

Saturazione dello spazio radioelettrico: esperienza di ARPA FVG sull'utilizzo del fattore di riduzione α_{24h}

S. Barba¹, N. Poles¹, A. Bampo¹, M. Benes¹, M. Marzona¹, A. Merlino¹, C. Montefusco¹, M. Moretuzzo¹

¹ARPA-FVG Via Cairoli, 14 Palmanova (UD)

salvatore.barba@arpa.fvg.it

Abstract

Il potenziamento dei sistemi UMTS e l'introduzione capillare della tecnologia LTE nella rete di telefonia mobile, dovuti alla sempre maggiore necessità di connettività dati da parte degli utenti, hanno portato nel corso degli anni ad un continuo aumento della potenza delle Stazioni Radio Base (SRB). Sempre più frequentemente la potenza complessiva richiesta dai Gestori è tale per cui il campo elettrico, calcolato secondo le metodologie previste dalla normativa vigente, è prossimo ai limiti di legge. Ne consegue una maggior difficoltà all'installazione di nuovi impianti o alla riconfigurazione, con aumento di potenza, di impianti esistenti: si verifica cioè la condizione di saturazione dello spazio radioelettrico disponibile.

Uno degli strumenti a disposizione dei Gestori per risolvere tali criticità è rappresentato dal fattore di riduzione α_{24h} , come previsto dal DL 179/2012 (convertito nella L 221/2012) e successivamente specificato dal DM 02.12.2014. Questo prevede che i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz siano intesi come media dei valori nell'arco delle 24 ore, in modo da tenere conto della variabilità temporale della potenza di trasmissione.

Nell'articolo viene analizzato l'utilizzo del fattore di riduzione α_{24h} . In particolare è discussa l'analisi statistica dei dati di potenza "reali" degli impianti SRB, reperibili nei database predisposti dai Gestori, nonché la loro disponibilità, distribuzione geografica e variabilità temporale. I risultati ottenuti sono quindi confrontati con quanto dichiarato in sede autorizzativa. Viene infine valutata l'efficacia dell'uso di tali fattori nella riduzione della saturazione dello spazio radioelettrico disponibile.

1. INTRODUZIONE

A partire dall'emanazione della L 36/2001, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", con cui da un lato si costituiva un catasto delle sorgenti fisse e mobili di radiazioni non ionizzanti e dall'altro si affidava alle amministrazioni provinciali e comunali, con il supporto tecnico delle Agenzie regionali e provinciali dell'Ambiente, le funzioni di controllo e di vigilanza sanitaria e ambientale sulle sorgenti di radiazioni non ionizzanti, si è iniziato il censimento e il costante aggiornamento dei dati degli impianti radioelettrici. Dall'analisi della variazione nel tempo di tali dati si è potuto osservare un rapido aumento della potenza degli impianti a radiofrequenza presenti sul territorio della Regione Friuli Venezia Giulia [1].

Figura 1.a: Andamento annuo della potenza complessiva in FVG

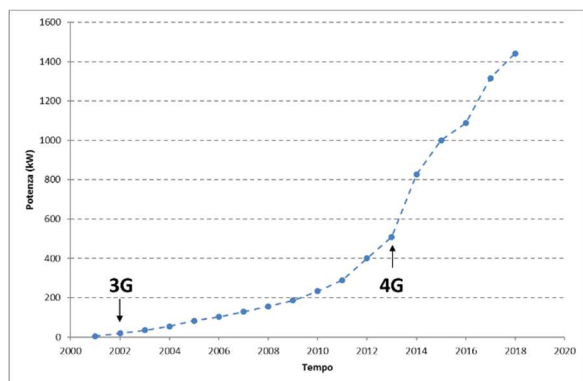
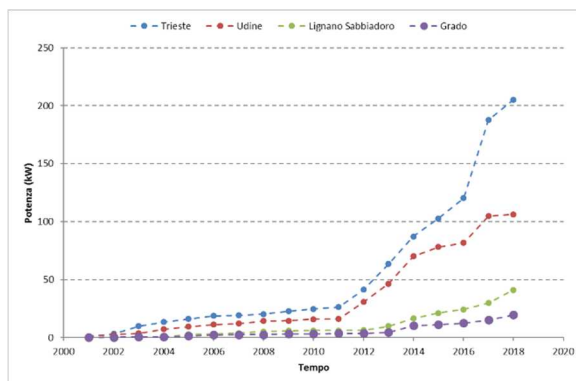


Figura 1.b: Andamento annuo della potenza per alcuni comuni in FVG



La Fig. 1.a riporta per ciascun anno dal 2000 al 2018 la potenza degli impianti di telefonia mobile presenti nel catasto regionale degli impianti radioelettrici curato da ARPA FVG. Nonostante l'andamento sia sempre crescente, si osserva un rapido aumento della potenza complessiva successivamente all'introduzione di nuove tecnologie (2002 per il 3G, 2013 per il 4G) seguito da periodi di flessione in cui la copertura territoriale con la nuova tecnologia veniva completata. A titolo di esempio, si riporta in Fig. 1.b. l'andamento temporale della potenza complessiva degli impianti SRB presenti nelle città di Trieste (TS) e Udine (UD), in cui è possibile notare come, a partire dal 2011, ci sia stato un incremento di potenza significativo, presumibilmente dovuto alla maggiore complessità territoriale (orografia del territorio) e all'alta densità abitativa. Per le località turistiche di Grado (GO) e Lignano Sabbiadoro (UD) l'incremento di potenza risulta invece più contenuto.

Tale richiesta di aumento di potenza ha portato in alcuni casi a situazioni di criticità, cioè ai casi in cui il campo elettrico, in prossimità degli edifici, è maggiormente vicino al limite applicabile, portando ad una progressiva saturazione dello spazio radioelettrico. Tali criticità vengono riscontrate soprattutto in fase preventiva. Una possibile soluzione è rappresentata dall'utilizzo del fattore di riduzione α_{24h} .

Nel seguito verrà richiamato il concetto di fattore di riduzione α_{24h} , così come definito dalla normativa, e verranno presentati i risultati dell'analisi statistica dei dati di potenza reperibili nei database predisposti dai Gestori.

2. IL FATTORE DI RIDUZIONE α_{24h}

Il DM 02.12.2014 definisce il fattore di riduzione α_{24h} come un coefficiente che tenga conto della variabilità temporale dell'emissione degli impianti nell'arco delle 24 ore da applicarsi nelle stime previsionali [2]. In particolare stabilisce che:

*“per ogni segnale elettromagnetico generato da un impianto, corrispondente ad una tipologia di servizio, emesso in un particolare settore su una determinata banda di frequenza, sia P_i la potenza media ad esso associata nell'intervallo temporale i -esimo, si definisce il coefficiente α_{24h} relativo al “segnale” come il **valore massimo su base annua** del coefficiente giornaliero α_{24h}^{day} definito come:*

$$\alpha_{24h}^{day} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{P_i}{P_{max}}$$

dove P_{max} è il valore della potenza massima erogabile ai morsetti di antenna ed m è pari al numero di intervalli temporali di durata pari a 60 minuti compresi in un giorno, cioè 24”.

L’art. 14, comma 8, del DL n. 179/2012 (come convertito dalla L. 221/2012), richiamato dal DM 02.12.2014, stabilisce che i livelli di campo da confrontare con i **valori di attenzione** e gli **obiettivi di qualità** di cui alle tabelle 2 e 3 dell’allegato B del DPCM 08.07.2003, intesi come valori efficaci, debbano intendersi come media dei valori nell’arco delle 24 ore. Lo stesso articolo conferma invece la precedente normativa relativamente ai livelli di campo elettrico da confrontare con i **limiti di esposizione** di cui alla tabella 1 dell’allegato B del DPCM 08.07.2003, intesi come valori efficaci, che devono essere mediati su qualsiasi intervallo di 6 minuti.

Questa distinzione ha ripercussioni sul processo di valutazione preventiva perché richiede di diversificare l’analisi in funzione del limite applicabile: mentre per verificare il rispetto del limite di esposizione è necessario considerare la potenza massima al connettore di antenna P_{max} , per verificare il rispetto del valore di attenzione e dell’obiettivo di qualità deve essere utilizzata la potenza massima al connettore d’antenna ridotta del fattore α_{24h} .

Quindi l’utilizzo del fattore di riduzione α_{24h} in fase preventiva implica un aumento dei tempi necessari sia per la progettazione da parte degli studi incaricati sia per il rilascio del parere tecnico di competenza di ARPA ed inoltre comporta la fornitura e il mantenimento dei dati di potenza in appositi database predisposti dai Gestori, secondo quanto previsto dal DM 02.12.2014. Per tali motivi l’uso del fattore di riduzione α_{24h} in fase preventiva è spesso limitato ai casi di criticità. In tal senso, l’utilizzo dei fattori di riduzione α_{24h} può rappresentare un indice della saturazione dello spazio radioelettrico perché correlato all’aumento dei suddetti casi.

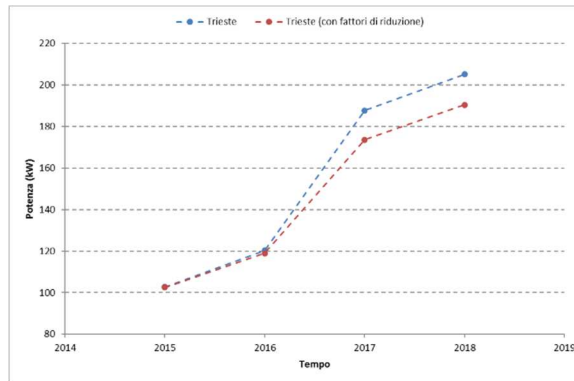
In quanto segue verranno utilizzate le espressioni:

- α_{24h} “*autorizzato*”, ad indicare il fattore di riduzione autorizzato in fase preventiva. Tale fattore viene scelto in base all’analisi dei dati di potenza dell’impianto in una configurazione che può essere anche significativamente diversa da quella per la quale viene richiesta l’autorizzazione. Infatti la riconfigurazione di un impianto, in generale, può comportare la variazione anche sostanziale di altri parametri radioelettrici. Inoltre, limitatamente alla prima attivazione di nuove tecnologie, il DM 02.12.2014 prevede di ricavare il fattore di riduzione scelto dall’analisi delle potenze di uno o più impianti con “*caratteristiche tecniche simili*”.
- α_{24h} “*misurato*”, ad indicare il fattore di riduzione calcolato sulla base dei dati storici dell’impianto.

Si è ritenuto utile evidenziare le differenze concettuali tra i fattori di riduzione α_{24h} “autorizzato” e “misurato” in quanto come si vedrà nel seguito possono essere significativamente diversi.

Per avere un’idea della variazione di potenza che comporta l’uso del fattore di riduzione α_{24h} , in figura 2 viene riportato l’andamento annuo della potenza complessiva dei siti presenti nel comune di Trieste a partire dal 2015, data successiva all’entrata in vigore del DM 02.12.2014. Si può notare una differenza di circa 14 kW al 2018 tra le potenze senza e con il fattore di riduzione α_{24h} .

Figura 2: Andamento annuo della potenza dei siti del comune di Trieste senza (blu) e con i fattori di riduzione α_{24h} (rosso)



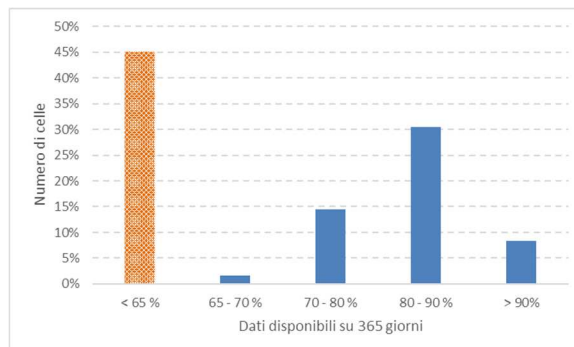
3. LA DISPONIBILITÀ DEI DATI DI POTENZA

I risultati e le considerazioni seguenti si basano sull'analisi dei dati di potenza messi a disposizione dai Gestori di telefonia, secondo quanto previsto dal DM 02.12.2014, ed aggiornati a ottobre 2018, nonché sui dati radioelettrici degli impianti presenti nel catasto delle sorgenti RF gestito da ARPA FVG.

La percentuale di siti che fanno uso dei fattori di riduzione α_{24h} è pari al 2.4 % del totale (61 su 2560), a cui corrisponde un numero di celle pari all'1.6 % del totale (430 su 26851), di cui l'80.5 % di queste sono collocati nella città di Trieste.

Per questi siti, la disponibilità dei dati di potenza nei database predisposti dai Gestori raramente risulta completa, così come il loro aggiornamento dopo l'attivazione della configurazione autorizzata. Accade infatti che i dati di potenza reperibili non siano sufficienti a giustificare in maniera documentata la scelta del fattore di riduzione adottato, secondo quanto richiesto dal DM 02.12.2014 sia in fase preventiva che di verifica post installazione, perché non permettono un'analisi statistica significativa in un anno (ad esempio la disponibilità di soli 6 mesi di dati per un settore che si trova in una località marittima/turistica può portare a valutazioni errate – si vedano le figure 5.a e 5.b). Da qui la necessità di fissare una soglia minima specificatamente per le valutazioni preventive sotto la quale ritenere insufficienti i dati di forniti, ovvero il 90 % di dati validi di un anno.

Figura 3: Disponibilità dei dati di potenza oraria su 365 giorni (430 celle totali). In arancione la percentuali di celle i cui dati di potenza oraria risultano inferiori al 65 % di un anno.



In Fig. 3 viene mostrata la disponibilità dei dati di potenza oraria per le celle con un fattore di riduzione α_{24h} diverso da 1, in cui è possibile notare che solo per una ristretta percentuale di celle (meno del 10 %) i dati di potenza sono superiori al 90 %. Pertanto, vista l'esiguità dei dati disponibili, si è deciso di effettuare la presente analisi tenendo conto delle celle per le quali sono disponibili dati di potenza superiori al 65 % (237/365 giorni ovvero 8 mesi circa), cioè 236 celle, escludendo comunque le celle i cui dati sono poco rappresentativi.

4. LA DISTRIBUZIONE GEOGRAFICA DEI DATI

Nelle figure 4.a e 4.b è riportata la distribuzione geografica degli impianti con almeno una cella con un fattore di riduzione α_{24h} diverso da 1 nel territorio della Regione Friuli Venezia Giulia. Come si può notare la massima concentrazione è nel comune di Trieste. Ciò è dovuto prevalentemente alla particolare orografia del territorio, alla grande variabilità dell'altezza degli edifici e all'alta densità abitativa, caratteristiche critiche ai fini dell'ottimizzazione della copertura del servizio di telefonia mobile stante il rispetto dei limiti di legge di cui alla L 36 del 2001.

In figura 4.a si può notare come il fattore di riduzione α_{24h} venga utilizzato anche nelle località turistiche di Lignano Sabbiadoro e Grado. Infatti ciò permette di aumentare la potenza media di emissione degli impianti SRB, necessaria a gestire maggiore utenza, continuando a garantire il rispetto dei limiti di legge.

Figura 4.a: Distribuzione geografica delle celle con fattore di riduzione α_{24h} diverso da 1

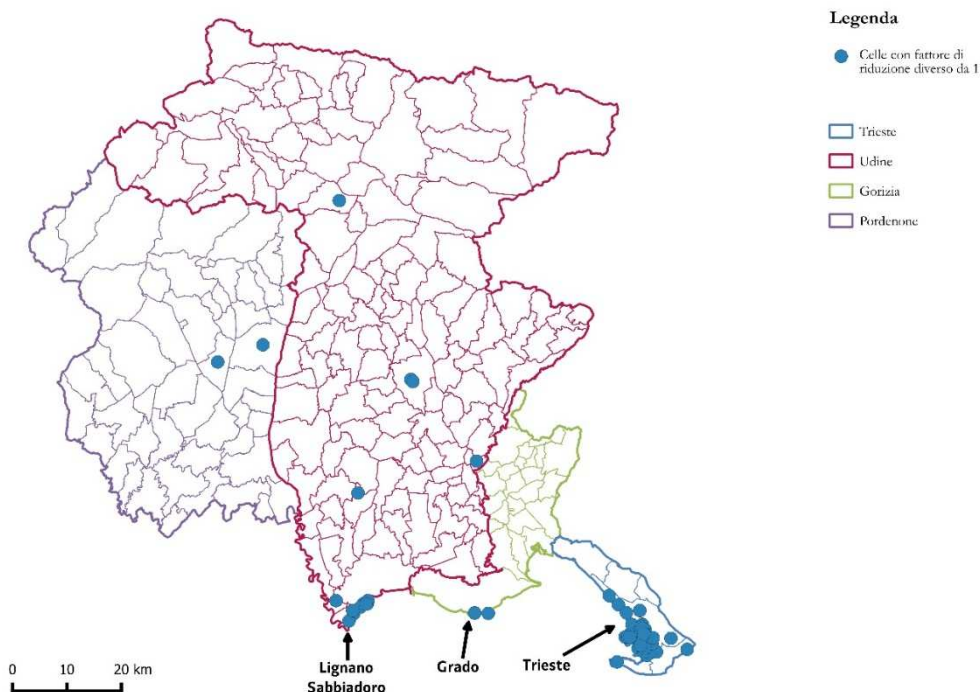
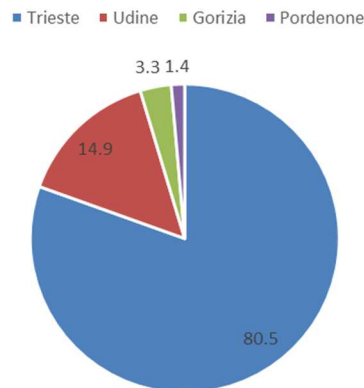


Figura 4.b: Distribuzione percentuale tra le 4 provincie delle celle con fattore di riduzione α_{24h} diverso da 1



5. LA DISTRIBUZIONE TEMPORALE DEI DATI

La variabilità del fattore di riduzione α_{24h}^{day} , legata alle fluttuazioni della potenza media giornaliera al connettore di antenna, può dipendere anche dalla localizzazione geografica dell'impianto, come evidenziato al punto precedente. Nei grafici sotto riportati vengono confrontate due celle rappresentative operanti nella banda 2100 MHz con tecnologia UMTS, site rispettivamente a Lignano Sabbiadoro (Fig. 5.a), zona turistica stagionale, e a Trieste (Fig. 5.b). Mentre nel primo caso si osserva un aumento della potenza media giornaliera durante la stagione estiva, dovuta ad un incremento dell'utenza, nel secondo caso la distribuzione di potenza rimane pressoché uniforme per tutto l'anno. Da ciò la necessità di tenere conto, in fase preventiva, del valore massimo in un anno del fattore di riduzione α_{24h}^{day} , cioè α_{24h} , in modo che la valutazione preventiva rimanga sempre valida.

Figura 5.a: Andamento temporale della potenza media giornaliera misurata per una cella di un sito di Lignano Sabbiadoro

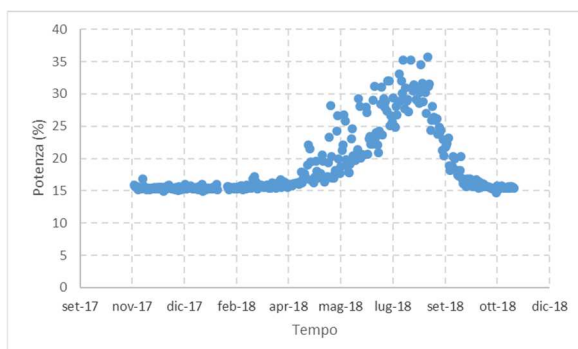


Figura 5.b: Andamento temporale della potenza media giornaliera misurata per una cella di un sito di Trieste

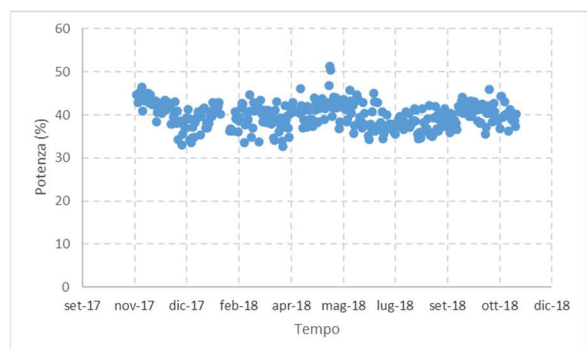


Figura 5.c: Distribuzione della potenza media giornaliera misurata per una cella di un sito di Lignano Sabbiadoro (Linea rossa: $\alpha_{24h_aut} = 0.57$ - Linea gialla: $\alpha_{24h_mis} = 0.36$)

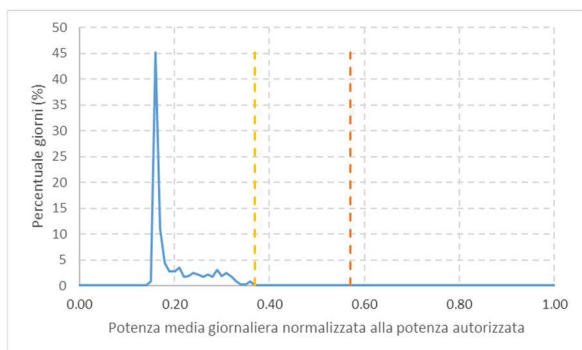
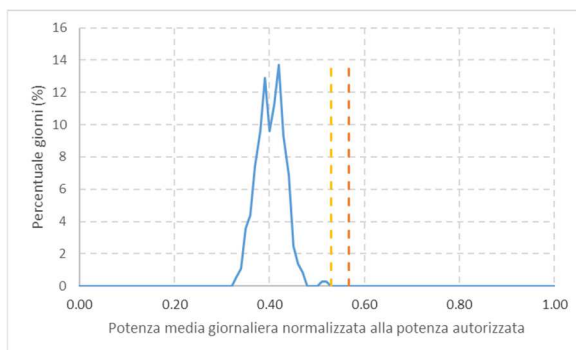


Figura 5.d: Distribuzione della potenza media giornaliera misurata per una cella di un sito di Trieste (Linea rossa: $\alpha_{24h_aut} = 0.57$ - Linea gialla: $\alpha_{24h_mis} = 0.51$)



Per maggiore chiarezza, nelle Fig. 5.c e 5.d si riportano le distribuzioni della potenza media giornaliera normalizzata alla potenza massima autorizzata (α_{24h}^{day}), confrontate con i fattori di riduzione α_{24h} “misurato” ed “autorizzato”. Nel primo caso (cella di Lignano Sabbiadoro) la distribuzione è concentrata attorno al valore minimo, ben inferiore rispetto ai fattori di riduzione α_{24h} “misurato” ed “autorizzato”. Nel secondo caso (sito di Trieste), le potenze medie presentano una distribuzione pressoché simmetrica rispetto al loro valore medio, a sua volta vicino ai fattori di riduzione α_{24h} “misurato” ed “autorizzato”.

6. I RISULTATI STATISTICI DELL'ANALISI DEI DATI

Espandendo l'analisi a tutte le celle con un fattore di riduzione diverso da 1 e per le quali sono disponibili i dati di potenza superiore al 65 % di un anno, sono stati confrontati i fattori di riduzione α_{24h} “misurato” ed “autorizzato”. Gli istogrammi sotto riportati mostrano l'andamento per i due fattori.

Figura 6.a: Confronto tra α_{24h} misurato e autorizzato

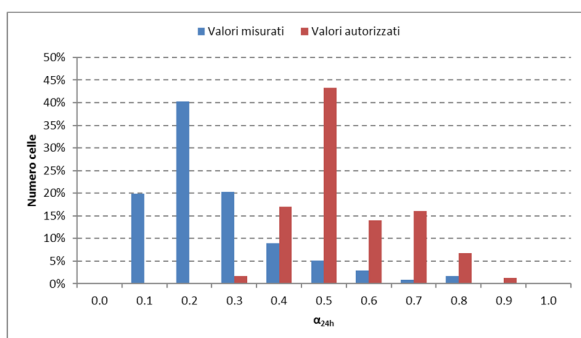
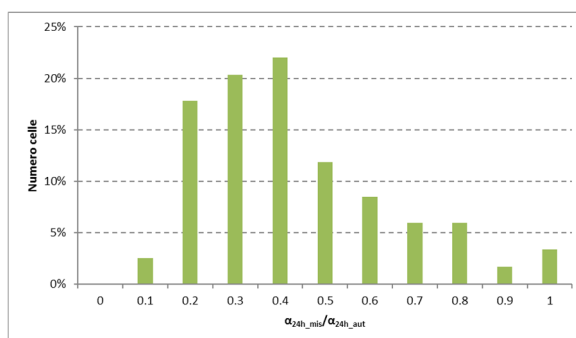


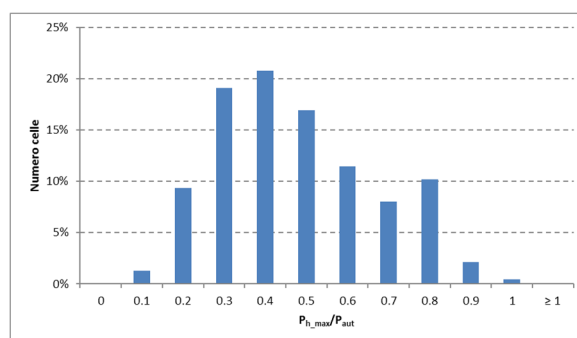
Figura 6.b: Rapporto tra α_{24h} misurato e autorizzato



Come anticipato al paragrafo 2, le due distribuzioni di Fig. 6.a appaiono traslate: è infatti possibile affermare che, in generale, i fattori di riduzione α_{24h} “autorizzati” sono sovrastimati rispetto a quelli “misurati”. Mediamente (Fig. 6.b) il fattore di riduzione α_{24h} “misurato” si colloca a circa il 40 % di quello “autorizzato” [3][4][5].

Infine, in Fig. 7 si riporta la distribuzione della potenza oraria massima in un anno normalizzata alla potenza autorizzata. Tale distribuzione mostra come la potenza massima realmente impiegata sia sempre inferiore alla potenza autorizzata. Il fatto che tale distribuzione sia centrata attorno a 0.4 dimostra come le potenze richieste siano comunque sovrastimate rispetto a quelle realmente impiegate.

Figura 7: Confronto tra la potenza oraria massima misurata (P_{h_max}) e la potenza autorizzata (P_{aut})



I risultati sopra esposti sono rappresentativi della potenza reale impiegata dalle SRB e conseguentemente del reale fattore di riduzione α_{24h} . Se confrontati con i dati autorizzati, appare evidente che la condizione di saturazione dello spazio radioelettrico sussista solo a livello autorizzativo. Infatti, attualmente, non sono stati riscontrati casi di criticità a livello di misura.

Pertanto, secondo l'esperienza maturata da ARPA FVG, l'uso del fattore di riduzione α_{24h} non ha portato ad alcuna riduzione dell'occupazione dello spazio radioelettrico, ma solo ad una risoluzione localizzata delle criticità emerse in fase preventiva.

7. CONCLUSIONI

Nel corso degli anni si è assistito a un aumento della potenza richiesta/autorizzata per gli impianti SRB presenti sul territorio della Regione Friuli Venezia Giulia, dovuto sia all'introduzione di nuove tecnologie sia all'aumento dell'utenza. Ciò ha portato ad una progressiva saturazione dello spazio radioelettrico, determinando delle difficoltà per la modifica o per l'installazione di nuovi impianti.

Uno degli strumenti che consente di superare le criticità che emergono in fase preventiva è rappresentato dal fattore di riduzione α_{24h} . L'analisi dei dati di potenza e quindi dei fattori di riduzione discussa sopra ha portato ai seguenti risultati.

I fattori di riduzione α_{24h} vengono impiegati prevalentemente in zone che presentano un'alta densità abitativa, una elevata complessità territoriale ed una forte variabilità stagionale dell'utenza. Quindi la distribuzione di siti con fattori di riduzione α_{24h} diversi da 1 è fortemente disomogenea sul territorio.

Emerge anche che la distribuzione delle potenze medie giornaliere nell'anno dipende dalla localizzazione geografica del sito. Di ciò è necessario tenere conto per il calcolo corretto del fattore di riduzione α_{24h} , sia in fase preventiva che di verifica post-installazione, considerando un opportuno set di dati di potenza che sia rappresentativo dell'attività dell'impianto durante il periodo di maggiore uso da parte dell'utenza.

Dall'analisi statistica dei dati di potenza emerge che i fattori di riduzione α_{24h} "autorizzati" sono sovrastimati rispetto a quelli "misurati". Mediamente il fattore di riduzione α_{24h} "misurato" si colloca a circa il 40 % di quello "autorizzato". Inoltre si osserva che la potenza massima realmente impiegata è sempre inferiore alla potenza autorizzata. Ciò comporta una saturazione virtuale dello spazio radioelettrico. Tuttavia è necessario sottolineare che tale problema si osserva solo in fase preventiva. Infatti al momento non sono stati riscontrati casi di criticità a livello di misura.

Sulla base dei risultati emersi, può essere interessante un'analisi più approfondita dei dati di potenza oraria al fine di ottenere maggiori informazioni sul reale impatto elettromagnetico delle SRB anche per periodi inferiori alle 24 ore. Ciò consentirebbe di capire qual è il comportamento reale di un impianto con una risoluzione temporale maggiore confrontandolo con quanto previsto in fase autorizzativa.

BIBLIOGRAFIA

[1] A. Bampo et al – *“Analisi dei dati storici delle stazioni radio base (SRB) e delle misure in radiofrequenza (RF) in tre città della regione Friuli Venezia Giulia (Pordenone, Udine, Trieste)”* – 2015 – Qualità dell'ambiente urbano – XI Rapporto

[2] DM 02.12.2014 – *“Linee guida, relative alla definizione delle modalità con cui gli operatori forniscono all'ISPRA e alle ARPA/APPA i dati di potenza degli impianti e alla definizione dei fattori di riduzione della potenza da applicare nelle stime previsionali per tenere conto della variabilità temporale dell'emissione degli impianti nell'arco delle 24 ore”*

[3] L. Anglesio – *“Problematiche aperte nell'applicazione della normativa”* – Lecce – 14-15 maggio 2018 – 55° Corso della Scuola Superiore di Radioprotezione “Carlo Polvani”

[4] L. Anglesio, G. Licitra – *“L'applicazione delle Linee Guida ex DL 179/2012 sulla valutazione dell'esposizione della popolazione a campi elettromagnetici: il punto di vista delle ARPA”* – Roma – 27 – 28 aprile 2017 – Giornata di studio AIRP – Campi elettromagnetici: novità normative e tecniche di misura emergenti

[5] A. Confalonieri et al – *“Il 5G: quali prospettive future nell'attuale quadro normativo”* – Bergamo – 17-18-19 Ottobre 2018 – XXXVII Congresso Nazionale AIRP di radioprotezione