



IL CATASTO ELETTRODOTTI DELLA REGIONE TOSCANA



a cura di: Daniele Andreuccetti
Nicola Zopetti
Cinzia Licciardello
Nicola Colonna
Roberto Fossi

CERT: L'ARCHIVIO E LE APPLICAZIONI COLLEGATE

Il **Catasto degli Elettrodotti della Regione Toscana (CERT)** è frutto di una collaborazione tra l'ARPAT e l'Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" (IFAC) del Consiglio Nazionale delle Ricerche, finalizzata a impiantare presso ARPAT il nucleo del *catasto delle sorgenti fisse dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici* a frequenza industriale previsto dalla legge 22 febbraio 2001, n.36 (legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici) e contemporaneamente a dotare ARPAT degli strumenti necessari non solo alla gestione del catasto stesso, ma anche al suo utilizzo "*al fine di rilevare i livelli dei campi stessi nel territorio regionale, con riferimento alle condizioni di esposizione della popolazione*", come la legge prevede.

Antefatti

La collaborazione tra alcune strutture dell'ARPAT ed il gruppo IFAC impegnato nella ricerca sulla sorveglianza fisica dei campi elettromagnetici ha radici che risalgono agli anni '80 e da allora ha interessato molteplici settori. L'origine dell'attività sui **catasti** si colloca tra la fine del 1999 e la fine del 2001, quando ARPAT e IFAC si trovarono a partecipare entrambi al progetto nazionale coordinato dall'ENEA per lo sviluppo del *Catasto Elettromagnetico Nazionale*. Proprio in questo contesto, presso l'IFAC è stato messo a punto un prototipo operativo di catasto per le sorgenti a frequenza industriale, il cui sviluppo è proseguito anche dopo la conclusione del progetto ENEA.

A partire da gennaio 2001, l'IFAC ha avuto modo di collaudare operativamente il proprio prototipo, utilizzandolo per affrontare lo studio di impatto ambientale del noto e controverso elettrodotto a 380 kV Casellina-Tavarnuzze-S.Barbara. In questa occasione, si è anche iniziato lo sviluppo di una applicazione avanzata che, attingendo ai dati del catasto, fosse in grado di produrre valutazioni accurate dell'intensità di campo elettrico e di campo magnetico dispersi da un sistema di elettrodotti e di documentarne convenientemente la distribuzione sul territorio. A tal fine, venne sviluppato il nucleo di un algoritmo di calcolo basato su modelli numerici tridimensionali tanto delle linee elettriche quanto del territorio attraversato.

La collaborazione in corso

La collaborazione attualmente in corso tra ARPAT e IFAC, disciplinata da una apposita Convenzione biennale, ha preso l'avvio il 1° settembre 2003 e si concluderà quindi alla fine del mese di agosto 2005. In base a quanto in essa previsto, il Sistema Informativo Regionale Ambientale della Toscana (SIRA) e le sezioni ARPAT di Fisica Ambientale di Firenze e di Pisa collaborano con l'IFAC allo scopo di definire, attivare ed iniziare a popolare il catasto delle sorgenti di campi elettrici e magnetici a frequenza industriale (denominato CERT, *Catasto degli Elettrodotti della Regione Toscana*) e di dotare ARPAT degli strumenti di base per il suo utilizzo.

In questa collaborazione, IFAC condivide le competenze pregresse ed i prodotti precedentemente sviluppati mentre ARPAT, oltre a farsi carico di un contributo economico, partecipa con le sue varie componenti all'attività scientifica, sia orientando le scelte tecniche sulla base dei propri obiettivi e delle proprie esigenze, sia mettendo a disposizione le proprie competenze interne in tema di archiviazione dati, cartografia numerica e strumenti GIS.

La struttura di CERT

L'attuale architettura di CERT punta ad assolvere compiti tanto di tipo descrittivo generale, quanto di supporto ai programmi per la valutazione dell'intensità dei campi. Le strutture dati in esso definite permettono infatti di tenere in linea, per ciascun elettrodotto inserito in archivio, le informazioni necessarie alla costruzione di un modello numerico in grado di:

- rappresentare accuratamente la posizione dell'elettrodotto sul territorio, attraverso la memorizzazione delle coordinate geografiche di tutti i suoi sostegni;

- collocare con precisione nello spazio 3D ogni singolo conduttore, descrivendo anche lo sviluppo della rispettiva *curva catenaria*; questo richiede che si conservino in archivio sia la posizione dei punti di sospensione per ciascuna tipologia di sostegno (nel modo illustrato in **Figura 1**), sia il parametro di tesatura meccanica della catenaria stessa;
- rappresentare in dettaglio il *cablaggio* e le altre caratteristiche elettriche di ciascuna campata.

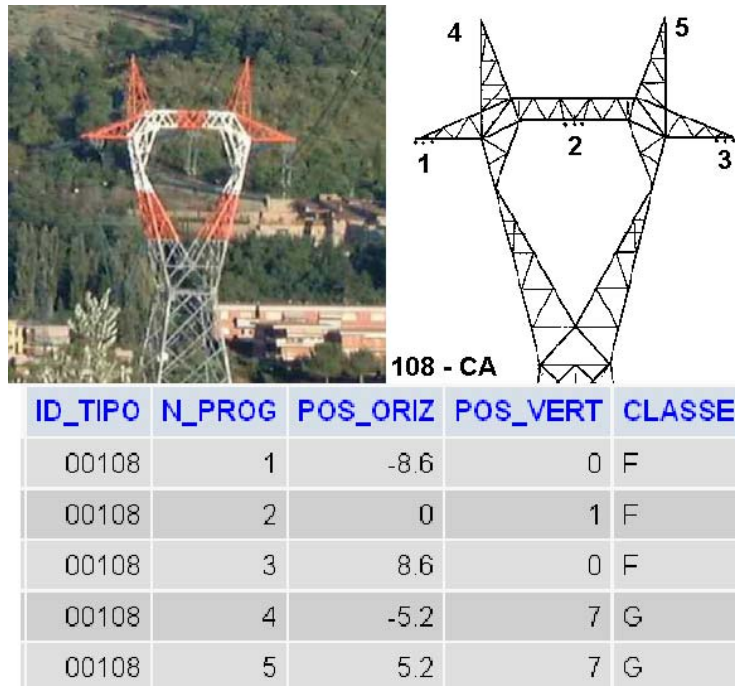


Figura 1: definizione della posizione dei punti di sospensione per una diffusa tipologia di sostegno 380 kV semplice terna; i punti di classe ‘F’ sono destinati ai conduttori di fase, quelli di classe ‘G’ ai conduttori di guardia.

Le applicazioni per l’utilizzo di CERT

I dati conservati nell’archivio CERT offrono il pieno supporto ad una procedura di calcolo capace di produrre - interfacciandosi anche con la cartografia digitale dei luoghi interessati e con il relativo modello 3D del terreno - una valutazione realistica e dettagliata della distribuzione dell’intensità del campo magnetico disperso nell’ambiente da un sistema di elettrodotti comunque complesso.

Oltre alla completezza del modello adottato (che garantisce un’elevata accuratezza dei risultati), un punto di forza della procedura risiede nelle molteplici modalità di rappresentazione dei risultati. Tra queste merita di essere citata, per la sua immediatezza e comprensibilità, la rappresentazione sotto forma di **curve isocampo** e **contour map** inserite direttamente nella cartografia digitale del territorio. Come è noto, le *curve isocampo* sono linee che uniscono i punti in cui la procedura fa prevedere uno stesso predefinito valore di induzione magnetica, mentre una *contour map* è la mappa che si ottiene colorando con colori differenti (fissati convenzionalmente) le aree di territorio racchiuse e delimitate dalle varie curve isocampo: in questo modo, una determinata colorazione indica che la procedura fa prevedere in quell’area un livello di induzione magnetica compreso tra due valori determinati, assegnati alle curve isocampo che la delimitano.

Un esempio di curve isocampo e *contour map* è riportato **Figura 2**. Si tratta di una valutazione che interessa una zona di Firenze nei pressi del Viadotto dell’Indiano, dove si intersecano due

elettrodotti a 132 kV: la linea n.407 S.Lorenzo a Greve-Rifredi e la n.409 Casellina-Rifredi. Nella valutazione si è ipotizzato che entrambe le linee trasportino una corrente pari al valore massimo “al limite termico” previsto dalla norma CEI 11-60 per la tipologia di conduttore adottata in esse.

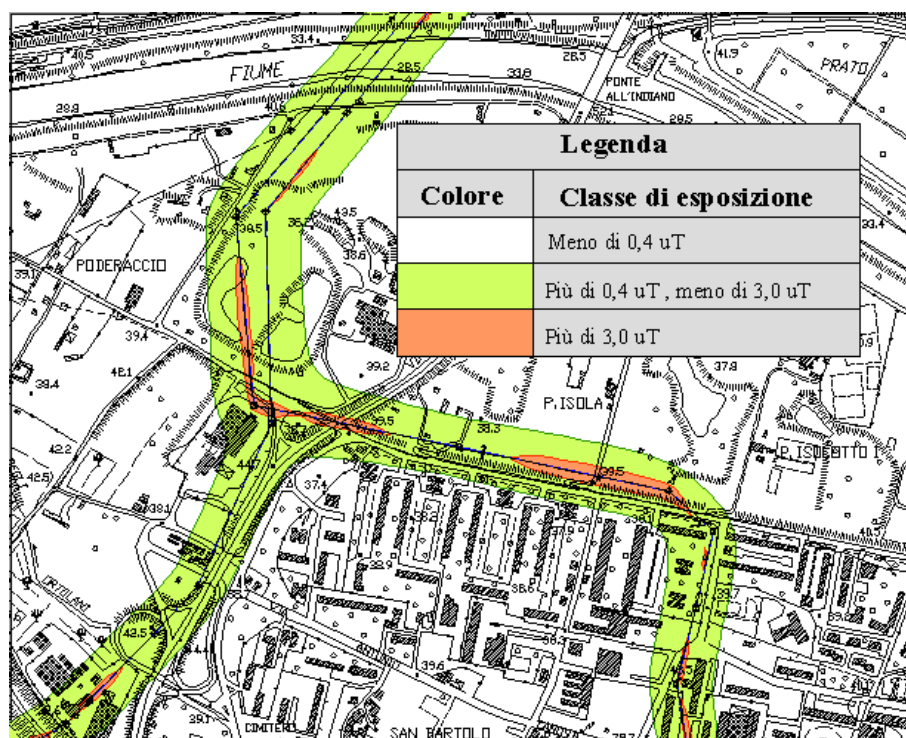


Figura 2: esempio di *contour map* con curve isocampo a 0,4 e 3 μ T.

Accanto a questa procedura, sono state realizzate anche applicazioni dedicate al popolamento dell'archivio, alla sua consultazione, alle verifiche di consistenza interna e ad una serie di funzionalità accessorie.

Tra i criteri generali che hanno guidato la realizzazione delle varie procedure ed applicazioni ricordiamo:

- la definizione di una architettura normalizzata (di tipo *client-server* con protocollo TCP/IP), che mette a disposizione degli sviluppatori una modalità omogenea, affidabile e flessibile, per l'accesso ai dati di archivio da parte dei programmi utente;
- il ricorso ad un approccio *scalabile*, inteso come possibilità di riempire ed utilizzare gli archivi con differenti livelli di dettaglio ed accuratezza, a seconda della disponibilità dei dati o del tempo per reperirli ed inserirli;
- la standardizzazione dei formati dei file di interscambio delle informazioni e l'adozione di soluzioni mirate a favorire l'integrazione con gli strumenti cartografici e GIS di più comune impiego presso ARPAT, come AutoCAD e ArcView.

Una fase significativa dell'attività svolta ha riguardato la **validazione** della procedura di calcolo, per compiere la quale si sono scelti alcuni elettrodotti di opportune caratteristiche e si sono analizzati lungo di essi un certo numero di siti, presso i quali l'induzione magnetica è stata sia calcolata col programma sviluppato sia misurata con adeguata strumentazione. Dal confronto dei risultati è stato possibile ricavare importanti indicazioni sul comportamento della procedura di calcolo in differenti situazioni.

La validazione ha rappresentato un'occasione utile non solo a mettere alla prova la procedura in sé, ma anche a far emergere l'esigenza di disporre di nuove funzionalità, a cui si è cercato di rispondere sviluppando strumenti in grado di facilitare il lavoro "sul campo". Ne è un esempio il programma presentato in **Figura 3**, attraverso il quale è possibile mostrare lo sviluppo sul piano

verticale del profilo del terreno e delle catenarie dei conduttori di una qualsiasi campata di linea presente in archivio.

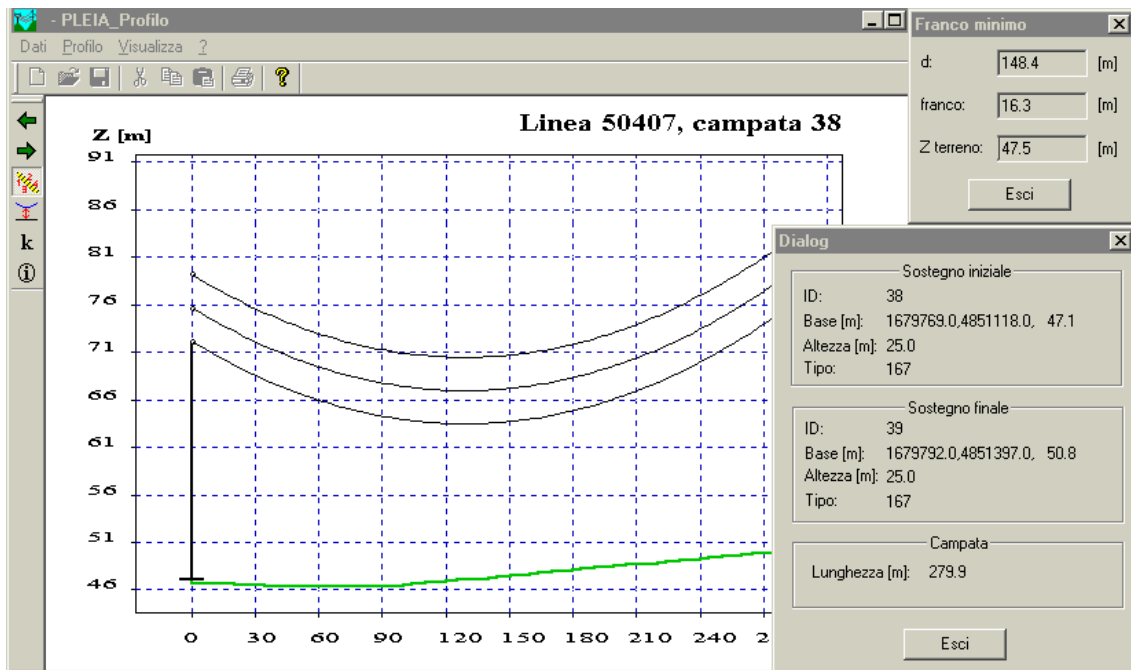


Figura 3: applicazione per la determinazione del profilo delle catenarie.

Conclusioni

La collaborazione tra IFAC e ARPAT ha messo a disposizione di quest'ultima gli strumenti per realizzare il catasto delle sorgenti fisse dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici a frequenza industriale previsto dalla legge quadro 36/2001 e per dotarsi delle procedure per la sua gestione ed il suo utilizzo. Tra queste ultime, riveste un ruolo centrale l'applicazione per la valutazione dell'induzione magnetica, che permette di fare previsioni dettagliate in situazioni complesse e di documentarle in modo appropriato.

La fase di validazione di questa applicazione ha evidenziato l'adeguatezza tanto degli algoritmi sviluppati quanto delle strutture dati definite, mentre l'accuratezza delle previsioni ottenibili è risultata essere significativamente condizionata dalla qualità dei dati con cui le strutture stesse vengono popolate. Pertanto, particolare cura dovrà essere destinata in futuro alla raccolta ed all'inserimento in archivio di dati completi ed esatti.

L'obiettivo che ci si propone di raggiungere entro breve termine consiste nel completamento dell'archiviazione di tutta la rete a 380 kV presente sul territorio della Regione Toscana.