

Allegato 4.8A

Relazione di misura dei
valori di fondo elettrico,
magnetico ed
elettromagnetico

Gli anni recenti hanno visto un aumento senza precedenti, per numero e varietà, di sorgenti di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (CEM) usati per svariati scopi. Queste sorgenti comprendono antenne televisive, radio e telefoniche, schermi di computer e televisioni, forni a microonde, radar, ecc..

L'incremento di queste sorgenti e l'utilizzo sempre più spinto che ne viene fatto ha comportato una esposizione, da parte della popolazione civile, a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici più intensi di quelli usualmente presenti a livello naturale.

La forzata, e spesso necessaria, coabitazione con questo fenomeno fisico ha stimolato l'esigenza di chiarire il grado di interazione con l'uomo; allo scopo sono state condotte, negli ultimi trenta anni, una serie notevole di studi finalizzati anche a dimostrare l'eventuale correlazione fra esposizione continuativa a particolari livelli di campo ed insorgenza di patologie varie.

Scopo del presente documento è la determinazione, ai fini protezionistici per la popolazione civile, del livello di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico presente presso l'area dell'aeroporto di Malpensa. Essendo il fenomeno oggetto del presente studio particolarmente complesso, è stato ritenuto necessario eseguire un richiamo dei concetti base dell'elettromagnetismo.

Il carattere protezionistico di questo studio obbliga peraltro a richiamare esplicitamente la normativa attualmente in vigore, sia per le sorgenti a Bassa Frequenza che ad Alta Frequenza; ciò anche al fine di rendere maggiormente chiare le scelte eseguite e le consequenziali modalità di misura applicate. Viste le finalità dello studio, è stato escluso il richiamo alle molteplici implicazioni di carattere terapeutico del campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico.

4.8A2 *IL CAMPO ELETTRICO, MAGNETICO ED ELETTROMAGNETICO*

4.8A2.1 *CONCETTI BASE DI ESPOSIZIONE*

Gli effetti sull'uomo di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici sono correlati ai valori di alcune grandezze che si stabiliscono, per effetto di tali campi, all'interno del corpo umano; tali grandezze, dette solitamente *interne*, sono l'intensità del campo elettrico, la densità di corrente indotta, la sovratemperatura corporea.

La loro misura è, nella pratica, difficilmente eseguibile in quanto sarebbero necessarie delle sonde invasive. Di conseguenza queste tecniche sono usualmente usate su fantocci o simulatori al fine di studiare l'esposizione e sviluppare modelli matematici.

Quelle che invece sono misurabili con relativa facilità sono le grandezze esterne che caratterizzano i campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici inducenti l'effetto sull'uomo; in tal modo è possibile risalire alle grandezze interne mediante i modelli disponibili.

Queste grandezze sono misurate in assenza del corpo stesso, in maniera tecnicamente realizzabile. La legislazione fa quindi riferimento a queste, tenendo conto degli effetti che esse producono all'interno del corpo.

4.8A2.2 *SORGENTI A BASSA FREQUENZA*

Il campo elettrico **E** ed il campo magnetico **H** sono grandezze vettoriali legate alla presenza, in una certa regione dello spazio, rispettivamente di una carica elettrica e di un flusso di corrente elettrica; questo fenomeno fisico è descritto esaurientemente dalle "Equazioni di Maxwell".

L'unità di misura nel S.I. è, rispettivamente, il Volt per metro (V/m) ed l'Ampere per metro (A/m); in condizioni statiche o quasi statiche ci si riferisce, invece che al campo magnetico **H**, al campo induzione magnetica **B**, che si misura in Tesla (T).

In *prossimità* della sorgente emissiva queste grandezze fisiche sono correlate in modo complesso tra di loro, nel senso che, data l'intensità di una di esse, non è semplice risalire per via matematica all'intensità dell'altra. Per *prossimità* si intende la regione posta a meno di dieci lunghezze d'onda dalla sorgente. Poiché la lunghezza d'onda delle basse frequenze è enorme (circa 6.000 km per la frequenza a 50 Hz), i campi indotti dalle radiazioni a bassa frequenza sono sempre nella regione prossima alla sorgente. Di conseguenza, nello studio delle emissioni a bassa frequenza (BF), si preferisce misurare e quindi considerare separatamente il contributo e l'effetto del campo elettrico e del campo magnetico.

Negli ambienti pubblici, il campo elettrico a bassa frequenza è presente a causa della trasformazione oppure distribuzione dell'energia elettrica a frequenza industriale (50 Hz). Per sua caratteristica fisica questo campo è fortemente influenzato dalle strutture che circondano la sorgente, ed è scarsa la sua capacità di penetrare attraverso costruzioni, mura e qualsivoglia ostacolo, per cui l'interesse, ai fini protezionistici, è limitato alle sole aree direttamente esposte all'effetto di possibili sorgenti, quali vicinanze di tralicci per il trasporto, oppure di cabine di trasformazione a media ed alta tensione.

Viceversa, il campo induzione magnetica è generato in massima parte dalla presenza di forti valori di corrente, che in pratica si riscontrano sia presso linee per il trasporto dell'energia elettrica che presso particolari strutture industriali, come forni ad induzione, ecc..

Ai fini protezionistici, l'effetto del campo induzione magnetica è più interessante, in quanto maggiori sono le capacità di penetrazione attraverso ostacoli e quindi più alta è la capacità di interazione con l'uomo.

4.8A2.3 *SORGENTI AD ALTA FREQUENZA (RF)*

Nel momento in cui le sorgenti di campo presentano delle frequenze di variazione molto rapide (dell'ordine dei 100 kHz o più), il campo in cui le grandezze di campo magnetico ed elettrico sono tra loro correlate in modo complesso si riduce. All'esterno di tale zona si ha la cosiddetta *radiazione elettromagnetica*, ossia quel fenomeno di propagazione dei campi elettrici e magnetici, variabili nel tempo e correlati tra loro, generati da cariche e correnti oscillanti.

Questa capacità propagativa viene utilizzata per molteplici scopi, tra cui quello fondamentale delle trasmissioni a distanza (telecomunicazioni); in termini semplicistici, si può dire che la radiazione a Bassa Frequenza (BF) serve all'immagazzinamento di energia oppure al trasferimento di quest'ultima da un luogo all'altro, mentre la radiazione a Radiofrequenza (RF) serve al trasferimento dell'informazione.

Una caratterizzazione fondamentale della radiazione elettromagnetica è la variazione temporale, ossia la frequenza. Infatti, nella schematizzazione corpuscolare dell'onda elettromagnetica, al crescere della frequenza della radiazione, aumenta l'energia di ciascun fotone associato all'onda stessa. Quando questa energia è tale da produrre la ionizzazione dell'elettrone, ossia il salto ad un diverso livello energetico, si dice che la radiazione è del tipo *ionizzante*; un esempio di radiazione ionizzante sono i raggi X, usualmente utilizzati in ambito radiologico.

L'interesse di questo studio è viceversa indirizzato alle sole radiazioni non ionizzanti (NIR), comprese nell'intervallo di frequenze fra 100 kHz e 300 GHz, utilizzate prevalentemente per telecomunicazioni.

La radiazione elettromagnetica è caratterizzata dalle grandezze fondamentali campo elettrico **E**, campo magnetico **H** e densità di potenza **S**, grandezze legate fra loro dalle "Equazioni di Maxwell".

Nella regione lontana dalla sorgente, la soluzione delle equazioni di Maxwell è notevolmente semplificata dall'ipotesi di onda piana uniforme. In questo caso il campo elettrico ed il campo magnetico sono grandezze in fase fra loro ed hanno ampiezze in rapporto costante; i loro vettori rappresentativi, tra di loro ortogonali, giacciono su di un piano perpendicolare alla direzione di propagazione dell'onda elettromagnetica. Una conseguente semplificazione, di notevole importanza per le misure, è che la sola conoscenza del campo elettrico è sufficiente a caratterizzare completamente la radiazione incidente.

La determinazione delle zone di validità dell'ipotesi di onda piana, legata alla frequenza, alle dimensioni ed alle distanze delle sorgenti presenti, esula dall'obiettivo di questa premessa. Tuttavia, date le sorgenti individuate nel sedime aeroportuale di Malpensa, la loro frequenza di funzionamento e la loro caratterizzazione radioelettrica, l'ipotesi è sempre applicabile e quindi il campo elettromagnetico è valutato, come per altro indicato dalla legislazione vigente, attraverso una misura di campo elettrico. A titolo indicativo, la frequenza della telefonia mobile è di 1.800 MHz, a cui corrisponde una lunghezza d'onda di 0,16 metri: la zona "lontana" dista quindi dalla sorgente solo 1,5 metri circa.

Il primo strumento legislativo riferito all'inquinamento elettromagnetico a livello nazionale è stato il *DM 16 Gennaio 1991* che per la prima volta definisce le distanze di sicurezza non solo in funzione del rischio di scarica ma anche considerando i possibili effetti dell'esposizione ai campi elettromagnetici. Successivamente a livello nazionale, la normativa si è evoluta mantenendo come punto di riferimento il principio di precauzione (ovvero intervenire, in presenza di un rischio potenziale e grave, senza aspettare i risultati della ricerca scientifica). E' bene sottolineare che a livello comunitario, eccezion fatta che per la *Raccomandazione n. 519 del Consiglio dell'Unione Europea* del 1999, permane una sorta di vuoto legislativo in riferimento all'inquinamento elettromagnetico, solo parzialmente colmato dalle direttive 2004/40/CE, sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (e quindi anche campi elettromagnetici), e 2004/108/CE concernente il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alla compatibilità elettromagnetica.

I principali riferimenti normativi nazionali sono, allo stato delle cose, i seguenti:

- la *Legge 22 Febbraio 2001, n. 36*;
- il *DPCM 8 Luglio 2003*.

La legge 22 febbraio 2001, n.36 "*Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici*", pubblicata nella *Gazzetta Ufficiale* n. 55 del 7 marzo 2001, determina le linee guida per la tutela di tutta la popolazione dagli effetti dell'esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici di origine non naturale.

Scopo prioritario di questa normativa è (art. 4, comma 1 lettera a)) "*...la determinazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità, in quanto valori di campo.....*"; pertanto è previsto (art. 4 comma 2), entro sessanta giorni dalla data di entrata in vigore della legge, la determinazione dei summenzionati valori mediante apposito decreto del Presidente del Consiglio dei ministri.

In particolare, la legge, ispirandosi al principio di precauzione, ha come finalità la tutela della salute pubblica e dell'ambiente perseguita (art. 1 e art. 4) attraverso il rispetto di:

- limite d'esposizione, definito come "*...il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione...omissis...che non deve essere superato in alcuna condizione...*";
- valori di attenzione, definiti come "*...valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere*

superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate...”;

- obiettivi di qualità, definiti come i criteri localizzativi, gli standard urbanistici (la cui indicazione è competenza delle Regioni) nonché come “...i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo Stato...omissis...ai fini della progressiva minimizzazione dell’esposizione ai campi medesimi”.

Il DPCM 8 Luglio 2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti” è il decreto attuativo previsto dalla L 22 Febbraio 2001, n. 36 e quindi fissa i limiti d’esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità previsti dalla medesima legge (art. 3 e 4).

Nella *Tabella 4.8A3a* sono riportati i valori numerici sia per quello che riguarda il campo elettrico che per l’induzione magnetica, intesi come valori efficaci, nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti.

Tabella 4.8A3a *Limite di Esposizione, Valore d’Attenzione e Obiettivo di Qualità per il Campo Elettrico e per l’Induzione Magnetica*

	Campo elettrico (kV/m)	Induzione magnetica (µT)
Limite d’esposizione	5	100
Valore d’attenzione	-	10
Obiettivo di qualità	-	3

E’ bene ricordare come il valore di attenzione, calcolato come mediana dei valori nell’arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio, sia da riferirsi alle aree da gioco per l’infanzia, agli ambienti abitativi, scolastici e ai luoghi adibiti a permanenze prolungate (non inferiori alle 4 ore) (art. 3). Discorso analogo per l’obiettivo di qualità, inteso anch’esso come mediana dei valori nell’arco delle 24 ore, e anch’esso riferito alle medesime tipologie d’insediamento sia nel caso di progettazione di un nuovo elettrodotto che, viceversa, di nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra (art. 4).

4.8A3.1 *SORGENTI A BASSA FREQUENZA (BF)*

L’esposizione della popolazione al campo elettrico e al campo induzione magnetica generati alla frequenza nominale industriale (50 Hz) è regolata dal DPCM del 23 aprile 1992.

L’art. 4 del suddetto DPCM stabilisce i limiti di esposizione. Essi sono:

5 kV/m e 0,1 mT, rispettivamente, per l’intensità di campo elettrico e di induzione magnetica, in aree o ambienti in cui

si possa ragionevolmente attendere che individui della popolazione trascorrono una parte significativa della giornata:

10 kV/m e 1 mT, rispettivamente, per l'intensità di campo elettrico e di induzione magnetica, nel caso in cui l'esposizione sia ragionevolmente limitata a poche ore al giorno.

Le caratteristiche fisiche dei campi associati alle linee aeree per il trasporto dell'energia elettrica a frequenza industriale consentono anche (art. 5) di definire delle distanze di rispetto fra i fabbricati adibiti ad abitazione, o ad altra attività che comporta tempi di permanenza prolungati, ed i conduttori della linea. Il limite maggiore di questa norma è che tiene in considerazione i soli effetti acuti e non gli effetti cronici (a lungo termine), sull'uomo.

Si è cercato, da parte di alcune regioni, ossia Abruzzo, Lazio, Piemonte, Puglia e Veneto, di colmare il vuoto legislativo con apposite leggi regionali; in alcuni casi sono state fissate, considerando gli effetti a lungo termine, delle distanze di rispetto di 150 metri per le linee a 380 kV e, per le altre tensioni, una distanza tale che a 1,5 metri da terra vi sia un campo elettrico non superiore a 500 V/m ed un campo induzione magnetica non superiore a 0,2 μ T.

A livello nazionale è in fase di approvazione finale un decreto proposto dal Governo e già passato all'esame della Commissione Parlamentare, che propone un limite di 3 μ T per il campo induzione magnetica nei luoghi frequentati dall'uomo.

4.8A3.2 **SORGENTI AD ALTA FREQUENZA (RF)**

Con il *Decreto Ministeriale n. 381 del 10/09/1998*, emanato dal Ministero dell'Ambiente, di concerto con il Ministero della Sanità e delle Comunicazioni, il governo italiano si è posto all'avanguardia, fra tutti i paesi industrializzati, nella politica di prevenzione e tutela della popolazione per l'esposizione ai campi elettromagnetici connessi al funzionamento ed all'esercizio dei sistemi fissi delle telecomunicazioni e radiotelevisivi operanti nell'intervallo di frequenza fra 100 kHz e 300 GHz. Infatti questo decreto stabilisce, nel caso di esposizione al campo elettromagnetico, che i livelli, medi su sei minuti, dei campi elettrici, magnetici e della densità di potenza, non devono superare i livelli riepilogati nella *Tabella 4.8A3.2a*.

Tabella 4.8A3.2a *Limiti di Esposizione della Popolazione ai Campi Elettromagnetici*

Frequenza (MHz)	Valore efficace di intensità di campo elettrico (V/m)	Valore efficace di intensità di campo magnetico (A/m)	Densità di potenza dell'onda piana equivalente (W/m ²)
0,1-3	60	0,2	
>3-3.000	20	0,05	1
>3.000-300.000	40	0,1	4

Questi livelli rappresentano i limiti massimi generati contemporaneamente da tutte le possibili sorgenti emittenti, ossia si intendono in termini di *immissione globale*.

Inoltre, il Decreto introduce gli obiettivi di qualità cui devono attenersi i progettisti ed i realizzatori di impianti di telecomunicazioni al fine di produrre i livelli più bassi possibili; a tal fine, nel *comma 2 dell'articolo 4* stabilisce che, *in corrispondenza di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore non devono essere superati i seguenti valori, indipendentemente dalla frequenza: 6 V/m per il campo elettrico, 0,016 A/m per il campo magnetico intesi come valori efficaci e, per le frequenze comprese tra 3 MHz e 300 GHz, 0,1 W/m² per la densità di potenza dell'onda piana equivalente.*

Questo livello, che non trova riscontro nella legislazione in materia di alcun altro paese, costituisce un limite di ordini di grandezza inferiore ai livelli di riferimento determinati da organismi internazionali come il CENELEC, ripresi dalla *Norma CEI 111-3 "Esposizione umana ai campi elettromagnetici Alta frequenza (10 kHz - 300 GHz)"* che fissa, per esempio, il limite alla frequenza di 900 MHz pari ad un valore di 41,1 V/m.

La norma è quindi altamente garante della salute pubblica.

Nella Norma descritta sono infine riportati i criteri di misura nonché la procedura di riduzione a conformità nel caso di superamento dei limiti per l'effetto simultaneo di due o più sorgenti.

4.8A4 MISURA DEL CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO A BASSA FREQUENZA (BF)

4.8A4.1 METODOLOGIA DI MISURA E SCELTA DEI PUNTI

Come già anticipato nei capitoli precedenti, la presenza di campo elettrico e magnetico a bassa frequenza è associata alla presenza di strutture per la trasmissione, la distribuzione oppure la trasformazione dell'energia elettrica a frequenza industriale.

Pertanto, al fine di determinare le modalità di esecuzione delle misure, diventa necessario un primo censimento delle strutture di questo tipo presenti presso l'aeroporto di Malpensa.

Sono state individuate due aree sensibili: la centrale di distribuzione elettrica (vedi *Figure 4.8A4.1a, 4.8A4.1b e 4.8A4.1c*) e la linea di alimentazione della linea ferroviaria (vedi *Figura 4.8A4.1d*), presso le quali sono state eseguite misure di campo elettrico e magnetico.

Figura 4.8A4.1a *Schema Planimetrico della Centrale di Smistamento SEA con Indicazione dei Punti di Misura*

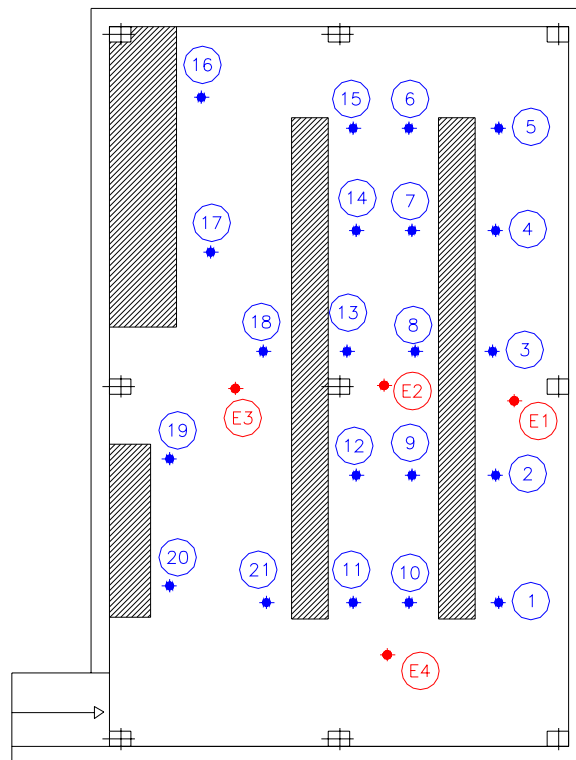


Figura 4.8A4.1b Centrale di Smistamento SEA - Punto E3



Figura 4.8A4.1c Centrale di Smistamento SEA - Punto E4



Figura 4.8A4.1d *Marciapiede della Stazione Ferroviaria*



Le misure sono state eseguite da *SOVEL Italia*, società specializzata nel settore su incarico e con la supervisione di *ERM Italia*.

Lo strumento utilizzato è l'EFA 300 della Wandel & Goltermann; la sonda di campo elettrico è stata posta su di un cavalletto non metallico all'altezza di circa 1,5 metri, mentre le misure di campo magnetico sono state eseguite con la sonda interna dello strumento, posta ad altezza tronco dell'operatore.

Nella *Tabella 4.8A4.1a* sono elencati gli identificativi degli strumenti utilizzati per le misure, indicando anche gli estremi dei certificati di calibrazione.

Tabella 4.8A4.1a *Dettaglio della Strumentazione Utilizzata per le Misure di Campo Elettrico e Campo Magnetico (BF)*

Strumento utilizzato	Numero di matricola	Data di calibrazione	Durata della calibrazione (mesi)
EFA 300	B-0081	16/01/01	24
Sonda campo elettrico	A-0096	19/01/01	24

4.8A4.2 *RISULTATI DELLE MISURE*

Nella *Tabella 4.8A4.2a* è riportato il risultato delle misure a Bassa Frequenza eseguite rispettivamente presso il piano interrato della cabina di smistamento SEA e presso la stazione ferroviaria dell'aeroporto.

Per ciascun punto di misura è stato indicato:

- numero progressivo;
- riferimento e caratteristiche del punto stesso;
- valore del campo elettrico misurato (in kV/m);
- valore del campo induzione magnetica misurato (in μT);
- data ed ora di esecuzione della misura;
- eventuali note.

Tabella 4.8A4.2a Valori di Campo Elettrico e Induzione Magnetica Misurati Presso l'Aeroporto di Malpensa

Punto n.	Valore efficace del campo elettrico misurato (V/m)	Ora di esecuzione della misura	Valore efficace del campo magnetico misurato (μT)	Ora di esecuzione della misura	Data di esecuzione e delle misure	NOTE
1			0,416	09.51.00	10/09/02	
2			0,711	09.51.07	10/09/02	
3			2,699	09.51.14	10/09/02	
4			1,849	09.51.21	10/09/02	
5			1,852	09.51.28	10/09/02	
6			0,986	09.51.36	10/09/02	
7			1,524	09.51.42	10/09/02	
8			0,927	09.51.50	10/09/02	
9			0,733	09.51.59	10/09/02	
10			0,97	09.52.04	10/09/02	
11			6,53	09.52.16	10/09/02	
12			1,74	09.52.28	10/09/02	
13			5,49	09.52.39	10/09/02	
14			8,13	09.53.03	10/09/02	
15			10,19	09.53.27	10/09/02	
16			2,08	09.53.37	10/09/02	
17			3,57	09.53.47	10/09/02	
18			2,80	09.53.55	10/09/02	
19			0,4958	09.54.07	10/09/02	
20			12,02	09.54.21	10/09/02	
21			0,64	09.54.32	10/09/02	
E1	1,655	10.01.34			10/09/02	
E2	1,904	10.02.40			10/09/02	
E3	1,211	10.04.23			10/09/02	
E4	1,150	10.06.15			10/09/02	
22	0,870	10.48.25	0,160	10.42.02	10/09/02	In corrispondenza del binario 1 della stazione ferroviaria.

I risultati delle misure sono influenzati dalle condizioni di carico delle linee durante l'esecuzione delle misure stesse; tuttavia, i valori riscontrati sono sufficientemente indicativi dei livelli di esposizione all'effetto di campi elettrici e magnetici a bassa frequenza nelle aree di interesse.

4.8A4.3

ANALISI DEI RISULTATI

Dal confronto fra i livelli di campo misurato ed i limiti stabiliti dal *D.P.C.M. del 23/04/1992*, si evidenzia un pieno rispetto dei livelli di soglia individuati tenendo conto dei soli effetti acuti.

Il confronto con le attuali indicazioni circa i livelli di campo magnetico ritenuto accettabile evidenzia un'esposizione nell'ordine delle unità di μT , che appare compatibile con i brevi tempi di permanenza nell'area di controllo della cabina di distribuzione e tenendo conto che il locale non è, ovviamente accessibile al pubblico.

La fonte primaria di radiazione elettromagnetica a Radiofrequenza che usualmente incide su un'area aeroportuale è da associare ai sistemi per telecomunicazioni e per il controllo del traffico aereo.

A seconda della caratterizzazione radioelettrica di questi impianti, gli effetti in termini di incremento del campo elettromagnetico generato sono molto diversi. Una panoramica sulle caratteristiche delle possibili sorgenti presenti è riportata nella *Tabella 4.8A5a*; in particolare, si osservi che un elemento fondamentale di discriminazione è la frequenza utilizzata per la trasmissione.

Tabella 4.8A5a Caratteristiche delle Sorgenti per Impianti di Telecomunicazione

Campo di frequenza	Descrizione	Sorgente	Frequenza di lavoro	Valori tipici di esposizione
> 30 MHz	VHF	Trasmittitori radio	100 MHz	50 mW/m ²
> 300 MHz	UHF	Trasmittitori radio	...500 MHz	5 mW/m ²
> 300 MHz	UHF	Telefonia cellulare	890...960 MHz 1700..1900 MHz	1 mW/m ²
> 3 GHz	SHF	Radar	2,5...35 GHz	< 2,5 W/m ²

In linea di principio, possiamo affermare che, per tutte le sorgenti, l'andamento del campo dipende, in maniera direttamente proporzionale, dalla radice quadrata della potenza applicata e dalle caratteristiche di guadagno dell'antenna utilizzata e, in maniera inversamente proporzionale, dalla distanza della sorgente; in funzione di questi parametri e del criterio di funzionamento delle rete, il progettista di impianti definisce delle aree di copertura, ossia quelle aree presso le quali il livello del segnale resta superiore ad un minimo. I contorni di queste aree devono essere ben definiti, per evitare problemi di interferenza, ossia di disturbo fra due segnali isofrequenziali generati da impianti diversi.

Pertanto, per la maggior parte degli impianti per telecomunicazioni, il campo elettromagnetico generato da una sorgente è massimo quanto maggiormente ci si avvicina alla quota dei sistemi radianti.

Inoltre, considerato che presso un determinato punto possono incidere onde generate da un numero anche notevole di sorgenti, ciascuna con caratteristiche diverse dall'altra e poste a distanze considerevolmente diverse, e che i livelli di interesse per l'esposizione della popolazione sono notevolmente maggiori (ordini di grandezza) di quelli usualmente sufficienti ad assicurare il funzionamento degli apparati riceventi, risulta sufficiente eseguire preliminarmente un monitoraggio con strumentazione a larga banda, ossia capace di misurare l'intensità complessiva del campo elettromagnetico incidente, senza discriminare le singole sorgenti; solo nel

caso di valori sufficientemente elevati da un punto di vista protezionistico, diventa utile eseguire un rilievo a banda stretta finalizzato a determinare con precisione le caratteristiche fondamentali dei segnali incidenti più intensi.

4.8A5.1 *METODOLOGIA DI MISURA E SCELTA DEI PUNTI*

Scopo di questo studio è valutare il livello di esposizione indotto dall'aeroporto di Malpensa nei confronti de:

- i passeggeri ed in genere il pubblico che frequenzia l'aerostazione;
- gli abitanti od in genere i frequentatori delle aree limitrofe l'aerostazione;
- gli addetti all'aerostazione stessa, nei diversi luoghi e con le diverse mansioni cui sono addetti, ad esclusione del personale viaggiante.

La tipologia di monitoraggio è esaustiva per quanto inerente la valutazione dell'esposizione delle prime due categorie di popolazione. Il monitoraggio permette anche una valutazione preliminare dell'esposizione di quei lavoratori non aventi una postazione fissa di lavoro e/o che non sono soggetti a fonti di radiazioni prossime alla postazione stessa (ad esempio operatori di computer con monitor a tubo catodico).

La scelta dei punti di misura è quindi basata sui seguenti criteri:

- *all'interno del terminal 1 e Terminal 2*: in prossimità di tutte le stazioni fisse di emissione, antenne per telefonia mobile e radiocomunicazione in genere;
- *all'esterno degli edifici, nel sedime aeroportuale*: in prossimità delle fonti fisse di emissione, compresi i radar, e nei luoghi potenzialmente frequentati da addetti
- *sul perimetro del sedime aeroportuale*: in punti circa equidistanti lungo il perimetro, onde valutare le possibili emissioni dirette verso l'esterno dell'area aeroportuale.

La localizzazione delle antenne emittenti è avvenuta tramite planimetrie aggiornate (per le aree ove queste sono disponibili a SEA) e ricerca a vista. In totale sono stati individuati 395 punti nel Terminal 1, 152 per il Terminal 2 e 246 per il sedime. Lungo il perimetro le misure sono state condotte ogni 100 metri circa di strada perimetrale. Nel sedime, ogni 100 metri di distanza, lungo alcune direzioni principali, sostanzialmente parallele alle piste.

Individuati i punti dove eseguire le misure, si è proceduto, come esplicitamente previsto dal *Decreto Interministeriale 381, Allegato B (Modalità ed esecuzione delle misure e delle valutazioni)*, alla verifica del valore del fondo

elettromagnetico conformemente a quanto stabilito dalla *Norma CEI 111-3* relativamente ai valori medi, su un intervallo temporale di 6 minuti.

La misura è stata realizzata mediante il dispositivo rivelatore a larga banda EMR 300 munito di sonda isotropica E-type 8.2, tarata su di un range di frequenza compreso fra 100 kHz e 3 GHz e con un livello di sensibilità pari a 1,00 V/m; vista la caratteristica delle sorgenti incidenti sull'area aeroportuale, questa scelta assicura un giusto compromesso fra sensibilità di lettura e larghezza della banda analizzata. Anche le misure ad alta frequenza sono state eseguite da *SOVEL Italia*, società specializzata nel settore, su incarico e con la supervisione di *ERM Italia*.

Per ciascun punto di misura, si è proceduto preventivamente ad una ispezione, tramite strumento in lettura istantanea sorretto direttamente dall'operatore, volta ad individuare la posizione di misura maggiormente significativa; individuata precisamente la posizione, si è provveduto ad effettuare una registrazione di 6 minuti collocando il dispositivo su di un cavalletto non metallico, al fine di evitare interferenze dovute alla vicinanza dell'operatore, e con la sonda posta ad una altezza di 1,8 metri, conformemente alle prescrizioni del *D. M. n. 381 del 10 settembre 1998, articolo 4, comma 2*, che prevede di considerare valori mediati su un'area equivalente alla sezione verticale del corpo umano.

L'estensione dell'attività di monitoraggio eseguita induce a suddividere l'area aeroportuale in singoli blocchi, analizzati separatamente.

Nella *Tabella 4.8A5.1a* sono elencati gli identificativi degli strumenti utilizzati per le misure a radiofrequenza, eseguite fra il 02/09/02 ed il 10/09/02, presso l'aeroporto di Malpensa, insieme agli estremi dei certificati di calibrazione.

Tabella 4.8A5.1a *Dettaglio della Strumentazione Utilizzata per le Misure*

Strumento utilizzato	Numero di matricola	Data di calibrazione	Durata della calibrazione (mesi)
EMR-300	N-0098	03/11/00	24
E-Type 8.2	L-0080	03/11/00	24
EMR-300	P-0133	27/03/01	24
E-Type 8.2	N-0069	26/03/01	24

4.8A5.2 **RISULTATI DELLE MISURE TERMINAL 1 ED ANALISI DEI RISULTATI**

Le misure effettuate evidenziano un livello di esposizione al campo elettromagnetico ampiamente al di sotto dei limiti stabiliti dalla normativa vigente; ad un fondo generalmente minore di 1,00 V/m si sovrappongono, solo nelle immediate vicinanze di impianti trasmettenti microcellulari per telefonia mobile, alcuni valori più elevati, comunque inferiori ai limiti vigenti. Le considerazioni valgono sia per le aree maggiormente interessate

dalla permanenza di utenti dell'aeroporto, sia per quelle tecniche, maggiormente frequentate dal personale di servizio.

4.8A5.3 *RISULTATI DELLE MISURE TERMINAL 2 ED ANALISI DEI RISULTATI*

Il livello riscontrato presso l'area del Terminal 2 dell'aeroporto di Malpensa è in massima parte minore di 1,00 V/m, ossia ampiamente al di sotto dei limiti attualmente vigenti. Valori nell'ordine dell'unità di V/m sono stati rilevati presso alcuni aree uffici posti in diretta visibilità con impianti di telefonia cellulare (SRB); tuttavia il confronto con i limiti previsti dalla normativa indica che l'esposizione è ovunque compatibile con una permanenza umana non limitata nel tempo.

4.8A5.4 *RISULTATI DELLE MISURE NEL SEDIME AEROPORTUALE ED ANALISI DEI RISULTATI*

Il livello mediamente riscontrato presso l'intero sedime aeroportuale di Malpensa è minore di 1,00 V/m, ossia ampiamente al di sotto dei limiti attualmente vigenti. La presenza di alcuni impianti per telefonia cellulari in prossimità dell'area provoca un leggero innalzamento del fondo elettromagnetico in qualche punto, senza mai raggiungere livelli significativi dal punto di vista radioelettrico.

Il monitoraggio svolto presso l'aeroporto di Malpensa, per le sue caratteristiche di elevata densità dei punti di misura e di attenta selezione dei punti stessi (scelti in prossimità delle principali sorgenti fisse), rappresenta una mappa dettagliata dei livelli tipici di esposizione al campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico della popolazione civile e del personale tecnico.

I valori rilevati hanno mostrato una piena rispondenza all'attuale normativa in materia, posizionandosi nella maggior parte dei casi ampiamente al di sotto dei livelli stabiliti come limite; laddove sono stati rilevati significativi livelli di campo induzione magnetica a bassa frequenza (area cabina di distribuzione) oppure campo elettromagnetico (in prossimità a microcelle), le caratteristiche di permanenza temporale oppure funzionale, nonché il confronto con i limiti stabiliti dalla normativa vigente, sono tali da escludere la necessità di interventi correttivi.

Lungo il perimetro dell'area aeroportuale non si rilevano situazioni che possano determinare situazioni di qualsiasi criticità per l'ambiente esterno.