ARPALAZIO
AGENZIA REGIONALE PROTEZIONE AMBIENTALE DEL LAZIO

Seminario di studio SNPA

Procedure autorizzative degli impianti di telefonia mobile 5G

Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

Delibera 59/2019 e TR 62669:2019

riflessioni derivanti da una lettura comparata dei due testi e approfondimento dei punti critici

Dott. Daniele Franci

ARPA Lazio – Sezione Provinciale di Roma

Roma, 28 Novembre 2019

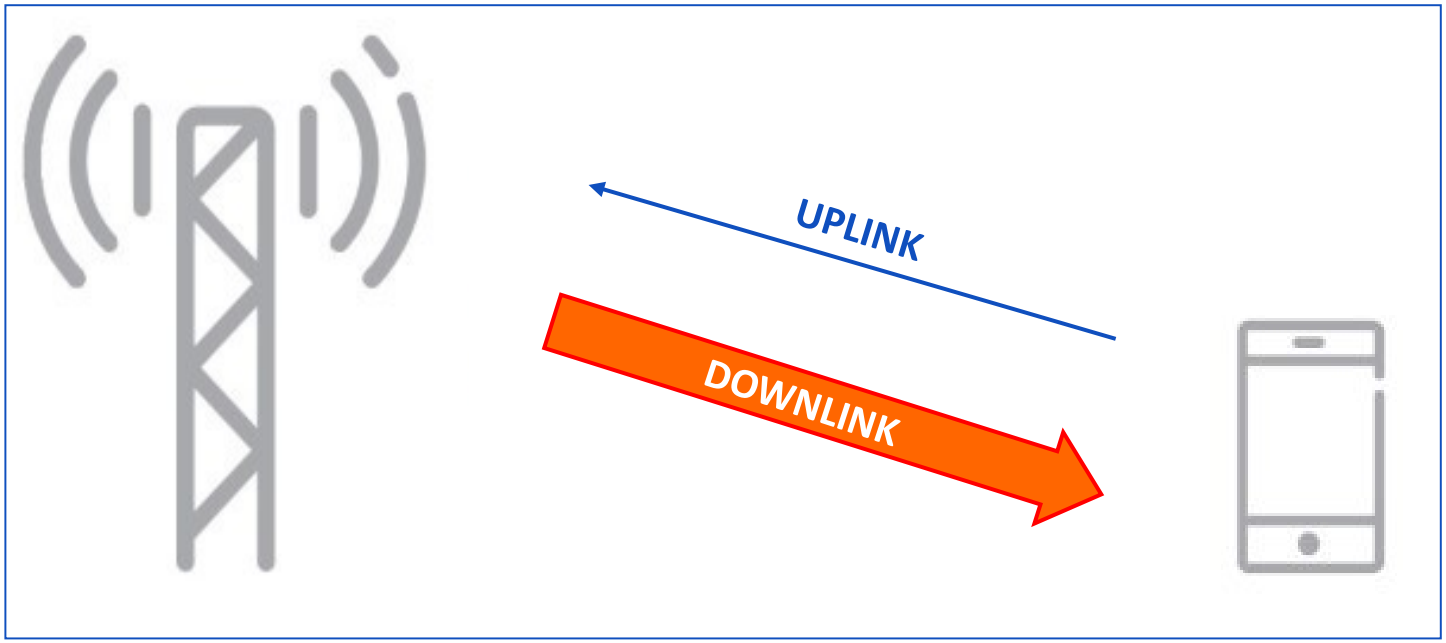
Caratteristiche sistemi tempo-varianti:

1. TDD
2. mMIMO
3. Diagrammi inviluppo

Caratteristiche 5G → Duplexing

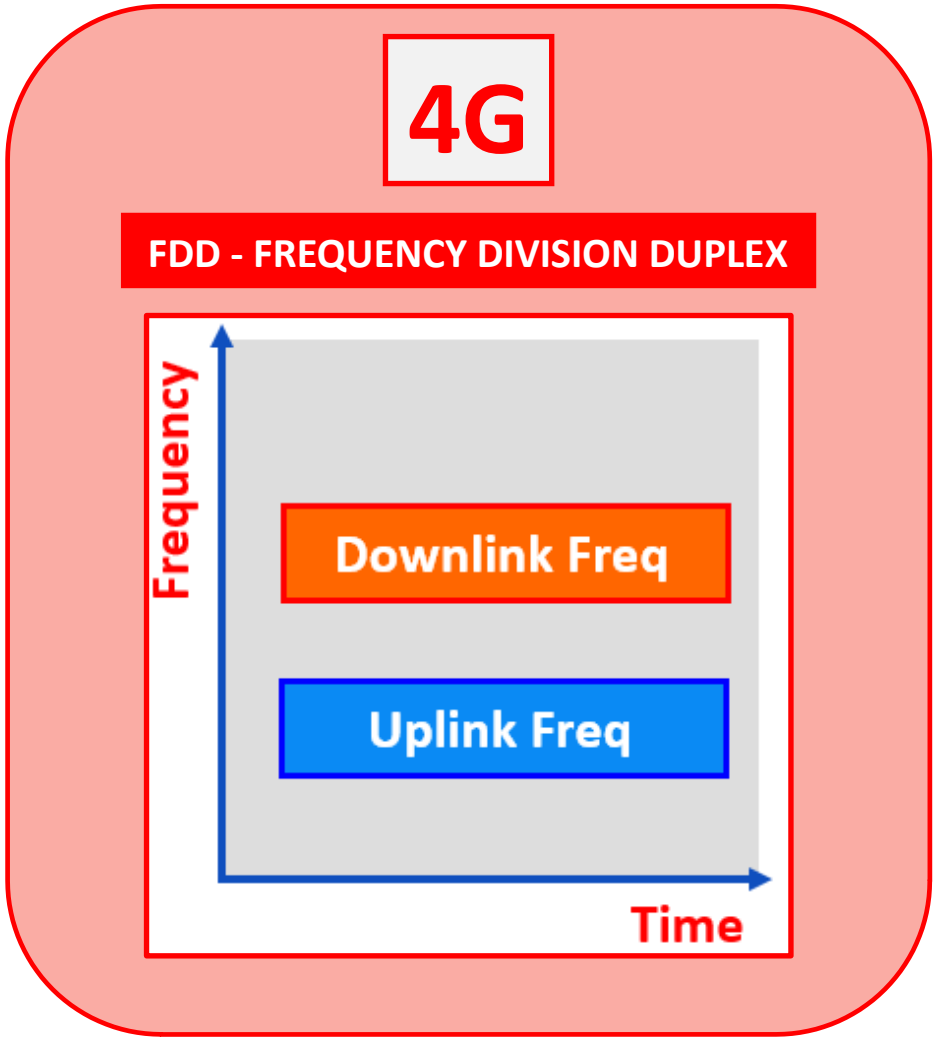
Trasmissione dati bidirezionale:

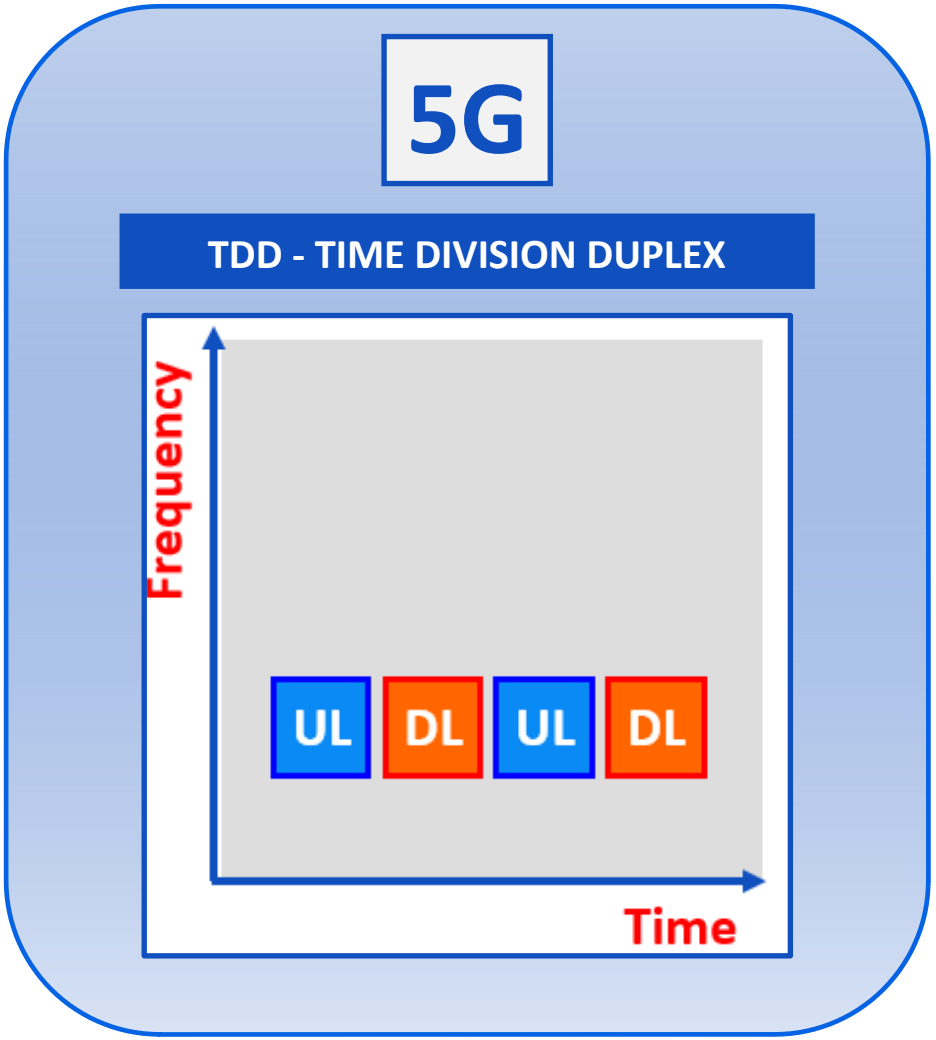
- **DOWNLINK** → dalla SRB al terminale mobile
- **UPLINK** → dal terminale alla SRB



Caratteristiche 5G → Duplexing

La separazione uplink/downlink può avvenire nel campo della frequenza (4G) o **seguendo un rigido schema di alternanza temporale (5G)**

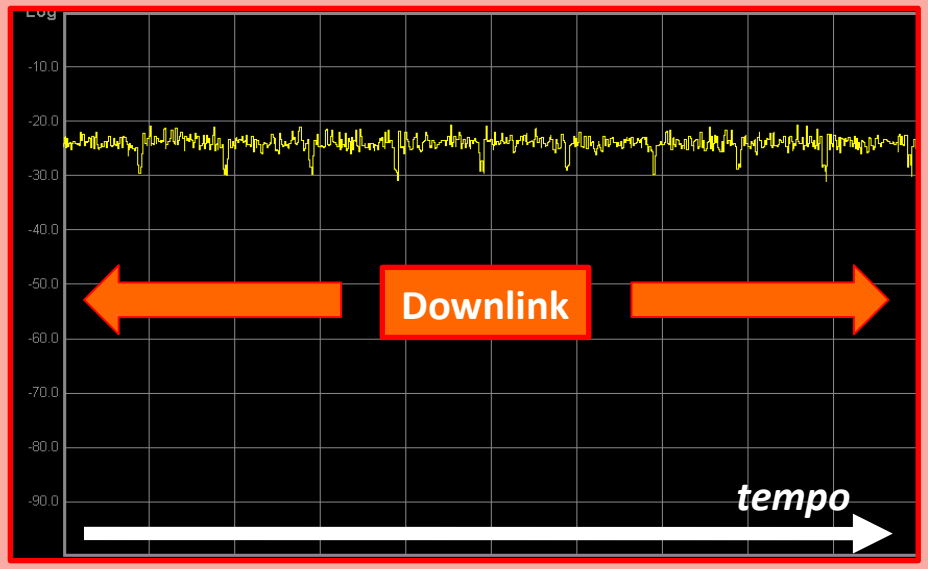




Caratteristiche 5G → Duplexing

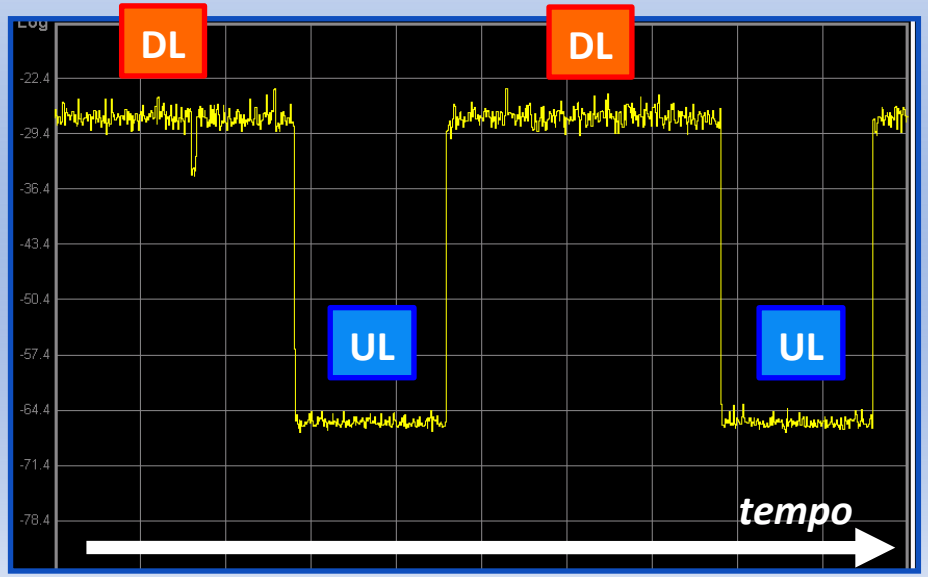
4G

Nella modalità Frequency Division Duplex, la frequenza è **costantemente occupata da trasmissione dati in downlink**



5G

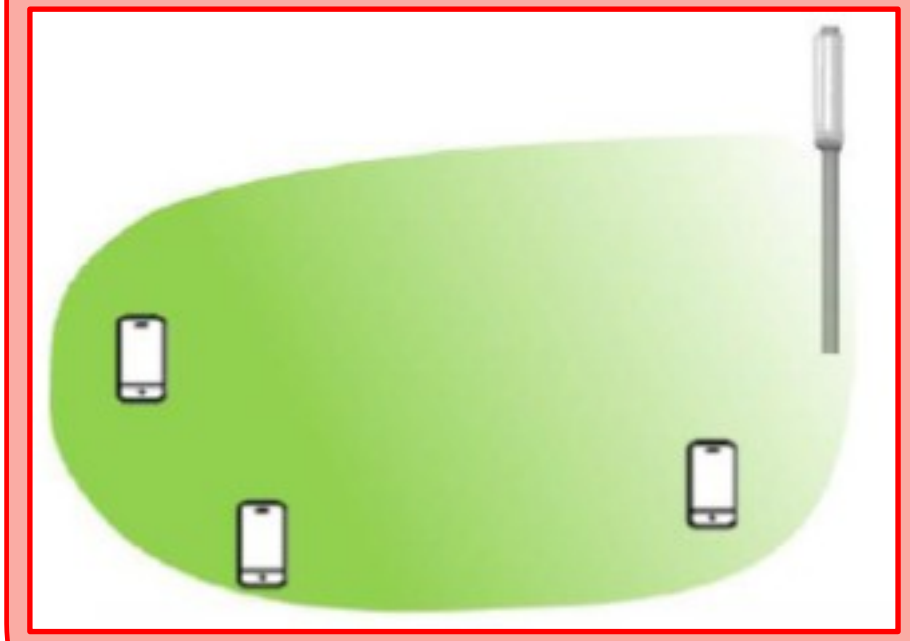
Nella modalità Time Division Duplex, **non c'è trasmissione durante gli slot temporali dedicati all'uplink**



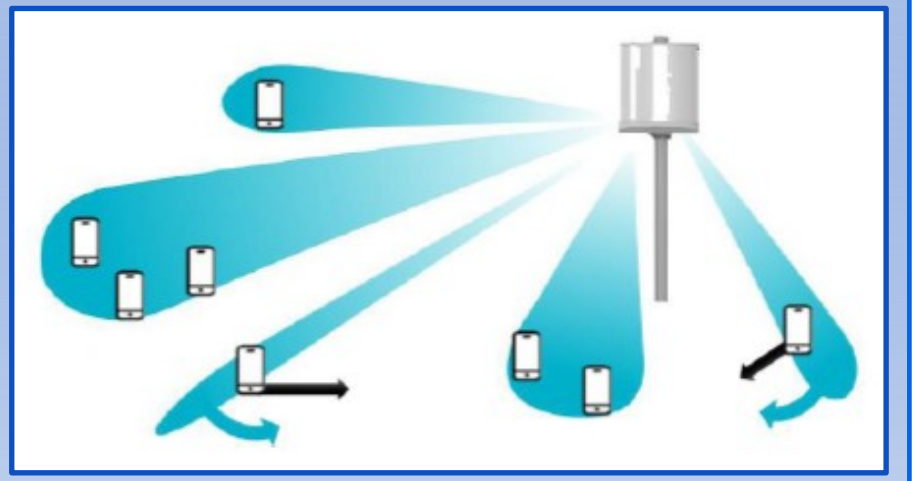
Caratteristiche 5G → mMIMO e beamforming

Le antenne attive utilizzate per il 5G sono caratterizzate da **diagrammi di irraggiamento dinamici**, consentendo di ottimizzare la copertura della SRB

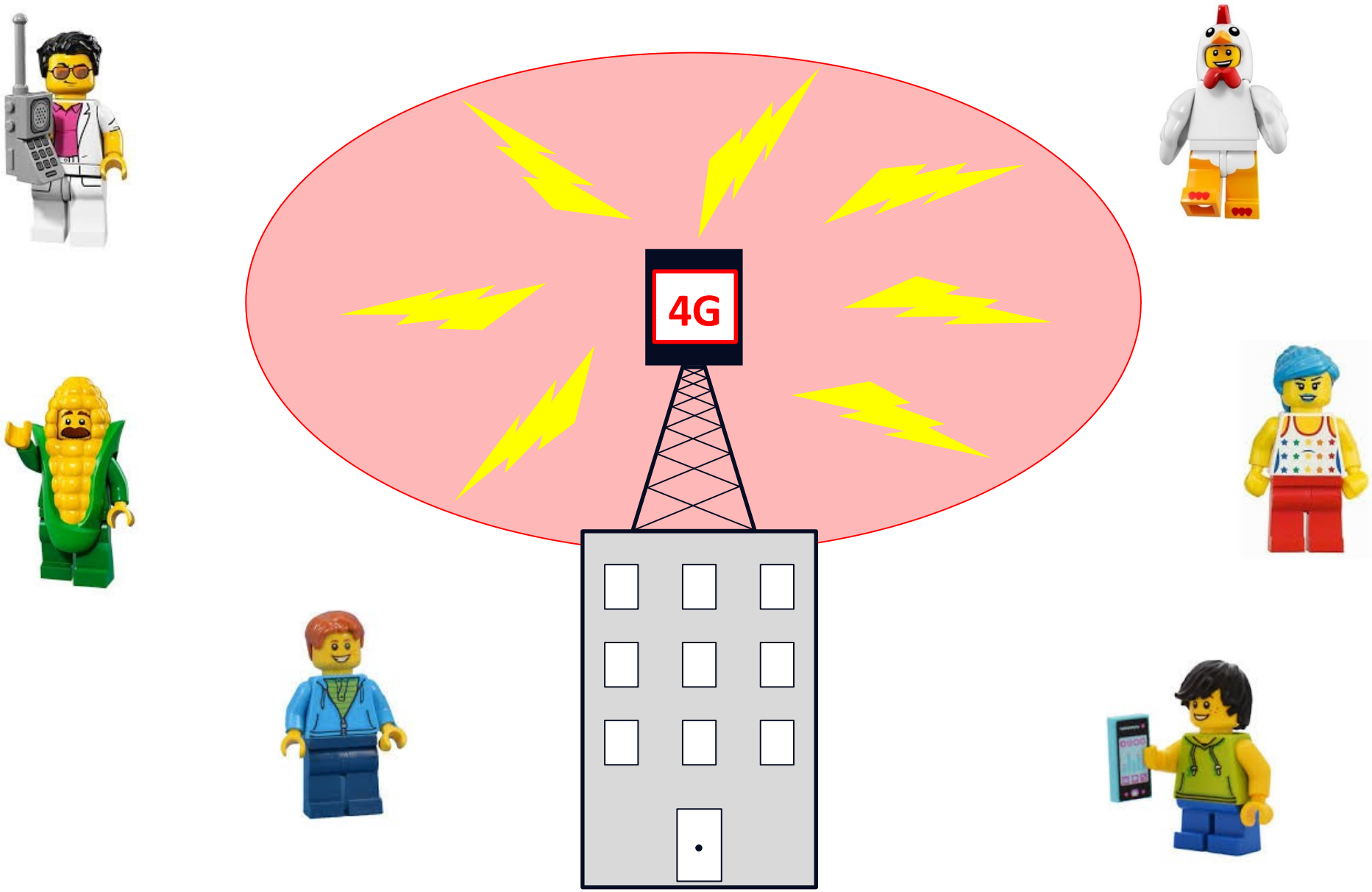
4G



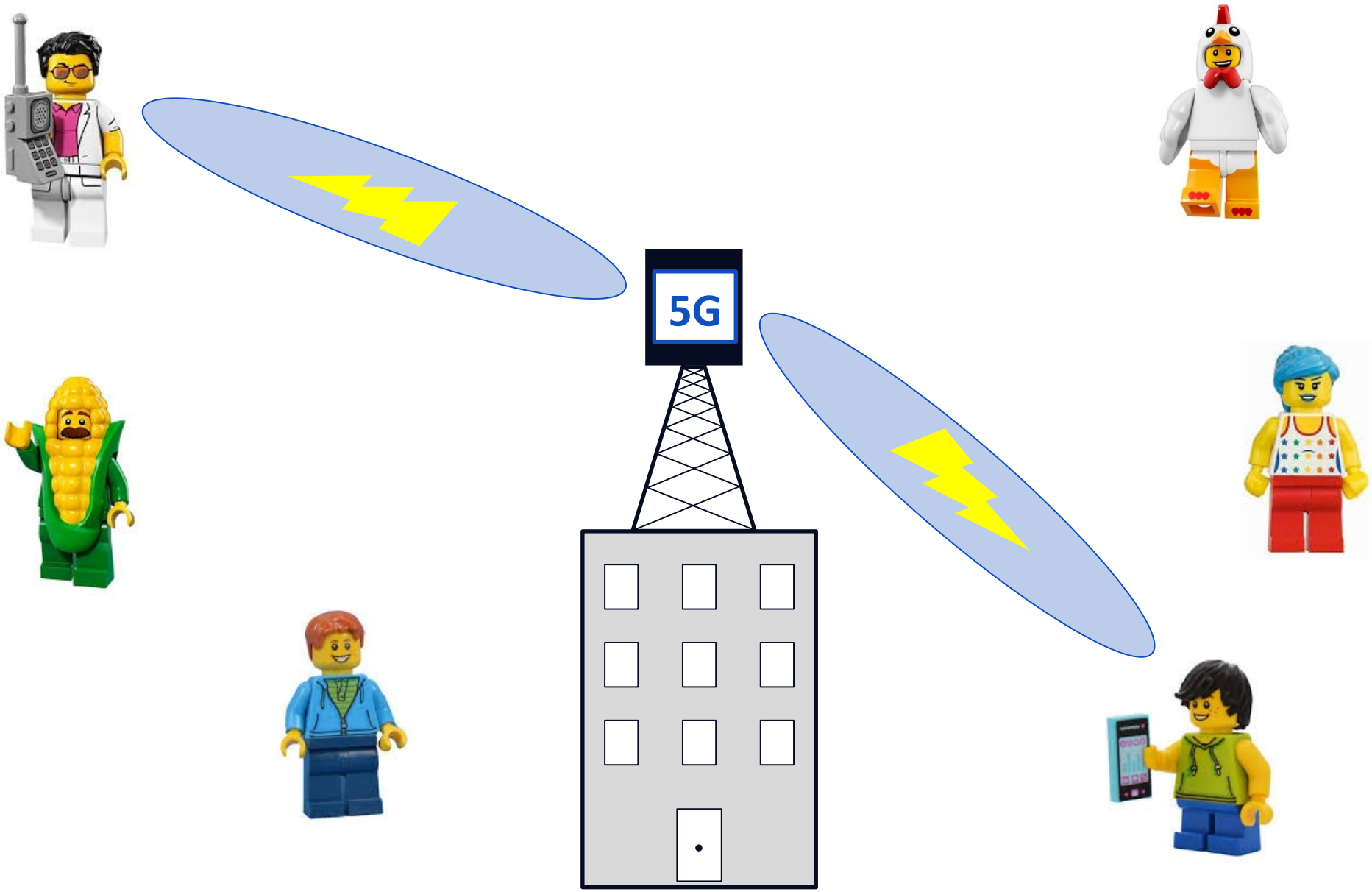
5G



Caratteristiche 5G → mMIMO e beamforming

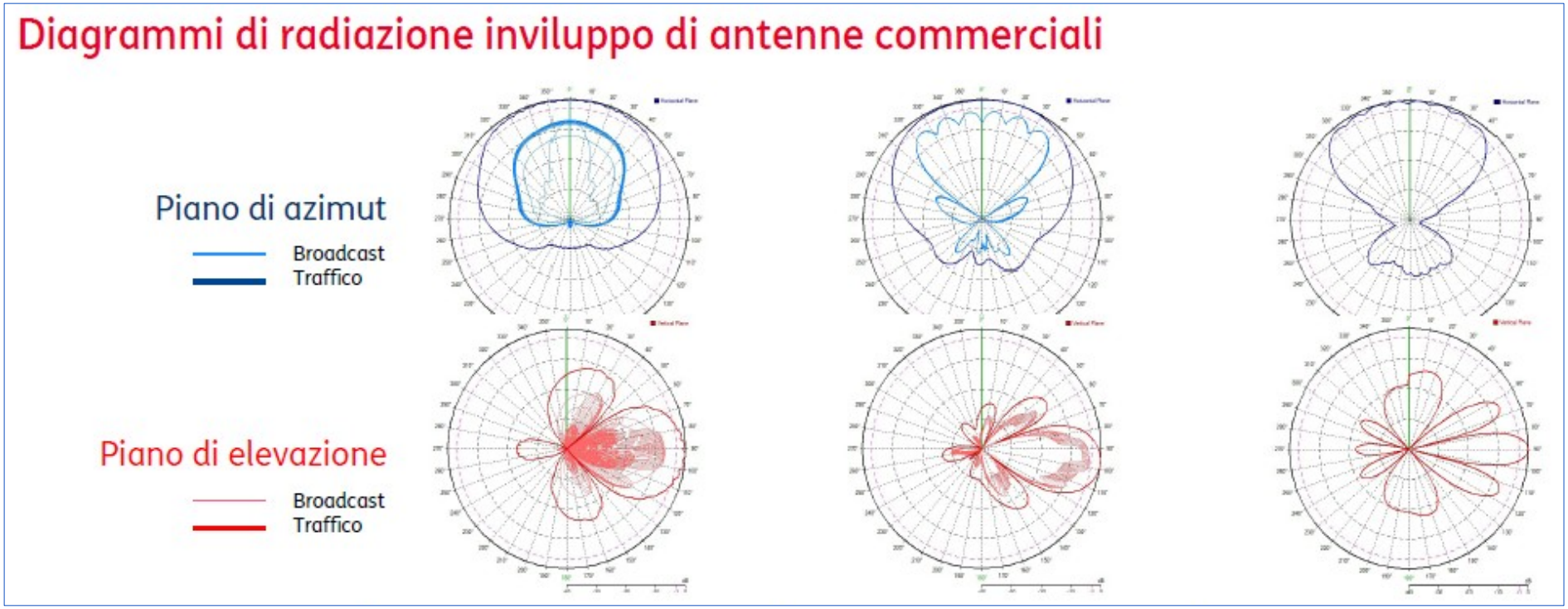


Caratteristiche 5G → mMIMO e beamforming

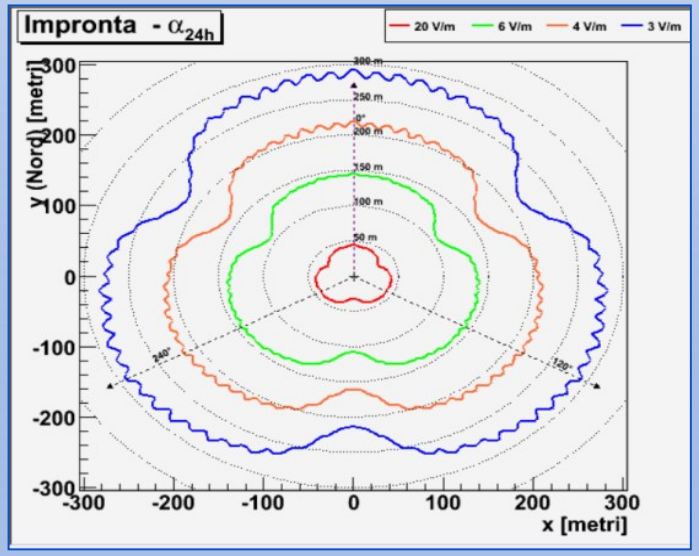


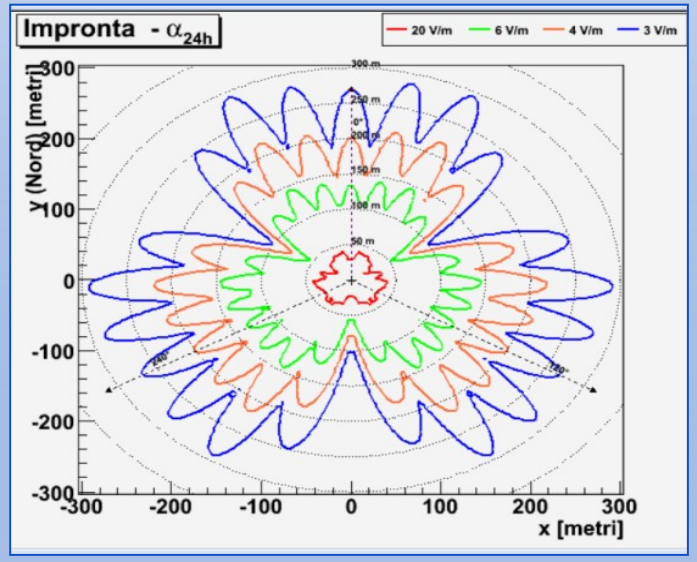
Caratteristiche 5G → Diagrammi inviluppo

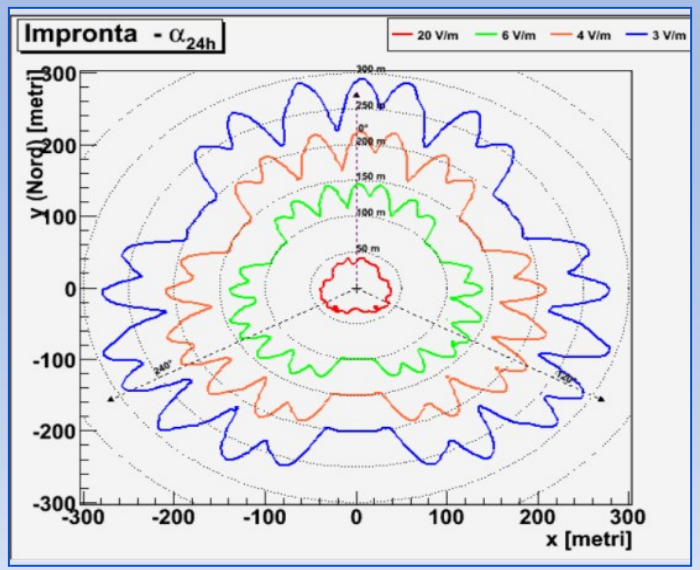
- Poiché le antenne 5G sintetizzano **fasci di forma variabile nel tempo**, è necessario definire il **diagramma inviluppo** di ciascuna antenna
- Diagramma inviluppo ottenuto selezionando **per ogni direzione il valore più alto fra i guadagni di tutti i fasci di traffico sintetizzabili**
- I fasci dedicati al traffico sono **più estesi di quelli dedicati al controllo** (*)
- Il diagramma inviluppo **non è fisico** → potenza non conservata



Caratteristiche 5G → Diagrammi inviluppo







La formula per l'EIRP del TR 62669:2019

Formulazione generale EIRP

EIRP MEDIA - IEC TR 62669

$$EIRP = P_{TXM} \cdot F_{TDC} \cdot F_{PDL}(\theta, \varphi) \cdot G_{MLB} \cdot F_G(\theta, \varphi)$$

Formulazione generale EIRP

EIRP MEDIA - IEC TR 62669

$$EIRP = \boxed{P_{TXM}} \cdot F_{TDC} \cdot F_{PDL}(\theta, \varphi) \cdot G_{MLB} \cdot F_G(\theta, \varphi)$$

Potenza max in antenna

Formulazione generale EIRP

EIRP MEDIA - IEC TR 62669

$$EIRP = P_{TXM} \cdot F_{TDC} \cdot F_{PDL}(\theta, \varphi) \cdot G_{MLB} \cdot F_G(\theta, \varphi)$$

P_{TXM} → Potenza max in antenna

F_{TDC} → Fattore TDD

Formulazione generale EIRP

EIRP MEDIA - IEC TR 62669

$$EIRP = P_{TXM} \cdot F_{TDC} \cdot F_{PDL}(\theta, \varphi) \cdot G_{MLB} \cdot F_G(\theta, \varphi)$$

- P_{TXM} → Potenza max in antenna
- F_{TDC} → Fattore TDD
- $F_{PDL}(\theta, \varphi)$ → Potenza normalizzat mediata su T

Formulazione generale EIRP

EIRP MEDIA - IEC TR 62669

$$EIRP = P_{TXM} \cdot F_{TDC} \cdot F_{PDL}(\theta, \varphi) \cdot G_{MLB} \cdot F_G(\theta, \varphi)$$

- P_{TXM} → Potenza max in antenna
- F_{TDC} → Fattore TDD
- $F_{PDL}(\theta, \varphi)$ → Potenza normalizzata mediata su T
- G_{MLB} → Guadagno max del main lobe

Formulazione generale EIRP

EIRP MEDIA - IEC TR 62669

$$EIRP = P_{TXM} \cdot F_{TDC} \cdot F_{PDL}(\theta, \varphi) \cdot G_{MLB} \cdot F_G(\theta, \varphi)$$

- P_{TXM} → Potenza max in antenna
- F_{TDC} → Fattore TDD
- $F_{PDL}(\theta, \varphi)$ → Potenza normalizzata mediata su T
- G_{MLB} → Guadagno max del main lobe
- $F_G(\theta, \varphi)$ → Guadagno normalizzato mediato su T

Formulazione generale EIRP

$$EIRP = P_{TXM} \cdot F_{TDC} \cdot F_{PDL}(\theta, \varphi) \cdot G_{MLB} \cdot F_G(\theta, \varphi)$$

$$\boxed{EIRP = P_{eff} \cdot G_{inv}(\theta, \varphi)}$$

Formulazione generale EIRP

$$EIRP = P_{TXM} \cdot F_{TDC} \cdot F_{PDL}(\theta, \varphi) \cdot G_{MLB} \cdot F_G(\theta, \varphi)$$

$$\boxed{EIRP = P_{eff} \cdot G_{inv}(\theta, \varphi)}$$

$$P_{eff} = P_{TXM} \cdot F_{TDC} \cdot F_{PR}$$

POTENZA EFFICACE

$$G_{inv}(\theta, \varphi) = G_{MLB} \cdot \widehat{F}_G(\theta, \varphi)$$

DIAGRAMMA INVILUPPO

EIRP → Campo Elettrico

$$E(\theta,\phi) = \sqrt{\frac{377 \cdot P_{eff} \cdot G_{inv}(\theta,\phi)}{4\pi r^2}} =$$

$$= \sqrt{\frac{377 \cdot P_{TMX} \cdot G_{MLB}}{4\pi r^2}} \cdot \sqrt{F_{TDC} \cdot F_{PR} \cdot A_h \cdot A_v}$$

EIRP → Campo Elettrico

$$E(\theta,\phi) = \sqrt{\frac{377 \cdot P_{eff} \cdot G_{inv}(\theta,\phi)}{4\pi r^2}} =$$

$$= \sqrt{\frac{377 \cdot P_{TMX} \cdot G_{MLB}}{4\pi r^2}} \cdot \sqrt{F_{TDC} \cdot F_{PR} \cdot A_h \cdot A_v}$$

- F_{TDC} → Duty-cycle TDD
- F_{PR} → Riduzione mMIMO e beamforming
- $A_h \cdot A_v$ → Diagramma inviluppo

EIRP → Campo elettrico su 24 ore

$$E_{24h}(\theta, \phi) = \sqrt{\frac{377 \cdot P_{TMX} \cdot G_{MLB}}{4\pi r^2}} \cdot \sqrt{A_h \cdot A_v} \cdot \sqrt{\alpha_{24h}}$$

EIRP → Campo elettrico su 24 ore

$$E_{24h}(\theta,\phi) = \sqrt{\frac{377 \cdot P_{TMX} \cdot G_{MLB}}{4\pi r^2}} \cdot \sqrt{A_h \cdot A_v} \cdot \sqrt{\alpha_{24h}}$$

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

Fattore α_{24h} → riduzione di potenza giornaliera dovuta a:

1. **TDD**
2. **Fattore statistico**
3. **Traffico dati**

La delibera SNPA 59/2019

Documenti di interesse

IEC TR 62669

Commenti del CT 106 a doc. SNPA

Delibera SNPA 59/2019

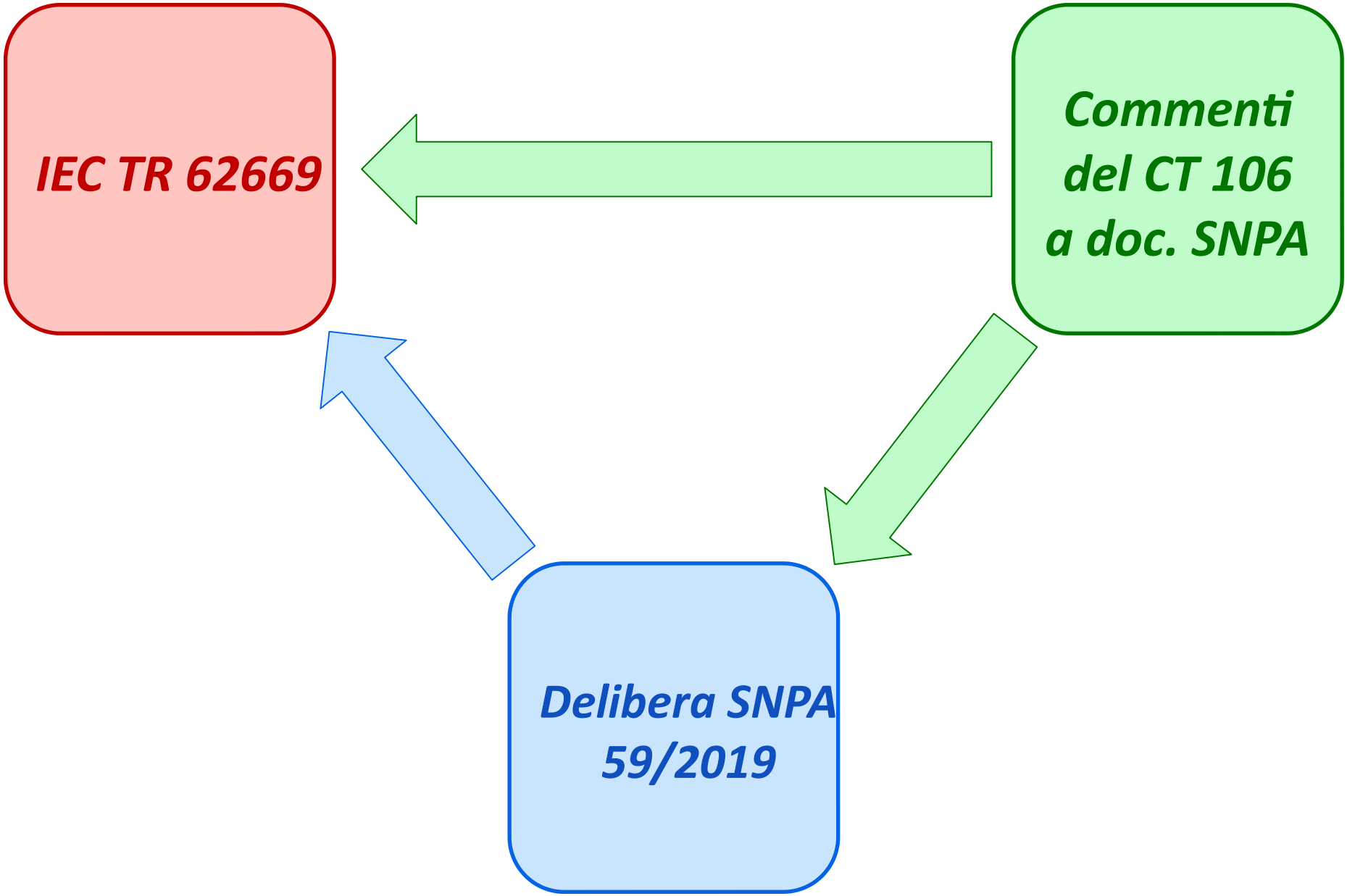
Documenti di interesse

IEC TR 62669

Commenti del CT 106 a doc. SNPA

Delibera SNPA 59/2019

Documenti di interesse



4 CONSIDERAZIONI:

1. DIAGRAMMA INVILUPPO
2. FATTORE F_{TDC}
3. FATTORE F_{PR}
4. FATTORE α_{24}

Premesse Delibera 59/2019

Il presente documento fornisce le informazioni minime che i Gestori degli impianti di telecomunicazione per telefonia mobile devono fornire all'Autorità di Controllo (SNPA), ai fini dell'espressione del parere tecnico di competenza nell'ambito del procedimento amministrativo per il rilascio dell'autorizzazione, relativamente all'impatto elettromagnetico generato da impianti di telefonia mobile con antenne mMIMO, tipicamente utilizzate nell'ambito della tecnologia "5G".

I criteri forniti di seguito sono stati elaborati nell'ambito del Gruppo di Lavoro SNPA TIC VII/08 "Esposizione a campi elettromagnetici", tenendo conto delle indicazioni fornite dal Technical Report IEC TR62669:2019 "*Case studies supporting IEC 62232 - Determination of RF field strength, power density and SAR in the vicinity of radiocommunication base stations for the purpose of evaluating human exposure*". Questo documento IEC, infatti, nelle more dell'aggiornamento della normativa tecnica a livello nazionale in relazione alla tecnologia 5G, rappresenta lo stato dell'arte delle sperimentazioni condotte a livello internazionale per quanto attiene alla valutazione dell'esposizione dovuto a impianti che utilizzano antenne mMIMO.

Si tiene a precisare che il presente documento potrà essere oggetto di revisione alla luce di ulteriori approfondimenti tecnici e normativi che potranno derivare dell'evoluzione delle attuali conoscenze sul tema.

Delibera 59/2019 – Diagramma inviluppo

I gestori devono fornire il diagramma inviluppo considerando - per ogni direzione - il **valore più alto fra i guadagni di tutti i diagrammi sintetizzabili**

b) In relazione alle caratteristiche tecniche trasmissive, il Gestore deve documentare le modalità di costruzione del diagramma di irradiazione fornito. Tale diagramma, nel dettaglio, sarà costituito dall'inviluppo risultante, avendo considerato, per ogni direzione, il valore più alto fra i guadagni di tutti i possibili diagrammi sintetizzabili dall'antenna. Il Gestore dovrà fornire il diagramma così ottenuto. Il Gestore dovrà inoltre fornire, su richiesta delle ARPA, i dati in formato elettronico utilizzati per la costruzione del diagramma di irradiazione; si precisa che la costruzione dell'inviluppo del diagramma di irradiazione, a partire dai possibili diagrammi di irradiazione sintetizzabili dall'antenna attiva mMIMO, deve essere effettuata scegliendo il valore di attenuazione minimo per ogni grado orizzontale e verticale.

Delibera 59/2019 – Diagramma inviluppo

I gestori devono fornire il diagramma inviluppo considerando - per ogni direzione - il **valore più alto fra i guadagni di tutti i diagrammi sintetizzabili**

b) In relazione alle caratteristiche tecniche trasmissive, il Gestore deve documentare le modalità di costruzione del diagramma di irradiazione fornito. Tale diagramma, nel dettaglio, sarà costituito dall'inviluppo risultante, avendo considerato, per ogni direzione, il valore più alto fra i guadagni di tutti i possibili diagrammi sintetizzabili dall'antenna. Il Gestore dovrà fornire il diagramma così ottenuto. Il Gestore dovrà inoltre fornire, su richiesta delle ARPA, i dati in formato elettronico utilizzati per la costruzione del diagramma di irradiazione; si precisa che la costruzione dell'inviluppo del diagramma di irradiazione, a partire dai possibili diagrammi di irradiazione sintetizzabili dall'antenna attiva mMIMO, deve essere effettuata scegliendo il valore di attenuazione minimo per ogni grado orizzontale e verticale.

Commento CT 106: diagramma inviluppo cambia in funzione della configurazione di antenna → **fornire inviluppo della specifica configurazione**

Va precisato che, se l'antenna ha inviluppi dei fasci di traffico differenti in funzione della configurazione d'antenna, deve essere utilizzato l'inviluppo dei fasci di traffico corrispondente alla configurazione utilizzata.

Delibera 59/2019 - Diagramma inviluppo

	Antenna A	Antenna B	Antenna C
$G_{traffico}$ (dBi)	24.1	25.1	20.3
$G_{broadcast}$ (dBi)	17.0	21.5	20.3
Config. broadcast rappresentata	Tutte	«Scenario 7», tutti i tilt	#8, not refined, 90deg
Inviluppo dei fasci di traffico	UNICO per tutte le configurazioni	UNICO per tutte le configurazioni	Ad ogni configurazione corrisponde un diverso inviluppo dei fasci di traffico
Data ricezione diagrammi	12 [illegible] 2019	7 [illegible] 2019	3 [illegible] 2019

Diagramma inviluppo unico per tutte la configurazioni

Diagramma diverso per le diverse configurazioni

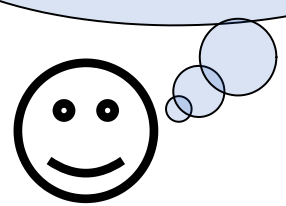
Delibera 59/2019 - Diagramma inviluppo

	Antenna A	Antenna B	Antenna C
$G_{traffico}$ (dBi)	24.1	25.1	20.3
$G_{broadcast}$ (dBi)	17.0	21.5	20.3
Config. broadcast rappresentata	Tutte	«Scenario 7», tutti i tilt	#8, not refined, 90deg
Inviluppo dei fasci di traffico	UNICO per tutte le configurazioni	UNICO per tutte le configurazioni	Ad ogni configurazione corrisponde un diverso inviluppo dei fasci di traffico
Data ricezione diagrammi	12 [illegible] 2019	7 [illegible] 2019	3 [illegible] 2019

Diagramma inviluppo unico per tutte la configurazioni

Diagramma diverso per le diverse configurazioni

Si potrebbe considerare il diagramma specifico per la configurazione implementata, ***vincolando alla presentazione di una nuova istanza*** *un eventuale cambio di configurazione...*



Delibera 59/2019 - Fattore TDD

Secondo la delibera 59/2019 il **fattore F_{PR} pari a 0.31 comprende anche il fattore F_{TDC}**

a) In fase di emissione di un parere preventivo, per quanto attiene al confronto con i limiti mediati sui 6 minuti, nel caso in cui l'antenna fosse utilizzata con i fasci variabili, potrà essere considerato, se richiesto sulla base della dichiarazione sostitutiva di atto notorio contenuta nelle istanze, un fattore di riduzione statistico della potenza massima (F_{PR}) pari a 0,31 (corrispondente al 100° percentile e comprensivo del fattore TDD), riportato alle

Delibera 59/2019 - Fattore TDD

Secondo la delibera 59/2019 il **fattore F_{PR} pari a 0.31 comprende anche il fattore F_{TDC}**

a) In fase di emissione di un parere preventivo, per quanto attiene al confronto con i limiti mediati sui 6 minuti, nel caso in cui l'antenna fosse utilizzata con i fasci variabili, potrà essere considerato, se richiesto sulla base della dichiarazione sostitutiva di atto notorio contenuta nelle istanze, un fattore di riduzione statistico della potenza massima (F_{PR}) pari a 0,31 (corrispondente al 100° percentile e comprensivo del fattore TDD), riportato alle

Commento CT 106: il **fattore 0.31 non tiene conto del fattore F_{TDC}** pertanto i due contributi devono essere entrambi considerati

Il fattore 0.31, inoltre, non tiene conto del fattore TDD. Lo si evince dal testo e dalla formula che precedono la tabella n. 18, nella quale si utilizza sia F_{PR} = 0.26 (95° percentile; al 100° percentile vale 0.31), sia F_{TDC} = 0.75. Lo si evince, inoltre, da quanto prima esposto in 13.3.4.2 e 13.3.4.3: la valutazione statistica è fatta prescindendo dalla tecnologia TDD/FDD e F_{PR} tiene conto solo del "effetto M-MIMO".

TR 62669:2019 - Fattore TDD

In merito al fattore F_{TDC} il TR fornisce indicazioni criptiche, se non contrastanti:

da un lato lascia intendere che sia incluso nel fattore statistico...

> The four counters defined in 13.3.3.3 have been used. The reporting interval for network counters was 15 minutes in most cases though data collection at 5-minutes and 1 second intervals was performed for benchmarking purposes. In all cases, the reporting interval is several orders of magnitude longer than the transmission interval, so TDD uplink (UL) slots are, by definition, averaged out by the counter (thus, no additional TDD correction is added to the counters itself).

...mentre dall'altro **specifica in maniera esplicita come tale fattore vada moltiplicato a parte!**

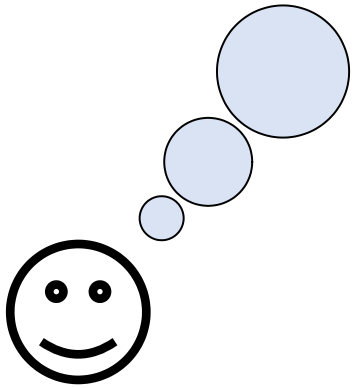
> The power reduction factor is derived from the statistical analysis (CDF) of the time-averaged transmitted power and therefore does not include deterministic factors such as the technology duty cycle factor. The actual maximum transmitted power is derived from the maximum transmitted power (generally corresponding to the rated maximum transmitted power if there is no feeder loss) using Equations PTXMA = $PTXM \times FTDC \times FPR$ (3):

> In Table 18, for example, the actual maximum EIRP using the 95th percentile approach is calculated with Equation (3) as follows:
>
> - actual maximum EIRP = 80 W x 0,75 x 10^2,4 x 0,26

Riflessioni - Fattore TDD

L'interpretazione del TR 62669 fornita dal CT 106 è probabilmente quella corretta, *in quanto il TR presenta esplicitamente delle formule in cui* F_{TDC} *è moltiplicato a parte.*

Probabilmente questo punto andrà sistemato nella prossima versione del documento SNPA.



Riflessioni - Fattore TDD

$$\text{PTXMA} = PTXM \text{ x } FTDC \text{ x } FPR$$

Delibera 59/2019 - Fattore F_{PR} e contatori

La delibera 59/2019 vincola l'utilizzo del fattore F_{PR} **all'effettiva presenza di contatori di potenza**

tabelle n. 18 e n. 19 del par. 13.3.4.3 del documento IEC TR62669:2019. Tale fattore potrà essere preso in considerazione soltanto se il Gestore garantirà l'applicazione dei principi indicati al par. 13.1.2 del medesimo documento IEC TR62669:2019, ed in particolare il Gestore dovrà registrare periodicamente i valori della distribuzione cumulativa della potenza nonché i dati utilizzati per il calcolo (facendo riferimento ai contatori elencati al par. 13.3.3.3), e dovrà assicurare all'organo di controllo l'accesso ai suddetti dati, mediante uno standard concordato nell'ambito di un tavolo di confronto da istituire tra SNPA e Gestori.

Delibera 59/2019 - Fattore F_{PR} e contatori

La delibera 59/2019 vincola l'utilizzo del fattore F_{PR} **all'effettiva presenza di contatori di potenza**

tabelle n. 18 e n. 19 del par. 13.3.4.3 del documento IEC TR62669:2019. Tale fattore potrà essere preso in considerazione soltanto se il Gestore garantirà l'applicazione dei principi indicati al par. 13.1.2 del medesimo documento IEC TR62669:2019, ed in particolare il Gestore dovrà registrare periodicamente i valori della distribuzione cumulativa della potenza nonché i dati utilizzati per il calcolo (facendo riferimento ai contatori elencati al par. 13.3.3.3), e dovrà assicurare all'organo di controllo l'accesso ai suddetti dati, mediante uno standard concordato nell'ambito di un tavolo di confronto da istituire tra SNPA e Gestori.

Commento CT 106: i contatori **non sono ancora disponibili** e il fattore 0.31 dovrebbe essere **considerato in via transitoria**

Al momento i contatori non sono resi disponibili sui prodotti commerciali. Se i contatori ci fossero, il fattore di riduzione sarebbe quello derivante dalla loro applicazione: il fattore 0.31 ha senso in via transitoria, in attesa di avere i contatori. Anche questo andrebbe precisato.

TR 62669:2019 - Fattore F_{PR} e contatori

Da un lato il TR prevede la possibilità di utilizzare fattori correttivi esclusivamente basati su **modelli teorici e/o studi su SRB rappresentative...**

a) the operator defines the actual maximum transmitted power or EIRP threshold for a BS sector using the following options:

...

iii) otherwise, use a percentile (e.g. 95th or other value to be determined by the operator) of the CDF, if the CDF is derived from computation models on BS sites with similar configurations and environments (see 13.2) .

... dall'altro dichiara la necessità di registrare periodicamente - durante la fase di esercizio della SRB - **i valori di EIRP o potenza media**

c) during the BS service:

i) the network operator records periodically the CDF of the time-averaged transmitted power or EIRP;

ii) the BS actual maximum transmitted power or EIRP threshold and the records of the CDF of the time averaged transmitted power or EIRP are made available in the assessment reports;

iii) if the operator intends to increase the configured actual maximum transmitted power or EIRP threshold, the RF compliance boundary is updated using step b), and where required by national regulation, the appropriate authorities are informed.

Riflessioni - Fattore F_{PR} e contatori

Non utilizzare alcun fattore statistico di riduzione della potenza conduce ad una inevitabile sovrastima dell'impatto della SRB a causa dell'utilizzo di un diagramma inviluppo non fisico
Nonostante l'interpretabilità di alcuni passi del TR,
potrebbe essere valutata la possibilità di definire un regime transitorio per l'utilizzo dei fattori statistici

Delibera 59/2019 - Fattore α_{24} e contatori

La delibera 59/2019 vincola l'utilizzo del **fattore α_{24} all'effettiva presenza di contatori di potenza e in alternativa al fattore F_{PR}**

Per quanto attiene al confronto con le soglie mediate sulle 24 ore si potrà utilizzare il fattore di riduzione α24, che dovrà essere calcolato ponendo al denominatore la potenza massima in antenna (P_{max}) e, per quanto riguarda i dati di potenza orari utilizzati per il calcolo, il Gestore dovrà fornire adeguata giustificazione in merito al loro valore. Nel caso non siano disponibili i suddetti dati, il Gestore potrà utilizzare un fattore α24 pari ad 1 e applicare il fattore di riduzione statistico di cui ai punti a, b. Si sottolinea che nel momento in cui saranno disponibili i dati delle potenze medie sulle 24 ore e i fattori α24 reali risultassero superiori al fattore di attenuazione statistico, il parere perderà valore e sarà necessario riproporre una nuova istanza. Si precisa che nel caso di utilizzo del fattore α24 non è possibile includere anche il fattore di riduzione statistico.

Delibera 59/2019 - Fattore α_{24} e contatori

La delibera 59/2019 vincola l'utilizzo del **fattore α_{24} all'effettiva presenza di contatori di potenza e in alternativa al fattore F_{PR}**

Per quanto attiene al confronto con le soglie mediate sulle 24 ore si potrà utilizzare il fattore di riduzione α24, che dovrà essere calcolato ponendo al denominatore la potenza massima in antenna (P_{max}) e, per quanto riguarda i dati di potenza orari utilizzati per il calcolo, il Gestore dovrà fornire adeguata giustificazione in merito al loro valore. Nel caso non siano disponibili i suddetti dati, il Gestore potrà utilizzare un fattore α24 pari ad 1 e applicare il fattore di riduzione statistico di cui ai punti a, b. Si sottolinea che nel momento in cui saranno disponibili i dati delle potenze medie sulle 24 ore e i fattori α24 reali risultassero superiori al fattore di attenuazione statistico, il parere perderà valore e sarà necessario riproporre una nuova istanza. Si precisa che nel caso di utilizzo del fattore α24 non è possibile includere anche il fattore di riduzione statistico.

Commento CT 106: anche α_{24} dovrebbe essere **considerato in via transitoria**

Fase 1: no contatori

1) α24 si calcola come 50° percentile della distribuzione del TR IEC presa a riferimento per F_{PR}
2) oppure: α24 può essere stimato a partire dal fattore α24 di un sistema LTE co-locato operante alla frequenza più vicina a quella del sistema 5G
3) oppure: α24 = F_{PR} – Questa opzione è penalizzante perché si equipara il valore medio nell'arco delle 24 ore al 95° percentile

Riflessioni - Fattore α_{24} e contatori

La posizione SNPA in materia di α_{24} discende direttamente da quanto previsto dal DM 02/12/2014 che recepisce le linee guida ISPRA/ARPA/APPA relative alla presentazione/utilizzo del parametro α_{24}.

<u>Ogni altra interpretazione sarebbe probabilmente impropria.</u>

ALTRI 2 SPUNTI RAPIDI…

1. Limite di esposizione e sorgenti multiple

- Una eventualità che potrebbe verificarsi nel caso di valutazione previsionale da sorgenti multiple risiede nella **dipendenza del limite di esposizione in funzione della frequenza**

- Sebbene non derivi specificatamente dalla presenza di impianti mMIMO quanto piuttosto dalle frequenze utilizzate da gran parte dei sistemi 5G, **tale condizione sarà sempre più comune nelle valutazioni previsionali**

- Enrico presenterà una **valutazione quantitativa dell'impatto del limite di esposizione variabile sulla simulazione congiunta**

- **Opportunità di un rimando nel testo della delibera???**

1. Limite di esposizione e sorgenti multiple

- Una eventualità che potrebbe verificarsi nel caso di valutazione previsionale da sorgenti multiple risiede nella **dipendenza del limite di esposizione in funzione della frequenza**

- Sebbene non derivi specificatamente dalla presenza di impianti mMIMO quanto piuttosto dalle frequenze utilizzate da gran parte dei sistemi 5G, **tale condizione sarà sempre più comune nelle valutazioni previsionali**

- Enrico presenterà una **valutazione quantitativa dell'impatto del limite di esposizione variabile sulla simulazione congiunta**

- **Opportunità di un rimando nel testo della delibera???**

L'emissione è al di sotto del limite più conservativo (20 V/m)?

SI → **Limite rispettato**

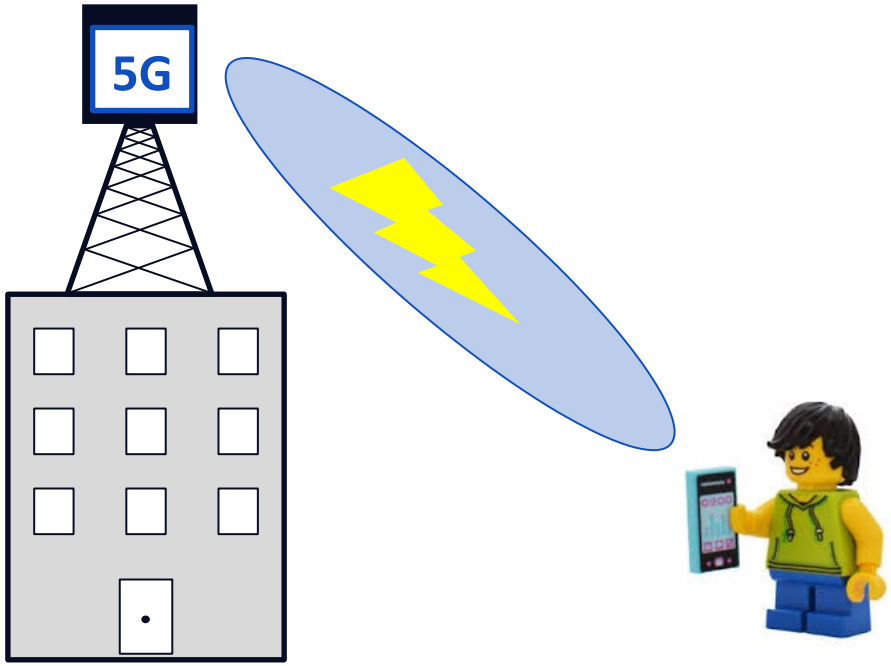
NO →

$$I = \sum_i \left(\frac{E_i}{L_i}\right)^2 \leq 1$$

2. Utilizzo di F_{PR} e rispetto del limite di esposizione

- E' corretto utilizzare un fattore statistico di riduzione del campo elettrico quando si vuole valutare il **rispetto di un limite che non deve essere superato in alcuna possibile condizione di esposizione?**

- Per quanto estremamente improbabile, **una configurazione con un unico utente (immobile) connesso alla rete, che occupa l'intera banda è teoricamente possibile**



IN QUESTA SITUAZIONE $F_{PR} \approx 1$

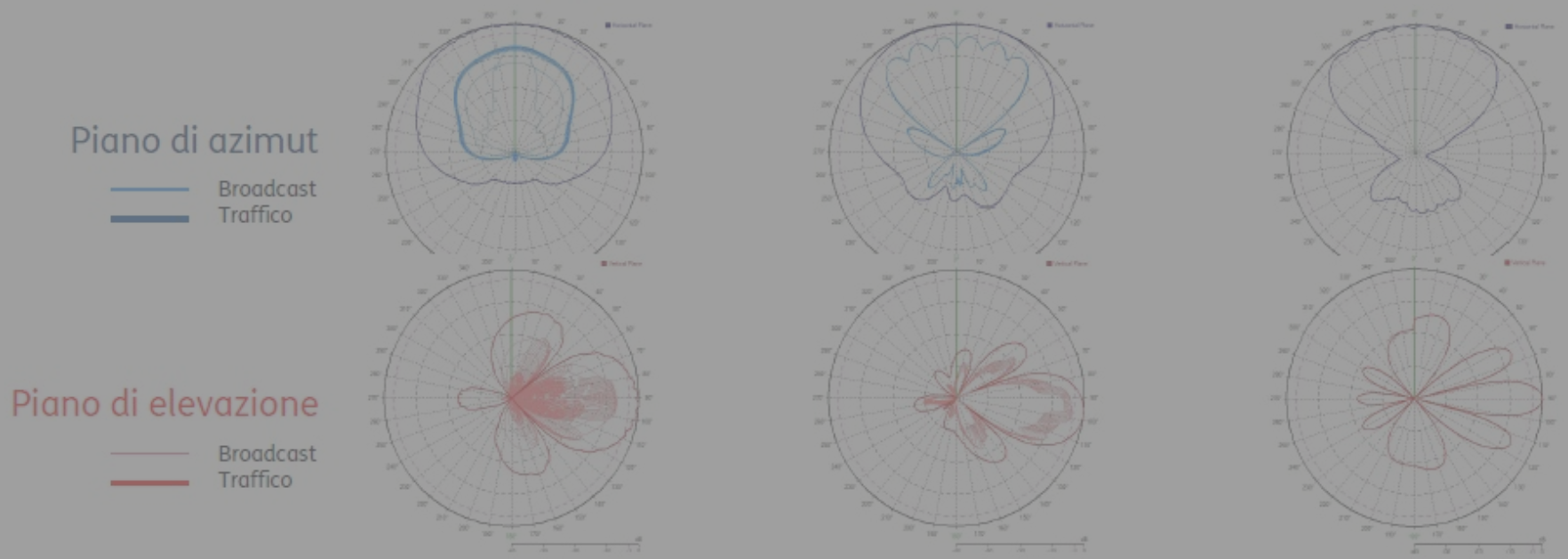
O QUANTOMENO $F_{PR} >> 0.31$

Grazie per l’attenzione

Addendum - Potenza dei beam di traffico e di controllo

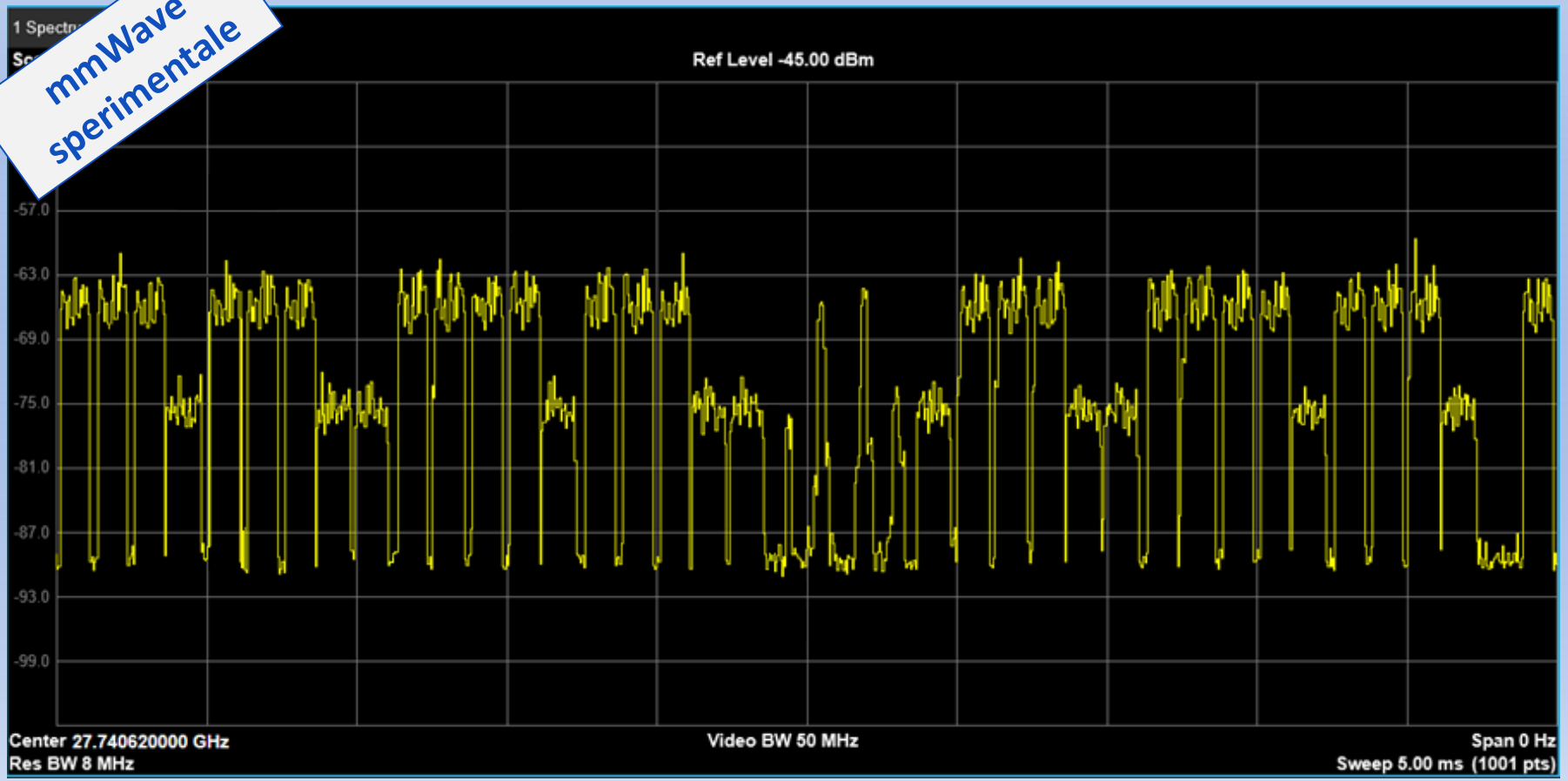
- Poiché le antenne 5G sintetizzano **fasci di forma variabile nel tempo**, è necessario definire il **diagramma inviluppo** di ciascuna antenna
- Diagramma inviluppo ottenuto selezionando **per ogni direzione il valore più alto fra i guadagni di tutti i fasci di traffico sintetizzabili**
- I fasci dedicati al traffico sono **più estesi di quelli dedicati al controllo** (*)
- Il diagramma inviluppo **non è fisico** → potenza non conservata

Diagrammi di radiazione inviluppo di antenne commerciali



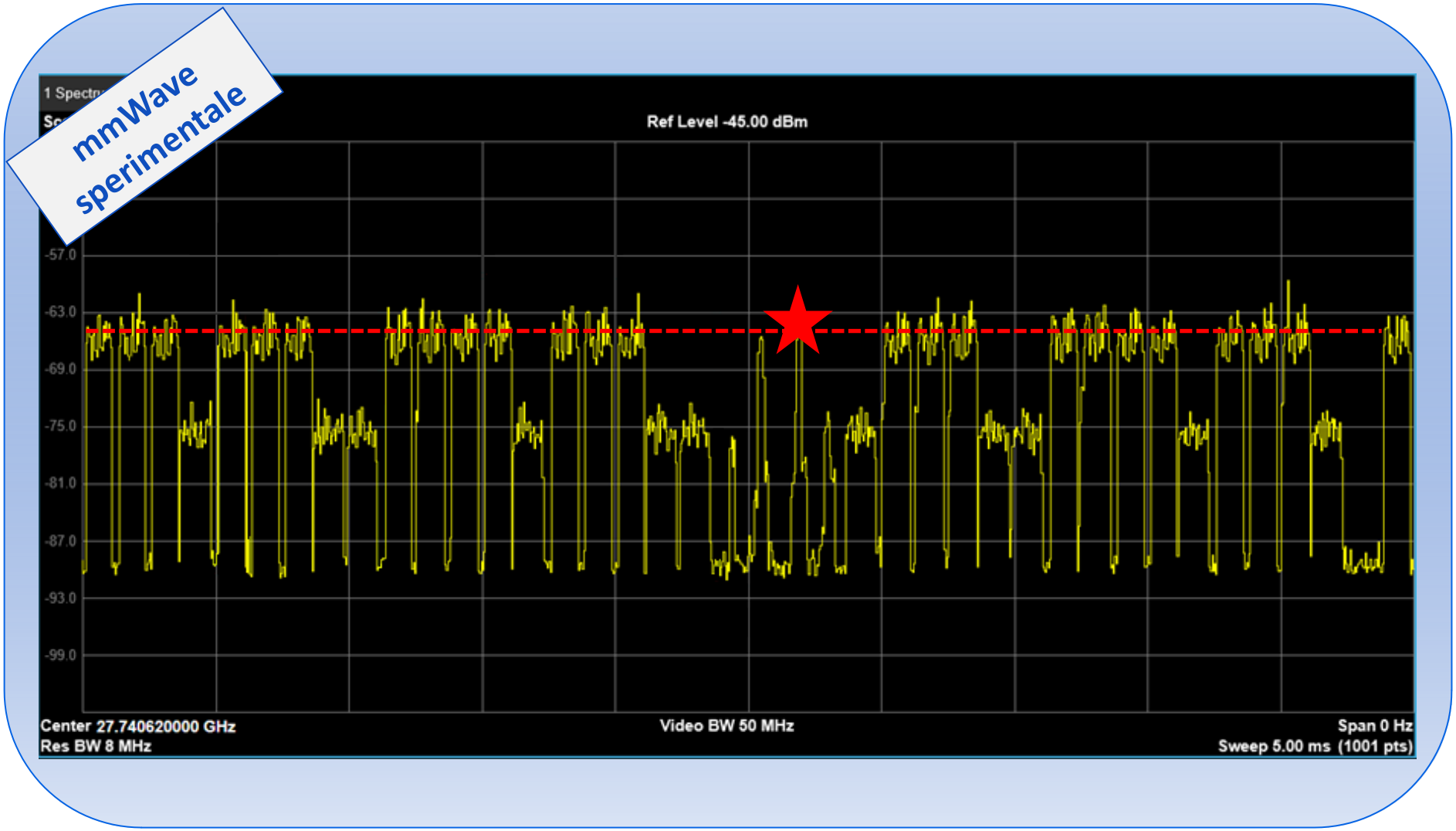
Addendum - Potenza dei beam di traffico e di controllo

Prime misure su segnali 5G sembrano evidenziare che la **potenza associata ai beam di traffico e di controllo sia la stessa**



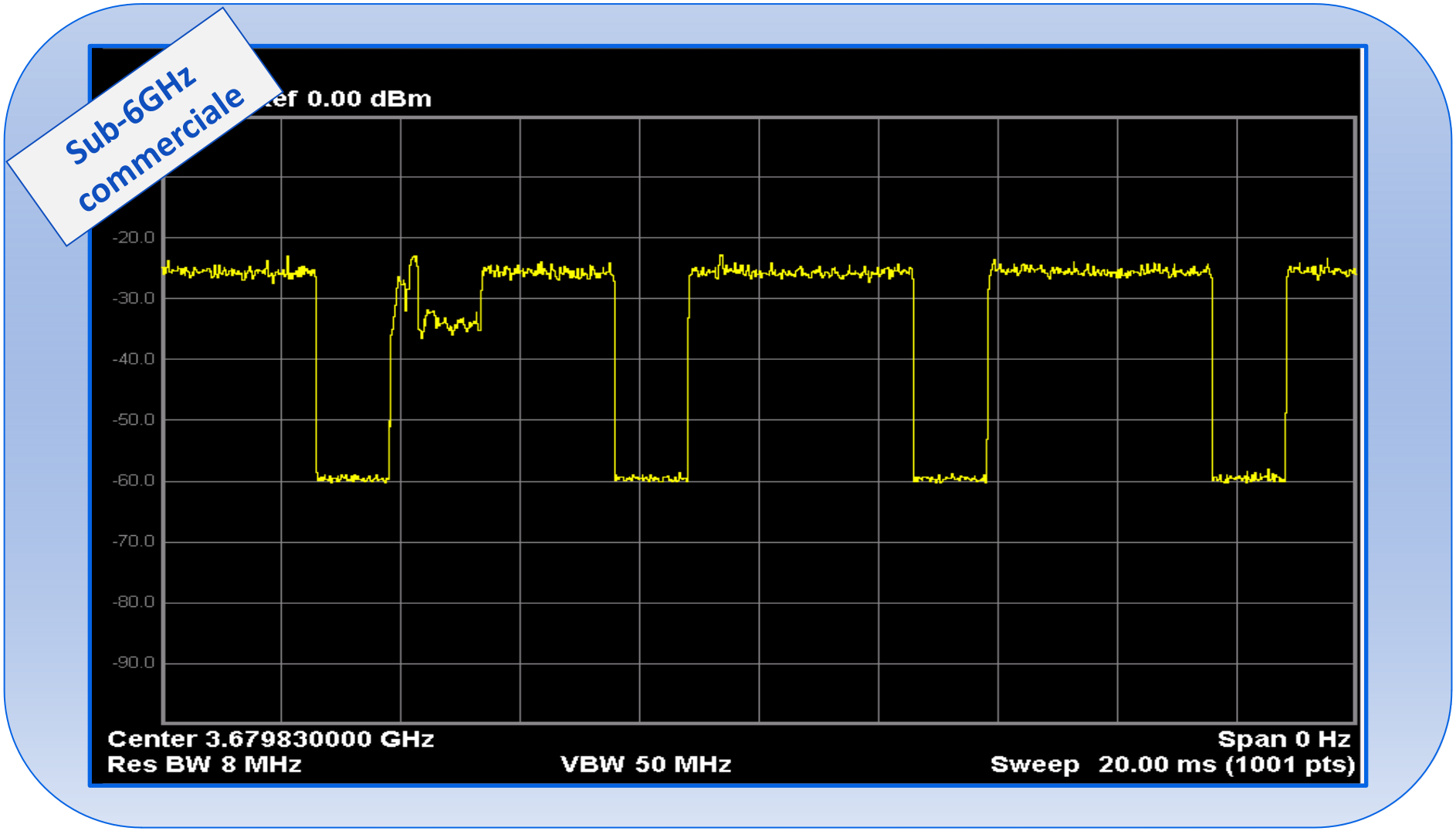
Addendum - Potenza dei beam di traffico e di controllo

Prime misure su segnali 5G sembrano evidenziare che la **potenza associata ai beam di traffico e di controllo sia la stessa**



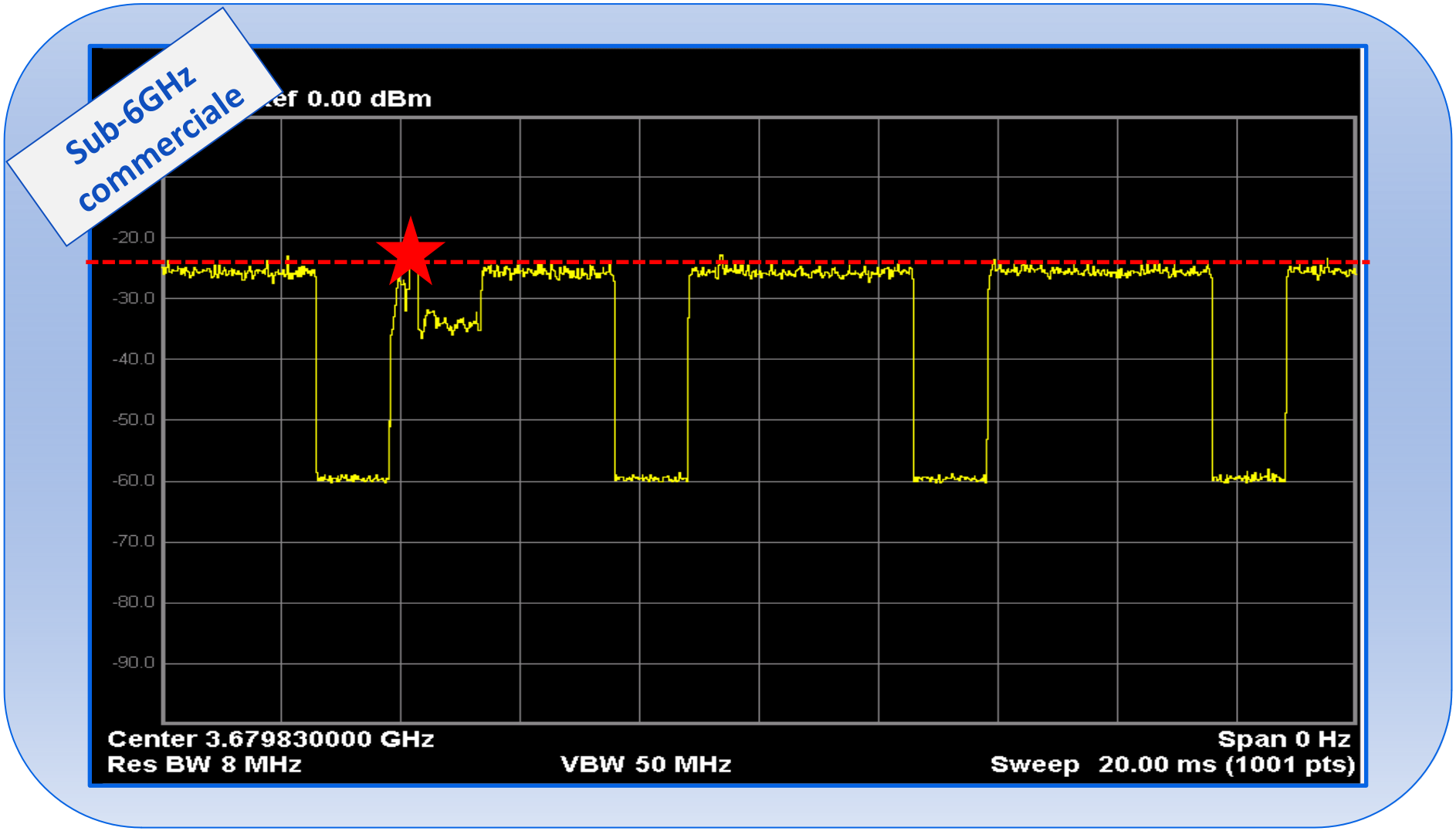
Addendum - Potenza dei beam di traffico e di controllo

Prime misure su segnali 5G sembrano evidenziare che la **potenza associata ai beam di traffico e di controllo sia la stessa**



Addendum - Potenza dei beam di traffico e di controllo

Prime misure su segnali 5G sembrano evidenziare che la **potenza associata ai beam di traffico e di controllo sia la stessa**



Contatti

Dott. Daniele Franci, PhD

ARPA Lazio

Sezione Provinciale di Roma

Unità Controlli 2

Tel: 06/72961502

Mail: daniele.franci@arpalazio.gov.it