

Web-GIS per l'interrogazione guidata di dati geologico-tecnici per la microzonazione sismica

Giuseppe Ranfone (*), Massimo Spadoni (**), Paolino Di Felice (*)

(*) Dipartimento di Ingegneria Elettrica e dell'Informazione, Università di L'Aquila
Via G. Gronchi, 18, campo di Pile, L'Aquila, Tel. 0862.434418, Fax 0862.434404
peppe7@gmail.com, paolino.difelice@univaq.it

(**) CNR, Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria, Area della Ricerca di Roma 1
Via Salaria km. 29.300, 00015 Monterotondo Stazione (Roma)
Tel. 06.90672741, Fax 0690672733, massimo.spadoni@igag.cnr.it

Riassunto

La microzonazione sismica è una procedura di valutazione dell'hazard sismico locale basata sullo studio delle caratteristiche geologico-tecniche del sottosuolo e sull'individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo. Il CNR-IGAG in accordo con il Dipartimento Nazionale di Protezione Civile (DPC) ha sviluppato un sistema di archiviazione delle informazioni geologiche del sottosuolo denominato MAHA (Microzonation And Hazard). Lo sviluppo ha impiegato unicamente software open source. PostgreSQL e la relativa estensione spaziale PostGIS sono stati utilizzati per la struttura di archiviazione, Flex è stato impiegato per l'interfaccia grafica mentre il sistema WebGIS si è basato su l'utilizzo di API che consentono l'incorporazione della tecnologia Google Maps nelle applicazioni Flash (es. *Geocoding API*, *Elevation API*, *Directions API* e *Places API*). Lo sviluppo ha richiesto la codifica di funzioni Flash per far fronte alle esigenze di eseguire query spaziali per l'inserimento/modifica e consultazione dei dati. Report individuali vengono generati in risposta a specifiche query SQL.

Abstract

Seismic microzonation is a procedure for the evaluation of local seismic hazard which is based on the study of the geotechnical features of the subsoil and on the identification of land sectors characterized by an homogeneous seismic behavior. CNR-IGAG along with the National Department for Civil Protection (DPC) developed a system for the storage of geological information named MAHA (Microzonation And Hazard). Only open source software was used for the implementation of this system. PostgreSQL and its spatial extension PostGIS were used to build the physical structure of the database, Flex was used for the graphical interface and the WebGIS system was based on the use of specific API which allow the integration between Google Maps technology and Flash applications. (e.g. *Geocoding API*, *Elevation API*, *Directions API* e *Places API*). The implementation required the coding of Flash functions to run spatial queries dedicated to data input, modification and retrieval.

Introduzione

Analogamente a quanto accade in numerose discipline afferenti alle scienze ambientali, il rischio sismico in area urbana può essere definito come il prodotto delle tre componenti 1) pericolosità di natura geologica (o hazard), 2) vulnerabilità (di edifici ed infrastrutture) e 3) valore degli elementi a rischio. In particolare la pericolosità sismica di un territorio viene definita come la probabilità che in una data area ed in un certo intervallo di tempo si verifichi un terremoto che superi una soglia di intensità, magnitudo o accelerazione di picco (PGA – Peak Ground Acceleration). La microzonazione sismica è una procedura che supporta la valutazione dell'hazard sismico locale

“attraverso l’individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo” (Gruppo di lavoro MS, 2008) ovvero da valori simili di amplificazione sismica legata al particolare assetto geologico del sottosuolo (Caielli et al., 2008). Risulta evidente che una corretta applicazione dell’indagine richiede la raccolta e la consultazione di grandi quantità di informazioni di natura geologica, caratterizzate da provenienze eterogenee e grandi diversità sia tipologiche che qualitative. L’accelerazione fornita dal terremoto aquilano del 6 aprile del 2008 agli studi di microzonazione sismica in Italia è culminata con una serie di provvedimenti legislativi a carattere sia regionale che nazionale che hanno incentivato l’impiego di questo strumento nell’ambito delle attività di prevenzione e pianificazione (es. art. 11 del DL 28/04/2009 n. 39 e OPCM 13/11/2010 n. 3907). Un progetto parallelo attivo tra il Dipartimento Nazionale di Protezione Civile ed il CNR – Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria ha riguardato la definizione di linee guida per l’archiviazione e la gestione delle informazioni geologiche utili agli studi di microzonazione (Spadoni, 2008). Ciò ha portato alla definizione di strutture di archiviazione dati che sono state proposte alla “Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica” istituita dal sopra citato OPCM 13/11/2010 n. 3907.

La base di dati MAHA

MAHA (Microzonation And HAZard database) è una base di dati spaziali realizzata per l’archiviazione dei dati utili per l’esecuzione di studi di microzonazione sismica (Spadoni et al., 2009; Spadoni, 2009). Essa si compone di 15 tabelle (3 delle quali di tipo spaziale, ovvero con al loro interno almeno una colonna di tipo geometrico. Per inciso le geometrie che è stato necessario usare sono punti, linee ed aree che assommano, complessivamente, a 3 colonne). L’elemento base da archiviare è il **Documento** all’interno del quale sono contenuti i dati tecnico-scientifici relativi ad una o più indagini conoscitive eseguite sul territorio. Ogni documento raccoglie la descrizione di un certo numero di siti sui quali si sono effettuate delle indagini, nonché i dati delle stesse.

Ogni indagine è descritta da dati alfanumerici e dati spaziali. I primi sono per lo più costituiti da misure di variabili di natura geologica, geotecnica, idrogeologica, geofisica e sismica, riconducibili a posizioni ben precise sulla superficie topografica o nel sottosuolo. I secondi completano i primi aggiungendo la localizzazione (espressa dalle coordinate <Latitudine, Longitudine> in un qualche sistema geodetico di riferimento) sulla superficie terrestre (comunemente denominata *georeferenziazione*) delle indagini effettuate. La figura 1 mostra la porzione dello schema concettuale di MAHA che esplicita le tre tipologie di siti che possono essere sede d’indagine (ovvero: **siti puntuali**, sono quelli la cui ubicazione è rappresentabile con un punto, **lineari** e **areali**), le **indagini** che su tali siti hanno luogo (**indagini puntuali**, **lineari** ed **areali**) ed, infine, i **parametri** tecnici associati alle attività di microzonazione sismica.

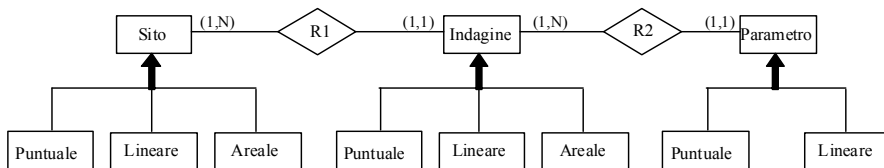


Figura 1 – Frammento dello schema E-R di MAHA.

Nella ristrutturazione di questa porzione dello schema E-R si è optato per l’eliminazione delle entità “padre” (ovvero: *Sito*, *Indagine* e *Parametro*) che sono state, quindi, “accorpate” nelle “figlie”. Per la proprietà dell’ereditarietà, gli attributi e le relazioni a cui le entità padre partecipavano sono state migrate nelle entità figlie. Per ragioni di leggibilità si è, altresì, provveduto alla ridenominazione delle entità figlie all’atto della loro traduzione nel modello logico. Seguono gli script SQL relativi alla creazione delle tabelle *sitoPuntuale*, *indaginePuntuale* e

parametro Puntuale onde estendere la familiarità con la base di dati MAHA attraverso la elencazione (seppur incompleta) degli attributi descrittivi.

```

CREATE TABLE sitoPuntuale (
    pkey_spu          integer PRIMARY KEY    NOT NULL,
    id_spu           character varying(15) NOT NULL,
    ubicazione_prov  character varying(2)  NOT NULL,
    ubicazione_com   character varying(3)  NOT NULL,
    indirizzo        character varying(255),
    quota_slm       numeric                 NOT NULL,
    .....
    pkey_doc         integer                 NOT NULL,
    geometry         geometry               NOT NULL
);
ALTER TABLE ONLY sitoPuntuale
    ADD CONSTRAINT fkey_doc FOREIGN KEY (pkey_doc) REFERENCES
documento(pkey_doc);

CREATE TABLE indaginePuntuale (
    pkey_indpu integer PRIMARY KEY NOT NULL,
    id_indpu  character varying(17) NOT NULL,
    classe_ind character varying(3) NOT NULL,
    tipo_ind  character varying(4) NOT NULL,
    .....
    prof_top  numeric,
    prof_bot  numeric,
    spessore  numeric,
    quota_slm_top numeric,
    quota_slm_bot numeric,
    data_ind  date,
    pkey_spu  integer NOT NULL
);
ALTER TABLE ONLY indaginePuntuale
    ADD CONSTRAINT fkey_all FOREIGN KEY (pkey_all) REFERENCES
allegato(pkey_all) ON UPDATE RESTRICT ON DELETE SET NULL;

ALTER TABLE ONLY indaginepuntuale
    ADD CONSTRAINT fkey_spu FOREIGN KEY (pkey_spu) REFERENCES
sitopuntuale(pkey_spu) ON UPDATE RESTRICT ON DELETE RESTRICT;

CREATE TABLE parametroPuntuale (
    pkey_parpu integer PRIMARY KEY NOT NULL,
    id_parpu  character varying(25) NOT NULL,
    tipo_parpu character varying(3) NOT NULL,
    prof_top  numeric,
    prof_bot  numeric,
    spessore  numeric,
    quota_slm_top numeric,
    quota_slm_bot numeric,
    .....
    pkey_indpu integer NOT NULL
);
ALTER TABLE ONLY parametroPuntuale
    ADD CONSTRAINT fkey_all FOREIGN KEY (pkey_all) REFERENCES
allegato(pkey_all) ON UPDATE RESTRICT ON DELETE SET NULL;

```

In questo articolo, per limiti di spazio, ci si concentrerà sulle indagini relative ai *sol*i siti puntuali.

Tecnologie software

Per agevolare le interazioni con la base di dati si è sviluppata un'applicazione di supporto al caricamento/modifica e alla successiva consultazione dei dati concernenti le attività di microzonazione sismica attraverso azioni di *manipolazione diretta* su finestre e caselle di testo di un'interfaccia ad hoc molto intuitiva e ricca di funzionalità. All'operatore non sono richieste competenze particolari, ma solo la capacità interpretativa dei dati da introdurre o restituiti dall'applicazione.

La schermata della figura 2, ad esempio, è di supporto all'inserimento/modifica delle informazioni *descrittive* di un sito.

Figura 2 – Ambiente per l'inserimento dei dati descrittivi di un sito puntuale.

L'architettura dell'applicazione è a "tre livelli", ossia si compone del livello dei dati, del livello della logica di business e dell'interfaccia lato client/utente. L'applicazione sviluppata si spinge fino alla generazione automatica di report "personalizzati" in formato PDF contenenti informazioni circa la geomorfologia del territorio, a partire dai dati presenti nella base di dati.

In MAHA vengono archiviate informazioni relative alla tipologia e alla modalità esecutiva delle indagini nonché al valore dei parametri misurati. Per rendere possibile l'archiviazione dei dati spaziali relativi all'ubicazione delle indagini, si è realizzata una base di dati tramite il SGBD PostgreSQL con relativa estensione spaziale PostGIS. Com'è noto, quest'ultimo fornisce i *tipi di dati* e le *funzioni spaziali* specificati dall'Open Geospatial Consortium (OGC, 2007).

L'interfaccia grafica attraverso cui il *client* interagisce con MAHA è stata realizzata tramite Flex, un framework gratuito e open source per la creazione di applicazioni web altamente interattive implementabili uniformemente su tutti i principali browser (Internet Explorer, Mozilla Firefox e Google Chrome), desktop e sistemi operativi con l'ausilio dei runtime Adobe® Flash® Player e Adobe AIR®. La programmazione tramite Flex presuppone la coesistenza, in un medesimo file sorgente, di codice MXML e codice ActionScript. MXML è un linguaggio dichiarativo basato su

XML. Esso viene utilizzato per descrivere il layout e i comportamenti dell'interfaccia utente, mentre ActionScript® 3.0, il linguaggio di scripting di Adobe Flash nonché un efficiente linguaggio di programmazione orientato agli oggetti, viene utilizzato per creare la logica client. Flex comprende, inoltre, una vasta libreria di componenti per la creazione di Rich Internet Applications, cioè applicazioni web che possiedono le caratteristiche e le funzionalità delle applicazioni desktop, senza però necessitare dell'installazione su disco fisso.

La parte dell'interfaccia grafica che si occupa dell'ubicazione delle indagini sulla superficie topografica avviene attraverso un WebGIS realizzato *ad hoc*, basato su Google Maps. In concreto, è stato necessario l'utilizzo delle API che consentono di incorporare Google Maps nelle applicazioni Flash. Tali librerie forniscono delle utility per la manipolazione e l'aggiunta di contenuti alle mappe attraverso una varietà di servizi.

Google Maps dispone, inoltre, delle Google Maps Web Services API, ovvero di servizi di agevole utilizzo all'interno di applicazioni Maps. Questi servizi sono progettati per essere utilizzati in combinazione con una mappa (come stabilito da Maps API Terms of Service License Restrictions). I Web Services messi a disposizione sono: *Geocoding API*, *Elevation API*, *Directions API* e *Places API*. Geocoding è il processo di conversione di indirizzi in coordinate geografiche (esprese come latitudine e longitudine) utile per posizionare dei *marker* sulla mappa. E', altresì, offerto il servizio di Reverse Geocoding. Elevation API consente di richiedere dati circa l'elevazione (quota s.l.m.) di punti individuati sulla superficie terrestre. Directions API restituisce le indicazioni tra due località, infine Places API fornisce informazioni su un luogo.

Interazione con la parte spaziale di dati MAHA

Il presente articolo si focalizza sull'interfaccia che funge da ponte tra l'utente (sia esso il geologo autore delle indagini oppure un operatore autorizzato ad inserire, modificare o consultare i dati), la base di dati MAHA e le mappe di Google (sia satellitari/raster che vettoriali), quest'ultime scelte quale background "dinamico" per la visualizzazione dei dati di volta in volta d'interesse.

La realizzazione dell'interfaccia grafica ha richiesto la codifica di funzioni Flash per far fronte a due esigenze basilari: l'inserimento/modifica dei dati relativi alle indagini e la loro consultazione. Come già detto, le diverse funzionalità sono state realizzate facendo interagire la base di dati MAHA con le librerie di Google Maps.

L'inserimento/modifica dei siti puntuali è stata implementata in modo tale da consentire, lato utente, l'inserimento agevole dei dati descrittivi e quelli geografici. L'utente, dopo aver inserito le informazioni descrittive del sito d'indagine (come, ad esempio, comune e provincia di ubicazione, ed indirizzo – figura 2), ha la possibilità di scegliere la "modalità di ubicazione" del sito, ovvero in che modo immettere e/o recuperare le corrispondenti coordinate. Egli può scegliere tra tre diverse modalità, ognuna delle quali basata sull'utilizzo di una mappa di Google. Il risultato è un info-marker posizionato sulla mappa stessa contenente (figura 3): le coordinate geografiche (Lat, Lng) e quelle UTM WGS84 del sito, il suo indirizzo (se presente) e la quota s.l.m.

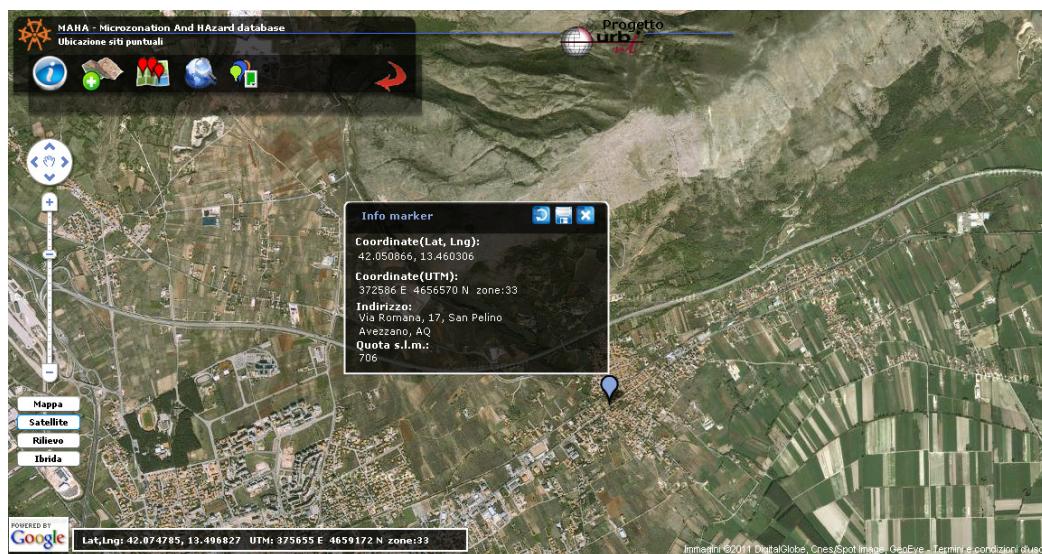


Figura 3 – Ubicazione di un sito puntuale d'indagine.

Recupera coordinate da indirizzo: tramite le funzioni di geocodifica messe a disposizione da Google Maps (di cui si è già detto) è agevole (come testimoniato di seguito), a partire dall'indirizzo di riferimento di un sito d'indagine, recuperarne le coordinate.

```
public function geocodeAddress (e:Event) :void{
    var geocoder:ClientGeocoder = new ClientGeocoder();
    geocoder.addEventListener(GeocodingEvent.GEOCODING_SUCCESS,
        geocoderResult);
    geocoder.addEventListener(GeocodingEvent.GEOCODING_FAILURE,
        geocoderFault);
    geocoder.geocode(this.indirizzo) }
```

Inserimento manuale delle coordinate: se si è a conoscenza delle coordinate del sito da ubicare è possibile inserire manualmente tali coordinate. Vengono accettati come input due differenti formati: le coordinate geografiche (Lat, Lng) oppure le coordinate UTM WGS84.

Recupero coordinate dalla mappa: con quest'ultima modalità è possibile recuperare le coordinate direttamente dalla mappa. L'utente, infatti, ha la possibilità di scegliere un punto sulla mappa e di recuperarne le coordinate tramite selezione con il mouse.

Sono state sviluppate anche altre funzionalità al fine di facilitare l'individuazione dei siti d'indagine da parte dell'utente. Esempi concernono il caricamento di altre mappe (ad esempio le CTR, la figura 4 propone un esempio) o file KML.

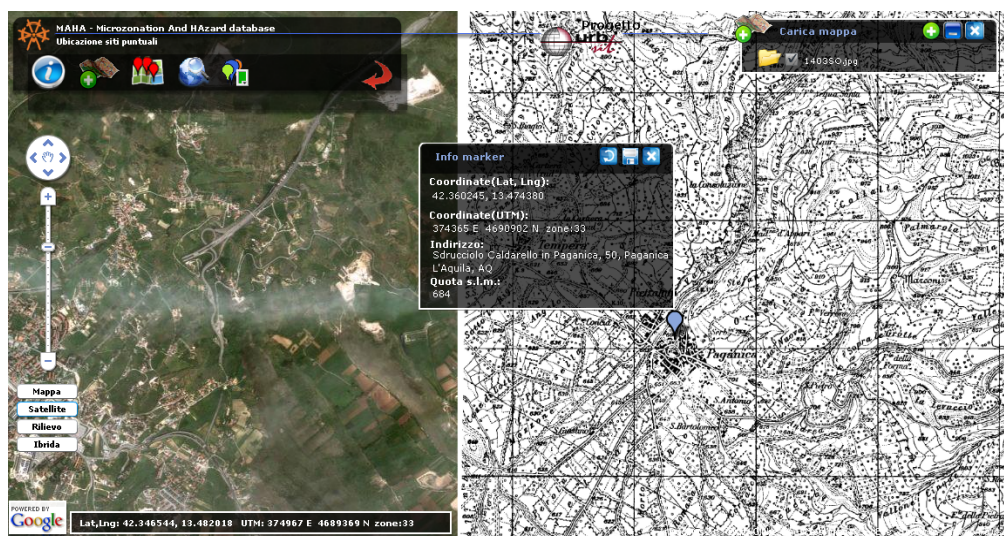


Figura 4 – Un esempio di caricamento di una mappa CTR relativa alla zona Est di L'Aquila.

La parte restante di questa sezione si concentra sulla consultazione della base di dati MAHA. L'obiettivo è fornire testimonianza (seppur limitata) della semplicità ed efficacia operativa offerta all'utente a supporto di un'attività decisamente cruciale. Preliminarmente, si segnalano due aspetti rilevanti della soluzione realizzata: a) la visualizzazione dei siti d'indagine viene *sempre* riportata avendo sullo sfondo la mappa di Google; b) è possibile effettuare in modalità grafica query che coinvolgono operatori spaziali. Ad esempio, è possibile selezionare quelle indagini effettuate in siti che ricadono in una certa area geografica (individuata da un poligono con un numero arbitrario di lati disegnato sulla mappa dall'utente stesso) o in un cerchio di raggio prefissato, e/o ad una certa distanza da una strada (rappresentata da una linea, anche spezzata, disegnata sempre dall'utente). La schermata di figura 5 mostra la "finestra base" a partire dalla quale è possibile investigare i dati circa le indagini puntuali. In concreto trattasi di riempire qualcuna delle caselle di testo che appaiono in alto a destra nella schermata.

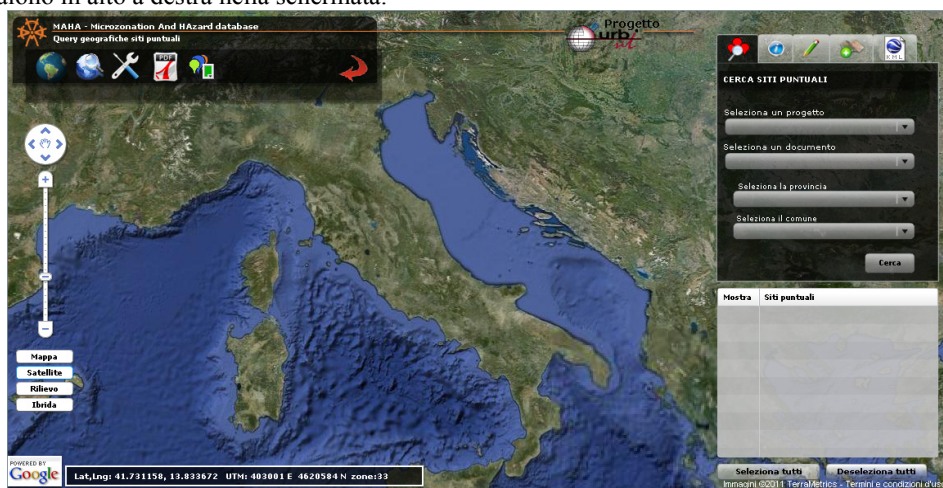


Figura 5 – Ambiente per il reperimento di indagini puntuali.

La schermata della figura 6 mostra l'output di tutte le indagini puntuali raccolte in uno specifico documento.

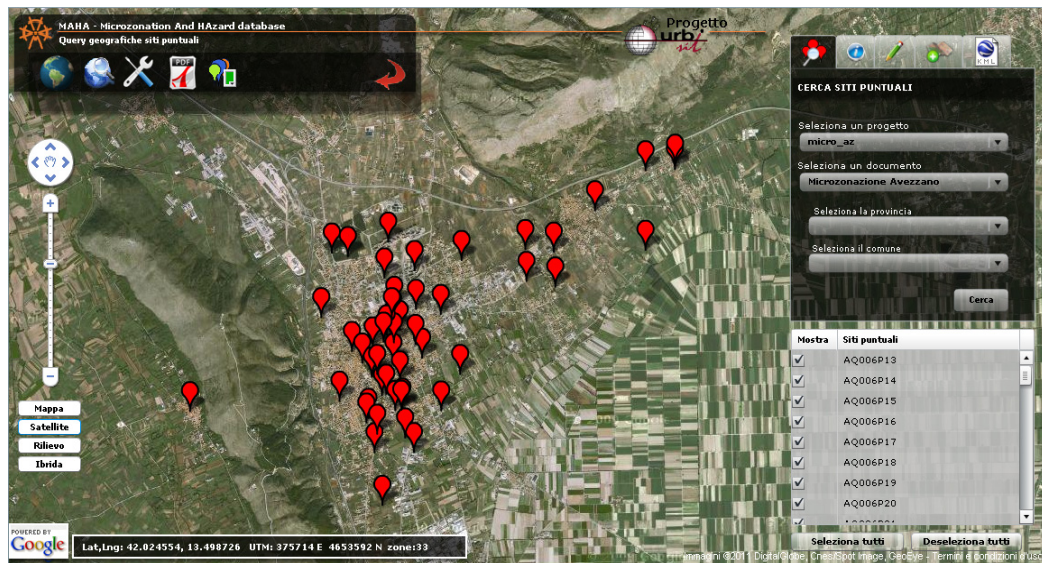


Figura 6 – Visualizzazione delle indagini puntuali contenute in uno specifico documento.

E' stata implementata una funzionalità la quale consente un accesso selettivo alle indagini facenti parte di un medesimo documento. Per attivarla l'utente deve disegnare sulla mappa di background che gli appare sulla schermata base un poligono "ad hoc" (un esempio è proposto nella figura 7).

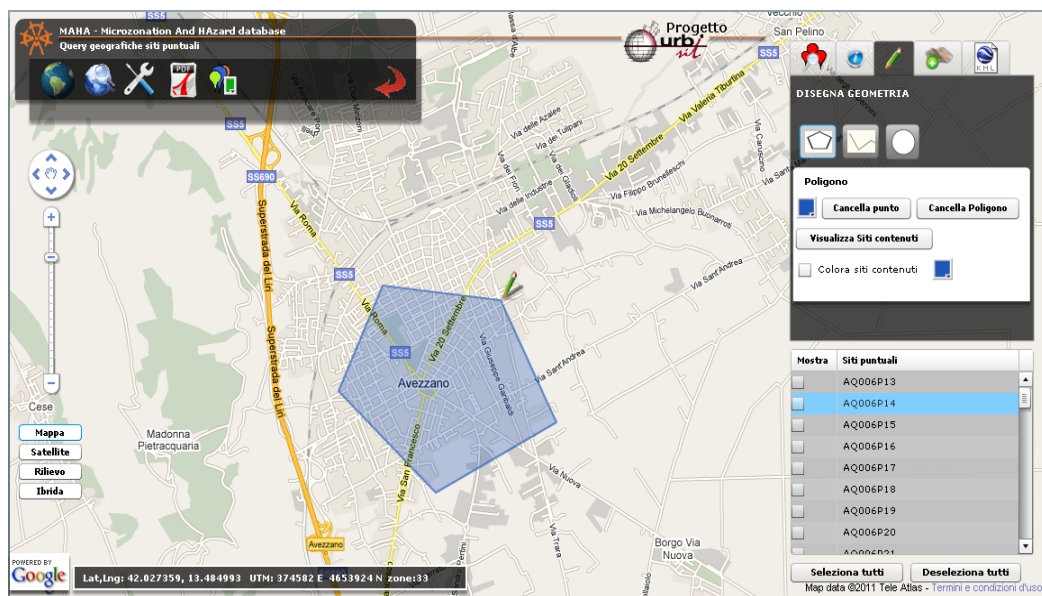


Figura 7 – Formulazione grafica di una query geometrica.

La schermata della figura 8 mostra in output tutte (e sole) le indagini puntuali che cadono nell'area disegnata.

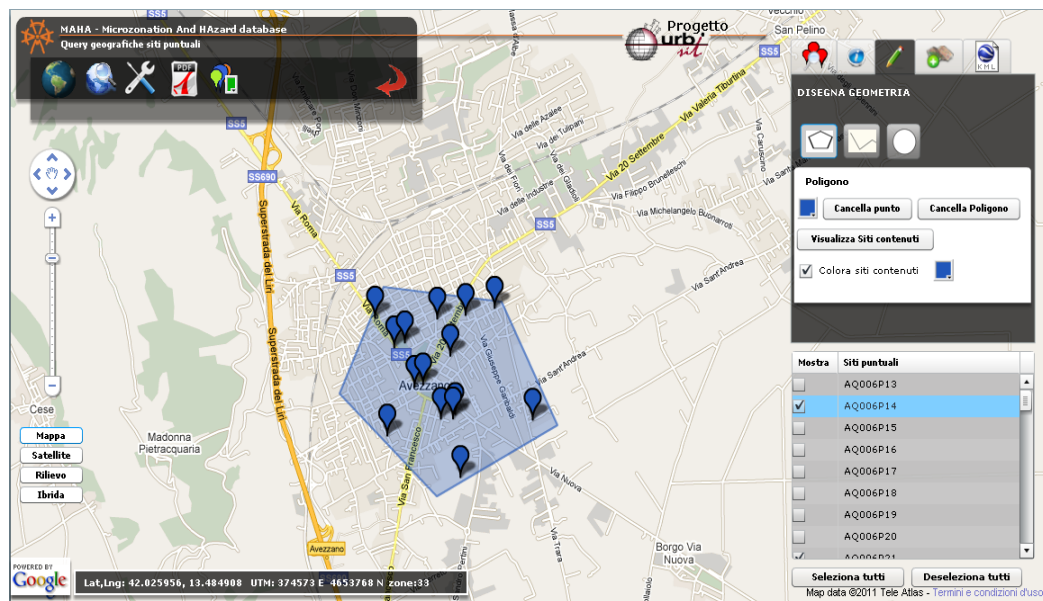


Figura 8 – Visualizzazione delle indagini puntuali contenute nel poligono disegnato.

A commento della figura 7 si segnala quanto segue. Le azioni in manipolazione diretta effettuate dall'utente (vale a dire i vari click del mouse sulla mappa di background) vengono intercettate da una funzione *php* che ne acquisisce i valori selezionati quali parametri d'ingresso con i quali assembla la corrispondente query SQL (riportata appresso).

```
SELECT *
FROM sitoPuntuale
WHERE ST_contains(ST_GeomFromText ('POLYGON((42.03 13.41, 42.02
13.42, 42.03 13.44, 42.04 13.45, 42.05 13.42, 42.03
13.41))'), ST_asText(geometry))
```

E' forse superfluo rimarcare che è l'operatore spaziale `ST_contains()` a farsi carico di individuare *tutti e soli* i siti puntuali che cadono nel poligono disegnato dall'utente.

Di grande utilità pratica è la funzionalità offerta dall'applicazione sviluppata di poter richiedere, a valle della costruzione di una query, la generazione automatica di report in formato PDF.

Ogni report si compone di tante pagine quante sono le indagini eseguite sui siti restituiti dalla query SQL. La generica pagina raccoglie le informazioni (indirizzo, coordinate e quota) riguardanti l'indagine puntuale eseguita su un determinato sito. Ogni indagine è, inoltre, descritta dagli attributi Classe e Tipo (d'indagine), spessore investigato in scala. La colonna stratigrafica ricostruita contiene campiture corrispondenti alla descrizione litologica.

Conclusioni

La realizzazione di una struttura di archiviazione di riferimento per i dati del sottosuolo costituisce un elemento indispensabile per la capillare diffusione delle procedure di microzonazione sismica

nel territorio italiano. Le tecnologie open source oggi a disposizione consentono l'accesso gratuito a potenti strumenti software in grado di favorire tale processo. In tal senso Maha si propone di dare un contributo pratico, ben fondato dal punto di vista teorico nel corretto approccio alla modellazione del sottosuolo e attento all'utilizzo delle tecnologie più innovative nel campo del WebGIS e delle banche dati spaziali. L'implementazione all'interno di Maha di ulteriori funzioni di reporting e di analisi spaziale dei dati consentiranno nel prossimo futuro di testare appieno di tale sistema sull'intero spettro di problematiche connesse al processo di microzonazione sismica.

Ringraziamenti

Questo lavoro è stato in parte finanziato dal Dipartimento Nazionale di Protezione Civile nell'ambito del progetto URBISIT. Un grazie particolare va a Fabrizio Brammerini e Giuseppe Naso del DPC per il loro contributo di idee e la loro revisione critica e costruttiva al nostro lavoro.

Bibliografia

- Caielli G., De Franco R., Giaccio B., Lacchini A., Lanzo G., Mancini M., Messina P., Pagliaroli A., Petitta M., Raspa G., Spadoni M., Tommasi P. (2008) *Modello del sottosuolo per la microzonazione sismica*. Progetto URBISIT, Report 4.2b
- Gruppo di lavoro MS (2008) *Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica*. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome – Dipartimento della protezione civile, Roma, 3 vol. e Cd-rom.
- Spadoni M. (2008a) *Criteri e linee guida per la realizzazione della banca dati finalizzata alla microzonazione sismica*. Progetto URBISIT, Report 4.2a.
- Spadoni M. (2009) *Specifiche tecniche per le funzionalità del sistema informativo*. Con il contributo di: F. Brammerini, A. Lacchini, G. Naso, A. Pagliaroli. Progetto URBISIT, Report 4.3a.
- Spadoni M., Brammerini F., Naso G. (2009) *Designing a database to support subsurface modelling for seismic microzonation*. 6th EUREGEO 2009, June 9 - 12, Munich, Germany, vol. 1, 206-209.
- OpenGIS Implementation standard for geographic information (2007). Simple feature Access, Part 2: SQL Option (ref. number: OGC 06-104r4), 2007.
- Google Maps Flash API, <http://code.google.com/intl/it-IT/apis/maps/documentation/flash>