



L'incertezza di misura della radiazione delle stazioni di base di telefonia mobile (rapporto ufficiale)

Nella sua decisione 1C_661/2012 del 5 settembre 2013 il Tribunale federale ha stabilito che, considerato lo sviluppo tecnologico degli ultimi dieci anni nel settore delle telecomunicazioni, sia opportuno assicurarsi che le raccomandazioni di misurazione, che per il GSM e l'UMTS risalgono al 2002 risp. al 2003, siano ancora conformi all'attuale stato della tecnica. Il Tribunale federale ha pertanto preteso che su questa questione venga richiesto un rapporto ufficiale dell'Istituto federale di metrologia (METAS) (E°4.3).

A causa dell'interesse fondamentale per questa questione il METAS rende il suo rapporto ufficiale accessibile a tutti in tutte le lingue ufficiali.

1^a domanda:

Le raccomandazioni di misurazione dell'UFAM/METAS per il GSM, l'UMTS e la LTE sono ancora conformi allo stato della tecnica?

Finora sono stati pubblicati raccomandazioni e rapporti tecnici per la misurazione di stazioni di base di telefonia mobile dei servizi di radiotelefonia GSM (Global System for Mobile Communications, telefonia mobile di 2^a generazione), UMTS (Universal Mobile Telecommunications System, telefonia mobile di 3^a generazione) e LTE (Long Term Evolution, telefonia mobile di 4^a generazione). Queste raccomandazioni di misurazione e questi rapporti descrivono le procedure e i requisiti per le cosiddette misurazioni della conformità di stazioni di base di telefonia mobile. Nella fattispecie si verifica se un impianto di telefonia mobile situato nei luoghi a utilizzazione sensibile (LAUS) rispetta il limite dell'impianto ai sensi dell'ordinanza sulla protezione dalle radiazioni non ionizzanti (ORNI). I LAUS sono prevalentemente ambienti chiusi, dove le persone soggiornano per periodi prolungati.

Normalmente le radiazioni non ionizzanti di impianti di telefonia mobile, che penetrano nell'edificio dall'esterno, negli ambienti chiusi non sono distribuite uniformemente. Ciò è dovuto a vari fenomeni fisici, quali ad esempio la riflessione della radiazione, le interferenze, il diverso assorbimento da parte di pareti e finestre e la propagazione della radiazione nel LAUS.

Nella misurazione della conformità di una stazione di base di telefonia mobile è considerato valore di valutazione secondo le raccomandazioni di misurazione l'intensità delle radiazioni non ionizzanti, che si potrebbe misurare come massimo locale se l'impianto venisse fatto funzionare nello stato di esercizio determinante. Conformemente all'allegato 1 numero 63 dell'ORNI è considerato stato di esercizio determinante il numero massimo di conversazioni e di scambi di dati effettuabili alla potenza massima di trasmissione. Perciò con una misurazione della conformità si deve rilevare il valore massimo locale delle radiazioni non ionizzanti in un LAUS, per includere nella valutazione anche il punto più esposto di tale LAUS. Per quanto riguarda questo principio, dalla pubblicazione delle raccomandazioni di misurazione non è cambiato nulla.

Per determinare sperimentalmente in modo diretto il valore spaziale massimo delle radiazioni non ionizzanti in un determinato luogo si utilizza il cosiddetto "metodo rotativo". In tale metodo il LAUS viene scansionato con un'antenna di misurazione, che a seconda del tipo deve essere ruotata simultaneamente anche attorno al proprio asse. Nella fattispecie lo spazio viene scansionato non solo localmente, ma a seconda del tipo di antenna anche secondo la polarizzazione e la direzione di emissione. Questo metodo si è molto ben affermato grazie alla sua idoneità nella pratica. Esso consente misurazioni rapide e semplici di radiazioni non

ionizzanti in ambienti chiusi. I valori determinati sperimentalmente vengono inoltre estrapolati secondo l'ORNI alla potenza massima di trasmissione della stazione di base di telefonia mobile. Le raccomandazioni di misurazione descrivono anche le formule da utilizzare per l'estrapolazione dei valori misurati.

Gli sviluppi degli strumenti di misurazione sono caratterizzati soprattutto dal fatto che essi devono tenere il passo con le nuove tecnologie di telefonia mobile e le corrispondenti modulazioni (GSM, UMTS e LTE) e devono essere in grado di poter decodificare il segnale desiderato da una molteplicità di segnali.

La raccomandazione di misurazione "Stazioni di base di telefonia mobile (GSM) (2002, n.°VU-5800)" e la bozza di raccomandazione di misurazione "Stazioni di base di telefonia mobile (UMTS – FDD) (2003)" sono conformi allo stato attuale della tecnica. Per la LTE non esistono al momento raccomandazioni di misurazione, bensì un "rapporto tecnico": Metodo di misurazione per le stazioni di base LTE" (2012); anche per questa tecnologia si deve attualmente dare la stessa risposta.

2ª domanda:

Con le tecniche e i dispositivi di misurazione moderni è possibile ridurre l'incertezza di misura (secondo la raccomandazione di misurazione, massimo dell'incertezza estesa di misura $U \pm 45\%$) per il GSM, l'UMTS e la LTE?

Secondo le raccomandazioni di misurazione UFAM/METAS l'incertezza di misura delle stazioni di base di telefonia mobile consta di due contributi: l'incertezza del dispositivo di misurazione e l'incertezza di misura della campionatura.

- Per esperienza l'incertezza tipo del dispositivo di misurazione si situa nell'intervallo compreso fra $\pm 10\%$ e $\pm 16\%$. Essa comprende le seguenti fonti d'incertezza: antenna di misurazione/sonda di campo, cavo di collegamento, linearità e lo strumento stesso di misurazione. La maggior parte dell'incertezza di misura proviene dall'antenna di misurazione/sonda di campo; gli altri contributi, come ad esempio quelli provenienti dallo strumento stesso di misurazione, sono tutti più piccoli e per questo motivo hanno un influsso molto esiguo sull'incertezza totale. Ogni laboratorio di misura deve determinare l'incertezza del dispositivo di misurazione in base alle specifiche e ai dati di taratura del dispositivo di misurazione utilizzato e indicarla nel verbale di misurazione.
- L'incertezza della campionatura è dovuta alla natura dei campi elettromagnetici e al modo di procedere leggermente diverso a seconda delle persone che effettuano la scansione dello spazio, con conseguente dispersione dei risultati di misura anche se il dispositivo di misurazione e la taratura sono identici. L'incertezza tipo della campionatura è stata determinata sperimentalmente nel 2002 per la misura di radiazioni GSM in una estesa misurazione comparativa. Essa è pari a circa $\pm 15\%$. Questo valore è stato confermato in altre misurazioni comparative per le radiazioni dell'UMTS (2006), della radiodiffusione (2007) e recentemente anche per quelle della LTE (2013, redazione del rapporto ancora in corso). In conformità alle raccomandazioni di misurazione, l'incertezza tipo della campionatura deve essere inserita nella determinazione dell'incertezza totale di misura come un contributo fisso pari a $\pm 15\%$.

Con questi due contributi del dispositivo di misurazione e della campionatura, secondo la consuete regole dell'addizione dei quadrati, per l'incertezza di misura risulta una incertezza totale compresa tipicamente tra $\pm 18\%$ e $\pm 22\%$. Dato che l'incertezza totale definisce un intervallo con un livello di fiducia di solo il 68.3%, viene spesso usata l'incertezza estesa di misura. L'incertezza estesa di misura designa il prodotto della moltiplicazione dell'incertezza totale per un fattore di copertura (nel nostro caso 2). In tal modo viene definito un intervallo con un elevato livello di fiducia pari al 95%, cioè un intervallo attorno al valore misurato, in

cui è situato il valore reale con una probabilità del 95%. Questo non significa che un risultato di misurazione si scosta in ogni caso di questo importo dal valore reale. In linea di principio non è possibile specificare quanto sia grande la differenza nel singolo caso concreto. Le piccole differenze sono più frequenti, le grandi più rare.

Nella pratica delle misurazioni di impianti di telefonia mobile i laboratori di misura accreditati ottengono tipicamente incertezze estese di misura comprese tra $\pm 36\%$ e $\pm 44\%$. Secondo le raccomandazioni di misurazione l'incertezza estesa massima ammessa è stata definita con $\pm 45\%$.

Secondo il METAS con le tecniche e i dispositivi di misurazione moderni, nel caso della determinazione sperimentale del valore massimo locale del campo elettrico in ambienti chiusi non vi è attualmente (2014) nessuna possibilità di ridurre l'incertezza estesa totale di misura U pari a $\pm 45\%$.

Abbreviazioni

UFAM	Ufficio federale dell'ambiente (in passato UFAFP: Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio)
UFAFP	Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio (attualmente UFAM: Ufficio federale dell'ambiente)
GSM	Global System for Mobile Communications (telefonia mobile di 2 ^a generazione)
LTE	Long Term Evolution (telefonia mobile di 4 ^a generazione)
METAS	Istituto Federale di Metrologia
ORNI	Ordinanza del 23°dicembre 1999 sulla protezione dalle radiazioni non ionizzanti (RS°814.710)
LAUS	Luogo a utilizzazione sensibile
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System (telefonia mobile di 3 ^a generazione)

Materiali

UFAFP/METAS 2002: Mobilfunk-Basisstationen (GSM) – Messempfehlung (Stazioni di base di telefonia mobile (GSM) – Raccomandazione di misurazione). (VU-5800-D), Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio, Berna.

www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00685/index.html?lang=de.

UFAFP/METAS 2003: Mobilfunk-Basisstationen (UMTS-FDD) – Messempfehlung (Stazioni di base di telefonia mobile (UMTS-FDD) – Raccomandazione di misurazione), bozza.

http://www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01100/01108/01110/index.html?lang=de#sprungmark_e0_23.

METAS 2012: Technical report: Measurement Method for LTE Base Stations. Traduzione in tedesco 2014 http://www.metas.ch/2012-218-808_DE