

# Individuazione dei punti di rilevamento per il monitoraggio in continuo dei campi elettromagnetici nel territorio regionale del Friuli Venezia Giulia

Liguori Laura, Bampo Anna, Molinaro Simone, Piccini Luca, Moretuzzo Mauro  
Arpa Friuli Venezia Giulia – Sezione di Fisica Ambientale, Via Tavagnacco 91, 33100 Udine (UD),  
[fisamb@arpa.fvg.it](mailto:fisamb@arpa.fvg.it)

Villalta Renato  
Arpa Friuli Venezia Giulia, Piazza Collalto 15, 33057 Palmanova (UD),

## Abstract

*Il progetto per la rete di monitoraggio in continuo su tutto il territorio regionale va a completare quanto già realizzato o in fase di realizzazione da parte di ARPA FVG, nei quattro capoluoghi di provincia e nei Comuni di Grado e Lignano Sabbiadoro.*

*Al fine di individuare, Comune per Comune, le aree più significative dal punto di vista dell'esposizione, si esegue uno studio mirato sul territorio che consenta di definire un metodo di validità generale che utilizzi come indicatori la popolazione effettiva, che tiene conto delle differenti conformazioni morfologico/geografiche territoriali e della disomogenea densità di abitanti, e il campo elettrico medio che contiene informazioni sulla distribuzione di impianti e di misure su territorio.*

*Valutato il cospicuo numero di Comuni in relazione al limitato numero di centraline di rilevamento a disposizione dell'ARPA FVG e al tempo di permanenza necessario per ogni sito di misura (dalle due alle tre settimane circa) si è optato per eseguire un monitoraggio sistematico consistente nell'esecuzione di due punti di misura nei primi 50 Comuni presenti nella graduatoria definita in base ai criteri sopracitati e di un punto di misura in tutti gli altri Comuni.*

*Il risultato ultimo di questo lavoro è proprio la definizione della graduatoria di priorità dei Comuni, graduatoria che verifica anche le richieste del test di Spearman.*

## A) FINALITA' DEL PROGETTO

Il progetto, svolto in collaborazione con la Fondazione Ugo Bordoni, si prefigge di predisporre il monitoraggio in continuo dei campi elettromagnetici in tutti i Comuni della Regione in modo da valutare l'esposizione della popolazione alle radiazioni a RF su territorio regionale.

Dato il cospicuo numero di Comuni del Friuli Venezia Giulia e i vincoli temporali imposti dalla durata della convenzione con la Fondazione Bordoni, si è reso necessario stilare una graduatoria dei Comuni in base all'esposizione della popolazione, nel quantificarne la "significatività" mediante l'identificazione di opportuni Indicatori suscettibili di osservazione empirica o misurazione (ad es.: numero di abitanti per Comune, numero di sorgenti di campo elettromagnetico per Comune, ecc. ), la cui valutazione e confronto permettono di ricavare un valore che descrive univocamente il fenomeno.

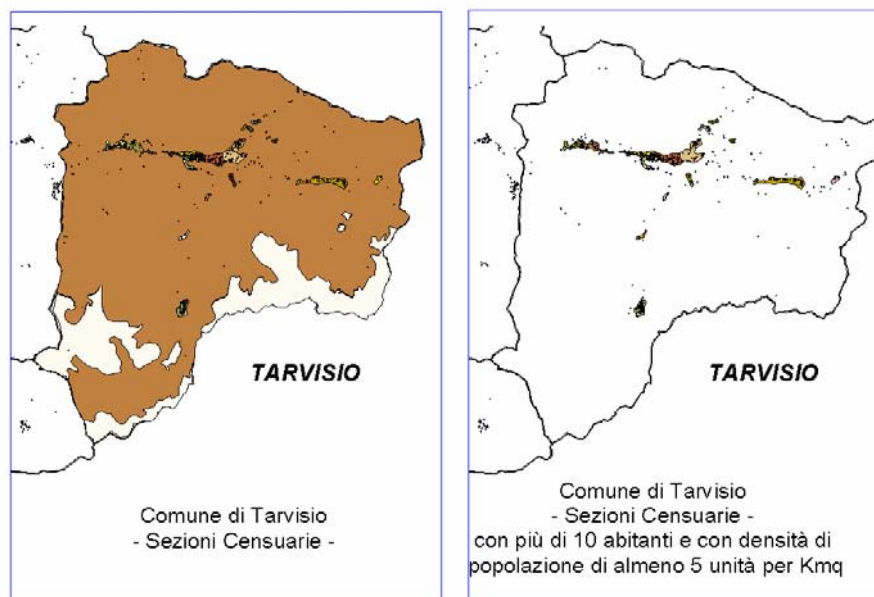
Tenendo presente che le caratteristiche più importanti di un buon indicatore sono:

- Ø La capacità di cogliere/misurare/mettere in luce un aspetto specifico del fenomeno;
- Ø La capacità di discriminare tra due condizioni/situazioni oggettivamente diverse;
- Ø La capacità di dare gli stessi risultati in prove ripetute nelle stesse condizioni;
- Ø La capacità di cogliere in termini essenziali il fenomeno nel suo complesso.

e in base alla reale disponibilità o reperibilità dei dati da parte dell'ARPA, per l'analisi del territorio Regionale sono stati scelti i seguenti indicatori:

· *L'area efficace:* l'analisi territoriale ha evidenziato punti critici quali le differenti conformazioni morfologico/geografiche delle diverse aree della Regione, la disomogenea densità di popolazione, la distribuzione di impianti (SRB e radio TV) non uniforme. Onde evitare dati falsati da aree estese e poco popolate (principalmente zone di montagna o ad uso quasi esclusivamente agricolo) si è tenuto conto, Comune per Comune, solo delle Sezioni Censuarie del Censimento 1991 con una popolazione di almeno 10 abitanti e comunque con una densità di popolazione di almeno 5 unità per km<sup>2</sup> ricavando così l'Area efficace attribuibile ad ogni Comune. Ne consegue una selezione di aree dei territori comunali che privilegia quelle più popolate e quindi di maggior interesse da un punto di vista protezionistico.

Figura 1 – Comune di Tarvisio, estrazione dell'area efficace



· *La popolazione effettiva:* è calcolata sommando la popolazione delle sezioni censuarie costituenti l'area efficace associata ad ogni Comune. Il dato relativo al numero di abitanti è stato ricavato sulla base del censimento del 1991, non essendo disponibile il dato associato alle singole sezioni censuarie aggiornato al 2001, ma solo quello relativo alla popolazione totale di ogni Comune. Si è ritenuto quindi ragionevole, estrapolare la popolazione effettiva aggiornata al 2001 moltiplicando la popolazione totale 2001 per il rapporto tra la popolazione effettiva e quella totale al 1991.

· *Numero di punti di misura per Comune:* è il numero di misure puntuali eseguite dall'ARPA FVG nella sua normale attività di monitoraggio a partire dall'anno 2001 fino a luglio 2005.

Tabella 1 - numero di misure eseguite per Provincia

Provincia	Numero totale di misure
Udine	5377
Trieste	716
Pordenone	2243
Gorizia	1076
TOTALE	9412

· *Valore medio del campo elettrico:* è ricavato come media aritmetica dei valori rilevati in ogni Comune attraverso le misure puntuali di cui sopra eseguite in banda larga, nell'intervallo di frequenze tra 100 KHz e 3 GHz, prevalentemente a livello del suolo stradale in aree liberamente accessibili alla popolazione e, solo nei casi strettamente necessari, in pertinenze private. Il valore medio del campo elettrico viene calcolato come media aritmetica di tutti i valori di campo misurati sul territorio comunale, non limitando l'analisi alle sole aree efficaci. Questo viene fatto in via cautelativa, per dare peso anche alle misure degli impianti radio TV spesso collocati lontano dai centri abitati e quindi all'esterno delle aree efficaci.

· *Numero degli impianti per Comune:* è il numero di stazioni radiobase (SRB) e emittenti radio-TV presenti in ogni Comune. Per quanto riguarda le prime, la loro realizzazione o riconfigurazione è regolamentata dalla Normativa regionale (L.R. 6 dicembre 2004, n. 28) che prevede l'emissione di un parere tecnico preventivo da parte dell'ARPA e obbligano quindi i gestori a fornire all'Agenzia un progetto completo dell'impianto con tutti i dati radioelettrici. La presenza di un catasto completo e aggiornato delle SRB presenti in Regione ha permesso di prendere in considerazione rispettivamente la copertura dei territori comunali, valutando la distribuzione spaziale degli impianti, e il livello teorico di esposizione della popolazione, elaborando i dati tecnici dell'impianto. Per quanto riguarda gli impianti radiotelevisivi l'estrazione di dati d'interesse è più complicata, in quanto non esiste una normativa regionale che obblighi i gestori a fornire i dati dei propri impianti all'ARPA; di conseguenza la risposta alle richieste di fornitura dati da parte dell'Agenzia è lasciata alla discrezione delle singole

emittenti, inoltre poiché la zona di influenza dell'impianto, dal punto di vista dell'impatto elettromagnetico, non è in generale limitata al settore in cui l'impianto è installato, ma si estende su un'area ben più vasta, i dati relativi alla collocazione dell'impianto ed alla potenza non permettono di caratterizzare il solo settore in cui l'impianto è collocato.

## B) ELABORAZIONE STATISTICA

Estrate tutte le informazioni significative sul territorio (indicatori) e rese confrontabili con il processo di normalizzazione, si analizzano i vari indicatori per stabilirne le eventuali correlazione tra coppie di indicatori.

Il grado di correlazione tra gli indicatori viene sintetizzato in Tabella 2, nella quale viene usata la notazione

**AS** per indicare una situazione di correlazione "Altamente Significativa";  
**S** per indicare una situazione di correlazione "Significativa";  
**NS** per indicare una situazione di correlazione "Non Significativa".

Tabella 2 - coefficienti di correlazione lineare calcolati tra le varie coppie di indicatori

Significatività della Correlazione	Numero Misure				Campo Medio [V/m]				Numero Impianti			
	UD	TS	PN	GO	UD	TS	PN	GO	UD	TS	PN	GO
Provincia												
Popolazione Effettiva	AS	AS	AS	AS	NS	NS	NS	NS	S	S	S	S
Numero Misure					S	NS	S	NS	AS	AS	AS	AS
Campo Medio [V/m]									AS	S	AS	S

L'indicatore Popolazione effettiva presenta, in tutte le Province, correlazioni significative e altamente significative con gli indicatori Numero delle Misure e Numero di Impianti, ciò è giustificabile logicamente con l'osservazione che il maggior numero di utenti (popolazione) richiede un maggior numero di impianti, cui corrisponde un monitoraggio più attento (numero più elevato di punti di misura). Si può quindi ritenere che l'indicatore Popolazione effettiva incorpori anche le informazioni riguardanti gli altri due indicatori, quindi, ai fini della definizione della graduatoria dei settori, si tralasciano gli indicatori Numero delle Misure e Numero di Impianti mantenendo l'indicatore Popolazione effettiva.

L'indicatore Campo medio, invece, non è correlato alla Popolazione effettiva; esso esprime l'esposizione dell'area ai campi elettromagnetici, tenendo conto sia delle emissioni degli impianti di telefonia che di quelle degli impianti radiotelevisivi, che spesso sono delocalizzati rispetto ai centri abitati.

Gli indicatori prescelti per la definizione della graduatoria sono quindi Popolazione Effettiva e Campo Medio, indipendenti tra loro, e contenenti tutte le informazioni indispensabili per la determinazione dell'esposizione della popolazione.

## C) FUNZIONE DI SINTESI E VALUTAZIONE DELLA GRADUATORIA

I valori degli indicatori prescelti di per sé non consentono un confronto diretto tra i Comuni. Occorre eseguire un'operazione di sintesi consistente in una riduzione/passaggio ad un unico valore, detto indice sintetico, che rappresenta il punteggio, o il valore attribuito all'esposizione, per il singolo Comune e che permette quindi di stabilire una "graduatoria" e giungere infine alla decisione gestionale operativa di dove collocare le centraline.

L'indice sintetico viene definito come combinazione lineare degli indicatori secondo pesi, opportunamente definiti, che ne esprimono l'importanza; al variare della scelta del sistema ponderale, varia anche il valore assunto dall'indice sintetico.

Ai fini della formulazione della graduatoria si sono considerati soltanto i due indicatori Popolazione Effettiva e Campo Medio, ai quali sono stati attribuiti i pesi come dalla successiva Tabella 3.

Tabella 3 - attribuzione dei pesi agli indicatori considerati.

INDICATORE	PESO ASSEGNATO
Popolazione Effettiva	70%
Campo Medio [V/m]	30%

L'attribuzione dei pesi riportati è arbitraria, ma giustificata dall'esigenza di tenere conto sia dell'emissione dei campi elettromagnetici che dei soggetti esposti. Si è assegnato maggior peso alla popolazione effettiva che al valore medio del campo misurato in modo da prediligere, ad ogni modo, luoghi densamente popolati piuttosto che località scarsamente frequentate e magari ospitanti un elevato numero di impianti e, conseguentemente, caratterizzate da valori di campo particolarmente elevati.

Per poter ulteriormente discutere la scelta dei pesi utilizzati è stata effettuata un'analisi di cograduazione con il test di Spearman che ha evidenziato come i Comuni che occupano i primi cinquanta posti della graduatoria risultano essere pressochè gli stessi al variare dei pesi nei range che vanno dal 50% e 50% al 70% per la popolazione e 30% al campo medio, a parte le varie permutazioni degli stessi che ai fini dell'esecuzione del monitoraggio, come descritto nel seguito, non hanno alcuna conseguenza.

#### D) ORGANIZZAZIONE DEL MONITORAGGIO ( FASE ATTUATIVA )

Si stila la graduatoria per identificare i Comuni che per motivi di popolazione e/o campi medi misurati risultano di maggior interesse da un punto di vista protezionistico.

Lo studio dei dati in possesso all'Agenzia e i limiti di tempo e strumentazione preposta al monitoraggio in continuo, hanno portato a stabilire che i primi cinquanta Comuni della graduatoria vengano caratterizzati tramite due punti di misura in continuo e i restanti tramite uno.

I risultati dell'analisi eseguita sono riassunti nella successiva Tabella 4.

Tabella 4 - Comuni monitorati con due punti di misura in continuo

Posizione	Comune	Posizione	Comune
1	MUGGIA	26	MORUZZO
2	MONFALCONE	27	PASIAN DI PRATO
3	AVIANO	28	DUINO AURISINA
4	SACILE	29	TARVISIO
5	CORDENONS	30	CASARSA DELLA DELIZIA
6	CORMONS	31	FAEDIS
7	ATTIMIS	32	BRUGNERA
8	CODROIPO	33	ZOPPOLA
9	GEMONA DEL FRIULI	34	FRISANCO
10	PORCIA	35	SAN DANIELE DEL FRIULI
11	SAN VITO AL TAGLIAMENTO	36	SAN GIORGIO DI NOGARO
12	TOLMEZZO	37	PASIANO DI PORDENONE
13	AZZANO DECIMO	38	TRICESIMO
14	CERVIGNANO DEL FRIULI	39	RAGOGNA
15	CIVIDALE DEL FRIULI	40	CAMPOFORMIDO
16	TAVAGNACCO	41	SAVOGNA D'ISONZO
17	LATISANA	42	BUIA
18	MANIAGO	43	CANEVA
19	SPIILIMBERGO	44	PRATA DI PORDENONE
20	TARCENTO	45	SAN FLORIANO DEL COLLIO
21	RONCHI DEI LEGIONARI	46	SUTRIO
22	FIUME VENETO	47	MANZANO
23	MONRUPINO	48	STARANZANO
24	SAGRADO	49	GRADISCA D'ISONZO
25	FONTANAFREDDA	50	POZZUOLO DEL FRIULI

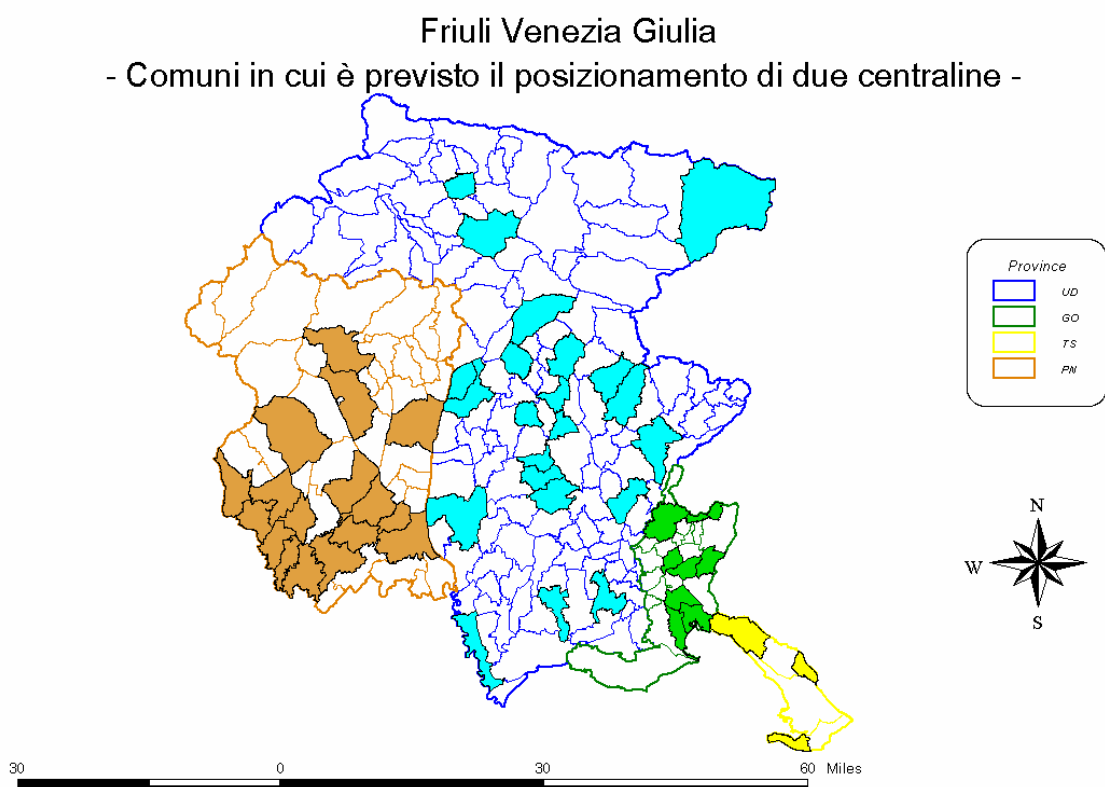
Il monitoraggio del territorio regionale così predisposto implica sinteticamente un impegno complessivo sulle varie Province pari a:

Tabella 5 - distribuzione dei Comuni con due punti di monitoraggio per Provincia

Provincia	Numero totale di comuni per Provincia	% di comuni per Provincia con due centraline	Numero di comuni con 2 centraline per Provincia	Numero di comuni con 1 centralina per Provincia
<b>UD</b>	135	15%	20	115
<b>TS</b>	5	60%	3	2
<b>PN</b>	50	34%	17	33
<b>GO</b>	23	26%	6	17

Si evidenziano nelle figure seguenti i Comuni che verranno monitorati in due punti, così come risulta dalla statistica.

Figura 2 – Comuni che verranno monitorati tramite due centraline



## Bibliografia

RTI CTN-AGF 4/2000: "Rassegna di indicatori e indici per il rumore, le radiazioni non ionizzanti e la radioattività ambientale" ; Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente.  
 RTI CTN-AGF 1/2002: "Criteri per la progettazione di reti nazionali di monitoraggio in continuo dei campi elettromagnetici"; Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente.  
 F.Buratto: "la Valutazione: aspetti metodologici" lezioni; Università degli Studi di Udine.  
 L. Soliani, F. Sartore, E. Siri: "Manuale di statistica per la ricerca e la professione: statistica bivariata parametrica e non-parametrica per le discipline ambientali e biologiche" Università di Parma (nov.2004).