

# STRUMENTI DI CONSULTAZIONE WEB E BANCHE DATI GEOGRAFICHE PER LA MICROZONAZIONE SISMICA REGIONALE E PER LA PROGETTAZIONE EDILIZIA

MASSIMO BAGLIONE\*, VITTORIO D'INTINOSANTE\* & PIERANGELO FABBRONI\*

\* Regione Toscana - Settore Ufficio Tecnico del Genio civile di area vasta Firenze, Arezzo, Prato, Pistoia. Prevenzione sismica.

## 1. PREMESSA

L'Ufficio Prevenzione Sismica della Regione Toscana è impegnato, come è noto, ormai da diversi anni nella mappatura sismica del territorio regionale e nello specifico nella programmazione, realizzazione e validazione di **indagini e studi di Microzonazione Sismica** (di seguito MS).

Tali studi di MS, avviati già a partire dal 1997 con il Programma di Valutazione Effetti Locali, denominato Programma VEL (Ferrini et al., 2007), hanno recentemente subito una forte accelerazione grazie ai finanziamenti nazionali previsti dall'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77 e successivamente attuati con l'OPCM 3907/2010 e s.m.e.i.

Questi studi di MS sono stati realizzati mediante la programmazione, esecuzione e successivo collaudo delle indagini geologiche, geofisiche e geotecniche. Tali indagini sono state predisposte sulla base delle cartografie geologiche e geomorfologiche in scala 1:2.000 realizzate nel corso dei precedenti anni in numerosi Comuni afferenti alle aree della Garfagnana, Lunigiana, Valtiberina, Casentino, Valdichiana, Amiata, Mugello, Pistoiese e Livornese (anche tramite finanziamenti comunitari, denominati DOCUP). Tutte le indagini acquisite sono state successivamente controllate dai tecnici dell'Ufficio Prevenzione Sismica della Regione Toscana, sotto il profilo della verifica di qualità delle stesse. A seguito delle indagini è stata effettuata un'operazione di omogeneizzazione, rielaborazione, reinterpretazione dei risultati relativi alle indagini stesse al fine di poter permettere l'elaborazione di carte tematiche di microzonazione sismica. In particolare l'attività di omogeneizzazione assume un'importanza fondamentale in quanto è finalizzata ad ottenere un livello di conoscenza omogeneo su tutto il territorio.

Tale livello conoscitivo del sottosuolo particolarmente approfondito, ha consentito, quindi, la realizzazione sia degli studi di microzonazione sismica a livello areale per fini di pianificazione urbanistica, sia interventi di natura progettuale in corrispondenza degli edifici strategici e rilevanti che la Regione Toscana ha finanziato.

In particolare, le attività di MS, rivestono una notevole importanza nella pianificazione territoriale, in quanto forniscono uno strumento conoscitivo di base per la stima della pericolosità sismica locale, anche al fine di stabilire gerarchie di pericolosità utili per la programmazione di interventi di riduzione del rischio sismico a varie scale, orientare la scelta di aree per nuovi insediamenti, definire gli interventi ammissibili in una determinata area, programmare le indagini e i livelli di approfondimento, ed infine stabilire orientamenti, modalità e priorità di intervento nelle aree urbanizzate.

Tali studi di MS, sono stati recentemente introdotti dalla Regione Toscana anche con il Regolamento Regionale D.P.G.R. 53/R del 25/10/2011, nell'ambito della programmazione e revisione degli strumenti urbanistici comunali (P.S. e R.U.) e tale scelta ha permesso, tra l'altro, di poter raccogliere e/o acquisire sul territorio, in maniera graduale ed omogenea, una mole notevole di informazioni sui terreni, desunta prevalentemente da indagini geotecniche e geofisiche.

Oltre alle indagini geognostiche realizzate nell'ambito degli studi di MS, sono da aggiungersi anche le ulteriori indagini sui terreni prodotte sia nell'ambito degli studi di Vulnerabilità Sismica degli edifici strategici e rilevanti finanziate dalla Regione Toscana che nell'ambito del Programma VEL e propedeutici alle attività di progettazione edilizia.

Tali attività hanno permesso negli anni di poter acquisire ulteriori dati di elevata qualità sui terreni, prodotti e presentati con le medesime procedure e standard di rappresentazione.

Pertanto, tutti i dati, una volta acquisiti, indipendentemente dagli obiettivi per i quali erano prodotti, sono stati gradualmente informatizzati ed organizzati in banche dati con modalità, procedure di acquisizione, archiviazione, gestione e rappresentazione omogenee e standardizzate in modo da poter essere confrontabili.

Nello specifico, i dati acquisiti con il rilevamento geologico e con le indagini geofisiche e geotecniche in sito e di laboratorio sono stati raccolti ed organizzati in una **banca dati geografica (Geographic Information System, "GIS")**.

Lo scopo è quello di poter gestire un quantitativo ingente di informazioni provenienti da diverse discipline e di integrare tali dati in modo oggettivo e dinamico, in modo da poterli modificare e aggiornare nel corso del progetto ed utilizzarli per scopi diversi, quali la semplice rappresentazione cartografica, l'estrazione dei dati sulla base di specifiche richieste dell'utente o l'analisi con differenti metodologie. La banca dati si sviluppa secondo due filoni strettamente dipendenti:

- 1) la banca dati geografica delle cartografie geologica, geomorfologica, litotecnica, microzonazione sismica, ecc. ...;
- 2) la banca dati delle indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche.

L'obiettivo finale è quello di poter giungere alla realizzazione di un **sistema informativo sui terreni** completo, mediante l'informatizzazione, sviluppo di banche dati relative alle indagini geognostiche e alle cartografie tematiche, la gestione, l'aggiornamento e la pubblicazione su web. Il sistema informativo così realizzato consente a tutti gli utenti esterni (principalmente enti locali, professionisti e Imprese) l'accesso ad un patrimonio di conoscenza di notevole interesse che potrà essere utilizzato per le attività progettuali e/o di studio delle varie aree.

Nella presente nota informativa si intende presentare alcune banche dati utilizzabili gratuitamente, già disponibili oppure in corso di realizzazione.

In particolare si tratta di tre progetti avviati dalla Regione Toscana ed integrabili tra loro, sviluppati con la collaborazione di strutture universitarie, ovvero:

- Definizione di input sismici spettrocompatibili e sismocompatibili per i comuni della Regione Toscana;
- Banca dati relative alle Indagini geologiche, geofisiche e geotecniche (Programma VEL);
- Banca dati relativa alle indagini e studi di Microzonazione Sismica comunale.

## 2. DEFINIZIONE DI INPUT SISMICI SPETTROCOMPATIBILI E SISMOCOMPATIBILI PER I COMUNI DELLA REGIONE TOSCANA

La Regione Toscana, nell'ambito di un Accordo di Collaborazione Scientifica con il Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura dell'Università degli Studi di Pavia, ha completato uno studio finalizzato alla definizione, per tutto il territorio regionale, di accelerogrammi sismocompatibili e spettrocompatibili, i cui risultati sono reperibili al link:

[http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/01informazione/banchedati/input\\_sismici/index.htm](http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/01informazione/banchedati/input_sismici/index.htm)

di cui in figura 1 è riportata la relativa schermata.

La ricerca in oggetto, rivolta a tutti coloro che operano nel campo sismico, ha una duplice e distinta finalità:

**PIANIFICAZIONE:** rendere disponibili input sismici per l'esecuzione di analisi di risposta sismica per la realizzazione

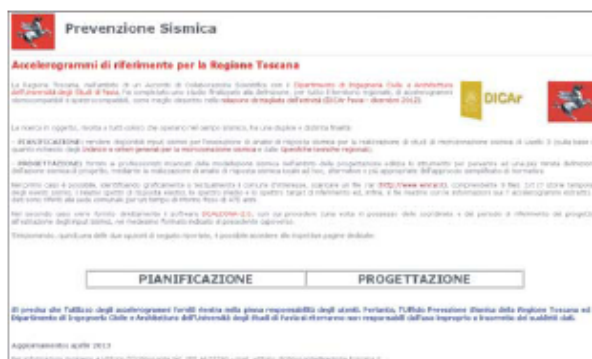


Fig. 1 – Schermata iniziale della pagina dedicata agli Accelerogrammi di riferimento per la Regione Toscana

di studi di microzonazione sismica di Livello 3, sulla base di quanto richiesto dagli Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica (Gruppo di Lavoro MS 2008) e dalle Specifiche tecniche regionali;

**PROGETTAZIONE:** fornire ai professionisti incaricati della modellazione sismica nell'ambito della progettazione edilizia lo strumento per pervenire ad una più mirata definizione dell'azione sismica di progetto, mediante la realizzazione di analisi di risposta sismica locale ad hoc, alternative e più appropriate dell'approccio semplificato di normativa.

L'analisi dinamica non lineare, necessaria per valutare la risposta sismica di strutture e sistemi geotecnici, richiede, infatti, la definizione dell'input sismico in termini di serie temporali (solitamente accelerogrammi). Nonostante la sempre maggiore disponibilità di banche dati accelerometriche in rete, da cui è possibile scaricare registrazioni di eventi sismici reali, nella pratica ingegneristica l'individuazione di un gruppo di accelerogrammi che siano compatibili con la pericolosità sismica del sito non è semplice e richiede competenze specialistiche. D'altra parte, la scelta dell'input è uno degli aspetti che influenzano maggiormente i risultati delle analisi.

Il software SCALCONA-2.0 (SCALing of COmpatible Natural Accelerograms – versione 2.0) è stato creato per aiutare gli utenti a ottenere in modo facile e veloce un gruppo di 7 accelerogrammi naturali registrati su roccia e soddisfacenti al requisito di spettrocompatibilità con lo spettro di risposta elastico di normativa (NTC08 e Circolare NTC, 2009), per un sito qualsiasi ricadente all'interno del territorio toscano, per i periodi di ritorno di 50 anni, 75 anni, 101 anni, 475 anni, 712 anni e 949 anni.

La metodologia alla base di SCALCONA-2.0 distingue i siti collocati sulla terraferma da quelli situati sulle isole dell'Arcipelago Toscano. In entrambi i casi, il punto di partenza è rappresentato dagli spettri di risposta elastici in accelerazione (componente orizzontale) definiti dalle NTC08 per siti rigidi (categoria di suolo 'A') e superficie topografica orizzontale.

Per quanto riguarda la terraferma, la procedura utilizzata, illustrata in Figura 2, si articola in quattro passi principali:

*Passo 1* - Mesozonazione del territorio toscano al fine di suddividere i 923 nodi del reticolo di riferimento su cui è definita l'azione sismica (NTC08), in gruppi omogenei caratterizzati da forme spettrali simili e ampiezza limitata. Questa operazione, effettuata indipendentemente per ciascun periodo di ritorno analizzato, è risultata fondamentale per ridurre il numero di selezioni da eseguire (Passo 3). La similitudine degli spettri di risposta è stata valutata mediante 3 parametri: la deviazione spettrale media (Iervolino et al., 2008) e i parametri  $T_C^*$  e  $F_0$  utilizzati dalle NTC08 per definire le forme spettrali. In Figura 2a è mostrata la distribuzione spaziale dei gruppi individuati per il periodo di ritorno di 475 anni.

*Passo 2* - Definizione di uno spettro di risposta di riferimento per ciascun gruppo individuato, opportunamente scelto in modo da essere rappresentativo dello spettro medio del gruppo. Gli spettri di riferimento definiti per il periodo di ritorno di 475 anni sono mostrati in Figura 2b.

*Passo 3* - Selezione di un gruppo di 7 accelerogrammi naturali spettro-compatibili per ciascuno spettro di risposta di riferimento individuato, considerando le prescrizioni delle NTC08 (ossia lo spettro medio ottenuto dai 7 accelerogrammi non deve presentare uno scarto in difetto superiore al 10% rispetto allo spettro di riferimento, nell'intervallo di periodi 0.15s + 2.0s). Questo passo è stato effettuato utilizzando il programma ASCONA (Automated Selection of COmpatible Natural Accelerograms, Corigliano et al. 2012), che implementa una procedura semi-automatica per la selezione degli accelerogrammi reali spettro-compatibili, consentendo di scegliere da una banca dati predefinita (che comprende registrazioni su roccia provenienti da differenti banche dati: ESD, PEER-NGA, K-NET e ITACA) un set di accelerogrammi reali che soddisfano diversi criteri, con l'ulteriore condizione di spettro-compatibilità rispetto ad uno spettro di riferimento in uno specificato campo di periodi. Secondo la normativa italiana e la letteratura internazionale più avanzata, l'uso degli accelerogrammi reali è da preferire per le analisi geotecniche e di risposta sismica locale, a fronte degli accelerogrammi artificiali, ibridi e sintetici.

*Passo 4* - Scalatura lineare degli accelerogrammi selezionati in modo da ottenere un gruppo di 7 accelerogrammi naturali spettro-compatibili agli spettri di risposta del gruppo diversi dallo spettro di riferimento (sul quale è basata la selezione).

Per quanto riguarda invece le isole dell'Arcipelago Toscano, per le quali le NTC08 definiscono un'unica forma spettrale in funzione del periodo di ritorno, è stato direttamente selezionato un gruppo di 7 accelerogrammi naturali spettro-compatibili per ciascuno dei 6 spettri di riferimento considerati.

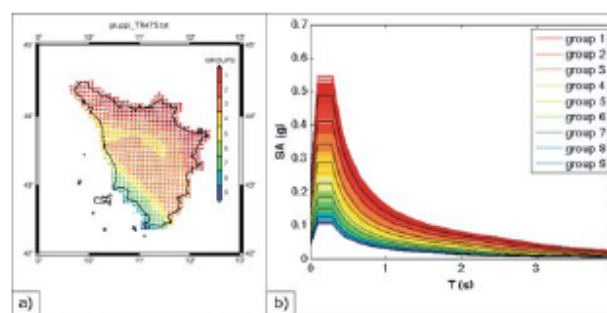
Utilizzando gli accelerogrammi selezionati, SCALCONA-2.0 è in grado di fornire in modo automatico l'input sismico in funzione della posizione geografica del sito (località o

coordinate geografiche) e del periodo di ritorno specificati dall'utente. Il programma si comporta diversamente a seconda che il sito sia collocato su un'isola o sulla terraferma. Infatti, nel primo caso restituisce direttamente in output il gruppo di 7 accelerogrammi spettro-compatibili selezionati per il periodo di ritorno specificato. Nel secondo caso, invece, calcola lo spettro di risposta prescritto dalle NTC08 per la coppia sito-periodo di ritorno specificata, individua il gruppo di appartenenza, identifica il gruppo di 7 accelerogrammi spettro-compatibili in media allo spettro di riferimento del gruppo, e infine scala linearmente le registrazioni accelerometriche controllando che gli accelerogrammi scalati soddisfino la condizione di spettro-compatibilità rispetto allo spettro prescritto dalle NTC08. Per il fattore di scalatura sono stati volutamente imposti valori contenuti e comunque non eccedenti l'intervallo 0.28-3.74. L'input sismico viene fornito in tempi molto rapidi e può essere utilizzato direttamente nelle analisi ingegneristiche, senza quindi bisogno di applicare alcun tipo di correzione.

Qualora, dalla pagina regionale dedicata, si voglia operare nell'ambito di studi di pianificazione, sarà necessario selezionare la scelta PIANIFICAZIONE nella schermata riportata in figura 1. Quindi, si accederà ad una pagina da cui, selezionata la provincia d'interesse (Massa-Carrara nell'esempio in figura 3a), è possibile, identificando graficamente o testualmente il comune d'interesse (Pontremoli nell'esempio in fig. 3b), scaricare un file compresso comprendente 9 files in formato .txt, ovvero:

- le 7 storie temporali degli eventi sismici;
- i relativi spettri di risposta elastici, il conseguente spettro medio e lo spettro target di riferimento (spettro di categoria A, secondo quanto previsto dalle NTC2008 per il sito in esame);
- il file readme.txt con le informazioni sui 7 accelerogrammi estratti.

I dati sono riferiti alla sede comunale per un tempo di ritorno fisso di 475 anni e potranno essere utilizzati come input sismico per analisi di risposta sismica locale nell'ambito di studi di microzonazione sismica di Livello 3, come



**Figura 2:** a) Mesozonazione del territorio toscano che mostra la distribuzione spaziale dei gruppi individuati per il periodo di ritorno di 475 anni. Ciascun gruppo è rappresentato da un diverso colore; b) Spettri di risposta appartenenti ai diversi gruppi (linee colorate) e spettri di risposta di riferimento (linee nere) calcolati per il periodo di ritorno di 475 anni.

previsto dagli Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica (Gruppo di Lavoro MS 2008).

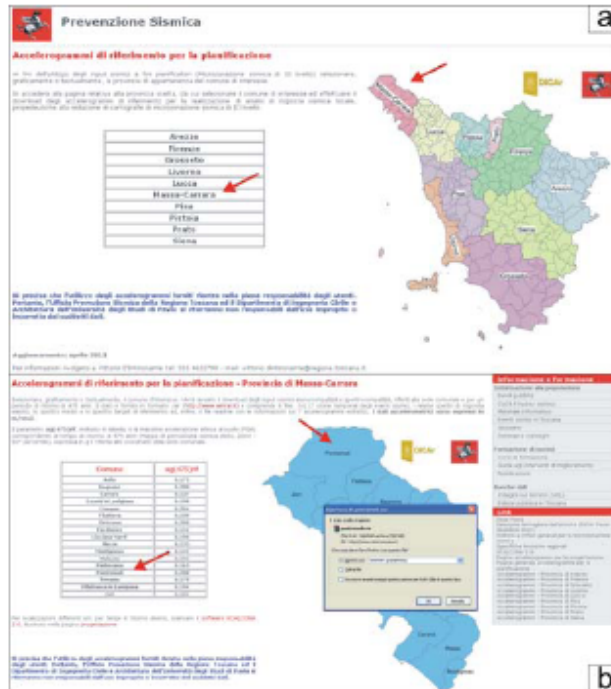


Fig. 3 – Esempio di estrazione di accelerogrammi utili per analisi di risposta sismica locale finalizzate alla Microzonazione sismica di III livello per il centro abitato di Pontremoli (MS)

```

SCALCONI-2.0 (SCALCONI of Compatible Natural Accelerograms)
Per interrompere premere CTRL+C in qualsiasi momento
Inserire il periodo di ritorno CIR(=0,75;101,475;712,749):
712
Inserire le coordinate (lon lat) o il comune:
11.5325 43.5458
Sono stati creati i seguenti files:
acc_I1000712_11.5325-43.5458.txt
acc_I1000712_11.5325-43.5458_1.txt
acc_I1000712_11.5325-43.5458_2.txt
acc_I1000712_11.5325-43.5458_3.txt
acc_I1000712_11.5325-43.5458_4.txt
acc_I1000712_11.5325-43.5458_5.txt
acc_I1000712_11.5325-43.5458_6.txt
acc_I1000712_11.5325-43.5458_7.txt
acc_I1000712_11.5325-43.5458_8.txt
readme_I1000712_11.5325-43.5458.txt
Il programma e' terminato correttamente
  
```

Fig. 4 – Schermata del programma SCALCONA-2.0

Nel caso, invece, si vogliono utilizzare gli accelerogrammi regionali ai fini di progettazione, selezionando la scelta **PROGETTAZIONE** nella schermata riportata in figura 1, viene fornito direttamente il software SCALCONA-2.0, con cui procedere (una volta in possesso delle coordinate del sito e del periodo di riferimento del progetto) all'estrazione degli input sismici, nei medesimi formati indicati al precedente capoverso.

L'utilizzo di SCALCONA-2.0 è facile e veloce: inserendo semplicemente il periodo di ritorno, tra quelli previsti dallo studio e precedentemente indicati nella presente nota, e le coordinate del sito (le quali naturalmente devono essere comprese nel territorio toscano), nel giro di alcuni secondi sarà completato il processo di estrazione degli input sismici (figura 4).

Nelle pagine che la Regione Toscana ha destinato a tale attività è possibile, infine, scaricare la relazione dettagliata dello studio svolto dal Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura

dell'Università degli Studi di Pavia (Responsabile Scientifico Prof. Carlo Lai), nell'ambito dell'Accordo di Collaborazione Scientifica con La Regione Toscana, nonché visualizzare i link alla normativa di riferimento.

### 3. BANCA DATI RELATIVA ALLE INDAGINI GEOLOGICHE, GEOFISICHE E GEOTECNICHE (PROGRAMMA VEL)

Questa banca dati è caratterizzata, ad oggi, da:

- circa 1000 cartografie geologiche e geomorfologiche in scala 1:2.000 dei principali centri urbani dei comuni della Garfagnana, Lunigiana, Pistoiese, Mugello, Valtiberina, Casentino e Amiata,
- circa 1050 linee di sismica a rifrazione con onde P e SH (per un totale di 110Km totali),
- circa 500 sondaggi geotecnici (più di 1400 prove SPT) con relative prove down-hole in foro (più di 15Km di profondità totale),
- più di 500 campioni indisturbati prelevati su cui sono state eseguite circa 500 prove statiche e circa 250 prove dinamiche.

Attualmente sul portale della Prevenzione Sismica Regionale <http://www.rete.toscana.it/sett/ptalsismica/index.shtml> è disponibile una interfaccia grafica che permette di consultare in maniera interattiva tutte le indagini e le cartografie prodotte.

Nello specifico, come è possibile vedere in fig.5, è possibile scaricare tutte le cartografie geologiche e geomorfologiche prodotte sia in scala 1:2.000 che in scala 1:10.000 e georeferenziate in formato raster. Per ognuna delle cartografie è stato curato anche l'allestimento grafico e sono complete anche di legende illustrative.

Per quanto riguarda le indagini geognostiche, è possibile (fig.6) consultare, per ogni località e per ogni Comune, i risultati prodotti (ad esempio log-stratigrafici di sondaggi, diagrammi dromocrona, sezioni sismostratigrafiche, certificati di laboratorio sulle prove statiche e dinamiche) in formato .pdf.

Per le indagini geofisiche (sismica a rifrazione con onde P e SH e prove down-hole) sono disponibili sia i formati originali prodotti dalle Imprese incaricate e validati dall'ufficio, sia le eventuali revisioni sismostratigrafiche e litostratigrafiche effettuate in seguito da parte dell'ufficio Prevenzione sismica.

Al fine di pervenire ad una modalità di visualizzazione e di consultazione più dinamica dei dati, è stata avviata a partire dal 2012 una collaborazione con il Dip.to di Scienze della Terra dell'Università di Firenze (Resp. Scientifico Prof. Filippo Catani) finalizzata alla costruzione di una applicazione Web-GIS che consenta una maggiore interattività e maggiori funzionalità per l'utente finale.

L'interfaccia (Fig.7) alla prima apertura si presenta strutturata in varie sezioni:

1) **Mappa Interattiva:** La parte centrale è una mappa

navigabile interattiva, in cui sono possibili operazioni di Pan (spostamento) e Zoom (variazione di scala). Oltre ai canonici pulsanti in alto a sinistra, sono state attivate anche le modalità di navigazione tramite trascinamento su mappa e utilizzo della rotellina centrale del mouse. È inizialmente posizionata per visualizzare l'intera estensione territoriale della Regione Toscana.

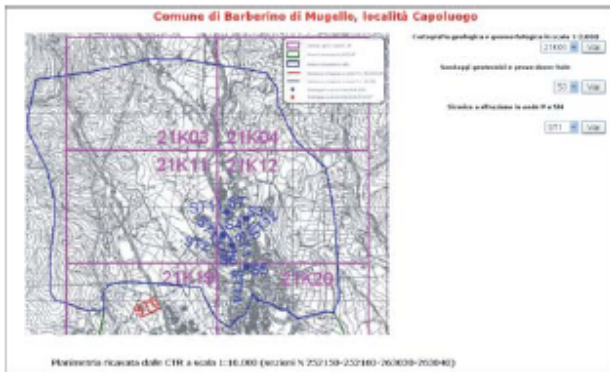


Fig. 5 – Interfaccia grafica per la consultazione delle cartografie geologiche e delle indagini geofisiche e geotecniche relative al Programma VEL.

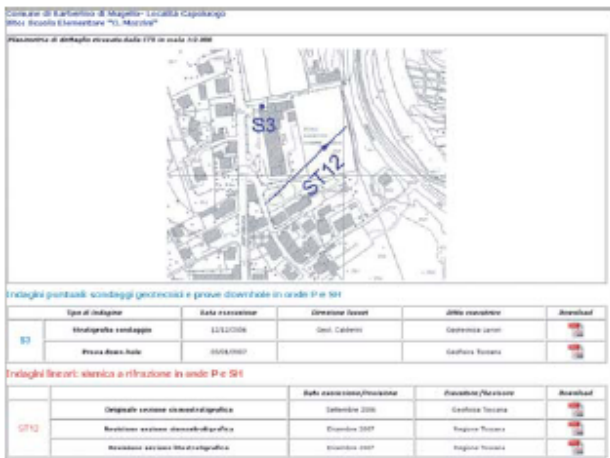


Fig. 6 – Interfaccia grafica per la consultazione delle indagini geofisiche e geotecniche relative al Programma VEL.

Essa è stata realizzata utilizzando le librerie OpenLayers per JavaScript. La cartografia di sfondo può essere selezionata liberamente scegliendo fra i 4 tematismi del “servizio google maps” (mappa satellitare, mappa stradale, mappa fisica o mappa ibrida dai server google) oppure la cartografia tecnica regionale a scala 1:10000 mosaicata sull'intera regione (server locale). In essa è possibile visualizzare o meno, oltre ai sondaggi puntuali e le stese sismiche lineari, anche diversi tematismi sovrapponibili di ausilio alla navigazione, in particolare: Province della Toscana; Comuni della Toscana e Aree geografiche. Inoltre è possibile visualizzare o meno l'eventuale tematismo della cartografia tecnica ad alto dettaglio della zona (CT scala 1:2000). Tali tematismi vengono presentati in legenda solo se presenti nella zona visualizzata. La loro visualizzazione è attivabile esclusivamente se la scala di rappresentazione è consona a tale livello di dettaglio (livello di zoom del sistema OpenLayers maggiore di 7).

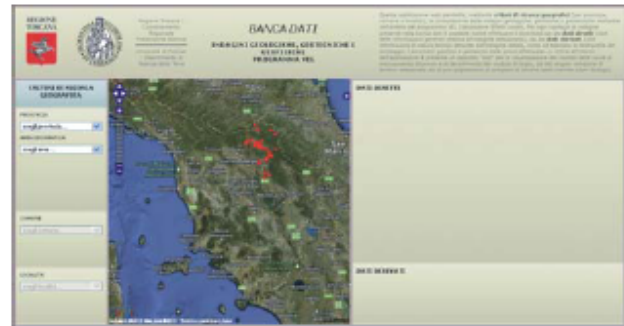


Fig. 7 – Applicativo Web-GIS per la consultazione delle indagini geofisiche e geotecniche relative al Programma VEL.

I tematismi relativi ai **sondaggi** sono rappresentati da quadratini di colore rosso, mentre le **stese sismiche** sono rappresentate da linee di colore rosso. Il passaggio su uno di questi elementi comporta la sua colorazione di colore arancione, indicando che risulta selezionabile tramite tasto sinistro del mouse. La selezione tramite tasto sinistro del mouse comporta il richiamo, dalla banca dati, delle informazioni relative al sondaggio o alla stesa sismica. Queste informazioni verranno visualizzate nella sezione 3. L'elemento selezionato, sondaggio o stesa sismica, viene colorato di colore blu.

**2) Ricerca Geografica:** Nella parte sinistra dell'interfaccia utente viene presentata una modalità per la ricerca dei sondaggi e delle stese sismiche in base a criteri geografici. Ogni scelta effettuata comporta un riposizionamento della mappa interattiva (vedi sezione 1) in modo da contenere al suo interno l'area geografica scelta. Contemporaneamente sulla mappa compare il tematismo relativo al perimetro dell'area scelta, in colore rosso.

La prima selezione avviene sempre tramite scelta di una macroarea geografica nella parte alta dell'interfaccia, che può essere la provincia, oppure un'area geografica della Toscana (es. Mugello, Amiata, ecc.). Una volta selezionata questa macroarea, sulla parte centrale compare l'elenco dei comuni ad essa appartenenti. Una volta selezionato anche il comune e posizionatosi su di esso, l'utente ha la possibilità di raffinare ulteriormente la ricerca indicando una eventuale località subcomunale nella parte bassa dell'interfaccia.

**3) Informazioni sull'Elemento:** Alla selezione di un elemento sulla mappa, sia questo un sondaggio o una stesa sismica, le informazioni relative stoccate nel database vengono mostrate a video. Le informazioni base (codice, profondità, quota e n° campioni per i sondaggi, codice, lunghezza e presenza di tomografia per le stese sismiche) vengono mostrate direttamente nella sezione 1) tramite una finestra di popup. Le informazioni di dettaglio vengono invece mostrate a destra (fig.8).

Nella parte alta vengono mostrati i dati diretti, cioè le informazioni legate al singolo elemento stoccate nel database. Nel caso di interrogazione di un sondaggio,

vengono create due colonne: la prima con le informazioni relative al sondaggio, la seconda con le informazioni relative ai campioni effettuati durante i sondaggi. Se il sondaggio disponesse di più campioni, le informazioni nella seconda colonna di ogni campione è separata dalle altre da righe orizzontali. Nel caso di interrogazione di una stesa sismica la colonna con le informazioni dei sondaggi è ovviamente assente. Altri dati "diretti", relativi ai singoli campioni, vengono riportati anche nella sezione 5) alla quale si rimanda per maggiori dettagli.

Nella parte bassa vengono presentati i collegamenti per potere scaricare i dati derivati dal sondaggio o dalla stesa sismica, cioè gli eventuali documenti, in formato PDF, della stratigrafia, delle prove down-hole, delle analisi di laboratorio o l'eventuale documentazione fotografica.



Fig. 8 – Strumento Web-GIS per la consultazione delle indagini (riquadro a destra) e delle informazioni derivate da esse (in basso a destra)

**4) Ricerca dei Campioni:** Di default la ricerca dei campioni avviene passando attraverso la ricerca per criteri geografici dei sondaggi in cui sono stati effettuati, secondo quanto illustrato nella sezione 2). È possibile impostare, in basso, la ricerca diretta dei campioni (Fig.9), senza passare per il sondaggio relativo. In tal modo è possibile effettuare studi statistici su gruppi di campioni con le stesse caratteristiche (vedi sezione 6)).

I campioni possono essere selezionati in base ai seguenti criteri non esclusivi: litologia, formazione, area geografica e comune.

L'elenco dei campioni rispondenti a tutti i criteri di ricerca

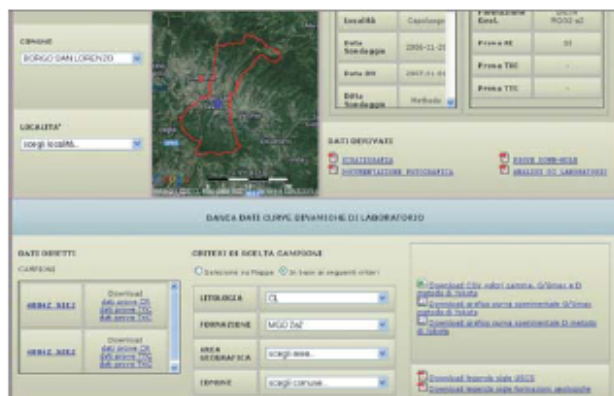


Fig. 9 – Tool Web-GIS per la visualizzazione delle curve di degrado dei terreni (smorzamento e decadimento del modulo di taglio).

impostati, viene elencato nella sezione 5).

**5) Elenco sui Campioni:** I campioni relativi al singolo sondaggio selezionato su mappa (sezione 1) o i campioni ricercati per criteri (sezione 4) vengono elencati in basso a sinistra.

Per ogni campione viene presentato sulla sinistra il **codice** univoco relativo. Selezionando questo con il mouse, le informazioni sul sondaggio in cui il campione è stato eseguito vengono mostrate nella sezione 3), esattamente come se il sondaggio venisse selezionato sulla mappa della sezione 1). Se sul campione sono state fatte delle **prove dinamiche di laboratorio**, è possibile scaricarne i dati, in formato CSV, tramite i collegamenti sulla destra. Il lavoro di raccolta, elaborazione ed informatizzazione delle prove dinamiche realizzate in ambito VEL (Giusti et al., 2011) è stato svolto dal Dip. di Ingegneria Civile dell'Università di Pisa, Responsabile Scientifico Prof. Diego Lo Presti, nell'ambito di un Accordo di Collaborazione Scientifica con la Regione Toscana.

**6) Statistiche sui Campioni:** Di tutti i campioni elencati nella sezione 5) è possibile incaricare il sistema di calcolare le curve di smorzamento dinamico e di decadimento del modulo di taglio effettuati con il metodo di Yokota. In particolare è possibile scaricare:

- Files in formato .csv relativi ai dati delle curve dinamiche (smorzamento e decadimento del modulo di taglio);
- Immagine relativa alla curva sperimentale media sia per lo smorzamento sia per il decadimento del modulo di taglio (metodo di Yokota et al., 1981).

Sotto ai collegamenti per i download, per una maggiore comprensione dei parametri di ricerca campioni della sezione 4), è possibile scaricare la legenda delle sigle USCS e delle sigle delle formazioni geologiche.

Si precisa che l'applicazione web sopra descritta verrà rilasciata agli utenti esterni solo a seguito di una fase di sperimentazione.

#### 4. BANCA DATI RELATIVA ALLE INDAGINI E STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA

Per strutturare la banca dati relativa agli studi di Microzonazione Sismica è stato preso come riferimento lo "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica" (versione 2.0 – Giugno 2012) del Dip.to della Protezione Civile Nazionale prodotto dalla "Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica" costituita ai sensi dell'art.5 comma 7 dell'OPCM 3907/2010.

Nel suddetto documento, le entità cartografate vengono ricondotte a tre tipi di elementi geometrici: punti, linee, poligoni. Uno strato informativo è costituito da una tipologia di elementi geometrici (solo punti, solo linee, solo poligoni) connessi ad elementi descrittivi (tabelle). La digitalizzazione è stata fatta con ArcGIS 9.2 View, la correzione geometrica e topologica è stata effettuata con ArcInfo.

La banca dati geotecnica e geofisica è stata organizzata in un DBMS unico per le due tipologie di indagini: quelle riconducibili in un piano ad elementi puntuali (sondaggi geotecnici, prove down-hole, prove penetrometriche) ed ad elementi lineari (sismica a rifrazione, MASW). La banca dati è stata strutturata in modo da permettere l'estrazione e l'utilizzo delle informazioni inserite per analisi integrative attraverso sistemi GIS. Per ogni punto di indagine vengono inserite le coordinate geografiche nel sistema Gauss-Boaga, in modo di legare le informazioni descrittive a forme geometriche georeferenziate attraverso specifiche operazioni di conversione.

Di seguito si riporta lo schema logico (Fig.10) delle relazioni che devono essere implementate tra le tabelle di tipo alfanumerico che servono per archiviare i dati dei siti relativi alle indagini (puntuali e lineari) ed ai parametri ad esse collegate. La relazione con gli shapefile è stabilita attraverso i campi ID\_SLN (Tabella Sito\_Lineare) e ID\_SPU (Tabella Sito\_Puntuale). Ogni tabella è definita in maniera univoca secondo le specifiche tecniche nazionali riportate nel suddetto documento.

La banca dati completa di tutte le indagini (sia pregresse che di nuova acquisizione), le cartografie tematiche prodotte, i layout predisposti e le basi dati sono archiviate secondo una struttura di archiviazione dei file in cartelle in maniera standard seguendo lo schema indicato in tabella 1.

Dall'insieme dei dati immagazzinati sono stati redatti tutti gli elaborati per la redazione degli studi di Microzonazione Sismica: cartografia delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS), Carta delle Frequenze fondamentali dei depositi, la Cartografia geologico-tecnica per la Microzonazione Sismica e la Carta delle indagini. Tali cartografie sono state informatizzate seguendo le indicazioni, i criteri, le legende tipo e le colorazioni previste dagli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica" (versione 2.0 – Giugno 2012).

Tutto il materiale prodotto nell'ambito di tali studi di MS, una volta approvato, è inserito sul portale regionale del rischio sismico al seguente link:  
[http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/03normativa/microzonazione/microzonazione\\_regionale/risultati/index.htm](http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/03normativa/microzonazione/microzonazione_regionale/risultati/index.htm)

Al momento sono resi disponibili esclusivamente gli elaborati prodotti nell'ambito dei finanziamenti nazionali di cui all'OPCM 3907/2010 – OPCM 4007/2012 e validati dall'Ufficio Prevenzione Sismica Regionale, nel rispetto delle Linee Guida Nazionali per la Microzonazione Sismica e delle Specifiche Tecniche Regionali.

Tra gli obiettivi futuri rientra anche l'inserimento di tutti gli studi di MS Comunali realizzati nell'ambito del Regolamento Regionale 53R/2011.

Lo strumento di consultazione web permette, al momento, di poter selezionare la Provincia e quindi il Comune di

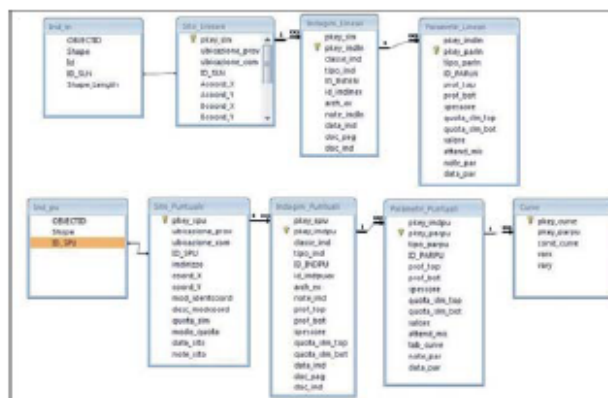


Fig. 10 – Relazione tra tabelle e shapefile relativa alla Banca Dati Indagini

Nome cartella	Descrizione sintetica dei contenuti
Microzonazione_A20	Cartella principale contenente tutte le cartelle funzionali agli studi di microzonazione sismica. Questa cartella deve essere rinominata con il nome del Comune per il quale si sta eseguendo lo studio.
BasiDati	Nella cartella BasiDati andranno inserite le carte di base utilizzate (es. CTR in formato raster) vettoriale georeferenziate.
CLI	Cartella contenente: <ul style="list-style-type: none"> <li>gli shapefile per fascio con la CLI <ul style="list-style-type: none"> <li>CL_AC</li> <li>CL_AI</li> <li>CL_AS</li> <li>CL_ES</li> <li>CL_LN</li> </ul> </li> <li>il database CLI_db.mdb che contiene le tabelle relative alle schede: <ul style="list-style-type: none"> <li>scheda_ES</li> <li>scheda_AI</li> <li>scheda_AC</li> <li>scheda_AS</li> <li>scheda_LN</li> </ul> </li> </ul>
GeoTec	Cartella contenente gli shapefile riferiti ad elementi geologici e litogeologici: Epontuali Ellittici Fosse Geoidr Geotec Cartella nella quale inserire il raster georeferenziato della Carta geologico-tecnica prodotta e il file "legenda".
Indagini	Cartella contenente: <ul style="list-style-type: none"> <li>gli shapefile delle indagini <ul style="list-style-type: none"> <li>Ind_pu</li> <li>Ind_ln</li> </ul> </li> <li>il database "CGL_tabelle" con le tabelle per l'archiviazione delle indagini</li> <li>la cartella Documenti per inserire i documenti pdf delle Indagini_puntuali e delle Indagini_lineari</li> </ul>
MS1	Contiene i seguenti shapefile: Isostab Instab Viali
MS2	Identico contenuto della cartella MS1. Viene utilizzata per l'inserimento della Carta della microzonazione sismica di livello 2.
MS3	Identico contenuto della cartella MS1. Viene utilizzata per l'inserimento della Carta della microzonazione sismica di livello 3.
MS4	Cartella nella quale inserire file di stampa delle carte realizzate e la Relazione illustrativa.
Progetti	Cartella per eventuali progetti (per esempio .azw) realizzati in Esri/ArcGIS®).
Tools	Cartella principale contenente la cartella "SoftCL" nella quale è presente il pacchetto di installazione per il software di inserimento dati "SoftCL".

Tab. 1 – Modalità di archiviazione dei file nelle cartelle all'interno della Banca Dati

Fig. 11 – Interfaccia grafica per la consultazione degli studi di Microzonazione Sismica Comunale

interesse. E' sufficiente selezionare nella mappa riportata in figura 11 l'area di interesse e, se disponibili, è possibile scaricare (in formato .rar) gli elaborati cartografici e le relazioni illustrative previste dallo studio di MS (Fig.12). A titolo esemplificativo si riporta un estratto della carta di microzonazione sismica di un Comune (Fig. 13). Infine è possibile anche poter visionare, cliccando l'immagine a sinistra nella schermata illustrata in figura 11, lo stato di avanzamento degli studi di microzonazione sismica (Fig.14).



Fig. 12 – Interfaccia grafica per la consultazione degli studi di Microzonazione Sismica Comunale (elenco elaborati disponibili per ciascun Comune)

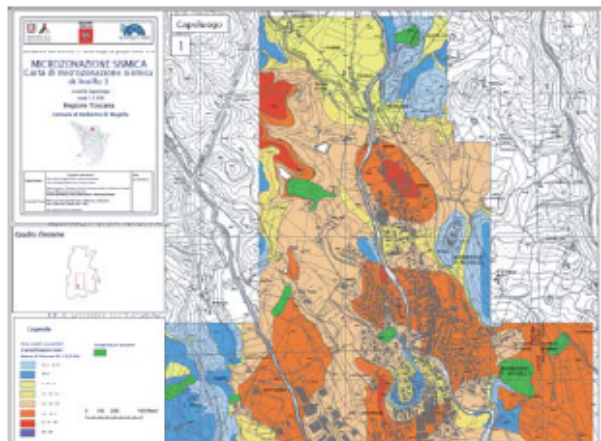


Fig. 13 – Esempio di Studio di MS disponibile per la consultazione

Al fine di rendere ancora più fruibile per gli utenti esterni anche questo strumento di consultazione degli studi di MS, in modo da pervenire ad una modalità di visualizzazione e di consultazione più dinamica dei dati, è stata deciso a partire dal secondo semestre 2013 di avviare un progetto per la creazione di un portale Web-GIS che permetta la consultazione di tutta la banca dati. L'attività verrà realizzata dal Dip.to di Scienze della Terra dell'Università di Firenze (Resp. Scientifico Prof. Filippo Catani) con le medesime procedure dell'applicazione già sviluppata per la consultazione delle indagini geofisiche e geotecniche del Programma VEL.

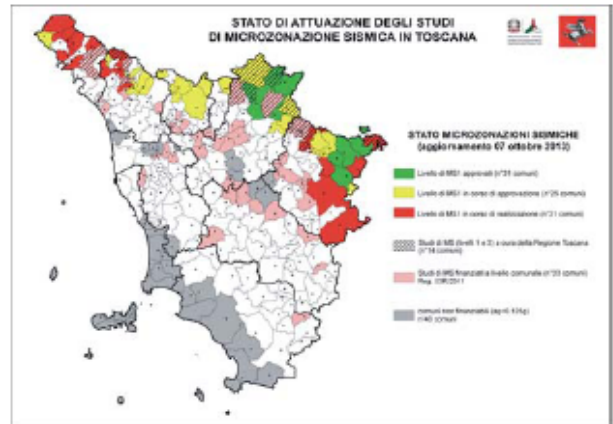


Fig. 14 – Stato di avanzamento del Progetto di Microzonazione sismica Comunale

**Bibliografia**

Circolare NTC (2009) – Circolare , n. 617, 2 febbraio 2009, del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti approvata dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008".

Conigliano M., Lai C.G., Rota M. and Strobbia C. (2012) – ASCONA: Automated Selection of COmpatible Natural Acelerograms. Earthquake Spectra, 28 (3): 965–987.

Iervolino I., Maddaloni G. and Cosenza E.; 2008; Eurocode 8 Compliant Real Record Sets for Seismic Analysis of Structures. Journal of Earthquake Engineering, 12, 54-90.

NTC08. Norme tecniche per le Costruzioni, D.M. 14.1.2008.

Ferrini M., Baglione M., Caldenini E., D'Intinosante V., Danise S., Di Lillo R., Fabbroni P., Iacomelli S., Rossi M., Stano S. & Calosi E. (2007) – Le attività della Regione Toscana per la valutazione degli effetti locali dei terreni: il programma regionale V.E.L. XII Congresso Nazionale "L'ingegneria Sismica in Italia", Pisa 10-14 giugno 2007.

Giusti I., Baglione M., D'Intinosante V., Fabbroni P. & Lo Presti D.C. (2011) – Progetto VEL della Regione Toscana: banca dati delle prove di laboratorio. Incontro Annuale dei Ricercatori di Geotecnica 2011 – IARG 2011. Torino 4-6 luglio.