



6.12

Salvemini C., Bottura V., Imperial E., Cerise L., Cappio Borlino M.

Stima del campo elettrico generato da antenne
e misure di controllo per l'emissione dei pareri ambientali
dell'ARPA Valle d'Aosta

CONVEGNO
NAZIONALE AIRP
DI RADIOPROTEZIONE
Sorgenti di radiazioni:
dai modelli alle misure

Stima del campo elettrico generato da antenne e misure di controllo per l'emissione dei pareri ambientali dell'ARPA Valle d'Aosta

Salvemini C., Bottura V., Imperial E., Cerise L., Cappio Borlino M.

ARPA Valle d'Aosta - NIR, Loc. Grande Charrière 44, 11020 St-Christophe (AO), arpa@arpa.vda.it

Nell'ambito del procedimento amministrativo vigente in Valle d'Aosta per l'installazione e l'esercizio di impianti per radiotelecomunicazioni si effettuano stime teoriche del campo elettrico generato in ambiente e, nel caso in cui esse superino la metà del limite normativo, successivamente all'entrata in funzione dell'impianto vengono svolte misure per la conferma dei pareri. L'elaborazione dei dati raccolti mostra l'aumento negli anni dei pareri da confermare, a seguito soprattutto dell'introduzione dei nuovi servizi di telefonia mobile di quarta generazione. Nell'articolo vengono inoltre analizzati i valori delle simulazioni in relazione alle misure effettuate per la conferma dei pareri, per avere una valutazione dell'allineamento tra la struttura normativa e la valutazione teorica con la situazione reale, con particolare attenzione agli effetti dell'introduzione dei fattori di riduzione della potenza α_{24} sulle stime teoriche di campo elettrico.

INTRODUZIONE

In Valle d'Aosta l'installazione, la localizzazione e l'esercizio di stazioni radioelettriche è disciplinata dalla legge regionale 25 del 2005¹. Tale legge, che rientra in materia urbanistica su cui la Regione autonoma ha potestà legislativa, definisce il procedimento amministrativo di autorizzazione all'esercizio di impianti a radiofrequenza. Per quanto in linea con quanto previsto su scala nazionale dal Codice delle comunicazioni (D.Lgs 259/2003²) il procedimento amministrativo comporta alcune peculiarità: nello specifico esso tiene conto, nella formulazione del parere tecnico che deve esprimere ARPA sul rispetto dei limiti, dell'elevata incertezza legata alla modellistica. Pertanto se l'esito della simulazione restituisce un valore di campo che supera la metà del riferimento normativo il parere emesso risulta da confermare con misure dopo l'accensione degli impianti, in linea con quanto definito all'allegato B del DM 381/98³.

Al fine di gestire le pratiche per le emissioni dei pareri e le attività di conferma, ARPA VdA ha sviluppato un programma di lavoro che include:

- l'aggiornamento del catasto degli impianti;
- l'ampliamento degli archivi, gestiti tramite data base, contenenti i pareri emessi con le simulazioni effettuate;
- le attività di monitoraggio, organizzate seguendo le liste dei siti con pareri da confermare;
- l'elaborazione delle misure effettuate, riassunte in report raccolti anch'essi in un apposito data base e inserite sul sito istituzionale dell'Agenzia.

Le simulazioni preventive vengono effettuate utilizzando un software proprietario nel quale vengono inseriti i dati geometrici ed elettrici di ciascun impianto presente nella zona considerata. Solitamente si valuta in primo luogo il volume di rispetto dei 6 V/m, che corrisponde al valore di attenzione e all'obiettivo di qualità previsti dalla normativa italiana. Successivamente, per una stima più fine dei livelli di campo nelle zone più critiche, vengono visualizzate le sezioni 2D alle quote di interesse specifico, valutando anche il rispetto del limite di esposizione (20 V/m). Nel caso in cui i valori di campo simulati superino la metà del valore limite previsto per le zone considerate,

¹ Legge regionale 4 novembre 2005, n. 25 "Disciplina per l'installazione, la localizzazione e l'esercizio di stazioni radioelettriche e di strutture di radiotelecomunicazioni. Modificazioni alla legge regionale 6 aprile 1998, n. 11 (Normativa urbanistica e di pianificazione territoriale della Valle d'Aosta), e abrogazione della legge regionale 21 agosto 2000, n. 31" (B.U. 23 novembre 2005, n. 48).

² Codice delle comunicazioni elettroniche. Decreto legislativo 1 agosto 2003, n. 259 (GU Serie Generale n.214 del 15-09-2003 - Suppl. Ordinario n. 150)

³ Decreto ministeriale n. 381 10 settembre 1998 "Regolamento recante norme per la determinazione dei tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana" (Gazzetta Ufficiale Italiana n° 257 del 03/11/1998).

allora viene emesso un parere *positivo da confermare* con misure. Se invece i valori superano da simulazione il valore limite, il parere risulta *negativo*. Altrimenti viene rilasciato parere *positivo*.

Alla fine dell'anno 2012 è stata modificata nella normativa italiana⁴ la valutazione del rispetto del valore di attenzione e dell'obiettivo di qualità, non più da intendersi come massimo dei valori mediati su qualsiasi intervallo di 6 minuti, ma come media nell'arco di 24 ore. Vengono quindi introdotti i fattori di riduzione delle potenze (α_{24}), che tengono conto della variabilità temporale dell'emissione degli impianti nell'arco delle 24 ore, al fine di sviluppare modelli teorici, soprattutto per quanto riguarda gli impianti di telefonia mobile (stazioni radiobase SRB), più realistici. Gli operatori devono fornire alle ARPA i dati delle potenze massime e delle potenze medie reali dei loro impianti e i fattori α_{24} con modalità indicate nelle linee guida approvate con DM 2 dicembre 2014⁵. L' α_{24} è definito come rapporto tra la potenza media su un intervallo di tempo definito e la potenza massima erogabile ai morsetti d'antenna. Esso è un valore sempre compreso tra 0 e 1 (nessuna riduzione), nel caso in cui in fase di progetto un operatore fornisca anche il valore degli α_{24} , per le simulazioni si utilizza una potenza di calcolo ridotta di tale fattore. I pareri emessi in questi casi sono dunque *condizionati all' α_{24}* e ARPA controlla anche che il rapporto tra i dati di potenza reali forniti dai gestori risulti sempre inferiore o uguale al fattore α_{24} dichiarato nella pratica di progetto.

Fino ad ora gli unici gestori a fornire progetti con un valore di α_{24} diverso da 1 sono stati quelli della telefonia mobile, quindi nel presente studio tutti i dati raccolti ed elaborati si riferiscono a tali tipi di impianti. Nel paragrafo seguente vengono presentati gli andamenti negli anni del numero di pareri richiesti, di quelli positivi e di quelli da confermare, e quanti di essi sono condizionati ai fattori α_{24} . Vengono inoltre presentate le stime teoriche ricavate dalle simulazioni del campo elettrico analizzando la dipendenza dei risultati dall'utilizzo o meno dei fattori α_{24} : si è stimato quanti pareri emessi positivi utilizzando il fattore α_{24} nelle simulazioni sarebbero risultati da confermare o negativi senza la riduzione della potenza. Nel paragrafo successivo si riporta un'analisi dello scostamento tra i valori ottenuti dalle simulazioni rispetto a quelli misurati nei monitoraggi.

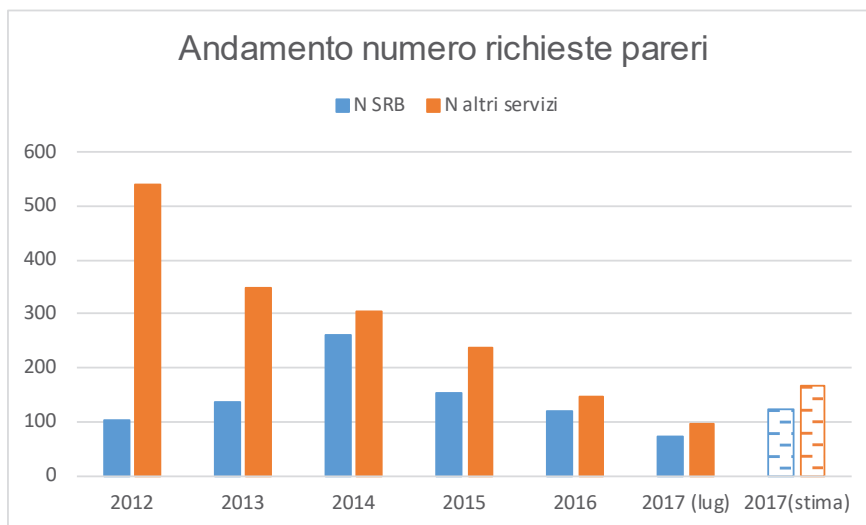
PARERI POSITIVI, DA CONFERMARE E NEGATIVI

All'interno delle sue competenze, ARPA si occupa del controllo delle emissioni di campo elettromagnetico generato da sorgenti a radiofrequenza. In generale i pareri vengono emessi, oltre che per le stazioni di telefonia mobile (SRB), anche per ponti radio, stazioni radiofoniche e televisive. Nel Grafico 1 si può osservare l'andamento negli anni a partire dal 2012, anno in cui è stata modificata la normativa nazionale, del numero delle richieste di pareri per SRB e per tutti gli altri servizi: le richieste per gli altri servizi presentano un forte calo, a differenza di quelle per SRB, che hanno mostrato una crescita con un picco nel 2014 e un successivo assestamento per la stabilizzazione della rete. Esse costituiscono quindi una fetta sempre più importante del panorama elettromagnetico e del carico di lavoro per ARPA.

⁴ Legge 17 dicembre 2012, n. 221 "Conversione, con modificazioni, del decreto-legge 18 ottobre 2012, n. 179, recante ulteriori misure urgenti per la crescita del Paese" (G.U. n. 294 del 18 dicembre 2012, s.o. n. 208).

⁵ Decreto del ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare 2 dicembre 2014 (G.U. n. 296 del 22/12/2014)

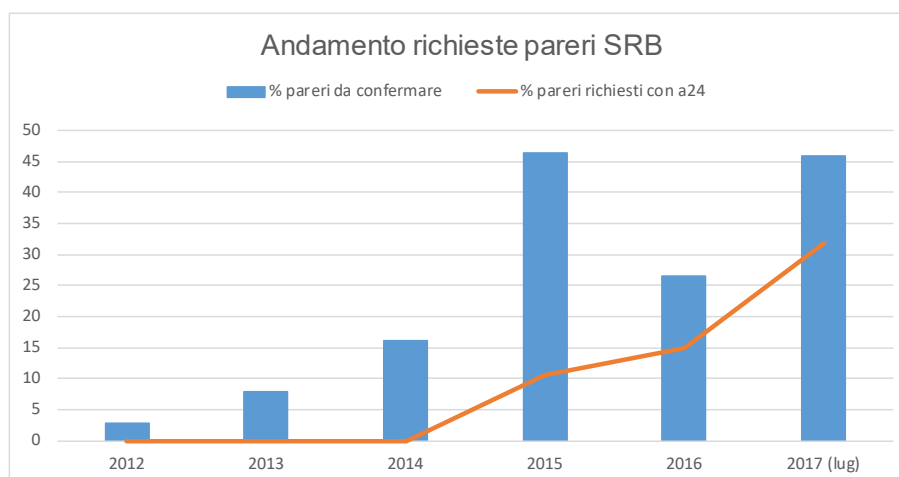
Grafico 1 - Numero dei pareri richiesti da parte di operatori per SRB (blu) e per altri servizi come radio, tv, ponti radio (arancio), dal 2012 al 2017.



Lo spazio elettromagnetico a disposizione sul territorio regionale si sta riducendo, soprattutto per gli impianti di telefonia mobile, visto che tali impianti vengono installati più vicino alle abitazioni rispetto agli impianti radiofonici e televisivi. Per questo tipo di impianti, quindi, vengono sempre più emessi pareri da confermare. Per contro questi sono anche gli impianti per cui in fase di progetto vengono dichiarati i fattori α_{24} di riduzione della potenza che dovrebbero contenere le emissioni. Nel seguito si farà riferimento ai soli impianti per telefonia mobile.

Si sono conteggiate le richieste di parere in cui è stato dichiarato il parametro α_{24} rispetto alle richieste totali e il numero di tutti i pareri con esito da confermare sempre normalizzato al totale di quelli richiesti. Nel Grafico 2 si mostrano tali andamenti a partire dal 2012.

Grafico 2 - Percentuale dei pareri emessi da confermare rispetto alle richieste (blu); percentuale delle richieste parere con α_{24} dichiarato diverso da 1 (linea arancio).

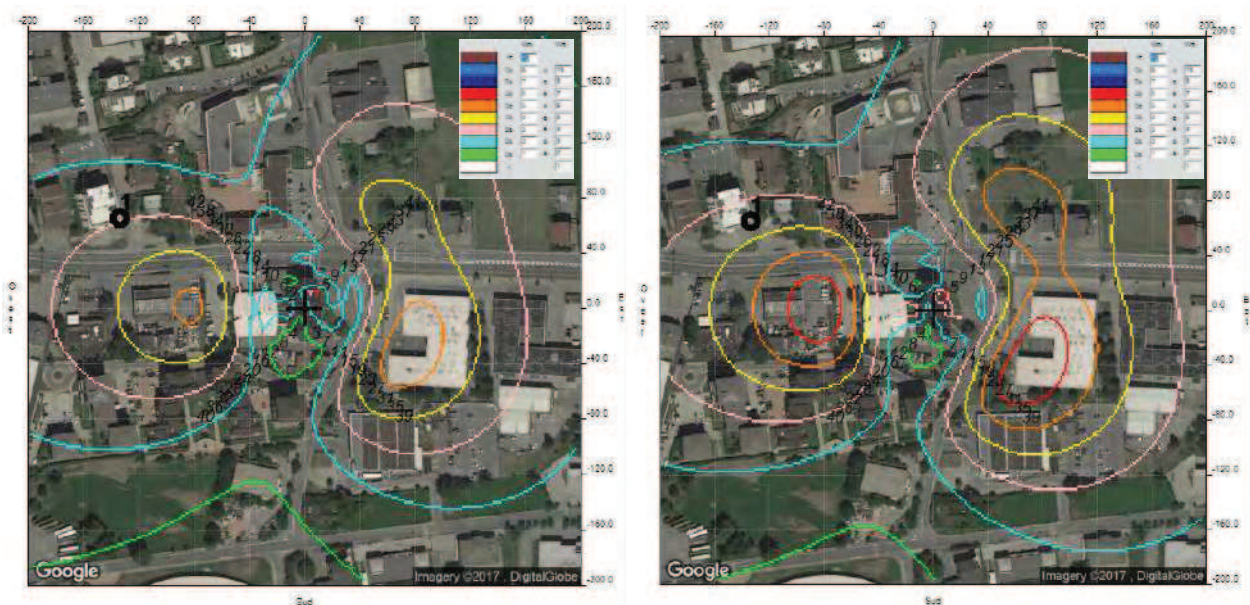


Il Grafico 2 mostra una tendenza globale ad una crescita negli anni della percentuale di pareri da confermare. Se si esclude l'anno 2015, si osserva addirittura un aumento di tipo esponenziale.

Nei primi anni presi in considerazione le reti di telefonia cellulare si stavano sviluppando e le potenze utilizzate erano ancora basse, il numero di pareri da confermare era modesto. Esso è andato aumentando nel tempo perché, con il crescere dei servizi telefonici le potenze degli impianti sono andate via via crescendo con la contemporanea diminuzione dello spazio elettromagnetico ancora libero fra i livelli di campo stimati e il tetto dovuto alla normativa (Bottura, 2014).

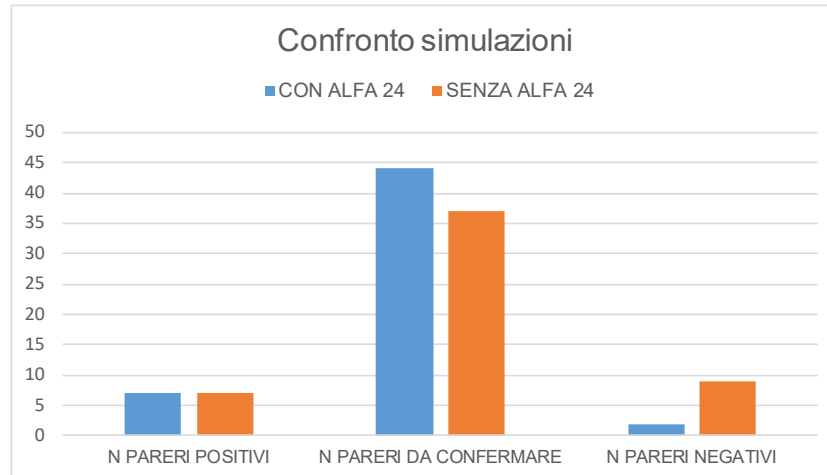
La curva arancione rappresenta la percentuale dei pareri richiesti con l'utilizzo dei fattori α_{24} , essa comincia a presentare valori diversi da 0 a partire dal 2014, anno di entrata in vigore delle linee guida per la presentazione alle ARPA degli α_{24} e delle potenze degli impianti, con una crescita graduale nel primo biennio e molto più accentuata nell'ultimo anno. Tuttavia, si nota che, nonostante l'aumento dell'utilizzo degli α_{24} nelle simulazioni, la percentuale di pareri da confermare non è diminuita. Per avere un'indicazione più precisa sull'effetto dell'introduzione dei fattori α_{24} sono stati considerati tutti i pareri emessi condizionati agli α_{24} dal 2014 al 2017 (luglio): per ognuno sono state ricostruite le SRB con le caratteristiche tecniche corrispondenti al periodo dell'emissione del parere, e si sono confrontate le simulazioni con o senza α_{24} (Figura 1).

Figura 1 - Esempio di una simulazione effettuata con e senza i fattori α_{24} .



Questo procedimento ha permesso di quantificare quanti dei pareri che sarebbero stati negativi senza l'introduzione dei fattori α_{24} , invece sono stati emessi come positivi o da confermare, permettendo così agli operatori di attivare l'impianto con i parametri di progetto. Si è anche valutato quanti dei pareri emessi positivi con il ricorso ai fattori α_{24} nelle stime teoriche, sarebbero invece risultati da confermare senza tale riduzione della potenza. Di seguito, nel Grafico 3, vengono riportati i risultati ottenuti.

Grafico 3 – Numero di pareri positivi, da confermare o negativi emessi con (blu) e senza (arancio) il ricorso al fattore α_{24} in fase di simulazione.



Il Grafico 3 evidenzia che nelle due configurazioni stimate il numero di pareri positivi rimane invariato. La variazione si osserva tra il numero di pareri negativi e da confermare: con l'introduzione dei fattori α_{24} il 78% dei pareri che sarebbero stati emessi negativi è risultato invece da confermare. Questo dimostra che l'introduzione dei parametri α_{24} ha effettivamente portato un beneficio agli operatori, permettendo loro di attivare senza altri oneri impianti che con il procedimento precedente non si sarebbero potuti realizzare a meno di modifiche del progetto.

MISURE E STIME MODELLISTICHE

Le misure per le conferme dei pareri vengono generalmente effettuate utilizzando delle centraline a banda larga (Imperial, 2016).

Le centraline vengono posizionate nei punti dove le simulazioni hanno fornito il superamento della metà del limite, soprattutto su balconi, terrazze e giardini in modo che siano in vista degli impianti e per un tempo pari ad alcuni giorni, di norma almeno una settimana. Questo tipo di monitoraggio su più giorni, al di là dell'acquisizione di un maggior numero di dati che permette di dare una più affidabile valutazione sul rispetto dei limiti, risulta uno strumento apprezzato dalle persone potenzialmente esposte che si sentono maggiormente tutelate.

Grazie ai dati presenti sul catasto regionale SIRVA (Sistema Informativo Radiotelecomunicazioni Valle d'Aosta), contenenti lo storico delle stazioni radiobase presenti sul territorio valdostano, si è potuto ricostruire lo stato delle stesse corrispondente al periodo in cui sono state effettuate le misure prolungate nel tempo per le conferme dei pareri. In questo modo, per ogni attività di monitoraggio eseguita dal 2014, sono stati confrontati i valori di campo elettrico misurati con quelli forniti dalle simulazioni, valutati negli stessi punti. Le stime teoriche sono state eseguite sia con l'utilizzo dei fattori α_{24} , e confrontate con le medie sulle 24 ore delle misure in continuo, sia con la potenza dichiarata in progetto, e confrontate con il massimo delle medie su intervalli di 6 minuti di tutti i valori acquisiti. Il confronto è stato effettuato calcolando lo scostamento percentuale della stima rispetto alla misura:

$$\text{scostamento}(\%) = \frac{\text{valore stimato} - \text{valore misurato}}{\text{valore misurato}} 100$$

Gli operatori forniscono all'ARPA sia un valore di progetto per l' α_{24} , che rappresenta una stima generalmente cautelativa dell'andamento del traffico che potrebbe verificarsi nell'intorno della

postazione, sia i valori delle potenze medie reali. Da quest'ultime, avendo a disposizione anche le potenze massime, è possibile ricavare un α_{24} che rispecchia il reale andamento del traffico medio giornaliero. Come già accennato in precedenza, però, tali dati non sono forniti per tutti gli impianti e per tutti i servizi, soprattutto non sono stati forniti nei primi anni di entrata in vigore della nuova normativa quando gli operatori stavano cominciando a costruire le base dati. Le postazioni che si sono potute analizzare in questa prima fase di elaborazioni sono solo 10, quindi dal punto di vista statistico gli esiti non sono definitivi, anche se, come si vedrà nella presentazione dei risultati, rispecchiano quanto atteso. Si tratta di postazioni complesse con presenza contestuale di impianti di più operatori e parecchi servizi attivi: il campo elettrico misurato è composto da una molteplicità di contributi, pertanto non è possibile ricercare una correlazione tra valori di campo elettrico e valori di potenza irradiata dalla SRB in esame se non eseguendo misure in banda stretta che però non sono state necessarie nei casi presi in esame.

Si riportano nella tabella seguente (Tabella 1) i valori degli scostamenti medi tra le stime modellistiche e i valori misurati e nei grafici seguenti (Grafico 4, Grafico 5, Grafico 6, Grafico 7) le distribuzioni in percentuale degli scostamenti ottenuti per ogni tipologia di confronto stima-misura.

SCOSTAMENTO MEDIO DELLA STIMA RISPETTO ALLA MISURA			
<ul style="list-style-type: none"> • Valutazione delle simulazioni con α_{24} dichiarato • Misure mediate su 24h 	<ul style="list-style-type: none"> • Valutazione delle simulazioni con α_{24} reale • Misure mediate su 24h 	<ul style="list-style-type: none"> • Valutazione delle simulazioni senza α_{24} • Misure mediate su 24h 	<ul style="list-style-type: none"> • Valutazione delle simulazioni senza α_{24} • Misure mediate su 6 minuti
100%	91%	127%	56%

Tabella 1 – Scostamento percentuale medio della stima rispetto alla misura.

Scostamento percentuale medio tra le stime teoriche e i valori misurati valutato confrontando le simulazioni effettuate con e senza il parametro α_{24} con le misure mediate su 24 ore o su 6 minuti.

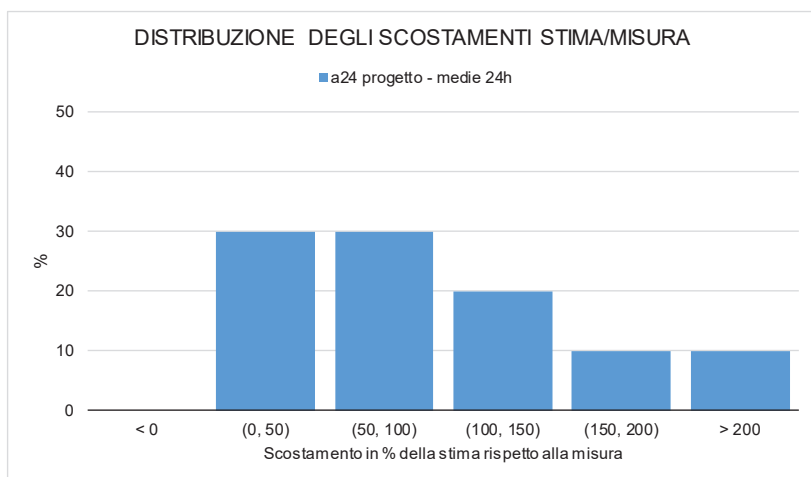


Grafico 4 – Distribuzione degli scostamenti stima/misura: α_{24} di progetto – medie misure 24 ore.

Distribuzione degli scostamenti tra i valori ottenuti dalle simulazioni utilizzando il parametro α_{24} dichiarato in fase di progetto e le misure dei monitoraggi mediate sulle 24 ore.

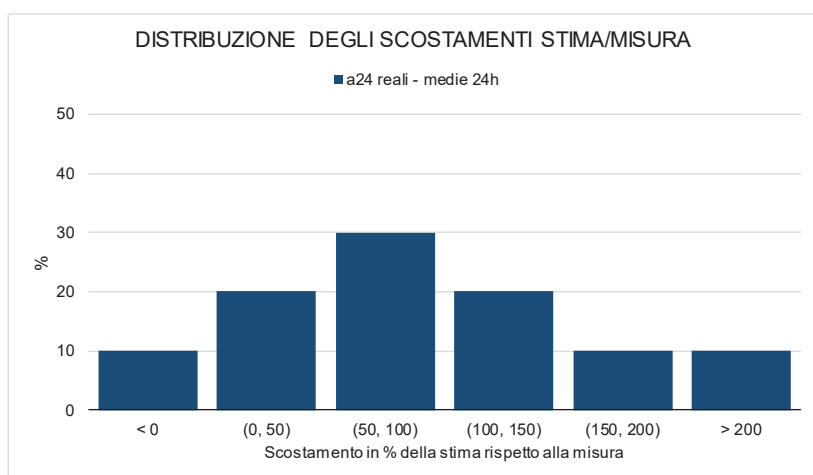


Grafico 5 - Distribuzione degli scostamenti stima/misura: α_{24} reale - medie misure 24 ore.

Distribuzione degli scostamenti tra i valori ottenuti dalle simulazioni utilizzando il parametro α_{24} reale (ricavato dai valori delle potenze medie reali) e le misure dei monitoraggi mediate sulle 24 ore.

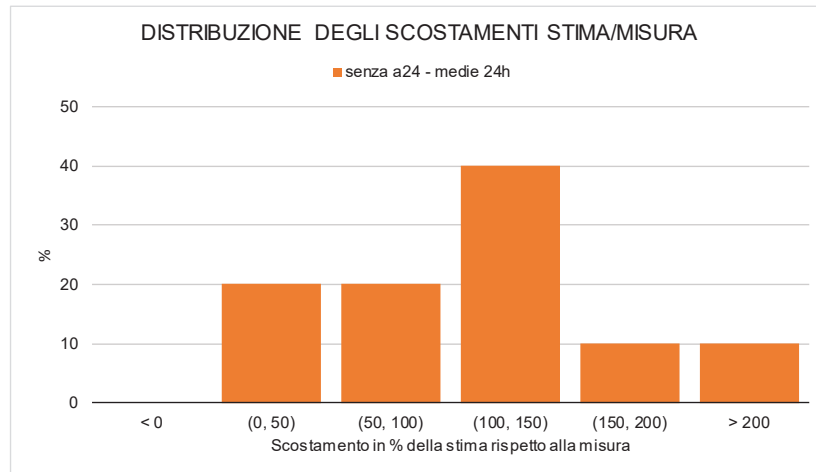
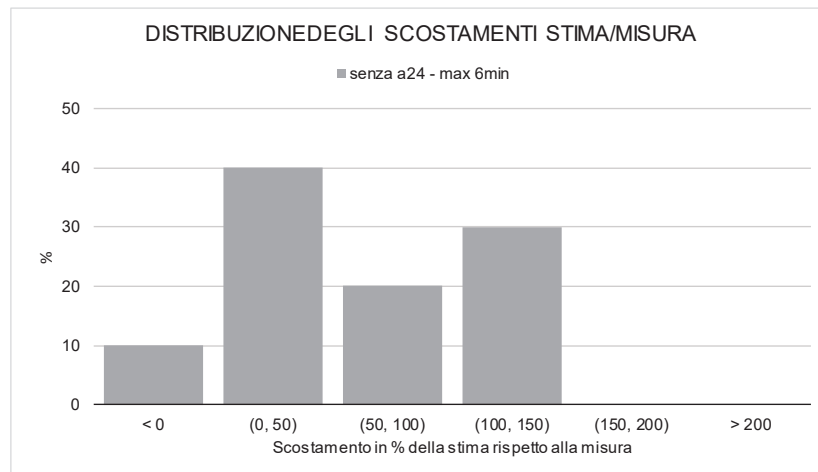


Grafico 6 - Distribuzione degli scostamenti stima/misura: senza α_{24} - medie misure 24 ore.

Distribuzione degli scostamenti tra i valori ottenuti dalle simulazioni senza l'utilizzo del parametro α_{24} e le misure dei monitoraggi mediate su 24 ore.

Grafico 7 - Distribuzione degli scostamenti stima/misura: senza α_{24} - medie misure 6 minuti.



Distribuzione degli scostamenti tra i valori ottenuti dalle simulazioni senza l'utilizzo del parametro α_{24} e il valore delle misure mediate su 6 minuti ottenute dai monitoraggi.

Dall'osservazione dei risultati espressi nelle tabelle e nei grafici precedenti si vede che, per gli impianti con il parametro α_{24} dichiarato nel progetto, lo scostamento medio tra le simulazioni e le misure mediate sulle 24 ore risulta del 100%, valore che si riduce al 90% se si è utilizzato nelle stime il parametro α_{24} ricavato dalle potenze medie reali. Le simulazioni eseguite senza il parametro α_{24} invece, si discostano dalle misure mediate sulle 24 ore di oltre il 120%.

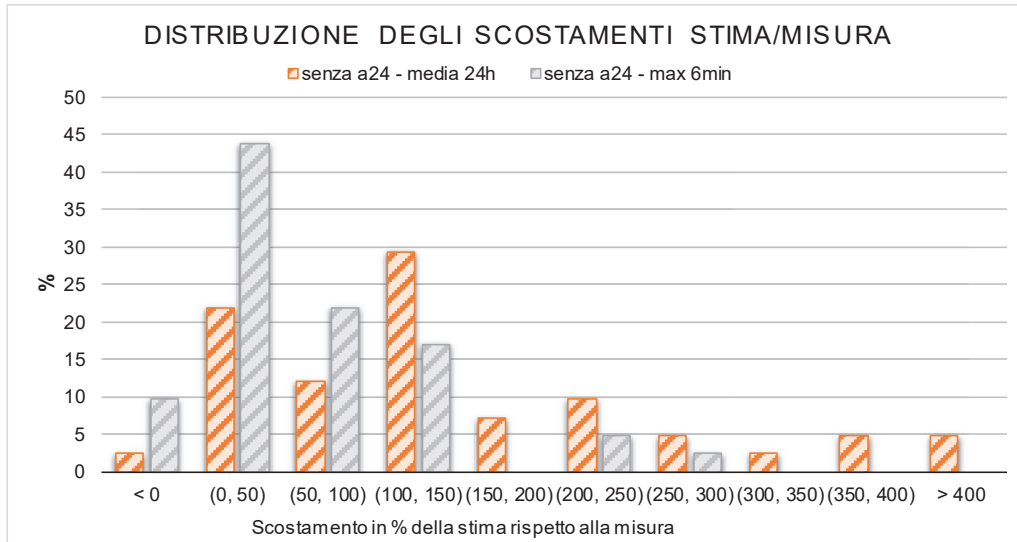
È emerso che l'elaborazione in cui si confrontano i valori delle simulazioni senza riduzione di potenza con il massimo dei valori delle misure mediate su 6 minuti, risulta quella che fornisce lo scostamento minore tra stima e misura: 56%.

Si precisa che gli scostamenti negativi ottenuti, ovvero i casi in cui i valori delle misure sono risultati superiori a quelli simulati, corrispondono alle emissioni di una sola postazione. In tutti gli altri casi le simulazioni sono sempre risultate essere di valore superiore rispetto a quanto rilevato in ambiente.

Gli ultimi due tipi di confronto possono essere effettuati su un set di dati molto più ampio non essendo vincolati ai parametri α_{24} nelle simulazioni, estendendo così la rilevanza statistica. Si

riportano di seguito nel Grafico 8 le distribuzioni degli scostamenti tra le simulazioni effettuate senza l'uso dei parametri α_{24} e le misure mediate sia su 24 ore che su 6 minuti effettuate per 41 postazioni:

Grafico 8. Distribuzione degli scostamenti stima/misura senza α_{24} - medie misure 6 minuti.



Distribuzione degli scostamenti tra i valori ottenuti dalle simulazioni senza l'utilizzo del parametro α_{24} e il valore delle misure mediate sia su 24 ore che su 6 minuti ottenute dai monitoraggi.

Gli scostamenti percentuali medi risultano rispettivamente del 150% nel confronto con le misure mediate su 24 ore e il 60% nel confronto con il massimo valore delle misure mediate su 6 minuti. Questi risultati rispecchiano quanto ricavato per il set di dati ristretto confermando quanto già espresso.

Questo tipo di analisi dei dati potrà essere ripetuta in futuro su un numero sempre maggiore di postazioni in base all'aumento da parte dei gestori dei servizi per cui forniscono i fattori α_{24} e i dati delle potenze medie reali.

CONCLUSIONI

Uno dei compiti istituzionali di ARPA VdA, nell'ambito del procedimento amministrativo vigente in Valle d'Aosta per l'installazione e l'esercizio di impianti per radiotelecomunicazioni, consiste nell'espressione del parere tecnico sulle emissioni dei nuovi impianti in progetto, o della modifica di quelli esistenti, sul territorio regionale. Per svolgere tale compito è necessario effettuare stime teoriche del campo elettrico generato in ambiente partendo dai nuovi dati di progetto. Nel caso in cui le stime teoriche superino la metà del limite normativo, ARPA esprime un parere da confermare con misure successivamente all'entrata in funzione dell'impianto.

Nel 2012 la normativa italiana ha introdotto i fattori di riduzione delle potenze α_{24} e ha alzato, di fatto, i valori di riferimento per l'esposizione a lungo termine della popolazione modificando la modalità statistica con cui valutare il valore di attenzione e l'obiettivo di qualità: si è passati dalla valutazione su valori mediati ogni 6 minuti alla valutazione dei valori mediati su 24 ore. Gli impianti interessati maggiormente da questa modifica sono quelli per la telefonia mobile. Le elaborazioni effettuate in questo lavoro prendono in considerazione solo le postazioni di telefonia.

In questo lavoro, si è fatto un confronto tra i valori di campo elettrico misurati ad impianti attivi e quelli stimati utilizzando le configurazioni di tutte le SRB esistenti sulla stessa zona del territorio ricostruite al momento dei rilievi: questa ricostruzione a posteriori delle configurazioni in siti complessi è stata possibile perché il catasto regionale (SIRVA) mantiene i dati storici degli impianti, sia di tipo tecnico che di tipo amministrativo.

Una prima analisi presentata in questo lavoro valuta se l'introduzione dei fattori α_{24} ha modificato in modo significativo l'esito dei pareri emessi. È emerso che circa l'80% dei pareri che sarebbero stati emessi *negativi* prima dell'introduzione degli α_{24} , sono stati emessi *da confermare*. In tutti gli altri casi l'utilizzo o meno di questo parametro è stato ininfluenza. Questo spiega il motivo per cui i pareri da confermare non sono diminuiti negli ultimi anni: gli operatori tendono ad utilizzare i fattori di riduzione nei casi in cui le emissioni sono vicine al limite normativo, ma non per quegli impianti che hanno emissioni più contenute, dove un parere da confermare senza α_{24} potrebbe risultare positivo con la riduzione della potenza. Questi risultati evidenziano che, nella regione Valle d'Aosta, l'introduzione dei fattori α_{24} , ha modificato in maniera sostanziale l'esito dei soli pareri negativi, portando di fatto al contenimento di questi e ad un continuo aumento di quelli da confermare successivamente all'attivazione degli impianti. Con questo nuovo quadro normativo, quindi, i gestori sono in grado di installare subito senza ulteriori approfondimenti molti più impianti (o di modificarne di esistenti) rispetto a quanto avrebbero potuto fare con le direttive precedenti.

In seconda analisi si sono confrontati i valori ricavati nelle stime teoriche con i valori misurati in punti corrispondenti per valutare lo scostamento tra la predizione fornita dalle simulazioni e la reale emissione in ambiente, anche tenendo conto dell'introduzione dei fattori α_{24} . ARPA effettua gli interventi di controllo sul territorio posizionando per alcuni giorni centraline di misura del campo elettrico a banda larga, nei punti in cui le simulazioni hanno fornito valori superiori alla metà del limite. Definire come parametro di soglia la metà del limite significa ritenere che le simulazioni si discostino dalle misure reali di un valore che può raggiungere anche il 100%.

Quanto emerso dalle elaborazioni dei dati acquisiti da ARPA per un set di dati ristretto alle sole postazioni per cui sono stati forniti i parametri α_{24} e le potenze medie reali, è che lo scostamento tra stime e misure risulta:

- del 100%, se le stime sono state effettuate con i fattori α_{24} dichiarati in progetto e le misure sono state mediate sulle 24 ore, valore che diminuisce al 90% con l'utilizzo nelle stime dell' α_{24} ricavato dalle potenze medie reali;
- oltre il 120%, se nelle stime non sono stati utilizzati i fattori α_{24} e le misure sono state mediate sulle 24 ore;

- del 56%, se nelle stime non sono stati utilizzati i fattori α_{24} e le misure sono state mediate su 6 minuti, come avveniva prima della modifica della normativa nazionale.

Le stime previsionali che tengono conto di fattori α_{24} calcolati dalle potenze medie reali sono maggiormente allineate con le corrispondenti misure in ambiente, anche se lo scostamento minore tra stime e misure rimane quello in cui le misure vengono mediate su un lasso di tempo minore (i 6 minuti del precedente quadro normativo) e le simulazioni sono fatte con i valori delle potenze di progetto.

Ampliando il set di dati su cui si sono effettuate le elaborazioni, i risultati ottenuti sono analoghi a quelli del set ristretto, almeno per quanto riguarda i tipi di confronto possibili. In futuro, quando gli operatori forniranno per un numero maggiore di servizi i parametri α_{24} , le considerazioni effettuate in questo lavoro potranno essere realizzate su un set di dati statisticamente più significativo per tutti i tipi di confronto stime-misure.

Bibliografia

Bottura V., Cappio Borlino M., Cerise L., Imperial L., Desandr  C. (Arpa Valle D'Aosta), *Spazio Elettromagnetico In Valle D'aosta Per Stazioni Radio Base*, 2014, Convegno Nazionale di Radioprotezione "Le radiazioni: valori, conoscenza scientifica e aspetti operativi".

Imperial E., Desandr  C., Cerise L., Bottura V., (Arpa Valle D'Aosta), *Monitoraggio del campo elettrico con centraline rf sul territorio della valle d'aosta: 10 anni di misure*, 2016, VI convegno nazionale "Il controllo degli agenti fisici: ambiente, territorio e nuove tecnologie".