area d'interesse è al di sopra del livello del terreno: a tali altezze infatti possono essere esposti gli organi più critici di una persona adulta. Se, per motivi pratici, vengono scelte altezze diverse dai suddetti valori standard, esse devono essere debitamente indicate nella relazione tecnica relativa alle misure eseguite, specificando i motivi di tale scelta.*
- 6. Se la sorgente ha condizioni di funzionamento variabili nel tempo, la misura deve essere effettuata preferibilmente in condizioni di emissione massima: ad esempio per le stazioni radio base sarebbe utile conoscere la fascia oraria di massimo traffico in un periodo di 24 ore, ed effettuare quindi la misura nel momento di picco massimo.*

2.7. Misurazioni mediante la rete di monitoraggio CEM presso VCE

L'utilizzo di centraline di monitoraggio dei Campi Elettromagnetici presso l'Aeroporto di Venezia (VCE) permette di ottenere enormi vantaggi rispetto alla semplice esecuzione di sessioni di misura puntuali. Tali vantaggi sono direttamente riscontrabili da quanto evidenziato dalla norma di riferimento al paragrafo precedente, e in particolare:

- 1. Le misurazioni in continuo permettono di stabilire con certezza il fondo elettromagnetico persistente anche in presenza di aree a permanenza umana costante: infatti, anche se la presenza di soggetti in prossimità delle unità di monitoraggio potrebbe perturbare le acquisizioni, essendo la durata delle misurazioni non limitata nel tempo bensì continua, è facilmente riscontrabile identificare e scartare eventuali alterazioni.*
- 2. La capillare progettazione della rete di monitoraggio permette di definire con precisione parti omogenee di spazio all'interno delle quali eseguire le rilevazioni del fondo. Infatti, le centraline di monitoraggio sono state installate in punti strategici ben studiati, che coniugati alle misurazioni continue nel tempo, permettono di ottenere il massimo risultato in termini di determinazione spaziale e temporale dei campi.*
- 3. Le centraline di monitoraggio permettono di definire con elevato grado di accuratezza le esposizioni "worst case", cioè le massime esposizioni possibili. In particolare, nella progettazione della rete di monitoraggio dell'aeroporto di Venezia si è scelto di collocare le unità in aree prossime alle sorgenti radianti, e **le sonde di acquisizione sono ad una quota di circa 2.5m**, cioè superiore rispetto all'altezza accessibile dai soggetti (pertinenziale). Tale scelta è dovuta, oltre ad aspetti pratici, alla corretta applicazione del "principio cautelativo": infatti, per ogni punto di installazione, è stato strumentalmente verificato mediante misurazioni a banda larga e selettive, che i valori di esposizione alle altezze pertinentziali di normativa (1.1m, 1.5m e 1.9m) sono sensibilmente inferiori a quanto rilevato dalle unità all'altezza di installazione. Si ha quindi certezza, qualora i valori registrati siano inferiori ai limiti, che alle quote d'interesse si abbia un fondo elettromagnetico ulteriormente contenuto entro valori particolarmente cautelativi. Nei casi di superamento dei valori registrati, invece, vengono, di sovente, effettuate verifiche puntuali a larga banda e selettive per verificare che, alle quote prescritte da normativa, i valori siano contenuti entro i limiti.*
- 4. La possibilità di misurare e registrare di continuo i valori del fondo elettromagnetico permette di determinare strumentalmente le fasce temporali di emissione massima delle stazioni radio base, senza avere indicazioni dai Gestori, e soprattutto determinare se esse siano variabili nel tempo, e in che ordine di grandezza.*

2.8. Misurazioni condotte a basse frequenze E.L.F.

La valutazione dell'esposizione alle basse frequenze E.L.F. (*Extremely Low Frequency*) viene condotta attraverso la misura delle seguenti grandezze:

1. *valore efficace del campo elettrico E (espresso in V/m);*
2. *valore efficace dell'induzione magnetica B (espresso in T "Tesla"= Wb/m²);*

In bassa frequenza è necessario eseguire la misura di entrambe le grandezze: infatti, non esiste un semplice rapporto tra tali grandezze nella regione di campo vicino reattivo dove vengono sempre eseguite queste misure (aventi lunghezze d'onda elevatissime, sicuramente maggiori rispetto alla distanza del punto di misura rispetto alla sorgente).

Normalmente vengono misurati i valori efficaci delle componenti in tre direzioni ortogonali.

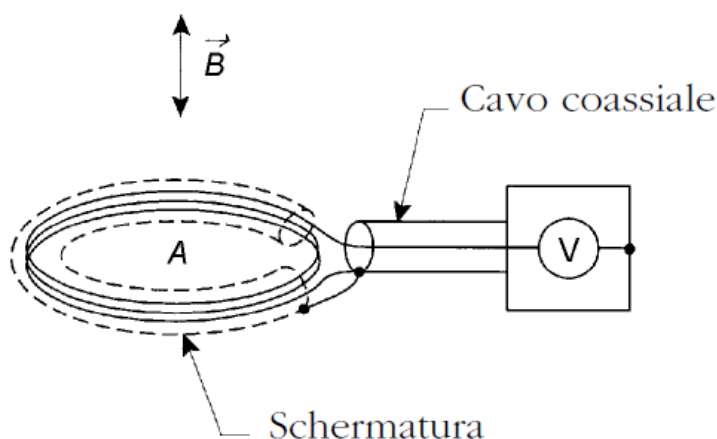
Il valore efficace globale dell'induzione magnetica B sarà dato dalla formula seguente:

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}$$

Mentre, il valore efficace globale del campo elettrico E sarà dato dalla formula seguente:

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2}$$

Le sonde di campo magnetico, costituite da una bobina di filo elettricamente schermato (tipicamente in fibra ottica), sono state usate in combinazione con un data logger, o un monitor di acquisizione, nel ruolo di rivelatore per le misure dei campi magnetici a frequenza industriale provenienti da linee elettriche, cabine di trasformazione, apparecchiature ad elevato assorbimento energetico, e similari.



Normalmente nella sonda sono già incorporate le componenti del circuito del rivelatore. I dati sono visualizzabili in tempo reale su un display o un data logger compatibile, oppure sono scaricabili successivamente alla sessione di misura mediante un cavo di collegamento al computer.

I misuratori sono tipicamente dotati di sonde triassiali: il segnale proveniente da ciascuna delle tre bobine di cui è costituita la sonda può essere trattato dal rivelatore in due modi:

- il rivelatore determina il valore efficace di ciascuna componente spaziale, ne determina i quadrati e li somma tra di loro, quindi calcola la radice quadrata della somma.
- il rivelatore determina i quadrati dei segnali provenienti dalle tre sonde, estrae la radice quadrata della loro somma e quindi determina il valore efficace.

Entrambi i metodi portano allo stesso risultato, che è il campo magnetico totale efficace B . In generale, l'intensità del campo magnetico efficace è superiore a quello del campo magnetico massimo, poiché esso varia dal 100% (nel caso dei campi linearmente polarizzati) al 141% (nel caso dei campi circolarmente polarizzati) del campo magnetico massimo.

Ai fini della verifica del rispetto dei limiti, così come indicato dalla Norma CEI 211-6, le unità operanti in doppia sonda (alte e basse frequenze) per i rilievi E.L.F. misurano il valore dell'induzione magnetica B nello spazio (x, y, z) così come indicato dalla seguente formula:

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}$$

Essendo B_x, B_y, B_z le componenti (valori efficaci) misurate lungo i tre assi di riferimento.

Il limite del Campo di Induzione Magnetica è pari a $3\mu\text{T}$ o $10\mu\text{T}$, a seconda che la destinazione d'uso per il punto di misura preveda una permanenza umana superiore o inferiore alle quattro ore, rispettivamente.

3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il documento più importante è la recente Raccomandazione emanata dal consiglio dell'Unione Europea. Essa fonda le conclusioni su dati raccolti dall'organizzazione Mondiale della sanità, in base ai quali la Commissione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni Non Ionizzanti (ICNIRP) ha individuato i limiti di esposizioni ai campi e i relativi tassi di assorbimento ammessi. Nelle frequenze comprese tra 10 MHz e 10 GHz si è stabilito che il tasso di assorbimento non deve superare 0.08 W/kg. Un limite di estrema cautela poiché gli effetti sono evidenti a un valore di 4 W/kg, ben 50 volte superiore al livello di cautela adottato sul piano internazionale. In conformità a ciò il Consiglio dell'Unione Europea ha indicato che per le frequenze tipiche della telefonia cellulare, i valori limiti di esposizione sono, per l'intensità dai campi elettrici, 41.25 V/m per 900 MHz (GSM) e 58.3 V/m per il 1800 MHz (DCS).

Per redigere questa documentazione sono state prese in considerazione le seguenti leggi e normative:

- Legge quadro 22 febbraio 2001, n.36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici."
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz. (GU n. 199 del 28-8-2003)"
- CEI 111-1 1997/Ed. "Esposizione umana ai campi elettromagnetici ad alta frequenza. Rapporto informativo"
- CEI 111-3 1997/Ed. 1 "Esposizione umana ai campi elettromagnetici. Alta frequenza (10KHz – 300 GHz)"
- CEI 211-7 2001-01/Ed. 1 "Guida per la misura e la valutazione dei campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenze 10 KHz – 300 GHz, riferimento all'esposizione umana."
- CEI 211-10 2002-04/Ed. 1 "Guida alla realizzazione di una Stazione Radio Base per rispettare i limiti di esposizione ai campi elettromagnetici in alta frequenza."

Il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri dell' 8 Luglio 2003 rappresenta il riferimento a livello nazionale in materia di esposizione umana ai campi elettromagnetici; del quale si riportano gli articoli più significativi:

Art. 3. Limiti di esposizione e valori di attenzione

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.

Art. 4. Obiettivi di qualità

1. Ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettromagnetici, i valori d'immissione dei campi oggetto del presente decreto, calcolati o misurati all'aperto nelle aree intensamente frequentate, non devono superare i valori indicati nella tabella 3 dell'allegato B. Detti valori devono essere mediati su un'area equivalente alla sezione verticale del corpo umano e su qualsiasi intervallo di sei minuti.
2. Per aree intensamente frequentate s'intendono anche superfici edificate ovvero attrezzate permanentemente per il soddisfacimento di bisogni sociali, sanitari e ricreativi.

Art. 5. Esposizioni multiple

1. Nel caso di esposizioni multiple generate da più impianti, la somma dei relativi contributi normalizzati, definita in allegato C, deve essere minore di uno. In caso contrario si dovrà attuare la riduzione a conformità secondo quanto descritto nell'allegato C.
2. Nel caso di superamenti con concorso di contributi di emissione dovuti a impianti delle Forze armate e delle Forze di polizia, la riduzione a conformità dovrà essere eseguita tenendo conto delle particolari esigenze del servizio espletato.

Art. 6. Tecniche di misurazione e di rilevamento dei livelli di esposizione

1. Le tecniche di misurazione e di rilevamento da adottare sono quelle indicate nella norma CEI 211-7 e/o specifiche norme emanate successivamente dal CEI.
2. Il sistema agenziale APAT-ARPA contribuisce alla stesura delle norme CEI con l'approvazione del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio.

Tabella – Valori di esposizione ai Campi Elettromagnetici

Valori limite			
Frequenza f (MHz)	Valore efficace di intensità di campo elettrico E (V/m)	Valore efficace di intensità di campo magnetico H (A/m)	Densità di potenza dell'onda piana equivalente D (W/m²)
0.1 – 3	60	0.2	-
3 – 3000	20	0.05	1
3000 – 300000	40	0.1	4

Valori di attenzione			
Frequenza f (MHz)	Valore efficace di intensità di campo elettrico E (V/m)	Valore efficace di intensità di campo magnetico H (A/m)	Densità di potenza dell'onda piana equivalente D (W/m²)
0.1 – 300000	6	0.0016	0.10 (3 MHz – 300GHz)

Obiettivi di Qualità			
Frequenza f (MHz)	Valore efficace di intensità di campo elettrico E (V/m)	Valore efficace di intensità di campo magnetico H (A/m)	Densità di potenza dell'onda piana equivalente D (W/m²)
0.1 – 300000	6	0.0016	0.10 (3 MHz – 300GHz)

Per quanto concerne le esposizioni a basse frequenze E.L.F., la Legge Quadro n.36 del 22 Febbraio 2001, insieme al successivo decreto attuativo del 23 Febbraio 2003, stabiliscono i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 HZ) generati dagli elettrodotti, e più in generale da impianti per la trasformazione e la distribuzione di energia.

In particolare, l'articolo 3 del decreto attuativo 22/02/2001 stabilisce che:

Comma 1: “Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100 μ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.”

*Comma 2: “A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica **il valore di attenzione di 10 μ T**, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.”*

E inoltre, all'articolo 4 del medesimo decreto si legge:

*“Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di **luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore** e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, **ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz**, è fissato l'obiettivo di qualità di **3 μ T per il valore dell'induzione magnetica**, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.”*

4. RISULTATI DELLE ACQUISIZIONI

Per ciascuna centralina di monitoraggio, vengono tabellati:

- Valore massimo RMS su 6 minuti del mese

Anno 2020 - Valore medio mensile (RMS 6 min)										
Ubicazione	TERMINAL			AREE ESTERNE			IMPIANTI			
Mese	Fixed 1	Fixed 3	Mob 2	Fixed 4	Mob 1	Fixed 2	Mob 3 R.F.	Mob 3 E.L.F.	Mob 4 R.F.	Mob 4 E.L.F.
Gennaio	2.46	2.62	1.51	1.42	1.23	1.93	1.05	8.75	1.74	3.39
Febbraio	2.49	2.58	1.50	1.41	1.30	1.81	1.00	9.11	1.75	3.47
Marzo	2.48	2.62	1.46	5.37	1.03	4.96	0.86	5.26	1.73	3.43
Aprile	2.51	2.57	1.52	1.40	0.96	1.96	1.19	4.53	1.77	3.70
Maggio	2.49	2.60	1.51	1.39	0.92	1.91	0.61	5.31	1.74	3.62
Giugno	2.50	2.54	1.52	1.43	1.82	1.90	0.62	4.93	1.77	3.64
Luglio	2.42	2.63	1.49	1.34	1.61	1.95	0.51	5.44	1.76	3.57
Agosto	2.48	2.57	1.51	1.41	2.03	1.89	1.05	8.86	1.73	3.70
Settembre	2.43	2.58	1.50	1.39	1.18	1.96	1.00	8.40	1.74	3.78
Ottobre										
Novembre										
Dicembre										

Valore limite di riferimento normativo: Massimo valore RMS = 6 V/m (RF) - 3 μ T (ELF) per le aree a permanenza umana >4h/gg - Massimo valore RMS = 20V/m (RF) - 10 μ T (ELF) per le aree a permanenza umana <4h/gg - La tabella riporta il massimo valore calcolato fra tutti i giorni del mese.

- Dettaglio con valore massimo RMS 6 minuti raggiunto per ciascun giorno del mese

Anno 2020 - Valore medio giornaliero (RMS 6 min) riscontrato giorno per giorno per la centralina Fixed 1																																
Mese	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Gennaio	1.81	2.20	2.46	1.85	2.12	2.01	1.79	1.95	1.96	1.99	2.30	1.97	1.81	1.92	2.32	1.80	2.08	1.84	1.92	1.93	1.69	1.72	2.12	1.97	1.84	2.01	2.03	1.65	1.80	1.93	1.60	
Febbraio	1.82	2.12	1.66	2.42	2.21	2.27	2.41	1.98	1.94	2.41	2.32	1.67	1.94	2.47	2.45	2.33	2.49	2.19	2.11	2.15	1.77	2.37	2.16	2.11	2.48	2.29	2.15	2.15	2.32			
Marzo	2.09	2.18	2.14	2.22	1.76	2.41	2.11	1.84	2.11	2.42	1.96	2.15	2.13	1.71	2.08	1.83	1.71	1.77	2.34	1.95	1.88	2.34	2.27	2.48	2.32	1.82	1.64	2.10	2.32	1.90	1.80	
Aprile	1.87	2.25	1.85	2.32	2.10	1.97	2.51	1.97	2.31	2.22	1.84	2.30	1.75	2.25	1.69	1.69	2.24	1.99	1.58	1.93	2.26	1.83	2.15	2.27	1.84	2.12	1.63	2.11	1.62	1.88		
Maggio	2.24	2.42	2.05	2.24	2.01	1.94	1.88	2.38	2.24	2.49	1.74	1.77	1.92	1.65	1.98	2.01	1.93	2.13	1.77	1.95	1.92	2.12	2.03	2.18	1.86	2.22	2.02	2.11	2.17	2.41	1.88	
Giugno	2.12	1.59	1.69	1.60	2.44	2.50	2.11	2.28	1.72	1.89	2.35	1.66	2.32	1.76	1.68	2.00	2.12	1.89	1.99	2.23	1.78	1.76	1.90	1.82	2.30	1.74	2.21	1.82	1.94	2.26		
Luglio	1.79	1.62	2.09	1.76	2.24	2.30	2.19	2.20	1.65	2.27	2.00	2.15	2.22	1.63	1.67	2.42	2.40	2.37	2.11	2.41	1.76	1.66	1.95	2.01	1.94	2.13	1.70	2.01	1.62	2.03	2.32	
Agosto	1.81	2.27	1.67	1.75	1.61	2.39	2.11	1.88	2.14	1.66	2.17	2.26	1.82	2.03	2.39	1.90	1.71	2.48	1.87	2.20	1.96	2.32	1.94	1.91	2.40	2.28	2.07	1.95	2.06	2.05	1.63	
Settembre	2.36	2.05	1.98	2.29	2.17	1.93	2.17	2.00	1.65	2.32	1.73	2.21	2.42	1.65	2.11	1.85	1.63	1.95	2.35	1.72	1.78	2.32	1.63	1.70	2.43	1.74	1.89	2.03	1.91	1.60		
Ottobre																																
Novembre																																
Dicembre																																

Valore limite di riferimento normativo: Massimo valore RMS = 6 V/m per le aree a permanenza umana >4h/gg - Massimo valore RMS = 20V/m per le aree a permanenza umana <4h/gg - La tabella riporta il massimo valore calcolato fra tutti i campioni giornalieri acquisiti.