

Integrazione di GIS e database nel monitoraggio dell'esposizione a campi ELF

Comelli M.¹, Licciardello C.²

(1) IFAC-CNR (Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" del Consiglio Nazionale delle Ricerche),
comelli@ifac.cnr.it

(2) ARPAT (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana), Sistema Informativo
Ambientale della Regione Toscana - SIRA,
c.licciardello@arpat.toscana.it

L'esigenza di monitoraggio dell'esposizione della popolazione a campi ELF e la determinazione dei vincoli urbanistici in prossimità degli elettrodotti definiti dalle fasce di rispetto hanno portato le pubbliche amministrazioni regionali all'adozione di sistemi di calcolo del campo magnetico in prossimità di linee elettriche ad alta tensione. In particolare, la Regione Toscana ha affidato all'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale (ARPAT) il compito di realizzare un sistema integrato che includa l'implementazione e il popolamento del Catasto Regionale degli Elettrodotti (CERT, sviluppato presso IFAC) come origine dei dati per i programmi di calcolo.

Per garantirne una semplice integrazione con gli strumenti GIS si è resa necessaria la scelta di un sistema RDBMS che consentisse l'archiviazione di entità geometriche con modalità di accesso standard (specifica Simple Feature Server dell'Open Geospatial Consortium) e che potesse essere utilizzato come origine dati di servizi web, quali WMS (Web Map Service) e WFS (Web Feature Service).

La scelta è caduta su PostgreSQL, un motore di database dotato di un'estensione per l'archiviazione e la gestione dei dati geometrici (PostGIS). L'accesso ai dati in ambiente GIS può avvenire utilizzando il programma QGIS, utilizzando una connessione diretta al database o tramite servizi web WFS realizzati con UMN MapServer.

Il popolamento dell'archivio per le linee a 380kV e 220 kV è stato possibile grazie ai tracciati, ai profili e alle schede tecniche delle linee ad alta e altissima tensione fornite dai gestori a seguito di un accordo con la Regione Toscana, ed è tuttora in fase di completamento per le linee a 132 kV. Il programma di calcolo PLEIA, sviluppato a seguito di una convenzione tra CNR-IFAC ed ARPAT, consente il calcolo tridimensionale dei valori di campo magnetico in prossimità delle linee e delle fasce di rispetto in conformità a quanto previsto dal DPCM 8 luglio 2003.

L'ambito di lavoro

Tra ARPAT ed IFAC è attiva da oltre tre anni una collaborazione finalizzata allo sviluppo del catasto regionale degli elettrodotti ed alla realizzazione di un insieme di applicazioni (tra le quali un programma di calcolo denominato PLEIA - Power Line Electromagnetic Impact Assessment) che ne utilizzano i dati ai fini della determinazione della distribuzione del campo magnetico disperso nell'ambiente.

Il Catasto degli Elettrodotti della Regione Toscana (CERT) è un archivio informatico di sorgenti ambientali di campi elettromagnetici (cioè un catasto elettromagnetico) relativo alle sorgenti 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.

Un sistema completo per la valutazione dell'esposizione della popolazione e la determinazione delle fasce di rispetto, secondo quanto previsto dal DPCM 8 luglio 2003, deve fornire all'utente un'interfaccia visuale ai dati del catasto e la possibilità di utilizzarli per il calcolo dell'induzione magnetica.

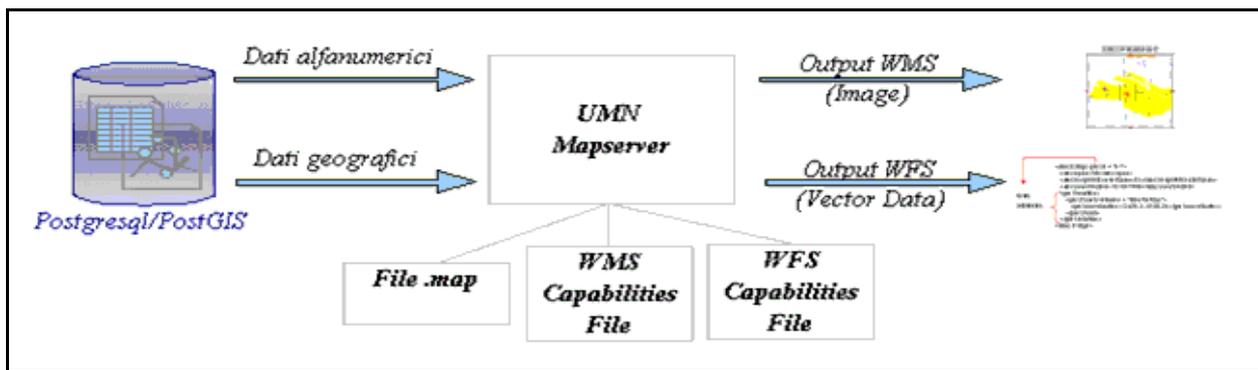


Figura 3 – Schema di generazione di output WMS e WFS da dati memorizzati in PostgreSQL.

L'ambiente GIS

Un GIS (Geographical Information System) è un sistema di software che permette di creare, visualizzare interrogare ed analizzare dati geospaziali.

A seconda dell'ambiente di utilizzo, i software GIS possono essere distinti in Desktop GIS (ArcView, ArcGIS, QGIS, GRASS) e web GIS (ArcIMS, UMN MapServer). Mentre i Desktop GIS consentono di effettuare analisi GIS sofisticate, i sistemi web GIS sono orientati alla pubblicazione di mappe sul web e all'interrogazione dei dati pubblicati tramite semplici strumenti di navigazione.

La scelta di ARPAT per affrontare le problematiche sopra esposte è caduta su Quantum GIS, un GIS Open Source che supporta l'accesso diretto a tabelle spaziali di PostgreSQL/PostGIS; la sua architettura modulare consente la realizzazione di plugin per estenderne le potenzialità in modo semplice mediante utilizzo di un linguaggio di programmazione ad oggetti interpretato, libero e ampiamente documentato (Python).

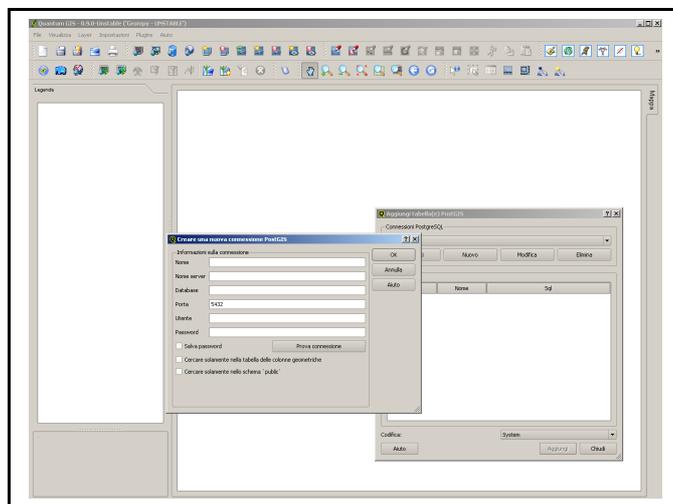


Figura 4 - Creazione di una connessione a PostgreSQL in QGIS.

Quantum GIS può anche essere utilizzato per generare il file *.map per la pubblicazione dei dati su UMN MapServer.

UMN MapServer consente la restituzione via web di una mappa raster a partire da un file di mappa in formato testo (mapfile) che ne specifica contenuto (nel nostro caso la connessione al database) e modalità di rappresentazione (tematizzazione). Utilizzando opportuni descrittori all'interno del mapfile è possibile ottenere (v. Figura 5 e Figura 6) la restituzione della mappa raster usando il servizio WMS (Web Map Service), standard definito dall'Open Geospatial Consortium, oppure di uno stream GML contenente i dati in formato vettoriale tramite il servizio WFS (Web Feature Service).

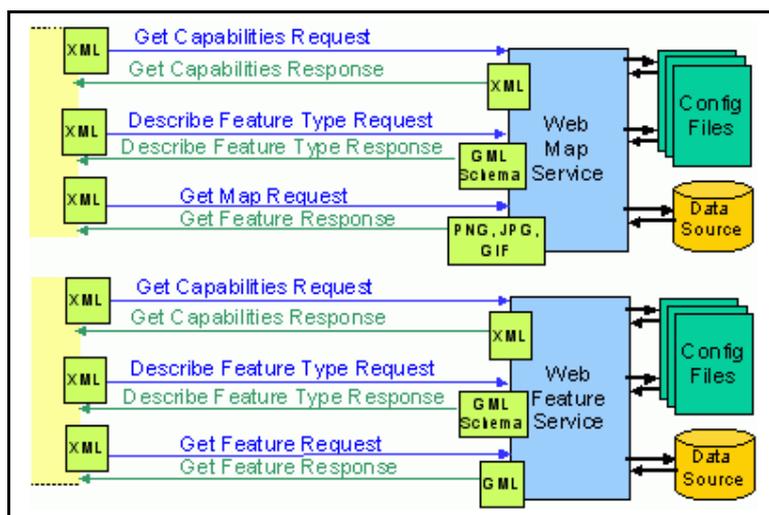
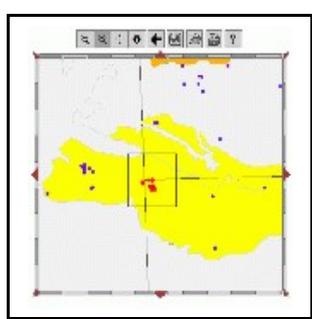


Figura 5 - Schema del funzionamento di WMS e WFS.



```

<abc:Bridge gml:Id = "b1">
  <abc:span>50</abc:span>
  <abc:electrCenterSpan>51</abc:electrCenterSpan>
  <abc:constructed>10-10-1996</abc:constructed>
  GML
  attributes {
    <gml:location>
      <gml:Point srsName = "#myRefSys">
        <gml:coordinates>12435.2, 6756.34</gml:coordinates>
      </gml:Point>
    </gml:location>
  }
</abc:Bridge>

```

Figura 6 - WMS output (GetMap Request) e WFS output (GetFeature Request)

Il software di calcolo

Il programma PLEIA, utilizzando come fonti di dati il catasto, la cartografia numerica regionale ed un modello digitale dell'altimetria del territorio della Toscana, permette di tenere conto di:

1. posizione georeferenziata di tutti i sostegni e di tutti i punti dove si determina il campo, con riferimento ad un sistema coerente di coordinate cartografiche;
2. quota di tutti gli elementi georeferenziati (sostegni e punti di calcolo);
3. conformazione, altezza e orientazione di ogni sostegno;
4. caratteristiche meccaniche ed elettriche di ciascun conduttore considerato singolarmente e, in particolare, della tensione meccanica ed elettrica, della corrente e della fase su di esso.

L'adozione di un modello tridimensionale così dettagliato tanto per le linee elettriche quanto per il territorio attraversato, consente di realizzare valutazioni molto realistiche e di affrontare problemi che non potrebbero essere trattati con sufficiente accuratezza per mezzo del tradizionale algoritmo bidimensionale codificato dalla norma CEI 211-4. È il caso, per esempio, dell'incrocio di linee diverse, delle campate fortemente arcuate o rampanti e dei cambi di direzione pronunciati. Condizione necessaria affinché tutto ciò sia possibile è ovviamente quella di disporre dei dati necessari con un sufficiente grado di affidabilità e precisione.

Lo sviluppo del plugin

Il software PLEIA descritto in precedenza, tramite connessione diretta al database CERT a partire da file di dati configurati ed opportunamente formattati tramite l'interfaccia utente, è in

grado di eseguire il calcolo del campo in diverse modalità, nonché la generazione di file di tipo shape rappresentanti la fascia di rispetto per ciascuna delle linee di interesse.

Questo tipo di approccio presenta però alcuni inconvenienti; dovuti essenzialmente all'impossibilità per l'utente di selezionare linee in una certa porzione di territorio di interesse (quali, ad esempio, una provincia od un comune).

Lo strumento che meglio si presta a supportare operazioni di tal genere è un GIS che si interfacci direttamente con il database, permetta di eseguire varie operazioni sui dati spaziali e di creare come output dei file che il programma possa ricevere direttamente in input, prima di passare all'elaborazione definitiva.

Per raggiungere tali obiettivi, sono state innanzitutto create delle tabelle spaziali tramite PostGIS, che contenessero i dati relativi a tralicci, campate e stazioni elettriche.

È stato quindi realizzato un plugin per QGIS utilizzando il linguaggio Python per avere una connessione diretta agli elementi spaziali del database sopra descritti. Questo approccio, tramite un linguaggio interpretato, ha permesso di creare in poco tempo un'apposita barra degli strumenti (v. Figura 7) di immediato utilizzo per l'utente, che fornisce la possibilità di caricare i dati relativi alle entità geometriche e, una volta selezionate le campate di interesse, di esportare un file per la modalità di calcolo desiderata.



Figura 7 - Barra del plugin creata per la connessione al catasto CERT e l'interfacciamento con PLEIA.

I vantaggi dell'utilizzo di Python si estendono altresì alla portabilità, trattandosi di un linguaggio indipendente sia dalla versione di QGIS che dal sistema operativo, nonché alla possibilità di distribuirne (eventualmente) una versione compilata, in modo da non rendere leggibili agli utenti i parametri di connessione al database.

Il sistema sviluppato dall'Agenzia è stato mantenuto, per quanto possibile, modulare: questo significa che non si tratta di un unico software strettamente dipendente dalle tecnologie utilizzate (in particolare RDBMS e GIS). In particolare, i parametri di configurazione richiesti in fase di elaborazione vengono settati da un eseguibile esterno semplicemente richiamato dai pulsanti della barra del plugin, e lo stesso avviene quando si desiderano avviare i programmi di calcolo o di inserimento dati.

Qualora si decidesse di migrare, ad esempio, ad un altro GIS, sarebbe sufficiente creare un'apposita interfaccia utente, lasciando inalterato il resto dei componenti.

I risultati: il calcolo delle fasce

Con il file ottenuto direttamente lavorando in QGIS, come descritto precedentemente, è stato possibile lanciare il calcolo delle fasce di rispetto per l'intero territorio regionale, come visualizzato nella Figura 8 in dettaglio.

Questa potenzialità offerta dall'integrazione database – GIS – software di calcolo da un lato permette di ridurre notevolmente sia i tempi di elaborazione da parte dell'utente che di calcolo da parte della macchina (una sola connessione al database per immagazzinare tutti i dati necessari), dall'altro si rivela un utile strumento di supporto alle pubbliche amministrazioni in ambito di pianificazione territoriale.

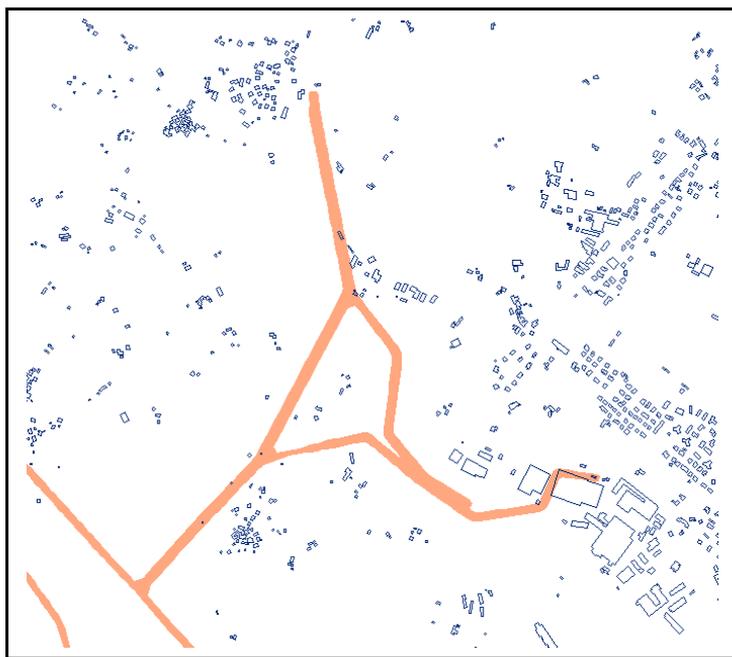


Figura 8 - Sovrapposizione all'edificato delle fasce di rispetto.

I risultati: la valutazione dell'esposizione in siti "sensibili"

Al fine di valutare l'esposizione della popolazione in prossimità delle linee elettriche, è stata utilizzata la modalità "Calcolo su grigliato". Da un elenco di siti sensibili (edifici ed impianti aperti al pubblico: tipicamente scuole, ospedali, case di cura ed impianti sportivi), raccolti in varie banche dati, non esaustivo ma rappresentativo dell'intero territorio regionale, sono stati estratti quelli ricadenti all'interno delle fasce di rispetto determinate nel modo visto precedentemente.

Questi sono stati innanzitutto quotati, utilizzando le funzionalità offerte dal GIS, avvalendosi del modello digitale del terreno (DTM – v. Figura 9) regionale.

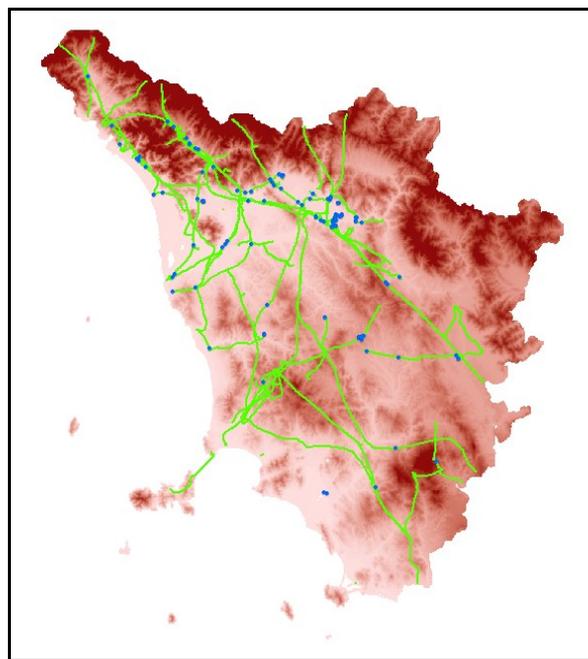


Figura 9 - Quotatura dei siti sensibili ricavata a partire dal DTM.

In questo modo è possibile ottenere un file di testo (il grigliato, appunto) costituito da tre colonne di valori numerici, identificanti univocamente ciascun punto nello spazio. A questo punto è

stato calcolato il valore medio dell'esposizione della popolazione a partire dai dati storici delle correnti riferite all'anno 2005 (i più recenti in possesso dell'Agenzia).

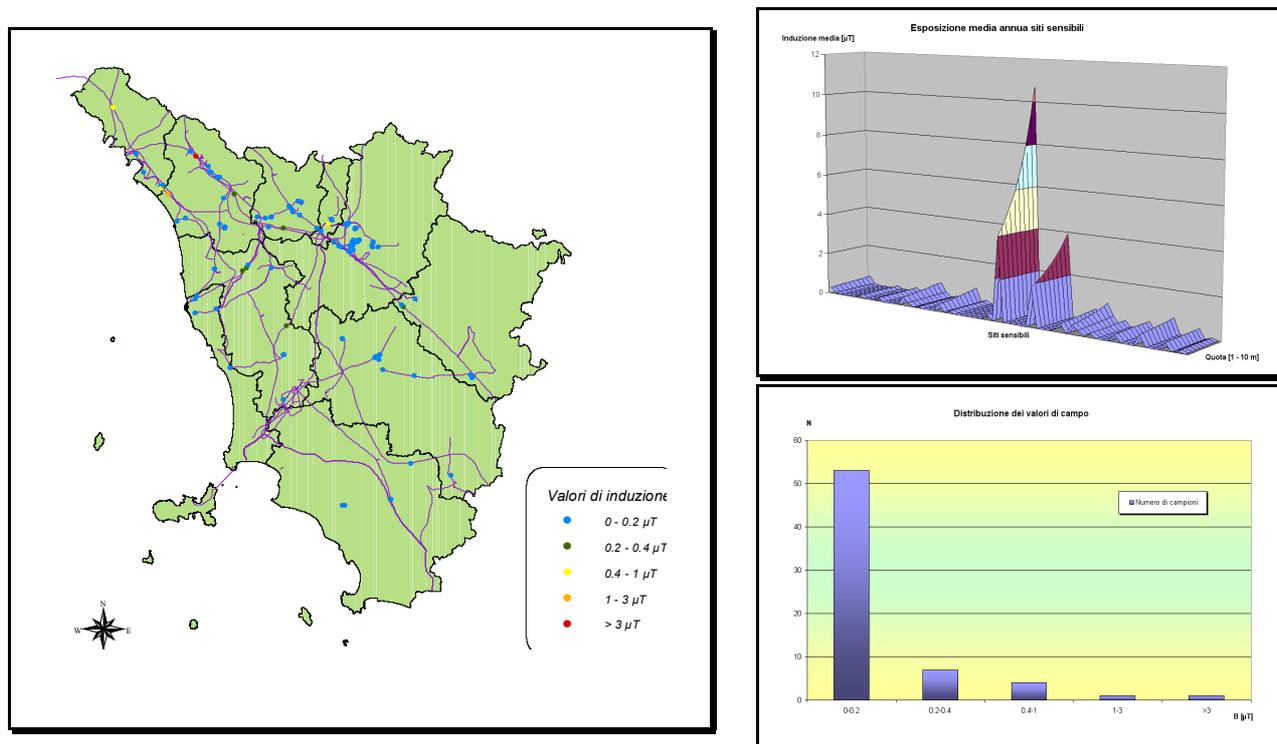


Figura 10 - Valutazione dell'esposizione media annua a 2 m dal suolo in corrispondenza dei siti sensibili (a sinistra) e variazione dell'induzione in funzione della quota (a destra).

È stato così possibile sovrapporre i risultati delle simulazioni alla cartografia regionale (Figura 10, a sinistra), evidenziare i siti in cui può rendersi necessaria un'analisi più approfondita, anche di carattere sperimentale (in alto, a destra), nonché la distribuzione dei valori di induzione calcolata (in basso, a destra).

Conclusioni e sviluppi futuri

L'integrazione di vari strumenti Open Source (PostgreSQL con estensione PostGIS, QGIS con gli script in Python) con il software PLEIA sviluppato presso IFAC-CNR ha fornito ad ARPAT un sistema efficiente sia in ambito di pianificazione territoriale, sia come strumento di valutazione dell'esposizione della popolazione ai campi ELF.

Una volta completato l'inserimento in archivio dei dati elettrici e geometrici delle linee ad Alta Tensione, sarà possibile una valutazione complessiva dell'esposizione su tutto il territorio regionale, ed in particolare in corrispondenza dei siti sensibili. L'utilizzo di tecnologie OGC Standard per l'accesso ai dati geografici via web garantisce l'interoperabilità dei dati pubblicati, consentendone l'elaborazione con qualsiasi strumento di analisi GIS per ottenere informazioni di rilevanza urbanistica, quale l'estensione delle fasce di rispetto e i valori di campo calcolati sovrapposti all'edificato residenziale o alle aree edificabili.

Bibliografia

- [1]. 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. (GU n. 200 del 29-8-2003)
- [2]. PostgreSQL home page: <http://www.postgresql.org/>
- [3]. phpPgAdmin home page: <http://phppgadmin.sourceforge.net/>
- [4]. PostGIS home page: <http://postgis.refractor.net/>

- [5]. Open Geospatial Consortium home page: <http://www.opengeospatial.org/>
- [6]. Quantum GIS home page: <http://qgis.org/>
- [7]. Python home page: <http://www.python.it/>
- [8]. UMN MapServer <http://mapserver.gis.umn.edu/>
- [9]. D.Andreuccetti e N.Zoppetti: "Campo magnetico disperso da elettrodotti ad alta tensione: una metodologia avanzata di valutazione basata su modelli 3D di linee elettriche e territorio", Atti del convegno "Dal monitoraggio degli agenti fisici sul territorio alla valutazione dell'esposizione ambientale", Torino, 29-31 ottobre 2003, pp. 17-20.
- [10]. Comitato Elettrotecnico Italiano, "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche", Norma CEI 211-4, ottobre 1996.
- [11]. Comelli M., Bampo A., Villalta R., "L'utilizzo del software Phidel per la determinazione delle fasce di rispetto nell'ambito della pianificazione territoriale: l'esempio della centrale di Somplago", Terzo Convegno Nazionale ARPA, *Controllo ambientale degli agenti fisici: dal monitoraggio alle azioni di risanamento e bonifica*, Biella 2006.