

Una procedura per la verifica della consistenza dei dati del Catasto Elettrodotti della Regione Toscana

Comelli M. (*), Martini L. (**), Di Lillo M. (**), Salomone F. (*), Zoppetti N. (*), Licciardello C. (***)

(*) IFAC-CNR (Istituto di Fisica Applicata “Nello Carrara” del Consiglio Nazionale delle Ricerche), via Madonna del Piano, 10 - 50019 Sesto Fiorentino (FI), comelli@ifac.cnr.it

(**) ARPAT (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana), Dipart. prov. di Lucca, Via Vallisneri, 6 - 55100 Lucca, l.martini@arpat.toscana.it

(***) ARPAT (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana), Sistema Informativo Ambientale della Regione Toscana - SIRA, via Nicola Porpora 22 - 50144 Firenze, c.licciardello@arpat.toscana.it

Riassunto

In seguito alla realizzazione del Catasto degli elettrodotti della Regione Toscana (CeRT), contenente i dati geometrici ed elettrici degli elementi costituenti i sistemi di trasporto dell'energia elettrica in ambito regionale (in particolare tralicci e campate delle linee), si è resa necessaria l'implementazione di procedure di verifica del contenuto dell'archivio, al fine di garantire la bontà delle valutazioni teoriche eseguite utilizzando i dati in esso presenti.

Tali verifiche di consistenza hanno riguardato le caratteristiche geometriche dei tralicci e dell'edificato, derivate dalla cartografia in scala 1:2.000 (zone urbanizzate) e 1:10.000 (porzioni di territorio non ancora coperte dalla cartografia in scala 1:2.000).

È stato predisposto un sistema di reportistica per la creazione di schede con le caratteristiche geometriche di ciascun traliccio da sottoporre a validazione sul campo.

Per i tralicci presenti in zone coperte dalla sola cartografia in scala 1:10.000, l'utilizzo del GPS differenziale Trimble GeoXT ha permesso di migliorare la precisione relativa alle coordinate della base; per tutti i sostegni è stata inoltre effettuata un'ulteriore verifica relativa alle caratteristiche geometriche riportate in archivio (ampiezza degli sbracci, altezza del conduttore più basso, tesatura dei cavi), avvalendosi dell'ausilio di un telemetro laser.

Lo stesso strumento ha permesso di effettuare una verifica sull'edificato, relativamente alla distanza delle abitazioni dalle linee, alla loro quota di gronda ed alla presenza di eventuali unità non riportate sulla cartografia numerica.

Sono stati testati alcuni ambienti di visualizzazione 3D (ESRI ArcScene e GoogleEarth) come ulteriore supporto agli operatori impegnati nella validazione sul campo.

È stata predisposta una procedura di validazione dei dati del catasto in base ai rilievi effettuati in aree campione, in prossimità di linee elettriche ad alto impatto sulla popolazione. Le informazioni ottenute nel corso delle attività di sopralluogo hanno consentito la verifica della qualità dei dati in archivio per le varie tipologie di elettrodotti presenti sul territorio e una stima più accurata dell'esposizione della popolazione interessata.

Abstract

After the building of the Power lines Archive of Region Tuscany (CeRT), storing geometrical and electric data of elements constituting the electric energy transport systems in regional sphere (in particular pylons and power lines spans), it was necessary to check the database content, to guarantee the goodness of evaluations made using its data.

Such consistency controls concerned the geometric attributes of pylons and buildings, coming from 1:2.000 (urban territory) scale cartography, and 1:10.000 (where not yet covered by 1:2.000 cartography).

A report with the geometric data of each checked pylon was prepared.

A Trimble GeoXT differential GPS has allowed to enhance the precision of the coordinates of pylons in areas covered by 1:10000 cartography only; for each pylon, a further check for geometrical data stored in the archive (struddles amplitude, lower wire height, catenary constant of wires) was made using a laser telemeter.

The same tool allowed to check the buildings, considering the distances of houses from power lines, their height and the presence of habitations not present in the numeric cartography.

Some 3D visualization environments (like ESRI ArcScene and GoogleEarth) have been tested as further support to the technicians employed in the “*in situ*” evaluations.

A validation procedure of archive data from checks in sample areas (close to high population impact power lines) has been carried out. Information obtained in such inspection activities allowed to verify the quality of stored data for various pylon typologies, and a more reliable estimation of population exposition.

Introduzione

I dati geometrici inseriti in archivio nella fase di popolamento sono stati ottenuti dai gestori delle linee elettriche, i quali hanno provveduto alla loro georeferenziazione integrando la documentazione interna con le informazioni riportate sulla Carta Tecnica Regionale (CTR) alle scale 1:2.000 e 1:10.000. I dati a disposizione di ARPAT pertanto costituiscono un archivio multiscala, ove la precisione delle informazioni di georeferenziazione dipende dalla copertura della cartografia in scala 1:2.000.

In assenza di questa informazione, si è provveduto ad effettuare un raffronto tra le posizioni dei sostegni inseriti in archivio e quelle riportate sulla cartografia in scala 1:2.000 aggiornata all'ultima copertura disponibile; con questa procedura è stato possibile assegnare un indice di attendibilità a ciascun sostegno relativo alla qualità dell'informazione geografica associata, e di conseguenza identificare i sostegni la cui localizzazione necessitava di una verifica sul campo.

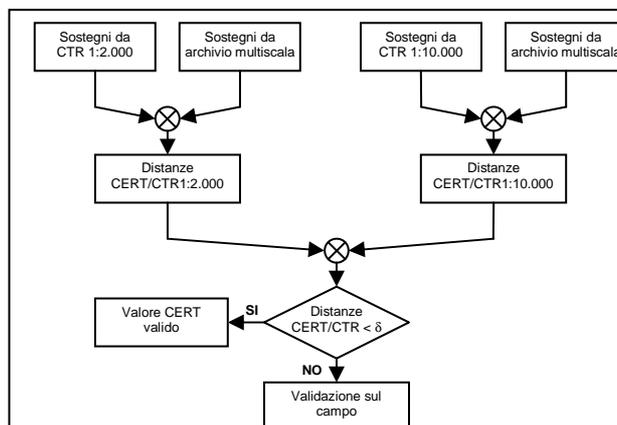


Figura 1 – Procedura decisionale per la verifica sul campo

I risultati ottenuti dalla verifica hanno evidenziato la presenza di un numero considerevole di sostegni con indice di attendibilità eccessivamente basso; tra i sostegni individuati sono stati selezionati quelli a maggior impatto sulla popolazione tramite un indice composto dal grado di prossimità alle abitazioni civili ed ai dati storici delle correnti.

Si è resa necessaria l'adozione di un GPS di precisione per le operazioni di verifica sul campo; la scelta è caduta sul GPS Trimble GeoXT, che consente la rilevazione in *postprocessing* di punti con precisioni planoaltimetriche superiori a quella della carta tecnica in scala 1:10.000.

La procedura di verifica è stata testata sulla linea prioritaria n. 314 denominata “*La Spezia - Acciaio*” di proprietà di Terna S.p.A., al fine di individuarne il rapporto costi/benefici (tempo necessario in ore uomo per sostegno e incremento della precisione). In parallelo alla verifica sulla precisione del posizionamento dei sostegni gli operatori hanno effettuato la verifica degli elementi geografici utilizzati nel calcolo tridimensionale del campo di induzione magnetica, quali le caratteristiche tecniche dei sostegni e le dimensioni degli edifici in prossimità dei sostegni maggiormente impattanti; in questo caso le misure sono state effettuate tramite il telemetro laser collegato al GPS via cavo.

Verifiche sul campo

Per validare le informazioni contenute in CERT, relativamente alla linea 314 sono state eseguite le misure relative a:

1. altezze e dimensioni delle mensole dei conduttori;
2. coordinate dei sostegni e delle abitazioni individuate mediante simulazione con PLEIA-EMF;
3. altezze delle abitazioni di cui al punto 2;
4. intensità dell'induzione magnetica prodotta dalla linea nelle abitazioni di cui al punto 2;

I sopralluoghi hanno lo scopo di verificare se le informazioni della cartografia regionale disponibile, circa il tracciato dell'elettrodotto, la palificazione e soprattutto l'edificato, si discostano dalle informazioni ottenute mediante misure dirette, stimando nei casi di incongruenza l'errore commesso.

Gli edifici oggetto delle verifiche sul campo sono stati individuati utilizzando il software PLEIA sviluppato IFAC-CNR di Firenze; nel calcolo si è utilizzato il valore massimo di mediana giornaliera di corrente nell'elettrodotto dal 2004 al 2006 secondo i dati forniti da Terna S.p.A.

I rilievi sul territorio sono stati effettuati attraverso l'utilizzo del GPS differenziale, nel quale vengono caricati i dati di cartografia digitale degli edifici individuati dal software di simulazione; tutte le distanze e le altezze d'interesse sono state acquisite mediante telemetro laser.

I controlli sul campo delle abitazioni più esposte sono stati condotti selezionando gli edifici che presentano un valore mediano dell'induzione magnetica sulle 24 ore superiore a 3 μ T.

Durante i controlli sono stati misurate anche le altezze degli edifici adibiti alla permanenza umana.

Di seguito si fornisce descrizione della procedura di misura e verifica dei dati inseriti in archivio.

La prima operazione è stata il controllo delle coordinate dei tralicci. Queste verifiche hanno avuto, tranne 3 casi, esito positivo: sia nelle parti di territorio dove era presente sia la cartografia digitale 1:2000 che nei casi in cui vi fosse disponibile la sola cartografia 1:10000, la posizione dei tralicci sulla cartografia è riportata in maniera fedele alla realtà.

Il secondo tipo di controllo è la verifica della dimensione delle teste dei sostegni, confrontata con quella dell'archivio CERT: anche in questo caso i dati inseriti nel catasto sono risultati corretti, a meno di un errore che rientra nella tollerabilità del telemetro laser.

Nel terzo accertamento si è misurata l'altezza dei conduttori da terra, in corrispondenza di edifici ad uso residenziale con mediana superiore a 3 μ T. Si sono presentate due situazioni:

- il suolo che ospita il traliccio è pianeggiante e quindi le informazioni catalogate coincidono con le informazioni ottenute da misurazioni dirette;
- il suolo che ospita il traliccio è in territorio collinare o montano: si è reso necessario rettificare le quote dei sostegni dei conduttori, in quanto l'errore tra l'altezza misurata e quella catalogata è tanto più grande quando più il territorio presenta variazioni di livello.

L'ultima ispezione è stata la verifica della quota dell'edificato vicino all'elettrodotto. In questo caso la situazione è più complicata, ovvero l'altezza di alcuni edifici è risultata discordante dalle informazioni in formato digitale in diversi casi:

- il territorio oggetto dell'analisi è sprovvisto di cartografia 1:2000;
- pur essendo presente la cartografia in scala 1:2000 e il traliccio si trova in territorio pianeggiante, l'altezza misurata discorda da quella contenuta nell'archivio;

- l'edificato in territorio collinare/montano è fonte di errori anche di alcuni metri nella quota dell'edificio.

La verifica degli ultimi due punti si è svolta scegliendo una postazione dalla quale fossero visibili tutti gli elementi da valutare (edifici e altezza dei conduttori da terra), e si è determinata la differenza di quota tra il conduttore più basso e la gronda dell'edificio più vicino all'elettrodotto.

Gli edifici controllati appartengono a cinque comuni nella Provincia di Lucca ed al comune di Massa. Si riportano nel seguito i risultati dei controlli eseguiti sugli edifici e sui tralicci:

Comune	Edifici con $B_{\text{mediano}} > 3 \mu T$	Quote verificate	Quote rettificate	Numero tralicci	Tralicci controllati	Tralicci rettificati
Lucca	9	7	2	13	3	-
Camaiore	10	5	2	16	3	3
Massarosa	5	2	2	6	1	-
Pietrasanta	14	10	3	14	3	-
Seravezza	40	25	10	4	3	-
Massa	26	8	7	10	2	-

Figura 2 - Risultati dei controlli eseguiti sugli edifici e sui tralicci.

In Figura 3 si riporta un esempio di scheda costruita per ogni traliccio controllato.

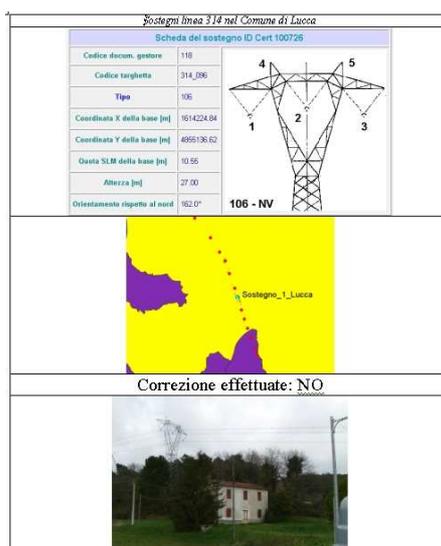


Figura 3 - Scheda tipo per ogni traliccio verificato.

Calcolo dell'isosuperficie attorno alla linea di interesse

Una modalità avanzata di calcolo supportata da PLEIA permette di determinare, attorno ad una linea elettrica, la superficie racchiudente il volume di campo superiore ad un valore impostato dall'utente (*volume di rispetto* e *tubo* rispettivamente). Questo permette all'operatore di controllare per mezzo di opportuni strumenti (Google Earth ed ESRI ArcScene, come verrà mostrato più avanti) l'eventuale intersezione di tale superficie con il modello 3D dell'edificato, senza ricorrere ad approssimazioni quali il calcolo in corrispondenza dei centroidi degli edifici.

Per determinare il volume di rispetto, si procede lungo la linea di interesse (detta *linea principale*) considerando dei piani di calcolo verticali opportunamente orientati denominati nel seguito "sezioni". Per ogni campata vengono considerate più sezioni, sia presso i sostegni sia lungo le campate. Le sezioni vengono ricavate procedendo a passi regolari lungo l'asse della linea ed orientando le sezioni in modo da evitare intersezioni tra di esse (Figura 4, a sinistra).

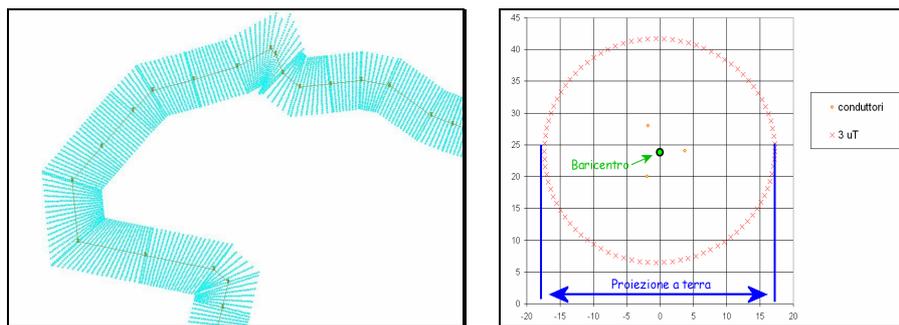


Figura 4 - Orientazione delle sezioni (a sinistra) e ricerca angolare su piano verticale (a destra).

La necessità di evitare sovrapposizioni tra le porzioni di piano si riferisce alla fase nella quale si generano gli elementi che compongono la superficie di interesse. Senza addentrarsi in dettagli tecnici, si può infatti affermare che il tracciamento del tubo può diventare complicato o portare a risultati logicamente errati nel caso di intersezione tra sezioni. In Figura 4 (a sinistra) si nota come le sezioni si adeguano ad un cambio di direzione della linea a partire dalla campata precedente all'angolo, per tutta la campata successiva e, se necessario, anche durante quelle seguenti. Per tratti di linea rettilinei le campate tendono ad essere comunque trasversali all'asse della linea.

Su ciascuna sezione, si eseguono i calcoli e si determinano i punti caratterizzati da un'intensità dell'induzione magnetica pari al valore impostato dall'utente. A tal fine, su ciascun piano verticale, si esegue una ricerca angolare (Figura 4, a destra) ed in particolare:

- si individua il baricentro della figura geometrica che ha per vertici l'intersezione con il piano di calcolo dei conduttori della campata considerata della linea principale;
- si esegue una serie di ricerche radiali a partire dal baricentro.

Una volta eseguita la ricerca angolare su ciascuna delle sezioni individuate, si determina la superficie che delimita il volume di rispetto unendo per punti le curve isocampo determinate su sezioni adiacenti. Il volume di rispetto è quindi la superficie che si "appoggia" alle curve generate su ciascuno dei piani di calcolo utilizzati.

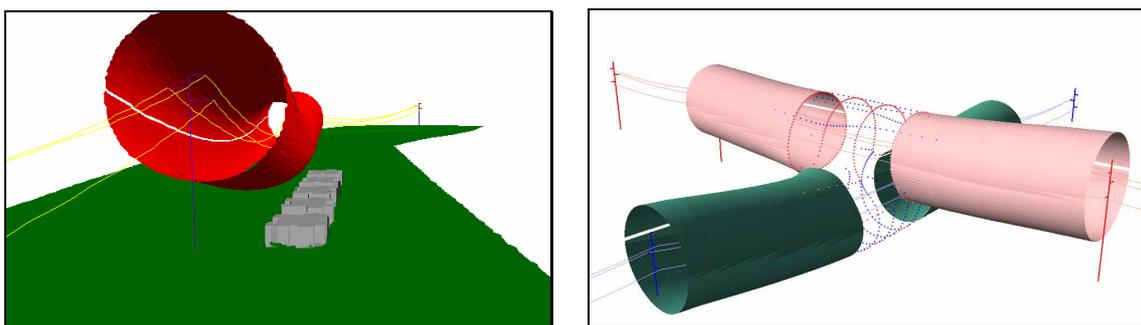


Figura 5 - Volume di rispetto per una linea singola (a sinistra) ed all'incrocio di due linee (a destra).

Due parametri fondamentali per l'esecuzione di questo genere di calcoli sono la distanza che intercorre tra due piani di calcolo consecutivi ed il passo angolare della ricerca effettuata su ciascuno di questi piani. Trattandosi di calcoli abbastanza onerosi ed dato che esistono elettrodotti la cui lunghezza supera i 100 km è necessario aggiustare questi ed altri parametri in modo da trovare un buon compromesso tra accuratezza della soluzione e tempi di calcolo.

Definizione di un indicatore e supporto della visualizzazione 3D alle uscite sul campo

Oltre ad evidenziare il numero di persone esposte, la valutazione con la cartografia 1:10000 ha permesso di fornire un indicatore da associare a ciascuna campata, ottenuto come somma dei prodotti dei valori di campo e di abitanti negli edifici circostanti ($\sum B_i N_i$, ove B_i indica il valore di induzione calcolata ed N_i il numero di abitanti attribuiti all' i -esimo edificio).

I dati utilizzati sono i valori storici di corrente (media riferita all'anno precedente) e i dati del censimento ISTAT 2001 (attribuzione proporzionale alla superficie dell'edificio in relazione alla sezione censuaria).

In questo modo l'indicatore è definito per ogni campata, permettendo di individuare i tratti più impattanti della linea. In corrispondenza a tali campate è stata svolta la fase di sopralluoghi volti a verificare la consistenza dei dati.

Tali elementi geometrici sono stati convertiti in entità importabili in ambienti di visualizzazione tridimensionale che permettono all'operatore di orientarsi sul territorio e verificare in tempo reale la consistenza dei dati presenti in CERT, specialmente per quanto riguarda la tipologia e l'orientamento dei tralicci.

In particolare, sono state appositamente create delle utilità per l'esportazione in ESRI Shapefile per la visualizzazione in ESRI ArcScene (Figura 6, a destra) e in formato KML, che può essere importato in Google Earth (Figura 6, a sinistra)

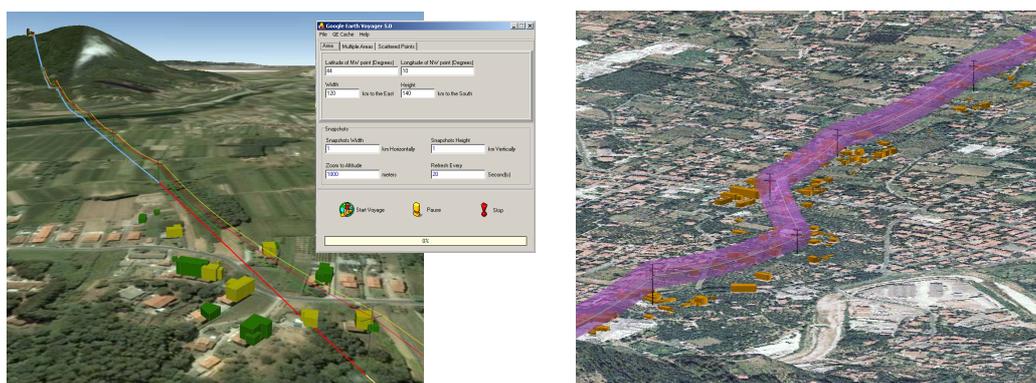


Figura 6 – Visualizzazione dell'indicatore per ciascuna campata e calcolo del campo in corrispondenza degli edifici in ambiente GoogleEarth con la finestra di GE Voyager(a sinistra) e la visualizzazione in ArcScene della superficie di isocampo e del modello 3D dell'edificio.

L'utilizzo di Google Earth richiede, in genere, una connessione ad internet per scaricare le immagini delle aree desiderate. La necessità di operare sul campo richiede che ciò venga fatto in anticipo, immagazzinando nella cache la cartografia necessaria. L'utilizzo del software Google Earth Voyager permette di definire preventivamente una serie di aree o punti da immagazzinare, in modo da poter operare senza disporre di una connessione di rete attiva.

Bibliografia

- [1] D. Andreuccetti, N. Colonna, R. Fossi, N. Zoppetti “Campo magnetico disperso da elettrodotti ad alta tensione: validazione di una metodologia avanzata di valutazione basata su modelli 3D di linee elettriche e territorio” Atti del Terzo Convegno Nazionale “Controllo ambientale degli agenti fisici: dal monitoraggio alle azioni di risanamento e bonifica” 7-9 Giugno 2006 Città Studi, Biella.
- [2] M. Comelli, C. Licciardello, “Integrazione di GIS e database nel monitoraggio dell'esposizione a campi ELF”, AIRP 2007 - Convegno Nazionale di Radioprotezione - Vasto, 1-3 settembre 2007.