

# Strumenti per una mappatura degli elettrodotti: database, software di simulazione e monitoraggio

Benes M., Comelli M., Drigo A., Giovani C., Montanari F., Villalta R.

ARPA Friuli Venezia Giulia, piazza Grande 1 – 33057 Palmanova (UD)  
villalta@arpa.fvg.it

## *Abstract*

Presso l'ARPA FVG è stato messo a punto un database degli elettrodotti AT/AAT che insistono sul territorio della provincia di Udine, comprensivo dei dati tecnici dei tralicci nonché dei valori di corrente. In ambiente GIS sono stati implementati l'accesso al database, la rappresentazione grafica delle linee, l'avvio del software di simulazione CMagnetico tramite un'applicazione dedicata, nonché la visualizzazione delle mappe di induzione magnetica. Con l'ausilio del database sono stati individuati dei punti di misura presso linee singole ed è stata valutata la coerenza fra le procedure sperimentali adottate e le previsioni del software. Nel caso di due linee indipendenti si è optato per il monitoraggio in continuo del campo magnetico in vista delle procedure di misura previste nella bozza di decreto attuativo della L. 36/01. Sulla base di tali dati è stato possibile formulare dei suggerimenti procedurali per l'esecuzione e l'analisi del monitoraggio.

## I. NOTE INTRODUTTIVE

ARPA FVG ha intrapreso, a partire dal settembre 2002, uno studio sull'esposizione della popolazione della provincia di Udine ai campi ELF dovuti alle linee di trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica ad alta (AT) ed altissima tensione (AAT) [1]. Tali linee interessano il territorio della provincia con circa 3600 campate, per uno sviluppo complessivo di 1365 km, suddivisi come segue: 596 km di linee a 132 kV; 250 km di linee a 220 kV; 166 km di linee a 380 kV; 353 km di linee a 60 kV. Le linee a 380 e 220 kV fanno parte della Rete Trasmissione Nazionale (RTN), di patrimonio della società TERNA S.p.A. e gestite dal Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale (GRTN); quelle a 132 kV sono gestite da ENEL Distribuzione, TERNA, RFI – Rete Ferroviaria Italiana, Caffaro SpA. Infine, vi è una doppia linea elettrica a 60 kV gestita da RFI.

Nel presente lavoro vengono descritti i primi risultati ottenuti nell'ambito del progetto, che prevede tre fasi in corso di esecuzione:

- realizzazione di un catasto delle linee;
- individuazione, per ciascuna linea, di fasce di attenzione definite rispetto a valori prefissati di campo magnetico (in particolare, il valore di qualità di 0,2  $\mu$ T previsto dalla L. R. 30 giugno 1993, n. 27 della Regione Veneto). Questo obiettivo viene perseguito per mezzo di simulazioni, validate da misure;
- valutazione dell'entità della popolazione esposta ed individuazione dei siti sensibili.

## II. CATASTO DELLE LINEE

Nella prima fase del progetto i tracciati di tutte le linee sono stati georeferenziati sulla Carta Tecnica Regionale Numerica (CTRN) (Figura 1); i dati sono stati organizzati in due database, uno per i sostegni ed uno per le campate, collegati ciascuno ad un file ESRI<sup>®</sup>.shp.

Rispetto alle linee guida tracciate dall'ANPA [2] e dal gruppo di lavoro cEr/CeN dell'ENEA [3] per la realizzazione delle banche dati delle sorgenti di inquinamento elettromagnetico, si è scelto di utilizzare una struttura dei database semplificata, riducendo il numero delle classi, pur mantenendo integro il contenuto di informazione.

Gli edifici georeferenziati sulla CTRN distanti meno di 200 m dalle linee sono stati a loro volta inseriti in un database dello stesso tipo dei precedenti (Figura 1).

I dati delle tabelle, ove i gestori li abbiano forniti in modo esaustivo, consentono di simulare il campo dell'induzione magnetica prodotto da ciascuna terna di conduttori; per esempio, ogni sostegno viene descritto attraverso le coordinate di ciascun punto di sospensione dei conduttori, mentre per le campate si riporta il parametro della catenaria.

Per quanto riguarda le correnti, nelle simulazioni possono essere utilizzati i valori medi annui o i valori di 95° percentile riportati nel database, nel caso si intenda valutare l'esposizione della popolazione, od i valori istantanei forniti di volta in volta dal gestore, qualora si voglia simulare il risultato di una misura.

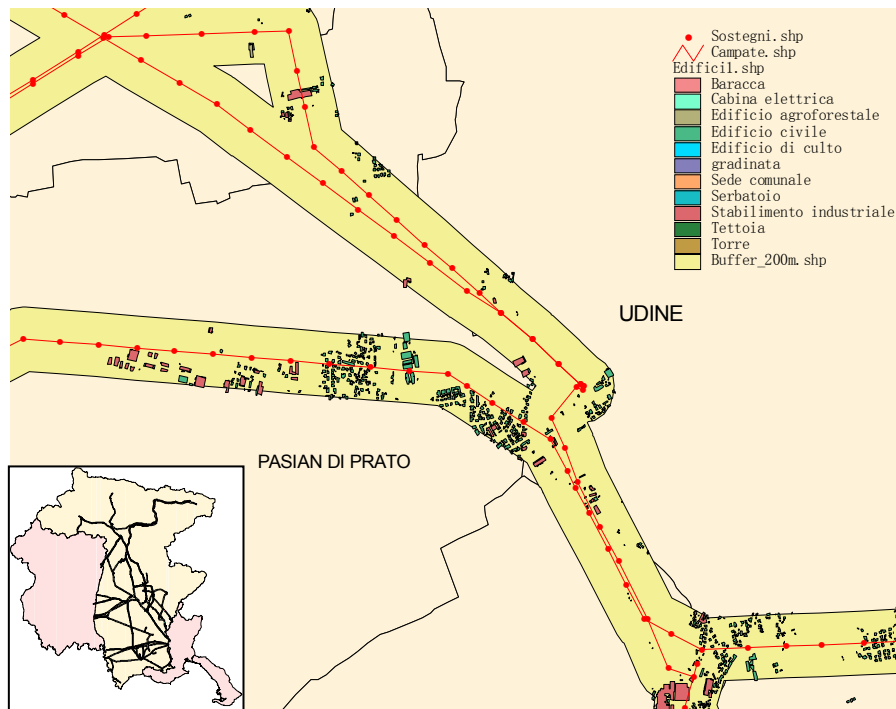
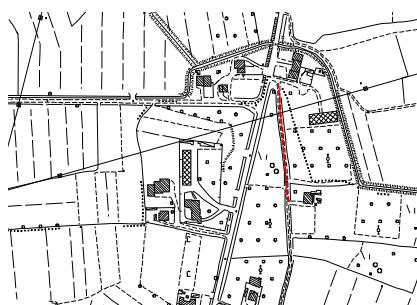


Figura 1: Schermata di ArcView<sup>®</sup> con i temi del progetto presentato

### III. MISURE DA LINEA SINGOLA

Nel caso di elettrodotti costituiti da un'unica linea, il valore dell'induzione magnetica in prossimità della linea risulta direttamente proporzionale all'intensità di corrente circolante. Scopo delle misure è quello di valutare il grado di coerenza tra i valori misurati e le previsioni del software di simulazione CMagnetico (realizzato dall'Istituto Trentino di Cultura), ottenute a partire dai dati forniti dall'ente gestore.

Con l'ausilio del database degli elettrodotti è stato possibile individuare sulla CTRN due linee singole campione a 380 kV. In Figura 2 viene mostrata la linea 21347 Planais-Salgareda, presso il sostegno 142, mentre in Figura 3 è rappresentata la linea 21356 Planais-Redipuglia, in prossimità del sostegno 160. Sono state eseguite due misure di profilo dell'induzione magnetica trasversalmente alle linee utilizzando il sistema di misura EMDEX II nella versione LINDA, in cui lo strumento palmare viene fissato su di una rotella munita di contagiri. Nelle Figure 2 e 3 viene mostrato sia il percorso sulla CTRN che il confronto, per il profilo dell'induzione magnetica, tra le misure ed il calcolo.



La linea rossa tratteggiata indica il percorso seguito

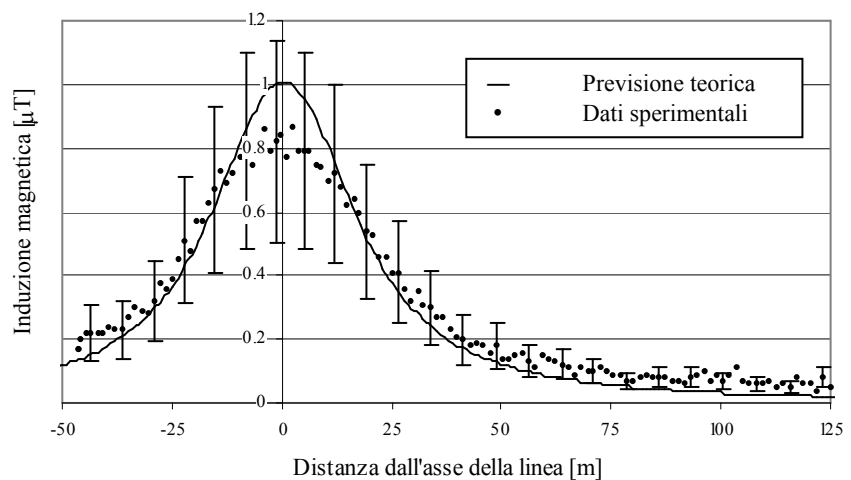


Figura 2: Confronto tra dati sperimentali e previsione teorica: Linea 21347 (380 kV, Planais-Salgareda) a San Giorgio di Nogaro (UD).

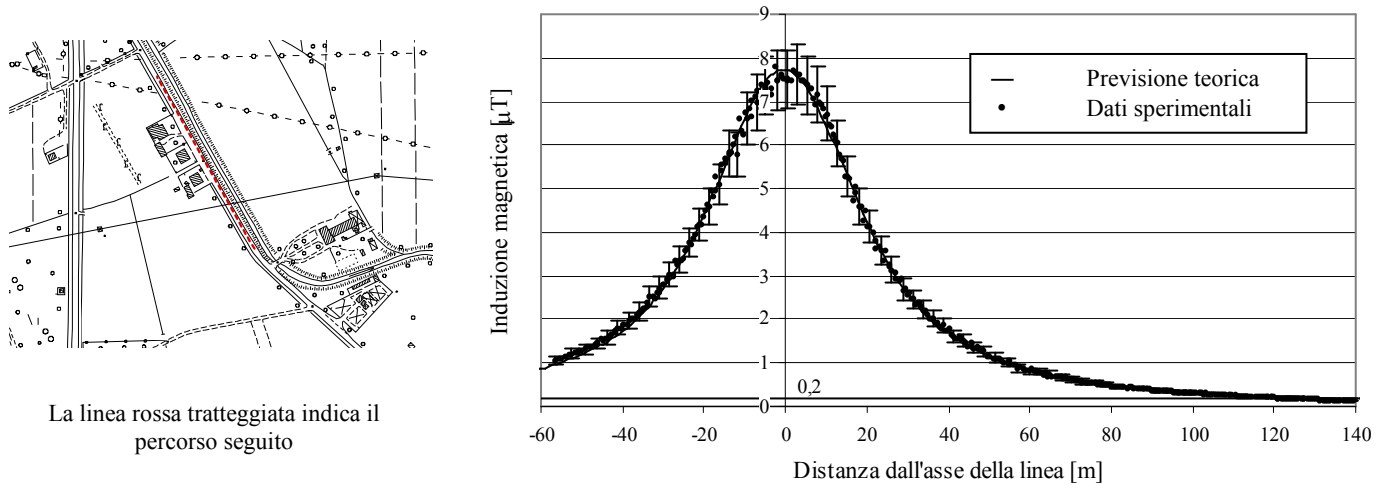


Figura 3: Confronto tra dati sperimentali e previsione teorica: Linea 21356 (380 kV, Planais-Redipuglia) a Cervignano del Friuli (UD)

È anche possibile desumere dai grafici l'estensione della fascia con valori superiori agli  $0,2 \mu\text{T}$ .

Sui dati è stato fatto uno studio del chi quadrato ridotto  $\tilde{\chi}^2$  [4]. È stato assunto un errore sperimentale del 3%, come riportato nel manuale d'uso dello strumento, al quale viene sommata in quadratura la fluttuazione percentuale di corrente, ricavabile dai dati forniti dall'ente gestore. Nel caso della linea 21347, per un valore della corrente di  $130 \pm 50 \text{ A}$  (a fronte di una corrente media di  $284 \text{ A}$  e 95° percentile di  $736 \text{ A}$  nell'anno 2002), il valore del  $\tilde{\chi}^2$  con 84 gradi di libertà risulta pari a 1,0. Nel caso della linea 21356, per un valore della corrente di  $1110 \pm 90 \text{ A}$  (a fronte di una corrente media di  $899 \text{ A}$  e 95° percentile di  $1811 \text{ A}$  nell'anno 2002), è stato ottenuto un  $\tilde{\chi}^2$  con 200 gradi di libertà pari a 0,6. In nessun caso il valore del  $\tilde{\chi}^2$  ottenuto comporta il rigetto dell'ipotesi di consistenza fra le misure e la simulazione, fissata al 5% la soglia di rigetto.

#### IV. MISURE DA DUE LINEE INDIPENDENTI

Nel caso di elettrodotti costituiti da due linee indipendenti parallele e sostenute dagli stessi tralicci, il valore dell'induzione magnetica misurata in prossimità delle linee non risulta più direttamente proporzionale alle intensità di corrente circolanti, a causa del fatto che, al momento della misura, le due linee si trovano in una configurazione di fase relativa imprevedibile [5]. Mancando l'informazione su tale quantità, i valori di induzione magnetica calcolati con il software di simulazione non si accorderanno necessariamente con i risultati sperimentali.

La legge 22 febbraio 2001, n. 36 demanda ad un decreto, non ancora emanato, la regolamentazione in materia di campi elettromagnetici a frequenza industriale. Una sua bozza suggerisce come valore di attenzione per l'induzione magnetica  $10 \mu\text{T}$ , da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio dell'elettrodotto.

Facendo uso del database degli elettrodotti è stato individuato un tratto nel Comune di Torviscosa (UD) in cui le due linee descritte al paragrafo precedente procedono parallele sugli stessi tralicci. Si è quindi optato per l'impiego di una centralina di monitoraggio in continuo dell'induzione magnetica. Lo strumento (PMM 8055) registra ogni minuto la media aritmetica dei valori efficaci acquisiti di induzione magnetica. In tal modo è stata presa in considerazione la bozza del futuro decreto, e si è cercato di ovviare al problema della fase relativa sostituendo tale mancanza di informazione con un monitoraggio esteso nel tempo. È stata compiuta un'analisi statistica dei dati raccolti nell'arco temporale di un mese. Si definisce  $\Gamma$  come la differenza percentuale tra la mediana e la media valutate sulle 24 ore. La bozza del futuro decreto non indica quale finestra temporale di 24 ore scegliere, ed è stata quindi fatta un'analisi su tutte le possibili: la prima dalle 0:00 alle 0:00 del giorno successivo, la seconda dalle 1:00 alle 1:00 del giorno successivo, e così via. Per ogni finestra scelta, la quantità  $\Gamma$  si comporta ad esempio come in Figura 4a), in cui è stato riportato un valore di  $\Gamma$  per ogni giorno del mese di misure. Poiché  $\Gamma$  manifesta un comportamento variabile, al fine di avere un'informazione statistica sul lungo periodo è stato calcolato il suo livello medio  $\bar{\Gamma}$ . Questo è stato fatto per ognuna delle 24 finestre temporali. Nel grafico di Figura 4b) è stato messo in evidenza il circolo individuato dall'equazione  $\bar{\Gamma} = 0$ . È possibile osservare come i valori di  $\bar{\Gamma}$  siano nella maggioranza dei casi esterni al circolo ( $\bar{\Gamma} < 0$ ), cioè con mediana inferiore alla media, mentre in un insieme limitato di casi siano interni al circolo ( $\bar{\Gamma} > 0$ ), cioè con mediana superiore alla media. Procedendo con l'analisi statistica, è possibile ricavare la media di  $\bar{\Gamma}$  e la sua deviazione standard ottenendo:  $-2.8 \pm 3.0$ .

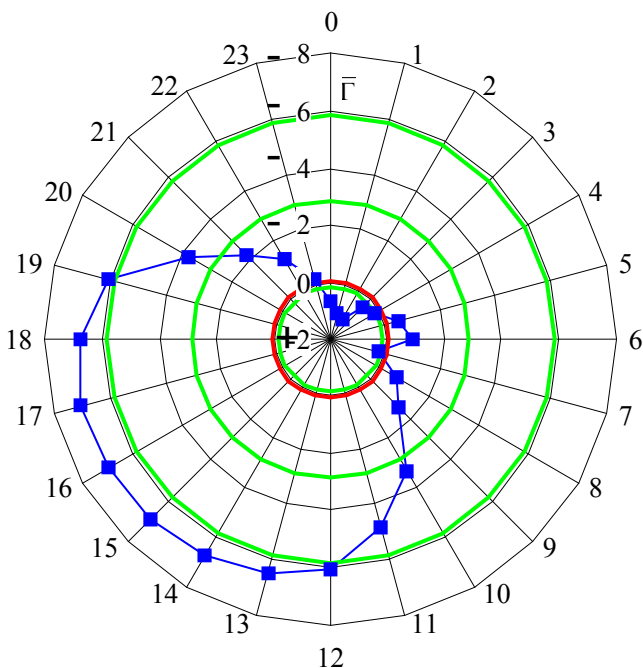
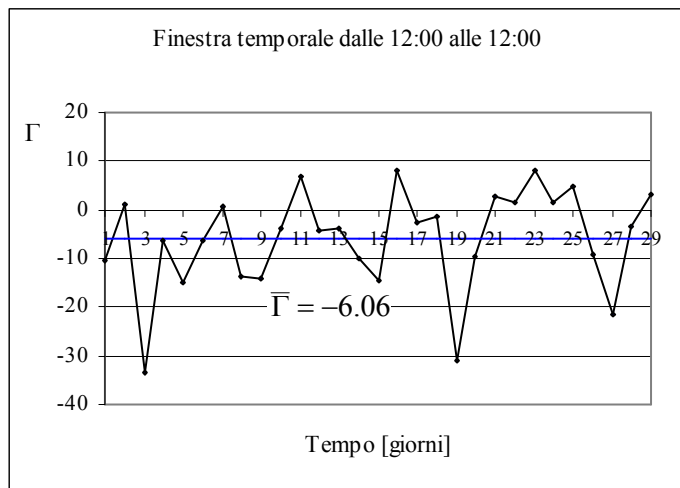


Figura 4: a) andamento di  $\Gamma$  per il mese di misure nel caso particolare della finestra temporale dalle 12:00 alle 12:00 del giorno dopo  
b) andamento di  $\bar{\Gamma}$  al variare delle 24 possibili finestre temporali; il circolo in rosso evidenzia  $\bar{\Gamma}=0$ , quelli in verde  $\bar{\Gamma}=-2.8$  e  $-2.8\pm 3.0$ .

## V. CONCLUSIONI

Presso l'ARPA-FVG è stato messo a punto un database degli elettrodotti per la provincia di Udine, implementato su GIS-ArcView. Con l'ausilio del database sono stati individuati degli elettrodotti tipo e dei punti di misura per il test del software CMagnetico portando alla conclusione che il risultato delle simulazioni è in accordo con le misure sperimentali. Questo è stato fatto nel caso di due linee singole. Nel caso di linee doppie si è presentato il problema della fase relativa per cui si è optato per l'impiego di una centralina di monitoraggio in continuo. Dal set di dati presi in esame emerge che generalmente, sul lungo periodo, i valori di mediana sono inferiori ai valori di media valutati sulle 24 ore, inoltre il rapporto tra mediana e media dipende dalla finestra temporale di 24 ore che si sceglie. Ci si riserva la verifica della tendenza ipotizzata di  $\bar{\Gamma}$  su un mese di misura (Figura 4b)). Se ciò fosse confermato, il consiglio procedurale potrebbe essere il seguente: eseguire il monitoraggio del campo di induzione magnetica per qualche giorno invece che limitarsi alle 24 ore; poi, al momento della stima della mediana, variare le finestre temporali in modo da scegliere quella con i valori di mediana più cautelativi.

## VI. REFERENZE

- [1] Ministero dell'industria, del Commercio e dell'Artigianato, "Determinazione dell'ambito della rete elettrica di trasmissione nazionale, decreto 25 giugno 1999", supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale, Serie generale, n. 151 del 30 giugno 1999
- [2] G. D'Amore et al., "Standard per la realizzazione delle banche dati delle sorgenti di inquinamento elettromagnetico (alte e basse frequenze)", ANPA RTI CTN\_AGF 4/2001 (2001)
- [3] D. Andreuccetti et al., "Specifiche tecniche per la realizzazione del Catasto Elettromagnetico Nazionale e dei Catasti Elettromagnetici Regionali", ENEA cEr/CeN, rev.3/1 (2001)
- [4] J. R. Taylor, "Introduzione all'analisi degli errori", Zanichelli, 1986
- [5] G. Licitra, N. Colonna, C. Chiari, "Evaluation of Long-term Exposure to the Magnetic Field Produced from Power Lines", Radiation Protection Dosimetry, 97 (4), 401-404 (2001)