

La realizzazione di un database di misure di induzione magnetica: il monitoraggio dell'esposizione all'induzione magnetica su scala regionale

Comelli M.⁽¹⁾, Colonna N.⁽²⁾, Giusti G.⁽²⁾, Siervo B.⁽¹⁾, Bidini L.⁽²⁾

(1) IFAC-CNR, Via Madonna del Piano, 10 - 50019 Sesto Fiorentino (FI), m.comelli@ifac.cnr.it

(2) ARPA Toscana, Via Porpora, 22 - 50144 Firenze

Nell'ambito delle attività istituzionali dell'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana (ARPAT) per quanto concerne il controllo dei livelli di induzione magnetica prodotti dalle sorgenti operanti a 50 Hz, è stato raccolto negli anni un considerevole numero di misure. Queste consentono di caratterizzare il territorio dal punto di vista dell'impatto elettromagnetico e sono un valido aiuto agli operatori dell'Agenzia per la gestione degli esposti dei cittadini in merito a sorgenti analoghe.

Per rendere disponibile al pubblico ed alle istituzioni i dati relativi alle misure sin qui effettuate, e pressoché in tempo reale quelle realizzate d'ora in avanti, si è reso necessario realizzare uno strumento idoneo, che tenesse conto delle procedure di misura correntemente utilizzate e permettesse la memorizzazione e la visualizzazione dei dati opportunamente georiferiti.

A partire dal Catasto degli Elettrodotti della Regione Toscana (CERT), sviluppato da ARPAT in Collaborazione con IFAC (Istituto di Fisica Applicata 'Nello Carrara' del CNR) nel corso di una collaborazione pluriennale, è stato implementato un database dedicato alle attività svolte dagli operatori nell'ambito delle misure effettuate in prossimità di sorgenti di campo elettromagnetico a 50 Hz (elettrodotti, cabine di trasformazione, ecc.). L'integrazione dell'interfaccia utente con il sistema webGIS precedentemente sviluppato dall'Agenzia ha permesso ai tecnici di inserire i dati georiferiti con l'ausilio della cartografia regionale digitalizzata, senza ricorrere a strumenti dipendenti da specifici software desktop.

La prima parte del lavoro è consistita nella raccolta dei dati pregressi, informatizzati in formati diversi nei diversi dipartimenti, che sono stati pertanto uniformati e resi disponibili una volta memorizzati in un unico database centralizzato. Oltre alla semplice visualizzazione in ambiente web, l'integrazione con un opportuno software ha altresì permesso l'esportazione dei punti di misura in ambiente Google Earth, consentendo di visualizzare l'evoluzione temporale dei valori di campo registrati.

È ora a disposizione dei tecnici ARPAT uno strumento unico che consente loro di inserire le misure effettuate in maniera armonizzata, permettendo al contempo a cittadini e pubbliche amministrazioni di verificare i livelli di induzione rilevati sul territorio.

LA SITUAZIONE PREESISTENTE

Una collaborazione pluriennale tra ARPAT ed IFAC-CNR ha portato, tra l'altro, allo sviluppo di CeRT, il Catasto degli elettrodotti della Regione Toscana, previsto dalla Legge 36 del 2001.

Tale catasto consiste in un archivio informatico delle sorgenti ambientali di campi elettrici e magnetici connesse con la produzione, la trasmissione e la distribuzione dell'energia elettrica, che operano ad una tensione nominale di lavoro maggiore o uguale a 132 kV, sul territorio della Regione Toscana, ed in seguito ampliato con i tracciati delle linee a Media Tensione.

Nell'ambito dell'attività istituzionale di ARPAT è previsto il controllo strumentale dell'induzione magnetica prodotta dalle sorgenti operanti a 50 Hz, tra cui cabine di trasformazione (primarie e secondarie), linee a bassa, media e alta tensione. Questo controllo viene eseguito al fine di verificare il rispetto dei limiti di legge di cui alla L. 36/01, al DPCM 08/07/03 e al DM 29/05/08. Di solito i controlli sono eseguiti su richiesta di privati o enti, talvolta su iniziativa diretta di ARPAT.

Le misure di induzione magnetica sono importanti perché consentono sia di verificare il corretto popolamento del catasto, sia di caratterizzare il territorio dal punto di vista dell'esposizione a tale fattore. Allo stesso modo è utile permettere a cittadini e pubbliche amministrazioni di visualizzare i livelli di induzione rilevati sul territorio.

Si è reso necessario armonizzare i risultati dell'attività dei singoli dipartimenti provinciali, facendo confluire i dati in un sistema centralizzato e condiviso, studiato a partire dalle esigenze dei tecnici e tenendo conto delle procedure di misura, e quindi implementato come estensione di CeRT.

L'IMPLEMENTAZIONE DEL DATA BASE

Il database è stato realizzato presso ARPA Toscana utilizzando PostgreSQL, un DBMS open source che consente tra l'altro, tramite l'estensione spaziale PostGIS, di esporre i dati georiferiti e memorizzati come entità geometriche.

L'interfaccia utente del sistema è stata sviluppata in PHP. In questo modo è disponibile via web sia il sistema di gestione (back end) del database, sia quello per l'inserimento e la gestione dei dati (front end).

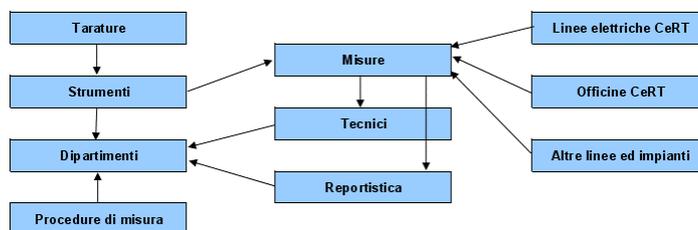
Il primo, in particolare, è accessibile tramite un apposito meccanismo di profilazione alla macchina, e permette di gestire i dati relativi a persone, dipartimenti od enti di riferimento, strumentazione, tarature e procedure di misura, il tutto in maniera centralizzata.

La realizzazione del data base come estensione dell'archivio degli elettrodotti consente di relazionare direttamente l'attività svolta dai tecnici con le infrastrutture presenti sul territorio, in modo da poter associare le misure effettuate nei pressi delle singole linee tramite opportune interrogazioni.

Il data base è stato realizzato con una struttura normalizzata, che tiene conto sia del tipo di misura effettuato (spot o prolungata sulle 24 ore), sia della normativa vigente (ad ogni punto di misura è associato il limite di legge da applicare), in modo da evidenziare immediatamente i casi di superamento del limite riscontrati.

Inoltre, l'integrazione con sistemi di archiviazione documentale presenti in Agenzia consente di ottemperare anche alle esigenze relative alla rendicontazione interna.

Figura 1 - Relazioni tra le principali parti di interesse del data base.



IL FRONT END: L'INSERIMENTO E LA GESTIONE DATI

Gli utenti hanno a disposizione 2 modalità principali di inserimento dati, relativamente alla localizzazione dei punti di misura:

- modalità manuale, in cui le coordinate Gauss-Boaga dei singoli punti di misura sono state ricavate a priori dai tecnici, avvalendosi della carta tecnica regionale o di uno strumento GPS utilizzato al momento del rilievo;
- modalità webGIS, che consente di visualizzare nel browser i dati georiferiti memorizzati in archivio e di inserire i punti di misura con un click del mouse una volta attivati i layer di interesse (cartografia numerica ed ortofoto).

Una volta inserite le coordinate, un apposito tool implementato lato server consente di ricavare in maniera automatizzata i valori di quota sul livello del mare ed il comune in cui ricade il punto di misura con due apposite interrogazioni, una al DTM (*Digital Terrain Model*) regionale ed una ai confini comunali, opportunamente memorizzati in archivio.

Oltre ad inserire manualmente i risultati delle misure, agli operatori viene offerta la possibilità di procedere ad un inserimento automatizzato dei dati: questi, una volta organizzati in un foglio di calcolo secondo un *template* prestabilito possono essere copiati direttamente in un campo di testo e quindi processati dal sistema attraverso un'apposita routine javascript.

È anche prevista la possibilità, qualora ve ne fosse bisogno, di caricare sul server un file relativo all'intera procedura di misura (ad esempio con la documentazione di riferimento, rapporto di prova nel caso di procedure di prova integrative effettuate in qualità – ISO/IEC 17025:2005), nonché un file per ogni punto di misura (ad esempio l'output strumentale in formato .mbk del software Emcalc dell'Emdex, oppure la sua versione in .txt).

Alla fine della procedura di inserimento i dati sono inseriti in archivio. L'utilizzo dell'estensione spaziale PostGIS consente di memorizzare i punti di misura (cui sono associati i valori misurati, oltre a tutti gli altri dati di interesse) come entità geometriche. Questo consente di esportarli avvalendosi di opportuni strumenti di visualizzazione bi- e tridimensionali, come si vedrà più avanti.

In seguito all'inserimento delle misure, i tecnici hanno accesso ad un sistema di gestione dati, che permette di visualizzare, eliminare, modificare i dati inseriti nel proprio dipartimento, o confermarli, in modo da renderne impossibile la cancellazione o modifica nel futuro.

LE UTILITÀ DI SUPPORTO

Sulla base delle indicazioni ricevute dai tecnici coinvolti, sono state implementate opportune utilità di supporto, che consentono di georiferire in maniera automatica i punti di misura.

In particolare, il reverse geocoding è un'utilità che sfrutta le API (*Application Programming Interface*) di Google per ottenere le coordinate di un punto di misura a partire dall'indirizzo. L'interfaccia realizzata consente di inserire un elenco di indirizzi e ricavare le coordinate WGS84 e, tramite l'implementazione di una conversione a cascata, quelle Gauss-Boaga proprie della cartografia regionale toscana che vengono usate per l'archiviazione dei dati.

Figura 2 - Interfaccia per il reverse geocoding di un array di indirizzi.

The screenshot shows a web interface for reverse geocoding. It has four main sections:

- Indirizzo:** A text input field containing "Via di Novoli, 10" and "Via Porpora 22".
- Comune:** A dropdown menu with "FIRENZE" selected.
- Latitudine/Longitudine:** A text area displaying WGS84 coordinates: "(43.7950566, 11.2167917)" and "(43.7823067, 11.2336227)".
- Gauss-Boaga:** A text area displaying regional coordinates: "1678372.44 4851516.15" and "1679764.8 4850136.43".

 At the bottom, there is a blue link labeled "Ricava le coordinate".

Può risultare utile ai tecnici, per automatizzare la generazione delle coordinate dei punti di misure in prossimità di una linea, generare un array di coppie di coordinate relative ai punti in cui si effettua uno screening preliminare di misure spot, tipicamente volte ad individuare il punto più impattante in cui effettuare successivamente la misura in continua.

Figura 3 - Interfaccia per la generazione automatizzata dei punti di controllo.

The screenshot shows a control interface for automated point generation. It features three preview windows at the top, each with a "Procedi" button:

- Left window:** "Generazione di punti a partire da un marcatore definito, secondo un angolo specificato dall'utente." Shows a red line and a pink circle with an angle α .
- Middle window:** "Generazione di punti a partire da un marcatore definito, perpendicolarmente ad una linea specificata dall'utente." Shows a red line and a perpendicular black line.
- Right window:** "Generazione di punti tra due marcatori definiti." Shows a red line between two points labeled "marcatore_start" and "Marcatore finale".

 Below the windows are four control fields:

- Etichetta marcatore:** A dropdown menu with "centro" selected.
- Angolo [°]:** A dropdown menu with "0" selected.
- Numero punti:** A dropdown menu with "1" selected.
- Passo [m]:** A dropdown menu with "1" selected.

 A "Crea" button is located at the bottom center.

L'utilità realizzata consente di definire 3 modalità di generazione di tali punti, a partire da un punto definito dall'utente (detto marcatore):

- generazione dei punti a partire da un marcatore, secondo un angolo specificato;

- generazione dei punti a partire da un marcatore, perpendicolarmente ad una linea specificata;
- generazione di punti tra due marcatori.

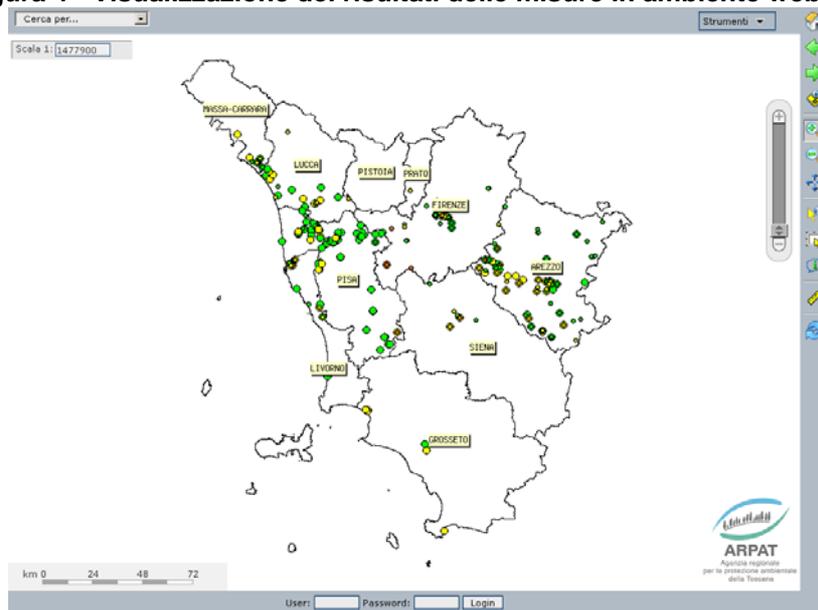
Un'interfaccia semplificata consente agli utenti di inserire direttamente in CeRT cabine di trasformazione AT/MT o MT/BT (i casi più frequenti di misure presso strutture non ancora presenti nell'archivio regionale), con dati georiferiti ed un set minimale di informazioni necessarie per la loro caratterizzazione. In questo modo è possibile, in caso di misure successive nei pressi della stessa struttura, averla già a disposizione in archivio e potervi fare riferimento.

È stata infine implementata un'utilità relativa alle verifiche di integrità referenziale, che permette di verificare la coerenza interna del data base (tipicamente l'assenza di riferimenti a record inesistenti).

LA VISUALIZZAZIONE DEI DATI

Una volta inseriti in archivio, i dati risultano automaticamente esposti in internet grazie al sistema webGIS (Comelli, 2009) degli Agenti Fisici di ARPA Toscana, che attraverso un accesso selettivo in base alla profilazione degli utenti (e quindi diverso a seconda che si tratti di tecnici ARPAT, cittadini o tecnici della Pubblica Amministrazione) permette di visualizzare i risultati delle misure avvalendosi di un comune browser. Le impostazioni di ricerca offerte dall'interfaccia grafica, sviluppata a partire da p.mapper, consentono inoltre agli utenti di ricavare le misure effettuate nell'intorno della zona di interesse, impostando la ricerca a partire dall'indirizzo contenuto nel grafo strade regionale.

Figura 4 - Visualizzazione dei risultati delle misure in ambiente webGIS.



L'utilizzo di Mapserver consente inoltre, attraverso la creazione di un apposito file di testo (il file di mappa che fa riferimento ai dati memorizzati in archivio) di esporre i dati (ad es. verso ISPRA, nell'ottica della costruzione di un data base nazionale a partire da quelli regionali) tramite servizi web, in particolare utilizzando il protocollo WFS (*Web Feature Service*).

L'implementazione di opportune interrogazioni lato server consente di avere a disposizione una serie di pagine web in cui sono riepilogati i dati in archivio, e sono utilizzate per fornire i dati solitamente richiesti da ISPRA e dalla Regione Toscana. In particolare, è possibile:

- visualizzare un riepilogo delle misure effettuate in corrispondenza ad un'infrastruttura (elettrodotto o centrale) di interesse;
- mostrare il numero di misure raggruppate per dipartimento e per intervallo dei valori misurati;
- esporre in forma tabellare il numero di impianti e la lunghezza delle linee, suddivise per gestore e tensione d'esercizio, per comune o provincia.

Infine, un apposito strumento nato da una collaborazione ARPAT-IFAC permette di esportare i dati in archivio in formato KMZ (*Keyhole Markup Language* compresso con algoritmo ZIP), ed essere quindi visualizzati in ambiente Google Earth (Adinolfi, 2009). L'implementazione della *timeline* consente di visualizzare, oltre a tutti i dati associati al singolo punto di misura, l'andamento con cui tali misure sono state effettuate nell'ambito del territorio regionale nel corso del tempo.

Figura 5 - Visualizzazione dei dati in Google Earth, con *timeline* (in alto a sinistra) e *balloon* riassuntivo dei valori inseriti.



CONCLUSIONI

Nell'ambito della propria attività istituzionale, ARPAT esegue il controllo strumentale dell'induzione magnetica prodotta dalle sorgenti operanti a 50 Hz presenti sul territorio della Toscana. Questo controllo viene eseguito al fine di verificare il rispetto dei limiti di legge di cui alla L. 36/01, al DPCM 08/07/03 e al DM 29/05/08. Le misure di induzione sono un utile strumento per la verifica della corretta definizione tecnica delle sorgenti a 50 Hz e per la caratterizzazione del territorio dal punto di vista dell'esposizione dei cittadini.

È altrettanto importante permettere a cittadini e pubbliche amministrazioni di visualizzare i livelli di induzione magnetica rilevati sul territorio: a tale scopo si è reso necessario armonizzare i risultati dell'attività dei singoli dipartimenti provinciali, facendo confluire i dati in un sistema centralizzato e condiviso, studiato a partire dalle esigenze dei tecnici e tenendo conto delle procedure di misura.

Il risultato ottenuto ha permesso di rendere i dati delle misure georiferiti, con la possibilità di renderli automaticamente fruibili attraverso il sistema webGIS degli Agenti Fisici di ARPA Toscana. Attraverso un accesso selettivo in base al profilo degli utenti (e quindi diverso a seconda che si tratti di tecnici ARPAT, cittadini o tecnici della Pubblica Amministrazione) si consente di visualizzare i risultati delle misure avvalendosi di un comune browser. Le impostazioni di ricerca offerte dall'interfaccia grafica, sviluppata a partire da p.mapper, consentono inoltre agli utenti di ricavare le misure effettuate nella zona di interesse.

Bibliografia

1. Legge 22 febbraio 2001, n. 36, *Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici*, pubblicata nella Gazzetta Ufficiale n. 55 del 7 marzo 2001

2. Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003, *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*, Gazzetta Ufficiale n. 200 del 29-8-2003.
3. DM 29/05/2008, *Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti*, Gazzetta Ufficiale n. 160 del 5 luglio 2008.
4. Sito internet di PostGIS: <http://postgis.refrations.net/>
5. M. Comelli, C. Licciardello, D. Palazzuoli, M. Nolli, S. Bartoli, A. Adinolfi (2009), *La divulgazione del dato ambientale attraverso un sistema webGIS basato su p.mapper*, Controllo ambientale degli Agenti Fisici: nuove prospettive e problematiche emergenti, Vercelli, 24 - 27 marzo 2009, Atti del Convegno
6. Adinolfi A., Andreuccetti D., Chiari C., Comelli M., Iacoponi A., Licitra G., Siervo B. e Zoppetti N., *Ottimizzazione della georeferenziazione dei dati ambientali toscani per la visualizzazione su piattaforma Google Earth*, Atti della XIII Conferenza Nazionale ASITA, Bari (Fiera del Levante), 1 - 4 dicembre 2009, pp.9-14.