

Valutazione della saturazione dello spazio elettromagnetico occupato dalle infrastrutture di telecomunicazione: analisi dello stato attuale e delle problematiche connesse allo sviluppo della rete

Enrica Caputo¹, Laura Anglesio¹, Giovanni d'Amore¹, Valeria Bottura², Daniela De Bartolo³, Tiziana Marianna Maggioni³, Sabrina Poli⁴, Salvatore Barba⁵, Laura Gaidolfi⁶, Fabio Francia⁷, Alberto Maria Silvi⁷, Monica Angelucci⁸, Settimio Pavoncello⁹, Barbara Scavolini¹⁰

¹ARPA Piemonte, via Pio VII 9, Torino, ²ARPA VDA, ³ARPA Lombardia, ⁴ARPA Veneto, ⁵ARPA FVG, ⁶ARPA EMR, ⁷ARPA Toscana, ⁸ARPA Umbria, ⁹ARPA Lazio, ¹⁰ARPA Marche

e.caputo@arpa.piemonte.it

INTRODUZIONE

La gestione dello spazio elettromagnetico è un tema fondamentale per lo sviluppo delle infrastrutture a supporto delle nuove tecnologie di telecomunicazione in costante evoluzione.

L'avvento del 5G è considerato una risorsa fondamentale per la crescita e la modernizzazione del Paese, ma pone interrogativi sull'aumento delle installazioni di antenne e sul conseguente incremento del valore di campo elettrico stimato su tutto il territorio. Nonostante questi aspetti, lo sviluppo della rete è in parte agevolato dagli strumenti introdotti dalla legge n. 221 del 17/12/2012^[1], quali i valori di assorbimento del campo elettromagnetico da parte delle strutture degli edifici e l'utilizzo della potenza media su 24 ore nelle valutazioni teoriche preventive per il rilascio delle autorizzazioni.

Il fattore alfa24, che permette di calcolare la potenza media su 24 ore nelle valutazioni preventive, è tuttavia utilizzato solo da una parte dei gestori. La legge n. 221/2012, infatti, prevede che i gestori possano avvalersi dello strumento secondo le proprie esigenze di sviluppo della rete, permettendo all'ente di controllo la verifica del rispetto di quanto dichiarato tramite consultazione di database online. Attualmente, usufruiscono di questo strumento solo tre gestori, i quali hanno predisposto tre differenti database, conformi a quanto stabilito dalla legge, ma con caratteristiche profondamente differenti^[2].

In questo lavoro è stato valutato lo stato attuale dello spazio elettromagnetico ancora disponibile sia teorico che effettivo, considerando, ove possibile, le reali condizioni di esercizio degli impianti ottenute dai database delle potenze degli impianti messi a disposizione dai gestori di telefonia. Grazie alla collaborazione delle ARPA, sono stati raccolti dati su una parte del territorio nazionale, e analizzate le problematiche connesse all'aumento delle richieste di installazione ed alla consultazione dei database dei gestori.

Nello specifico, oltre ai dati contenuti nei database dei gestori di telefonia, sono stati analizzati i dati contenuti all'interno dei catasti regionali delle sorgenti di campo elettromagnetico. Il confronto fra questi due set ha permesso di valutare i seguenti aspetti:

- Utilizzo da parte degli operatori del coefficiente alfa24 su scala nazionale;
- Implementazione effettiva dei sistemi per i quali è stata richiesta l'autorizzazione;
- Differenza tra dati dichiarati in fase di richiesta di autorizzazione e dati reali, reale occupazione;
- Criticità relative al rilascio dell'autorizzazione, percentuale di pareri contrari rispetto al totale;
- Criticità relative al rispetto dei limiti in fase di autorizzazione;
- Criticità relative al rispetto dei limiti nell'attività di controllo strumentale;
- Criticità relative alla consultazione e analisi dei database dei gestori di telefonia.

Valutando tutti questi aspetti è possibile stimare l'attuale occupazione dello spazio elettromagnetico, sia teorico (tramite i dati autorizzati), sia effettivo (tramite lo scostamento fra i dati di reale esercizio e quelli teorici).

MATERIALI E METODI

Tutti gli elementi di analisi elencati al paragrafo precedente sono stati valutati in funzione dei dati a disposizione delle agenzie che hanno partecipato allo studio. In alcuni casi le valutazioni hanno riguardato tutto il territorio regionale mentre in altri solo delle zone specifiche di particolare interesse.

La prima criticità riscontrata è stata la mancanza di uniformità sia dei database dei gestori di telefonia sia dei catasti ARPA. Per quanto riguarda i database dei gestori è attivo un tavolo tecnico SNPA per modificare la modalità di gestione dell'intero processo, utilizzando interfacce di programmazione per il trasferimento dati ben strutturate, univoche e condivise con tutti i gestori (API Rest), che importino i dati su un server ISPRA, consultabile dalle agenzie. In relazione alla messa a punto di tali protocolli di comunicazione sono in fase di sviluppo specifici applicativi che permetteranno alle agenzie di consultare i dati di interesse secondo criteri stabiliti e condivisi. L'utilizzo di questa metodologia permetterà un controllo più efficace delle reali condizioni di funzionamento degli impianti da parte di tutte le agenzie, risolvendo i problemi di uniformità sia della struttura dei database attuali, sia della tipologia dei dati.

Per quanto riguarda l'analisi dei catasti ARPA, si è riscontrata la difficoltà di non poter effettuare estrazioni in modalità automatica dei dati di tutti gli impianti di telefonia per tutte le Agenzie coinvolte, che si aggiunge alla presenza di alcune disuniformità dei dati estratti. Nonostante queste difficoltà è stato possibile analizzare i dati contenuti in un numero sufficiente di regioni, estraendo i parametri necessari in funzione della complessità del catasto. Sarebbe tuttavia necessario un ulteriore sviluppo dei catasti delle agenzie, che permetta di uniformarne i contenuti e popolare il catasto nazionale delle sorgenti elettromagnetiche.

Per tutte le regioni coinvolte sono stati inoltre analizzati i dati relativi alle misure effettuate ed ai pareri rilasciati nell'anno 2020. In riferimento ai dati sui pareri, l'analisi è stata effettuata sul numero complessivo degli impianti su tutto il territorio e, per alcune Regioni, anche su aree localizzate di particolare interesse.

In un numero limitato di regioni è stato possibile valutare l'utilizzo del fattore alfa24, rilevando il numero di celle autorizzate con $\text{alfa24} < 1$ rispetto alle celle totali, alle condizioni reali di esercizio ed alla presenza di criticità nel rispetto dei limiti. La disponibilità dei dati per ogni regione è riportata in tab 1.

Tabella 1 - dati raccolti suddivisi per regione

Regione	% contrari	% alfa24	Attivazione celle	Esercizio	Criticità misure	Fondo em teorico
Valle d'Aosta	X	X	X	X	X	
Piemonte	X	X	X	X	X	X
Lombardia	X	X	X	X	X	
Veneto	X	X	X	X	X	
EMR	X	X			X	
Toscana	X			X	X	
FVG	X	X		X	X	X
Umbria	X				X	
Marche	X	X			*	
Lazio	X				X	

*in fase di aggiornamento

La descrizione ed i risultati di ogni singola analisi sono riportati nei paragrafi sottostanti.

ATTIVITA' DI VALUTAZIONE PREVENTIVA

Il limite allo sviluppo della rete è ritenuto, in parte, causato dalle difficoltà che i gestori riscontrano nel processo di autorizzazione preventiva degli impianti. Non entrando nel merito delle differenze fra le leggi regionali, che comportano differenze nell'iter autorizzativo, è stato analizzato il numero di pareri ad esito negativo rispetto al totale dei pareri rilasciati nell'anno 2020. Tale valutazione è stata eseguita su scala regionale per tutte le agenzie coinvolte, con un approfondimento nelle città metropolitane di Torino e Milano. I risultati sono riportati in tab 2.

Tabella 2 - Analisi dei pareri contrari suddivisi per regione

Regione	Pareri rilasciati	Pareri contrari	% contrari
Valle d'Aosta	117	2	2
Piemonte	2240	219	9
Lombardia	6159	490	8
Veneto	1809	135	7
EMR	1671	122	7
Toscana	1216	273	22
FVG	620	1	<1
Umbria	314	17	5
Marche	374	32	8
Lazio (prov Roma)	1076	25	2

Per quanto riguarda le città metropolitane di Milano e Torino la percentuale dei pareri contrari risulta pari rispettivamente al 17% e al 9%. Si fa presente che se restringiamo l'analisi alla sola città di Torino tale percentuale è pari al 24%, corrispondente, in valore assoluto, ad un numero di pareri contrari pari alla metà di quelli rilasciati in tutta la regione Piemonte.

Questi dati evidenziano che, nella maggior parte dei casi, i pareri contrari risultano una piccola percentuale rispetto al totale, con l'eccezione della Toscana e delle città di Milano e Torino.

I pareri contrari non derivano, però, necessariamente, da un valore di potenza richiesto troppo elevato. Una delle cause frequenti di esito negativo è infatti la richiesta di celle multi-tilt, che comporta una sovrastima dell'esposizione, in quanto, per ogni cella, si considera la configurazione che dà luogo al massimo valore di campo elettrico generato. Si precisa che questa configurazione risulta poi non corrispondente a quella effettivamente implementata dal gestore.

Nonostante l'alta percentuale di pareri negativi nella città di Torino si evidenzia che le criticità sono fortemente localizzate in pochi punti specifici. Analizzando la valutazione teorica di campo elettrico eseguita su tutto il territorio comunale, nelle condizioni di massima esposizione, si ottiene un valore inferiore a 3V/m per il 67% dei punti ed un valore inferiore a 4 V/m per il 96% dei punti. Questi dati sono stati ottenuti considerando il contributo di tutti gli impianti attivi, il calcolo è stato eseguito a partire dalle valutazioni teoriche a tutti i piani fuori terra degli edifici presenti nel comune di Torino, ottenendo per ogni edificio il punto ad esposizione maggiore (in funzione dell'altezza dell'edificio stesso). Questo strumento di valutazione è reso disponibile ai gestori che possono utilizzare le informazioni relative al fondo per ottimizzare la progettazione delle nuove installazioni o delle modifiche ai loro impianti.

Al contrario, in Friuli-Venezia Giulia il numero di pareri contrari risulta più contenuto (<1%), ciò dipende dal fatto che i gestori dispongono di tutti i dati radioelettrici degli impianti presenti nell'area di interesse, riuscendo pertanto ad ottimizzare la valutazione dell'impatto elettromagnetico

complessivo, anche se ciò comporta la saturazione dello spazio elettromagnetico nei centri urbani più grandi.

UTILIZZO DEL FATTORE ALFA24

La legge 221/2012 prevede, per il confronto con il valore di attenzione, l'utilizzo della potenza media su 24 ore nelle valutazioni teoriche preventive per il rilascio delle autorizzazioni. Questo valore è definito sulla base del fattore alfa24, che può essere richiesto dai gestori di telefonia in fase di autorizzazione. L'alfa24 rappresenta il rapporto fra la massima potenza media giornaliera in un anno e la massima potenza al connettore d'antenna ed è compreso fra 0 ed 1. Tale strumento, introdotto per valutare le emissioni dagli impianti secondo le condizioni di esercizio mediate su 24 ore, ha permesso lo sviluppo della rete anche in situazioni in cui, con la normativa precedente, non sarebbe stato possibile.

La tab 3 riporta, per le regioni per cui il dato è disponibile, il numero di tutte le celle di telefonia autorizzate, evidenziando la percentuale di quelle per cui è stata richiesta l'applicazione di un fattore alfa24<1. Il dato del Veneto su scala regionale è risultato inferiore al 1%, si è pertanto deciso di porre l'attenzione sulle aree più significative (province di Venezia e Padova).

Tabella 3 - Analisi delle celle autorizzate con alfa24 suddivise per regione

Regione	Numero celle	celle con alfa24
Valle d'Aosta	4430	16%
Piemonte	122507	17%
Lombardia	166514	22%
Veneto (prov VE, PD)	43637	7%
Emilia-Romagna	73220	2%
Friuli-Venezia Giulia	35154	4%
Marche	23621	10%

L'utilizzo del fattore alfa24 su scala regionale risulta contenuto entro il 25% delle celle, tale valore risulta più elevato nelle zone con più criticità. Per quanto riguarda i maggiori centri urbani l'utilizzo del fattore alfa24 è risultato pari al 62% nel comune di Milano ed al 48% nel comune di Torino, mentre nel resto delle zone analizzate il valore nel capoluogo e nelle zone turistiche non si discosta molto da quello regionale.

I sistemi coinvolti sono prevalentemente 4G, ma sono presenti anche 2G, 3G e 5G in proporzioni variabili (fig 1a). La statistica sui sistemi 5G è però poco significativa, in quanto la delibera SNPA 88/2020^[3] stabilisce che, in attesa dello sviluppo dei contatori di potenza da parte dei gestori, gli stessi possano utilizzare entro due anni dalla data di pubblicazione un valore statistico unico pari a 0.31.

È stata, inoltre, valutata la distribuzione dei valori richiesti. Come riportato in fig 1b, il dato regionale in Lombardia e Piemonte si discosta di circa il 10% da quello delle città di Milano e Torino, confermando una maggiore criticità nelle zone più densamente popolate. Si evidenzia che per il sistema 5G il valore richiesto è in alcuni casi superiore al valore permesso dalla delibera SNPA.

Figura 1 - Analisi valore alfa 24

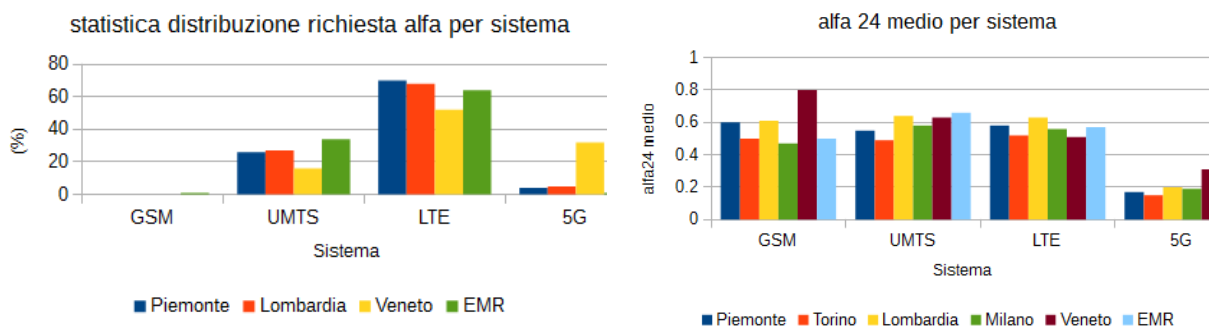


Figura 1: a) numero di celle per cui è stato richiesto alfa24 rispetto al totale, per sistema, b) statistica valore alfa24 per sistema

La legge 221/2012 prevede inoltre che, se il gestore si avvale del fattore alfa24, debba necessariamente predisporre un database on-line consultabile dalle agenzie, in cui siano presenti i dati di tutte le celle attivate autorizzate con l'applicazione di tale fattore riduttivo. È stata quindi verificata per alcuni gestori e alcune regioni l'effettiva presenza di tali celle. Da questa verifica è risultato che, pur a fronte di una richiesta di attivazione con alfa24 in fase di autorizzazione, non risultavano presenti tutte le celle per cui era stata effettuata tale richiesta. Tali celle sono, pertanto, state considerate inesistenti.

Questa analisi ha permesso di stimare la differenza fra la potenza teorica autorizzata, sulla base della quale si eseguono le valutazioni per il rilascio dei pareri, e l'effettiva potenza utilizzata (on-air). Una differenza significativa tra questi due valori di potenza comporta ovviamente un'occupazione virtuale dello spazio elettromagnetico.

Si sono poi verificate, per le celle effettivamente presenti nei database dei gestori, le reali condizioni di esercizio rispetto ai dati richiesti. Se da un lato è possibile controllare il rispetto di quanto autorizzato, dall'altro è anche possibile stimare se le celle sono sotto-utilizzate con condizioni di esercizio corrispondenti a potenze molto inferiori a quelle richieste. Anche in questo caso una differenza significativa comporta un'occupazione virtuale dello spazio elettromagnetico, sia in termini di valore massimo (confronto con il limite di esposizione), sia in termini di valore mediato su 24 ore (confronto con il valore di attenzione).

Queste ultime analisi hanno, tuttavia, un limite rappresentato dalla mancata sincronizzazione dei dati. Infatti, nei database dei gestori non è presente l'informazione sugli estremi del parere con cui sono eserciti gli impianti al momento della registrazione della potenza, cosa che potrebbe portare ad associare un dato di potenza ad una configurazione autorizzata differente rispetto a quella effettivamente esercita e relativa ad una configurazione autorizzata in precedenza.

VERIFICA ATTIVAZIONE SISTEMI AUTORIZZATI

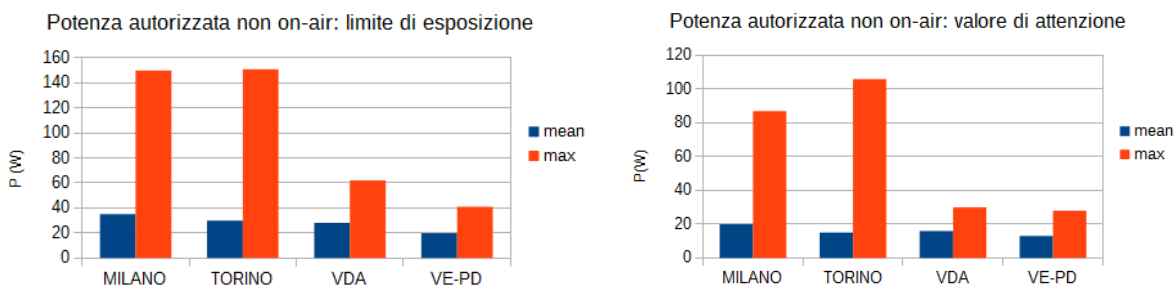
Per limitare l'effetto della sincronizzazione delle configurazioni, nelle regioni per cui non è disponibile l'informazione sullo stato di attivazione degli impianti è stata valutata la distribuzione delle date di rilascio parere nell'ultimo anno e sono state considerate "mancanti" le celle fino alla data corrispondente alla mediana della distribuzione. Per ogni area di valutazione è stata valutata la distribuzione della potenza autorizzata e non esercita.

I risultati sono riportati in tab 4 ed in fig 2.

Tabella 4 - Analisi delle celle autorizzate con alfa24 non attive, suddivise per regione

Regione – area di valutazione	Celle non attivate	Celle non attivate con sincronizzazione
Valle d'Aosta-regione	35	35
Piemonte-regione	2568	/
Piemonte-città di Torino	808	383
Lombardia-città di Milano	2023	nd

Figura 2 - Distribuzione della potenza non esercita



Distribuzione della potenza non esercita a) P al connettore d'antenna – limite di esposizione, b) P mediata su 24 ore – valore di attenzione

Dall'analisi della tabella 4 si evince che nelle aree più critiche il numero delle celle non ancora attivate non è trascurabile. Sicuramente una parte delle celle mancanti rientra nelle configurazioni non ancora attivate entro un anno dall'autorizzazione, sono tuttavia state trovate anche celle con parere antecedente tale data (anni 2015-2019). In questi casi lo scostamento fra il contributo teorico e reale può considerarsi effettivo e non temporaneo. La figura 2 illustra in blu la media delle potenze massime a) e medie su 24 ore b) su tutto il set di celle non implementate, in rosso il massimo delle potenze massime a) e medie su 24 ore b) su tutto il set di celle non implementate. Nelle aree critiche, in cui il buon esito delle pratiche di rilascio parere risulta più complesso, se consideriamo il valore medio sulle celle, pari a circa 20W, moltiplicato per il numero di celle non attive si ottiene un'occupazione virtuale non trascurabile.

VERIFICA REALI CONDIZIONI DI ESERCIZIO

Per ogni area per cui sono disponibili i dati è stata stimata la reale occupazione elettromagnetica in riferimento al limite di esposizione ed al valore di attenzione.

Per quanto riguarda il limite di esposizione sono state confrontate la potenza al connettore d'antenna autorizzata presente nei catasti delle agenzie ($P_{max\ aut}$) e la massima potenza installata dell'ultimo giorno per cui sono disponibili i dati nel database del gestore (P_{max}).

L'indicatore IP_{max} esprime la media su tutte le celle del rapporto fra queste due grandezze.

$$IP_{max} = \frac{\sum_{CI=1}^N \left(\frac{P_{max}}{P_{aut}} \right)_{CI}}{N}$$

Per quanto riguarda il valore di attenzione sono state confrontate la potenza media su 24 ore autorizzata ($P_{24h\ aut}$), presente nei catasti delle agenzie, e le medie giornaliere della potenza di esercizio (P_{24h}), registrate nei database dei gestori. Per una valutazione più completa sono stati utilizzati due indicatori, che si riferiscono a due indici statistici differenti.

L'indicatore IP_{mean} rappresenta la media su tutte le celle del rapporto fra il massimo delle medie giornaliere di potenza e la potenza media autorizzata.

$$IP_{mean} = \frac{\sum_{CI=1}^N \left(\frac{\max(P_{24})}{P_{24}^{aut}} \right)_{CI}}{N}$$

L'indicatore IP_{90} , utilizzato per le aree più critiche, rappresenta la media su tutte le celle del rapporto fra il 90°percentile delle medie giornaliere di potenza ($90^{th}(P_{24h})$) e la potenza media autorizzata.

$$IP_{90} = \frac{\sum_{CI=1}^N \left(\frac{90^{th}(P_{24h})}{P_{24h}^{aut}} \right)_{CI}}{N}$$

I risultati sono riportati nelle figure 4 e 5, nelle quali sono visibili gli indicatori IP_{max} e IP_{mean} nelle aree per cui erano disponibili i dati. IP_{max} è disponibile in Valle d'Aosta, Piemonte e Lombardia solo per il gestore A, in Friuli-Venezia Giulia come somma dei gestori A e B, mentre in Veneto non è stato possibile effettuare l'analisi per problemi di corrispondenza di codici impianto. IP_{mean} è disponibile sia come singoli gestori, sia come totale A+B.

Figura 3 - Indicatore di occupazione reale IP_{max} - limite di esposizione

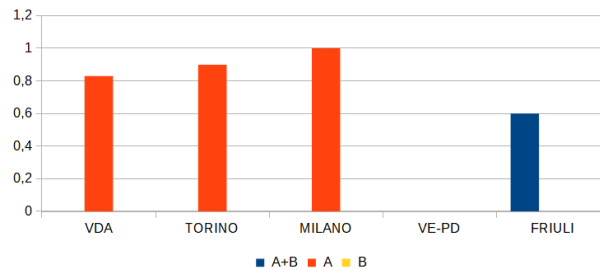
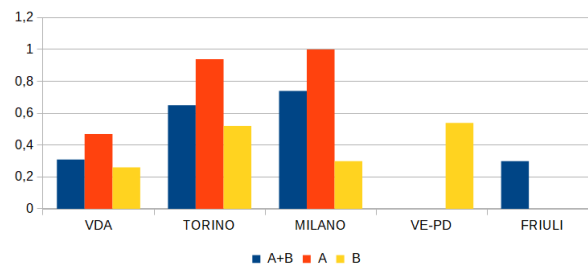


Figura 4 - Indicatore di occupazione reale IP_{mean} - valore di attenzione



Non è possibile confrontare i dati di Potenza massima, in quanto il gestore B non la riporta all'interno del database, ma nella fig 4 è evidente una sostanziale differenza nell'utilizzo medio delle celle analizzate da parte dei due gestori. In tutte le aree per cui sono disponibili i dati di entrambi i gestori la differenza fra potenza media autorizzata e potenza media esercitata è più elevata per il gestore B.

Per le città di Torino e Milano, le due aree risultate più critiche, è stato poi ricavato un valore di IP_{90} pari a 0,58 e 0,5. Questo valore indica che, su più di un anno di dati, esiste un intervallo temporale ristretto in cui effettivamente l'occupazione reale è prossima a quella teorica.

Per il gestore B è stato infine valutato il rapporto fra la potenza media esercitata e quella autorizzata a partire dai soli dati contenuti all'interno del database, questo è possibile in quanto il gestore dichiara all'interno del proprio database sia la potenza massima che il valore alfa24 autorizzati

per ogni cella. Questo ha permesso di superare il limite della sincronizzazione fra le configurazioni.

In tab 5 è riportato il massimo del rapporto fra la potenza media giornaliera nell'ultimo anno e la potenza su 24 ore autorizzata, mediato su tutte le celle (confrontabile con IP_{mean} ottenuto tramite confronto con il catasto delle agenzie)

Tabella 5 - Analisi dei dati di esercizio forniti dal gestore B, suddivisi per regione

Area	IP_{mean} gestore
Valle d'Aosta	0,42
Piemonte (TO)	0,56
Lombardia (MI)	0,57
Veneto (VE-PD)	0,33
Toscana (FI-PI-LI)	0,38

Anche dal dato fornito dal gestore, che non risente della sincronizzazione della configurazione, si evidenzia come per tutte le aree analizzate l'occupazione reale risulti inferiore al 60% di quella teorica. Lo spazio elettromagnetico effettivamente disponibile è quindi ben superiore a quello ipotetico e risultante dalle richieste dei gestori che evidentemente prevedono un margine troppo ampio per eventuali sviluppi futuri del singolo impianto. Questo comportamento rende ovviamente non fruibile la risorsa non solo ai gestori concorrenti ma anche a propri futuri sviluppi della rete.

CRITICITA' RELATIVE AL RISPETTO DEI LIMITI NELL'ATTIVITA' DI MONITORAGGIO

Le considerazioni fin qui riportate sono rivolte alla miglior conoscenza della effettiva situazione di funzionamento degli impianti in esercizio (on-air) che non può essere desunta dalle informazioni contenute nei catasti delle agenzie che sono, infatti, popolati con i dati di targa degli impianti, utilizzati come base per il rilascio di nuovi pareri o per la pianificazione di campagne di monitoraggio. È stato quindi valutato se esiste un'effettiva criticità nel rispetto del valore di attenzione tramite l'analisi delle misure effettuate nell'anno 2020. Questa analisi non potrà sicuramente essere esaustiva, in quanto le agenzie pianificano gli interventi, secondo la propria disponibilità, sia sulla base di criteri stabiliti (ma differenti a livello territoriale) che su richiesta puntuale. L'attività in campo dell'ultimo anno è poi stata ridotta a causa dello stato di emergenza epidemiologica, ma questi dati possono comunque essere uno spunto di riflessione.

In tab 6 è riportato il riassunto delle misure di campo elettrico effettuate nell'anno 2020 suddivise per regione.

Tabella 6 - Analisi delle misure su impianti di telefonia effettuate dalle agenzie nel 2020, suddivise per regione

Regione	$E > 3V/m$	$E > 6V/m$
VDA	7%	<1%
PIEMONTE	18%	2%
LOMBARDIA	6%	<1%
VENETO	7%	/
FVG	nd	<1%
EMR	5%	/
TOSCANA	9%	2%
LAZIO (prov Roma)	nd	2%
UMBRIA	2%	/

Anche l'attività di monitoraggio evidenzia che non esistono particolari criticità dovute all'impatto degli impianti di telefonia, le misure con valori di campo elettrico superiori a 3 V/m sono infatti una minima parte di quelle effettuate. Il valore in Piemonte risulta più elevato rispetto al resto delle aree analizzate, probabilmente a causa della minor richiesta di misure su esposto e del conseguente maggior numero di misure effettuate di propria iniziativa, concentrate nei punti che presentano maggior criticità sul territorio regionale

CRITICITA' RELATIVE ALLA CONSULTAZIONE E ANALISI DEI CATASTI E DEI DATABASE DEI GESTORI DI TELEFONIA

Seppure il lavoro svolto sia stato oneroso, non può purtroppo ritenersi esaustivo e completo. Sono state riscontrate, infatti, alcune difficoltà nella raccolta dei dati e nel processamento degli stessi. In primo luogo, non tutte le agenzie dispongono di un catasto regionale e, per alcune, l'estrazione di una parte di dati in modo non puntuale risulta non immediata o non possibile. I dati contenuti sono sostanzialmente compatibili, ma si sono riscontrate criticità nella corrispondenza dei codici dei siti, elementi fondamentali per il confronto con quanto presente nei database dei gestori.

Maggiori criticità si sono riscontrate nei database predisposti dai gestori. Al momento sono stati resi disponibili tre piattaforme on-line, con struttura e tipologia di dati differenti. Le tre piattaforme permettono l'esportazione dei dati in formato tabellare, ma il risultato dell'estrazione è stato implementato con approcci differenti. Una piattaforma è risultata ben strutturata con un'interfaccia grafica che permette ricerche spot su impianti specifici, ma con dati esportabili solo singolarmente per ogni impianto. Data la cospicua presenza di celle di questo gestore, non è stato possibile analizzarne le reali condizioni di esercizio. Le altre due piattaforme non hanno un'interfaccia grafica, ma permettono l'estrazione di una parte di dati secondo le proprie esigenze (su scala puntuale, comunale, provinciale o regionale). Tuttavia, ai fini di una completa analisi, non sono presenti tutti i dati necessari e alcuni campi non sono univoci. Inoltre, i dati non sono relativi alla totalità degli impianti, in quanto sono presenti solo le celle autorizzate con alfa24 e non è presente la configurazione di esercizio nel momento della registrazione della potenza. Quest'ultimo aspetto non permette la giusta sincronizzazione dei due set di dati (gestore e agenzie) e può causare uno scostamento fra quanto autorizzato e quanto esercito.

In una delle piattaforme esaminate non è disponibile la potenza massima al connettore d'antenna installata. Questo non permette il controllo del rispetto della potenza massima autorizzata, e la valutazione dell'occupazione dello spazio elettromagnetico riferita al limite di esposizione. Alcuni campi poi sono risultati non univoci quali ad esempio, la direzione che non è individuata dall'angolo azimutale, ma da un numero progressivo. In questo caso, non avendo un riferimento assoluto non è possibile sapere quale sia l'orientamento dell'antenna con la conseguenza di una non perfetta corrispondenza fra i dati nel database ed i dati nei catasti delle agenzie.

Per una perfetta corrispondenza sono necessarie l'univocità e la correttezza dei codici degli impianti e delle celle. In entrambi i database analizzati si sono riscontrate diverse anomalie in entrambi i parametri, diminuendo il numero delle corrispondenze e, di conseguenza, le celle per le quali è stata possibile l'analisi.

Infine, si è riscontrato un problema oggettivo di processamento dei dati, sia nell'estrazione, sia nell'analisi a causa delle dimensioni eccessive dell'unico file .csv con i dati giornalieri ed orari, così come fornito da una piattaforma

CONSIDERAZIONI FINALI

L'evoluzione delle tecnologie di telecomunicazione comporta continui aggiornamenti dell'infrastruttura, in parte bilanciati da dismissioni di sistemi che si appoggiano su tecnologie ritenute obsolete. Per valutare lo stato attuale di occupazione dello spazio elettromagnetico in relazione ai limiti imposti dalla legge (limite di esposizione e valore di attenzione), sono stati

considerati diversi aspetti, partendo dai dati disponibili alle agenzie distribuite sul territorio nazionale.

I dati dichiarati dai gestori in fase di richiesta di autorizzazione hanno permesso di valutare eventuali criticità nel rispetto del limite di esposizione ed il reale utilizzo dei fattori di riduzione che, se attivi, favoriscono il rispetto del valore di attenzione. Non sono risultati disponibili dati sull'utilizzo dei valori di assorbimento del campo elettromagnetico da parte delle strutture degli edifici, ma l'analisi del fattore di riduzione alfa24 ha evidenziato che, su scala regionale, tale strumento è utilizzato con una percentuale variabile dal 2% al 22%, con picchi nei grandi centri urbani, in cui l'esposizione risulta più critica, fino al 62%

Nonostante il fattore alfa24 non sia utilizzato su tutta la rete e da tutti gli operatori, la percentuale di pareri contrari rispetto al totale è contenuta entro il 22%. La valutazione teorica complessiva nell'area in cui tale percentuale è più elevata (città di Torino) risulta inferiore a 3V/m per il 67% dei punti ed inferiore a 4 V/m per il 96% dei punti, mentre si riscontrano problemi di saturazione nei centri urbani maggiori e nelle aree turistiche del litorale del Friuli-Venezia Giulia: Purtroppo questi ultimi dati sono disponibili unicamente per queste due aree. Se possibile, queste valutazioni saranno estese anche nelle altre regioni che hanno partecipato allo studio.

Anche le misure in campo eseguite dalle agenzie nel 2020 hanno evidenziato un numero di criticità non significativo, il numero di misure con $E > 3V/m$ è infatti contenuto entro il 18% delle misure totali.

L'analisi dei dati contenuti nei database di due dei tre gestori che si avvalgono dello strumento, sebbene abbia un limite oggettivo dato dalla presenza delle sole celle autorizzate con $\alpha_{24} < 1$, ha infine evidenziato che è presente un numero non trascurabile di celle autorizzate e non attivate, che comportano un'occupazione virtuale dello spazio elettromagnetico, sia in termini di valore massimo (limite di esposizione), sia in termini di valore mediato su 24 ore (valore di attenzione). Complessivamente, gli impianti sono eserciti come media su 24 ore ad una percentuale rispetto a quanto autorizzato variabile fra il 30% ed il 70%. I valori più alti sono registrati nei centri urbani più grandi (Torino e Milano). Per quanto riguarda il valore di massima potenza al connettore d'antenna si sono ottenuti valori variabili fra il 60% ed il 100%. Si segnala, tuttavia, che tali dati sono disponibili unicamente per un gestore.

Anche in questo caso si evidenzia un'occupazione virtuale dello spazio elettromagnetico, più contenuta per quanto riguarda il limite di esposizione, più estesa per quanto riguarda il valore di attenzione.

Per quanto riguarda le criticità nella consultazione ed estrazione dei dati dai database dei gestori è attivo un tavolo tecnico SNPA per modificare la modalità di gestione dell'intero processo, utilizzando interfacce di programmazione per il trasferimento dati ben strutturate, univoche e condivise con tutti i gestori (API Rest), che importino i dati su un server ISPRA, consultabile dalle agenzie. Questa procedura permetterà un controllo più efficace delle reali condizioni di funzionamento degli impianti da parte di tutte le agenzie, risolvendo i problemi di uniformità sia della struttura dei database attuali, sia della tipologia dei dati.

BIBLIOGRAFIA

[1] LEGGE 17 dicembre 2012, n. 221: Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 18 ottobre 2012, n. 179, recante ulteriori misure urgenti per la crescita del Paese. (12G0244) (GU Serie Generale n.294 del 18-12-2012 - Suppl. Ordinario n. 208)

[2] E.Caputo, M.Giacomelli, C.Ronchi, "Sviluppo di web application per l'analisi dei dati ambientali: consultazione e analisi dei database degli impianti di telefonia, confronto con il catasto regionale ed individuazione delle anomalie tramite procedure automatiche", Atti del "VII Convegno Nazionale Agenti Fisici", 5-7 giugno 2019, Stresa

[3] Delibera SNPA 88/2020 "Criteri per la valutazione delle domande di autorizzazione all'installazione di impianti di reti di comunicazione elettronica con antenne mMIMO/AASs -novembre 2020"