

# UN APPROCCIO OPEN SOURCE PER L'ELABORAZIONE, LA GESTIONE E L'ESPOSIZIONE DEL DATO AMBIENTALE

*M. Comelli <sup>(1)</sup>*

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

## RIASSUNTO

L'Istituto di Fisica Applicata 'Nello Carrara' del Consiglio Nazionale delle Ricerche di Firenze (IFAC-CNR) collabora da anni con l'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana (ARPAT), nell'ambito di una convenzione nata in abito protezionistico relativamente alla valutazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici.

In tale contesto sono stati sviluppati il Catasto degli elettrodotti della Regione Toscana (CeRT) e un sistema integrato di applicazioni, denominato PLEIA (Power Line Electromagnetic Impact Assessment), per il calcolo del campo magnetico nello spazio circostante gli elettrodotti. Tutto ciò è stato realizzato tenendo conto della necessità di integrare sia la visualizzazione delle sorgenti, sia l'output delle elaborazioni con la cartografia digitale, in modo da valutare l'esposizione della popolazione.

Questo ha portato ad una duplice conseguenza: da una parte sono stati potenziati gli strumenti di acquisizione, elaborazione, gestione ed esposizione dei dati geografici. In seconda battuta, le procedure sviluppate inizialmente per i campi elettromagnetici sono state adattate alle altre matrici ambientali, in particolare per quanto riguarda gli inquinanti atmosferici e il rumore.

In quest'ultimo caso, l'acquisizione dei dati relativi al catasto dell'acustica ha richiesto lo sviluppo di procedure specifiche per la ricerca e correzione di errori, sia topologici, sia relativi alle specifiche tecniche previste dalla normativa. Nel dettaglio, la correzione topologica è stata automatizzata attraverso le funzioni messe a disposizione da PostGIS. Inoltre, una volta convertiti i dati dal formato originario (shape file) in geometrie PostGIS, è stato possibile procedere alla loro omogeneizzazione, e quindi avvalersi delle potenzialità offerte dal linguaggio SQL per ricercare incoerenze con le specifiche tecniche previste, generare opportuni buffer attorno agli errori così ricavati e, una volta memorizzati in archivio come geometrie, metterli a disposizione sia dei tecnici di ARPAT competenti, sia degli enti che li avevano originariamente forniti, tramite il protocollo WFS.

Parallelamente, è stato sviluppato un sistema di gestione che consente a personale opportunamente profilato di amministrare l'ambiente di lavoro, i dati ambientali, i file di mappa utilizzati dal Mapserver nella generazione delle mappe relativamente ai vari servizi predisposti (incluso il webGIS) e l'interfaccia di p.mapper.

L'utilizzo di questi software specifici, imposto a suo tempo nell'ambito della realizzazione della prima versione del catasto nazionale dei campi elettromagnetici, si è rivelato vantaggioso a lungo termine per la semplicità di gestire, tramite un DBMS di tipo relazionale, le strutture gerarchiche dei file di mappa e del file XML che definisce gli elementi d'interfaccia dell'ambiente webGIS in p.mapper.

Nel complesso, l'utilizzo di tecnologie open source non ha costituito un limite in alcuno dei momenti dello sviluppo del sistema. I vantaggi principali sono dovuti (anche se in maniera non omogenea) all'abbondanza di documentazione reperibile in rete, al feedback rapido in caso di riscontro di bachi nel codice (e conseguente disponibilità di una release corretta in tempi relativamente brevi, in confronto al software proprietario) e all'efficienza del codice.

## ABSTRACT

The “Nello Carrara” Institute of Applied Physics (IFAC) is cooperating since a long time with Regional Agency for Environmental Protection of Tuscany (ARPAT), as part of a convention relative to exposure assessment of the population to electromagnetic fields.

This led to develop the Cadastre of power lines of the Tuscany Region (CeRT) and an integrated system of applications, called PLEIA (Power Line Electromagnetic Impact Assessment), for the calculation of the magnetic field in the space around the power lines, in the need to integrate both the display of sources and the output of the processing with digital mapping to assess the exposure of the population.

Advanced tools allow to process, manage and display geographic environmental data; thereafter, these procedures have been adopted for other environmental matrices, in particular for noise and air pollution.

In parallel, a management system to handle the work environment, the environmental data, the map files used by Mapserver, and p.mapper interface has been developed.

The main advantages in using open source technologies are due to the abundance of documentation available in the network, to the rapid feedback in case of finding bugs (and consequent availability of a correct release in relatively short times, compared to proprietary software), and the efficiency of the code.

## 1. Il sistema integrato PLEIA-CERT

PLEIA-CERT (Andreuccetti D. et al., 2009) è un sistema integrato di valutazione preventiva dell'inquinamento elettromagnetico ambientale a bassissima frequenza, ed è stato messo a punto nell'ambito di una collaborazione tra IFAC e ARPA Toscana (ARPAT) in corso dal settembre 2003. Il sistema si articola su diversi livelli (secondo lo schema riportato in Figura 1):

- **database:** è il catasto in cui sono memorizzati i dati, e risiede sul server su cui è installato il DBMS (DataBase Management System). Il sistema è stato utilizzato con Oracle<sup>1</sup>, MySQL<sup>2</sup> e PostgreSQL<sup>3</sup>: la terminologia utilizzata nel presente report fa riferimento a quest'ultimo caso;
- **routine** in linguaggio PHP, residenti sul webserver (su cui è installato Apache, non necessariamente la stessa macchina del DBMS), che ricevono le richieste dagli applicativi ad alto livello, mettono a disposizione una serie di servizi standardizzati (comandi per la gestione del catasto) e permettono di operare su sostegni, linee, officine, mantenendo l'integrità referenziale del database;
- **applicativi** ad alto livello (programma di calcolo PLEIA-EMF (Andreuccetti D., Zoppetti N., 2009), software di gestione PLEIA Inserimento, applicazioni web, plugin per il software desktop QGIS<sup>4</sup>): mettono a disposizione dell'utente un'interfaccia grafica con cui interagire con lo strato sottostante.

CERT (Catasto degli Elettrodotti della Regione Toscana) è un archivio informatico che permette di gestire il posizionamento sul territorio, la struttura meccanica e le caratteristiche elettriche degli elettrodotti a tensione maggiore o uguale di 132 kV presenti sul territorio della Regione Toscana.

Il pacchetto PLEIA (Power Line Electromagnetic Impact Assessment) è un complesso di programmi per personal computer in ambiente Windows comprendente moduli per la gestione dell'archivio CERT, per il calcolo del campo magnetico generato da uno o più

---

<sup>1</sup> <https://www.oracle.com/>

<sup>2</sup> <https://www.mysql.com/>

<sup>3</sup> <https://www.postgresql.org/>

<sup>4</sup> <http://qgis.org/>

elettrodotti, per la visualizzazione degli oggetti dell'archivio e dei risultati dei calcoli e per varie altre funzioni accessorie.

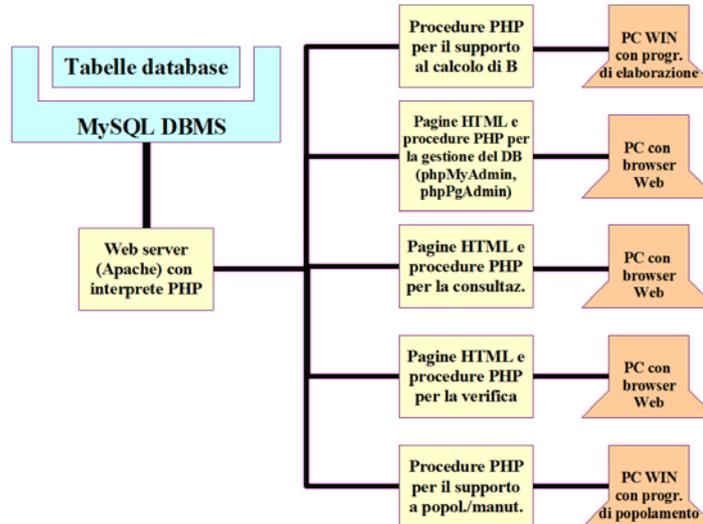


Figura 1 – Schema del sistema integrato PLEIA-CeRT: database, procedure PHP, software client per la gestione dell'archivio e l'elaborazione delle simulazioni.

## 2. Estensione di CERT: misure, monitoraggi e simulazioni di induzione magnetica

Le naturali estensioni dell'archivio CERT hanno riguardato la gestione delle misure di induzione magnetica effettuate dai tecnici di ARPAT e l'archiviazione dei risultati delle simulazioni eseguite con il programma PLEIA.

L'accesso a questi sistemi viene garantito attraverso un sistema, appositamente implementato, di autenticazione degli utenti, con conseguente profilazione ed assegnazione di specifici privilegi.

### 2.1 - Le misure di induzione

Un apposito schema di CERT è stato dedicato all'archiviazione dei risultati delle misure. Il sistema è integrato con gli strumenti di disegno di QGIS e p.mapper per quanto riguarda l'importazione delle geometrie relative a punti di misura e sorgenti di induzione non presenti in archivio, con l'archivio degli elettrodotti per correlare gli interventi di misura alle linee elettriche presenti sul territorio, ed implementa al suo interno le procedure per la determinazione automatizzata delle incertezze associate ai risultati, in base ai parametri relativi a strumenti e tarature.

Punto	Posizione	Quota e Comune	Località e indirizzo	Strumentazione	Propaga	Tipo	Propaga	Valori misurati				
1	X (GB Est) 0 Y (GB Nord) 0 Quota s.l.m. 0	Comune: Seleziona... Località: Indirizzo: Descrizione:	Emdex II (Inv. Tec.: 3993, N. ser): Taratura: 26/10/2012 (B) Altezza sonda: 1.5 m	Localizzazione: Interna Limite: Limite di esposizione Tipologia: Spot Numero misure: 3	Misura	Risultato	Data	Ora	Note			
					0,01	0,01 ± 0,01 µT	04/03/2015	00:00:00				
					0,01	0,01 ± 0,01 µT	04/03/2015	00:00:00				
					0,01	0,01 ± 0,01 µT	04/03/2015	00:00:00				
2	X (GB Est) 0 Y (GB Nord) 0 Quota s.l.m. 0 Punto spot: ...	Comune: Seleziona... Località: Indirizzo: Descrizione:	Emdex II (Inv. Tec.: 3993, N. ser): Taratura: 26/10/2012 (B) Altezza sonda: 1.5 m	Localizzazione: Interna Limite: Limite di esposizione Tipologia: Continua Numero misure: 2 Grafico: Media oraria	Risultati		Valori		Dettagli			
					Minimo	0,01 ± 0,01 µT			Data inizio	01/01/1901		
					Medio	0,01 ± 0,01 µT			Ora inizio	00:00:00		
					Massimo	0,01 ± 0,01 µT			Durata	0 h		
					Mediano	0,01 ± 0,01 µT			Companam.	0 s		
					95° percentile	0,01 ± 0,01 µT			Note			
					Scarto tipo	0,01 µT						
					Minimo	0,01 ± 0,01 µT			Data inizio	01/01/1901		
					Medio	0,01 ± 0,01 µT			Ora inizio	00:00:00		
					Massimo	0,01 ± 0,01 µT			Durata	0 h		
					Mediano	0,01 ± 0,01 µT			Companam.	0 s		
					95° percentile	0,01 ± 0,01 µT			Note			
					Scarto tipo	0,01 µT						

Figura 2 - Tabella per l'inserimento misure.

Al termine della procedura di inserimento, i dati possono essere visualizzati in ambiente webGIS ed esportati come rapporto di prova (contenente tutti i dati relativi alla pratica, la

cartografia in cui sono visualizzate le sorgenti ed i punti di misura, ed i risultati delle misure confrontati con i valori previsti dalla normativa) in formato standardizzato come file PDF.

## 2.2 - I monitoraggi

È stato messo a punto un software che permette di gestire i dati relativi ai monitoraggi di induzione magnetica condotti presso linee elettriche (Comelli M., Colonna N., Licitra G., 2012). Lo strumento consente di importare in archivio:

- i dati misurati da uno strumento di tipo Emdex Lite<sup>5</sup> o Emdex II<sup>6</sup>;
- le simulazioni di induzione ottenute con il software PLEIA.

Utilizzando i parametri geometrici relativi agli elettrodotti contenuti nel Catasto degli elettrodotti della Regione Toscana (CeRT), viene calcolata l'esposizione presso i recettori posti lungo il tracciato della linea di interesse.

Alla fine della procedura è possibile esportare, in maniera del tutto automatizzata, un report riassuntivo in formato PDF. Questo contiene un riepilogo dei dati misurati e dell'esposizione estrapolata nei pressi dei recettori, le mappe con i valori di induzione e i grafici con l'andamento temporale del campo in ciascuno dei siti analizzati.

## 3.3 - Le simulazioni

È possibile l'importazione nel database CERT delle simulazioni di induzione magnetica su grigliato effettuate tramite il software PLEIA, e la loro conseguente visualizzazione in ambiente webGIS, ed esportazione in formato KMZ

Il sistema PLEIA-EMF consente diverse modalità di calcolo. Sono state implementate funzionalità di esportazione dei risultati ottenuti nelle modalità 'Calcolo su grigliato' e 'Calcolo su piani', in alcune configurazioni semplici dei parametri di calcolo.

Il file contenente i risultati del calcolo viene caricato sul server; viene quindi creato un database Grass temporaneo, assegnato all'utente in base alle credenziali di accesso. Viene utilizzato il mapset PERMANENT (di default), mentre la location viene ridefinita in base ai dati in input. Vengono eseguiti i seguenti comandi di Grass in sequenza:

- r.in.xyz: il file viene letto e quindi convertito in un raster, in cui il valore di ogni cella corrisponde al valore di induzione calcolata;
- r.contour: dal raster vengono ricavate le curve di livello di induzione magnetica comprese tra i valori minimo e massimo e con il passo specificati dall'utente, e salvate in un vettore di Grass;
- v.out.ogr: le curve di livello vengono convertite in uno shape file.

A questo punto, lo shape file viene convertito in una tabella nel database PostgreSQL con colonna geometrica PostGIS (in due passi: prima viene creato un file di testo per il popolamento del database con il comando shp2pgsql; questo file e viene quindi eseguito con psql).

Le geometrie di questa tabella vengono quindi unite a seconda del valore di campo, ed inserite in un'apposita tabella. Se il calcolo avviene su di un piano orizzontale, viene creato un apposito layer in ambiente webGIS. Tutti i file e tabelle di lavorazione temporanei vengono infine rimossi.

I risultati delle simulazioni possono inoltre essere esportati in formato KMZ e visualizzati in Google Earth (v. Figura 3).

---

<sup>5</sup> <http://www.enertech.net/html/EMDEXLite.html>

<sup>6</sup> <http://www.enertech.net/html/EMDEXII.html>

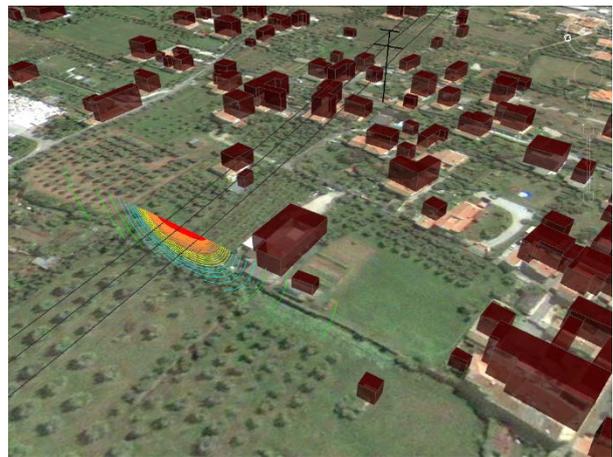
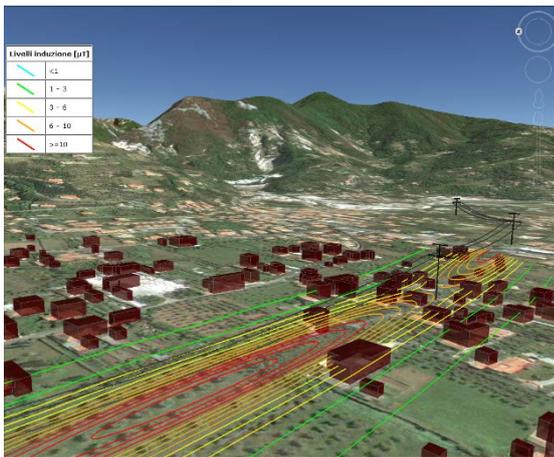


Figura 3 - Visualizzazione in ambiente Google Earth delle isolinee di induzione magnetica: simulazione su piano orizzontale (a sinistra) e verticale (a destra).

### 3. Estensione ad altre matrici: campi a radiofrequenza

Il sistema consente di archiviare su database i risultati delle simulazioni di campo elettrico calcolato su piani orizzontali tramite il software Vicrem, utilizzato in ARPA Toscana per il calcolo dei livelli generati dalle Stazioni Radio Base.

È stata predisposta un'interfaccia web per la gestione (caricamento, modifica ed eliminazione) dei risultati delle simulazioni.

Per ogni simulazione vengono salvati i dati in 3 formati:

- valori calcolati puntualmente (non visualizzati su webGIS);
- tile index, ossia i riquadri contenenti i punti di ciascuna simulazione;
- i valori calcolati, e quindi aggregati spazialmente.

Da webGIS i tile sono visibili alle scale maggiori. A ciascuno è associato il nome, e questo consente di effettuare uno zoom sulla simulazione di interesse (v. Figura 4, a sinistra). I risultati delle simulazioni sono visualizzabili sovrapposti alla cartografia regionale (Figura 4, a destra).

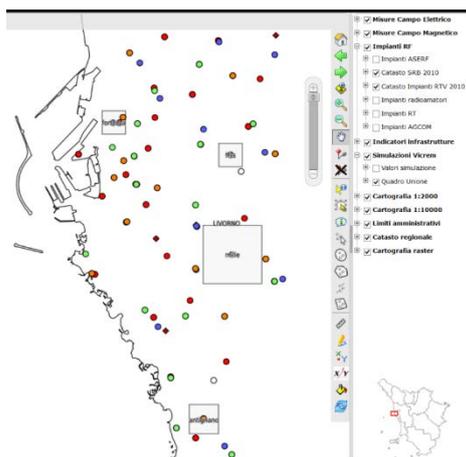


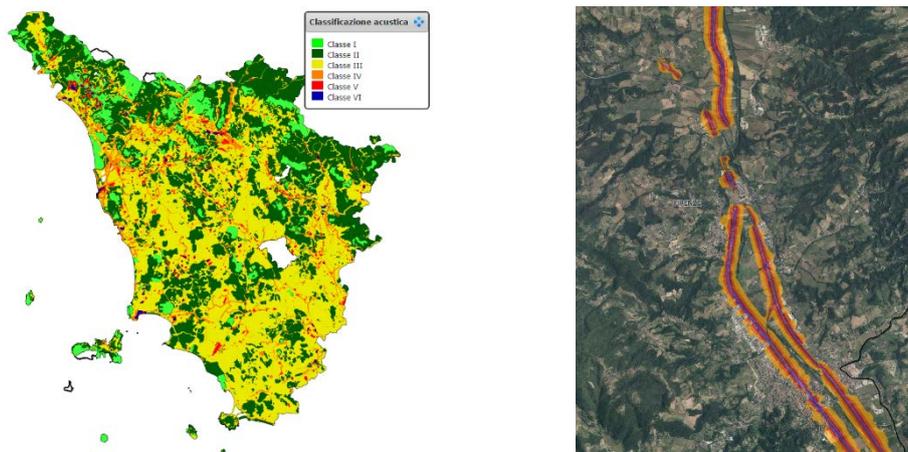
Figura 4 - Tile associati ad ogni simulazione (a sinistra) e mappa dei valori di campo (a destra).

### 4. Estensione ad altre matrici: l'acustica

Un'ulteriore estensione del sistema è consistita nell'implementazione dei dati relativi all'inquinamento acustico:

- misure di rumore;
- Piani Comunali di Classificazione Acustica (PCCA);

- Piani Comunali di Risanamento Acustico (PCRA);
- simulazioni di rumore presso infrastrutture di trasporto (strade, autostrade, ferrovie ed aeroporti) ed impianti industriali.



**Figura 5 - Piani Comunali di Classificazione Acustica (PCCA - a sinistra) e valutazione dei livelli di rumore in prossimità di un'infrastruttura di trasporto (a destra).**

In particolare, per quanto riguarda i PCCA, per evidenziare eventuali errori e mancata conformità agli standard previsti dalla normativa regionale, è stata implementata un'apposita procedura automatizzata.

In base alle specifiche presenti nella Legge Regionale, sono stati individuati i vincoli, per ciascuno dei tematismi, che devono essere rispettati.

Le geometrie, fornite in formato shape file, sono state dapprima importate in un database Postgres. Quindi, per automatizzare il procedimento di ricerca e visualizzazione degli errori, è stata scritta una query in linguaggio SQL che, per ciascuno degli errori (corrispondenti al mancato rispetto del vincolo imposto dal legislatore) ricerca le geometrie in archivio che ne sono affette, genera un buffer di 50 m attorno alla criticità e lo memorizza in archivio.

Gli errori sono visualizzabili in ambiente webGIS, o importabili in QGIS come layer WFS.

Un sistema del genere, oltre ad agevolare l'allineamento formale dell'archivio con quanto previsto dalla normativa, consiste di individuare possibili criticità nascoste, relative ad esempio a:

- problemi relativi al mancato adeguamento del piano con confini comunali aggiornati;
- possibile assegnazione in classe erronea;
- mancato allineamento dei dati in seguito a fusione di comuni.

## 5. Estensione ad altre matrici: l'inquinamento atmosferico

Al fine di valutare il contributo del traffico aeroportuale sui livelli di inquinamento atmosferico nella città di Pisa, ARPA Toscana ha effettuato un monitoraggio secondo le metodologie sviluppate da ESCAPE (European Study of Cohorts for Air Pollution Effects). Le campagne di misura sono state condotte in 11 siti all'interno del sedime aeroportuale, ed in 54 siti distribuiti nell'area urbana, in modo tale da rappresentare le diverse situazioni di carico emissivo (alto, medio e basso traffico) e del grado di urbanizzazione (zona residenziale centro, residenziale periferico e zona rurale).

IFAC ha implementato il database per la memorizzazione dei dati, le procedure per la generazione automatizzata della reportistica, e il sistema di esposizione dei dati sia su webGIS, sia in ambiente Google Earth.

Inizialmente i valori relativi alle concentrazioni di inquinanti erano organizzati in un foglio di calcolo, soluzione non ottimale al fine di gestire i dati, generare la reportistica ed esporre i risultati.

È stato implementato un database, basato su DBMS PostgreSQL con estensione PostGIS, in cui la normalizzazione ha permesso di gestire in maniera ottimizzata i dati, eliminando le ridondanze e possibili errori. L'estensione geometrica ha consentito di avvalersi degli strumenti lato server sviluppati e già in uso presso ARPAT e IFAC per esportare i dati in formato KML, compatibile con l'ambiente di visualizzazione di Google Earth

La gestione dei dati tramite un database normalizzato, in cui i punti di monitoraggio sono memorizzati come entità geometriche, ha consentito di implementare una procedura per la generazione automatizzata di schede riepilogative associate ad ogni punto di misura.

L'archiviazione dei dati tramite estensione spaziale PostGIS permette l'immediata esposizione tramite webGIS (Comelli M. et al., 2009) basato su p.mapper (in questo caso utilizzato in intranet dai tecnici ARPAT per avere sotto controllo l'esatto posizionamento dei punti di misura, le concentrazioni di inquinante e gli indici associati a ciascun sito), nonché l'esportazione in formato KML grazie ad un programma appositamente sviluppato (Adinolfi A. et al., 2009), consentendo inoltre all'operatore di personalizzare il layout grafico.

La distribuzione al pubblico di dati in formato KML, consistente in un file da caricare localmente sul proprio dispositivo (PC, tablet o smartphone) pone il problema dell'aggiornamento dei dati successivo alla prima distribuzione. Questo è stato risolto utilizzando un sistema di esposizione basato su più livelli di file KML:

- il primo è quello cui il pubblico ha accesso diretto: contiene uno splash screen con i riferimenti generali al progetto e un link a un file residente sul server;
- il secondo è costituito da file residenti sul server, puntati dal primo file, che generano il menu di navigazione, aggiornabile in caso di necessità, e puntano i file di terzo livello;
- il terzo livello è costituito dai file che contengono i dati, residenti sul server dell'Agenzia: questi sono aggiornabili in caso di correzioni o nuovi dati, e sono visualizzati sui dispositivi degli utenti.

In un sistema del genere, va fatta notare la possibilità di imporre un accesso selettivo ai dati grazie al meccanismo di autenticazione del webserver Apache: dati sensibili o provvisori possono essere messi a disposizione di un insieme limitato di utenti privilegiati, che vi accedono tramite username e password.

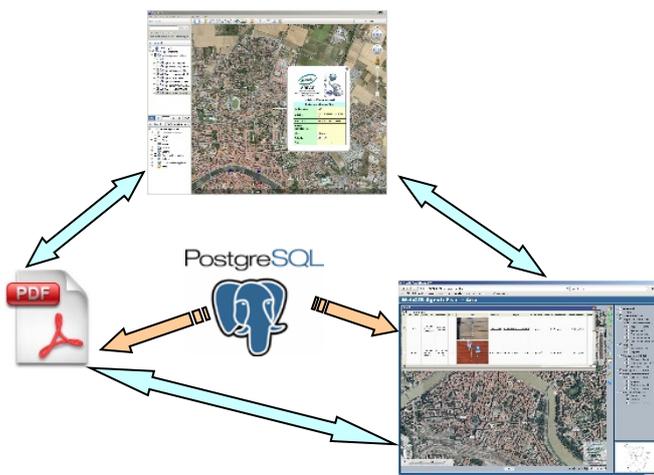


Figura 6 – Archiviazione e visualizzazione dei dati, esportazione in formato PDF e KMZ.

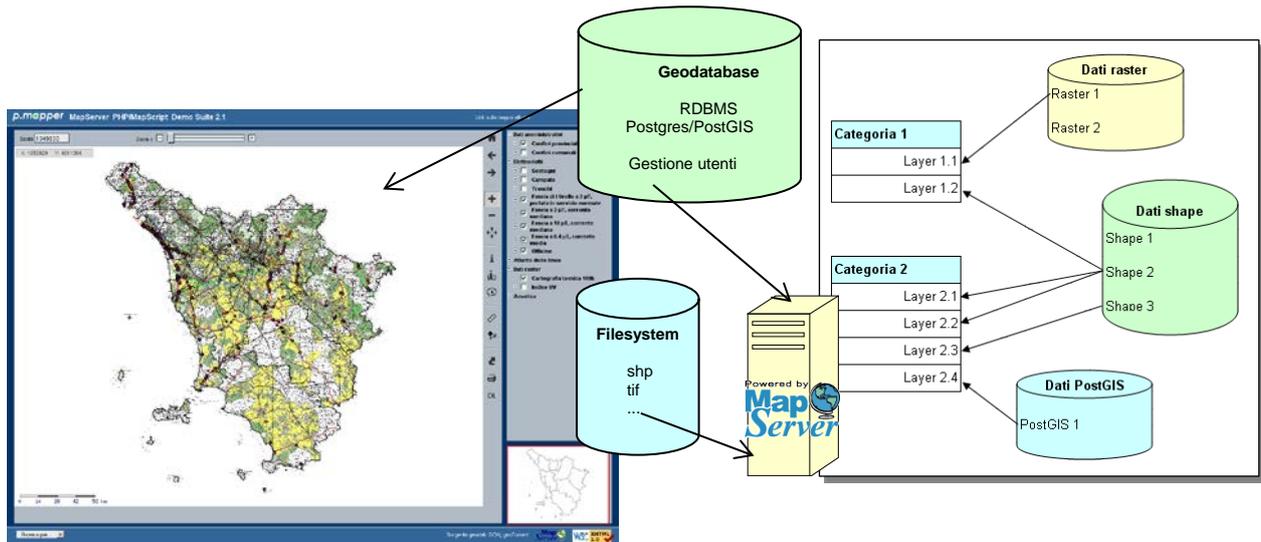
## 6. Sviluppo di un sistema di gestione per l'ambiente webGIS

Il sistema scelto per esporre i dati si basa su un'architettura relativamente semplice, schematizzata in Figura 7 (a sinistra): il front-end p.mapper si interfaccia al motore di

rendering MapServer. L'RDBMS PostgreSQL è utilizzato sia per la gestione degli utenti e degli strati informativi, sia per la memorizzazione dei dati geografici attraverso l'estensione PostGIS.

I layer informativi visualizzati in p.mapper sono organizzati in categorie, e permettono di esporre dati di diverso tipo (in particolare shape file, raster e layer PostGIS), secondo lo schema riportato in Figura 7 (a destra).

Le funzionalità offerte all'utente sono quelle comunemente messe a disposizione da un sistema webGIS, in particolare: navigazione geografica (pan, zoom, zoom su selezione), interrogazione puntuale e multipla dei layer, modifica del livello di trasparenza, stampa ed esportazione della vista corrente in immagine o file pdf alla risoluzione desiderata.



**Figura 7 - Visualizzazione dell'architettura del sistema (a sinistra) e relazioni tra Categorie, Layer e dati (raster, shape e PostGIS) in ambiente p.mapper (a destra).**

L'interfaccia di p.mapper è modificata in modo da prevedere un sistema di autenticazione e il menu per la scelta della classificazione dei layer.

Una volta terminato l'inserimento in archivio di tutti i parametri relativi ai dati e agli oggetti di Mapserver e p.mapper, è necessario eseguire un'apposita procedura per aggiornare i relativi file di configurazione.

p.mapper richiede due file per definire l'interfaccia utente e l'elenco dei layer visualizzabili:

- un file di configurazione, in formato XML, selezionato in base alle variabili di sessione definite dal sistema di autenticazione;
- un file di mappa, cui fa riferimento il file XML.

La procedura di configurazione si occupa di generare nelle opportune directory un insieme di coppie di file di configurazione e di mappa, una per ogni opportuna combinazione di:

- ambito;
- profilo;
- classificazione dei layer per quella combinazione di ambito e profilo.

Altre modifiche ai file originali del software rendono possibile la configurazione automatica dei plugin in base alle impostazioni definite dall'utente

## 7. Correzione delle topologie in PostGIS

Gli Shapefile non possono contenere informazioni topologiche (adiacenza, connessione, prossimità, coincidenza) sulle loro feature; essi sono quindi la mera rappresentazione spaziale delle feature e degli attributi.

Tale formato non è inoltre conforme alle specifiche OGC, di conseguenza le geometrie non rispettano necessariamente i requisiti di validità necessari all'esecuzione delle operazioni GIS effettuate con software che rispondono a tali criteri.

È stato pertanto realizzato un programma con interfaccia web che permette, una volta importati gli shapefile in un database Postgres con estensione postGIS, di verificare la presenza di geometrie topologicamente non valide, e procedere ad un'eventuale correzione automatizzata implementata tramite l'invocazione delle funzioni ST\_MakeValid() e ST\_Buffer() di PostGIS.

**CORREZIONE ERRORI POSTGIS**

Schema:

Tipo geometria:

Tabella LIKE:

Tabella >:

Tabella <:

Tabella =:

Tabella ILIKE:

Tabella	Colonna geometrica	Dimensioni	SRID	Tipo geometria	Chiave	Errori
test	geom	2	32632	MULTIPOLYGON	id	Hole lies outside shell: 28 <input type="button" value="MakeValid"/>
						Nested shells: 8 <input type="button" value="MakeValid"/>
						Ring Self-intersection: 1 <input type="button" value="MakeValid"/>
						Self-intersection: 2 <input type="button" value="MakeValid"/>

**Figura 8 - Interfaccia per la gestione degli errori PostGIS.**

L'interfaccia permette di effettuare una ricerca in archivio in base alle opzioni di filtro impostate. Viene visualizzata una tabella riepilogativa, in cui per tutte le colonne geometriche corrispondenti alle tabelle filtrate sono evidenziati:

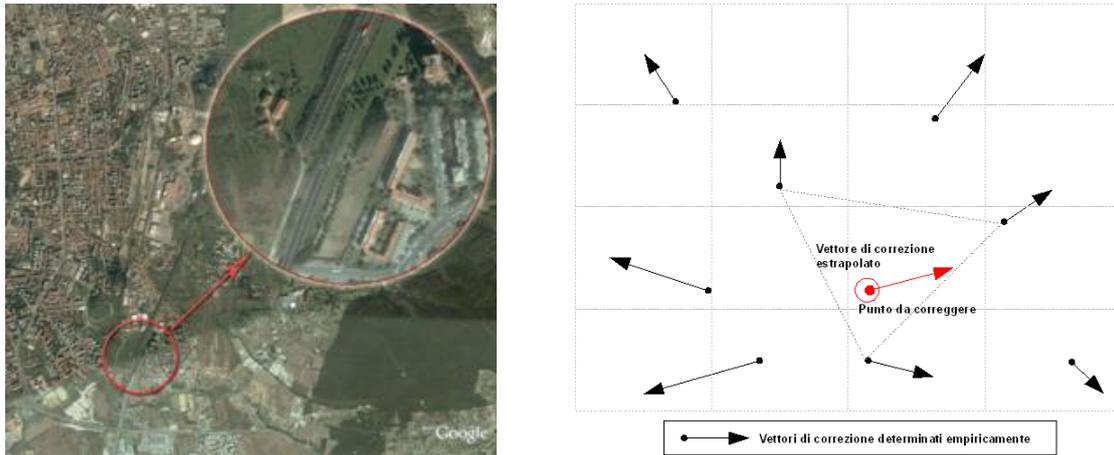
- nome della tabella;
- nome della colonna;
- dimensioni della geometria;
- SRID;
- tipo di geometria;
- colonna che funge da chiave primaria;
- errori, raggruppati per tipologia.

La procedura di correzione:

- controlla se la tipologia è di tipo POLYGON: in tal caso i risultati della correzione, che possono essere MULTIPOLYGON, vengono separati in geometrie singole ed inseriti separatamente;
- le singole geometrie vengono passate, in sequenza, alle funzioni ST\_MakeValid(geom) e ST\_Buffer(geom, 0);
- se la geometria è di tipo MULTI- viene passata per la funzione ST\_Multi();
- il risultato viene utilizzato per aggiornare l'archivio;
- viene eseguita nuovamente la procedura di ricerca degli errori per la tipologia impostata, ed il risultato scritto nell'apposita riga dell'interfaccia.

## **8. Esportazione dei dati geografici in formato KML: l'integrazione tra formati**

Sono state definite procedure specifiche per la conversione dei dati dai catasti regionali in modo da sovrapporsi esattamente alla cartografia di Google Earth (correzione al disallineamento).



**Figura 9 - Procedura di correzione delle geometrie.**

Sono stati sviluppati software per l'esportazione in formato KML corretto a partire da:

- KML non corretto;
- Shape file
- PostGIS

La procedura di esportazione dei dati PostGIS consente di attingere i dati da più archivi (relativi a cartografia, acustica, basse e radio frequenze) contenenti dati memorizzati in layer PostGIS e di esportarli permettendo all'utente di personalizzare l'output.

Una volta selezionata la colonna di cui si vuole esportare la geometria, all'utente è offerta la possibilità di filtrare i dati a seconda di quanto presente in ciascuna delle colonne della tabella di interesse, di determinare secondo quale campo classificare graficamente l'output e, nel caso questo sia relativo ad una colonna di tipo numerico, di impostare il numero di classificazioni.

A questo punto un'interfaccia grafica permette di definire nei dettagli gli aspetti grafici essenziali: la denominazione del file di output e, a seconda della tipologia della geometria, la dimensione e il colore del punto, oppure spessore e colore del bordo e colore ed opacità del riempimento del poligono. Al termine della creazione del KML, il file viene compresso lato server e salvato con estensione KMZ, in modo da minimizzare i tempi di download per l'utente.

## 9. Conclusioni

Lo sviluppo degli applicativi e dell'ambiente di visualizzazione è stato realizzato esclusivamente attraverso software open source:

- ambiente di virtualizzazione Proxmox;
- sistema operativo Linux (CentOS);
- webserver Apache e linguaggio di scripting lato server PHP;
- DBMS PostgreSQL con estensione spaziale PostGIS;
- GRASS per eseguire elaborazioni GIS lato server;
- Mapserver come motore di rendering delle mappe;
- p.mapper come framework webGIS;
- jQuery/librerie PHP e Javascript per creazione ed elaborazione di grafici, immagini, file PDF, XLS

L'output previsto è stato fornito in formato fruibile liberamente senza dover disporre di licenze software (PDF, KML, web, XML...). Inoltre, sono stati creati tool che presuppongono l'utilizzo di tecnologie GIS open per l'inserimento dati (QGIS e p.mapper).

Si tratta nel complesso di linguaggi e software efficienti ed ottimamente documentati, che hanno permesso di sviluppare in tempi rapidi strumenti immediatamente integrati con l'ambiente già esistente.

## 10. Bibliografia

[1] D. Andreuccetti, M. Comelli, N. Colonna, G. Licitra, A. Poggi, M. Trevisani, e N. Zoppetti, *Il sistema integrato di valutazione preventiva dell'inquinamento elettromagnetico ambientale a bassissima frequenza PLEIA-CERT*, IFAC-TSRR vol. 1 (2009), 57-75, ISSN: 2035-5831

[2] D.Andreuccetti and N.Zoppetti: *Magnetic fields dispersed by high-voltage power lines: an advanced evaluation method based on 3-D models of electrical lines and the territory*. Selected papers from a Workshop. Turin, Italy, October 29-31 2003. Radiation Protection Dosimetry, Vol.111, No.4, 2004, pp.343-347.

[3] Comelli M., Colonna N., Licitra G., *Il controllo ambientale nei pressi di un elettrodotto ad Altissima Tensione: dal monitoraggio alla pubblicazione dei risultati*, V Convegno Nazionale Il controllo degli agenti fisici: ambiente, salute e qualità della vita Novara, 6 - 8 giugno 2012 - ISBN 978-88-7479-118-7.

[4] Comelli M., Licciardello C., Palazzuoli D., Nolli M., Bartoli S., Adinolfi A., *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.

[5] Adinolfi A., Andreuccetti D., Chiari C., Comelli M., Iacoponi A., Licitra G., Siervo B., Zoppetti N., *Ottimizzazione della georeferenziazione dei dati ambientali toscani per la visualizzazione su piattaforma Google Earth*, Atti 13<sup>a</sup> Conferenza Nazionale ASITA, 1-4 dicembre 2009, Fiera del Levante, Bari.