

Seminario sull'Inquinamento da Campi Elettromagnetici

per gli studenti del Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e la Natura

Anno accademico 2025-2026

20 - 21 Novembre 2025

Autore: dott. S. Barba

S.O.S. Fisica Ambientale

I.P.A.S. Centro regionale di riferimento campi elettromagnetici e inquinamento acustico

Argomenti

- Effetti sanitari dei CEM
- Limiti
- Attività di ARPA

Interazione radiazione - materia

Le radiazioni sono classificate in **ionizzanti** (IR) o **non ionizzanti** (NIR) in base alla loro capacità di produrre o meno la ionizzazione del mezzo attraversato ($E \sim 12 \text{ eV}$).

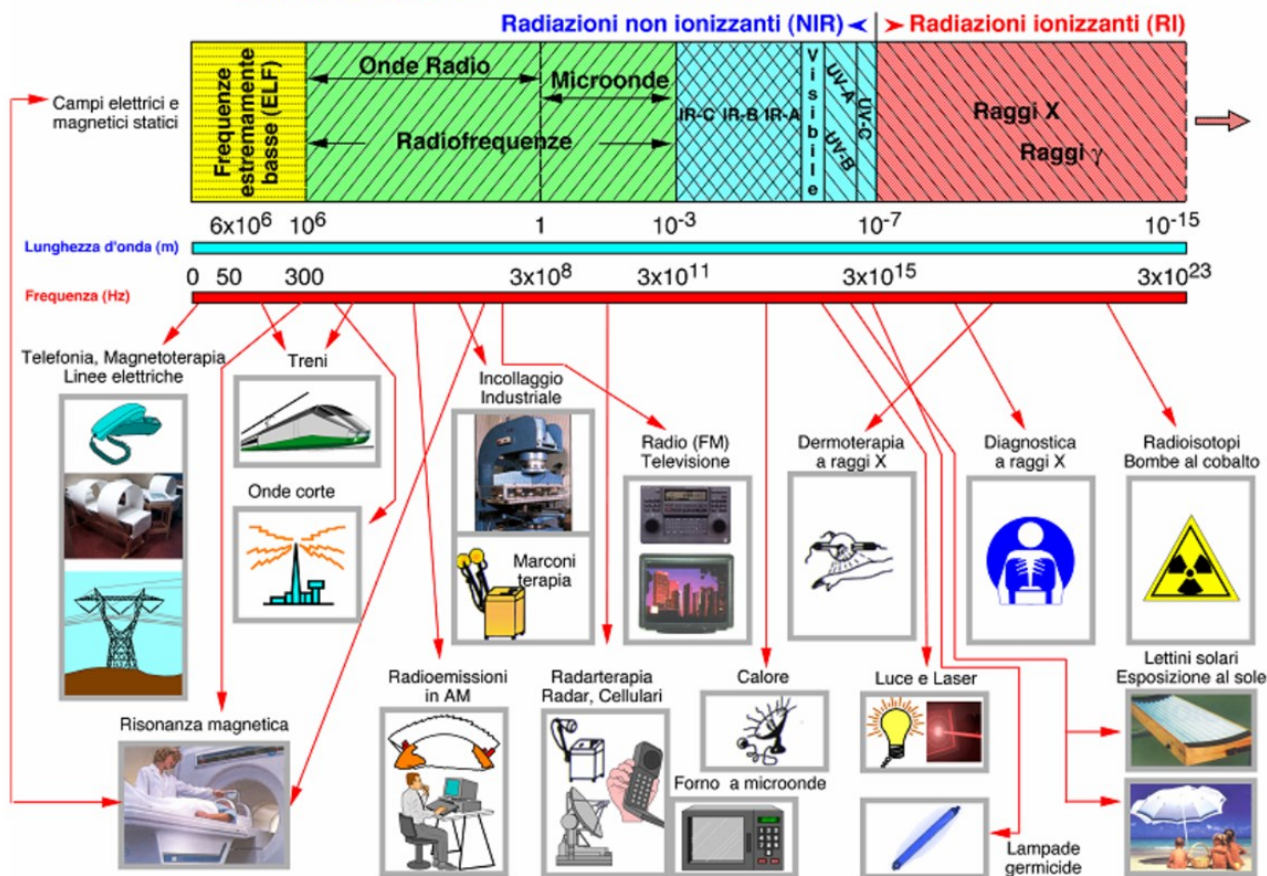
Quando le radiazioni attraversano la materia cedono ad essa, tutta o in parte, l'energia che posseggono e possono produrre lungo il loro tragitto, se dotate di energia sufficiente, alterazioni a livello atomico. E' questo il primo evento (di tipo **fisico**) di una lunga sequenza di reazioni secondarie (di tipo **chimico**) che, nella materia vivente, possono dare luogo ad effetti biologici. In particolare, l'interazione iniziale delle radiazioni con la materia dipende, sia quantitativamente che qualitativamente, dalla natura, dalla massa, dalla carica e soprattutto dall'**energia** delle radiazioni considerate.



$$E = h\nu$$

$$h = \text{costante di Planck} = 6.6 \times 10^{-34} [\text{J} \cdot \text{s}]$$

RADIAZIONE Elettromagnetica E SUOI IMPIEGHI



Esempi di sorgenti ambientali **ELF** (Extreme Low Frequency)

Frequenza pari a 50 Hz

Linee elettriche aeree ed interrattate



Cabine di trasformazione e sottostazioni elettriche



Esempi di sorgenti ambientali **RF** (**R**adio **F**requency)

300 kHz – 3 MHz

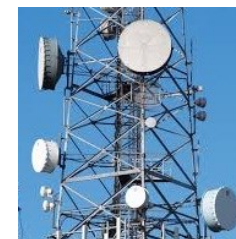
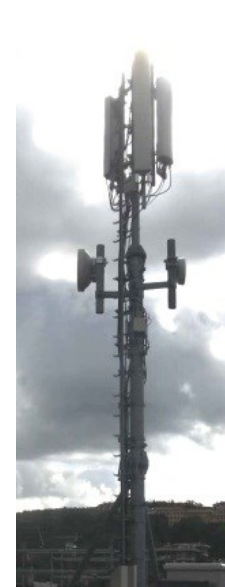
1 MHz – 1 GHz

88 MHz – 108 MHz

200 MHz – 700 MHz

700 MHz – 5 GHz

> 1 GHz



Radio AM
Onde medie

Impianti
radioamatoriali

Radio FM

Impianti TV

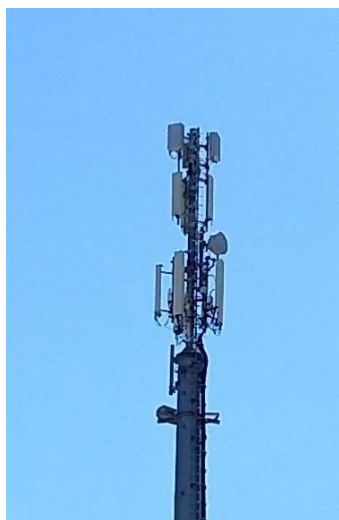
SRB

Ponti radio

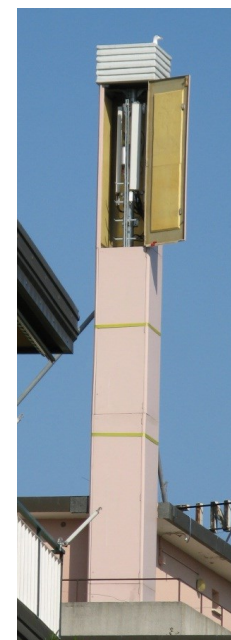
Esempi di **SRB** (Stazioni Radio Base)



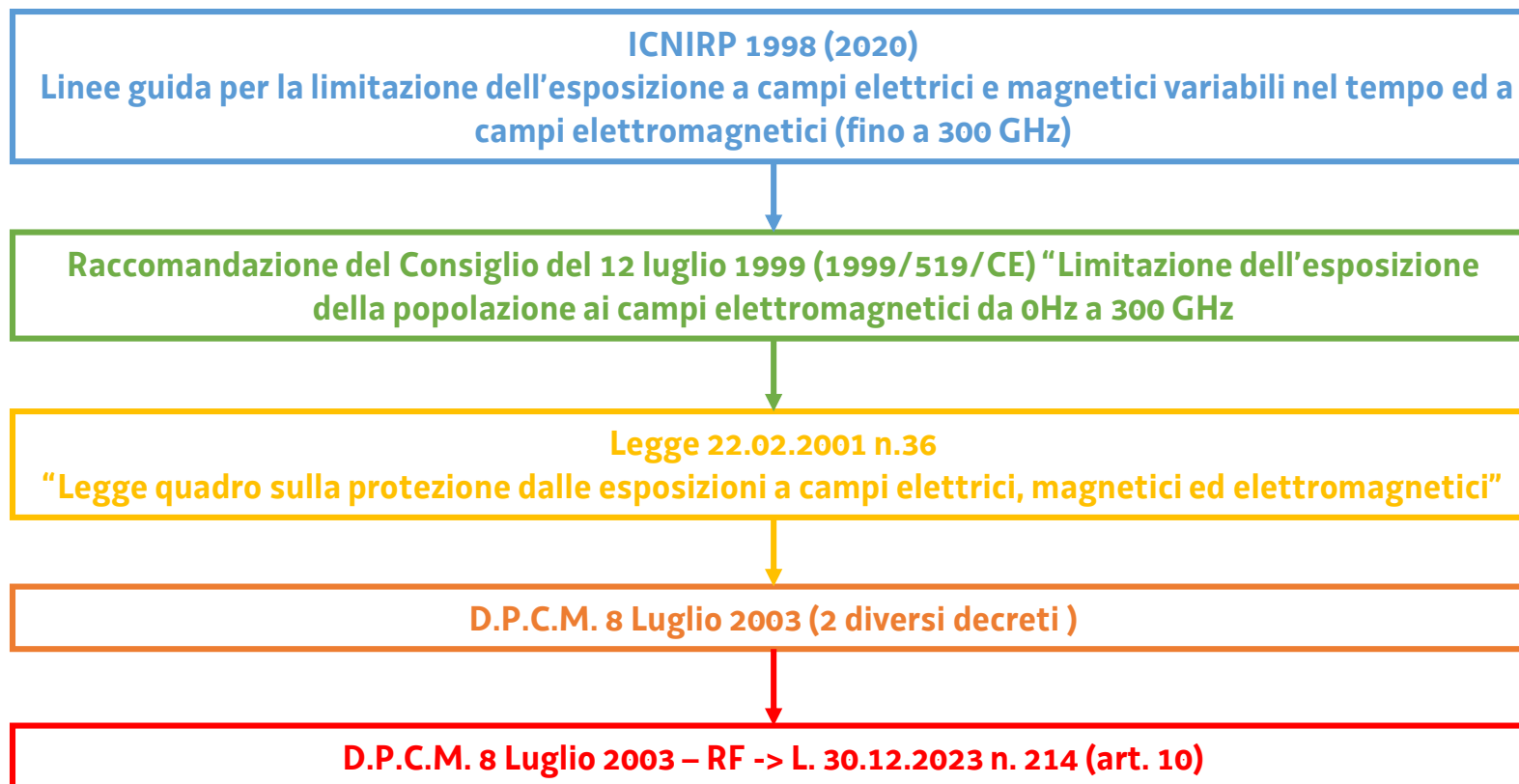
Antenne 5G {
 Antenne pre 5G {



Impianti SRB «mitigati»



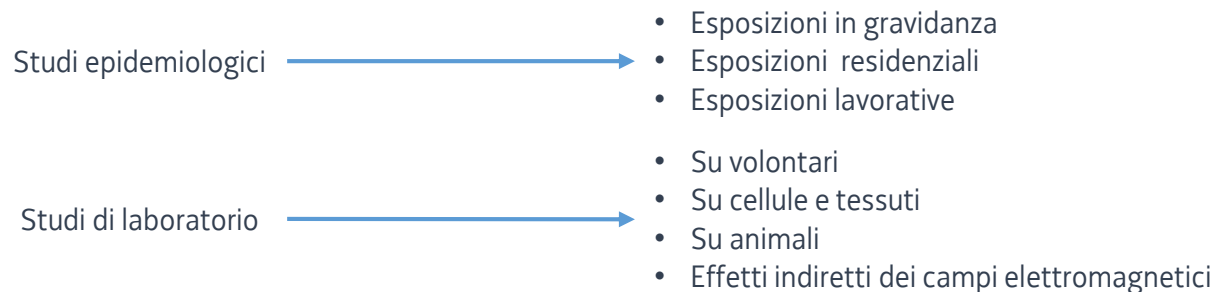
Riferimenti



ICNIRP

Linee guida basate sulla revisione delle pubblicazioni scientifiche di settore più aggiornate

In particolare esamina:



Conclusioni

- Si considera non certa l'induzione di tumori causata da esposizione prolungata ai campi elettromagnetici - I DATI DISPONIBILI SONO INSUFFICIENTI A FORNIRE ELEMENTI PER DEFINIRE DELLE RESTRIZIONI DI BASE
- Gli effetti su cellule e tessuti osservati in vitro hanno validità limitata poiché molte delle risposte all'esposizione non sono state riscontrate in vivo - I DATI DISPONIBILI SONO INSUFFICIENTI A FORNIRE ELEMENTI PER DEFINIRE DELLE RESTRIZIONI DI BASE
- **Le linee guida si basano su effetti immediati come la stimolazione di nervi periferici e muscoli, scosse e bruciature dovute al contatto con conduttori, aumento della temperatura nei tessuti dovuta all'esposizione ai campi elettromagnetici**

ICNIRP

Vengono ricavati:

Restrizioni di base

Table 3. Basic restrictions for electromagnetic field exposure from 100 kHz to 300 GHz, for integrating intervals >0 to <6 min.^a

Exposure scenario	Frequency range	Local Head/Torso SA (kJ kg ⁻¹)	Local Limb SA (kJ kg ⁻¹)	Local U _{ab} (kJ m ⁻²)
Occupational	100 kHz to 400 MHz	NA	NA	NA
	>400 MHz to 6 GHz	3.6[0.05+0.95(t/360) ^{0.5}]	7.2[0.025+0.975(t/360) ^{0.5}]	NA
	>6 to 300 GHz	NA	NA	36[0.05+0.95(t/360) ^{0.5}]
General public	100 kHz to 400 MHz	NA	NA	NA
	>400 MHz to 6 GHz	0.72[0.05+0.95(t/360) ^{0.5}]	1.44[0.025+0.975(t/360) ^{0.5}]	NA
	>6 to 300 GHz	NA	NA	7.2[0.05+0.95(t/360) ^{0.5}]

- ^aNote:
1. "NA" signifies "not applicable" and does not need to be taken into account when determining compliance.
 2. t is time in seconds, and restrictions must be satisfied for all values of t between >0 and <360 s, regardless of the temporal characteristics of the exposure itself.
 3. Local SA is to be averaged over a 10-g cubic mass.
 4. Local U_{ab} is to be averaged over a square 4-cm² surface area of the body. Above 30 GHz, an additional constraint is imposed, such that exposure averaged over a square 1-cm² surface area of the body is restricted to 72[0.025+0.975(t/360)^{0.5}] for occupational and 14.4[0.025+0.975(t/360)^{0.5}] for general public exposure.
 5. Exposure from any pulse, group of pulses, or subgroup of pulses in a train, as well as from the summation of exposures (including non-pulsed EMFs), delivered in t s, must not exceed these levels.

Livelli di riferimento

Table 5. Reference levels for exposure, averaged over 30 min and the whole body, to electromagnetic fields from 100 kHz to 300 GHz (unperturbed rms values).^a

Exposure scenario	Frequency range	Incident E-field strength; E _{inc} (V m ⁻¹)	Incident H-field strength; H _{inc} (A m ⁻¹)	Incident power density; S _{inc} (W m ⁻²)
Occupational	0.1 – 30 MHz	660/f _M ^{0.7}	4.9/f _M	NA
	>30 – 400 MHz	61	0.16	10
	>400 – 2000 MHz	3/f _M ^{0.5}	0.008f _M ^{0.5}	f _M /40
General public	>2 – 300 GHz	NA	NA	50
	0.1 – 30 MHz	300/f _M ^{0.7}	2.2/f _M	NA
	>30 – 400 MHz	27.7	0.073	2
	>400 – 2000 MHz	1.375f _M ^{0.5}	0.0037f _M ^{0.5}	f _M /200
	>2 – 300 GHz	NA	NA	10

- ^aNote:
1. "NA" signifies "not applicable" and does not need to be taken into account when determining compliance.
 2. f_M is frequency in MHz.
 3. S_{inc}, E_{inc}, and H_{inc} are to be averaged over 30 min, over the whole-body space. Temporal and spatial averaging of each of E_{inc} and H_{inc} must be conducted by averaging over the relevant square values (see eqn 8 in Appendix A for details).
 4. For frequencies of 100 kHz to 30 MHz, regardless of the far-field/near-field zone distinctions, compliance is demonstrated if neither E_{inc} or H_{inc} exceeds the above reference level values.
 5. For frequencies of >30 MHz to 2 GHz: (a) within the far-field zone: compliance is demonstrated if either S_{inc}, E_{inc} or H_{inc}, does not exceed the above reference level values (only one is required); S_{eq} may be substituted for S_{inc}; (b) within the radiative near-field zone, compliance is demonstrated if either S_{inc}, or both E_{inc} and H_{inc}, does not exceed the above reference level values; and (c) within the reactive near-field zone: compliance is demonstrated if both E_{inc} and H_{inc} do not exceed the above reference level values; S_{inc} cannot be used to demonstrate compliance, and so basic restrictions must be assessed.
 6. For frequencies of >2 GHz to 300 GHz: (a) within the far-field zone: compliance is demonstrated if S_{inc} does not exceed the above reference level values; S_{eq} may be substituted for S_{inc}; (b) within the radiative near-field zone, compliance is demonstrated if S_{inc} does not exceed the above reference level values; and (c) within the reactive near-field zone, reference levels cannot be used to determine compliance, and so basic restrictions must be assessed.

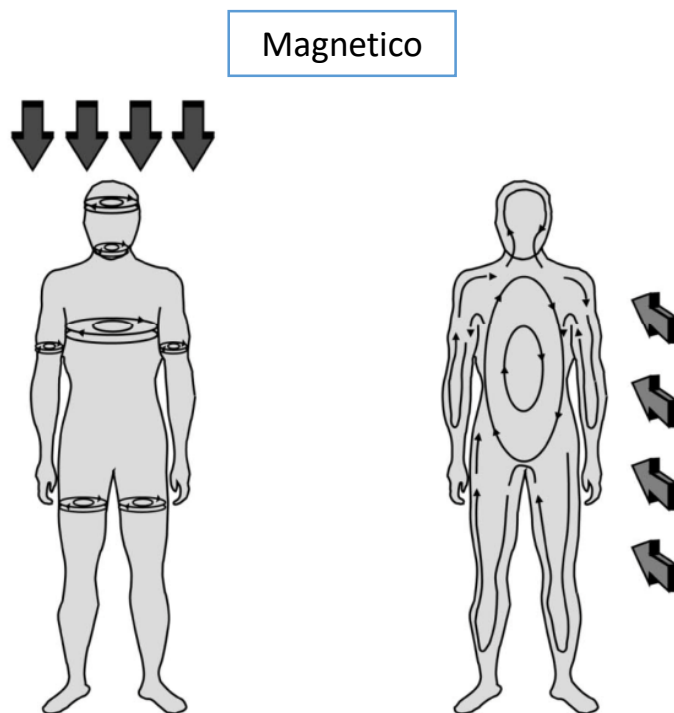
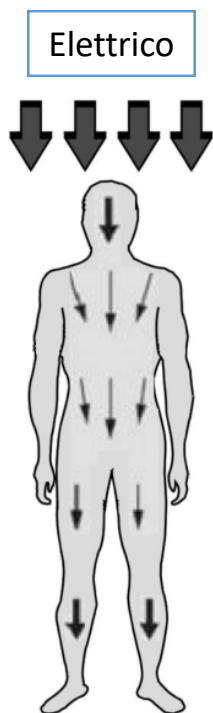
Quantità dosimetriche non direttamente misurabili

Quantità fisiche direttamente misurabili

Effetti

Campo elettrico e magnetico a bassa frequenza [1 Hz – 10 MHz]

Induzione di densità di corrente J nel corpo umano



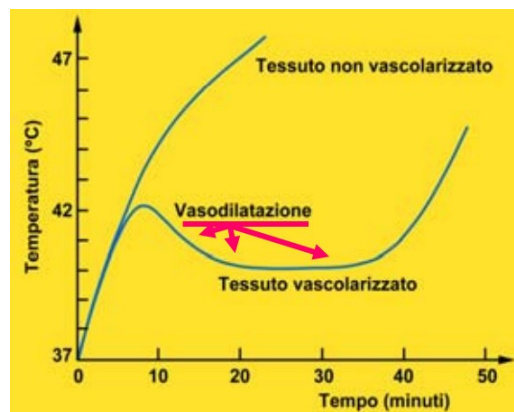
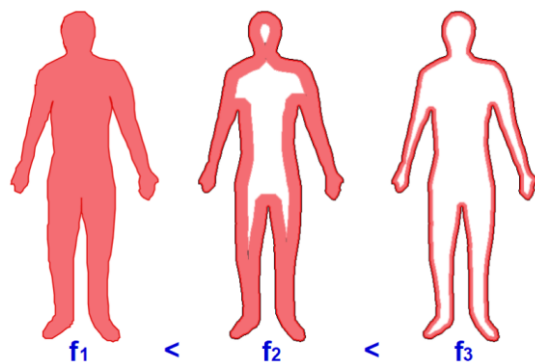
- Provocano stimolazione elettrica dei tessuti nervosi e muscolari (fibrillazione)
- Effetti **sanitari** (extrasistole cardiache, fibrillazione ventricolare, tetano muscolare e deficienze respiratorie) solo per $J > J_{soglia}$
- Effetti **sensoriali** (magnetofosfeni) anche per $J \leq J_{soglia}$

J_{soglia} pari a 1 A/m^2

Effetti

Campo elettrico e magnetico a alta frequenza [100 kHz – 300 GHz]

Energia convertita in calore



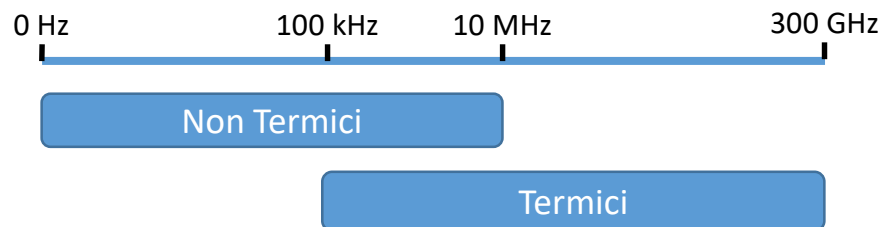
- Vengono parzialmente o totalmente assorbiti dal corpo (effetto pelle)
- **Rateo di assorbimento specifico (SAR)** tiene conto dell'autoregolazione termica
- Se $\Delta T > 1 \div 2^\circ\text{C}$ si osservano effetti sanitari:
 - Disf. metaboliche
 - Cataratta
 - Immunodepressione

Fino a SAR pari a 4 W/kg non ci sono aumenti di temperatura di 1°C

Effetti

Riepilogo

Tipo	Effetti deterministici	Effetti stocastici
Campi elettrici statici	Percezione di effetti superficiali	Nessuno
Campi magnetici statici	Fosfeni, nausea, vertigini, sapore metallico in bocca	?
Campi a bassa frequenza [1 Hz ÷ 10 MHz]	Stimolazione tessuti eccitabili (nervi, muscoli), fosfeni	?
Campi ad alta frequenza [100 kHz ÷ 300 GHz]	Effetti termici	?



IARC (Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro)

Categorie

- gruppo 1: CANCEROGENI (fumo di tabacco, radon, bevande alcoliche, radiazione solare, ...)
- gruppo 2A: PROBABILMENTE CANCEROGENI (Steroidi anabolizzanti, carne rossa, ...)
- gruppo 2B: POSSIBILI CANCEROGENI (acido caffeico, ...)
- gruppo 3: NON CLASSIFICABILI
- gruppo 4: PROBABILMENTE NON CANCEROGENI

CAMPI MAGNETICI A BASSA FREQUENZA (ELF) -> "POSSIBILI CANCEROGENI" (GRUPPO 2B)
 CAMPI Elettromagnetici a radiofrequenza (RF) -> "POSSIBILI CANCEROGENI" (GRUPPO 2B)

Lo studio ha considerato: esposizioni professionali a radar e microonde, esposizioni ambientali associate a segnali radio, televisivi e di telecomunicazione in genere, esposizioni personali associate all'uso di telefoni senza fili.

Lo studio rileva:

- **"limitate"** evidenze di cancerogenicità associata all'uso personale di telefoni senza fili, cioè delle evidenze positive da approfondire con ulteriori studi;
- **"inadeguate"** evidenze di cancerogenicità associate agli altri due tipi di esposizioni, cioè evidenze insufficienti a stabilire la presenza o l'assenza di una associazione causale fra esposizione e cancro.

In attesa della disponibilità di ulteriori studi sul rischio da esposizione associata all'uso personale di telefoni senza fili, lo studio dello IARC ritiene importante adottare accorgimenti preventivi quali l'utilizzo di auricolari e di messaggi di testo con particolare attenzione agli utenti più giovani.

Argomenti

- Effetti sanitari dei CEM
- Limiti
- Attività di ARPA

Raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea 519 del 12 luglio 1999

• Finalità

Raccomanda che gli stati membri, allo scopo di assicurare un elevato livello di protezione della salute dall'esposizione ai campi elettromagnetici, adottino un insieme di limiti fondamentali e di livelli di riferimento basandosi sui valori proposti in allegato.

• Contenuti principali

Fissa dei livelli di campo elettrico e di campo magnetico in funzione della frequenza.

I livelli di riferimento sono quelli che l'ICNIRP ha stabilito per la popolazione.

Raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea del 12 luglio 1999
Livelli di riferimento per i campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (0 Hz - 300 GHz, valori efficaci (rms) non perturbati)

Intervallo di frequenza	Intensità di campo E (V/m)	H-field strength (A/m)	Campo B (μT)	Densità di potenza ad onda equivalente Seq (W/m²)
0 - 1 Hz	-	3.2×10^4	4×10^4	-
1 - 8 Hz	10 000	$3.2 \times 10^4 / f^{1/2}$	$4 \times 10^4 / f^{1/2}$	-
8 - 25 Hz	10 000	$4 000 / f$	$5 000 / f$	-
0.025 - 0.8 kHz	$250 / f$	$4 / f$	$5 / f$	-
0.8 - 3 kHz	$250 / f$	5	6.25	-
13 - 150 kHz	87	5	6.25	-
0.15 - 1 MHz	87	$0.73 / f$	$0.92 / f$	-
1 - 10 MHz	$87 / f^{1/2}$	$0.73 / f$	$0.92 / f$	-
10 - 400 MHz	28	0.073	0.092	2
400 - 2000 MHz	$1.375 f^{1/2}$	$0.0037 f^{1/2}$	$0.0046 f^{1/2}$	$f / 200$
2 - 300 GHz	61	0.16	0.20	10

Note:

1. f come indicato nella colonna della gamma di frequenza.
2. Per le frequenze comprese fra 100 kHz e 10 GHz, Seq, E_{ref}, H_{ref}, e B_{ref} devono essere calcolati come media su qualsiasi periodo di 6 minuti.
3. Per le frequenze che superano 10 GHz, Seq, E_{ref}, H_{ref}, e B_{ref} devono essere ottenuti come media su qualsiasi periodo di 60/60.05 minuti (f in GHz).
4. Non è fornito alcun valore di campo E per le frequenze <1 Hz, perché di fatto sono campi elettrici statici. Per la maggior parte delle persone la penetrazione fastidiosa di cariche elettriche di superficie non è avvertibile a intensità di campo inferiori a 25 kV/m. Le scariche che provocano stress o disturbo vanno evitate.

Gli stati membri hanno facoltà di fornire un livello di protezione più elevato di quello proposto

Legge 36/2001

- **Finalità**

Assicurare la tutela della salute dei lavoratori, delle lavoratrici e della popolazione dagli effetti dell'esposizione a determinati livelli di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici ... (art.1)

- **Ambito di applicazione**

Gli impianti, i sistemi e le apparecchiature per usi civili, militari e delle forze di polizia, che possono comportare l'esposizione a campi elettromagnetici tra 0 Hz e 300 GHz ... in particolare ... la legge si applica agli **elettrodotti** e agli **impianti radioelettrici** compresi gli impianti per **telefonia mobile**, i **radar** e gli impianti per **radiodiffusione** (art. 2)

- **Controlli (art. 14)**

Le amministrazioni provinciali e comunali, al fine di esercitare le funzioni di **controllo** e di **vigilanza sanitaria e ambientale** per l'attuazione della presente legge, utilizzano le strutture delle **Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente**.

D.P.C.M. 08 Luglio 2003 (ELF)

*"Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla **frequenza di rete (50 Hz)** generati dagli elettrodotti"*

	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo di induzione magnetica B (μT)
Limiti di esposizione	5000	100
Valori di attenzione	-	10
Obiettivi di qualità	-	3

Limiti di esposizione

Si applicano in tutte le condizioni di esposizione



Valori di attenzione

Si applicano nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere



Obiettivi di qualità

Si applicano nella progettazione di nuovi insediamenti, di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio



I limiti di esposizione coincidono con quelli della Raccomandazione Europea 519/1999

D.P.C.M. 08 Luglio 2003 (RF)

"Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz"

	Frequenze	Intensità di campo elettrico E [V/m]	Intensità di campo magnetico H [A/m]	Densità di potenza S [W/m²]
Limiti di esposizione	0.1 - 3 MHz	60	0.2	-
	3 - 3000 MHz	20	0.05	1
	3 - 300 GHz	40	0.1	4

Valori di attenzione	0.1 MHz - 300 GHz	6 -> 15	0.016 -> 0.039	0.1 -> 0.59 (3 MHz-300 GHz)
-----------------------------	-------------------	---------	----------------	--------------------------------

Obiettivi di qualità	0.1 MHz - 300 GHz	6	0.016	0.1 (3 MHz-300 GHz)
-----------------------------	-------------------	---	-------	------------------------

Limiti di esposizione

Si applicano in tutte le condizioni di esposizione



Valori di attenzione

Si applicano all'interno di edifici adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore giornaliere continuative e loro pertinenze esterne



Obiettivi di qualità

Si applicano all'aperto in aree intensamente frequentate e in superfici edificate attrezzate permanentemente per il soddisfacimento di bisogni sociali, sanitari e ricreativi



I limiti di esposizione **sono più bassi** rispetto a quelli della Raccomandazione Europea 519/1999.

L'art. 10 c. 2 della L. 214 del 30.12.2023 aggiorna i limiti per il valore di attenzione e l'obiettivo di qualità.

L. 30.12.2023 n. 214

“Legge annuale per il mercato e la concorrenza 2022”

Art. 10 «Adeguamento de limiti dei campi elettromagnetici»

- **Comma 1**

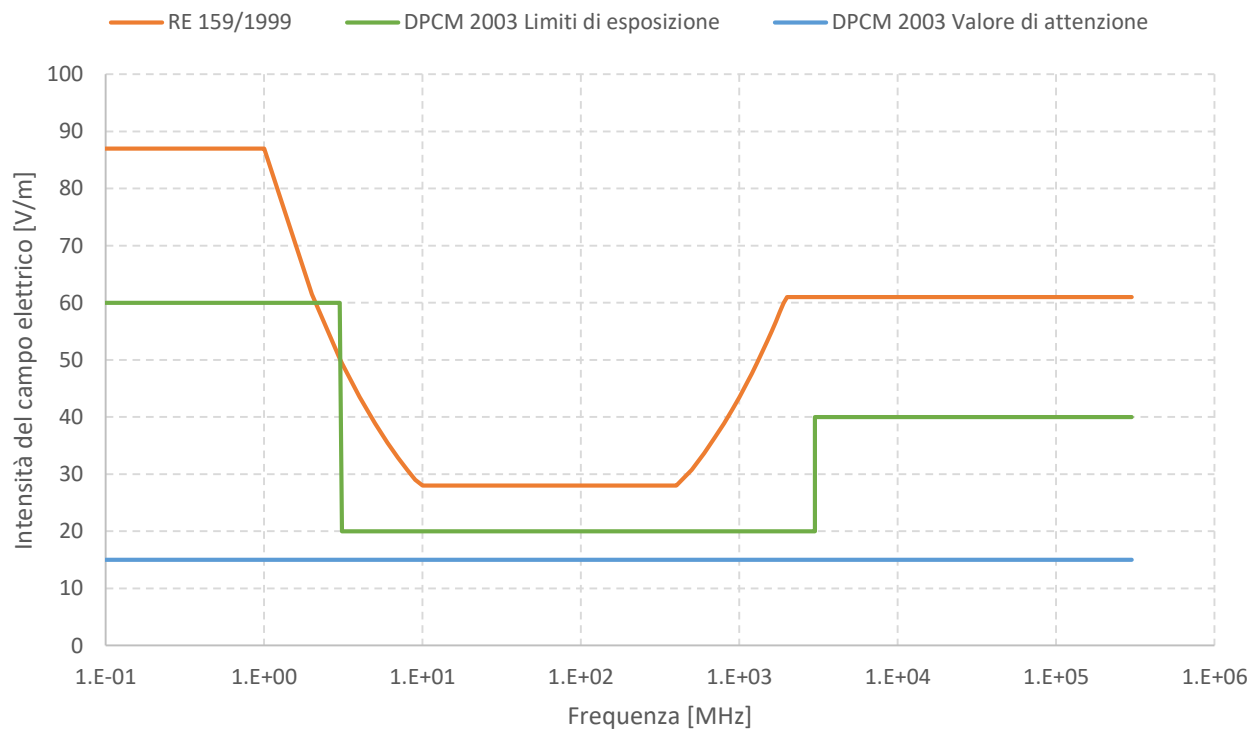
Al fine di potenziare la rete mobile e garantire a utenti e imprese l’offerta di servizi di connettività di elevata qualità, senza pregiudizio per la salute pubblica, entro centoventi giorni dalla data di entrata in vigore della presente legge, i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità di cui all’articolo 4, comma 2, della legge 22 febbraio 2001, n. 36, sono adeguati, secondo il procedimento ivi previsto, alla luce delle più recenti e accreditate evidenze scientifiche, nel rispetto delle regole, delle raccomandazioni e delle linee guida dell’Unione europea. Si applica il comma 3 dell’articolo 4 della legge 22 febbraio 2001, n. 36.

- **Comma 2**

Scaduto il termine di cui al comma 1, in assenza di specifiche previsioni regolamentari di adeguamento e sino a quando le stesse non sono definitivamente adottate, i [valori di attenzione e gli obiettivi di qualità](#) di cui alle tabelle 2 e 3 dell’allegato B al decreto del Presidente del Consiglio dei ministri 8 luglio 2003, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 199 del 28 agosto 2003, sono in via provvisoria e cautelativa fissati a un valore pari a 15 V/m, per quanto attiene all’intensità di campo elettrico E, a un valore pari a 0,039 A/m, per quanto attiene all’intensità di campo magnetico H, e a un valore pari a 0,59 W/m², per quanto attiene alla densità di potenza D.

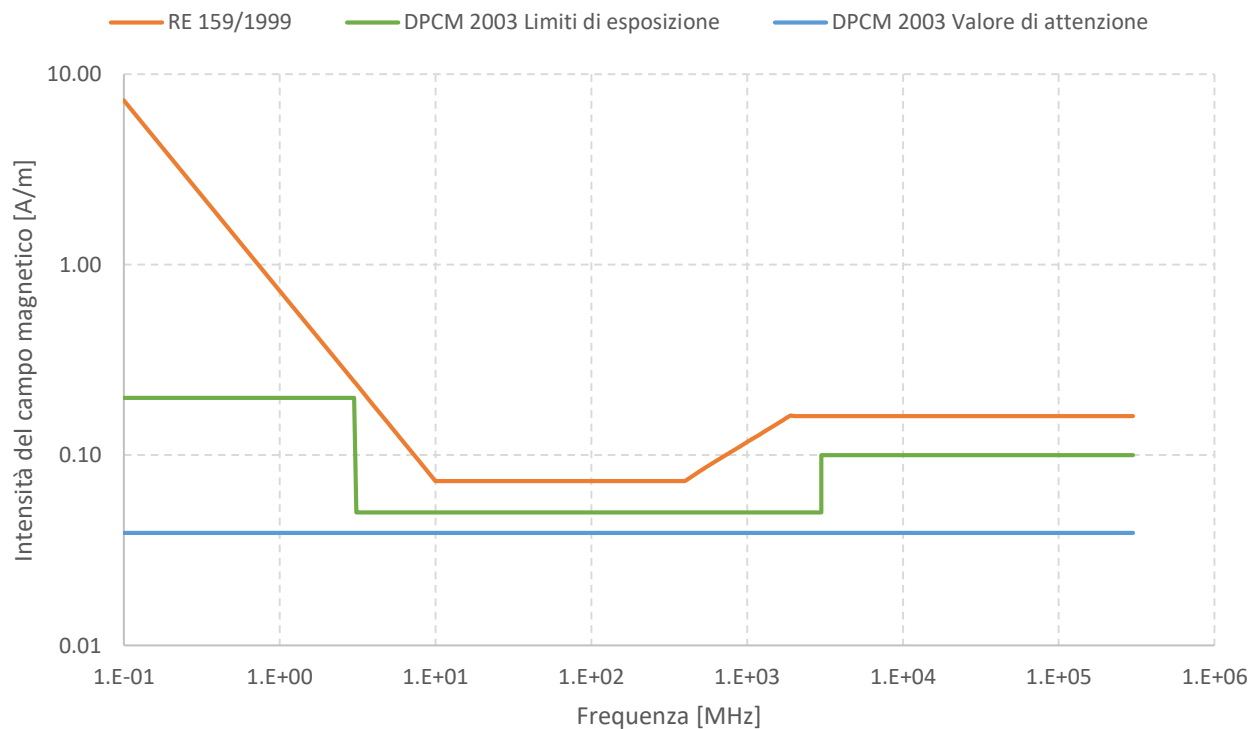
Raccomandazione Europea 519/1999 vs D.P.C.M. 08 Luglio 2003 (RF)

Campo elettrico

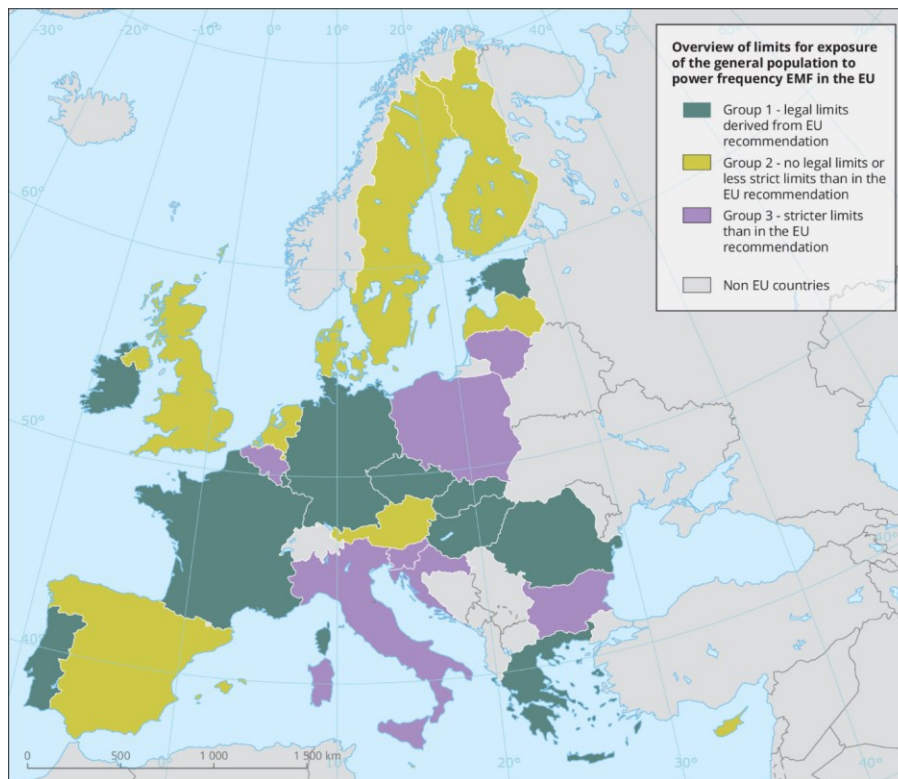


Raccomandazione Europea 519/1999 vs D.P.C.M. 08 Luglio 2003 (RF)

Campo magnetico



Panoramica europea e confronto con i limiti italiani (limiti di esposizione)



Healthy environment, healthy lives: how the environment influences health and well-being in Europe – EEA Report n. 21/2019

<https://www.eea.europa.eu/publications/healthy-environment-healthy-lives>

Argomenti

- Effetti sanitari dei CEM
- Limiti
- Attività di ARPA

Attività di ARPA in ambito CEM

PARERI

Attività preventiva sulle sorgenti
ambientali (ELF ed RF)

MISURE

sulle sorgenti ambientali

CATASTO

delle sorgenti e delle misure: gli
strumenti di consultazione per i
comuni e la popolazione

ATTIVITA' DELLE ARPA
nel contesto **SNPA**

ATTIVITA' EDUCATIVA

Attività educativa

**Funzione
 Scuola per l'ambiente
 ed
 Educazione ambientale**

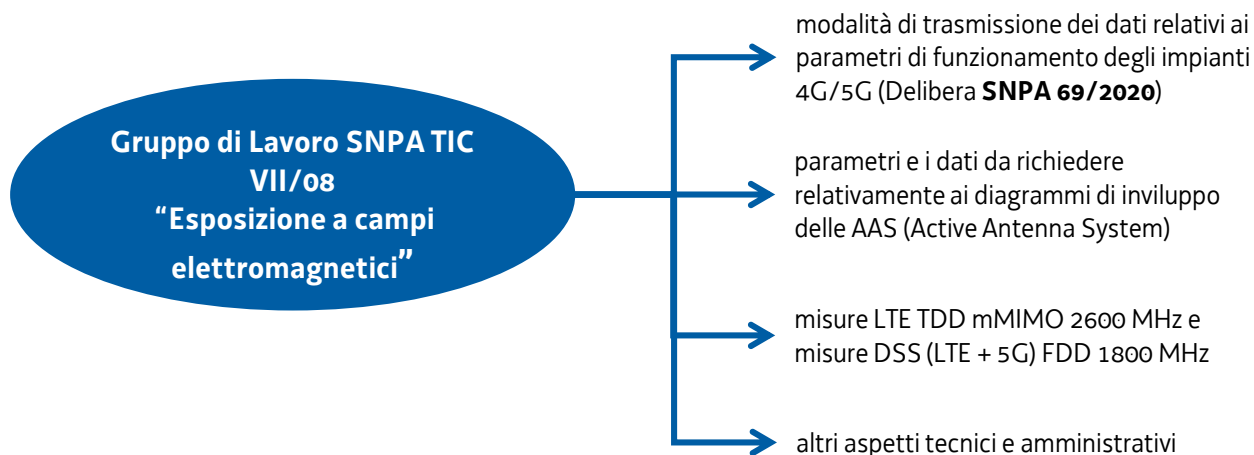


Laboratorio Regionale di Educazione
 Ambientale (LaREA) è la struttura di
 ARPA FVG che svolge attività
 nell'ambito dei **processi educativi
 per lo sviluppo sostenibile**

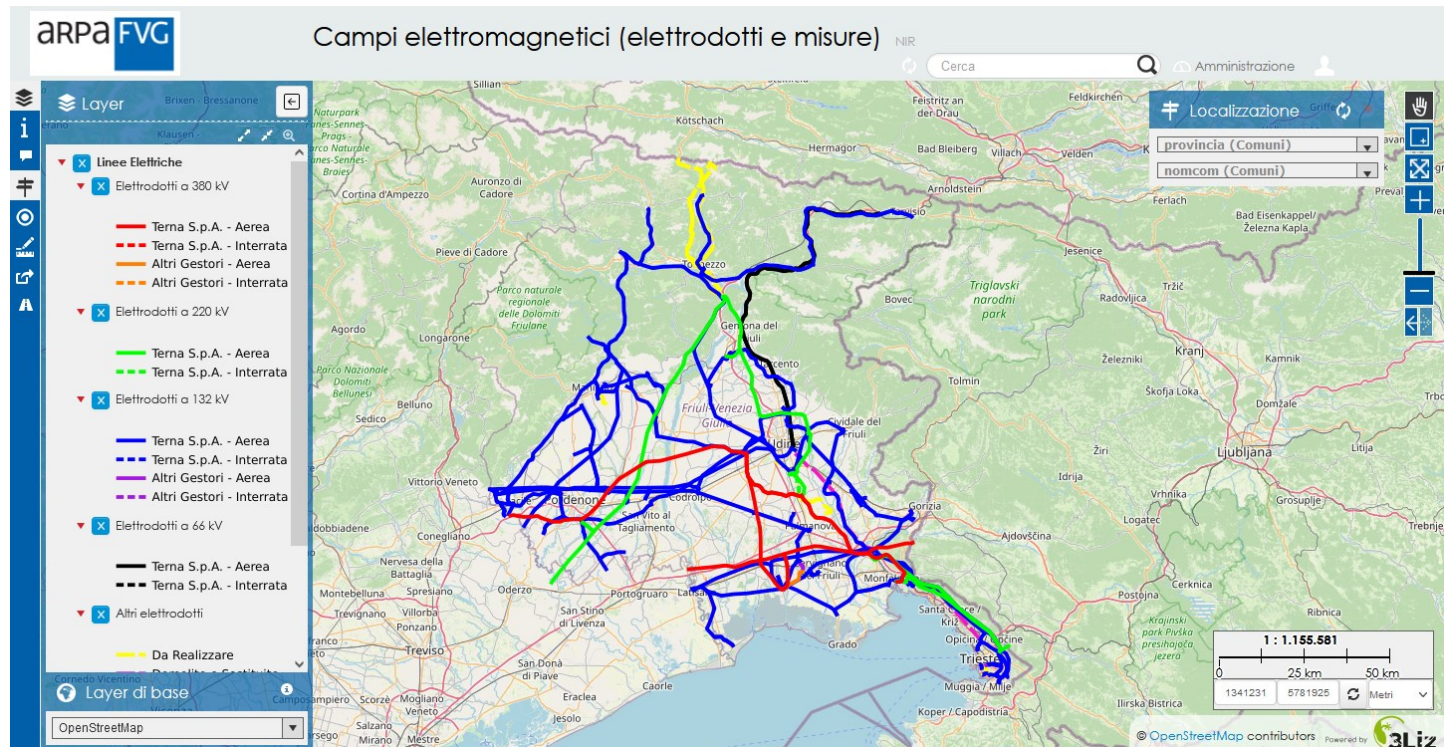


Attività ARPA in SNPA/ISPRA

La partecipazione di tutte le Agenzie è fondamentale per gestire le novità tecnologica sia a livello di sistema che a livello locale, l'**uniformazione delle procedure** tra le Agenzie inoltre garantisce la maggior qualità delle attività e quindi una maggior garanzia per la **protezione** della popolazione dai CEM.

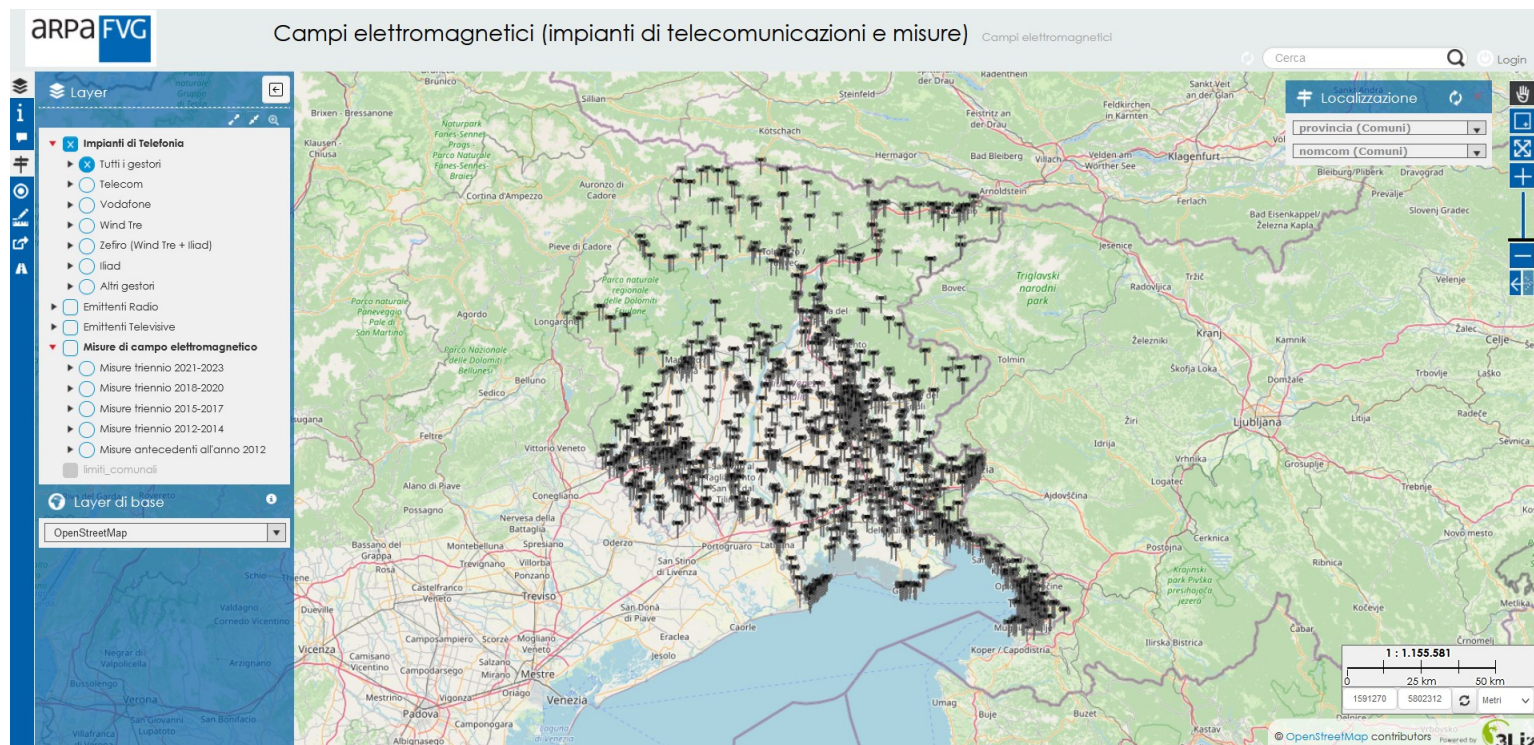


Catasto – Elettrodotti



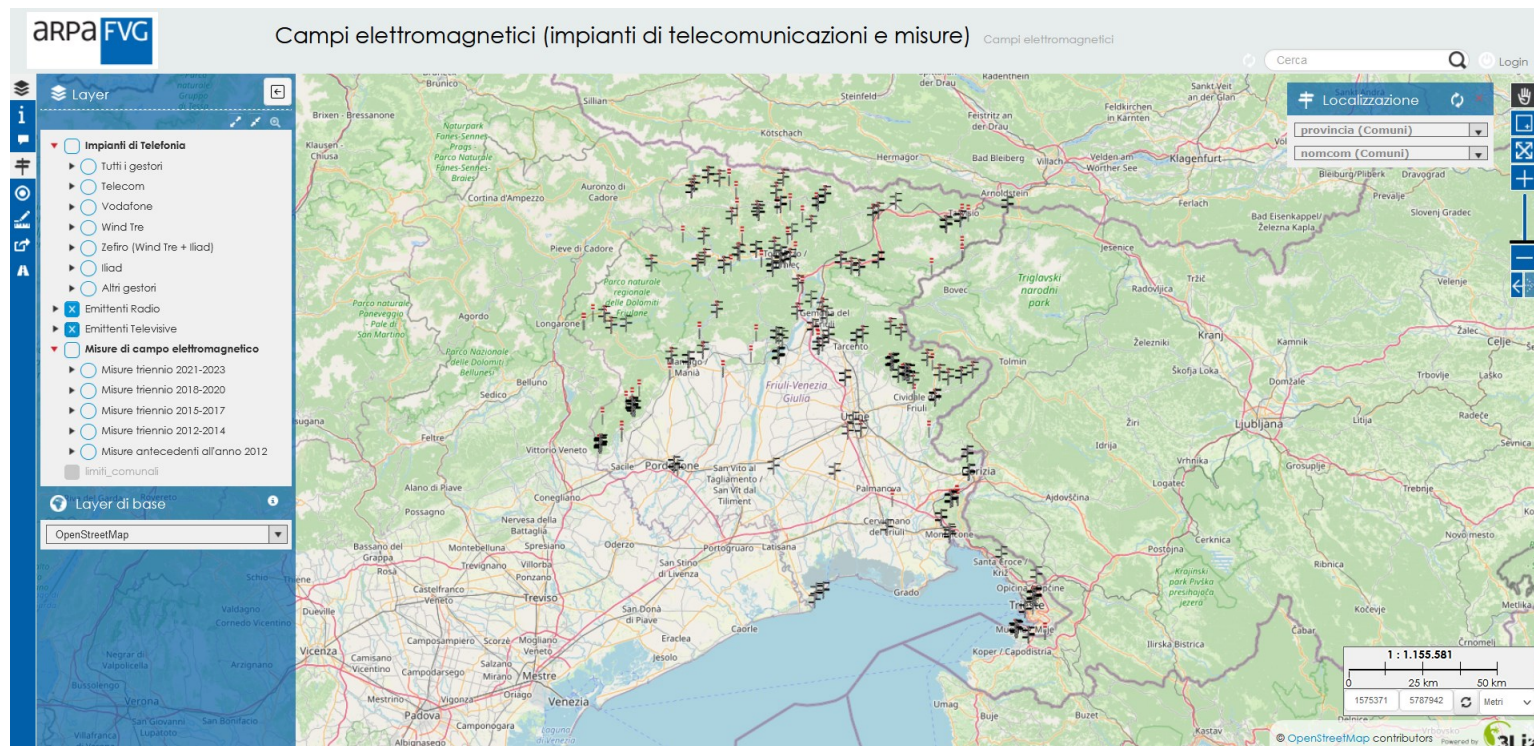
https://lizmap.arpa.fvg.it/test/index.php/view/map/?repository=nir&project=linee_elettriche_publico

Catasto – Impianti SRB



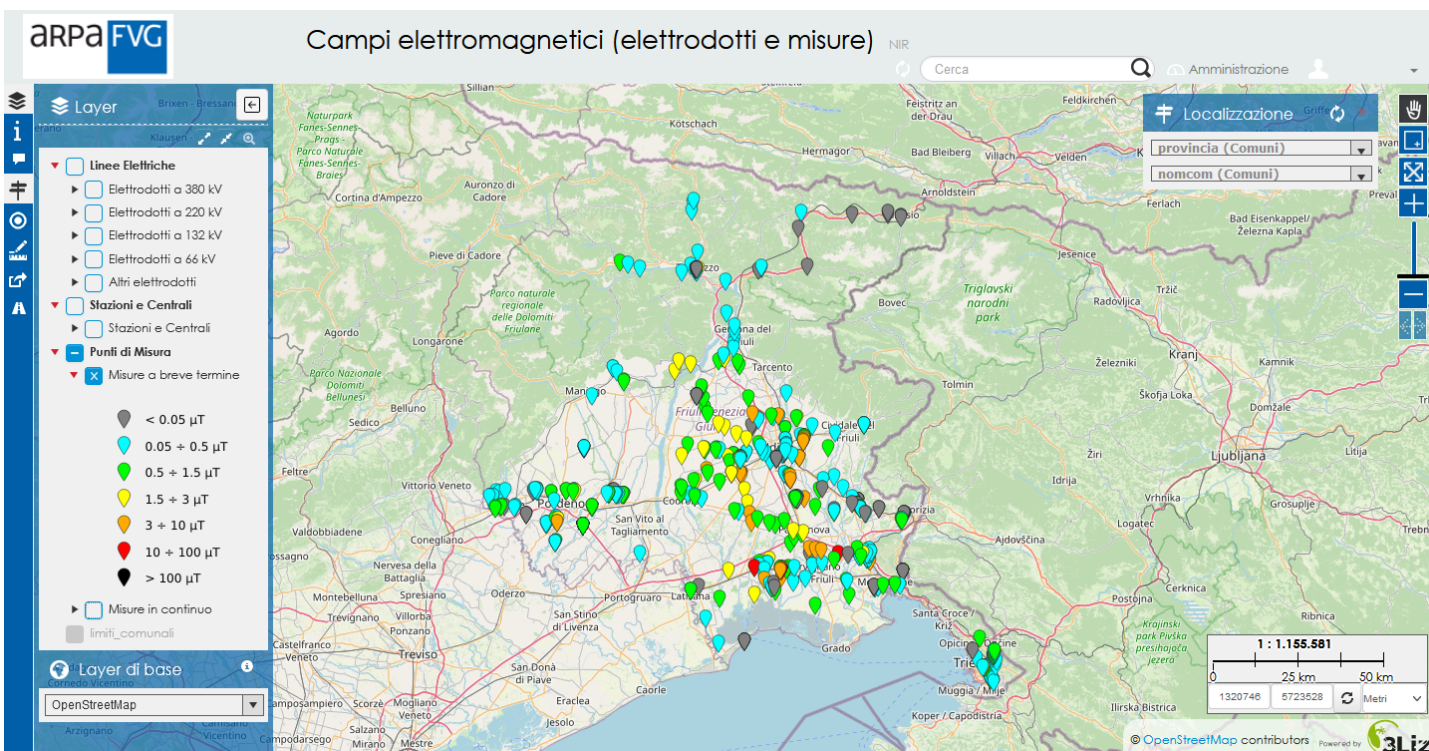
https://lizmap.arpa.fvg.it/test/index.php/view/map/?repository=nir&project=campi_elettromagnetici_publicco

Catasto – Impianti Radio/TV



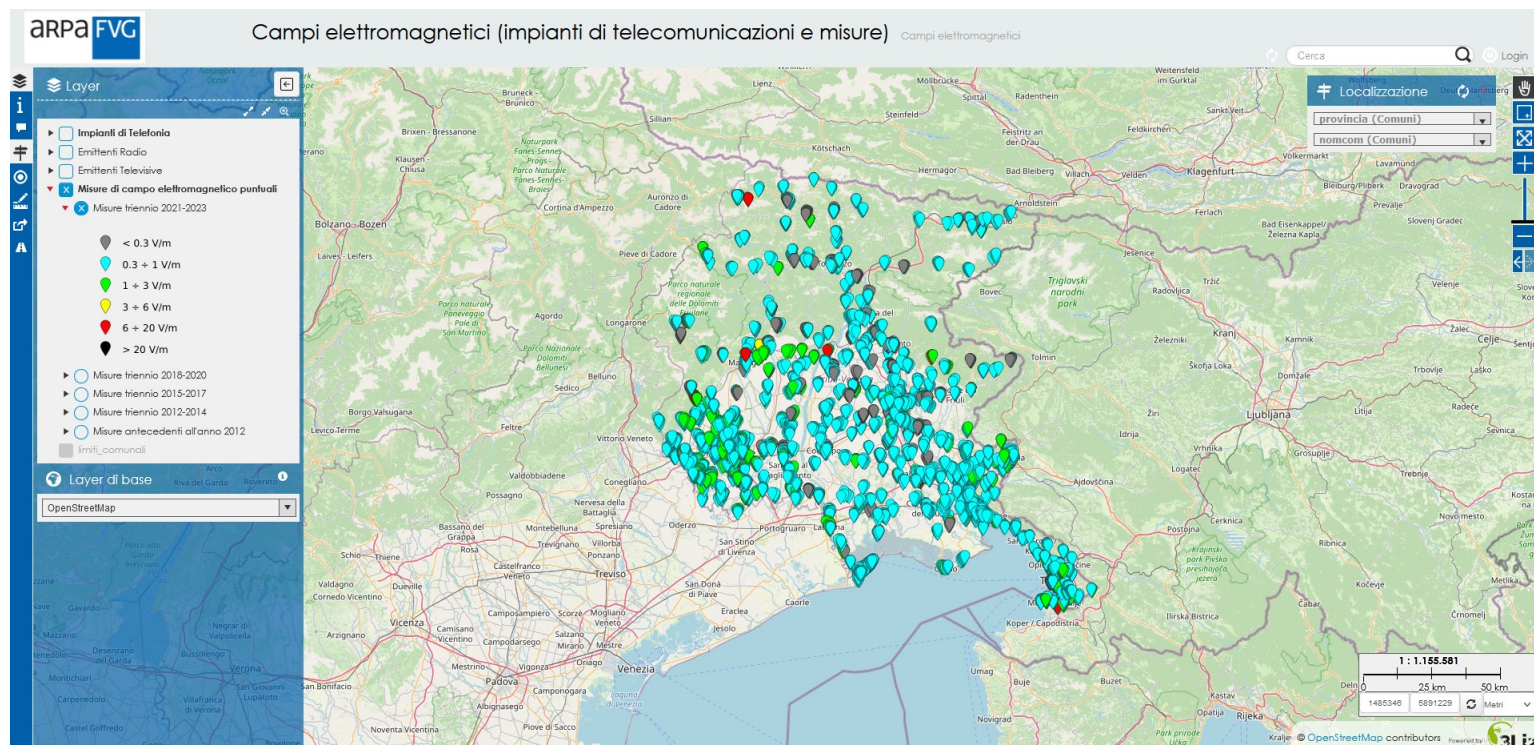
https://lizmap.arpa.fvg.it/test/index.php/view/map/?repository=nir&project=campi_elettromagnetici_publico

Catasto – Misure ELF



https://lizmap.arpa.fvg.it/test/index.php/view/map/?repository=nir&project=linee_elettriche_publico

Catasto – Misure RF



https://lizmap.arpa.fvg.it/test/index.php/view/map/?repository=nir&project=campi_elettromagnetici_publico

? ! ? ! ?