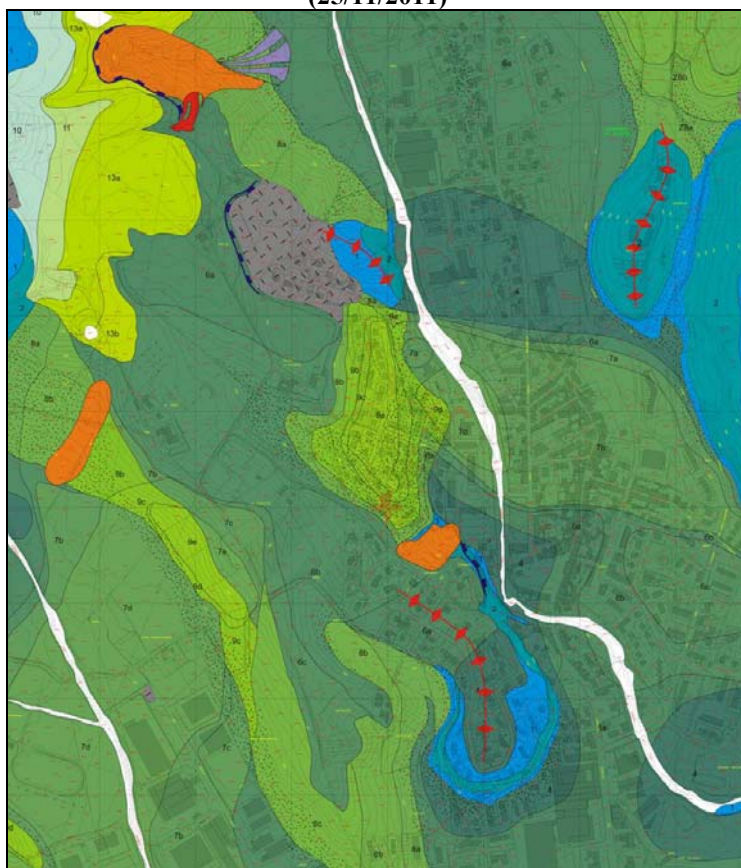




COMUNE DI BARBERINO DI MUGELLO  
RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO  
PROGRAMMA VEL

**STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA**

RELAZIONE TECNICA FINALE DI SINTESI  
(25/11/2011)



**a cura di:**

M. Baglione<sup>1</sup>, P. Fabbroni<sup>1</sup>, V. D'Intinosante<sup>1</sup>,

**con la collaborazione tecnica di:**

M. Rossi<sup>1</sup>,

M. Benvenuti<sup>2</sup>, G. Principi<sup>2</sup>, F. Menna<sup>2</sup>, S. Del Conte<sup>2</sup>, C. Poccianti<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Regione Toscana – Direzione Generale Politiche Territoriali e Ambientali – Settore Coordinamento Regionale Prevenzione Sismica; Via S. Gallo 34a, 50134 Firenze – Tel. 055/4389055 Fax 055/4389072 – [www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica](http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica) - [sismica@regione.toscana.it](mailto:sismica@regione.toscana.it)

<sup>2</sup> Università di Firenze – Dip.to di Scienze della Terra; Via G. La Pira 4, 50134 Firenze – [www.unifi.it](http://www.unifi.it)

## **INDICE**

<b>1.0. Introduzione.....</b>	<b>Pag. 3</b>
<b>2.0. Corografia: Delimitazione delle aree di indagine.....</b>	<b>Pag.5</b>
<b>3.0. Inquadramento geologico – geomorfologico e tettonico dell’area.....</b>	<b>Pag.9</b>
<b>4.0. Quadro conoscitivo del sottosuolo: indagini geofisiche e geotecniche realizzate.....</b>	<b>Pag.28</b>
<b>5.0. Definizione del modello geologico, geofisico e geotecnico di sottosuolo e definizione delle sezioni geologiche rappresentative.....</b>	<b>Pag.32</b>
<b>6.0. Realizzazione di una banca dati geografica.....</b>	<b>Pag.46</b>
<b>7.0. Cartografie di microzonazione sismica di livello 1 .....</b>	<b>Pag.51</b>
<b>8.0. Conclusioni.....</b>	<b>Pag.62</b>
<b>9.0 Bibliografia.....</b>	<b>Pag.63</b>

## **ELENCO ALLEGATI (inseriti nel DVD)**

- ALL.1 – CARTE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE IN SCALA 1.2000 RELATIVE AL PROGETTO VEL**
- ALL.2 – CARTOGRAFIA DELLE INDAGINI UTILIZZATE PER LO STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA**
- ALL.3 – CARTOGRAFIE DI MICROZONAZIONE DI LIVELLO 1**
- ALL.4 – STRATIGRAFIE SONDAGGI GEOTECNICI, PROVE DI LABORATORIO, INDAGINI GEOFISICHE E GEOFISICHE IN FORO RELATIVE AL PROGETTO VEL**
- ALL.5 – SEZIONI GEOLOGICHE DI SOTTOSUOLO**

## 1.0. Introduzione

### Metodologia di lavoro e obiettivi

Il Programma regionale di valutazione degli effetti locali (Programma VEL) si colloca nell'ambito della L.R.30.07.1997 n. 56 relativa agli interventi sperimentali per la riduzione del rischio sismico.

La fase sperimentale del progetto ha interessato i principali centri urbani della Lunigiana, Garfagnana e Media Valle del Serchio. In queste aree è stata messa a punto la metodologia operativa che è stata poi adottata anche in altre zone classificate sismiche della Toscana quali il Mugello, la Valtiberina, il Casentino e l'Amiata.

L'obiettivo prioritario del Programma VEL è quello di valutare ed individuare all'interno di ambiti territoriali a scala subcomunale (frazioni e centri), le aree a comportamento omogeneo sotto il profilo della risposta sismica locale in corrispondenza di un terremoto atteso, definendo così i possibili effetti sui principali centri urbani e sui singoli edifici strategici e rilevanti in modo da poter fornire agli enti locali informazioni e parametri utili alla progettazione edilizia e pianificazione urbanistica.

In particolare, in questo progetto, per ognuno dei centri urbani individuati, è previsto l'avvio di una serie di attività e di indagini volte alla conoscenza delle caratteristiche geologiche, geotecniche, geofisiche e strutturali dei terreni in funzione dei possibili effetti di amplificazione e di instabilità connessi con un evento sismico.

Gli obiettivi delle singole attività sono nello specifico quelli di:

- concentrare le indagini ed i rilievi nei centri urbani più significativi in termini di esposizione al rischio sismico;
- mettere a confronto più metodologie di indagini per valutare le differenze non solo in termini di risultati e di attendibilità in relazione alle varie situazioni stratigrafiche incontrate ma anche sotto il profilo delle difficoltà di attuazione di tipo logistico e dei costi;
- mettere a confronto più approcci di modellazione numerica per valutare diversi aspetti dell'amplificazione locale (non-linearità, amplificazione stratigrafica, effetti 2D);
- valutare più approcci per la determinazione dell'input sismico (probabilistico, deterministico ed energetico);
- sperimentare nuove metodologie di indagine sia in ambito geofisico che geotecnico e verificarne l'applicabilità in relazione alle diverse problematiche geologico- strutturali.

Le attività prevedono, allo stato attuale, indagini su 83 Comuni, per un totale di 207 centri urbani, in cui sono stati realizzati rilievi geologici e geomorfologici in scala 1:2.000 (totale di circa 37.300 ha di superficie), indagini geofisiche di sismica a rifrazione con onde P e SH (circa n.800 linee sismiche per un totale di 91km), sondaggi geotecnici e prove geofisiche in foro di tipo down-hole (n.320 sondaggi per un totale di 10km di perforazioni).

I dati geologici, geotecnici e geofisici ad oggi acquisiti, hanno permesso di:

- verificare e approfondire le conoscenze geologiche del sottosuolo (con cartografie, sezioni geologiche, logs stratigrafici, sezioni sismostratigrafiche);
- caratterizzare per i siti investigati le unità geologiche in termini di velocità delle onde sismiche di taglio ( $V_{sh}$ ) e il coefficiente di Poisson dinamico;
- determinare per le unità geologiche campionabili i parametri geotecnici dinamici (curva di decadimento del modulo di taglio, l'incremento dello smorzamento a crescere della deformazione, il coefficiente di Poisson dinamico).

Tali parametri permetteranno la caratterizzazione sismica dei terreni secondo quanto previsto dal D.M. 14/09/2008 (Le Norme Tecniche sulle Costruzioni).

### **Organizzazione e svolgimento delle attività**

Le indagini di esplorazione multidisciplinare del sottosuolo, realizzate nell'ambito delle attività del Progetto VEL, riguardano due differenti scale d'indagine, relative a differenti obiettivi strategici:

1. APPROCCIO PUNTUALE: Valutazione vulnerabilità sismica dei singoli edifici (strategici e/o rilevanti), finalizzata alla progettazione ed all'adeguamento sismico (tramite fondi statali relativi alla Legge 23 del 1996, L.298/2002 e O.P.C.M. 3362/04 – 3505/06);
2. APPROCCIO AREALE (scala 1:2.000): Valutazione degli effetti locali in centri urbani, finalizzata alla pianificazione urbanistica.

Il programma delle attività, improntato su una filosofia operativa di tipo multidisciplinare ed analitica, seguirà i criteri e le metodologie operative già adottate ed utilizzate nel Programma VEL ed illustrate nelle Istruzioni Tecniche Regionali e si articola nelle seguenti fasi:

FASE 0. Individuazione delle aree oggetto di indagine: per ognuno dei Comuni sono definite le aree oggetto delle indagini sulla base di alcuni criteri morfologici, geologici e antropici di interesse ai fini della valutazione degli effetti locali;

FASE 1. Redazione e aggiornamento delle Istruzioni tecniche regionali con l'obiettivo di fissare i criteri e gli standard previsti per l'esecuzione dei rilievi superficiali e delle indagini geofisiche e geotecniche di esplorazione del sottosuolo;

FASE 2. Realizzazione di cartografia geologica e geomorfologica in scala 1:2.000 o 1:5.000 ed individuazione della sezione geologica significativa, al fine di acquisire strumenti cartografici di dettaglio alla scala del centro urbano, in relazione soprattutto alla ricostruzione delle geometrie delle unità geologiche presenti, con particolare riferimento agli spessori delle coperture;

FASE 3. Campagna di indagini di sismica a rifrazione con onde P e SH, in grado di fornire una parametrizzazione geometrica e fisico-meccanica, in assetto bidimensionale, finalizzata all'estensione nel sottosuolo delle conoscenze di superficie, nei limiti intrinseci della metodologia e connessi alla logistica delle aree indagate;

FASE 4. Approfondimento delle indagini: Sulla base dei risultati delle indagini sismiche di superficie, vengono realizzate indagini di dettaglio, quali sondaggi geognostici (con prelievo di campioni per l'esecuzione di prove geotecniche di laboratorio in campo statico e dinamico) e prove Down-hole, per una migliore e puntuale definizione del profilo sismostratigrafico;

FASE 5. Definizione del modello geologico-tecnico, dell'input sismico ed esecuzione dell'analisi di amplificazione: a seguito della realizzazione di sezioni litostratigrafiche e della parallela definizione di un input sismico significativo (eseguito su base deterministica, probabilistica o energetica) vengono realizzate analisi numeriche in campo mono e bidimensionale, al fine di fornire una stima quantitativa della risposta sismica locale;

FASE 6. Definizione dei parametri (spettri di risposta e fattori di amplificazione) da fornire ai comuni per la progettazione di nuovi edifici e per gli interventi di adeguamento e miglioramento sugli edifici esistenti;



FASE 7. Realizzazione di un banca dati geografica (GIS) dei dati acquisiti mediante le indagini geologiche, geotecniche e geofisiche: lo scopo principale 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 (comuni e singoli professionisti) o l'analisi con diversi metodi.

## **2.0. Corografia: Delimitazione delle aree di indagine**

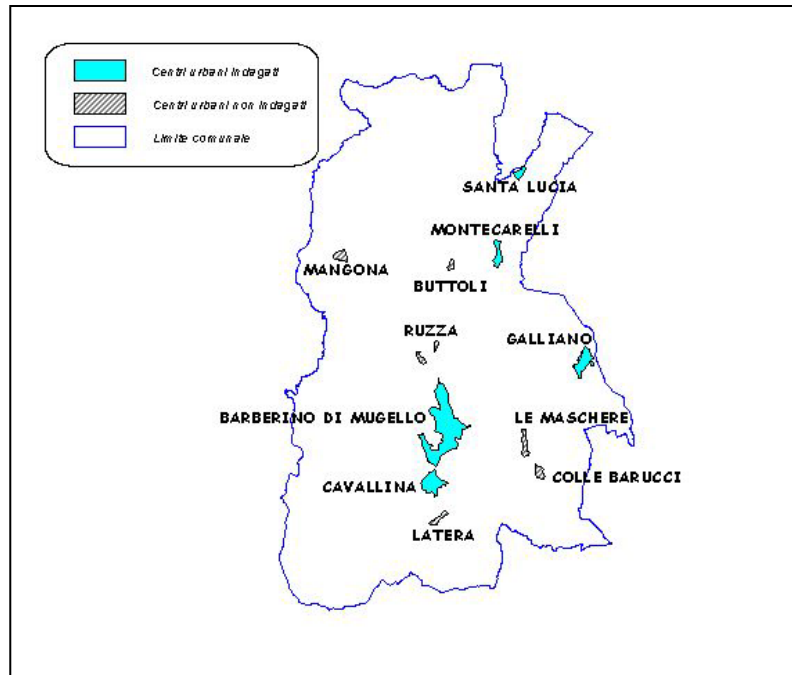
L'abitato di Barberino di Mugello si sviluppa lungo la pianura alluvionale del Torrente Stura con una quota media di 270 m sul livello del mare. L'area del capoluogo è caratterizzata da un centro storico collocato nella porzione centrale dell'abitato e da fasce in espansione poste prevalentemente verso la parte meridionale della pianura alluvionale. Sono presenti anche numerose aree produttive di cui sono state individuate tre tra le principali:

- L'area produttiva di Barberino sud che si estende, a perimetro subrettangolare, nella parte meridionale dell'abitato di Barberino di Mugello. Essa è situata alla base del versante meridionale del colle di Cantalupo dove convergono le valli dei torrenti Lora e Stura.
- L'area produttiva di Cavallina che si estende nella parte occidentale dell'abitato di Cavallina fino ad arrivare, comprendendone un tratto, al tracciato autostradale dell'A1, verso ovest. Essa, inoltre, include un tratto dell'alta valle del fiume Sieve.
- L'area produttiva di Galliano che si estende nella parte meridionale dell'abitato di Galliano; si tratta di un poligono a perimetro irregolare che ha per limite meridionale esterno la località La Macia, per limite occidentale esterno il Podere Il Pozzo e per limite orientale esterno la località Trebbiolo.

Inoltre sono state interessate dalle indagini anche le seguenti località:

- Il capoluogo del paese ed il territorio circostante, attraversato dal torrente Lora e dal torrente Stura con il suo affluente Aglio;
- La frazione di Galliano ed i suoi dintorni, attraversata dal Torrente Tavaiano.
- I paesi di Cavallina e Latera ubicati tra il Torrente Lora a nord ed il Fiume Sieve a sud;
- I paesi di Montecarelli e Santa Lucia, ubicati sulla S.S. della Futa n° 65, a nord del capoluogo.

Di seguito si riporta una tabella con l'estensione delle aree di indagine su cui sono stati effettuati i rilievi geologici di cui alla Fase 2 e realizzate le indagini di cui alla Fase 3 e 4 ed una cartografia con la delimitazione delle aree di indagine (Fig. 1-2-3-4-5; Tab. 1).



**Fig. 1** – Delimitazione delle aree individuate per le indagini

L'individuazione delle aree interessate dal progetto è stata effettuata in base alla localizzazione e alla distribuzione dei principali centri urbani, definiti sulla base di: informazioni fornite dall'Amministrazione Comunale, esame di carte topografiche di base in scala 1:2.000 e 1:10.000 e sopralluoghi specifici effettuati dai tecnici regionali.

Una volta individuate le aree, la delimitazione delle stesse viene effettuata allargandone il perimetro ad un "congruo intorno" scelto in considerazione non solo degli aspetti urbanistici, ma anche sulla base degli aspetti geomorfologici, geologici e geometrico-strutturali che possono produrre fenomeni di amplificazione sismica locale.

In altre parole, se per esempio l'area delimitata è ubicata su un fondovalle, si cerca di delimitare l'area considerando tutti gli aspetti geomorfologici presenti: quindi anche i versanti della valle stessa. Nello stesso modo verranno evidenziati anche gli aspetti geologici e strutturali di tutta la valle.

Ne risulta che in certi casi l'area su cui avviare le indagini può risultare anche più estesa rispetto a quella in cui sono distribuiti i centri abitati. Ciò risulta utile e necessario al fine di una corretta ed adeguata definizione del modello geologico-geofisico-geotecnico finalizzato all'analisi di amplificazione nelle aree previste.

La scelta delle aree deve essere effettuata anche tenendo presente che in queste si devono scegliere le sezioni significative per la modellazione.

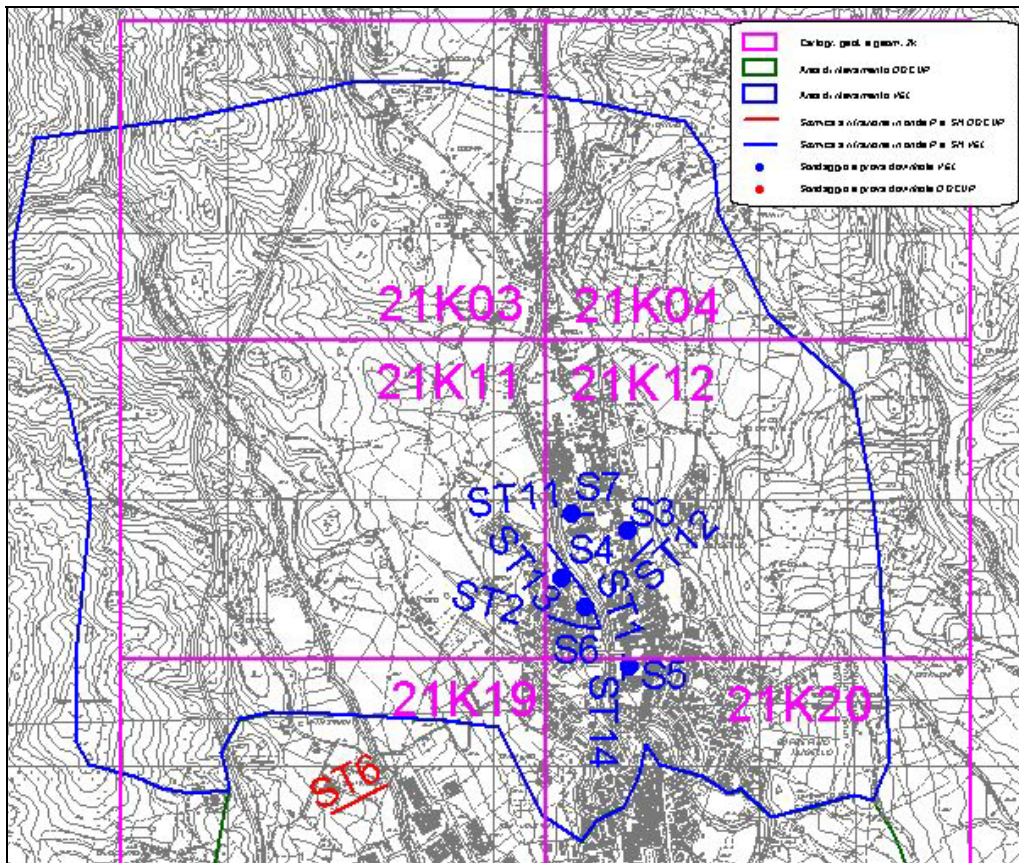


Fig. 2 – Ubicazione delle indagini geotecniche e geofisiche eseguite nell'area di Barberino.

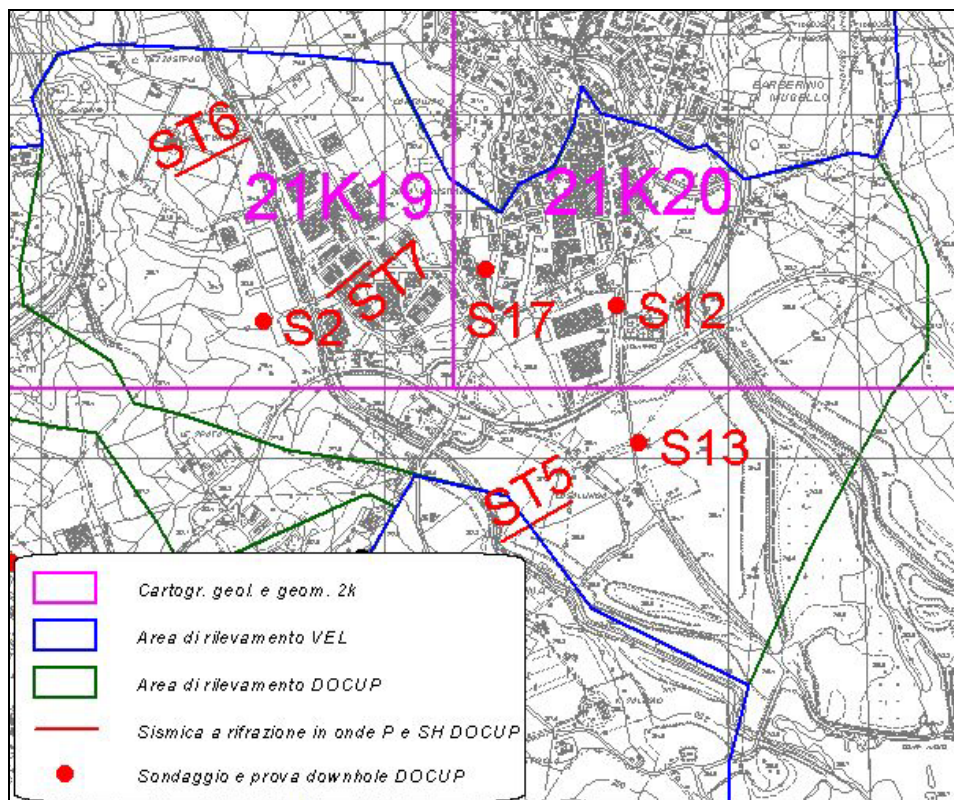


Fig. 3 – Ubicazione delle indagini geotecniche e geofisiche eseguite nell'area di Barberino sud.



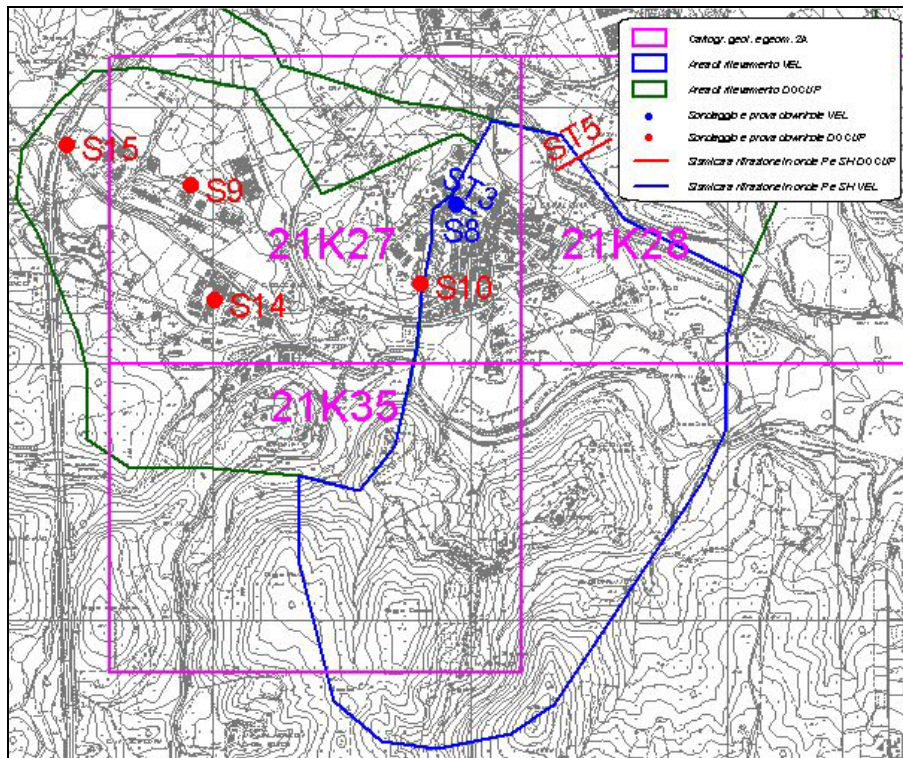


Fig. 4 – Ubicazione delle indagini geotecniche e geofisiche eseguite nell'area di Cavallina.

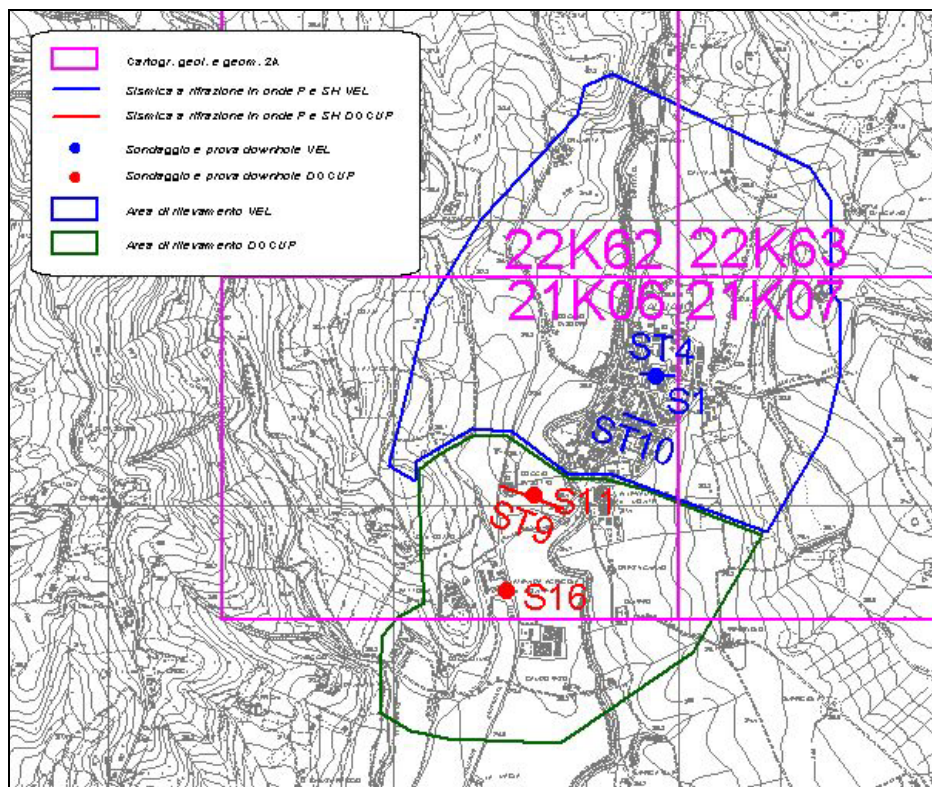


Fig. 5 – Ubicazione delle indagini geotecniche e geofisiche eseguite nell'area di Galliano.

Comune	località	Superficie (ha)	Superficie totale (ha)
Barberino di Mugello	capoluogo	1000,00	2513,05
	cavallina-latera	653,18	
	galliano	357,36	
	montecarelli	119,05	
	santa lucia	104,46	
	barberino sud	279,00	

Tab. 1 – Delimitazione aree oggetto dei rilievi geologici, geomorfologici e delle indagini geofisiche e geotecniche

### 3.0. Inquadramento geologico – geomorfologico e tettonico dell’area

#### Geologia dell’area

Dal punto di vista geologico il substrato pre-quadernario affiora prevalentemente nelle località di Montecarelli e di Santa Lucia, ubicate a nord-est rispetto all’abitato di Barberino, presso la località di Latera, a sud.

Alcuni affioramenti di substrato, in particolare dell’Unità tettonica Acquerino, sono presenti anche lungo i versanti che delimitano la valle del Torrente Stura, in prossimità del capoluogo.

Di seguito, data la diversa situazione geologica delle aree indagate nel Comune di Barberino di Mugello, si analizzano le caratteristiche geologiche di ciascuna località.

#### *Località Capoluogo*

Il substrato, è rappresentato dalla Formazione dell’Acquerino che affiora sporadicamente (ad ovest della Scuola Media Lorenzo dei Medici e più a sud presso l’abitato di Cavallina) come Membro pelitico-arenaceo (**AQR2**) lungo il versante in destra idrografica del Torr. Stura, mentre il Membro pelitico (**AQR3**) affiora con maggiore continuità lungo il versante sinistro. Il passaggio stratigrafico tra i suddetti membri si colloca al di sotto dei depositi alluvionali e fluvio-lacustri, con un’ipotetica direzione N-S; la presenza del substrato al di sotto di questi depositi, è confermata dalle indagini geognostiche e geofisiche effettuate.

La Formazione dell’Acquerino è costituita da alternanze arenaceo-pelitiche, pelitico-arenacee fino a peliti prevalenti, organizzate in strati gradati. Le areniti hanno colore grigio, composizione feldspatolitica e sono ben cementate. Sono presenti tracce di paleocorrenti con provenienze dei flussi da W-NW. La formazione è stata suddivisa in 3 membri con tendenza *fining and thinning upward*.

Per quanto riguarda i depositi di copertura, questi affiorano estesamente in tutta l’area rilevata del capoluogo.

I sedimenti sono stati classificati come depositi quadernari di pianura alluvionale attuali (b), depositi fluviali e depositi fluvio-lacustri del Bacino del Mugello.

I depositi alluvionali attuali, prevalentemente ciottolosi e ghiaiosi, sono ovviamente presenti lungo il corso del Torrente Stura. Al di sopra, separati dai depositi attuali da una scarpata di pochi metri di altezza, sono presenti i depositi alluvionali dell’Unità di Sagginale (**SIV3**, Pleistocene sup.-Olocene). Allontanandosi dal letto del torrente e con il leggero aumento della quota si passa ai depositi alluvionali dell’Unità di Luco di Mugello (**SIV2**, Pleistocene medio?-sup.); mentre i depositi fluviali dell’Unità di Scarperia (**SIV1**, Pleistocene inferiore finale?-medio) affiorano in entrambi i versanti della valle tra quote comprese tra 290m e 320m.

I depositi fluvio-lacustri, facenti parte dell’Unità **MGO1** (Pliocene sup.-Pleistocene inf.) facies argillo-siltosa (**a1**), sono presenti al di sotto dei depositi alluvionali per spessori che variano, in base ai sondaggi eseguiti, da pochi metri fino a circa 80m nelle zone più profonde del bacino. Questi

depositi affiorano per erosione lungo le scarpate che separano le alluvioni dell'Unità di Luco di Mugello da quelle soprastanti dell'Unità di Scarperia.

Il detrito di versante, riferibile al Pleistocene medio/finale - Olocene, è costituito da frammenti eterometrici prevalentemente grossolani in matrice generalmente sabbiosa; trovandosi generalmente alla base dei versanti, la composizione dei detriti, è determinata dal substrato pre-quadernario che costituisce il rilievo. Nell'area rilevata, comprendente l'abitato di Barberino di Mugello, il detrito di versante è presente alla base di entrambi i versanti ed i clasti presenti sono prevalentemente di natura arenitica provenienti dal substrato costituito dalla Formazione dell' Acquerino.

I depositi franosi nell'area sono di limitata estensione, costituiti prevalentemente da clasti alterati di arenaria in una matrice sabbioso-argillosa

#### *Località Cavallina*

L'area presenta una diffusa copertura di sedimenti alluvionali terrazzati (in ordine decrescente di età: **SIV1**, **SIV2** e **SIV3**) la cui successione stratigrafica è caratterizzata dalla presenza, dal basso verso l'alto, di ciottoli, sabbie e limi fluviali. Al di sotto di questi sono presenti depositi fluvio-lacustri plio-pleistocenici (**MGO1a1**) costituiti prevalentemente da argille marnose e lignitifere, affioranti ai margini dell'area, dove la topografia presenta una maggiore acclività. Ai margini settentrionali e occidentali dell'area produttiva affiorano lembi di formazioni litoidi di natura torbiditica, attribuibili all'Unità Tettonica del Cervarola-Falterona (**FAL**).

Presso l'abitato di Cavallina si trovano affioramenti della Formazione di Sillano (**SIL**), facente parte dell'Unità Tettonica Morello, separata dalle Arenarie del Falterona attraverso contatti tettonici presumibilmente sia ad alto che basso angolo.

Alla base dei versanti e all'interno degli impluvi si trovano depositi eluvio-colluviali o detriti di versante: i primi sono maggiormente frequenti in presenza di affioramenti dei depositi fluvio-lacustri, i secondi prevalgono in presenza di formazioni come le Arenarie del Falterona o di Sillano. Nella porzione ad est della zona produttiva di Cavallina è presente un fenomeno franoso di piccola estensione che interessa il materiale argilloso dell'Unità **MGO1a1** del fluvio-lacustre.

#### *Località Latera*

Il centro abitato di Latera è ubicato in una zona collinare con numerosi affioramenti di substrato arenaceo-marnoso. Le successioni affioranti appartengono all'Unità tettonica Falterona e sono le Arenarie di Poggio Salaiole (**PLO**) e le Marne di Galiga (**GLG**) nella parte settentrionale della località, il Membro di Montalto (**FAL3**) nella parte meridionale ed occidentale.

Sono inoltre presenti depositi fluviali (**SIV3**, Unità di Sagginale) a nord, presso la Diga del Bilancino, e detrito di versante con clasti arenacei e marnosi negli impluvi e lungo i versanti a sud di Latera.

Nell'area di rilevamento sono molto frequenti fenomeni gravitativi con dinamiche di movimento di scorrimento, favorito dalla giacitura a franapoggio degli strati arenacei e marnosi che costituiscono il *bedrock* presente.

#### *Località Santa Lucia*

L'abitato di Santa Lucia si trova nella parte settentrionale del territorio comunale di Barberino di Mugello, è compreso tra i 680m e i 740m s.l.m. ed è caratterizzato dall'assenza di corsi d'acqua importanti, che determina la totale assenza di coperture alluvionali.

Sono invece presenti, lungo i ripidi pendii, accumuli di detrito di versante e numerosi accumuli di frana, costituiti da materiale marnoso, argilloso, carbonatico o arenaceo, a seconda del substrato sul quale tali fenomeni si impostano.

Data l'assenza di coperture gli affioramenti di substrato sono numerosi e si riconoscono formazioni appartenenti ad unità differenti, separate tra loro da contatti tettonici ad alto angolo.

Muovendosi da nord verso sud si riconoscono: il Membro a megastrati arenacei della Formazione del Torrente Carigiola (**TCG1**, Unità tettonica M. Castel Guerrino), Basalti Brecciati e Pillows

Lavas (**BSTb**, Unità tettonica Leo), Formazione di Monte Morello (**MLL**) e Formazione di Sillano (**SIL**, entrambe formazioni dell'Unità tettonica Morello).

#### *Località Montecarelli*

Montecarelli è ubicato lungo un blando crinale a quote comprese tra 500 e 520m s.l.m., quindi nell'area sono assenti depositi alluvionali e, anche in questo caso, i depositi quaternari presenti sono costituiti da detrito di versante e depositi di frana. Il detrito è principalmente accumulato nella zona del centro abitato, i fenomeni gravitativi, invece, si trovano lungo entrambi i versanti che delimitano il crinale. Al di sotto del detrito presente nel paese e lungo il pendio ad ovest di esso è presente la Formazione della Pietraforte (**PTF**), mentre nella parte settentrionale e nel pendio ad est del paese si trova la Formazione di Sillano (**SIL**).

#### *Località Galliano*

L'area presenta una diffusa copertura di sedimenti alluvionali terrazzati riferibili principalmente al terrazzo intermedio (**SIV2**) e secondariamente al terrazzo recente (**SIV3**), tutti generalmente costituiti (dal basso verso l'alto stratigrafico) da ciottoli, sabbie e limi fluviali. Nei settori settentrionale e orientale si rileva la presenza dei depositi fluvio-lacustri plio-pleistocenici (**MGO1a1**) costituiti prevalentemente da argille limose con intercalazioni sabbiose che giacciono al di sotto dei terrazzi alluvionali. Il substrato, rappresentato da formazioni litoidi di natura torbiditica, compare sia al di sotto dei depositi fluvio-lacustri, sia direttamente sotto i depositi fluviali; risulta attribuibile all'Unità tettonica del Cervarola-Falterona.

Data la forte presenza di coperture, spesso a granulometria fine, sono abbondanti anche depositi eluvio-colluviali come fasce di raccordo tra pendii e fondovalle.

Per quanto concerne l'inquadramento stratigrafico dell'area del Comune di Barberino di Mugello, questo è costituita dal basso verso l'alto dalle seguenti formazioni:

### **SUBSTRATO PRE-QUATERNARIO**

Nell'area del Comune di Barberino di Mugello interessata dal Programma VEL il substrato è costituito da terreni riferibili al Dominio Toscano (Unità tettonica Falterona, Unità tettonica Acquerino e Unità tettonica M. Castel Guerrino), al Dominio Ligure esterno (Unità tettonica Morello) ed al Dominio Ligure interno (Unità tettonica Leo).

Regionalmente le Unità tettoniche liguri sono sovrascorse sulle Unità appartenenti al Dominio Toscano. L'Unità tettonica Falterona è sovrascorsa sull'Unità tettonica Acquerino; l'ubicazione esatta del limite tra le due Unità in quest'area, è un problema non ancora risolto attraverso il rilievo geologico di superficie, essendo detto limite in gran parte sepolto al di sotto dei depositi fluvio-lacustri e fluviali del Bacino del Mugello. L'Unità tettonica Acquerino è sovrascorsa a sua volta sull'Unità tettonica M. Castel Guerrino.

### **DOMINIO TOSCANO**

#### **UNITA' TETTONICA M. CASTEL GUERRINO**

A livello regionale è costituita da tre sistemi deposizionali torbiditici (Fm. di Castiglion de Pepoli, Fm. di Stagno e Fm. del Torrente Carigiola), a loro volta suddivisi in membri. Nell'area indagata affiorano solo una parte della Fm. di Castiglione de' Pepoli e della Fm. Del Torrente Carigiola.

#### **Formazione del Torrente Carigiola (TCG)** (cfr. Arenarie di Monte Castel Guerrino)

Alternanze arenaceo-pelitiche con strati gradati caratterizzati in gran parte da un variabile rapporto A/P e soprattutto dalla presenza di strati particolarmente spessi ("megastrati") a grana grossolana.



A scala regionale la formazione è stata interamente suddivisa in 2 membri con tendenza *fining and thinning upward*. La potenza complessiva è di circa 1000m. Si tratta di depositi di un singolo sistema torbiditico contenente megatorbiditi silicoclastiche. Nell'area di Barberino affiora nella frazione di S. Lucia solo il membro inferiore (TCG1).

*Aquitaniense (MNN1a-MNN1d)*

### **Membro a megastrati arenacei (TCG1)**

Alternanze arenaceo-pelitiche caratterizzate dalla presenza di potenti strati gradati (fino a 35 m.) con base da arenitica grossolana a microconglomeratica, spesso erosiva, seguita da uno potente intervallo arenitico, con gradazione spesso assente, strutture interne caotiche, scarsa cernita e con grossi inclusi pelitici. Questi strati si chiudono con un intervallo pelitico di spessore raffrontabile con la porzione arenitica. Questi si intercalano in una successione da arenaceo-pelitica a pelitico-arenacea, con strati da molto spessi (prevalenti) a sottili (subordinati) e con rapporto A/P da  $> 1$  a  $< 1$  e geometria degli strati piano-parallela. Nella parte medio-superiore del membro è talora presente selce nera in liste e livelli centimetrici. Depositi torbiditici di lobo arenaceo e di frangia di lobo contenenti megatorbiditi silicoclastiche.

Descrizione litotecnica di campagna: attenendosi alla *Guida schematica alla definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.) nel "substrato" e nella "copertura"* –Regione Toscana (Ferrini & Calosi ed., 2000; Ferrini ed., 2002), questo membro è riferibile all'U.L.T. B3.r1/4.d4/5.c4/5.

*Aquitaniense (MNN1a-MNN1d)*

## **UNITA' TETTONICA ACQUERINO**

### **Formazione dell'Acquerino (AQR)**

Alternanze da arenaceo-pelitiche a pelitico-arenacee fino a peliti prevalenti, in strati gradati.

Le arenarie hanno colore grigio, composizione feldspatolitica e sono molto ben cementate. Le peliti sono anch'esse grigie e molto indurite. Paleocorrenti con provenienze dei flussi da WNW. La formazione è stata interamente suddivisa in 3 membri con tendenza *fining and thinning upward*. Contatto inferiore netto sulle Marne Varicolori di Villose (MVV). La potenza complessiva rilevata a scala regionale è di oltre 1000 metri. Depositi di un singolo sistema torbiditico.

*Chattiano?-Burdigaliano (MNN1a-MNN3b)*

### **Membro arenaceo-pelitico (AQR1)**

Alternanze arenaceo-pelitiche in strati gradati da medi a molto spessi e banchi. La granulometria varia da fine a grossolana in relazione allo spessore dei livelli di arenarie. La composizione delle arenarie è feldspatolitica. La potenza parziale rilevata a scala regionale non mai inferiore a 500 metri; contatto inferiore netto o per breve alternanza con MVV. Depositi torbiditici di lobo arenaceo e di frangia di lobo. Affiora nell'area di Barberino.

Descrizione litotecnica di campagna: attenendosi alla *Guida schematica alla definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.) nel "substrato" e nella "copertura"* –Regione Toscana (Ferrini & Calosi ed., 2000; Ferrini ed., 2002), questo membro è riferibile all'U.L.T. B3.r1/4.d4/5.c4/5. *Chattiano terminale-Aquitaniense (MNN1a-MNN1 indiff.)*

### **Membro pelitico-arenaceo (AQR2)**

Alternanze pelitico-arenacee in strati gradati prevalentemente da sottili a medi e, subordinatamente, spessi. Geometria degli strati piano-parallela. Le arenarie hanno grana fine. Rapporto A/P da  $\ll$  a  $< 1$  con tendenza ad aumentare verso il basso, insieme allo spessore degli strati. Presenza a vari livelli di selce nera in liste di pochi centimetri. La potenza massima rilevata a scala regionale è di circa 600 m. Contatto inferiore graduale con AQR1. Depositi torbiditici di frangia di lobo e di lobo arenaceo.

Affiora a Barberino (Fig. 6) ed a Galliano.



Descrizione litotecnica di campagna: attenendosi alla *Guida schematica alla definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.) nel “substrato” e nella “copertura”* –Regione Toscana (Ferrini & Calosi ed., 2000; Ferrini ed., 2002), questo membro è riferibile all’U.L.T. B4.r1/4.d4/5.c4/5. *Aquitaniiano-Burdigaliano (MNN1d-MNN2a)*



**Fig. 6** – Formazione dell’Acquerino, membro AQR2, affiorante nell’area di Barberino in destra del T. Lora, presso Ortaglia.

### **Membro pelitico (AQR3)**

Siltiti marnose, marne siltose e marne grigio chiare-nocciola a stratificazione molto sottile e non sempre ben evidente. Presenti verso il basso rare e sottili intercalazioni di arenarie gradate a grana fine e finissima. La potenza rilevata a scala regionale è di circa 300 m. Contatto inferiore graduale con AQR2. Depositi emipelagici e torbiditi fini di tracimazione.

Affiora a Barberino capoluogo (Fig. 7) ed a nord di Galliano.



**Fig. 7** - Formazione dell’Acquerino, membro AQR3, affiorante all’interno di un edificio al Castello di Barberino.

Descrizione litotecnica di campagna: attenendosi alla *Guida schematica alla definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.) nel “substrato” e nella “copertura”* –Regione Toscana (Ferrini & Calosi ed., 2000; Ferrini ed., 2002), questo membro è riferibile all’U.L.T. B5.r1/4.d4/5.c4/5.

## UNITA' TETTONICA FALTERONA

### Arenarie del M. Falterona (FAL)

Questa formazione è articolata in vari membri sulla base dello spessore medio degli strati e del rapporto arenite/pelite e presenta un trend *fining* e *thinning upward*, rappresentando un singolo sistema deposizionale torbiditico, costituito da cinque membri. I membri cartografati, correlabili regionalmente, sono cinque. Nelle aree indagate affiorano solo i membri del Fosso delle Valli (FAL5), il membro di Lonnano (FAL4) e il membro di Montalto (FAL3). Oltre a questi, in destra del Fiume Sieve, al di sopra del membro FAL3 ed in eteropia con FAL4 e FAL5, sono stati cartografati un livello prevalentemente marnoso (Marne di Galiga, GLG) associato a depositi di colata sottomarina (Brecce Argillose Poligeniche, BAP) ed un ulteriore corpo arenaceo (Arenarie di Poggio Salaiole, PLO) che, presumibilmente, hanno una diffusione areale limitata e sono dovuti a variazioni locali nella geometria del bacino di sedimentazione.

### Membro di Montalto (FAL3)

Arenarie, marne, argilliti e siltiti con  $1/4 < A/P < 2$ . Stratificazione da molto sottile a molto spessa, talora in banchi. Si alternano pacchi decametrici di strati sottili con peliti prevalenti a banchi o strati molto spessi ravvicinati, in strati da medi a molto spessi. Localmente è stata riconosciuta la presenza di *slump*. Nella parte alta del membro prevalenti peliti con rari banchi. La potenza massima è di almeno 800 m. Sono presenti numerosi livelli torbiditici calcarei.

Gli affioramenti migliori in quest'area si trovano nel Fosso Fratino a SE di Latera (Fig. 8).



Fig. 8 – Arenarie del M. Falterona, membro FAL3, affiorante nel Fosso Fratino a SE di Latera.

Descrizione litotecnica di campagna: attenendosi alla *Guida schematica alla definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.) nel “substrato” e nella “copertura”* –Regione Toscana (Ferrini & Calosi ed., 2000; Ferrini ed., 2002), questo membro è riferibile all’U.L.T. B3.r1/4.d4/5.c4/5. *Chattiano-Aquitaniense (MNN1a-MNN1d)*



### **Marne (GLG?)**

Nell'area di Cavallina e di Latera affiorano marne siltose e argillose di colore grigio, mal stratificate per scarsa classazione granulometrica o per bioturbazione, in strati da spessi a sottili. Si inseriscono strati sottili e molto sottili arenacei. Si presentano intensamente fratturate (Fig. 9). Dalla cartografia CARG al momento non sono disponibili riferimenti biostratigrafici ed un'attribuzione formazionale. Tali marne sono state da noi dubitativamente correlate alle Marne di Galiga, infatti nell'area di Latera queste si trovano presumibilmente in contatto stratigrafico con PLO.

Descrizione litotecnica di campagna: attenendosi alla *Guida schematica alla definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.) nel "substrato" e nella "copertura"* –Regione Toscana (Ferrini & Calosi ed., 2000; Ferrini ed., 2002), questo membro è riferibile all'U.L.T. B2.r5/6.d4/5.c4/5.



**Fig. 9** – Marne affioranti a nord di Latera.

### **Arenarie di Poggio Salaiolo (PLO)**

Alternanza tra siltiti marnose e marne più o meno calcaree di origine torbidityca in rapporto generalmente compreso tra 1/3 ed 1/6, caratterizzate da stratificazione da molto sottile a media. Sono presenti le emipelagiti e, localmente, vi sono areniti fini. La stratificazione è di frequente mal distinguibile per bioturbazione. Sono presenti sporadici livelli con selce nera a liste o globulare. Il contatto inferiore è sfumato rapido su GLG.

Affiorano nella zona di Latera (Fig. 10); il contatto inferiore è qui presumibilmente stratigrafico con delle marne, dubitativamente attribuite alle Marne di Galiga.





**Fig. 10** – Arenarie di Poggio Salaiole (PLO), affioranti a nord del paese di Latera.

Descrizione litotecnica di campagna: attenendosi alla *Guida schematica alla definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.) nel “substrato” e nella “copertura”* –Regione Toscana (Ferrini & Calosi ed., 2000; Ferrini ed., 2002), questo membro è riferibile all’U.L.T. B4.r1/4.d4/5.c4/5.

*Chattiano-Aquitano (MNN1-MNN1d)*

## **DOMINIO LIGURE ESTERNO**

### **UNITÀ TETTONICA MORELLO**

#### **Formazione di Sillano (SIL)**

Argilliti e siltiti fogliettate, di colore grigio scuro, nerastro, marrone, ocre o verdastro, talora rossastro, intercalate a calcari, spesso silicei, e calcari marnosi a grana fine e finissima, in strati da sottili a molto spessi, di colore nocciola, giallastri o verdini in superficie alterata, grigio chiari in superficie fresca. I livelli calcarei si presentano talora con fratturazione ad incudine. Sono frequenti anche strati gradati calcarenitici, da sottili a spessi, di colore grigio scuro e marrone all'alterazione. Rapporto argilla/calcare  $>1$  o  $\gg 1$ . Tutti i litotipi presenti sono intensamente deformati, le argilliti hanno una foliazione estremamente pervasiva (Fig. 11 e Fig. 12) mentre i livelli più competenti si presentano sottoforma di *boudins* e pieghe a cerniere sradicate. La potenza apparente stimata a scala regionale è circa 800 m. Il contatto stratigrafico inferiore non preservato. Depositi pelagici e torbiditici di piana bacinale.

Affiora a SO di Latera in posizione tettonicamente sovrastante a FAL3, nell’area di Cavallina, nella zona di S. Lucia e di Montecarelli.





**Fig. 11** – Formazione di Sillano affiorante a SO del paese di Latera.



**Fig. 12** – Formazione di Sillano affiorante nel paese di Cavallina in uno scavo di fondazione.

Descrizione litotecnica di campagna: attenendosi alla *Guida schematica alla definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.) nel “substrato” e nella “copertura”* –Regione Toscana (Ferrini & Calosi ed., 2000; Ferrini ed., 2002), questo membro è riferibile all’U.L.T. Bc.r5/6.d4/5.c4/5 (se non è alterato r1/4).

*Cretaceo Sup.-Eocene inf.*



### **Formazione di Monte Morello (MLL)**

Calcareniti e calcilutiti gradate passanti al tetto a calcari marnosi e marne biancastre, in strati da medi a molto spessi, fino a banchi. Localmente vi sono arenarie fini in strati da medi a spessi di colore grigio, marrone all'alterazione. Talora presenza di liste di selce nera. La potenza parziale affiorante a scala regionale è di circa 600 m. Il contatto stratigrafico inferiore con il Sillano (SIL) è quasi sempre tettonizzato. Depositi torbiditici di piana bacinale con megatorbiditi carbonatiche. Affiora nella zona a N di Galliano e nell'area di S. Lucia (Fig. 13).



**Fig. 13** – Formazione di M. Morello (MLL) affiorante nell'area di S. Lucia.

Descrizione litotecnica di campagna: attenendosi alla *Guida schematica alla definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.) nel "substrato" e nella "copertura"* –Regione Toscana (Ferrini & Calosi ed., 2000; Ferrini ed., 2002), questo membro è riferibile all'U.L.T. B3.r1/4.d4/5.c4/5.  
*Eocene inf.-medio*

## **DOMINIO LIGURE INTERNO**

### **UNITÀ TETTONICA LEO**

#### **Serpentiniti (SEP)**

Lembi di serpentiniti verdi-nerastre intensamente tettonizzate e pervase da una fitta foliazione. Talora sono inclusi filoni gabbrici e basaltici. La potenza varia da pochi metri a qualche decina di metri.



Descrizione litotecnica di campagna: attenendosi alla *Guida schematica alla definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.) nel “substrato” e nella “copertura”* –Regione Toscana (Ferrini & Calosi ed., 2000; Ferrini ed., 2002), questo membro è riferibile all’U.L.T. A.r1/4.d4/5.c4/5.  
*Giurassico*

### **Basalti brecciati e pillow lavas (BSTb )**

Lembi di basalti rosso scuro in *pillows*, spesso brecciati, associati a breccie di basalti con clasti eterodimensionali, fortemente tettonizzate. La potenza massima rilevata a scala regionale è di 260 metri. Presentano contatti tettonizzati superiormente con I Diaspri di Monte Alpe (DSA) e, dove questi mancano, con i Calcari a Calpionelle (CCL) e inferiormente con i Basalti (BST). Breccie basaltiche si trovano anche sotto forma di blocchi di varie dimensioni inclusi nelle Argilliti a Palombini (APA), nel Sillano (SIL), e nelle Argilliti con Calcari (AVC).

Affiorano nell’area di S. Lucia (Fig. 14).



**Fig. 14** – Basalti brecciati affioranti nell’area di S. Lucia.

Descrizione litotecnica di campagna: attenendosi alla *Guida schematica alla definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.) nel “substrato” e nella “copertura”* –Regione Toscana (Ferrini & Calosi ed., 2000; Ferrini ed., 2002), questo membro è riferibile all’U.L.T. A.r1/4.d4/5.c4/5.  
*Giurassico*

## **DEPOSITI QUATERNARI**

### **DEPOSITI FLUVIO-LACUSTRI**

Sono i depositi di riempimento del Bacino fluvio-lacustre del Mugello, accumulati tra il Pliocene sup? ed il Pleistocene inferiore. Sono stati divisi in tre unità (MGO1, MGO2 ed MGO3) ed in ogni unità sono state distinte varie associazioni di litofacies caratterizzate da frequenti passaggi latero-verticali.

Nell’area in esame affiora esclusivamente l’unità MGO1

### **Unità MGO1 (Pleistocene inferiore)**

Nell'area oggetto di studio affiora esclusivamente la litofacies a1=arg: argille siltoso-sabbiose grigiastre, talora marnose (Fig.15) e lignitifere, lacustri e di fronte deltizio. Possono essere massive o presentare laminazione pianoparallela orizzontale. Contengono resti di vegetali e molluschi dulcicoli. Queste argille presentano al loro interno livelli lignitiferi generalmente di piccolo spessore (da 1 a 4m) che sono stati a lungo sfruttati soprattutto durante la Prima Guerra Mondiale con miniere a cielo aperto o per pozzi e gallerie. Esistevano numerose miniere in tutto il territorio di Barberino e Galliano (De Castro & Pillotti, 1933).

In quest'area del Bacino del Mugello il substrato pre-lacustre presenta una morfologia molto articolata da mettere in relazione non solo con la tettonica, ma piuttosto con incisioni del substrato precedenti alla deposizione lacustre. Ne consegue che lo spessore di questa unità presenta una variabilità notevole anche a breve distanza.



**Fig. 15** – Argille marnose dell'Unità MGO1, litofacies a1, affioranti al di sotto dell'Unità SIV3, lungo il Torrente Sorcella nell'area meridionale di Galliano.

Descrizione litotecnica di campagna: attenendosi alla *Guida schematica alla definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.) nel "substrato" e nella "copertura"* –Regione Toscana (Ferrini & Calosi, ed. 2000; Ferrini, ed.2002), questa unità è riferibile all'U.L.T. F2.s4/5 (materiale coesivo moderatamente consistente).

*Pliocene superiore?-Pleistocene inferiore*

## **SUCCESSIONE DEL MUGELLO**

### **DEPOSITI FLUVIALI**

Sono i depositi attuali e terrazzati deposti dal Fiume Sieve e dai suoi affluenti dal Pleistocene inferiore finale all'Olocene entro il Bacino del Mugello. Vengono suddivisi in tre unità che poggiano in discordanza sia sul substrato pre-Pliocenico che sui depositi fluvio-lacustri. Presentano una caratteristica diminuzione granulometrica verso l'alto stratigrafico: ciottoli alla base, sabbie e limi al tetto.



### **Unità di Scarperia, SIV1 (=bI)**

È costituita da depositi alluvionali: ciottoli rossastri a prevalenza arenaceo-marnosa, eterometrici, da subarrotondati ad arrotondati e tessitura variabile da clasto a matrice sostenuta; sabbie e silt sabbiosi rossastri massicci. Questi depositi presentano al tetto un paleosuolo argillico con caratteri idromorfici generalmente a profilo troncato con spessore inferiore ai 2m.

Questa unità affiora diffusamente in tutta l'area oggetto di studio e il suo spessore è valutabile entro i 10m.

Descrizione litotecnica di campagna: attenendosi alla *Guida schematica alla definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.) nel "substrato" e nella "copertura"* – Regione Toscana (Ferrini & Calosi, ed. 2000; Ferrini, ed. 2002), questa unità è riferibile all'U.L.T. E.a3/4.t2 (materiale granulare non cementato o poco cementato, da poco addensato a sciolto con presenza di frazione limoso-sabbiosa).

*Pleistocene inferiore finale?-medio*

### **Unità di Luco di Mugello, SIV2 (=bII)**

È costituita da depositi alluvionali: ciottoli bruno-giallastri eterometrici e poligenici, da subarrotondati ad arrotondati e tessitura variabile da clasto a matrice sostenuta; sabbie giallastre medio-fini a stratificazione inclinata piana; silt sabbiosi massicci; argille siltose grigiastre laminate. Presentano generalmente una tripartizione granulometrica: ciottoli alla base, sabbie e limi al tetto.

Questi depositi possono presentare al tetto una debole pedogenesi.

L'Unità di Luco di Mugello affiora diffusamente in tutta l'area oggetto di studio e il suo spessore è valutabile intorno a 8-10m.

Descrizione litotecnica di campagna: attenendosi alla *Guida schematica alla definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.) nel "substrato" e nella "copertura"* – Regione Toscana (Ferrini & Calosi, ed. 2000; Ferrini, ed. 2002), questa unità è riferibile all'U.L.T. E.a3/4.t2 (materiale granulare non cementato o poco cementato, da poco addensato a sciolto con presenza di frazione limoso-sabbiosa).

*Pleistocene medio-superiore*

### **Unità di Sagginale, SIV3 (=bIII)**

È costituita da depositi alluvionali: ciottolami bruno-grigiastri eterometrici e poligenici, da subarrotondati ad arrotondati e tessitura variabile da clasto a matrice sostenuta; sabbie giallastre medio-fini a stratificazione inclinata piana; silt sabbiosi grigiastri massicci; argille siltose grigiastre laminate. Questi depositi presentano generalmente una tripartizione granulometrica: ciottoli alla base, sabbie e limi al tetto.

Questa unità affiora lungo tutti i fondo valle e lo spessore è valutabile entro i 5-6m.

Descrizione litotecnica di campagna: attenendosi alla *Guida schematica alla definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.) nel "substrato" e nella "copertura"* – Regione Toscana (Ferrini & Calosi, ed. 2000; Ferrini, ed. 2002), questa unità è riferibile all'U.L.T. E.a3/4.t2 (materiale granulare non cementato o poco cementato, da poco addensato a sciolto con presenza di frazione limoso-sabbiosa).

*Pleistocene superiore?-Olocene*

## **DEPOSITI ALLUVIO-COLLUVIALI**

### **Depositi eluvio-colluviali b8**

Si tratta di un deposito ad elementi eterometrici e poligenici dispersi in matrice limosa, a granulometria minore rispetto al detrito di versante. Si forma per alterazione superficiale e può accumularsi in posto o ai piedi dei versanti stessi dopo un breve trasporto avvenuto principalmente per ruscellamento. Questi depositi non superano lo spessore di 1-2 m.

Descrizione litotecnica di campagna: attenendosi alla *Guida schematica alla definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.) nel “substrato” e nella “copertura”* –Regione Toscana (Ferrini & Calosi, ed. 2000; Ferrini, ed.2002), questi depositi sono attribuibili all’U.L.T. E/F.a3/4.s5/6. (materiale granulare non cementato o poco cementato, a granulometria prevalentemente fine, da poco addensato a sciolto; quando la granulometria è limoso argillosa si presenta come un terreno coesivo poco consistente)

*Pleistocene-Olocene*

#### **Detrito di versante (a)**

Deposito di versante costituito da elementi poligenici ed eterometrici, prevalentemente grossolani, in abbondante matrice sabbiosa-limosa, derivante da processi di degradazione superficiale e accumulato lungo i versanti o al piede degli stessi principalmente per gravità. Questi depositi presentano frequentemente rimaneggiamento antropico, ad esempio in località Montecarelli, ed il loro spessore è valutabile intorno ad 1-2m.

Descrizione litotecnica di campagna: attenendosi alla *Guida schematica alla definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.) nel “substrato” e nella “copertura”* –Regione Toscana (Ferrini & Calosi, ed. 2000; Ferrini, ed.2002), questi depositi sono attribuibili all’U.L.T. E1.a3/4.t2 (materiale granulare poco cementato a granulometria grossolana dominante, da poco addensato a sciolto, con presenza di frazione limoso-sabbiosa).

*Pleistocene medio finale-Olocene*

#### **Depositi alluvionali attuali (b)**

Si tratta di depositi fluviali costituiti da ciottolami eterometrici e poligenici in matrice limoso sabbiosa con tessitura da clasto a matrice sostenuta, e subordinatamente ghiaie, sabbie e limi. I ciottoli, da subarrotondati ad arrotondati, hanno sfericità bassa. Sono depositi di pianura alluvionale in evoluzione, deposti dal Fiume Sieve e dai corsi d’acqua secondari.

Descrizione litotecnica di campagna: attenendosi alla *Guida schematica alla definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.) nel “substrato” e nella “copertura”* –Regione Toscana (Ferrini & Calosi, ed. 2000; Ferrini, ed.2002), questa unità è riferibile all’U.L.T. E1.a3/4.t2 (materiale granulare non cementato o poco cementato a granulometria grossolana dominante, da poco addensato a sciolto, con presenza di frazione limoso-sabbiosa).

*Olocene*

#### **Depositi di frana (a<sub>1</sub>)**

I depositi franosi in quest’area sono di limitata estensione nelle aree di Barberino di Mugello, Cavallina e Galliano, mentre sono frequenti e piuttosto estesi nelle località di Latera, Santa Lucia e Montecarelli. Essi sono costituiti da materiale argilloso e/o sabbioso associati a frammenti arenaceo o calcarei in relazione al substrato pre-quadernario su cui si sono impostati.

### **Geomorfologia dell’area**

Le aree studiate, ubicate in zona collinare, sono caratterizzate da ampie zone a bassa energia del rilievo, che corrispondono ai tre ordini di terrazzi alluvionali. I terrazzi del 2° e 3° ordine si trovano quasi sempre nei fondovalle, mentre il terrazzo più alto è posto stratigraficamente al di sopra dei depositi argillosi fluvio lacustri, oppure al di sopra le formazioni litoidi. Ampie fasce di colluvio correlano le argille ai terrazzi, mentre frequentemente si trova materiale detritico a raccordare le formazioni litoidi con i terrazzi alluvionali. Gli eventi franosi cartografati corrispondono a scivolamenti e colamenti se si trovano su materiale argilloso, mentre si tratta di scivolamenti traslativi se i materiali interessati sono le coltri di alterazione delle formazioni rocciose (Fig. 16). Sui depositi argillosi sono frequenti anche fenomeni di soliflusso.

Le aree di Santa Lucia e Montecarelli, ubicate in zona più prettamente montuosa, sono caratterizzate da detrito di versante e da scivolamenti quiescenti.



**Fig. 16** – Colamento superficiale in località S. Lucia.

#### *Località Capoluogo*

Per quanto riguarda gli aspetti geomorfologici, il capoluogo del Comune e la zona produttiva denominata come Barberino sud si sviluppano lungo la pianura alluvionale, con direzione N-S, del Torrente Stura. L'area di studio è compresa in parte nell'elemento 263030 e in parte nell'elemento 252120 della CTR ed è limitata a nord dall'abitato di Piangianni, ad ovest dai rilievi collinari del gruppo del Poggio Manganaccia, a sud dalla zona industriale di Cavallina e ad est dalle colline di Tingano e La Castellina.

L'abitato sorge al di sopra dei depositi alluvionali (SIV3 e SIV2) del torrente ed è delimitato dai versanti prevalentemente collinari ad ovest e ad est lungo i quali affiorano i depositi fluvio lacustri del Bacino del Mugello. In presenza, invece, degli alti topografici affiora il substrato roccioso con la Formazione dell'Acquerino, mentre i depositi alluvionali del SIV1 sono presenti nei versanti ad ovest al di sopra dei depositi fluvio lacustri.

La dinamica dei versanti è quasi del tutto assente, fatta eccezione di due movimenti di colamento quiescenti: una a nord della località "Pallaio" e l'altra tra l'abitato di Barberino e Cavallina.

Si può osservare che tutta la fascia compresa tra la pianura alluvionale ed i rilievi è interamente ricoperta da una fascia continua di detrito di versante dovuta all'alterazione dei depositi fluvio lacustri e del substrato litoide e successivo trasporto per gravità alla base dei versanti.

Per quanto riguarda il reticolo fluviale esso appare organizzato secondo solchi di ruscellamento concentrato che scorrono lungo i pendii verso il Torrente Stura. L'andamento del Torrente è generalmente anastomizzato e con direzione NNW-SSE, convogliando le acque verso l'invaso del Bilancino più a meridione.

### *Località Cavallina*

L'area di studio di Cavallina comprende: il centro urbano, ubicato a sud-ovest di Barberino tra il Torrente Sieve e il Fiume Lora e l'area produttiva che si estende nella parte occidentale dell'abitato di Cavallina fino ad arrivare, comprendendone un tratto, al tracciato autostradale dell'A1, verso ovest. Essa, inoltre, include un tratto dell'alta valle del fiume Sieve. L'area indagata è interamente compresa nell'elemento 263030 della CTR ed è limitata a nord dal Torrente Lora, ad ovest dal tracciato autostradale, a sud dal corso del Fiume Sieve e ad est dal Torrente Lora e dall'invaso del Bilancino.

Gli edifici che costituiscono l'abitato di Cavallina si trovano, ad est, in parte sui depositi alluvionali (SIV2) del Torrente Lora e del Fiume Sieve, in parte su un debole rilievo (quota massima di circa 300m), ad ovest costituito da affioramenti di substrato (SIL e FAL3) e di depositi alluvionali antichi (SIV1, ubicati alla sommità dell'alto morfologico).

La zona industriale, invece, è posta ad occidente dell'abitato ed è posizionata al di sopra dei depositi alluvionali (SIV2 e SIV3) della Sieve.

Le valli fluviali presenti (la principale del Fiume Sieve e le secondarie del Torrente Lora e del Fosso Visano) sono separate da deboli rilievi costituiti dal substrato roccioso, da depositi fluvio-lacustri e da depositi alluvionali dell'Unità di Scarperia (SIV1). I pendii si raccordano ai fondovalle mediante fasce di detrito di versante, se siamo in presenza di pendii in roccia, oppure mediante depositi eluvio-colluviali, se in presenza di pendii con depositi fluvio-lacustri.

L'unico fenomeno franoso presente nell'area è rappresentato da un colamento superficiale nei depositi fluvio-lacustri a NW della zona industriale.

### *Località Latera*

Il piccolo abitato di Latera si trova a sud di Cavallina, è delimitato a nord dal letto del Fiume Sieve ed è compreso tra i rilievi del gruppo Poggio Razzo e Poggio Cerbaia. L'area indagata è compresa nell'elemento 263030 della CTR.

Gli edifici sono collocati lungo la strada provinciale e poggiano quasi tutti direttamente su formazioni rocciose (FAL3, PLO e GLG?). In assenza di corsi d'acqua importanti e poiché l'abitato si trova su di un piccolo rilievo non sono presenti depositi alluvionali e sono invece molto frequenti fenomeni franosi con movimento di scorrimento traslativo legati spesso a giacitura a franapoggio degli strati rocciosi a diversa competenza.

Sono inoltre presenti accumuli di detrito di versante lungo il pendio a sud di Latera e all'interno dell'impluvio più a nord.

Il reticolo idrografico è poco sviluppato e consiste in pochi solchi di ruscellamento che convogliano le acque verso il lago di Bilancino.

### *Località Santa Lucia*

L'abitato di Santa Lucia si trova a NE del Capoluogo su un crinale (a quota compresa tra 670m e 700m s.l.m.) lungo la Strada della Futa ed è delimitato a nord dal Monte di Fo, ad ovest dal Fosso della Stura, a sud dall'abitato di Montecarelli e ad est dal Torrente Sorcella. L'area indagata è interamente compresa nell'elemento 252120 della CTR.

Data la posizione nell'area indagata sono assenti le coperture alluvionali e sono frequenti gli affioramenti delle formazioni rocciose in particolar modo dell'Unità tettonica di M. Morello (MLL e SIL). Gli edifici che costituiscono il centro abitato si trovano sul crinale costituito da Formazione di Sillano, Formazione di Monte Morello e dalla Formazione del Torrente Carigiola a nord.

Ad est e nord dell'abitato si trovano estesi copri di frana, derivati da movimenti di scorrimento traslativo e favoriti dalla giacitura a franapoggio degli strati rocciosi che costituiscono i rilievi.

Sono inoltre presenti accumuli di detrito, in special modo all'interno delle vallecicole poste ad ovest della località studiata.

Il reticolo idrografico è quasi assente e consiste in solchi di ruscellamento concentrato che portano le acque incanalate verso i fondovalle.

### *Località Montecarelli*

Il centro urbano di Montecarelli è ubicato a NE di Barberino di Mugello tra il capoluogo e l'abitato di S. Lucia. Esso è delimitato a nord dal cimitero, a ovest dalla vallecchia incisa dal Torrente Stura, a sud dalle case di San Gavino e dall'Azienda Agricola Bonicaccio, ad est dalla valle del Torrente Sorcella. Gli edifici sorgono lungo la Strada Statale della Futa al di sopra di un dosso che rappresenta un alto morfologico costituito dalla Formazione della Pietraforte (Dominio Ligure Esterno). La Formazione della Pietraforte affiora anche lungo il versante ad ovest dell'abitato mentre il versante ad est è prevalentemente costituito dalla Formazione di Sillano (Dominio Ligure Esterno). Nell'area di studio sono presenti estese aree di coperture, costituite da detrito di versante e da accumuli di frana. Il detrito di versante si trova nella porzione centrale del paese e lungo entrambi i pendii, a costituire ampie falde detritiche, i corpi di frana (derivanti principalmente da movimenti di scorrimento traslativi) sono presenti lungo i versanti.

Il reticolato idrografico è costituito dai torrenti che rappresentano solchi di ruscellamento concentrato che incidono le valli circostanti.

### *Località Galliano*

Dal punto di vista geomorfologico l'area è ubicata in una zona collinare pedemontana, ad est di Barberino e al confine con il Comune di Scarperia, che presenta generalmente debolissime acclività verso il settore meridionale, dove è situata la valle del Fiume Sieve. Localmente l'area è solcata, in direzione nord-sud, dal Torrente Tavaiano, un affluente di sinistra del Fiume Sieve, mentre, nella porzione più occidentale, dal Torrente Sorcella e da un suo affluente minore. Lungo le principali aste fluviali, seppur delimitate da scarpate, e nell'area in generale sono presenti esclusivamente due fenomeni franosi, impostati su un rilievo dove affiora il substrato roccioso, ad ovest dell'Azienda Agricola "Il Monte".

Nella zona vengono usualmente distinti tre ordini di terrazzi alluvionali, il più antico dei quali (SIV1) è caratterizzato da un'intensa pedogenesi, ma sono il terrazzo intermedio (SIV2) e recente (SIV3) i più diffusi nell'area ed i principali responsabili della morfologia sostanzialmente pianeggiante sulla quale si trova l'abitato.

Alla base dei pendii che circondano l'abitato di Galliano è presente una fascia continua di depositi eluvio-colluviali che raccorda i rilievi, costituiti prevalentemente dai depositi fluvio-lacustri, con il fondovalle.

### **Inquadramento Tettonico**

Nelle aree del Comune di Barberino del Mugello indagate affiorano terreni appartenenti ad unità tettoniche diverse, sovrascorse le une sulle altre. Le più interne e geometricamente più alte sono le Unità tettoniche Liguri che si sovrappongono alle Unità tettoniche del Dominio Toscano. Nel settore meridionale del Comune di Barberino di Mugello (frazioni di Cavallina e Latera) l'Unità tettonica Morello è sovrascorsa sull'Unità tettonica Falterona. La superficie di accavallamento tra le due Unità è rappresentata da un *thrust* ubicato in questa zona a quote diverse, presumibilmente per la presenza di faglie sepolte che ne interrompono la continuità. La Formazione di Sillano si presenta con assetto scompaginato e giaciture degli strati mal riconoscibili. All'interno dell'Unità tettonica Falterona, nella zona di Latera, il membro di Montalto (FAL3) si sovrappone tettonicamente a delle marne (GLG?) tramite una faglia inversa immergente ad ovest, dislocata a sua volta da una presunta faglia ad alto angolo con direzione NO-SE.

Rispettivamente a SE di Barberino di Mugello e a NW di San Piero a Sieve, in corrispondenza dell'invaso del Bilancino, è presente una strettoia costituita dal substrato roccioso che separa il bacino principale ad est da quello minore, comprendente Barberino, ad ovest (vedi Fig. 17).

Il sistema di faglie presente nell'area, detto anche Sistema della Sieve, è ritenuto da alcuni Autori (MARTINI & SAGRI, 1993; BENVENUTI, 1996) il *master fault system* del bacino e, nei confini

del Comune di Barberino di Mugello, non mostra evidenze di attività recente (a parte un segmento lungo il Fiume Sieve nei pressi di Cafaggiolo).

Secondo l'interpretazione di SANI *et alii* (2003) la discrepanza che si osserva tra l'ubicazione del bacino del Mugello e l'ubicazione del sistema di faglie fa assumere a questo sistema un ruolo che sostanzialmente si discosta dal modello comune di "faglia bordiera" di un bacino sedimentario. Infatti, sempre secondo l'interpretazione di SANI *et alii* (2000), le faglie presenti nell'area risultano posteriori alla formazione dei depositi pleistocenici, dato che essi non seguono l'orientazione del sistema di faglie, ma vengono tagliati dal sistema stesso. Tuttavia, l'attività del Sistema della Sieve è ritenuta antecedente alla formazione dell'Unità di Scarperia.

Analizziamo di seguito la tettonica caratteristica delle varie località studiate.

#### *Località Capoluogo*

Nella zona di Barberino affiorano terreni appartenenti all'Unità tettonica Acquerino e le estese coperture dei depositi plio-quadernari rendono difficoltoso il riconoscimento dei rapporti geometrici fra i vari membri del substrato.

In base alle indagini svolte e alle conseguenti sezioni geologiche seguite longitudinalmente al bacino, si ritiene che la base di esso presenti delle "ondulazioni" che creano variazioni di spessore dei depositi fluvio-lacustri. Osservando la sezione infatti si possono notare tre soglie in roccia: la prima, la più settentrionale e di natura presumibilmente erosiva, si trova lungo l'asse che collega la collinetta sul quale sorge il Castello con gli affioramenti di substrato (AQR2) ad est della Scuola Media "Lorenzo De Medici"; la seconda, in posizione intermedia e di natura tettonica, è legata alla presenza di una faglia diretta intraformazionale con direzione NNE-SSW e immersione NWW, che crea una soglia in roccia (sempre AQR2) di circa 80m di altezza e separa gli strati a giacitura diretta a nord da quelli rovesci a sud; la terza soglia, la più meridionale, è posta lungo l'asse che collega il poggio, dove è presente l'abitato di Cantalupo, con gli affioramenti di AQR3 presenti in corrispondenza dell'ansa del Torrente Stura preso l'abitato di Ripa. Anche quest'ultima soglia, in base ai dati a nostra disposizione, risulta essere di tipo erosivo.

Le suddette soglie creano una suddivisione del bacino principale in due "sottobacini", entrambi allungati in direzione NNE-SSW e separati dalla soglia intermedia di origine tettonica passante per il centro storico del Capoluogo.





#### *Località Cavallina*

I terreni presenti nelle aree indagate sono ascrivibili ad unità tettoniche sovrascorse l'una sull'altra: la più interna e quella geometricamente più alta è l'Unità tettonica Morello (Formazione di Sillano) che si sovrappone, con una superficie tettonica a basso angolo, all'Unità tettonica Falterona (Arenarie del M. Falterona). Tale superficie tettonica è ubicata a SW dell'abitato di Cavallina (Foglio 21K35) e nel paese stesso (Foglio 21K27).

Al di sotto dei depositi alluvionali del Torrente Lora si suppone la presenza di un sovrascorrimento con direzione NW-SE ed a vergenza appenninica che porta la Formazione di Sillano al di sopra delle Arenarie del M. Falterona. Inoltre, dalle sezioni geologiche effettuate, si presume un ulteriore sovrascorrimento a nord del Torrente Lora, sempre con direzione NW-SE, che separa l'Unità tettonica Falterona a sud dalla sottostante Unità dell'Acquerino a nord.

#### *Località Galliano*

Nell'area di Galliano non sono presenti strutture tettoniche particolari. E' stata rilevata la presenza di una faglia, poco a nord di Poggiolino (Foglio 21K14), in cui vi è una diversa polarità degli strati di AQR2 affioranti sulla riva destra e sinistra del T. Sorcella.

L'abitato di Galliano è posto al di sopra di un bacino di sedimentazione fluvio-lacustre che dovrebbe raggiungere la massima profondità in corrispondenza del centro del paese stesso, come confermato dal sondaggio S1 eseguito presso la Scuola Elementare che, pur arrivando alla profondità di 72m, non raggiunge il substrato roccioso.

Al di sotto dei depositi fluviolacustri il substrato è costituito dalla Formazione dell'Acquerino (AQR3), a nord dal Membro pelitico, come testimoniato da affioramenti lungo il Torrente Tavaiano, a sud dal Membro pelitico-arenaceo (AQR2).

Il passaggio tra i due membri è di tipo stratigrafico ed è coperto dai depositi fluvio-lacustri sotto l'abitato di Galliano.

### **4.0. Quadro conoscitivo del sottosuolo: indagini geofisiche e geotecniche realizzate**

Dal rilievo geologico e geomorfologico eseguito nell'area di Barberino di Mugello in località capoluogo e nelle frazioni principali erano emerse numerose problematiche e diversi aspetti da definire con l'obiettivo di ricostruire in maniera dettagliata il modello geologico di sottosuolo attraverso la parametrizzazione dei terreni investigati e la ricostruzione delle geometrie sepolte.

In primo luogo si è cercato di definire i depositi di copertura superficiali (detrito di versante, depositi alluvionali) e di fornire la geometria dei corpi assieme ad una necessaria parametrizzazione geofisica.

Un'altra problematica affrontata era connessa alla conoscenza della profondità del *bedrock sismico* ed alla determinazione dello spessore dei depositi fluvio-lacustri. In base alle indagini eseguite si è potuto definire la morfologia e i rapporti dei vari bacini di sedimentazione analizzando in particolare i fenomeni di amplificazione sismica sia di natura stratigrafica che dovuta a morfologie sepolte.

Inoltre un'altra problematica che è stata affrontata era connessa con la conoscenza della profondità del *bedrock sismico* e la determinazione dello spessore e dei parametri dinamici (soprattutto  $V_{SH}$ ) della copertura alluvionale e fluvio-lacustre presente al di sopra. Ciò era particolarmente importante nell'area di bordo della valle (presenti, in particolar modo, in corrispondenza degli abitati di Barberino e di Galliano) dove lo spessore della copertura tende a rastremarsi ed assottigliarsi provocando importanti fenomeni di amplificazione sismica, dovuta alla natura stratigrafica che alle morfologie sepolte.

Infine risultava necessario comprendere anche le complesse strutture tettoniche sepolte presenti nell'area. Dai rilievi geologici eseguiti erano infatti stati individuati vari passaggi tra unità



tettoniche diverse e tra aree nelle quali il substrato si presentava talora a giacitura diritta e talora rovescia.

Sono stati così individuati vari tipi di contatti tettonici: faglia diretta e sovrascorrimento, generalmente con direzione prevalente NW-SE

Per approfondire tali problematiche e soprattutto per determinare spessori, geometrie e parametri dinamici (in particolare le velocità  $V_{SH}$ ) sono state quindi svolte successive campagne di indagini geofisiche di sismica a rifrazione in onde P e SH, indagini geotecniche e geofisiche in foro di tipo down-hole con onde P e SH e prove di laboratorio sui campioni indisturbati prelevati nel corso dei sondaggi geotecnici.

Nello specifico le campagne di indagini sono riassunte nella tabella allegata (Tab. 2a,b,c) e sono state le seguenti:

- a) campagna di indagini di sismica a rifrazione per il *Programma di Valutazione della Vulnerabilità sismica delle aree produttive (Programma DOCUP Toscana 2000-2006 – Prog. d’area Prov. di Firenze)*, eseguita nel novembre del 2004 (n.4 linee di sismica a rifrazione);
- b) campagna di indagini di sismica a rifrazione per il *Programma di Valutazione della Vulnerabilità sismica degli Edifici Strategici e rilevanti, Ordinanza n.3362 del 08/07/04 (Scuola Media “Lorenzo De’ Medici” e Palestra)*, eseguita nell’agosto del 2005 (n.1 linea di sismica a rifrazione);
- c) campagna di indagini di sismica a rifrazione per il *Programma di Valutazione della Vulnerabilità sismica degli Edifici Scolastici (Scuola Materna Don Dilani, Scuola Elementare “Lorenzo il Magnifico” a Cavallina, Scuola Elementare a Galliano, Scuola Materna “Mariotti-Zanobi” a Galliano)*, eseguite nell’agosto-settembre del 2005 (n.5 linee di sismica a rifrazione);
- d) campagna di indagini geotecniche e geofisiche in foro per il *Programma di Valutazione della Vulnerabilità sismica delle aree produttive (Programma DOCUP Toscana 2000-2006 – Prog. d’area Prov. di Firenze)*, eseguita nell’ottobre-novembre 2005 (n.4 sondaggi + DH + analisi di laboratorio);
- e) integrazione alla fase c) di campagna di indagini geotecniche per il *Programma di Valutazione della Vulnerabilità sismica degli edifici scolastici (Scuola Elementare a Galliano)*, eseguita nel dicembre 2005 e gennaio 2006 (n.1 sondaggio e n.1 prova penetrometrica);
- f) campagna di indagini geotecniche e geofisiche in foro per il *Programma di Valutazione della Vulnerabilità sismica degli edifici scolastici (Scuola Elementare “Lorenzo il Magnifico” a Cavallina)*, eseguita nel marzo 2006 (n.1 sondaggio + DH + analisi di laboratorio);
- g) campagna di indagini di sismica a rifrazione per il *Programma di Valutazione della Vulnerabilità sismica degli Edifici Strategici e rilevanti, Ordinanza n.3362 del 08/07/04 (Asilo Nido, Scuola Elementare “Mazzini”, Palazzo Comunale)*, eseguita nel luglio del 2006 (n.3 linee di sismica a rifrazione);
- h) campagna di indagini geotecniche e geofisiche in foro per il *Programma di Valutazione della Vulnerabilità sismica degli Edifici Strategici e rilevanti, Ordinanza n.3362 del 08/07/04 (Scuola Media “Lorenzo de’ Medici”)*, eseguita nel luglio del 2006 (n.1 sondaggio + DH + analisi di laboratorio);
- i) campagna di indagini geotecniche e geofisiche in foro per il *Programma di Valutazione della Vulnerabilità sismica degli Edifici Strategici e rilevanti, Ordinanza n.3362 del 08/07/04 (Asilo Nido, Scuola Elementare “Mazzini”, Palazzo Comunale)*, eseguita nel febbraio del 2007 (n.3 sondaggi + DH + analisi di laboratorio);
- j) campagna di indagini geotecniche e geofisiche in foro per il *Programma di Valutazione della Vulnerabilità sismica delle aree produttive (Programma DOCUP Toscana 2000-2006*

– Prog. d'area Prov. di Firenze), eseguita dal gennaio al marzo 2007 (n.6 sondaggi + DH + analisi di laboratorio);

**Tab. 2a** – Elenco delle linee sismiche realizzate

LOCALITA'	SIGLA	LUNGHEZZA	DATA ESECUZIONE	DATA CONSEGNA	IMPRESA	PROGRAMMA	SIGLA BANCA DATI
Capoluogo	ST1	120	set-05	24/10/2005	Geof. Tosc.	VEL	PSpsh1_VEL_ST1
Capoluogo	ST2	216	set-05	30/09/2005	Geof. Tosc.	VEL	PSpsh2_VEL_ST2
Cavallina	ST3	120	ago-05	12/10/2005	Geof. Tosc.	VEL	PSpsh3_VEL_ST3
Galliano	ST4	120	set-05	12/10/2005	Geof. Tosc.	VEL	PSpsh4_VEL_ST4
Barberino Sud	ST5	240	set-04	15/11/2004	Geoprove	DOCUP	PSpsh5_DOCUP_ST5
Barberino Sud	ST6	240	set-04	15/11/2004	Geoprove	DOCUP	PSpsh6_DOCUP_ST6
Barberino Sud	ST7	168	set-04	16/11/2004	Geoprove	DOCUP	PSpsh7_DOCUP_ST7
Galliano	ST9	240	set-04	16/11/2004	Geoprove	DOCUP	PSpsh9_DOCUP_ST9
Galliano	ST10	120	set-05	12/10/2005	Geof. Tosc.	VEL	PSpsh10_VEL_ST10
Capoluogo	ST11	120	ago-05	19/09/2005	Geof. Tosc.	VEL	PSpsh11_VEL_ST11
Capoluogo	ST12	120	18/07/2006	06/10/2006	Geof. Tosc.	VEL	PSpsh12_VEL_ST12
Capoluogo	ST13	240	lug-06	06/10/2006	Geof. Tosc.	VEL	PSpsh13_VEL_ST13
Capoluogo	ST14	96	17/07/2006	06/10/2006	Geof. Tosc.	VEL	PSpsh14_VEL_ST14

**Tab. 2b** – Elenco dei sondaggi e delle prove down-hole realizzate

LOCALITA'	SIGLA	PROF	D.L.	IMPRESA	DATA ESECUZIONE	DATA CONSEGNA	PROGRAMMA	SIGLA BANCA DATI	DATA ESECUZIONE DH	IMPRESA DH
Galliano	S1	72	Pini	Geotecnica Lav.	05/01/2006	15/03/2006	VEL	Sg1_VEL_S1	13/02/2006	Geofisica Tosc.
Barberino Sud	S2	70	Paoli	Methodo	05/10/2005	30/11/2005	DOCUP	Sg2_VEL_S2	nov-05	Methodo
Capoluogo	S3	15	Calderini	Geotecnica Lav.	12/12/2006	15/03/2007	VEL	Sg3_VEL_S3	gen-07	Geofisica Tosc.
Capoluogo	S4	30	Calderini	Geotecnica Lav.	07/12/2006	15/03/2007	VEL	Sg4_VEL_S4	gen-07	Geofisica Tosc.
Capoluogo	S5	20	Calderini	Geotecnica Lav.	14/12/2006	15/03/2007	VEL	Sg5_VEL_S5	gen-07	Geofisica Tosc.
Capoluogo	S6	60	Pini	Geotecnica Lav.	16/03/2006	06/07/2006	VEL	Sg6_VEL_S6	mag-06	Geofisica Tosc.
Capoluogo	S7	15	Pini	Geotecnica Lav.	28/07/2006	10/01/2007	VEL	Sg7_VEL_S7	05/10/2006	Geofisica Tosc.
Cavallina	S8	35	Pini	Geotecnica Lav.	24/03/2006	06/07/2006	VEL	Sg8_VEL_S8	mag-06	Geofisica Tosc.
Cavallina	S9	55	Paoli	Methodo	03/11/2005	30/11/2005	DOCUP	Sg9_DOCUP_S9	nov-05	Methodo
Cavallina	S10	32,5	Paoli	Methodo	12/10/2005	30/11/2005	DOCUP	Sg10_DOCUP_S10	02/12/2005	Geoprove
Galliano	S11	58	Paoli	Methodo	20/10/2005	30/11/2005	DOCUP	Sg11_DOCUP_S11	09/12/2005	Methodo
Barberino Sud	S12	72	Martelli	Methodo	22/02/2007	05/04/2007	DOCUP	Sg12_DOCUP_S12	mar-07	Methodo
Barberino Sud	S13	80	Vannini	Methodo	06/02/2007	12/03/2007	DOCUP	Sg13_DOCUP_S13	mar-07	Methodo
Cavallina	S14	30	Vannini	Methodo	12/03/2007	12/03/2007	DOCUP	Sg14_DOCUP_S14	mar-07	Methodo
Cavallina	S15	30	Vannini	Methodo	12/02/2007	05/04/2007	DOCUP	Sg15_DOCUP_S15	mar-07	Methodo
Galliano	S16	15	Vannini	Methodo	01/03/2007	12/03/2007	DOCUP	Sg16_DOCUP_S16	mar-07	Methodo
Barberino Sud	S17	40	Martelli	Methodo	27/02/2007	05/04/2007	DOCUP	Sg17_DOCUP_S17	mar-07	Methodo

**Tab. 2c** – Elenco delle prove penetrometriche realizzate

LOCALITA'	SIGLA	TIPOLOGIA DI PROVA	PROGRAMMA	SIGLA BANCA DATI	DITTA	DATA ESECUZIONE
Galliano	Pp1	DPSH	VEL	Pdp1_VEL_Pp1	Geognostica Fior.	29/12/2005

**Tab. 2d** – Elenco delle analisi di laboratorio statiche e dinamiche eseguite sui campioni indisturbati prelevati

CANTIERE	SONDAGGIO	CAMPIONE	Profondità (m)	DC	W	$\gamma_n$	$G_n$	GRauglio	GRcedim	LLP	EDO	CBS	DS/RS	UU	CU-C <sub>0</sub> U	CU-C <sub>0</sub> D	RC	TS	TX_Calce	VTL	TX_Locall	
GALLIANO (FD)	82	CH	11,20-11,90	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Totale prove:				1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	2	0	1	0	0	0	1	1

CANTIERE	Sondaggio	Campione	Profondità	Apertura	W	γ	ρ <sub>s</sub>	GR Vagliatura	GR Sedimentazione	LLP	RIC	EDO/ORS	DS/RS	CIU	CTD	RC	VTL	difica	LOCALI
BARBERINO	S4	SH1	5.50-5.80	1	1	1		1	1			1							
BARBERINO	S4	SH2	10.50-10.90	1	1	1	1		1	1		1		2		1	2		
BARBERINO	S5	SH1	7.50-8.0	1	1	1	1	1	1	1		1		2			2		
BARBERINO	S5	SH2	10.0-10.34	1	1	1	1	1	1	1		1				1	1		1
TOTALE PROVE				4	4	4	3	3	4	3	0	4	0	4	0	2	5	0	1

CANTIERE	SOND	CAMP	APERT	W	γ	ρ <sub>s</sub>	VAGLIO	SEDIAM	LL	EDO	CIU	RELAZIONE
Comune di Barberino Sc. Media e Palestra	S7	SH1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1

CANTIERE	SONDAGGIO	CAMPIONE	APERTURA	W	γ	ρ <sub>s</sub>	VAGLIO	SEDIAM	LLP	EDO/ORS	DS	UU	CIU/CKOU	CTD/CKDD	RC	TS	CICLICA	VTL	Tx_LOCALI
SCUOLA MAT. DON MILANI	S6	CI1	1	1	1	1	1	1	1	1									
SCUOLA MAT. DON MILANI	S6	CI2	1	1	1	1	1	1	1	1			2						
SCUOLA ELEM. CAVALLINA	S8	CI1	1	1	1	1	1	1	1	1			3					2	
SCUOLA ELEM. CAVALLINA	S8	CI2	1	1	1	1	1	1	1	1				1					
TOTALE			4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	5	0	1	0	0	2	0

1

CANTIERE	SONDAGGIO	CAMPIONE	Profondità (m)	DC	W	γ <sub>s</sub>	ρ <sub>s</sub>	GRVaglio	GRBocchim	LLP	EDO	CRS	DS/RS	UU	CIU-Cl <sub>0</sub> U	CTD-Cl <sub>0</sub> D	RC	TS	TX_Ciclica	VTL	TX_Locali
Cavallina	80	SH1	1.50-2.15	1	1	1	1	1	1	1	1						1				
Cavallina	80	SH2	6.00-6.50	1	1	1	1	1	1	1	1		2								
Cavallina	80	SH3	13.50-14.10	1	1	1	1	1	1	1	1				2			1		1	1
Cavallina	810	SH1	1.50-1.95	1	1	1	1	1	1	1	1		3								
Cavallina	810	SH2	6.00-6.20	1	1	1	1	1	1	1	1						1				
Totale prove				5	5	5	5	4	5	5	5	0	5	0	2	0	2	1	0	1	1

CANTIERE	Sondaggio	Complesse	Profondità	Apertura	W	γ	ρ <sub>s</sub>	GR_Vaglio	GR_Sedimentazione	LL/LP	RIC	EDC/CRS	DS/RS	CTU	CD	RC/TS	VTL	Celice	LOCALI
BARBERINO	S12	SH1	16.50-17.00	1	1	1	1		1	1				2					
BARBERINO	S13	SH1	16.50-17.10	1	1	1	1		1	1				3		1	3		
BARBERINO	S14	SH1	10.40-11.0	1	1	1	1	1	1	1		1		2		1	4		1
BARBERINO	S15	SH1	5.80-6.50	1	1	1	1	1	1	1		1		3		1	7		
BARBERINO	S17	SH1	3.00-3.55	1	1	1	1		1	1		1		2		1			
BARBERINO	S17	SH2	6.00-6.55	1	1	1	1		1	1		1		1		1			1
TOTALE PROVE				6	6	6	6	2	6	6	0	4	0	13	0	5	14	0	2

#### LEGENDA

DC	Apertura e descrizione complete
W	Centinato d'acqua
γ <sub>s</sub>	Peso di volume
γ <sub>s</sub>	Peso specifico dei grani
GR_Vaglio	Granulometria per vagliatura
GR_Sedim.	Granulometria per sedimentazione
LL/LP	Limiti liquidi e plastici
EDC	Edostrato ad incremento di carico (LL) e a velocità di deformazione costante (CBN)
CRS	Edostrato a velocità di deformazione costante (CBN)
DS/RS	Taglie dirette (DS) o taglio anulare (RS)
CTU	Triassiale non consolidata e rottura non drenata
CD-CRCD	Prva triassiale consolidata isotropicamente anisotrop. o rottura non drenata
CD-CRCD	Prva triassiale consolidata isotropicamente anisotrop. o rottura drenata
RC	Celice risonante
TS	Taglio torsionale celice
TX_CICLICA	Prva triassiale ciclica
VTL	Misura dei tempi delle velocità di propagazione delle onde di taglio V <sub>s</sub>
TX_LOCALI	Prva triassiale consolidata isotropicamente anisotrop. rottura drenata non drenata con

Tutte le indagini eseguite, come risulta dalle tabelle riepilogative sono state realizzate da imprese specializzate nel settore attraverso procedure di appalto pubblico coordinate dal Comune di Barberino di Mugello oppure dalla Regione Toscana; sono state successivamente validate da apposita Commissione di Collaudo costituita da rappresentanti della comunità scientifica nazionale sia per gli aspetti di natura geologico-stratigrafica, sia per gli aspetti di natura geofisica e geotecnica e sono disponibili in formato .pdf sul seguente sito web:

<http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/lr56/VEL/indagini/mugello/mugello/mugello.htm>

## 5.0. Definizione del modello geologico, geofisico e geotecnico di sottosuolo e definizione delle sezioni geologiche rappresentative

A seguito di tutte le indagini geologiche, geofisiche e geotecniche svolte nell'area di indagine del Comune di Barberino di Mugello, sono stati ricostruiti per ciascuna area dei modelli geologici, geofisici e geotecnici di sottosuolo; definendo altresì la/e sezione/i geologica/che rappresentativa/e dell'area (per l'ubicazione delle sezioni, vedi Fig. 19) e fornendo una parametrizzazione geofisica di riferimento. Naturalmente è opportuno sottolineare che tale parametrizzazione poiché deriva dalle indagini eseguite risulta indicativa e non deve quindi essere utilizzata a scala di progettazione. In alcune di queste aree il modello di sottosuolo ricostruito dovrà essere ulteriormente approfondito con ulteriori indagini finalizzate alla definizione di alcune problematiche che sono intervenute e che saranno meglio delineate di seguito.

Per quanto concerne il **centro abitato di Barberino di Mugello** sono state realizzate n.6 linee di sismica a rifrazione (ST1-2-11-12-13-14) e n.5 sondaggi (S3-4-5-6-7) con relative prove down-hole e analisi di laboratorio. Dalle indagini svolte opportunamente integrate tra loro e con l'ausilio dei

rilievi geologici eseguiti nell'area e dalle sezioni geologiche (Fig. 20-21-22-23-24-25) emerge la presenza di una copertura caratterizzata da **depositi fluviali del Bacino del Mugello (SIV3 e SIV2)**.

L'**Unità di Sagginale (SIV3)**, essendo l'unità più recente, è collocata a quote inferiori rispetto all'unità più antica (SIV2) e presenta uno spessore variabile da 2m ad un massimo di 6-7m con Vs variabile tra 200 e 315 m/sec. I valori medi di SPT si attestano attorno ai 29 colpi.

La soprastante **Unità di Luco di Mugello (SIV2)** ha spessori variabili tra 5m a 12m, velocità delle onde S comprese tra 300 e 425 m/s e valori di SPT compresi tra 7 e 69 colpi.

Entrambe le unità sono prevalentemente costituite da ghiaia e ciottoli, ghiaia sabbiosa e limosa da addensata a molto addensata con clasti di natura arenitica, siltitica e calcarenitica. Tali depositi poggiano in corrispondenza della porzione più a nord del centro abitato e in corrispondenza della porzione a sud direttamente sul substrato litoide, mentre nella porzione centrale si trovano al di sopra dei depositi fluvio-lacustri con i quali formano un bacino abbastanza profondo.

Infatti l'**Unità MGO1a1** (valori medi di SPT compresi tra 17 e 64 colpi), appartenente ai depositi fluvio-lacustri del Bacino del Mugello, si interpone, con notevoli spessori anche di 70-80 m., tra i superficiali depositi alluvionali e il sottostante *bedrock*. Le stese di sismica a rifrazione ST13 e ST1 individuano all'interno dei depositi fluvio-lacustri due sismostrati con diversi parametri geofisici: uno strato superiore, prevalentemente argilloso poco consistente (MGO1a1), con spessore da pochi metri fino a circa 40m e con Vs compresa tra 290 e 390m/sec ed uno strato inferiore (MGO1a1\_v), costituito da materiale argillo-siltoso più consistente con intercalazioni ghiaiose.

Il substrato roccioso è costituito dall'**Unità tettonica Acquerino** e più dettagliatamente dalla **Formazione dell'Acquerino** rappresentata dal **Membro pelitico (AQR3)** e dal **Membro pelitico-arenaceo (AQR2)**. Il primo affiora a NW del centro abitato e il secondo affiora a NE. Il passaggio stratigrafico tra i due membri avviene al di sotto dei depositi alluvionali e fluvio-lacustri ed essendo in questa area la successione diritta, l' AQR3 è al di sopra dell'AQR2. Spostandosi più a sud il substrato non affiora poiché aumenta la profondità del bacino di sedimentazione del fluvio-lacustre.

Allo scopo di caratterizzare la geologia e la tettonica dell'area sono state eseguite due sezioni geologiche che tengono presenti i dati scaturiti dalle indagini svolte, una in senso longitudinale alla valle (circa in direzione NS), l'altra trasversale (circa in direzione SW-NE). Osservando in particolar modo le sezioni A-A<sup>I</sup>, A<sup>II</sup>-A<sup>III</sup> (Fig. 20-21) si può notare la struttura del bacino ubicato al di sotto del centro abitato di Barberino. Esso è delimitato a nord da una soglia in roccia in corrispondenza degli affioramenti cartografati, per poi approfondirsi a sud fino a raggiungere uno spessore di circa 80 m. in corrispondenza del centro storico. Tale bacino è poi delimitato a sud da un probabile contatto tettonico (testimoniato dalla sezione derivata dalla stesa di sismica a rifrazione ST14 e dal sondaggio geognostico S5 presso il Palazzo Municipale) che crea uno "scalino" con risalita del substrato (AQR2) di circa 80m. Da notare anche che a sud di tale faglia presunta il *bedrock* è costituito sempre da AQR2 ma con giacitura rovescia, come si vedrà successivamente analizzando la zona industriale di Barberino Sud.

L'**area produttiva di Barberino Sud** presenta una situazione geologica (vedi Fig. 20, 21, 22, 23 e 24) e strutturale molto simile a quella esaminata in precedenza. In questa zona sono state eseguite 3 stese di sismica a rifrazione (ST5-6-7) e 4 sondaggi geognostici con relative prove down-hole e analisi di laboratorio (S2, S12, S13, S17) che, unite al rilevamento geologico e geomorfologico effettuato dall'Università di Firenze, hanno permesso di fare delle ipotesi sull'andamento del substrato. La zona industriale si sviluppa in prevalenza nelle due aree pianeggianti (una immediatamente a sud del centro abitato, l'altra a sud-est) separate da un piccolo rilievo sormontato dall'abitato di Cantalupo. In entrambi i casi nella pianura affiorano i **depositi fluviali del Bacino del Mugello (SIV3 e SIV2)**.

L'**Unità di Sagginale (SIV3)** è definita da velocità delle onde S comprese tra 240 e 300m/s, mentre l'**Unità di Luco di Mugello (SIV2)** possiede Vs variabili tra 200 e 315m/s. I depositi alluvionali si trovano al di sopra dei depositi fluvio-lacustri dell'**Unità MGO1a1** (Vs comprese tra

275 e 500m/s) che a loro volta poggiano direttamente sul substrato costituito dal **Membro arenaceo-pelitico (AQR1)** e dal **Membro pelitico-arenaceo (AQR2) della Formazione Acquerino (Unità tettonica Acquerino)**. L'AQR1 ha velocità delle onde S di circa 915m/s e l'AQR2 Vs comprese tra 930 e 1.300m/s e di conseguenza presentano caratteristiche tipiche di un *bedrock* sismico.

Dall'analisi delle carte rilevate e dalle sezioni geologiche A-A<sup>I</sup>, A<sup>II</sup>-A<sup>III</sup>, B-B<sup>I</sup>, C-C<sup>I</sup> e D-D<sup>I</sup> (Fig. 20-21-22-23 e 24) si ricavano ipotesi relative all'andamento del substrato roccioso. Come detto in precedenza, in corrispondenza del centro storico di Barberino è presente un contatto tettonico con direzione NE-SW e immergente verso nord che porta la Formazione dell'Acquerino da una profondità di circa 80m ad una di circa 11m (come testimoniato dal sondaggio S5 presso il Municipio). Spostandosi verso sud, quindi verso l'area produttiva e verso l'invaso del Bilancino, si osserva un ulteriore approfondimento del bacino di sedimentazione fluvio-lacustre fino a spessori superiori agli 80m (presumibilmente intorno ai 100m), come suggerito dal sondaggio S13 (con profondità del fondo foro di 80m) presso la località Casalunga che non individua il *bedrock* sottostante.

La parte dell'area industriale posta a SE del Capoluogo presenta un approfondimento del bacino muovendosi verso SE come è visibile osservando la stesa di sismica a rifrazione ST7 e il sondaggio S2 che trova l'Unità dell'Acquerino ad una profondità di 60m.

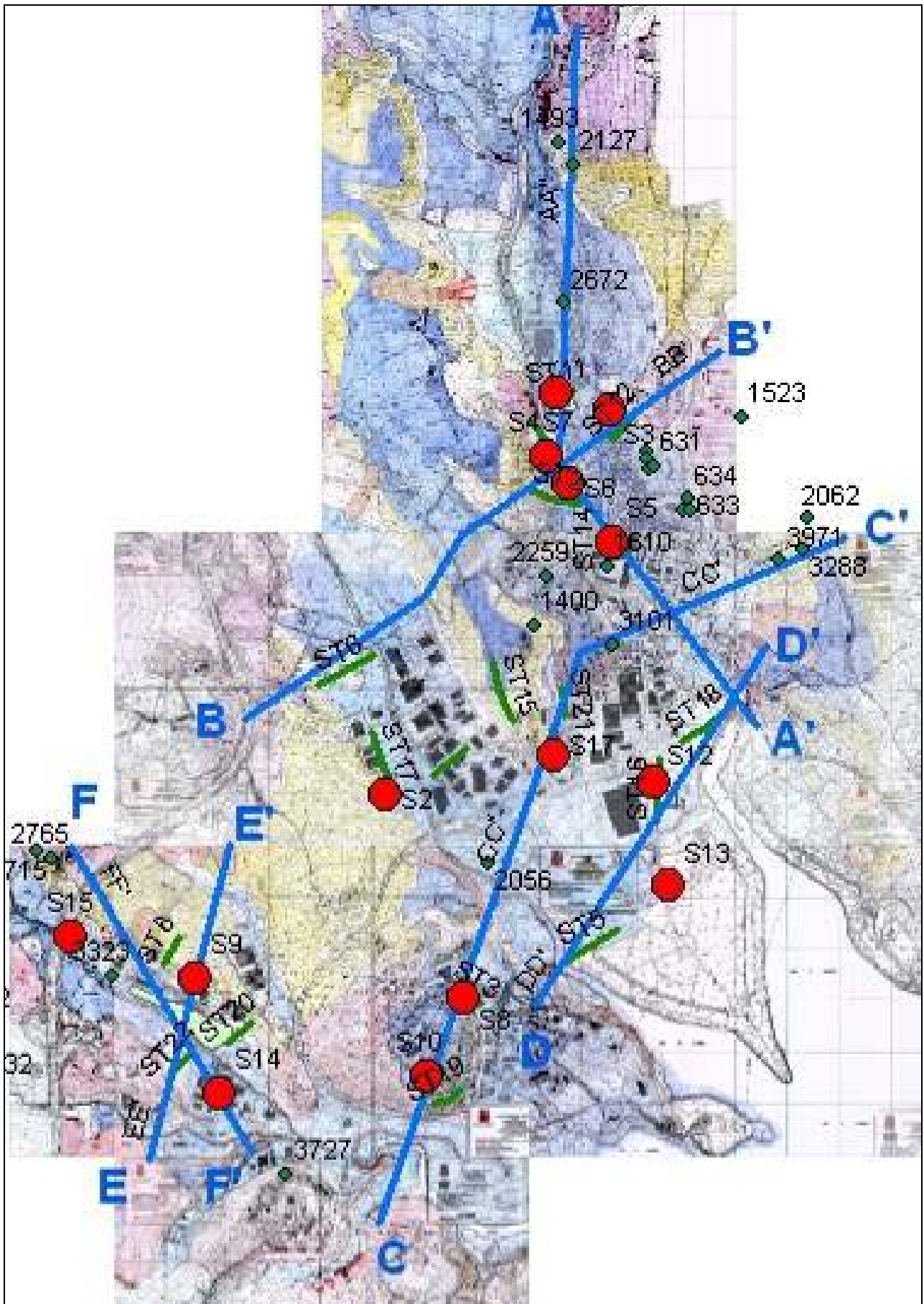


Fig. 19 – Ubicazioni sezioni geologiche realizzate per la modellazione.

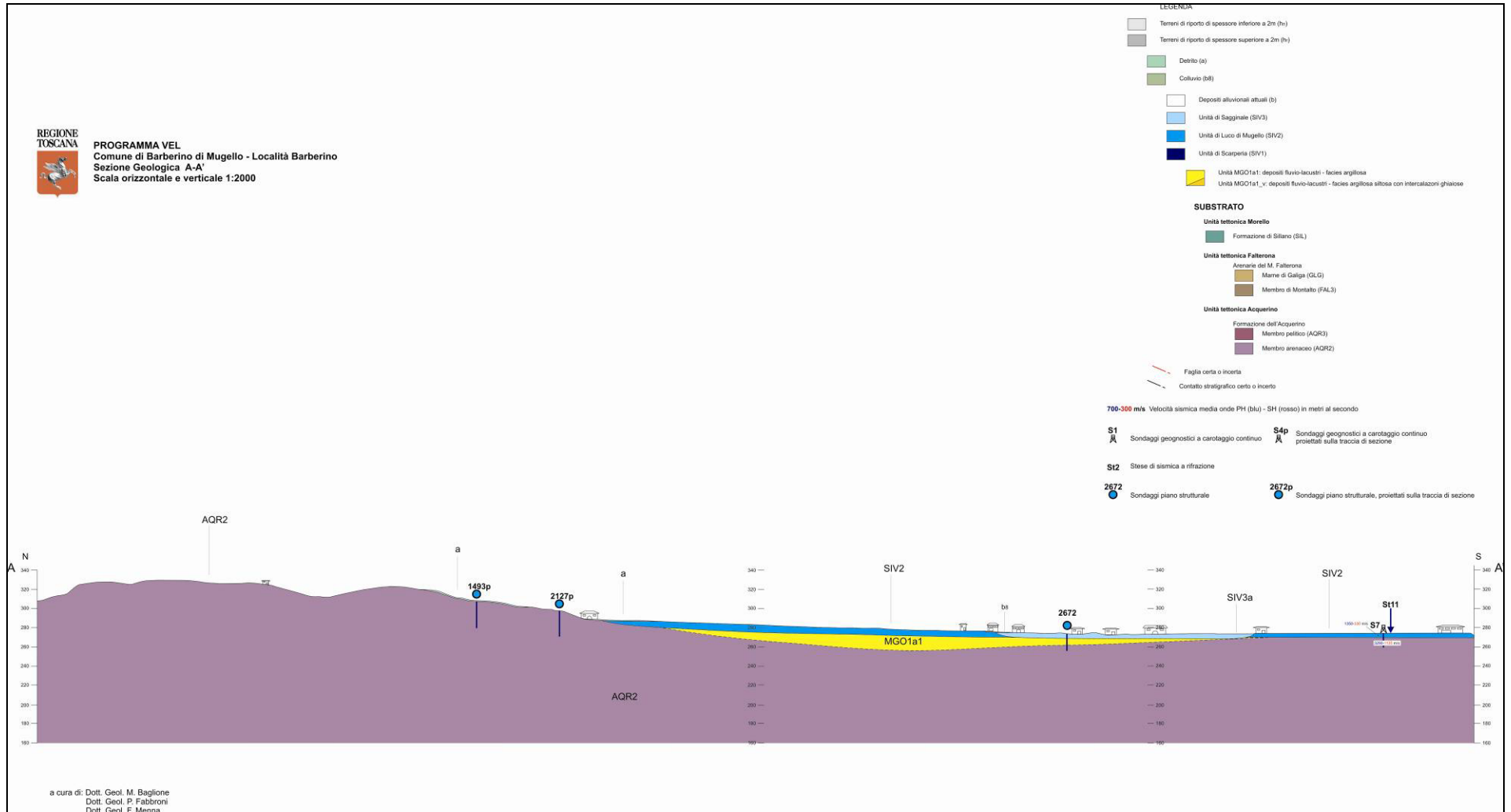
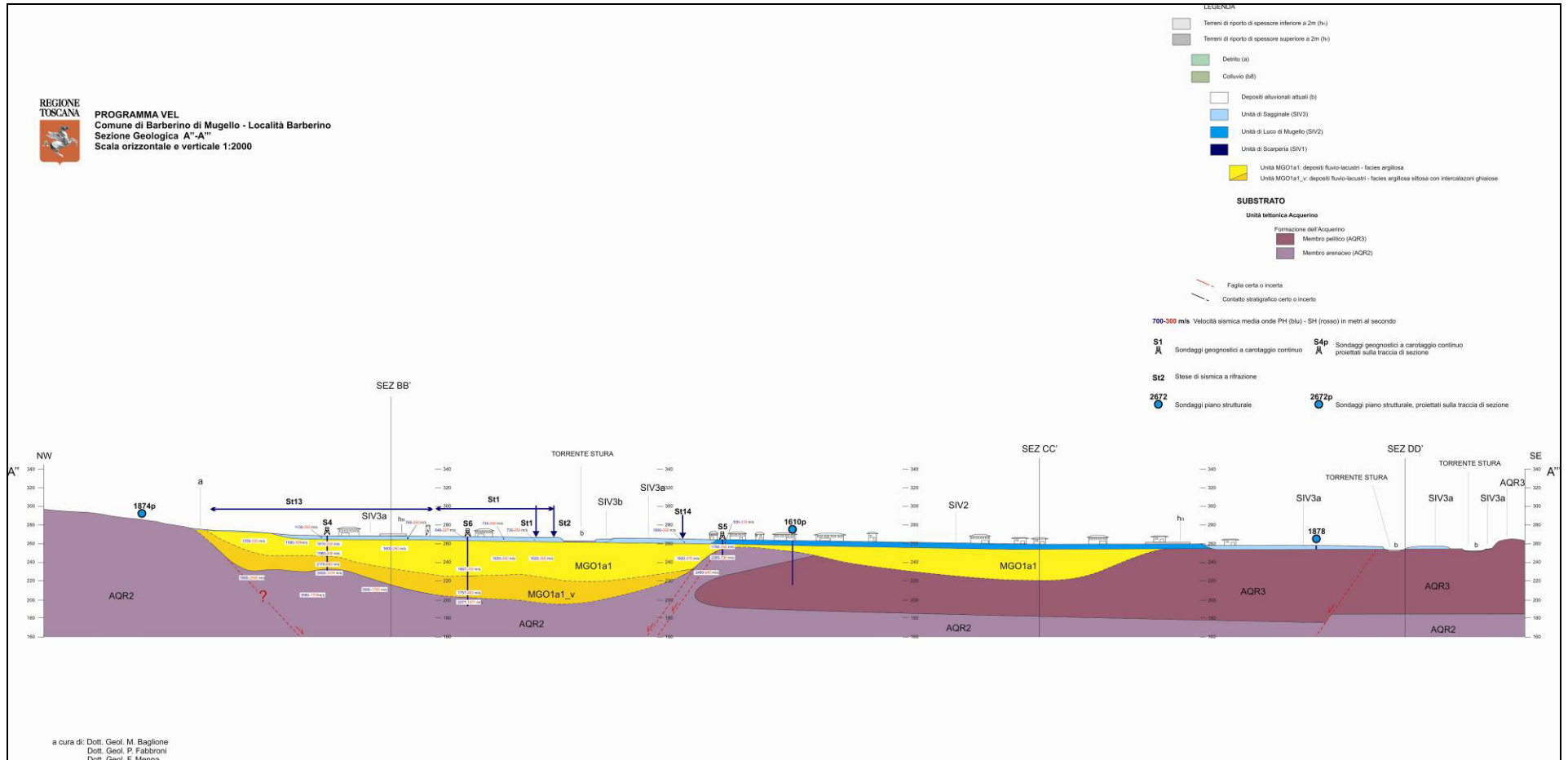


Fig. 20 – Sezione geologica AA'





**Fig. 21 – Sezione geologica A''- A'''**

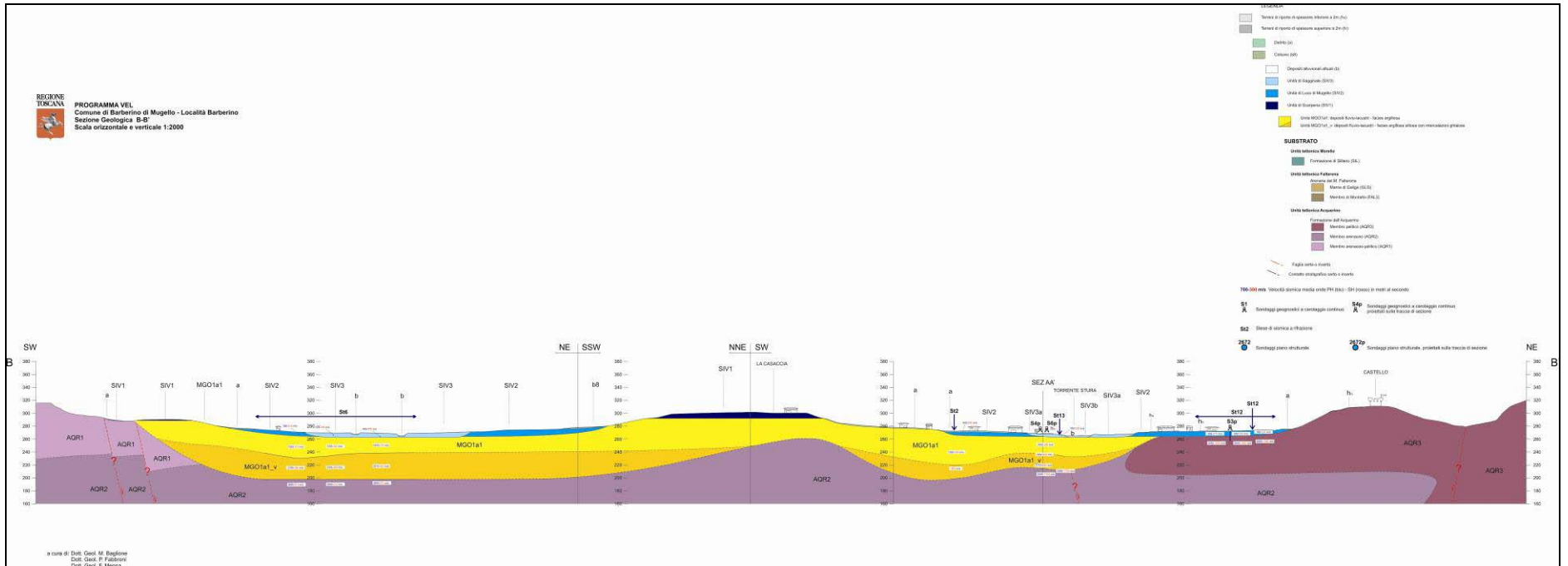


Fig. 22 – Sezione geologica BB'

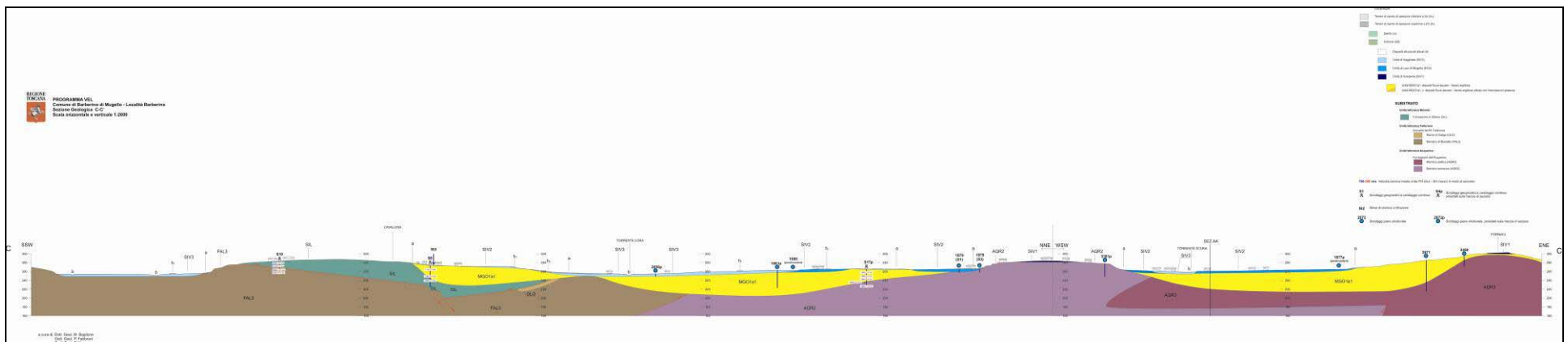
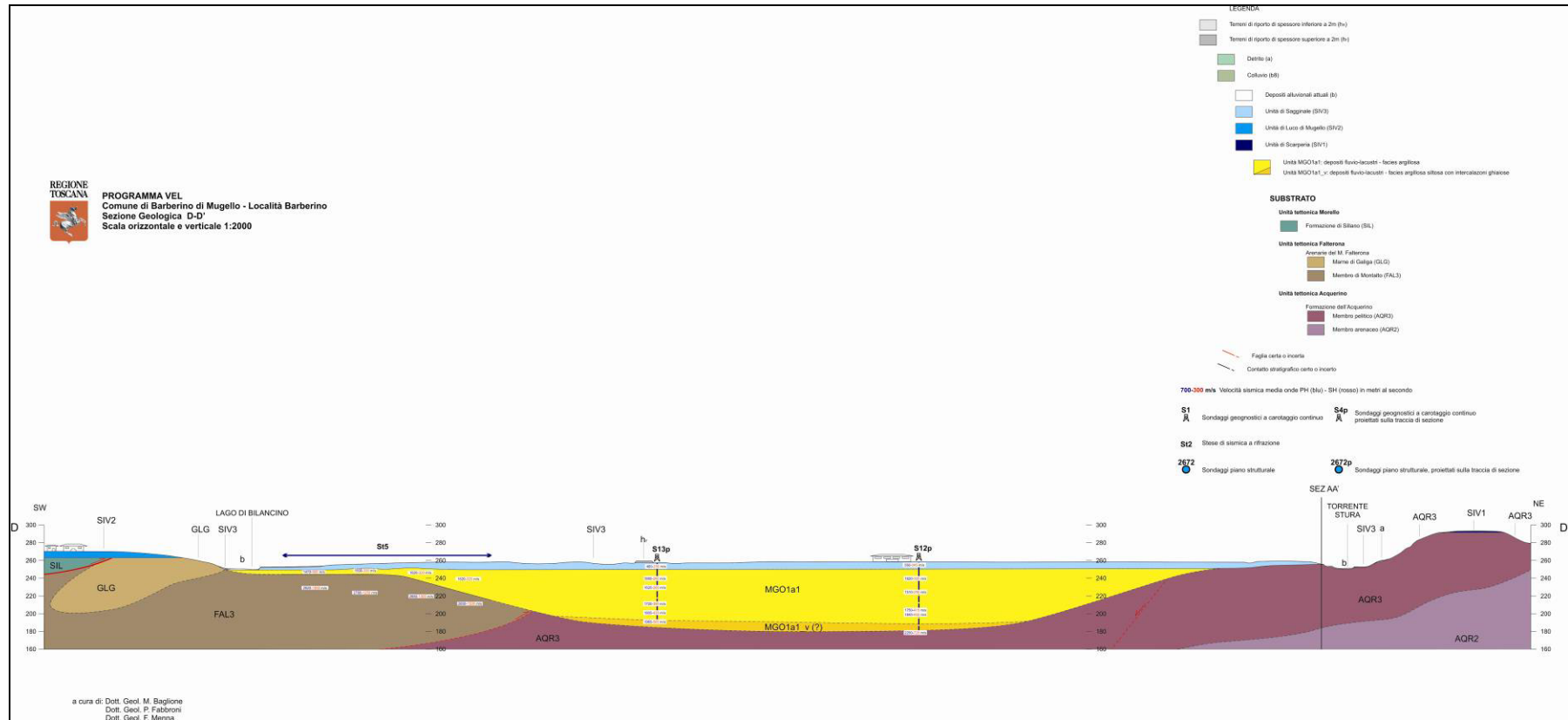
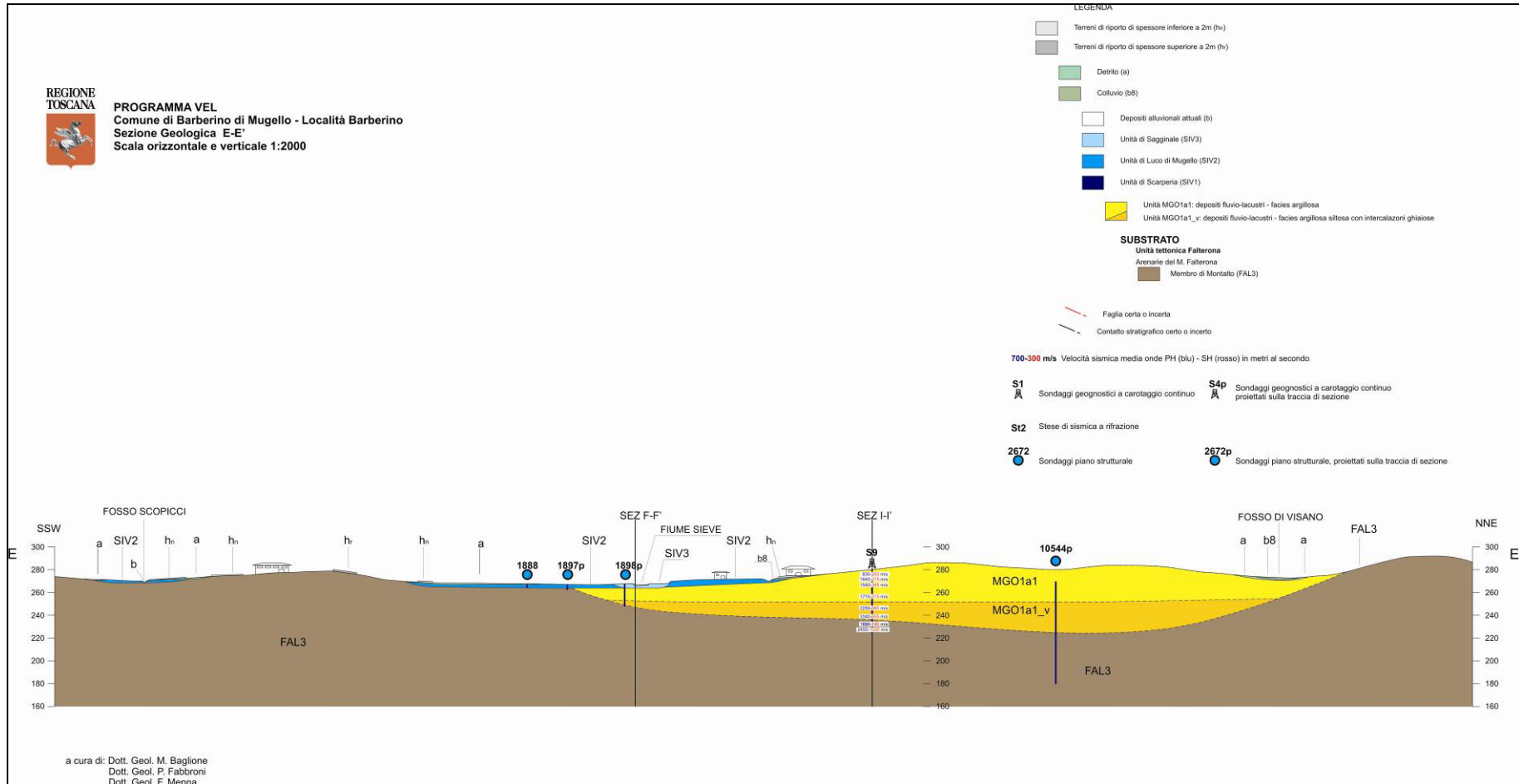


Fig. 23 – Sezione geologica CC'

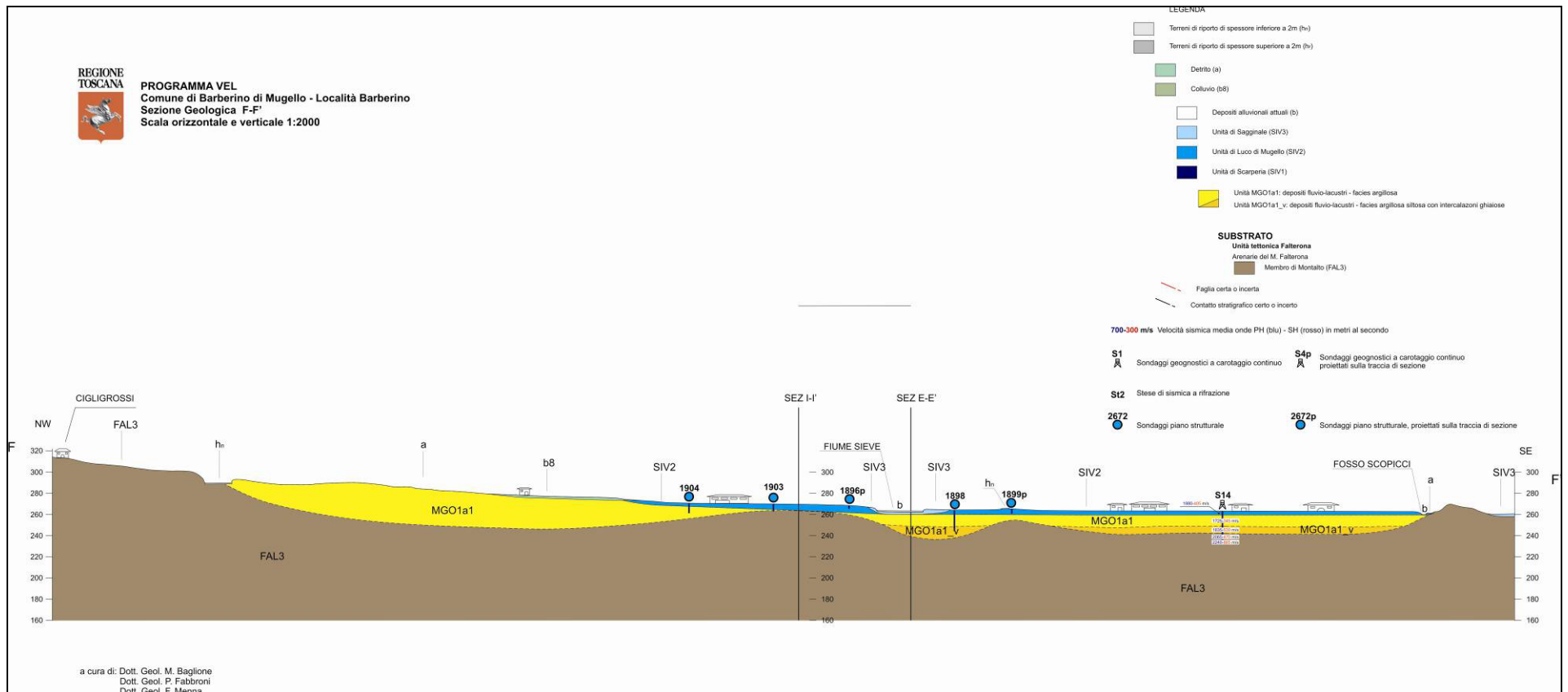


**Fig. 24** – Sezione geologica DD'





**Fig. 25 – Sezione geologica EE'**



**Fig. 26 – Sezione geologica FF'**

Per quanto riguarda l'area di **Cavallina** (vedi sezioni geologiche CC' in Fig. 23, DD' in Fig. 24, EE' in Fig. 25 e FF' in Fig. 26) a Sud del Capoluogo all'interno di essa sono state realizzate le seguenti indagini: n.1 stesa di sismica a rifrazione (ST3) e n.5 sondaggi a carotaggio continuo (S8, S9, S10, S14, S15) con relative prove down-hole e analisi di laboratorio. La zona di Cavallina comprende il centro abitato e l'area industriale ad ovest ubicata tra il paese e il tracciato dell'autostrada Firenze-Bologna. Nell'area emerge la presenza di una copertura caratterizzata da depositi **colluviali di versante (b8)** che raccordano i dolci pendii costituiti da depositi fluvio-lacustri con il fondovalle a nord dell'area industriale, mentre presso il centro abitato di Cavallina prevalgono accumuli di **detrito di versante (a)** sempre alla base o all'interno di impluvi di rilievi costituiti da roccia affiorante.

Le aree di fondovalle che comprendono buona parte degli edifici di Cavallina e quasi la totalità della zona produttiva sono costituite da **depositi fluviali del Bacino del Mugello (SIV3, SIV2 e SIV1)** presenti con spessori da pochi metri fino ad un massimo di 5-6m. L'**Unità di Scarperia (SIV1)**, con valori di SPT attorno ai 12 colpi) è presente in corrispondenza dell'altro topografico costituito dal rilievo ad Est di Cavallina. Le pianure alluvionali presenti nella parte ad est di Cavallina e lungo il Fiume Sieve più a Ovest sono costituite dall'**Unità di Luco di Mugello (SIV2)**, valori di SPT compresi tra 4 e 38 colpi) o nelle porzioni a quote leggermente più elevate e dall'**Unità di Sagginale (SIV3)** a quote inferiori e quindi in prossimità dei corsi d'acqua. Mediante indagini di sismica a rifrazione e prove down-hole è stato possibile definire una velocità delle onde S compresa tra 160 e 260m/s. In corrispondenza del rilievo presente a Cavallina affiora il substrato facente parte dell'**Unità tettonica Falterona** come **Membro di Montalto – Formazione del Falterona (FAL3)** e dell'**Unità Tettonica Morello** come **Formazione di Sillano (SIL)**. La Formazione di Sillano è delimitata da due contatti tettonici: da un sovrascorrimento con vergenza appenninica a Nord (e sepolto in carta dalle alluvioni) e da una faglia diretta con direzione NW-SE immergente verso nord. In base alle down-hole eseguite nei sondaggi S8 e S10 ed in base alla stesa sismica ST3 si ricava che la Formazione di Sillano presenta variazioni di Vs comprese tra 400m/s (nel caso di Sillano alterato) e 850m/s. I valori riguardanti le Vs del Membro di Montalto sono stati ricavati dalle down-hole acquisite nei sondaggi S10 e S14 fornendo valori compresi tra un minimo di 470m/s in presenza di arenarie al tetto fratturate e alterate per erosione sul fondo del bacino (vedi sondaggio S14) ed un massimo di 1.570m/s.

A NE di Cavallina lungo un debole pendio in prossimità del Lago di Bilancino sono presenti affioramenti delle **Marne di Galiga (GLG)** sempre appartenenti alle **Arenarie del Falterona (Unità Tettonica del Falterona)**.

Il **Membro di Montalto (FAL3)** affiora anche lungo il versante meridionale che delimita il fondovalle sul quale si imposta l'area industriale di Cavallina. Il rilievo settentrionale invece presenta vasti affioramenti dell'**Unità MGO1a1** facente parte dei depositi fluvio-lacustri del Bacino del Mugello. Anche in questo caso tali depositi presenti all'interno dei bacini si interpongono tra il sottostante *bedrock* roccioso e i soprastanti depositi alluvionali. Il sondaggio S8 a Nord di Cavallina rileva uno spessore di circa 30m di depositi fluvio-lacustri, spessore che, ovviamente, tende ad aumentare spostandosi verso ad Est laddove è presente l'invaso del Bilancino. I sondaggi presenti nella zona industriale rilevano uno spessore più o meno costante di 18-20m con Vs variabile tra 260 e 820m/s. I valori medi di SPT variano da 17 colpi a un massimo di 60 colpi. Interessante osservare come talvolta anche porzioni di depositi fluvio-lacustre molto consistenti possano rappresentare un *bedrock* dal punto di vista geofisico con valori di Vs maggiori di 800m/s.

Relativamente alla Località di **Galliano** (vedi sezioni geologiche GG' e HH' in fig. 27 e fig. 28), ubicata tra Barberino di Mugello e Scarperia a NE del Capoluogo, sono state effettuate n.3 stese di sismica a rifrazione (ST4-9-10), n.3 sondaggi geognostici con relative prove down-hole e analisi di laboratorio (S1, S11, S15) e n.1 prova penetrometrica dinamica (Pp1).

Dalle indagini svolte opportunamente integrate tra loro e con l'ausilio dei rilievi geologici eseguiti nell'area si conferma una situazione geologica e stratigrafica analoga a quanto visto presso



Barberino e Cavallina. L'abitato di Galliano, infatti, è collocato su un fondovalle compreso tra due versanti collinari costituiti da depositi-fluviolacustri e sormontati da depositi alluvionali facenti parte dell'**Unità di Scarperia (SIV1)**. La maggior parte del centro abitato è disposto nel fondovalle attraversato dal Torrente Tavaiano e costituito da **depositi fluviali del Bacino del Mugello (SIV3 e SIV2)**. Tali depositi fluviali sono caratterizzati da valori di Vs compresi tra 260 e 350 m/se da valori medi di SPT compresi tra 7 e 35 colpi.

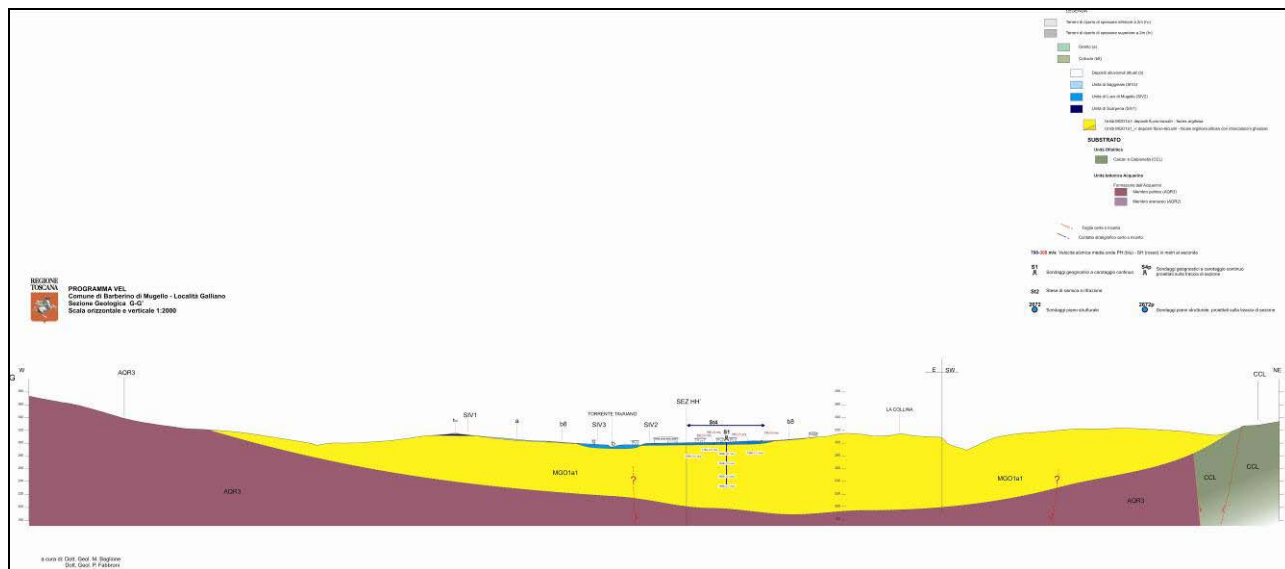
Tra le coperture nell'area in esame sono presenti anche i depositi **colluviali di versante (b8)** con Vs di circa 300m/s che raccordano i pendii con il fondovalle.

Come detto in precedenza sotto le coperture si trovano i depositi fluvio-lacustri come **Unità MGO1a1** con Vs variabili tra 380 e 700m/s.

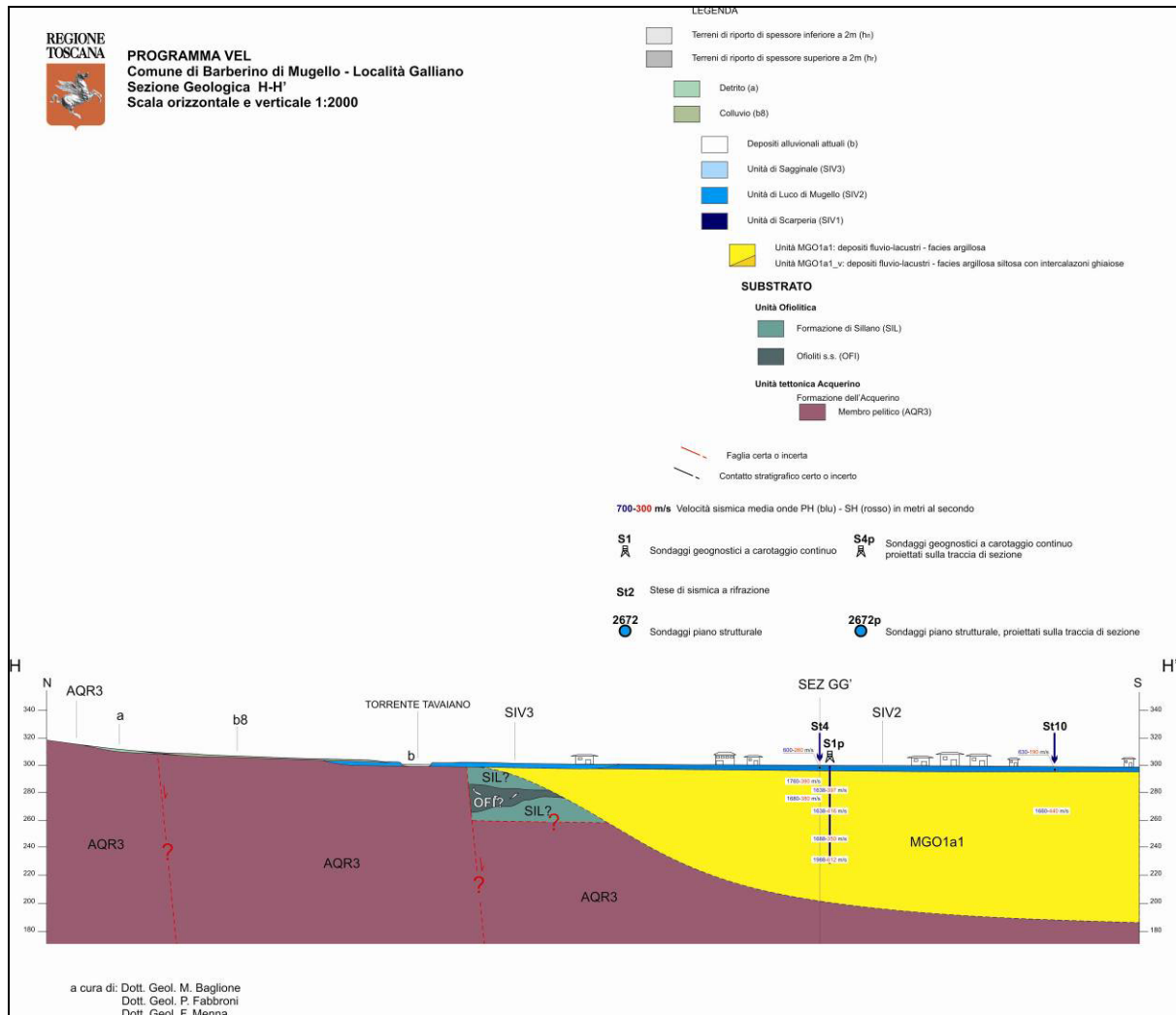
Dalle stese di sismica a rifrazione acquisite si osserva come lo spessore dei depositi fluviolacustri diminuisca spostandosi da Est verso Ovest: il substrato, infatti, non è visibile dalle due stese di sismica ST4 e ST10, mentre compare ad una profondità variabile dai 50 ai 25 metri lungo la ST9 ad Ovest del Torrente. Questo dato è confortato anche dal sondaggio S1 (in prossimità dell'ST4) che pur arrivando ad una profondità di 72 m non raggiunge il più profondo substrato roccioso.

Il *bedrock* è costituito dall' **Unità tettonica Acquerino**, con affioramenti del **Membro pelitico (AQR3)** lungo il Torrente Tavaiano a Nord di Galliano ed affioramenti del **Membro pelitico-arenaceo (AQR2)** più a SE. E' stato possibile ricavare velocità medie delle onde S dell'AQR2 comprese tra 1.210 e 1.360m/s.

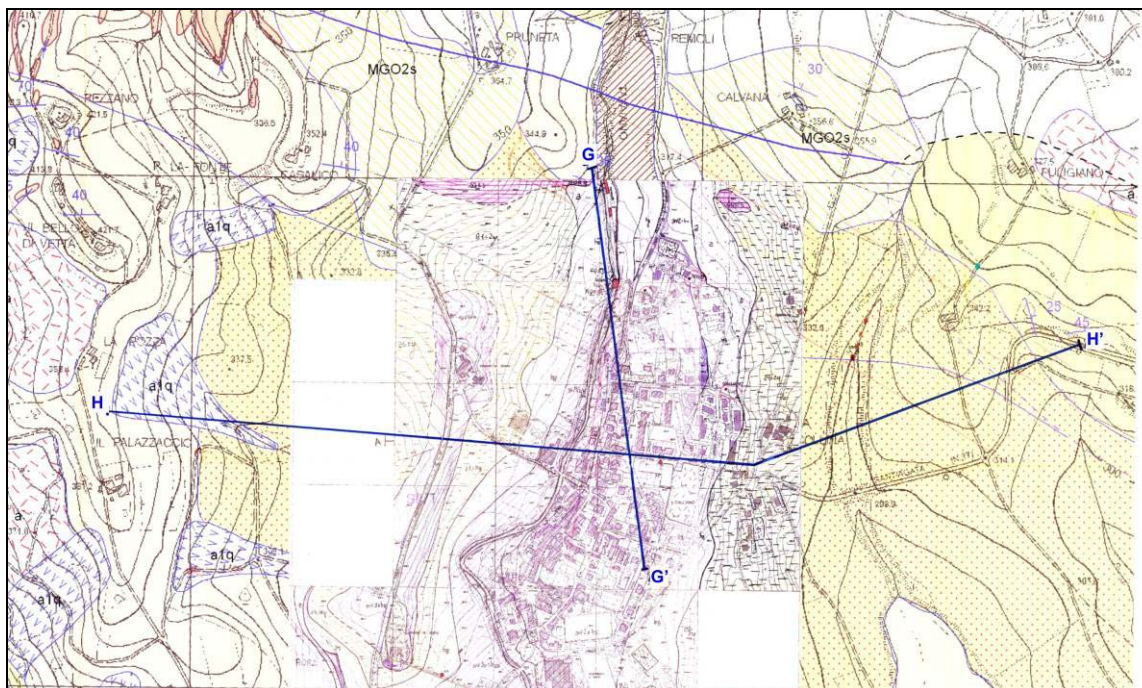
Osservando le due sezioni geologiche eseguite (la sez. G-G<sup>1</sup> e la sez. H-H<sup>1</sup>), la cui ubicazione è riportata in fig.29, è possibile ricavare informazioni sull'andamento del substrato. Lungo la sezione GG' si può quindi osservare come sia presente un aumento della profondità spostandosi da NE verso il centro abitato e come ci sia una risalita di esso muovendosi successivamente verso ovest.



**Fig. 27 - Sezione geologica GG<sup>1</sup> presso Galliano.**



**Fig. 28 - Sezione geologica HH<sup>1</sup> presso Galliano.**



**Fig. 29** – Ubicazione Sezioni geologiche di sottosuolo GG<sup>1</sup> e HH<sup>1</sup>.

Al modello geologico di sottosuolo definito sulla base dei rilievi geologici realizzati e delle indagini geognostiche e rappresentato sulla base delle n. 9 sezioni geologiche rappresentative, è stata associata una parametrizzazione geofisica media suddivisa per le varie formazioni geologiche e distinta nelle fig. 30 e 31 tra i parametri desunti dalle indagini geofisiche di superficie da quelli ricavati dalle indagini geofisiche in foro. Questi parametri sono stati usati per le analisi di modellazione bidimensionali.

E' importante precisare che tali parametri sono valori mediati tra tutti quelli disponibili all'interno del Comune. Nelle sezioni geologiche rappresentative i valori geofisici riportati sono invece desunti dalle prove geofisiche eseguite in corrispondenza delle verticali stesse.

Velocità Medie <sup>(1)</sup> per le varie formazioni geologiche				
litologia	formazione	sigla	Vp	Vs
Depositi alluvionali costituiti da ciottolami, sabbie ed argille con spessori variabili da pochi metri fino a 8-10m	Unità di Sagginale	SIV3	765	310
Depositi alluvionali costituiti da ciottolami, sabbie ed argille con spessori di circa 5m	Unità di Luco di Mugello	SIV2	1080	330
Depositi alluvionali costituiti da ciottolami, sabbie ed argille con spessori fino ad un massimo di circa 15m	Unità di Scarperia	SIV1	1370	280
Depositi fluvio-lacustri costituiti da argille e argille limose poco consistenti con spessore anche fino a 100-200m	Depositi fluvio-lacustri	MGO1a1	1600	285
Depositi fluvio-lacustri costituiti da argille e argille siltose da mediamente a molto consistenti con intercalazioni di ghiaie	Depositi fluvio-lacustri basali	MGO1a1_v	1815	470
Argilliti e siltiti prevalenti intercalati con calcari e calcari marnosi	Formazione di Sillano	SIL	2300	645
Marne siltose e argillose	Marne di Galiga	GLG	non ci sono DH	
Arenarie, mame, argilliti e siltiti	Arenarie del Falterona - Membro di Montalto	FAL3	2500	1120
Siltiti mamose, marne siltose e marne	Formazione dell'Aquerino - Membro Pelitico	AQR3	2290	880
Alternanze pelitico-arenacee	Formazione dell'Aquerino - Membro Pelitico-Arenaceo	AQR2	2600	1090
		AQR2 (Galliano)	2610	1140
Alternanze arenacee-pelitiche	Formazione dell'Aquerino - Membro Arenaceo-Pelitico	AQR1		

<sup>(1)</sup>le velocità sono riprese dai DH

**Fig. 30** – Velocità geofisiche medie delle diverse formazioni geologiche, desunte dalle prove down-hole eseguite

Velocità Medie <sup>(1)</sup> per le varie formazioni geologiche				
litologia	formazione	sigla	Vp	Vs
Depositi alluvionali costituiti da ciottolami, sabbie ed argille con spessori variabili da pochi metri fino a 8-10m	Unità di Sagginale	SV3	790	310
Depositi alluvionali costituiti da ciottolami, sabbie ed argille con spessori di circa 5m	Unità di Luco di Mugello	SV2	770	295
Depositi alluvionali costituiti da ciottolami, sabbie ed argille con spessori fino ad un massimo di circa 15m	Unità di Scarperia	SV1	1370	280
Depositi fluvio-lacustri costituiti da argille e argille limose poco consistenti con spessore anche fino a 100-200m	Depositi fluvio-lacustri	MGO1a1	1640	350
Depositi fluvio-lacustri costituiti da argille e argille siltose da mediamente a molto consistenti con intercalazioni di ghiaie	Depositi fluvio-lacustri basali	MGO1a1_v	1920	715
Argilliti e siltiti prevalenti intercalati con calcari e calcari marnosi	Formazione di Sillano	SIL	2140	850
Marne siltose e argillose	Marne di Galiga	GLG	2800	1125
Arenarie, mame, argilliti e siltiti	Arenarie del Falterona - Membro di Montalto	FAL3	non ci sono stese che intercettano il FAL3	
Siltiti mamose, marne siltose e marne	Formazione dell'Aquerino - Membro Pelitico	AQR3	3120	1493
Alternanze pelitico-arenacee	Formazione dell'Aquerino - Membro Pelitico-Arenaceo	AQR2	3090	1290
		AQR2 (Galliano)	2905	1280
Alternanze arenacee-pelitiche	Formazione dell'Aquerino - Membro Arenaceo-Pelitico	AQR1		

<sup>(1)</sup>le velocità sono riprese dalle stese sismiche

**Fig. 31** – Velocità geofisiche medie delle diverse formazioni geologiche, desunte dalle stese di sismica a rifrazione realizzate



## 6.0. Realizzazione di una banca dati geografica

I dati acquisiti con il rilevamento geologico e con le indagini geofisiche e geotecniche in sito e di laboratorio vengono 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 diversi metodi.

La banca dati si sviluppa secondo due filoni strettamente dipendenti:

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

Per strutturare la banca dati è stato preso come riferimento lo standard del Servizio Geologico Nazionale per il progetto CARG, Quaderni n. 4 e 6 (SGN, 1994, 1997). 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). L'acquisizione viene fatta con ArcView per gli elementi lineari e puntuali comprese le etichette dei poligoni, la correzione geometrica e la creazione delle topologie puntuali, lineari e poligonali viene effettuata con ArcInfo.

La banca dati geotecnica e geofisica è stata organizzata in due DBMS 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 .....). La banca dati è stata strutturata in modo da permettere l'estrazione e l'utilizzo delle informazioni inserite per l'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.

Dall'insieme dei dati immagazzinati potranno essere redatti ulteriori elaborati per la definizione della risposta sismica locale quali: la cartografia delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica a partire dagli elaborati di base e la cartografia dell'andamento delle isopache e delle isobate del substrato (vedi Fig. 34 e 35). La banca dati consente inoltre di estrapolare i parametri di amplificazione ad aree limitrofe a quelle specificatamente analizzate utilizzando sezioni geologiche ricavate in automatico adottando modelli digitali in 3D.

Tutte le indagini geognostiche eseguite nel Comune di Barberino di Mugello, sono disponibili in formato .pdf sul seguente sito web:

[http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/lr56/VEL/indagini/mugello/barberino\\_di\\_mugello/barberino\\_di\\_mugello.htm](http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/lr56/VEL/indagini/mugello/barberino_di_mugello/barberino_di_mugello.htm)

dove è possibile scaricare gratuitamente le cartografie geologiche e geomorfologiche in scala 1:10.000 e 1:2.000 in formato raster georeferenziato (.ecw); le stese sismiche a rifrazione con onde P e SH (sia le sezioni sismostratigrafiche originali della ditta, sia quelle reinterperate, sia le sezioni litostratigrafiche), i log-stratigrafici dei sondaggi geotecnici e i diagrammi delle dromocrone delle

prove down-hole eseguite e i certificati delle prove statiche e dinamiche di laboratorio sui campioni indisturbati prelevati.

Tutti i dati geofisici ricavati dalle indagini geofisiche a rifrazione e geofisiche in foro di tipo down-hole sono stati diagrammati attraverso una serie di grafici al fine di verificarne la loro variabilità in relazione ai litotipi di riferimento.

I parametri elasto-dinamici presi in considerazione sono  $V_p$ ,  $V_s$  e rapporto  $V_p/V_s$ .

A titolo esemplificativo si riporta in Fig. 32 e Fig. 33 la distribuzione per litotipi delle velocità delle onde di taglio in funzione delle velocità delle onde compressionali. In Fig. 32 è riportata la distribuzione delle velocità ricavate dalle indagini di sismica a rifrazione, in Fig. 33 le velocità ricavate dalle down-hole.

Da un primo confronto si nota che i due diagrammi presentano una distribuzione dei punti simile con valori di  $V_p$  e di  $V_{sh}$  bassi per i depositi alluvionali, intermedi per i depositi fluvio-lacustri e valori maggiori relativamente al substrato roccioso. I valori medi delle velocità ricavate dalle indagini di sismica a rifrazione risultano lievemente maggiori rispetto ai valori di velocità derivanti dalle down-hole. Ciò si spiega col fatto che la sismica a rifrazione fornisce dei valori di velocità mediati, risentendo quindi di variazioni litologiche e sedimentologiche, che frequentemente risultano maggiori dei valori puntuali di velocità forniti dalla down-hole.

Osservando con un maggiore dettaglio la distribuzione delle velocità ricavate dalla rifrazione in onde P e SH (Fig. 32) si nota come esista una separazione piuttosto netta tra i valori appartenenti ai depositi alluvionali (SIV1 e SIV2 con  $V_p$  generalmente comprese tra 500 e 1.000 m/s e  $V_{sh}$  comprese tra 200 e 400 m/s) e i valori ricavati dai depositi fluvio-lacustri (MGO1-a1, con  $V_p$  comprese tra 1.300 e 2.100 m/s e  $V_{sh}$  tra 200 e 1.000 m/s). Inoltre si nota come la distribuzione delle  $V_{sh}$  dei depositi alluvionali presenti una bassa variabilità, mentre le  $V_{sh}$  dei depositi fluvio-lacustri sono caratterizzati da un'alta variabilità legata quindi alle diverse caratteristiche granulometriche dei depositi che possiedono due principali facies: argillosa-siltosa poco consistente e argilloso-limosa più consistente con intercalazioni ghiaiose. Da notare, inoltre, come in alcuni casi i valori di  $V_{sh}$  dei depositi fluvio-lacustri, presenti anche a profondità di varie decine di metri, siano maggiori di 800 m/s con velocità quindi caratteristiche di un *bedrock* sismico.

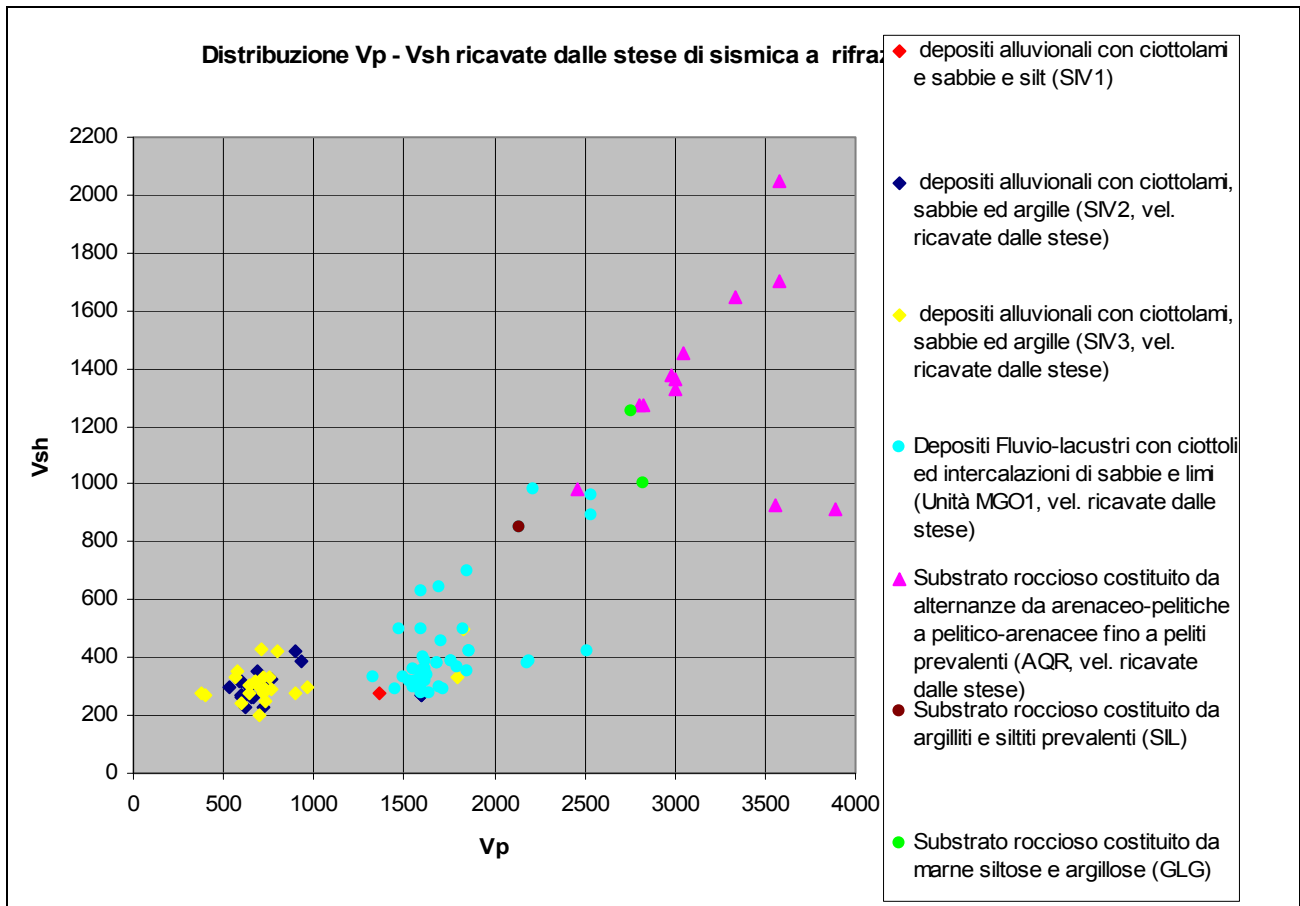
Il substrato roccioso è prevalentemente costituito dai tre membri della Formazione dell'Acquerino (AQR) con litologie da pelitiche ad arenaceo-pelitiche e ciò si rispecchia sulla distribuzione molto variabile delle  $V_{sh}$ . Inoltre è presente anche il substrato roccioso costituito dal Membro di Montalto (FAL3) delle Arenarie del Falterona.

Per quanto riguarda gli altri due substrati rocciosi (Marne di Galiga e Formazione di Sillano) scarsamenti presenti nell'area, essi possono essere definiti come *bedrock* (benché il valore relativo al Sillano risulti un po' al limite della soglia di *bedrock* sismico).

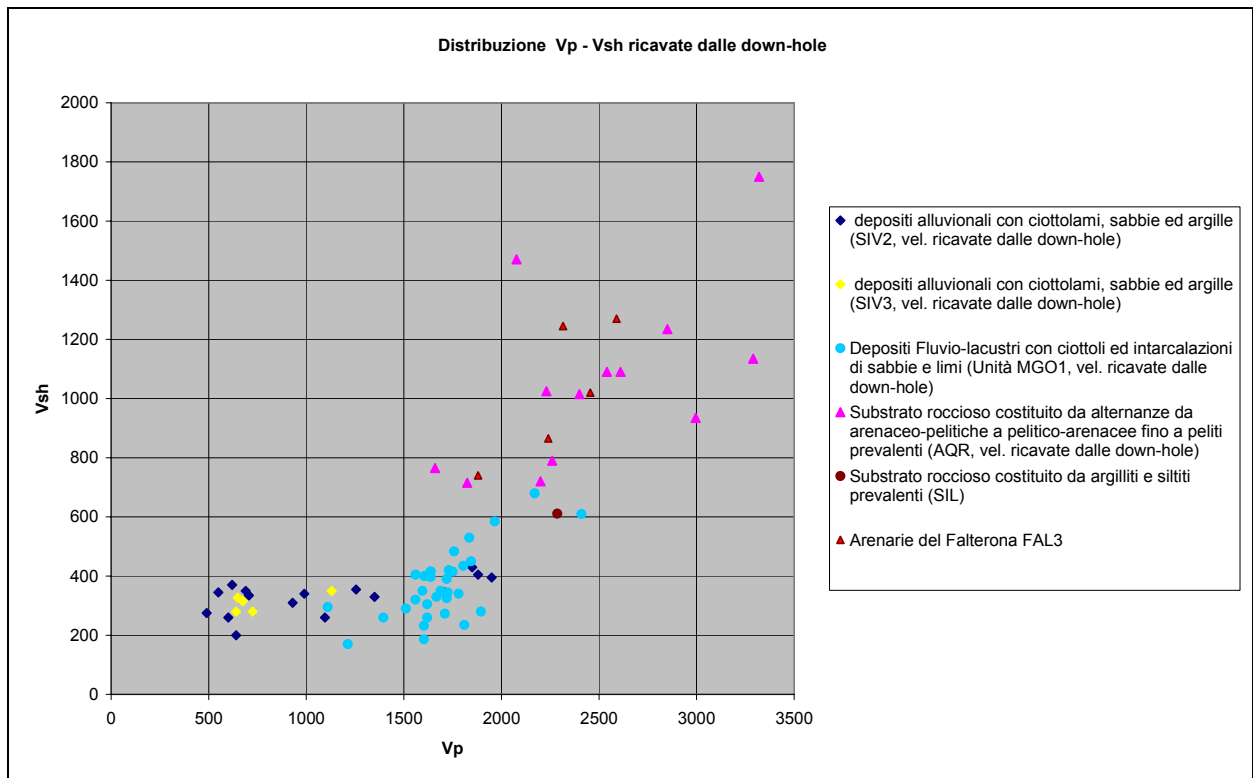
Analizzando il grafico relativo alle velocità ricavate dalle indagini down-hole (Fig. 33), si può osservare come i depositi alluvionali (SIV1 e SIV2) presentino una certa omogeneità nella distribuzione delle  $V_{sh}$ . Riguardo ai depositi fluvio-lacustri (MGO1-a1) essi sono caratterizzati da  $V_{sh}$  variabili da 200 a circa 700 m/s. Tale variabilità è direttamente collegata con le differenze litologiche e le caratteristiche granulometriche di tali terreni.

Anche in questo caso le  $V_{sh}$  appartenenti alla Formazione dell'Acquerino (AQR) sono molto variabili (da 800 a circa di 1.800 m/s) in relazione alle differenze litologiche presenti tra i vari membri e in relazione anche al grado di alterazione del substrato.

Per quanto riguarda l'unico valore relativo alla F.ne di Sillano (SIL), esso è di poco superiore ai 600 m/s e quindi al di sotto della soglia di *bedrock* sismico.



**Fig. 32** – Distribuzione areale delle Vp e delle Vsh, ricavate dalle indagini di sismica a rifrazione con onde P e SH, in funzione delle litologie.



**Fig. 33**– Distribuzione areale delle Vp e delle Vsh, ricavate dalle prove *down-hole*, per litologie.







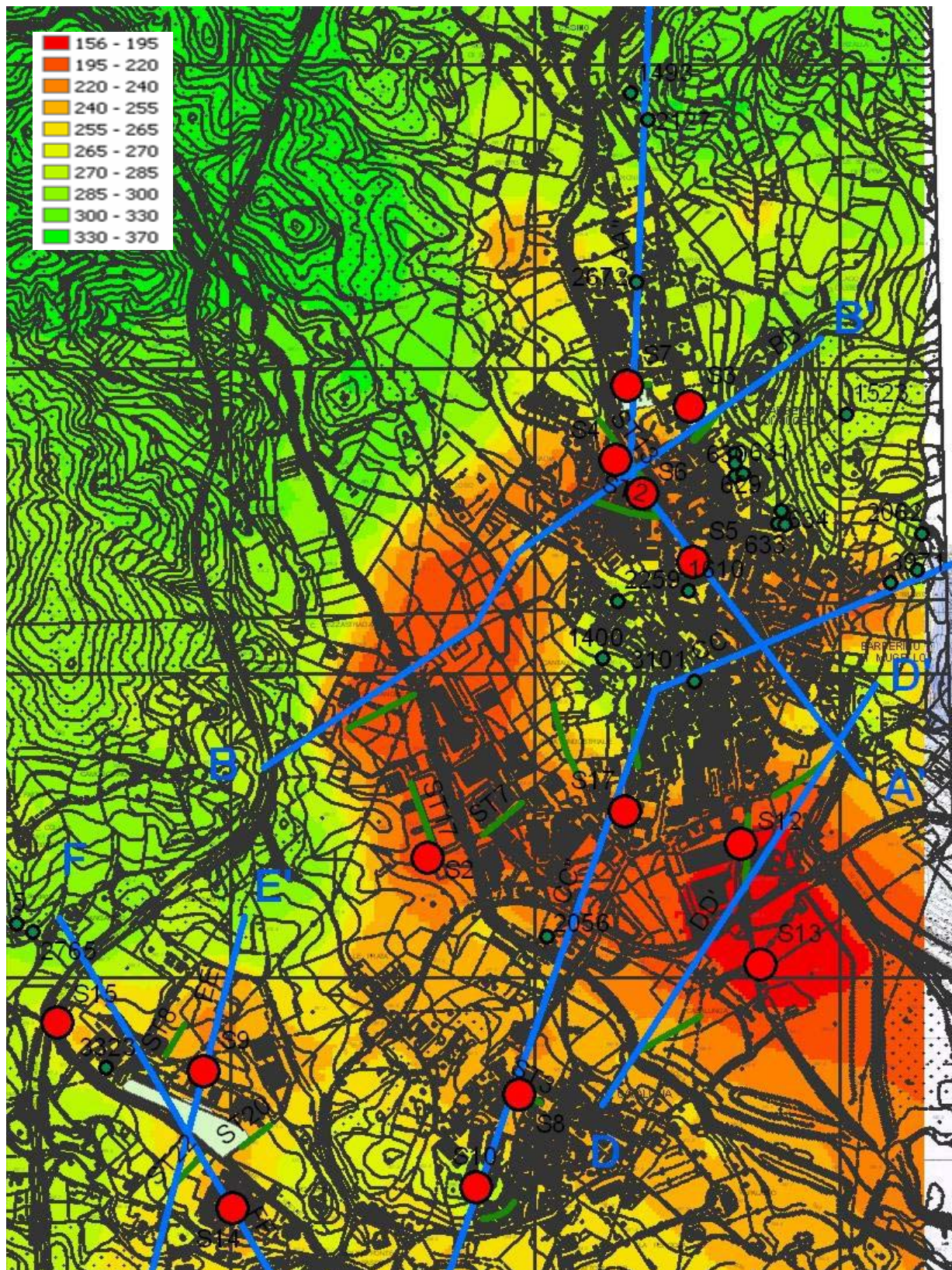


Fig. 35 – Carta delle isobate del substrato.



## 7.0. Cartografie di microzonazione sismica di livello 1

Tutte le informazioni acquisite nella fase di rilevamento e riportate nelle cartografie geologiche prodotte, unitamente ai dati di base pregressi reperiti e a tutte le indagini geologiche, geofisiche e geotecniche realizzate nell'ambito del Programma VEL, hanno permesso di realizzare l'elaborato relativo alle **cartografie delle "microzonazione omogenee in prospettiva sismica" (MOPS)**.

Tali cartografie sono state redatte in linea agli "*Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica*", per cui sono state individuate delle microzone per le quali, sulla base delle osservazioni geo-litologiche, geomorfologiche, litostratigrafiche e con i dati di base pregressi acquisiti, possano essere ipotizzati l'occorrenza di diversi tipi di effetti: amplificazione, instabilità di versante, liquefazione, ecc...

Le microzone della carta sono classificate in tre categorie:

- a) *Zone stabili*
- b) *Zone stabili suscettibili di amplificazione locali*
- c) *Zone suscettibili di instabilità*

La cartografia, quindi, corrisponde ad un approfondimento di *Livello 1* ed individua qualitativamente e grossolanamente la geometria delle aree potenzialmente caratterizzate da specifici effetti sismici locali. Ciò permette quindi di guidare i necessari approfondimenti di indagini nelle successive fasi di approfondimento identificabili con il livello 2 e/o 3.

In allegato, si riportano le carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica redatte sia per la località Capoluogo, sia per Cavallina, sia per Galliano.

Tali cartografie sono state realizzate secondo la legenda riportata negli "*Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica*".

In linea di massima, come è possibile evincere dalla legenda alla cartografia riportata in fig.36, sono riportate le seguenti microzone:

- **zona stabile (Zona 1)**, caratterizzata dal substrato roccioso rigido in affioramento o subaffioramento con topografia orizzontale o con pendenza indicativamente inferiore ai 15°. Il substrato rigido è rappresentato nell'area dalla Formazione Acquerino (Membro Arenaceo AQR2 e Membro Politico AQR3); dalla Formazione Falterona (Membro di Montalto FAL3 e Marne di Galiga GLG) e dalla Formazione della Pietraforte (Ptf). Naturalmente in corrispondenza di tali aree è possibile la presenza di limitati porzioni di detrito di alterazione del substrato roccioso che andranno valutate nelle successive fasi attuative.
- **Zona stabili suscettibili di amplificazione locali**. Tali zone sono state differenziate in relazione alle possibili combinazioni tra le varie unità deposizionali distinguendo le aree in cui i depositi alluvionali quaternari poggiano direttamente al di sopra del substrato roccioso, dalle aree in cui sono presenti anche i depositi fluvio-lacustri. Sono state anche fornite indicazioni preliminari circa gli spessori delle coperture e sono stati indicate anche le aree in cui sono presenti rocce deboli (Formazione di Sillano - SIL) che non sempre presentano le caratteristiche di un substrato rigido. La suddivisione delle aree si completa anche con l'indicazione delle copertura detritiche, i riporti superiori a 2m (comprendenti anche discariche). Di seguito si riporta la successione delle zone:
  - **Zona 2**, caratterizzata da *substrato rigido lapideo stratificato S*, posto su un versante acclive (pendenza indicativamente superiore a 15°) e tale da non escludere fenomeni di amplificazione di tipo topografico.
  - **Zona 3a e 3b**, caratterizzata dalla presenza di *substrato roccioso* (Formazione di Sillano SIL) che non sempre presenta le caratteristiche di substrato rigido, ma che per sua natura (roccia debole) o per il suo grado di fratturazione/alterazione spesso non può essere assimilato ad un bedrock sismico. Tale substrato poggia sul substrato sismico costituito da Unità della zona 1. Pertanto, per tali motivazioni, si è preferito inserire queste aree

all'interno delle zone stabili suscettibili di fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico.

- **Zona 4**, caratterizzata dalla presenza di depositi quaternari di copertura alluvionale (SIV) con spessori massimi di 15m poggianti su un substrato rigido. Tale situazione generalmente può essere associata ad un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra coperture e substrato rigido e quindi va valutata con attenzione in quanto potrebbe produrre elevati fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico.
- **Zona 5a-b-c**, caratterizzate dalla presenza di un substrato roccioso (Formazione di Sillano SIL) che non sempre presenta le caratteristiche di substrato rigido, che si interpone tra i depositi quaternari di copertura alluvionale e il substrato rigido. Tali aree, pertanto sono state inserite tra le zone stabili suscettibili di fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico e sono state differenziate in ragione dello spessore della formazione del Sillano e delle coperture presenti.
- **Zona 6a-b-c-d**, caratterizzate dalla presenza di depositi di natura fluvio-lacustre di granulometria variabile dalle sabbie alle argille appartenenti alla formazione MGO1. Tali depositi fluvio-lacustri, posti al di sotto della copertura quaternaria (SIV), presentano spessori variabili e poggiano sul substrato rigido stratificato. Tali aree, pertanto sono state inserite tra le zone stabili suscettibili di fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico e sono state differenziate in ragione dello spessore della copertura sedimentaria. In particolare si segnala la zona 6a in quanto questa può generalmente essere associata ad un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra coperture e substrato rigido e quindi va valutata con attenzione in quanto potrebbe produrre elevati fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico.
- **Zona 7a-b-c-d-e**, caratterizzate dalla presenza di depositi di natura fluvio-lacustre di granulometria variabile dalle sabbie alle argille appartenenti alla formazione MGO1 poggianti al di sopra dei depositi fluvio-lacustri basali grossolani e talora cementati (MGO1\_v) che presentano velocità delle onde di taglio Vs variabili tra 500-700m/sec. Tali depositi fluvio-lacustri, posti al di sotto della copertura quaternaria (SIV), presentano spessori variabili e poggiano sul substrato rigido stratificato. Tali aree, pertanto sono state inserite tra le zone stabili suscettibili di fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico e sono state differenziate in ragione dello spessore della copertura sedimentaria. In particolare si segnala la zona 7a in quanto questa può generalmente essere associata ad un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra coperture e substrato rigido e quindi va valutata con particolare attenzione in quanto potrebbe produrre elevati fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico.
- **Zona 8a-b-c-d**, caratterizzate dalla presenza di depositi di natura fluvio-lacustre di granulometria variabile dalle sabbie alle argille appartenenti alla formazione MGO1. Tali depositi fluvio-lacustri, affiorano fin dalla superficie topografica e presentano spessori variabili poggianti sul substrato rigido stratificato. Tali aree, pertanto sono state inserite tra le zone stabili suscettibili di fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico e sono state differenziate in ragione dello spessore della copertura sedimentaria. In particolare si segnala le zone 8a e 8b in quanto queste possono generalmente essere associate ad un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra coperture e substrato rigido e quindi vanno valutate con attenzione in quanto potrebbe produrre elevati fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico.
- **Zona 9a-b-c-d-e**, caratterizzate dalla presenza di depositi di natura fluvio-lacustre di granulometria variabile dalle sabbie alle argille appartenenti alla formazione MGO1 poggianti al di sopra dei depositi fluvio-lacustri basali grossolani e talora cementati (MGO1\_v) che presentano velocità delle onde di taglio Vs variabili tra 500-700m/sec. Tali depositi fluvio-lacustri, affiorano fin dalla superficie topografica e presentano spessori variabili poggianti sul substrato rigido stratificato. Tali aree, pertanto sono state

inserite tra le zone stabili suscettibili di fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico e sono state differenziate in ragione dello spessore della copertura sedimentaria. In particolare si segnala la zona 9a in quanto questa può generalmente essere associata ad un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra coperture e substrato rigido e quindi va valutata con particolare attenzione in quanto potrebbe produrre elevati fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico.

- **Zona 10**, caratterizzate dalla presenza di depositi di natura fluvio-lacustre di granulometria prevalentemente sabbiosa appartenenti alla formazione MGO2 con spessori variabili fino a circa 20m. Tali depositi fluvio-lacustri, affiorano fin dalla superficie topografica e poggiano sul substrato rigido stratificato. Tale area, pertanto è stata inserita tra le zone stabili suscettibili di fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico ed è generalmente associata ad un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra coperture e substrato rigido e quindi va valutata con attenzione in quanto potrebbe produrre elevati fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico.
- **Zona 11**, caratterizzate dalla presenza di depositi di natura fluvio-lacustre di granulometria prevalentemente sabbiosa appartenenti alla formazione MGO2 con spessori variabili fino a circa 20m. Tali depositi fluvio-lacustri, posti al di sotto della copertura quaternaria (SIV), presentano spessori variabili e poggiano sul substrato rigido stratificato. Tale zona, pertanto è stata inserita tra le zone stabili suscettibili di fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico ed è generalmente associata ad un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra coperture e substrato rigido e quindi va valutata con attenzione in quanto potrebbe produrre elevati fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico.
- **Zona 12a-b**, caratterizzate dalla presenza di depositi di natura fluvio-lacustre di granulometria sabbiosa appartenenti alla formazione MGO2 poggianti al di sopra dei depositi fluvio-lacustri (MGO1) prevalentemente argillosi. Tali depositi fluvio-lacustri, affiorano fin dalla superficie topografica e presentano spessori variabili poggianti sul substrato rigido stratificato. Tali aree, pertanto sono state inserite tra le zone stabili suscettibili di fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico e sono state differenziate in ragione dello spessore della copertura sedimentaria. In particolare si segnala la zona 12a in quanto questa può generalmente essere associata ad un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra coperture e substrato rigido e quindi va valutata con particolare attenzione in quanto potrebbe produrre elevati fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico.
- **Zona 13a-b**, caratterizzate dalla presenza di depositi di natura fluvio-lacustre di granulometria sabbiosa appartenenti alla formazione MGO2 poggianti al di sopra dei depositi fluvio-lacustri (MGO1) prevalentemente argillosi. Tali depositi fluvio-lacustri, posti al di sotto della copertura quaternaria (SIV), presentano spessori variabili e poggiano sul substrato rigido stratificato. Tali aree, pertanto sono state inserite tra le zone stabili suscettibili di fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico e sono state differenziate in ragione dello spessore della copertura sedimentaria. In particolare si segnala la zona 13a in quanto questa può generalmente essere associata ad un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra coperture e substrato rigido e quindi va valutata con particolare attenzione in quanto potrebbe produrre elevati fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico.
- **Zona 14a-b-c-d**, caratterizzate dalla presenza di un substrato roccioso (Formazione di Sillano SIL) che non sempre presenta le caratteristiche di substrato rigido, che si interpone tra i depositi fluvio-lacustri (MGO1) il substrato rigido. Tali aree, pertanto sono state inserite tra le zone stabili suscettibili di fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico e sono state differenziate in ragione dello spessore della formazione del Sillano e delle coperture presenti.



- **Zona 15a-b-c-d**, caratterizzate dalla presenza di un substrato roccioso (Formazione di Sillano SIL) che non sempre presenta le caratteristiche di substrato rigido, che si interpone tra i depositi quaternari di copertura alluvionale (SIV), i depositi fluvio-lacustri prevalentemente fini (MGO1) e il substrato rigido stratificato. Tali aree, pertanto sono state inserite tra le zone stabili suscettibili di fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico e sono state differenziate in ragione dello spessore della formazione del Sillano e delle coperture presenti.

E' opportuno precisare che l'indicazione relativa allo spessore di copertura può essere suscettibile di variazioni in funzione dei dati di base esistenti nell'area, il cui numero è quantitativamente buono, ma la distribuzione può non essere sufficientemente omogenea.

- **Zone suscettibili di instabilità.** Sono state distinte esclusivamente le aree instabili connesse a fenomenologie gravitative di versante.

Sono inoltre riportati con sovrassegni puntinati le aree caratterizzate dalla presenza di coperture detritiche con spessori modesti (da 3 a 10m) poggianti sia sul substrato rigido che su altre coperture. Tali aree, pertanto sono state inserite tra le zone stabili suscettibili di fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico ed in particolare laddove sia presente un substrato rigido, tale area può generalmente associata ad un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra coperture e substrato rigido e quindi va valutata con attenzione in quanto potrebbe produrre elevati fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico.

La carta è stata completata riportando le più significative *forme di superficie*: cresta e orli di scarpata morfologica.

Una stralcio della cartografia MOPS per Barberino e Cavallina è riportato in fig. 37. La cartografia completa è riportata in allegato.

# LEGENDA


## INFORMAZIONI SUL SUBSTRATO

		<p><b>SUBSTRATO</b> (comprese eventuali coperture di alterazione con spessore &lt; 3 m):</p> <p>a) lapideo con <math>Vs_{medie} &gt; 800</math> m/s b) lapideo con <math>Vs_{medie} &lt; 800</math> m/s</p>
<p><b>FORMAZIONI DI RIFERIMENTO</b></p> <p>a) Formazione Acquerino\Arenarie di Monte Falterona\Pietraforte (alternanza arenarie, peliti e marne in rapporti variabili) b) Formazione di Sillano (argilliti e siltiticon intercalati livelli calcarei)</p>		
		<p><b>SUBSTRATO:</b></p> <p>a) stratificato b) non stratificato</p>

## INFORMAZIONI SUI TERRENI DI COPERTURA


**DEPOSITI ALLUVIONALI ANTICHI TERRAZZATI E RECENTI**

**SIV**

 Ciottolami in matrice limoso-sabbiosa, ghiaie, sabbie e limi (SIV).


**DEPOSITI FLUVIO - LACUSTRI DEL BACINO DEL MUGELLO**

**UNITÀ MGO2**

 Sabbie medio-fini di delta conoide a laminazione piano-parallela orizzontale ed inclinata piana (MGO2\_s).

**UNITÀ MGO1**

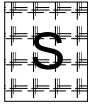
 Argille, lacustri, siltose talora marnose e lignitifere. Locali intercalazioni di sabbie e ghiaie. ( $Vs < 500$  m/s) - (MGO1\_a)

 Depositi argillosi\iltosi con intercalazioni di ciottolami e ghiaie ( $Vs > 500$  m/s) - (MGO1\_v)

## ZONE STABILI



Zona 1



## ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI



Zona 2



Substrato lapideo  
con pendenza >15°



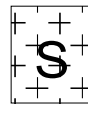
Zona 3a



0-20 m



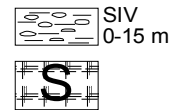
Zona 3b



20-40 m



Zona 4

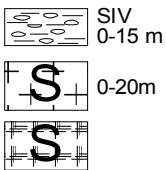


SIV  
0-15 m

Zona caratterizzata da  
un contrasto di  
impedenza tra copertura  
e substrato rigido  
presumibilmente alto



Zona 5a

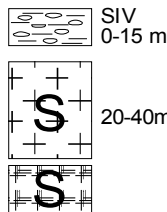


SIV  
0-15 m

0-20m



Zona 5b

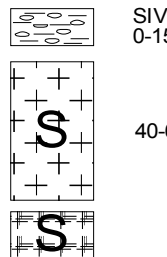


SIV  
0-15 m

20-40m



Zona 5c

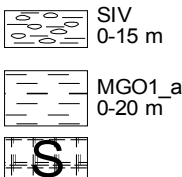


SIV  
0-15 m

40-60m



Zona 6a



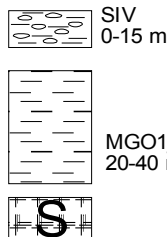
SIV  
0-15 m

MGO1\_a  
0-20 m

Zona caratterizzata da un  
contrasto di impedenza tra  
copertura e substrato rigido  
presumibilmente alto



Zona 6b

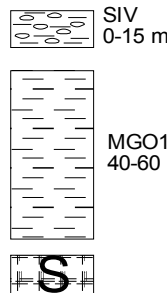


SIV  
0-15 m

MGO1\_a  
20-40 m



Zona 6c

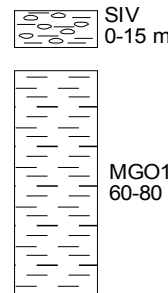


SIV  
0-15 m

MGO1\_a  
40-60 m

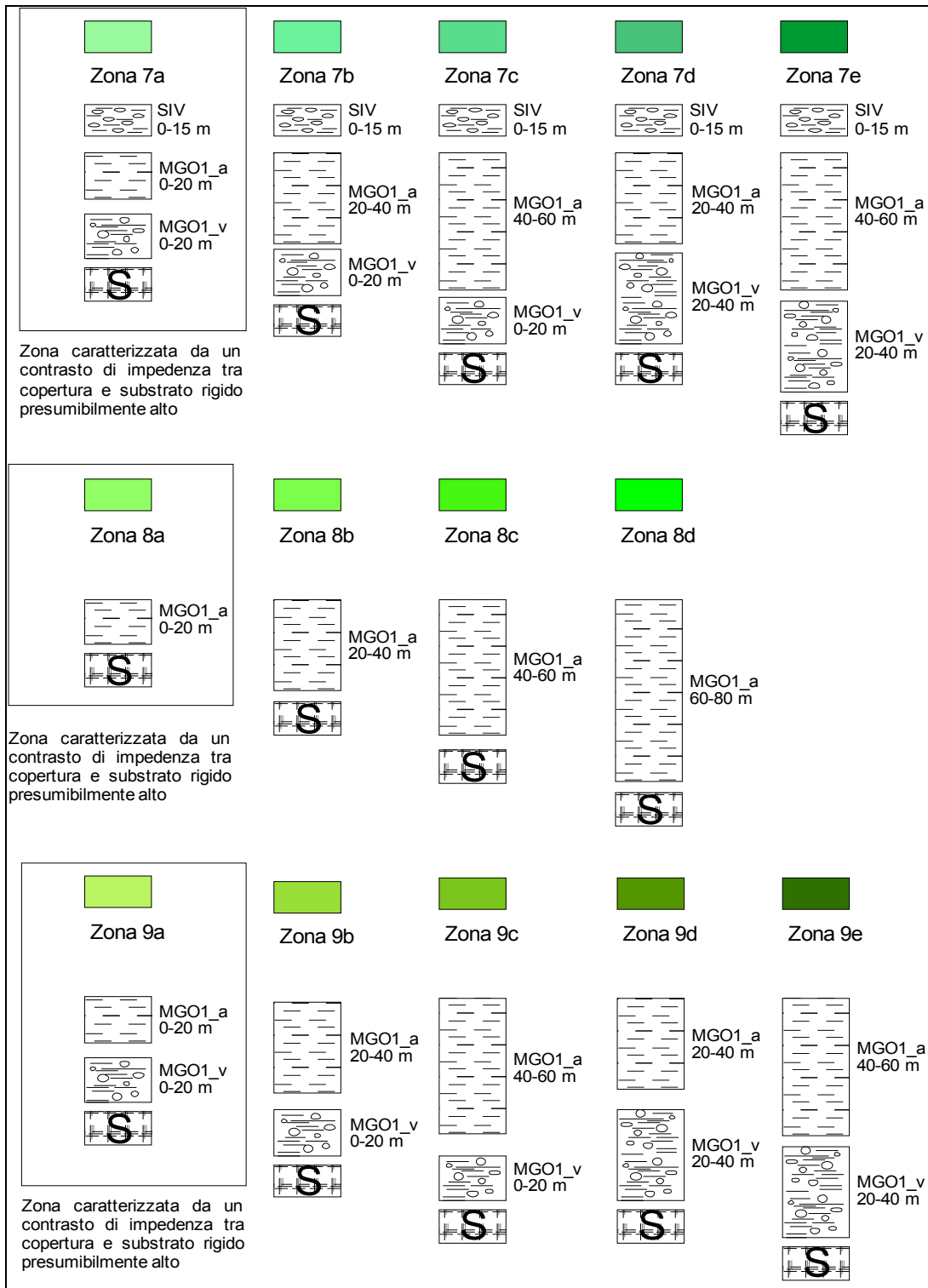


Zona 6d

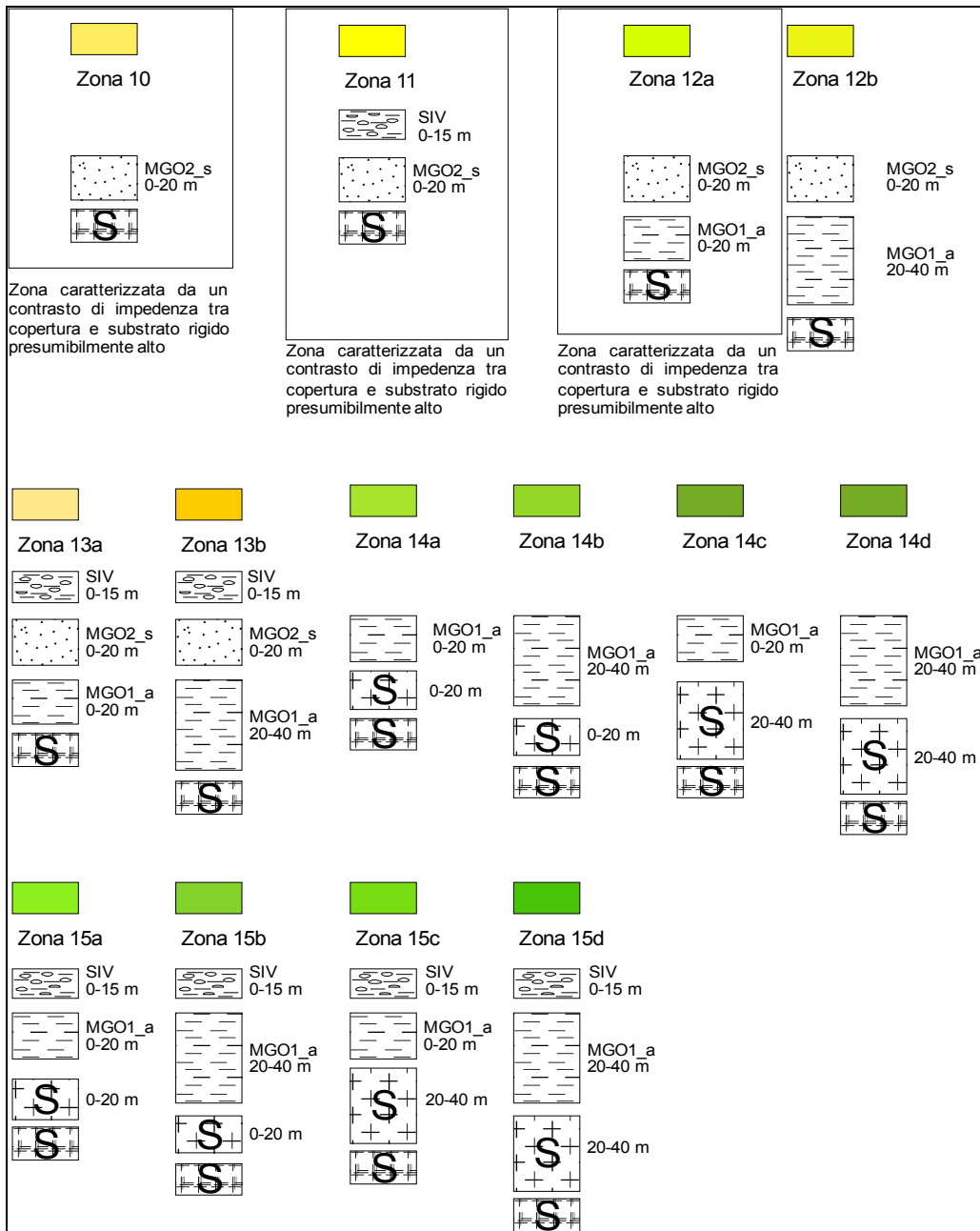


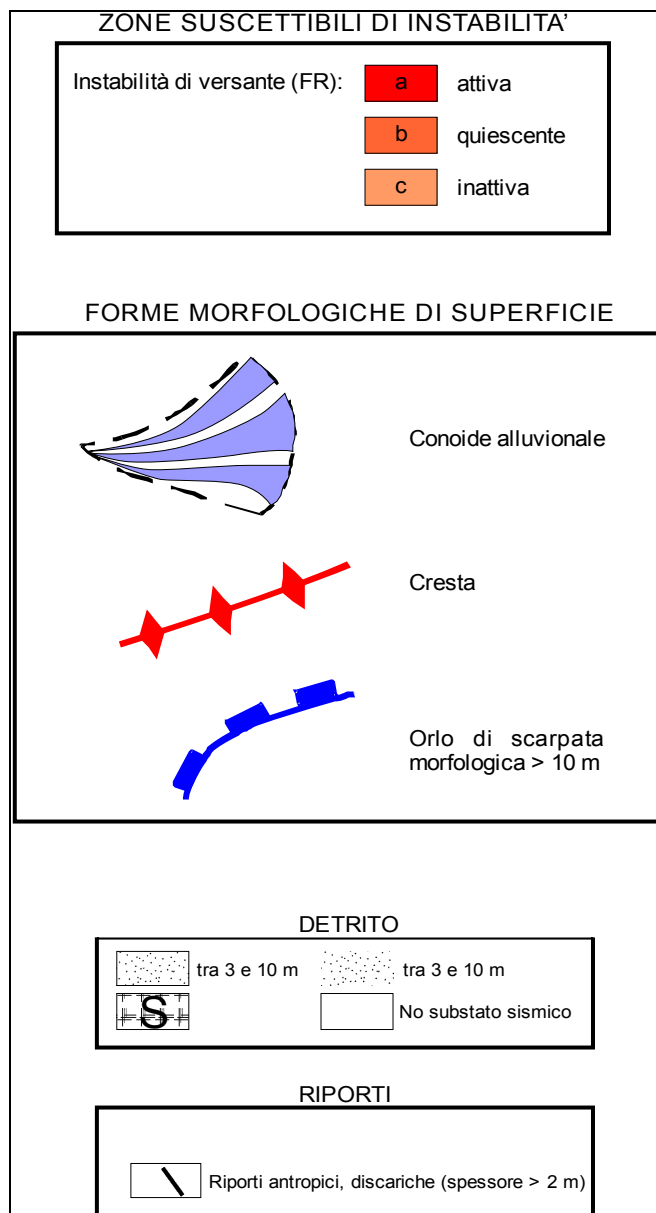
SIV  
0-15 m

MGO1\_a  
60-80 m

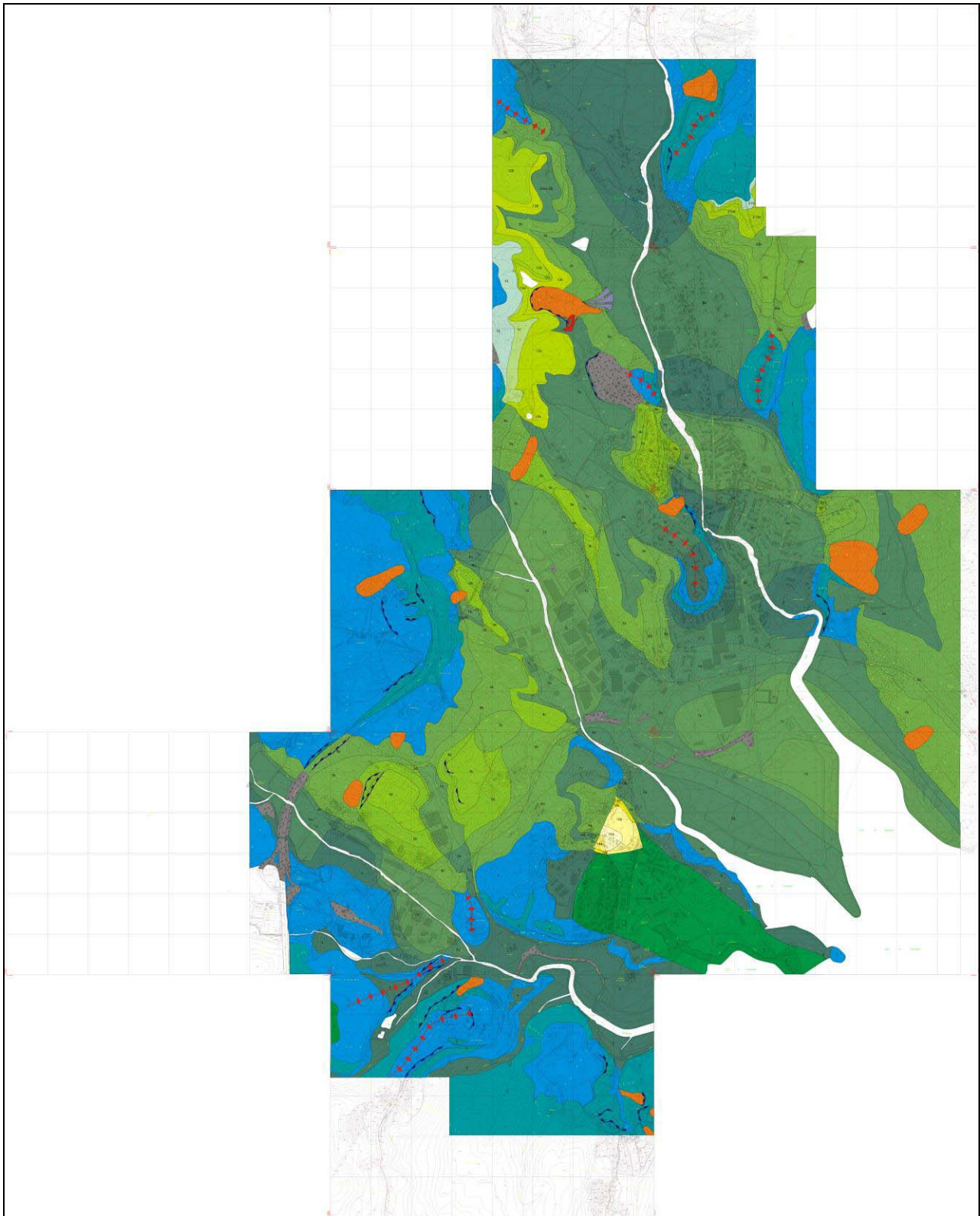








**Fig. 36** – Legenda alla Cartografia di Microzonazione Sismica di livello 1 (MOPS)



**Fig. 37** – Cartografia di Microzonazione Sismica di livello 1 (MOPS) di Barberino, loc.tà Capoluogo e Cavallina

## 8.0 Conclusioni

Il presente lavoro è stato presentato in questo volume in maniera organica con l'obiettivo di fornire, all'Amministrazione Comunale e anche ai professionisti che operano in tale Comune, una descrizione dettagliata e particolarmente approfondita del livello di conoscenza del sottosuolo presente nel Comune di Barberino di Mugello. Sono state così presentati, discussi ed interpretati in chiave geologica tutti i risultati dei rilievi geologici eseguiti nell'area, tutti i dati geofisici disponibili desunti sia dalle indagini geofisiche di superficie che dalle indagini in foro, tutti i dati geotecnici derivati dai sondaggi geotecnici, dalle prove in situ ed in laboratorio effettuate. Tali dati sono stati opportunamente incrociati al fine di permettere una attendibile ricostruzione del modello geologico-tecnico di sottosuolo delineata attraverso la realizzazione di n.8 sezioni geologiche di sottosuolo.

Sulla base del quadro conoscitivo ricostruito, le tre località indagate nel Comune di Barberino di Mugello (la località Capoluogo, Cavallina, Galliano con le relative aree produttive) presentano una situazione geologica e stratigrafica simile essendosi sviluppate su pianure alluvionali più recenti impostatesi sui più antichi depositi fluvio-lacustri che a loro volta hanno colmato i bacini sottostanti. Tali bacini, raggiungendo profondità notevoli superiori anche agli 80m ed essendo principalmente colmati da depositi argillo-siltosi addensati, talora ghiaiosi, potrebbero determinare situazioni di amplificazione stratigrafica generalmente contenuta. I sondaggi ubicati a sud del Capoluogo, in corrispondenza dell'area produttiva, rilevano la presenza di strati torbosi e lignitiferi e di argille con livelletti lignitiferi all'interno dei depositi fluvio-lacustri. Questi livelli e strati, che rappresentano dei terreni scadenti dal punto di vista geotecnico non costituiscono elementi di pericolosità in quanto collocati a profondità maggiori di 10m. Si è inoltre osservato come la presenza dei primi livelli di lignite e di torba tenda ad aumentare di profondità spostandosi verso Sud, dall'area produttiva di Barberino (profondità superiori ai 10m) verso Cavallina (con profondità superiore ai 25m).

Tuttavia si riscontrano elementi di criticità nelle aree di bordo e/o raccordo con il versante laddove è presente una diminuzione di spessore dei depositi alluvionali e fluvio-lacustri posti al di sopra del substrato roccioso a causa del notevole contrasto di impedenza sismica che si può venire a creare tra copertura e substrato roccioso. È proprio in tali situazioni di bordo valle e di raccordo col versante, spesso anche con presenza di coperture detritiche e/o eluvio-colluviali, dove si possono verificare fenomeni di amplificazione stratigrafica e focalizzazione delle onde sismiche.

Si è anche rilevata la presenza di un contatto tettonico passante al di sotto delle coperture nel centro abitato di Barberino che comporterebbe una risalita della porzione meridionale con conseguente sollevamento della Formazione dell'Acquerino e diminuzione di spessore delle coperture presenti. Proprio alla luce di quanto emerso dalle indagini eseguite e per disporre di un quadro più completo si ritiene opportuno per il futuro programmare campagne di misura strumentale particolarmente nella porzione meridionale del Capoluogo, con lo scopo di definire con maggiore precisione gli spessori dei depositi di copertura e di definire meglio la profondità del *bedrock* sottostante.

Tutte queste problematiche sono state riassunte nella cartografia delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), la quale dovrà essere inserita, a cura dell'Amministrazione Comunale, all'interno del quadro conoscitivo del proprio strumento urbanistico generale e che costituirà la base fondamentale per la redazione degli elaborati di pericolosità e di fattibilità sismica ai sensi del regolamento regionale 53R/2011.

Nel proseguo dello studio di MS ulteriori sviluppi possibili saranno rappresentati dalla redazione di carte di Microzonazione di livello 3 ai sensi delle linee Guida Nazionali per la Microzonazione Sismica (ICMS).



## 9.0. Bibliografia

- BENVENUTI M. (1996) – *Carta Geologica del bacino Fluvio-Lacustre del Mugello (Firenze) Scala 1:50.000*. ARCA ed.
- BENVENUTI M. (1997) – *Physical stratigraphy of the fluvio-lacustrine Mugello Basin (Plio-Pleistocene, Northern Appenines, Italy)* – *Giornale di Geologia*, ser.3°, vol. 59/1-2: 91-111.
- BENVENUTI M. (2003) – *Facies Analysis and tectonic significance of lacustrine fan-deltaic successions in the Pliocene-Pleistocene Mugello Basin, Central Italy*, – *Sedimentary Geology*, Vol.157, pp.197-234, Elsevier, Amsterdam.
- BETTELLI G., BOCCALETTI M., CIBIN U., PANINI F., POCCIANI C. & ROSSELLI S. (2002) – *Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000. Foglio 252 "Barberino di Mugello". Serv. Geol. d'Italia – Regione Emilia-Romagna*.
- DE CASTRO C. & PILLOTTI C. (1993) - *I giacimenti di lignite della Toscana*. Mem. Desc.Carta Geol. D'Italia, 23, 3-23.
- DELLE DONNE D. (2005) – *Tettonica Attiva dell'Appennino Settentrionale nel settore compreso tra l'Appennino Pistoiese e l'alta Val Tiberina*, Tesi di dottorato, Università di Firenze.
- FERRINI M. & CALOSI E. et alii (2000) – *Istruzioni Tecniche per le indagini geologico – tecniche, le indagini geofisiche e geotecniche, statiche e dinamiche, finalizzate alla valutazione degli effetti locali nei comuni classificati sismici*. “Progetto Terremoto” in Garfagnana e Lunigiana. Dip.to delle Politiche Territoriali e Ambientali, U.O.C. Rischio Sismico, pp. 279
- FERRINI M. et alii (2002) – *Istruzioni Tecniche per le indagini geologico – tecniche, le indagini geofisiche e geotecniche, statiche e dinamiche, finalizzate alla valutazione degli effetti locali nei comuni classificati sismici*. “Progetto VEL” in Garfagnana, Lunigiana, Valtiberina, Casentino ed Amiata. Dip.to delle Politiche Territoriali e Ambientali, U.O.C. Rischio Sismico, pp. 279.
- GEMINA (1962) – *Il bacino del Mugello*. In: *Ligniti e torbe dell'Italia continentale*. Roma, 61-70.
- GRUPPO DI LAVORO MS (2008) – *Indirizzi e Criteri Generali per la Microzonazione Sismica*, Conferenza delle Regioni e della Province Autonome – DPC, Roma
- MANTOVANI E., VITI M. et alii (2011) – *Sismotettonica dell'Appennino settentrionale – Implicazioni per la pericolosità sismica della Toscana*, Università di Siena, Dipartimento di Scienze della Terra.
- MINISTERO DELLA INFRASTRUTTURE (2008), D.M. 14/01/2008 (G.U. n.29 del 04/02/2008) – *Norme Tecniche per le Costruzioni*, Roma
- PULITI A. – *Analisi bidimensionali di risposta sismica locale. Il caso di Barberino di Mugello* (tesi di Laurea in Ingegneria Civile, orientamento Geotecnico, 2011).
- PRINCIPI G. et alii (in prep.) - *Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000. Foglio 263 "Prato". Serv. Geol. D'Italia*.

RIPEPE M., MARCHETTI E. et alii (2008) – *La sequenza sismica del Mugello del 1 marzo 2008, registrata dalla rete sismica locale*, Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Firenze