

# **Livelli di induzione magnetica generati da linee elettriche a 380 kV nelle province di Udine e Pordenone: definizione delle priorità nella scelta dei siti di verifica ed esiti dei controlli**

Bampo A., Battistutta M., Menotti G., Montefusco C., Moretuzzo M., Tramontin L.  
ARPA FVG, Via Colugna 42, 33100 UDINE, lucia.tramontin@arpa.fvg.it

## **RIASSUNTO**

*Dal 2009 ARPA FVG ha intrapreso una campagna di controllo sistematico dei livelli di induzione magnetica generati dalle linee elettriche a 380 kV che attraversano il territorio delle province di Udine e Pordenone, mirato alla ricerca di eventuali criticità.*

*Per definire una scala di priorità dei comuni da controllare, è stato introdotto un indicatore che tiene conto della lunghezza del tracciato delle linee elettriche nel territorio comunale e del numero di edifici ricadenti in un buffer di 50 m dall'asse delle linee.*

*Le verifiche sono state effettuate tramite misure con centraline di monitoraggio in continuo in alcuni siti scelti con la collaborazione delle Amministrazioni Comunali.*

*Sono di seguito riportati gli esiti dei controlli fino a qui condotti e l'elaborazione dei dati relativi ad alcuni monitoraggi per i quali sono disponibili anche i dati di corrente nel periodo di misura.*

## **INTRODUZIONE**

Dal 2009 ARPA FVG ha intrapreso un'attività di controllo sistematico dei livelli di induzione magnetica generati dagli elettrodotti ad alta tensione presenti sul territorio del Friuli Venezia Giulia, finalizzata all'aggiornamento e all'incremento di misure relative all'esposizione della popolazione ai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza. Un significativo impulso all'attività è stato dato dall'entrata in vigore del D.M. 29/05/2008 sulla "Procedura di misura e di valutazione del valore di induzione magnetica utile ai fini della verifica del non superamento del valore di attenzione e dell'obiettivo di qualità", che ha reso necessario effettuare *misure dirette prolungate per almeno 24 ore*. I dati già disponibili sono pertanto stati integrati con valori acquisiti secondo le nuove prescrizioni di legge.

Poiché il catasto degli elettrodotti ad alta ed altissima tensione sul territorio regionale non è completo, non si è potuto fare affidamento su calcoli predittivi per determinare le eventuali situazioni di criticità da controllare; si è reso quindi necessario stabilire dei criteri di priorità per la scelta dei siti di verifica basati su parametri facilmente ricavabili dalle informazioni a disposizione.

E' stato scelto, inoltre, di coinvolgere i comuni sia per rendere consapevoli le amministrazioni locali delle problematiche ambientali e sanitarie legate alla presenza di elettrodotti sul territorio, sia per ottenere un supporto di tipo organizzativo come tramite tra ARPA e cittadini.

Sulla base di queste valutazioni preliminari sono stati stabiliti i criteri per creare un indice di priorità dei comuni da coinvolgere nella valutazione e, all'interno dei comuni, dei siti da verificare.

## **DETERMINAZIONE DELLE PRIORITA'**

Per l'attività di aggiornamento e integrazione delle misure si è scelto di privilegiare la verifica di siti nelle vicinanze di linee elettriche a 380 kV, essendo queste delle sorgenti di elevati livelli di induzione magnetica. Tuttavia solo di una parte di esse, quelle nella provincia di Udine, sono noti i dati tecnici e geometrici dei tralicci. Per le linee a 380 kV in provincia di Pordenone le poche informazioni disponibili riguardano solo i dati delle campate presenti nel comune di Pordenone, forniti dal gestore nel contesto di uno studio specifico.

Dopo aver identificato i tracciati delle linee elettriche a 380 kV, che si estendono per una lunghezza di circa 125 km, di cui 8 km in doppia terna, sono stati selezionati i comuni delle province di Udine e Pordenone interessati dall'attraversamento degli elettrodotti. In totale i comuni attraversati sono 35 di cui 24 in provincia di Udine e 11 in provincia di Pordenone.

Su supporto cartografico sono stati costruiti dei buffer di 50 m dall'asse delle linee e selezionati gli edifici da essi intersecati. La distanza di 50 m corrisponde al valore della Distanza di prima approssimazione valutata per alcune campate di linee a 380 kV in singola terna. Essa fornisce un semplice parametro per determinare, in prima istanza, gli edifici che possono essere esposti ad un livello significativo di induzione magnetica.

Con l'intento di definire una lista di priorità dei comuni da contattare per le verifiche, è stato creato un indice  $I_{50}$  che dipende dalla lunghezza in km,  $l_c$ , delle linee a 380 kV all'interno di ogni singolo comune e dal numero,  $n_c$ , di edifici nel comune intersecati dai buffer di 50 m, ed è descritto dalla seguente formula:

$$I_{50} = \frac{l_c}{l_{tot}} \frac{n_c}{n_{tot}} 100$$

dove  $l_{tot}$  e  $n_{tot}$  sono rispettivamente la lunghezza totale, espressa in km, delle linee e il numero totale di edifici individuati.

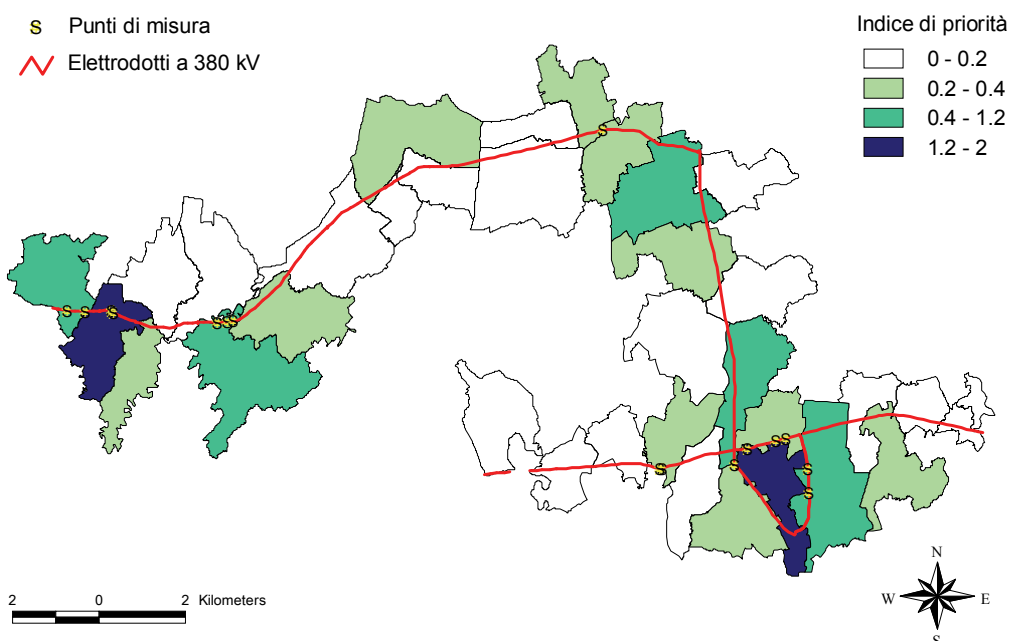
L'indice  $I_{50}$ , in sintesi, stima la superficie di territorio comunale interessato dalla presenza di livelli significativi di induzione magnetica (più km di elettrodotto, maggiore superficie) e la presenza di potenziali recettori (più edifici nel buffer di 50 m, maggior numero di potenziali recettori). L'indice è nullo in assenza di edifici e, a parità di numero di edifici, è più alto per quei comuni in cui è maggiore la lunghezza delle linee che attraversano il territorio. In tal modo si sono volute privilegiare le situazioni in cui l'esposizione dei recettori è più varia, rispetto ai casi in cui gli edifici sono maggiormente concentrati in un'area limitata del territorio.

Per verificare sul campo la significatività dei criteri scelti, sono stati effettuati dei sopralluoghi controllando la destinazione d'uso degli edifici individuati all'interno dei buffer e l'eventuale presenza di fabbricati non riportati sulla cartografia regionale; conseguentemente è stata stilata la lista definitiva delle priorità.

Sono quindi stati coinvolti i comuni ai quali sono state inviate le planimetrie con l'indicazione degli edifici intersecati dal buffer di 50 m ed è stata chiesta la loro collaborazione nel contattare i cittadini ivi residenti. La maggior parte dei comuni ha risposto in modo collaborativo all'iniziativa fornendo liste di nominativi e mettendo in grado i tecnici di ARPA di pianificare in maniera ottimizzata le verifiche.

In figura 1 sono riportati i tracciati degli elettrodotti a 380 kV ed i comuni interessati dall'attraversamento delle linee. I comuni sono rappresentati con colori diversi a seconda dell'indice di priorità  $I_{50}$ ; i punti di misura fino ad oggi effettuati sono indicati da cerchi gialli.

Figura 1 – Tracciato delle linee a 380 kV nelle province di Udine e Pordenone



## SCelta DEI PUNTI DI MISURA

Poiché l'intento dell'indagine è la verifica del non superamento del valore di attenzione nelle modalità previste dal D.M. 29/05/2008, "Procedura di misura e di valutazione del valore di induzione magnetica utile ai fini della verifica del non superamento del valore di attenzione e dell'obiettivo di qualità", in ciascun punto scelto è stata collocata una centralina per la misura in continuo del campo di induzione magnetica. In genere il periodo di misura è stato di circa una settimana, in modo da poter monitorare le variazioni del campo magnetico sia nel passaggio dal periodo diurno al notturno che nel passaggio da giorni lavorativi a giorni festivi.

Sulla base degli elenchi forniti dai comuni sono stati scelti, quando possibile, gli edifici più vicini alle linee elettriche. La collocazione della centralina di monitoraggio è stata, di volta in volta, preceduta da una indagine nelle pertinenze esterne dell'edificio, atta all'individuazione del punto esposto ai livelli più elevati di induzione magnetica e alla misura del valore massimo di campo elettrico nell'area.

## RISULTATI DELLE MISURE

In totale, fino ad oggi, sono stati misurati i livelli di induzione magnetica in 16 siti. Gli esiti dei monitoraggi sono riassunti nella seguente tabella 1. L'incertezza strumentale delle centraline utilizzate (incertezza estesa con  $k = 2$ ) è inferiore al 10%.

Tabella 1 – Esiti dei monitoraggi presso linee a 380 kV

| Punto di misura | Comune                | Linee elettriche | B mediana ( $\mu\text{T}$ ) |
|-----------------|-----------------------|------------------|-----------------------------|
| 1               | SACILE                | 21.361           | 1.3                         |
| 2               | SACILE                | 21.361           | 3.7                         |
| 3               | BRUGNERA              | 21.361           | 5.4                         |
| 4               | BRUGNERA              | 21.361           | 0.7                         |
| 5               | AZZANO DECIMO         | 21.361           | 1.4                         |
| 6               | AZZANO DECIMO         | 21.361           | 0.3                         |
| 7               | AZZANO DECIMO         | 21.361           | 4.6                         |
| 8               | COSEANO               | 21.361           | 0.9                         |
| 9               | PORPETTO              | 21.347           | 1.2                         |
| 10              | PORPETTO              | 21.347           | 7.2                         |
| 11              | SAN GIORGIO DI NOGARO | 21.347           | 1.6                         |
| 12              | POCENIA               | 21.347           | 0.7                         |
| 13              | POCENIA               | 21.347           | 0.6                         |
| 14              | CARLINO               | 21.321           | 3.2                         |
| 15              | TORVISCOSA            | 21.347-21.356    | 4.2                         |
| 16              | SAN GIORGIO DI NOGARO | 21.347-21.356    | 1.4                         |

Per ognuno dei siti di misura è stata redatta una scheda riassuntiva del monitoraggio, inviata al comune ed ai proprietari delle abitazioni, nella quale è riportata la collocazione geografica del punto di misura rispetto alla linea elettrica rappresentata su un estratto della carta tecnica regionale. Sono inoltre indicati il periodo di monitoraggio, il valore di induzione magnetica inteso come mediana nelle 24 ore e il valore massimo di induzione magnetica registrato dalla centralina, nonché il valore di campo elettrico misurato durante l'ispezione preliminare del sito. Le grandezze misurate sono state confrontate con i rispettivi valori di riferimento.

In tutti i punti è stato verificato che per l'induzione magnetica il valore di attenzione non è stato superato.

Nei punti 3 e 10, nei quali il valore della mediana di induzione magnetica è superiore al 50% del valore di attenzione, sarà opportuno effettuare nuove misure in diversi periodi dell'anno.

## VALUTAZIONE INDIRETTA DELL'INDUZIONE MAGNETICA

Per la linea 21.361 sono stati chiesti al gestore i dati di corrente dell'elettrodotto nel periodo di monitoraggio, forniti come valore di corrente istantanea con frequenza di un campione ogni 15 minuti, e il valore massimo della mediana di corrente nelle 24 ore nei 365 giorni precedenti la campagna di misure. Il gestore non ha fornito l'incertezza attribuita ai dati di corrente.

Per i monitoraggi della linea 21.361, come evidenziato in tabella 1, sono disponibili 8 insiemi di circa 600 coppie sincrone di induzione magnetica misurata e corrente circolante, ai quali è stata applicata la valutazione indiretta utile per la stima del livello di esposizione. Tutti i monitoraggi sono caratterizzati da un'ampia variabilità di corrente che dipende sia dal passaggio giorno/notte che dal passaggio giorni feriali/giorni festivi.

Dopo aver escluso i valori di induzione magnetica inferiori o uguali a  $0.1 \mu\text{T}$ , è stato verificato il coefficiente di correlazione tra induzione magnetica e corrente. Uno dei monitoraggi è stato escluso in quanto presenta un valore del coefficiente di correlazione inferiore a 0.9 (punto di misura 6 di tabella 1). Si tratta del punto più distante dalla linea, in cui i valori di induzione magnetica misurati, inferiori a  $0.5 \mu\text{T}$ , sono probabilmente influenzati anche dalla presenza di una linea elettrica a media tensione che transita nelle vicinanze.

I valori di induzione magnetica estrapolati per i rimanenti punti di misura sono stati calcolati facendo riferimento alla corrente mediana massima nei 365 giorni precedenti la campagna di misura e sono riportati in tabella 2. Per la valutazione dell'incertezza associata è stata ipotizzata un'incertezza pari al 10% sui valori di corrente (incertezza massima prevista nella Procedura di valutazione) ed un'incertezza del 5% sui valori di induzione magnetica fornita dai certificati di taratura.

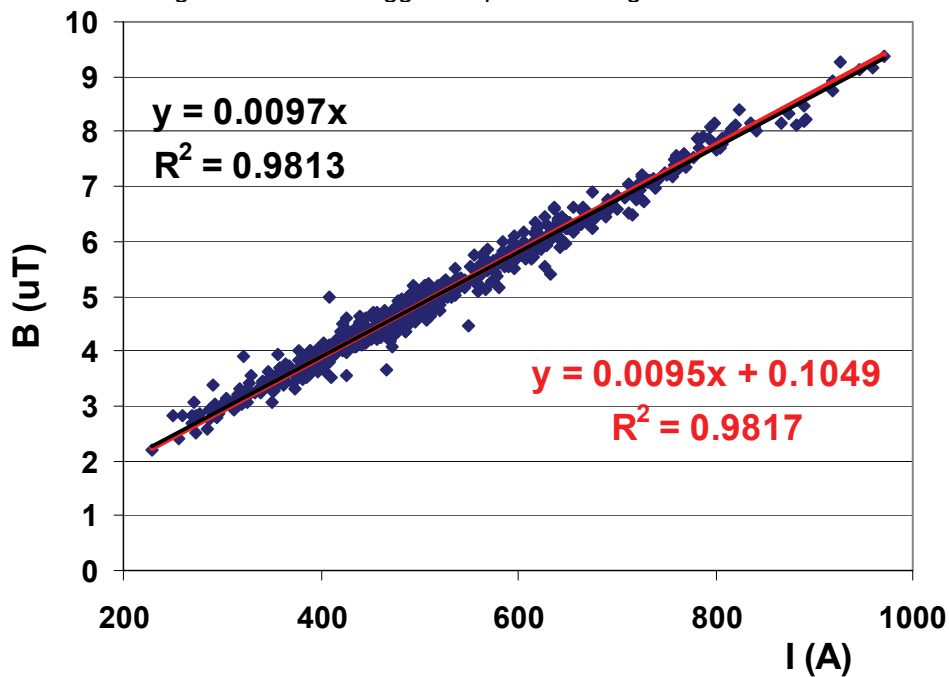
Tabella 2 – Valutazione indiretta dell'induzione magnetica

| Punto di misura | B estrapolata ( $\mu\text{T}$ ) | Incetezza (con $k = 2$ ) | Coefficiente di correlazione |
|-----------------|---------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| 1               | 2.7                             | 0.5                      | 0.98                         |
| 2               | 5.9                             | 1.2                      | 0.99                         |
| 3               | 9.0                             | 1.8                      | 0.99                         |
| 4               | 1.0                             | 0.2                      | 0.93                         |
| 5               | 1.9                             | 0.4                      | 0.96                         |
| 7               | 4.5                             | 0.9                      | 0.99                         |
| 8               | 1.2                             | 0.2                      | 0.97                         |

Per tutti i punti di misura di tabella 2 si può affermare che è garantita la dipendenza lineare tra induzione magnetica misurata e corrente circolante e che il valore di induzione estrapolato non supera il valore di attenzione previsto dalla normativa ( $10 \mu\text{T}$ ). Infatti in tutti i casi, tranne nel punto 3, il valore B estrapolato sommato all'incertezza è inferiore a  $10 \mu\text{T}$ . Nel punto 3, invece, il valore di B estrapolato non può essere confrontato direttamente con i  $10 \mu\text{T}$ , poiché il rapporto tra incertezza associata e induzione magnetica valutata è pari al 20%. In ogni caso, come già osservato, nel punto 3 sarà necessario effettuare una nuova campagna di misura.

A titolo di esempio in figura 2 è riportato l'andamento dell'induzione magnetica misurata in funzione della corrente circolante. Si può osservare l'ampio intervallo di variabilità delle grandezze e la buona dipendenza lineare descritta dalle due rette di regressione lineare ottenute imponendo o meno il passaggio per l'origine.

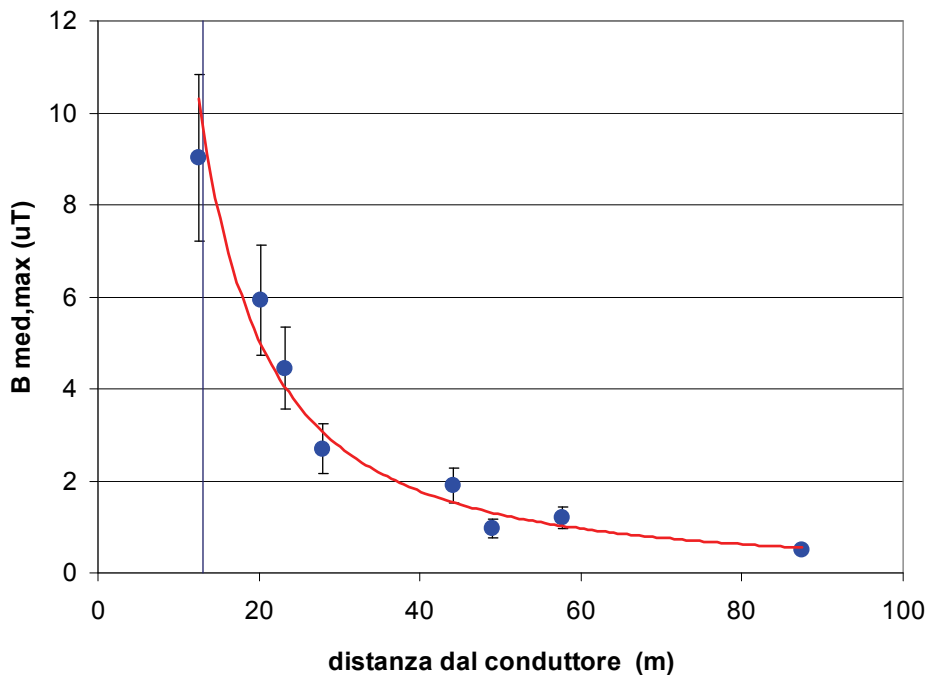
Figura 2 – monitoraggio nel punto 3 e regressioni lineari



### ANALISI SPAZIALE DELLE MISURE

Come noto, i parametri più significativi nella valutazione dell'esposizione al campo di induzione magnetica generato da linee elettriche sono la corrente circolante e la distanza del recettore dai conduttori. Per i punti di tabella 2 il calcolo dell'induzione magnetica è stato effettuato con uno stesso valore di corrente (la corrente mediana massima nei 365 giorni precedenti le misure) e pertanto, fissato il valore di questo parametro, è stata ricercata l'attesa dipendenza dalla distanza dai conduttori. In prima approssimazione sono stati trascurati gli effetti della geometria dei sostegni perché, durante il sopralluogo, è stato osservato che la linea è costituita principalmente da sostegni di tipo delta simili tra loro.

Figura 3 – Induzione magnetica da valutazione indiretta in funzione della distanza dal conduttore più vicino



In figura 3 si riportano i valori di induzione magnetica di tabella 2 in funzione della distanza dal conduttore più vicino della linea elettrica.

La dipendenza è con buona approssimazione descritta da una legge di potenza indicata dalla linea di tendenza in rosso.

Si può constatare che ad una distanza  $d_0$  maggiore di 13 m dal conduttore più vicino i livelli di induzione magnetica estrapolati sono inferiori a  $10 \mu\text{T}$ . Questa distanza, misurabile sul campo (ad esempio con un telemetro), fornisce un criterio restrittivo per individuare le situazioni di criticità in prossimità della linea elettrica 21.361; pertanto anche in assenza dei dati tecnici necessari per la simulazione dell'induzione magnetica è possibile effettuare una prima valutazione dell'esposizione in luoghi o edifici con permanenza superiore alle 4 ore non accessibili.

La distanza  $d_0$  varia in funzione della corrente mediana massima utilizzata nel calcolo e può essere ricalcolata nel caso in cui dai dati storici dell'elettrodotto risulti un aumento della corrente mediana nelle 24 ore.

## CONCLUSIONI

L'attività di verifica dell'esposizione della popolazione a campi magnetici generati da linee ad Altissima Tensione nelle province di Udine e Pordenone, pur pianificata a partire da un limitato numero di informazioni tramite la creazione di un indice di priorità, ha permesso fino ad oggi di monitorare 16 punti di misura e di trovare, tra questi, due situazioni di criticità che richiedono ulteriori indagini.

Per una delle linee a 380 kV in esame, avendo a disposizione i dati di corrente durante i monitoraggi, l'indagine è stata approfondita valutando nei punti di misura la massima esposizione calcolata con la mediana di corrente massima nei 365 giorni precedenti i monitoraggi. Dall'elaborazione dei dati è emerso un criterio restrittivo per la ricerca di altri eventuali casi critici trascurati in un primo momento.

Nella pianificazione delle misure la collaborazione con le Amministrazioni Comunali è stata fondamentale ed ha consentito di ottimizzare i tempi delle verifiche.

Per le linee a 380 kV l'attività sta volgendo al termine. L'intento, in futuro, è di estendere i controlli alle linee a 220 kV e 132 kV, applicando un analogo criterio di priorità.

## BIBLIOGRAFIA:

- D.M. 29/05/2008 "Procedura di misura e di valutazione del valore di induzione magnetica utile ai fini della verifica del non superamento del valore di attenzione e dell'obiettivo di qualità" – art. 5 DPCM 08.07.03 (GU 200 del 29.08.03);
- D.M. 29/05/2008 "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti";
- Colonna N., Licitra G. "Valutazione indiretta dell'induzione magnetica: Verifiche su casi reali della procedura fissata dal DM 29.05.08" atti convegno controllo ambientale degli agenti fisici – Vercelli 2009