

Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente

## 21° Salone della salute e sicurezza nei luoghi di lavoro

Bologna 1-2-3 dicembre 2021



ARPALAZIO  
AGENZIA REGIONALE PROTEZIONE AMBIENTALE DEL LAZIO

***Misure ambientali su segnali 5G:  
problemi aperti, nuove metodiche di misura  
e strumentazione a supporto***

---

**Dott. Daniele Franci - Ing. Settimio Pavoncello**

**ARPA Lazio – Sezione Provinciale di Roma**

**Via Giuseppe Saredo 52 – 00173 Roma**

**[daniele.franci@arpalazio.it](mailto:daniele.franci@arpalazio.it) – 06/72961502**

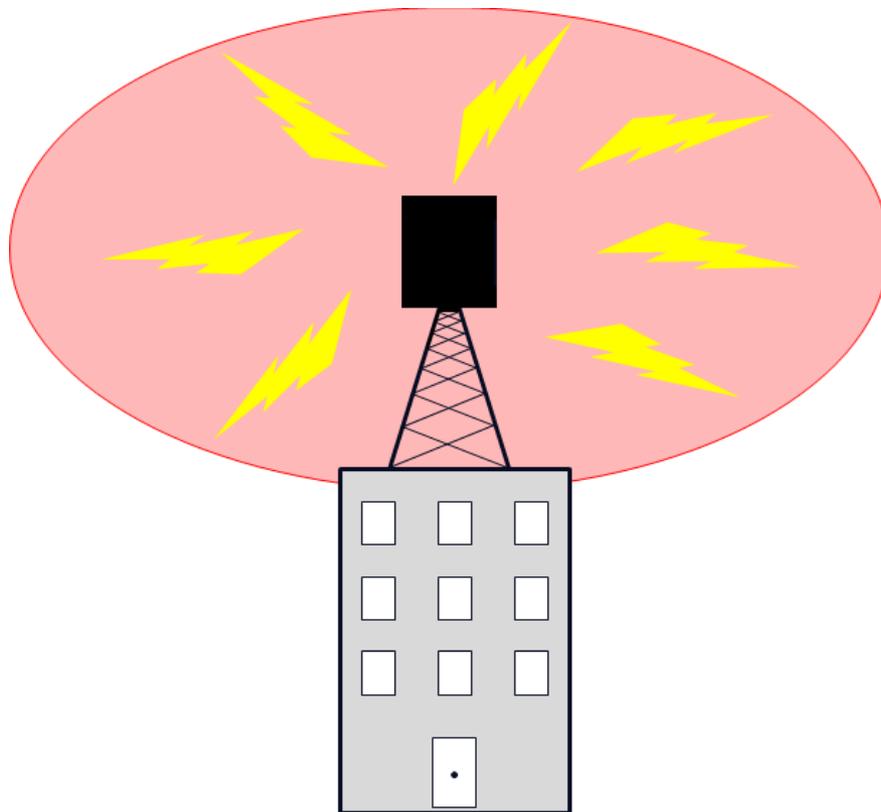
**[settimio.pavoncello@arpalazio.it](mailto:settimio.pavoncello@arpalazio.it) – 06/72961510**

# Verifica del rispetto del valore di attenzione

- Uno dei compiti principali delle ARPA è quello di verificare il rispetto dei limiti CEM imposti dalla normativa
- In tutti i luoghi con permanenza > 4 ore/die, deve essere rispettato il valore di attenzione pari a 6 V/m
- Il confronto con i 6 V/m avviene attraverso misure mediate su 24 ore

# Verifica del rispetto del valore di attenzione

- Uno dei compiti principali delle ARPA è quello di verificare il rispetto dei limiti CEM imposti dalla normativa
- In tutti i luoghi con permanenza > 4 ore/die, deve essere rispettato il valore di attenzione pari a 6 V/m
- Il confronto con i 6 V/m avviene attraverso misure mediate su 24 ore



# Verifica del rispetto del valore di attenzione

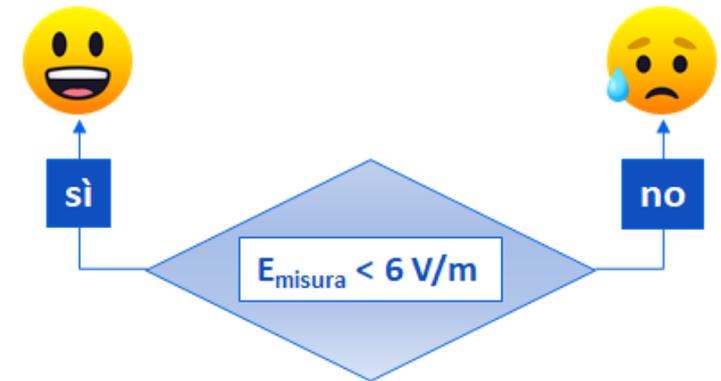
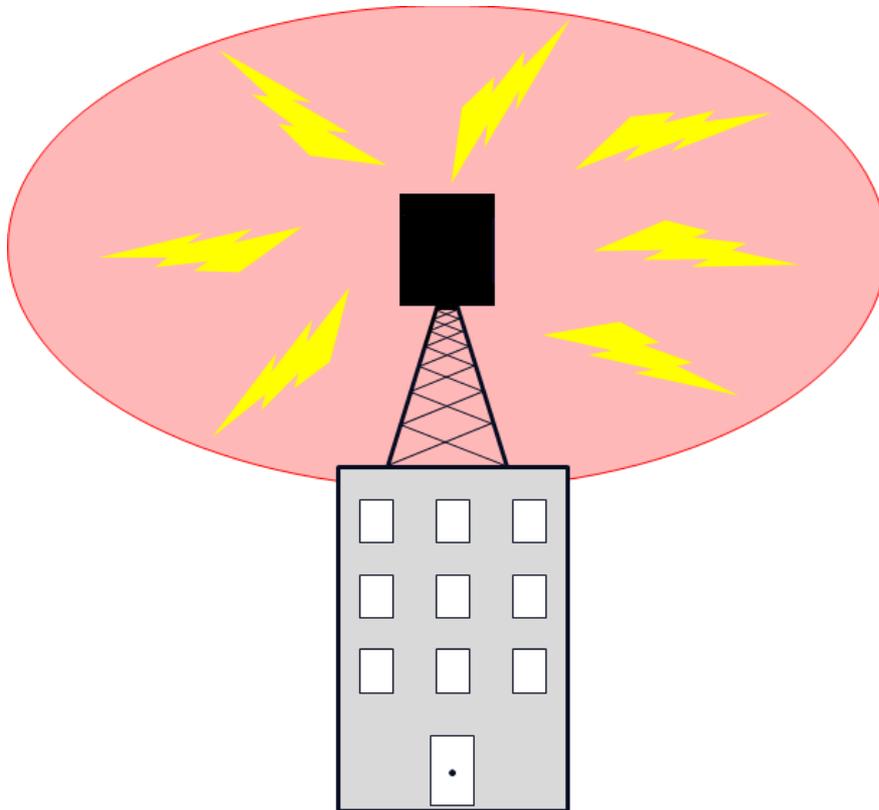
- Uno dei compiti principali delle ARPA è quello di verificare il rispetto dei limiti CEM imposti dalla normativa
- In tutti i luoghi con permanenza > 4 ore/die, deve essere rispettato il valore di attenzione pari a 6 V/m
- Il confronto con i 6 V/m avviene attraverso misure mediate su 24 ore



... 24 ore dopo ...

# Verifica del rispetto del valore di attenzione

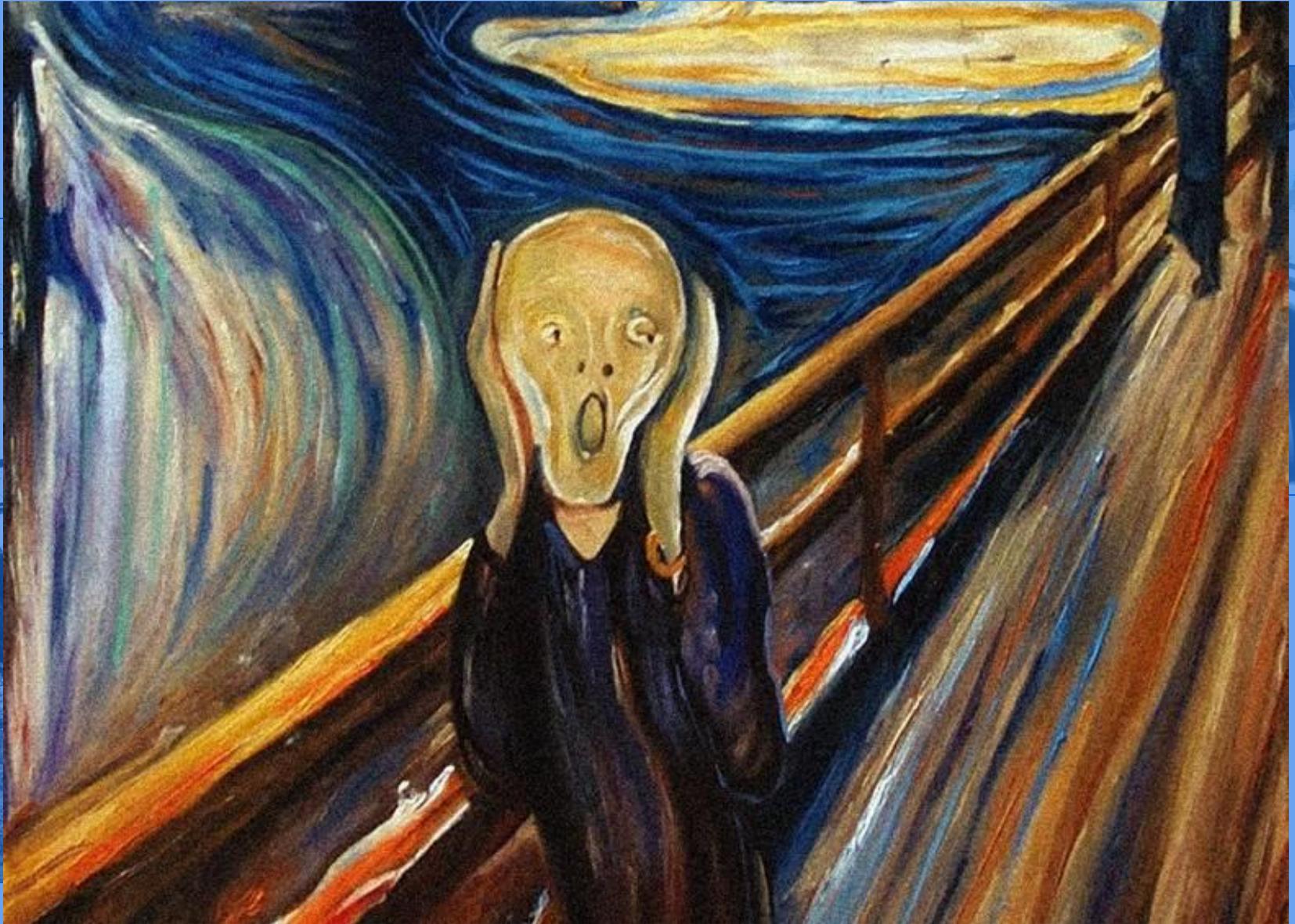
- Uno dei compiti principali delle ARPA è quello di verificare il rispetto dei limiti CEM imposti dalla normativa
- In tutti i luoghi con permanenza > 4 ore/die, deve essere rispettato il valore di attenzione pari a 6 V/m
- Il confronto con i 6 V/m avviene attraverso misure mediate su 24 ore



# Misure mediate su 24 ore...



# Misure mediate su 24 ore...





# Norma tecnica di riferimento

NORMA ITALIANA CEI

Guida

CEI 211-7/E

Data Pubblicazione

2013-09

Titolo

Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 10 kHz - 300 GHz, con riferimento all'esposizione umana

Appendice E: Misura del campo elettromagnetico da stazioni radio base per sistemi di comunicazione mobile (2G, 3G, 4G)

Titolo

Guide for the measurement and the evaluation of electromagnetic fields in the frequency range 10 kHz - 300 GHz, with reference to the human exposure

Annex E: Measurement of the electromagnetic fields from Base Radio Station for mobile telecommunication systems (2G, 3G, 4G)

Sommario

La presente Appendice descrive le metodologie di misura dei campi elettromagnetici generati da stazioni radio base per le comunicazioni mobili, con particolare riferimento ai sistemi di seconda generazione (2G), ovvero GSM e DCS, di terza generazione (3G), ovvero UMTS e HSPA, e infine di quarta generazione (4G), ovvero LTE.

Per quanto riguarda i sistemi 2G e 3G, il contenuto della presente appendice è coerente con quanto già riportato nella Guida CEI 211-10, rispettivamente all'Articolo 7 (sistemi 2G) e nell'Appendice H (sistemi 3G). Per quanto attiene invece alle reti mobili di quarta generazione (4G ovvero LTE), la presente nuova Appendice definisce per la prima volta le metodologie di misura per tale tecnologia delle reti mobili.

In questa appendice le metodologie di misura relative ai sistemi mobili sono uniformemente aggiornate alle più recenti disposizioni normative, che hanno ridefinito le modalità di misurazione o stima dei campi elettromagnetici a radio frequenza in vigore nel nostro paese mediando i valori su un intervallo di 24 ore.

APPENDICE



© CEI COMITATO ELETTROTECNICO ITALIANO - Milano 2013. Riproduzione vietata

Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte del presente Documento può essere riprodotta, messa in rete o diffusa con un mezzo qualsiasi senza il consenso scritto del CEI. Concessione per questo singolo. Le Norme CEI sono revisionate, quando necessario, con la pubblicazione sia di nuove edizioni sia di varianti. È importante pertanto che gli utenti delle stesse si accertino di essere in possesso dell'ultima edizione o variante.

## Norma CEI 211-7/E

### Guida tecnica per la misura del campo em prodotto da stazioni radio base 2G, 3G e 4G

La norma presenta due modalità alternative di verifica del valore di attenzione di 6 V/m:

1. Misura del campo elettrico mediato sulle 24 ore giornaliere
2. Estrapolazione del valore di campo elettrico medio a partire da misure puntuali, secondo i criteri dettati dalla Norma CEI 211-7 E

# Norma tecnica di riferimento

NORMA ITALIANA CEI

Guida

CEI 211-7/E

Data Pubblicazione

2013-09

Titolo

Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 10 kHz - 300 GHz, con riferimento all'esposizione umana

Appendice E: Misura del campo elettromagnetico da stazioni radio base per sistemi di comunicazione mobile (2G, 3G, 4G)

Titolo

Guide for the measurement and the evaluation of electromagnetic fields in the frequency range 10 kHz - 300 GHz, with reference to the human exposure

Annex E: Measurement of the electromagnetic fields from Base Radio Station for mobile telecommunication systems (2G, 3G, 4G)

Sommario

La presente Appendice descrive le metodologie di misura dei campi elettromagnetici generati da stazioni radio base per le comunicazioni mobili, con particolare riferimento ai sistemi di seconda generazione (2G), ovvero GSM e DCS, di terza generazione (3G), ovvero UMTS e HSPA, e infine di quarta generazione (4G), ovvero LTE.

Per quanto riguarda i sistemi 2G e 3G, il contenuto della presente appendice è coerente con quanto già riportato nella Guida CEI 211-10, rispettivamente all'Articolo 7 (sistemi 2G) e nell'Appendice H (sistemi 3G). Per quanto attiene invece alle reti mobili di quarta generazione (4G ovvero LTE), la presente nuova Appendice definisce per la prima volta le metodologie di misura per tale tecnologia delle reti mobili.

In questa appendice le metodologie di misura relative ai sistemi mobili sono uniformemente aggiornate alle più recenti disposizioni normative, che hanno ridefinito le modalità di misurazione o stima dei campi elettromagnetici a radio frequenza in vigore nel nostro paese mediando i valori su un intervallo di 24 ore.

APPENDICE



© CEI COMITATO ELETTROTECNICO ITALIANO - Milano 2013. Riproduzione vietata  
Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte del presente Documento può essere riprodotta, messa in rete o diffusa con un mezzo qualsiasi senza il consenso scritto del CEI. Concessione per questo singolo. Le Norme CEI sono revisionate, quando necessario, con la pubblicazione sia di nuove edizioni sia di varianti. È importante pertanto che gli utenti delle stesse si accertino di essere in possesso dell'ultima edizione o variante.

## Norma CEI 211-7/E

### Guida tecnica per la misura del campo em prodotto da stazioni radio base 2G, 3G e 4G

La norma presenta due modalità alternative di verifica  
del valore di attenzione di 6 V/m:

1. Misura del campo elettrico mediato sulle 24 ore  
giornaliere

2. Estrapolazione del valore di campo elettrico medio  
a partire da misure puntuali, secondo i criteri  
dettati dalla Norma CEI 211-7 E



Metodo d'elezione per vantaggi logistici

# Procedura di estrapolazione

$$E_{ref}$$

- **Campo elettrico del canale di riferimento specifico della tecnologia in esame**
- **Trasmesso a potenza costante**
- **Valore misurato istantaneamente**

# Procedura di estrapolazione

$$E_{ref}$$



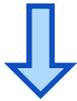
$$E_{max} = f(E_{ref}; p)$$

- Campo elettrico del **canale di riferimento specifico della tecnologia in esame**
- **Trasmesso a potenza costante**
- **Valore misurato istantaneamente**

- **Campo elettrico estrapolato in condizioni di massimo carico**
- **Forma funzionale specifica della tecnologia in esame (CEI 211-7/E)**
- **Parametri caratteristici dell'impianto**

# Procedura di estrapolazione

$E_{ref}$



$$E_{max} = f(E_{ref}; p)$$



$$E_{24h} = E_{max} \times \sqrt{\alpha_{24DAY}}$$

- Campo elettrico del canale di riferimento specifico della tecnologia in esame
- Trasmesso a potenza costante
- Valore misurato istantaneamente

- Campo elettrico estrapolato in condizioni di massimo carico
- Forma funzionale specifica della tecnologia in esame (CEI 211-7/E)
- Parametri caratteristici dell'impianto

- Campo elettrico rappresentativo della media sulle 24 ore
- $\alpha_{24DAY}$  compreso tra 0 e 1
- Parametro relativo al giorno in cui si effettua la misura

# CEI 211-7/E - Formule di estrapolazione

$$E_{2G} = E_{BCCH} \cdot \sqrt{N} \cdot \sqrt{\alpha_{24DAY}}$$

2G

Broadcast Control CHannel

$$E_{3G} = E_{CPICH} \cdot \sqrt{\frac{\alpha_{24DAY}}{\rho_{CA}}}$$

3G

Common Pilot CHannel

$$E_{4G} = E_{RS\_TOT} \times \sqrt{\frac{n_{RS}}{BF}} \times \sqrt{\alpha_{24DAY}}$$

4G

Reference Signal

# CEI 211-7/E - Formule di estrapolazione

$$E_{2G} = E_{BCCH} \cdot \sqrt{N} \cdot \sqrt{\alpha_{24DAY}}$$

$$E_{3G} = E_{CPICH} \cdot \sqrt{\frac{\alpha_{24DAY}}{\rho_{CA}}}$$

$$E_{4G} = E_{RS\_TOT} \times \sqrt{\frac{n_{RS}}{BF}} \times \sqrt{\alpha_{24DAY}}$$



Canale di riferimento



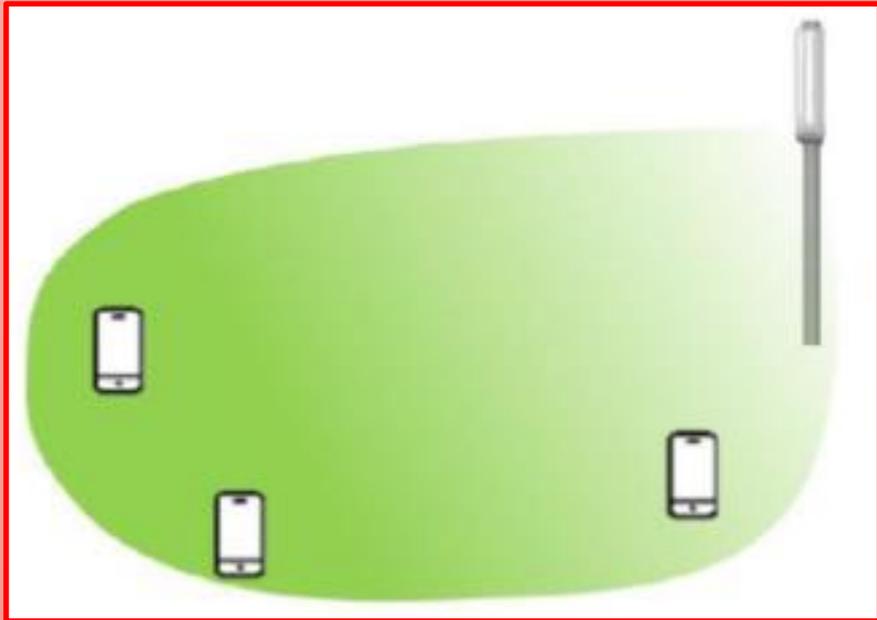
Parametri di rete

# Caratteristiche del segnale 5G

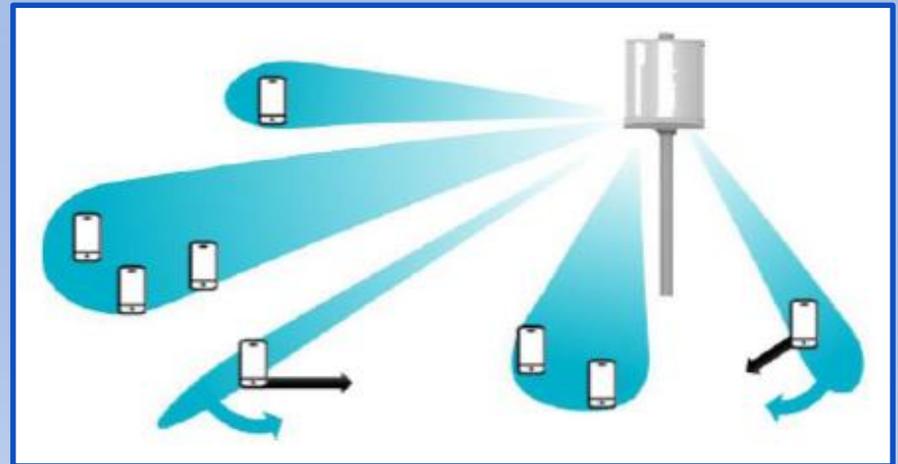
# Le antenne attive 5G

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

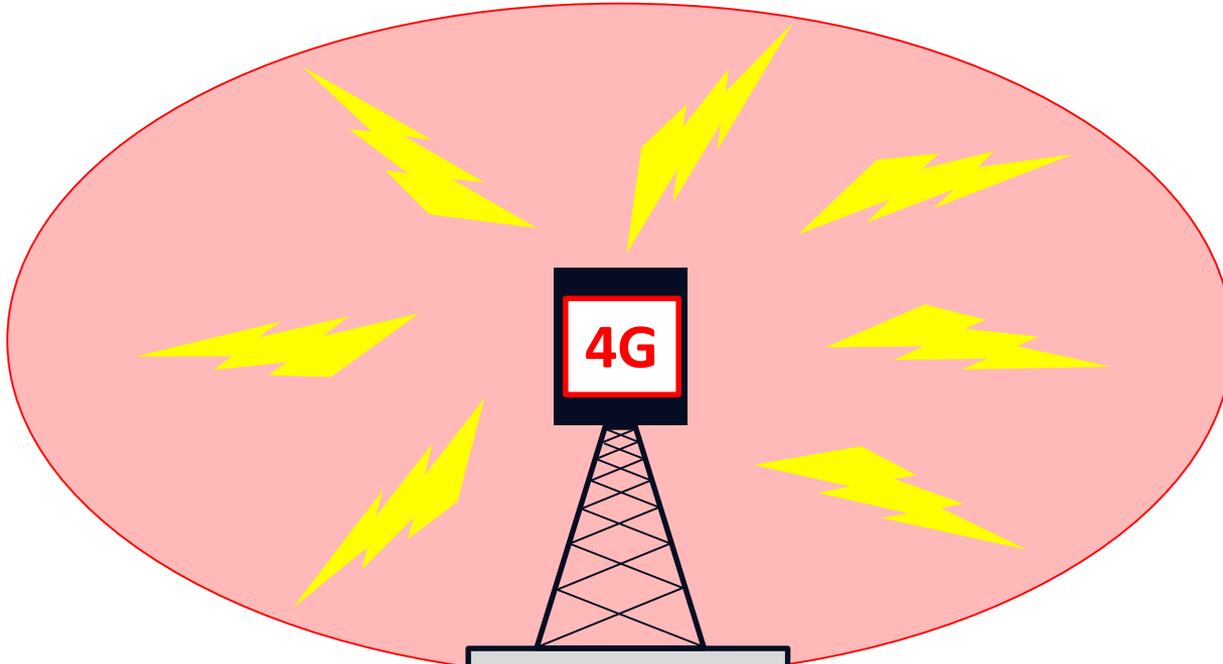
4G



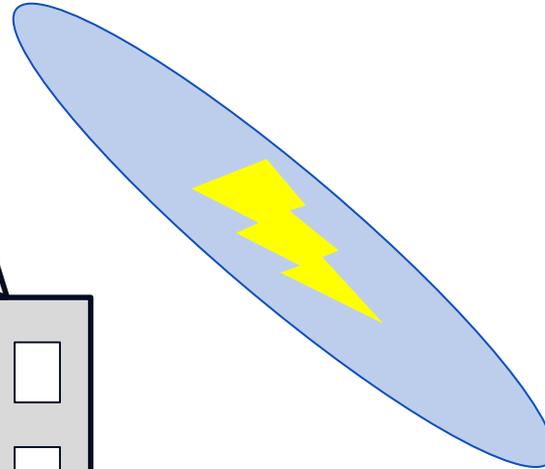
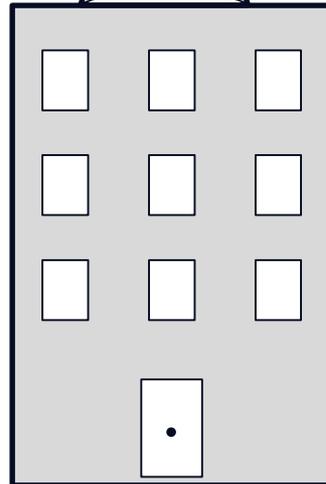
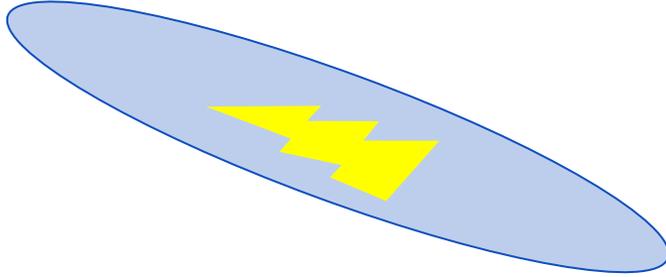
5G



# Diagramma di irraggiamento 4G



# Diagramma di irraggiamento 5G



**Strumentazione**

**CEM**

# Stima del massimo livello irradiabile da un segnale 5G

L'utilizzo di **antenne attive mMIMO** complica notevolmente l'approccio alla misura rispetto alle tecnologie precedenti!!!



**Keysight  
MXA**

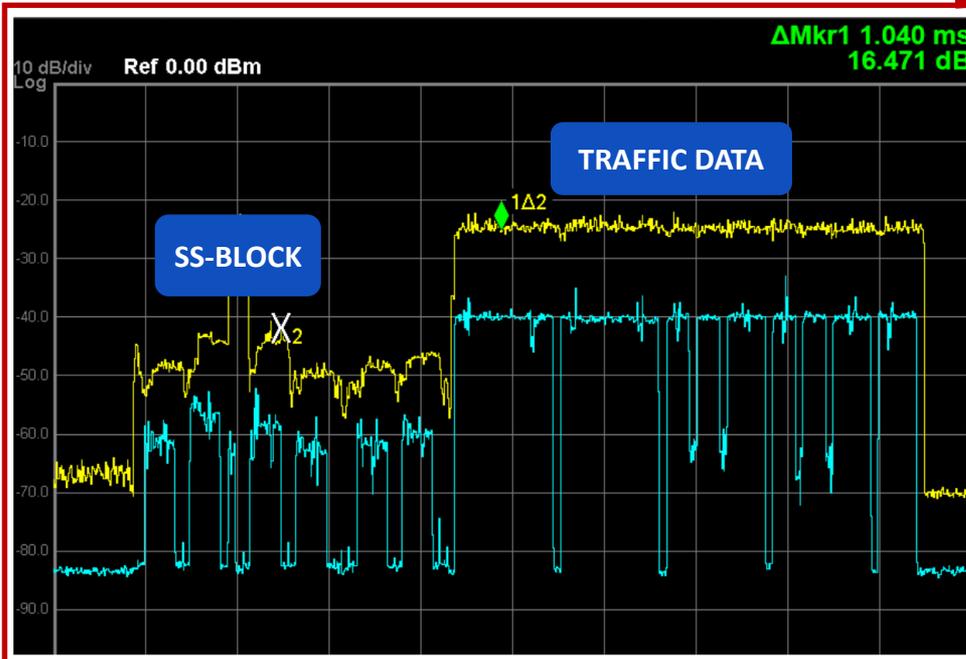
**R&S  
FSW26**

**Narda  
SRM3600**

# Proposta di formula di estrapolazione

Una formula di estrapolazione a massima potenza è stata pensata, validata e proposta al CEI diventando proposta italiana in seno all'IEC nell'ambito della revisione dello standard internazionale 62232.

$$E_{5G}^{\max} = \sqrt{N_{sc} \cdot F_{TDC} \cdot F_{beam}} \times E_{RE, \max}^{PBCH-DMRS}$$



Name	EVM (%rms)	Power per RE (dBm)	Modulation	Num. of RBs	RNTI	BWP ID
PSS	87.462	-72.58	BPSK	33	***	***
SSS	93.378	-72.91	BPSK	33	***	***
PBCH	334.541	-72.62	QPSK	60	***	***
PBCH_DMRS	129.488	-72.56	QPSK	60	***	***

(a)



# Ampliamento della dotazione strumentale

Il [MATTM](#) nel 2016 ha finanziato il progetto RIN-DEC finalizzato alla “*minimizzazione dell'intensità e degli effetti dei campi elettromagnetici*” consentendo all' [ARPA Lazio](#) l'acquisto di nuova strumentazione di misura.



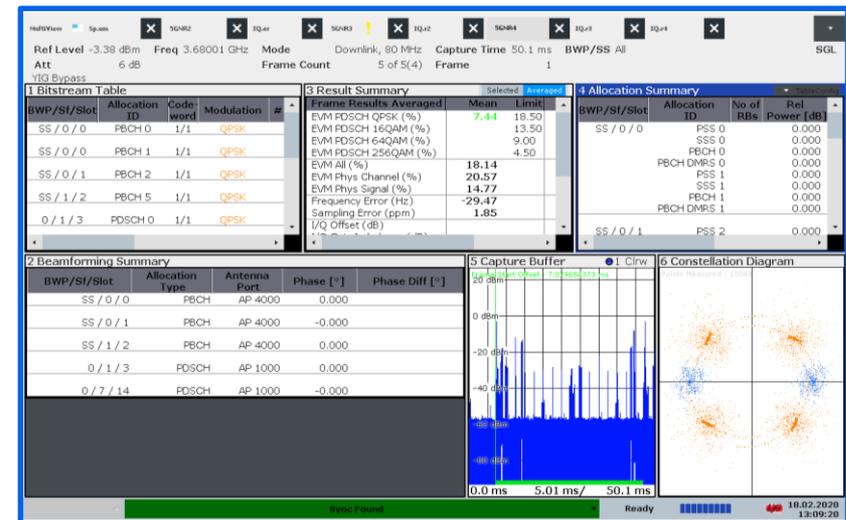
# Analizzatore di spettro vettoriale **mmW Ready**

## Vector Spectrum Analyzer



### Specifiche di maggior interesse:

- Range di frequenza da 2 Hz a 30 GHz (**mmW Ready!!**)
- Banda di demodulazione I/Q 400 MHz
- DANL a 1 GHz: -153 dBm (typ.)
- Incertezza di misura a 2 GHz: 0.29 dB



Analisi dei segnali 5G con ricognoscimento automatico dei parametri di acquisizione  
(numerologia, SSB center frequency, SSB case structure)

# Scanner vettoriale di rete

## Forcing di rete controllato



## Decodifica del MIB e SIB

```
TE Scanner BCH View:1 R&S LTE Scanner[1]
PDU Variant List
TimeStamp
Provider Information not decoded yet [
T-Mobile D (MCC: 262, MNC: 1) [4/4]
Telefonica Germany (MCC: 262, MNC: 3) [2/2]
Vodafone D2 (MCC: 262, MNC: 2) [2/2]
Vodafone D2 @ 2630.000 MHz [1/1]
eNodeB - ID:81956/5 PCI:69 (2/2)
Vodafone D2 @ 806.000 MHz [1/1]
eNodeB - ID:82601/2 PCI:42 (1/1)
Master Information Block
System Information Block 1
System Information Block 2
System Information Block 3
Details
eNodeB - ID:82601/2 PCI:42 (1/1)
Position
State: not available
Database: Base Station not in Database
Provider: Vodafone D2 (MCC: 262, MNC: 2)
GC: 262 2 48021 82601/2
Tx Antenna: 2
EARFCN@Band: 6300@20
dl_Bandwidth[MHz] (10) 10
LTE-M no
eMBMS: not supported
5G NR no
```

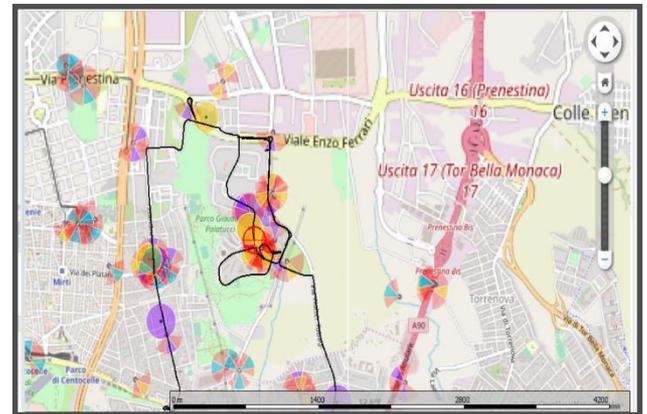
## Vector Scanner



## Automatic Channel Detection



## Position Estimation



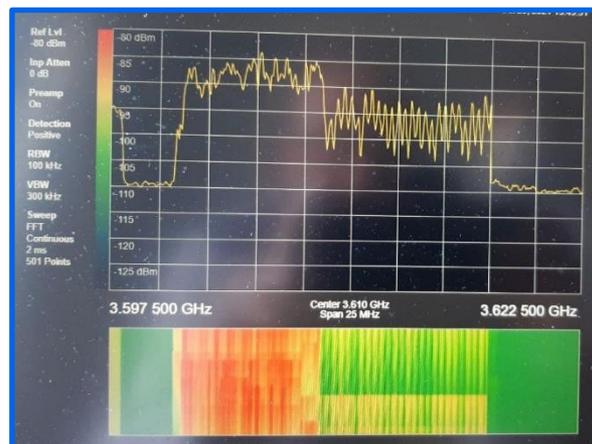
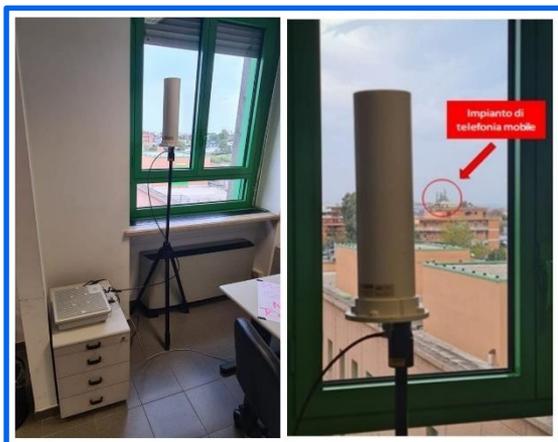
# Scanner utilizzato come strumento di misura

[ARPA Lazio](#) ha condotto alcune **campagne di misura sperimentali attraverso l'utilizzo dello scanner** che hanno permesso di mappare su aree estese e lungo percorsi stradali il valore di potenza associato alla tecnologia 5G in banda N78.

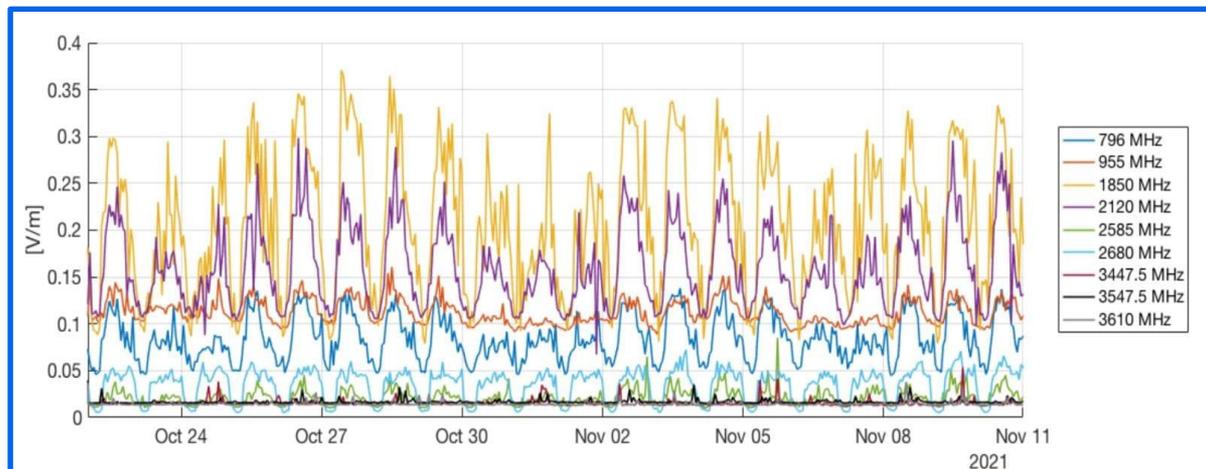


# Centraline vettoriali

A partire dal mese di luglio 2021 l'**ARPA Lazio** ha attivato delle centraline di **monitoraggio vettoriale** con lo scopo di tracciare l'evoluzione della rete 5G, partendo dalla condizione attuale di scarso traffico dati.



L'andamento della potenza ricevuta dimostra che i terminali mobili abilitati al 5G sono ancora scarsamente diffusi.



I dati del monitoraggio della centralina installata al centro di Roma sono disponibili all'indirizzo