

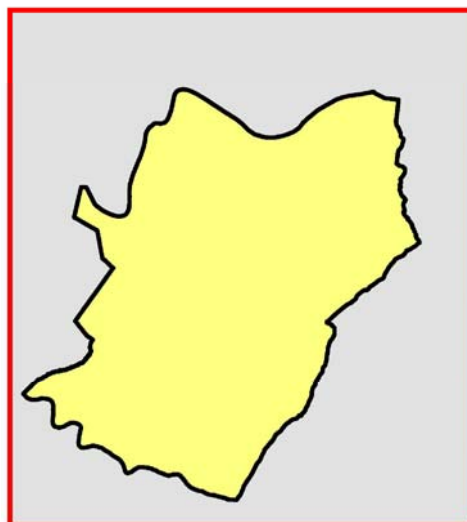


# COMUNE DI LASTRA A SIGNA

## Provincia di Firenze

SUPPORTO GEOLOGICO TECNICO ALLA  
VARIANTE AL PIANO STRUTTURALE AI SENSI  
DEL D.P.G.R. N.53/R DEL 25 OTTOBRE 2011

ELABORATO G.0



## RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

*Professionista incaricato:*  
*Prof. Geol. Eros Aiello*

ottobre 2013  
aggiornamento marzo 2014



Via Andrea del Castagno, 8 - 50132 FIRENZE  
Tel. e Fax 055.571393-575954  
C.F. e P.IVA 02287880484

# **SUPPORTO GEOLOGICO – TECNICO**

## **ALLA VARIANTE AL PIANO STRUTTURALE**

### **G.0 RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA**

#### **Premessa**

L'Amministrazione Comunale di Lastra a Signa è dotata di vigente Piano Regolatore Generale corredato da supporti geologico – tecnici costituiti da:

- **Piano Strutturale** adottato con deliberazione di C.C. n. 59 del 02/09/2002 e approvato con deliberazione C.C. n. 72 del 21/11/2003. Lo strumento di pianificazione territoriale è stato rettificato con deliberazione C.C. n. 28 del 26/04/2004 e di conseguenza è diventato efficace il 16/06/2004. Lo strumento è corredato da studi geologico tecnici di supporto licenziati con parere favorevole dal competente Ufficio del Genio Civile di Firenze. Tali indagini sono costituite da tutti i tematismi cartografici previsti dalle Del. C.R. n. 94/85 e Del. C.R. n. 12/2000 redatti per l'intera estensione del territorio comunale in scala 1:10.000. In seguito è stata redatta una variante allo stesso di adeguamento al P.A.I. e di correzione di errori materiali, adottata con deliberazione C.C. n. 19 del 18/04/2007, approvata con deliberazione C.C. n. 5 del 27/02/2008 e diventata efficace in data 09/04/2008.  
Il Piano Strutturale, in accordo alla volontà del legislatore regionale riguardo l'unità di misura delle funzioni in cui è articolato il dimensionamento degli insediamenti, è stato adeguato con variante adottata con deliberazione C.C. n. 2 del 08/01/2013 e approvata con deliberazione C.C. n. 17 dell'11/06/2013 ( efficacia del 17/07/2013 ).
- **Regolamento Urbanistico** è stato adottato con deliberazione C.C. n. n. 40 del 27/09/2006 e approvato con deliberazione C.C. n. 29 del 10/07/2008; l'entrata in vigore è del 10/08/2008. Tale atto di pianificazione è corredato da studi geologico tecnici di supporto licenziati con parere favorevole dal competente Ufficio del Genio Civile di Firenze.

Sulla scorta delle esperienze maturate nella gestione di questi anni l'amministrazione comunale di Lastra a Signa ha ritenuto opportuno provvedere alla stesura di una "Variante al Piano Strutturale", aggiornando il relativo quadro conoscitivo di riferimento e le normative derivanti al recente D.P.G.R. 25 ottobre 2011, n. 53/R - "Regolamento di attuazione dell'art. 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche".

In base alla Legge regionale n°1 del 3 gennaio 2005 "Norme per il governo del territorio", la Regione Toscana individua in Comuni, Province e in se stessa i soggetti preposti alla tutela, valorizzazione e gestione delle risorse del territorio, nell'ottica di uno sviluppo sostenibile che garantisca alle generazioni presenti e future migliori qualità di vita.

All'art. 62 della Legge regionale n°1/2005 si evidenzia che lo scopo ultimo delle indagini geologiche e idrologiche-idrauliche è "verificare la pericolosità del territorio sotto il profilo geologico" e anche "sotto il profilo idraulico sulla base dell'alluvionabilità dei terreni" e per la riduzione del rischio idraulico.

Tramite questa legge vengono messi al centro dell'operato concetti innovativi e moderni, come lo sviluppo sostenibile e la qualità della vita dei cittadini, che avevano fatto la loro prima comparsa nel quadro normativo nazionale nella Legge n°183/1989 "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo".

La Regione Toscana recepisce, rielabora e concretizza molti concetti contenuti nella Legge n°183/1989, in particolare un'azione di governo del territorio basata sulla conoscenza del territorio, che viene in itinere incrementata in un'ottica di collaborazione fra Regione, Province e Comuni.

Ogni Ente ha il suo strumento di pianificazione, la Regione approva il Piano di Indirizzo Territoriale (art. 48 della Legge regionale n°1/2005) che opera a grande scala e individuando delle linee guida, mentre la Provincia approva il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale "P.T.C.P." (art. 51 della Legge regionale n°1/2005) operando già a una scala minore e infine il Comune partecipa alla formazione del Piano Strutturale (art. 48 della suddetta Legge regionale) realizzato nel rispetto di quanto indicato nei due precedenti strumenti urbanistici.

In breve, la pianificazione territoriale viene realizzata da Regione, Province e Comuni, passando da una visione di insieme con indicazioni generali a un dettaglio sempre maggiore con studi puntuali del territorio e disposizioni ad hoc per una determinata area all'interno di quel territorio.

Con il D.P.G.R. 25 ottobre 2011, n. 53/R "Regolamento di attuazione dell'art. 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche" la Regione Toscana fornisce una accurata metodologia di lavoro per la realizzazione dei supporti geologici ad atti di pianificazione urbanistica, regolando e disciplinando:

- a) le direttive tecniche per le indagini atte a verificare la pericolosità del territorio sotto il profilo geologico, idraulico, la fattibilità delle previsioni e per la valutazione degli effetti locali e di sito in relazione all'obiettivo della riduzione del rischio sismico, di seguito indicate "indagini geologico-tecniche";
- b) la procedura del deposito delle indagini geologico-tecniche presso le strutture regionali competenti;
- c) le modalità del controllo delle indagini geologico-tecniche di cui sopra da parte della struttura regionale competente.

Nel presente studio si è, inoltre, tenuto conto degli indirizzi espressi dal piano territoriale di coordinamento provinciale (P.T.C.P. della Provincia di Firenze). Con Deliberazione del Consiglio Provinciale n. 1 del 10/01/2013 è stata approvata la variante di adeguamento del PTCP, ai sensi dell'art.17 della L.R. 1/05. L'avviso relativo all'approvazione è stato pubblicato sul Bollettino Ufficiale della Regione Toscana n°11 del 13.03.2013. Lo strumento di pianificazione in oggetto ha acquistato efficacia dalla data di tale pubblicazione.

**Il piano territoriale di coordinamento provinciale (P.T.C.P.)** si propone di far sì che la pianificazione territoriale sia basata su una "compatibilità ecologica" connessa con i vincoli imposti dalla natura e sia nello stesso tempo capace di mutamenti e modificazioni in relazione alle corrispettive metamorfosi del territorio.

In tale ottica, all'interno della progettazione di un piano regolatore generale, la protezione idrogeologica non deve essere vista come una successione di vincoli e divieti, ma deve assumere una connotazione di supporto alla realizzazione di un "piano-processo", capace di comporsi in maniera flessibile alla successione di eventi di diversa natura.

La finalità ultima è quella di prendere visione dell'attuale struttura del territorio e stimare la compatibilità della sua utilizzazione con le sue caratteristiche fisiche.

Questo processo si effettua tramite la valutazione del rischio che si possano verificare differenti eventi calamitosi e/o di dissesto idrogeologico.

Un tale livello di indagine si pone i seguenti obiettivi:

- a) - rendere disponibili informazioni dettagliate sia sulle caratteristiche idrogeomorfologiche del territorio comunale, che sulle qualità geologico-tecniche del terreno e del suo probabile comportamento, quando sia sottoposto a sollecitazioni dinamiche, garantendo un livello di precisione il cui costo sia compatibile con le finalità proprie di uno strumento urbanistico e raffrontabile ai benefici conseguenti alla sua attuazione;
- b) - rendere disponibili tali conoscenze sin dalle prime fasi del processo di selezione (scelta delle aree e relative destinazioni d'uso) in modo da concentrare l'attenzione su quelle con minori problematiche;
- c) - consentire scelte supportate da dati oggettivi imponendo la predisposizione di dettagliati piani di indagine, progetti di consolidamento e di predisposizione di accorgimenti per la riduzione del rischio idraulico e relativi controlli di cui siano noti i costi ed i probabili effetti nelle aree che presentano problemi di stabilità e rischio idraulico;
- d) - fornire informazioni di buona precisione, anche se non esaustive, per interventi diversi da quelli strettamente urbanistico-edilizi".

Inoltre, occorre ricordare che per la realizzazione del presente supporto geologico-tecnico alla revisione generale del quadro conoscitivo di riferimento del Piano Strutturale, oltre alle normative nazionali e regionali (che verranno meglio approfondite nel paragrafo successivo), sono state tenute presenti le seguenti normative dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno:

- D.P.C.M. 5 novembre 1999, n. 226 "Approvazione del piano stralcio relativo alla riduzione del rischio idraulico del Bacino del Fiume Arno";

- "Approvazione del piano di bacino del F. Arno, stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) e delle relative misure di salvaguardia", approvato con D.P.C.M. del 6.5.2005. In relazione a tale Piano sovraordinato l'aggiornamento del quadro conoscitivo di cui al presente supporto in materia geomorfologica e gli studi di modellazione idraulica redatti dall'Ing. D. Settesoldi andranno a costituire le basi per la modifica ed adeguamento delle perimetrazioni delle relative classi di pericolosità idraulica e geomorfologica ai sensi degli artt. 27 e 32 delle stesse NTA di P.A.I. .

Questa breve introduzione ha lo scopo di sottolineare come la presente Variante al Piano Strutturale rappresenti uno strumento di grande valore per attingere informazioni disponibili presso altri Enti e per approfondire le conoscenze sul territorio, in un ottica di piena collaborazione fra tutti i soggetti coinvolti direttamente o indirettamente nel governo del territorio.

Nel presente aggiornamento "Marzo 2014", degli elaborati costituenti il presente supporto, si è provveduto ad indicare in "**rosso**" tutte le modifiche e/o variazioni rispetto al materiale allestito nell'Ottobre 2013 apportate in corso di istruttoria da parte dell'Ufficio del Genio Civile di Firenze e da parte della Autorità di Bacino del Fiume Arno a seguito di procedura relativa all' "adeguamento degli strumenti di governo del territorio" per l'approvazione delle modifiche della perimetrazione delle aree a pericolosità da fenomeni geomorfologici e per fenomeni idraulici limitatamente al corso del T. Pesa ..... della cartografia di PAI per il territorio comunale, ai sensi dell'art. 27 delle salvaguardie del PAI stesso (espressi con favorevole parere istruttorio nel marzo 2014). Si è inoltre tenuto conto delle osservazioni formulate dall'Ufficio per correzione errori grafici.

Partendo dalle citate elaborazioni di “quadro conoscitivo di riferimento”, precedentemente sviluppate, per l'espletamento del presente programma di lavoro, è stata adottata, come metodologia di base, quanto espressamente contenuto nel D.P.G.R. 25 ottobre 2011, n. 53/R “Regolamento di attuazione dell’art. 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche”, oltre a tener conto delle salvaguardie di cui all’art. 36 della Disciplina di Piano del P.I.T. approvato con Del. C.R. 24 luglio 2007, n. 72.

In attuazione al comma 2.1 dell’allegato A al D.P.G.R. n. 25 ottobre 2011, n. 53/R, i contenuti delle presenti indagini si articolano in:

- a) Sintesi delle conoscenze
- b) Analisi ed approfondimenti
- c) Valutazioni di pericolosità

Nel dettaglio, per quanto concerne i tematismi cartografici previsti dalle disposizioni regionali in materia di supporto geologico alla pianificazione urbanistica, si è provveduto alla riedizione o alla nuova elaborazione degli **elaborati e/o tematismi cartografici con cartografie tematiche in scala 1:10.000 e approfondimenti in scala 1:5.000 e/o 1:2.000** (come codificato al paragrafo B del punto 2.1 e al punto 2.2 dell’allegato A al Regolamento 53/R) seguenti:

## ELABORATI RELATIVI AL SUPPORTO GEOLOGICO – TECNICO ALLA “VARIANTE AL PIANO STRUTTURALE”

### QUADRO CONOSCITIVO DI RIFERIMENTO

Sigla Elaborato	Titolo	Scala	Data di emissione
<b>G.0</b>	<i>Relazione geologico-tecnica</i>		Ottobre 2013 <b>Agg. Marzo 2014</b>
<b>G.1</b>	Carta geologica (foglio unico)	1:10.000	Ottobre 2013
<b>G.2</b>	Carta geomorfologica (foglio unico)	1:10.000	Ottobre 2013
<b>G.3</b>	Carta litologico-tecnica (foglio unico)	1:10.000	Ottobre 2013
<b>G.4</b>	Carta delle pendenze (foglio unico)	1:10.000	Ottobre 2013
<b>G.5</b>	Carta idrogeologica e della vulnerabilità degli acquiferi (foglio unico)	1:10.000	Ottobre 2013 <b>Agg. Marzo 2014</b>
<b>G.6</b>	Carta della pericolosità geologica (foglio unico)	1:10.000	Ottobre 2013
	<b>Lastra a Signa</b>		
<b>G.7</b>	Carta geologico-tecnica con ubicazione dati di base e indicazioni su frequenze sismiche	1:5.000	Ottobre 2013
<b>G.8</b>	Sezioni geologico-tecniche	1:2.000	Ottobre 2013
<b>G.9</b>	Carta delle MOPS	1:5.000	Ottobre 2013
<b>G.10</b>	Carta della pericolosità geologica	1:5.000	Ottobre 2013
<b>G.11</b>	Carta della pericolosità sismica	1:5.000	Ottobre 2013
	<b>Malmantile</b>		
<b>G.12</b>	Carta geologico-tecnica con ubicazione dati di base e indicazioni su frequenze sismiche	1:5.000	Ottobre 2013 <b>Agg. Marzo 2014</b>
<b>G.13</b>	Sezioni geologico-tecniche	1:2.000	Ottobre 2013
<b>G.14</b>	Carta delle MOPS	1:5.000	Ottobre 2013
<b>G.15</b>	Carta della pericolosità geologica	1:5.000	Ottobre 2013
<b>G.16</b>	Carta della pericolosità sismica	1:5.000	Ottobre 2013
	<b>Brucianesi</b>		
<b>G.17</b>	Carta geologico-tecnica con ubicazione dati di base e indicazioni su frequenze sismiche	1:2.000	Ottobre 2013
<b>G.18</b>	Sezioni geologico-tecniche	1:2.000	Ottobre 2013
<b>G.19</b>	Carta delle MOPS	1:2.000	Ottobre 2013

<b>G.20</b>	Carta della pericolosità geologica	<b>1:2.000</b>	<b>Ottobre 2013</b>
<b>G.21</b>	Carta della pericolosità sismica	<b>1:2.000</b>	<b>Ottobre 2013</b>
	<b>Ginestra Fiorentina</b>		
<b>G.22</b>	Carta geologico-tecnica con ubicazione dati di base e indicazioni su frequenze sismiche	<b>1:5.000</b>	<b>Ottobre 2013</b> <b>Agg. Marzo 2014</b>
<b>G.23</b>	Sezioni geologico-tecniche	<b>1:2.000</b>	<b>Ottobre 2013</b>
<b>G.24</b>	Carta delle MOPS	<b>1:5.000</b>	<b>Ottobre 2013</b>
<b>G.25</b>	Carta della pericolosità geologica	<b>1:5.000</b>	<b>Ottobre 2013</b>
<b>G.26</b>	Carta della pericolosità sismica	<b>1:5.000</b>	<b>Ottobre 2013</b>
<b>G.27</b>	Carta dei vincoli sovracomunali in materia idraulica (Autorità di Bacino Fiume Arno)	<b>1:10.000</b>	<b>Ottobre 2013</b>
<b>G.28</b>	Carta dei vincoli sovracomunali di cui al PTCP della Provincia di Firenze	<b>1:10.000</b>	<b>Ottobre 2013</b> <b>Agg. Marzo 2014</b>
<b>G.26</b>	Carta della pericolosità idraulica per le aree non oggetto di nuova modellazione quantitativa	<b>1:10.000</b>	<b>Ottobre 2013</b>
<b>G.A</b>	Allegato G.A – Dati di base – Sondaggi geognostici e pozzi		<b>Ottobre 2013</b>
<b>G.B</b>	Allegato G.B – Dati di base – Analisi geotecniche di laboratorio		<b>Ottobre 2013</b>
<b>G.C</b>	Allegato G.C – Dati di base – Prove penetrometriche		<b>Ottobre 2013</b>
<b>G.D</b>	Allegato G.D – Dati di base – Indagini sismiche		<b>Ottobre 2013</b>

Gli elaborati costituenti la “**sintesi delle conoscenze**” scritti **in nero** sono quelli del “quadro conoscitivo di riferimento” elaborato ed aggiornato rispetto al precedente supporto geologico al Piano Strutturale.

Gli elaborati costituenti le “**analisi ed approfondimenti**” evidenziati **in colore blu** consistono in elaborazioni di tematismi cartografici, realizzati in scala di maggior dettaglio (1:5.000 - 1:2.000) per le frazioni dettagliate nel sovrastante schema e prescelte dall’Amministrazione congiuntamente agli Istruttori del Genio Civile di Firenze e del Servizio Prevenzione Sismica della Regione Toscana, finalizzati alla acquisizione di conoscenze prodromiche alla realizzazione della carta della pericolosità sismica e geologica.

Gli elaborati costituenti le “**valutazioni di pericolosità**” evidenziati **in colore violetto** sono costituiti da:

- **Carta della pericolosità geologica** di nuovo allestimento, in attuazione del regolamento 53/R in scala 1:10.000 (Elab. G.6) e in scala 1:5.000 / 1:2.000 (elaborati G.10, G.15, G.20 e G.25). Su tali elaborati sono state, inoltre, riportate con apposita indicazione le aree classificate come P.F.4 e P.F.3 (“perimetrazione delle aree a pericolosità da frana” secondo le modifiche agli elaborati di PAI dell’ottobre 2004 che sono scaturite dall’istruttoria relativa, eseguita in ottemperanza agli artt. 27 e 32 delle stesse NTA di PAI nel 2013) codificate negli elaborati grafici di P.A.I. approvato con D.P.C.M. 6.5.2005 e pertanto soggette alle relative salvaguardie.
- **Carta della pericolosità sismica** realizzata in attuazione alle indicazioni tecniche dettate dal Regolamento Regionale n. 53/R e dagli ICMS.

Si precisa, inoltre, che in merito alle problematiche di carattere idraulico, relativo rischio di inondazione e definizione degli areali a pericolosità idraulica, si demanda, per le aree oggetto di modellazione idraulica, alla trattazione di altro Professionista all’uopo incaricato dall’Amministrazione Comunale.

Infine, occorre sottolineare che la cartografia realizzata nel presente adeguamento del supporto geologico – tecnico al piano strutturale concorre a formare il quadro conoscitivo del territorio in esame e risulta di fondamentale importanza per utilizzare lo stesso secondo il principio dello sviluppo sostenibile.

A questo scopo è importante evidenziare che tutta la cartografia tematica del Piano è georeferenziata nel sistema di riferimento Gauss Boaga, e perciò coerente con la topografia della Carta Tecnica Regionale scala 1:10.000 / 1:2.000. I dati tematici sono tutti vettoriali ed inseriti all'interno di una Banca Dati GIS facilmente interrogabile e aggiornabile, in ottemperanza a quanto richiesto nell'art. 28 della L.R. 1/2005; in particolare, i dati consegnati alla amministrazione comunale sono in formato sia "shape" che "pdf".

Le note illustrative, relative alle tavole elencate, sono contenute nel presente fascicolo **"G.0 - Relazione tecnica"**.

La documentazione riguardante i dati di base di compendio alle relative carte in scala 1:5.000 e 1:2.000 (tavole G.7, G.12, G.17 e G.22) è stata organizzata secondo il seguente schema:

<a href="#">Allegato G.A – Dati di base – Sondaggi geognostici e pozzi</a>
<a href="#">Allegato G.B – Dati di base – Analisi geotecniche di laboratorio</a>
<a href="#">Allegato G.C – Dati di base – Prove penetrometriche</a>
<a href="#">Allegato G.D – Dati di base – Indagini sismiche</a>
<b>Indagini sismiche in sito propedeutiche alla realizzazione della cartografia MOPS realizzate dalla Ditta P3 s.n.c</b>
<a href="#">Relazione generale sulle tipologie di indagine e strumentazione utilizzata</a>
<a href="#">Indagini sismiche a rifrazione – Allegato 1A - Elaborati</a>
<a href="#">Indagini sismiche a rifrazione – Allegato 1B - Sismogrammi</a>
<a href="#">Indagini HVSR - Allegato 2 - Elaborati</a>
<a href="#">Indagini Esac – Masw - Allegato 3 - Elaborati</a>

## 1. INQUADRAMENTO MORFOLOGICO GENERALE

Il territorio del Comune di Lastra a Signa si estende su di una superficie di circa 43,06 kmq.

Dal punto di vista morfologico si tratta di un paesaggio collinare con andamento relativamente omogeneo, anche se è possibile suddividere il territorio in due settori principali: una zona nord, caratterizzata da quote maggiormente elevate e che raggiungono circa i 227 m.s.l.m. nella zona di Il Poggio, e una zona sud caratterizzata da colline più dolci, le cui quote non superano i 150 m.s.l.m..

Tale sistema collinare degrada verso i rispettivi fondovalle del Fiume Arno a nord e del Torrente Pesa a sud. Questi corsi d'acqua segnano inoltre il limite amministrativo con i comuni di Signa, Carmignano e Capraia e Limite sul lato settentrionale e con il comune di Montelupo Fiorentino sul lato sud-occidentale.

Riguardo all'aspetto idrografico, il principale corso d'acqua è il Fiume Arno che delimita l'intero confine nord-occidentale. Altro corso d'acqua di rilievo è il Torrente Pesa, affluente in riva sinistra dell'Arno a cui seguono per importanza affluenti in ordine gerarchico decrescente. Il regime dei corsi d'acqua che interessano l'ambito comunale risulta di tipo torrentizio. Si hanno notevoli portate durante la stagione piovosa ed in occasione di intense precipitazioni, mentre durante la stagione estiva le portate si riducono notevolmente fino a mostrare in taluni casi condizioni di completa assenza d'acqua.

## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO e GEOMORFOLOGICO GENERALE

Il territorio comunale di Lastra a Signa risulta particolarmente interessante e complicato dal punto di vista geologico. Infatti è caratterizzato dalla presenza di terreni appartenenti a unità diverse che sono stati coinvolti in movimenti di sovrascorrimento legati alla orogenesi appenninica.

Il territorio del Comune di Lastra a Signa è collocato ai piedi della porzione meridionale della dorsale del Monte Albano che, da un punto di vista strutturale, consiste in una grossa piega coricata, antiforme, vergente verso NE e con asse orientato in direzione NO-SE.

Dal punto di vista geologico il territorio comunale si può dividere, in maniera schematica, in due zone, una settentrionale caratterizzata dalla presenza di rocce appartenenti alla Falda Toscana e alle Unità Liguri (Unità di Monte Morello), (cfr. figura 1, indicate in carta rispettivamente con i colori di tonalità marrone e di verde), e l'altra meridionale con presenza di terreni dei depositi continentali villafranchiani, evidenziati con toni di giallo-arancio in figura 1.

Per quanto riguarda i depositi alluvionali, questi sono presenti in maniera diffusa in tutto il territorio, sia lungo il corso del Fiume Arno nella zona settentrionale, che nella zona meridionale, lungo il corso del torrente Pesa, oltre che lungo i corsi d'acqua del reticolo minore.

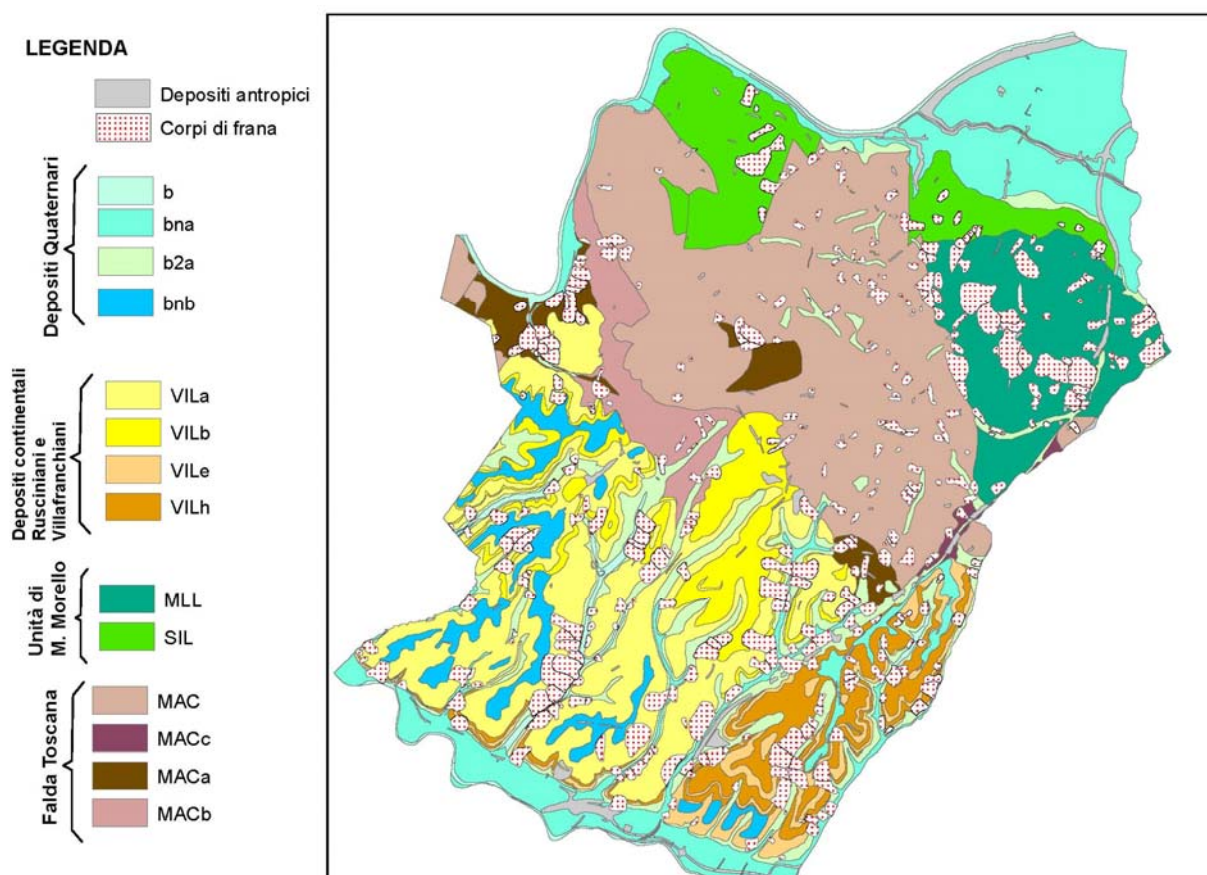


Fig. 1 – Inquadramento geologico del territorio comunale di Lastra a Signa

Al fine di collocare correttamente da un punto di vista geologico-strutturale l'area, saranno riportate brevemente alcune informazioni riguardo la storia geologica di questa parte dell'Appennino Settentrionale.



Le rocce più antiche affioranti nell'area in esame sono quelle appartenenti alle unità del Dominio Ligure, in particolare alle formazioni cretacio-eoceniche del Dominio Ligure Esterno (Unità di Monte Morello) che giacciono in discordanza sui depositi torbiditici oligo-miocenici della Falda Toscana (Dominio Toscano), a seguito del sovrascorrimento e sovrapposizione in età miocenica (medio-superiore) delle Unità Liguri e Sub-Liguri sui terreni appartenenti alla Falda Toscana.

In particolare, nel settore di interesse le formazioni cretacio-eoceniche dell'Unità di Monte Morello sono caratterizzate dalla Formazione di Sillano, costituita dall'alternanza di prevalenti argilliti, calcilutiti, marne calcaree e argillitiche e livelli arenacei e calcarenitici, e dalla Formazione di Monte Morello, flysch carbonatico costituito da prevalenti calcari marnosi, calcari micritici, marne e subordinati livelli argillitici.

Per quanto riguarda le formazioni torbiditiche oligo-mioceniche della Falda Toscana, affiorano le litologie appartenenti alla formazione del Macigno nelle sue varietà di litofacies, da quella arenaceo torbiditica con intercalazioni pelitico siltitiche, a quella olistostromica caratterizzata da brecce argillose e calcaree in matrice argillitica.

Alla fase compressiva ne è succeduta una distensiva in seguito alla quale si è instaurata la nuova ingressione marina pliocenica, con la deposizione di sedimenti di origine marina e transizionale del Pliocene medio. Questi giacciono in discordanza sui terreni miocenici testimoniando che precedentemente alla loro deposizione, è avvenuta, in un periodo a cavallo tra il Miocene inferiore e il Pliocene inferiore, una fase compressiva (a cui è legata la piega coricata di M. Albano) che ha causato l'emersione e l'erosione del substrato litoide.

Nei settori vallivi alle suddette formazioni si sovrappongono i terreni recenti di copertura costituiti dai depositi eluvio-colluviali, dalle alluvioni recenti, terrazzate e non e dai depositi alluvionali attuali.

In particolare il settore in esame è caratterizzato principalmente dalla presenza di depositi alluvionali recenti, terrazzati o non terrazzati, costituiti da ciottolami in matrice limoso-sabbiosa con tessitura da clasto a matrice sostenuta, ghiaie, sabbie e limi talora variamente pedogenizzati e di depositi eluvio-colluviali, costituiti da materiale con elementi eterometrici prevalentemente fini in abbondante matrice sabbioso-limosa, derivanti da trasporto per ruscellamento.

In corrispondenza dei settori arginali si ha la presenza di terreni antropici di riporto.

Da un punto di vista geomorfologico l'areale di interesse è talora interessato sia da forme e processi di erosione idrica e del pendio, sia da forme e processi dovuti a gravità, nonché da forme di origine artificiale (antropica).

Per quanto riguarda la prima tipologia sono presenti forme di denudazione ed erosione (orlo di scarpata fluviale o di terrazzo, orlo rimodellato di scarpata o debole rottura di pendio aree soggette ad erosione superficiale). Tra le forme e i processi dovuti a gravità si ha la presenza di forme di denudazione (frane di limitata estensione e aree instabili per soliflusso generalizzato). Infine si hanno forme antropiche (artificiali) costituite da orli di scarpata di origine antropica, argini artificiali, rilevati stradali e ferroviari, cave inattive e corpi d'acqua.

In particolare nel settore in corrispondenza del corso del Fiume Arno, Torrente Vingone e Fosso di Rimaggio vi è la presenza di argini artificiali, mentre le sponde degli altri corsi d'acqua sono, per lo più, interessate dalla presenza di orli di scarpate fluviali.

Di rilevanza la presenza di rilevati stradali di origine antropica.

## **2. CARTA GEOLOGICA e GEOLOGICO-TECNICA**

La carta geologica (elaborato G.1 su base cartografica CTR) è stata realizzata sull'intera estensione del territorio comunale in scala 1:10.000.

La carta litologico-tecnica (su base cartografica CTR in scala 1:5.000 / 1:2.000) è stata realizzata, per i centri urbani oggetto di approfondimenti (Capoluogo – Ponte a Signa - Porto di Mezzo, Brucianesi, Ginestra Fiorentina e Malmantile - Quattro Strade), riportando contemporaneamente su un unico elaborato sia i caratteri geologico-strutturali, che gli aspetti geomorfologici riscontrati e rilevati nelle aree oggetto di studio. L'analisi congiunta degli aspetti geologici e geomorfologici risulta, infatti, fondamentale per la definizione delle aree suscettibili di amplificazione sismica e di instabilità.

I dati geologici e geomorfologici sono stati estrapolati, come indicato nelle specifiche tecniche regionali e nazionali, sia da precedenti studi già eseguiti nel comprensorio comunale di Lastra a Signa, che da nuovi originali rilevamenti di dettaglio appositamente eseguiti nel corso del presente studio.

Per quanto riguarda il reperimento bibliografico di studi geologici e geomorfologici pregressi, ci si è riferiti alle seguenti indagini:

- Cartografia C.A.R.G. Regione Toscana (compresi originali d'Autore) – Continuum Territoriale Geologico della Regione Toscana;
- Carta geologica e geomorfologica di supporto al Piano Strutturale di Lastra a Signa (Geo Eco Progetti, 2000-2001);
- Studi geologici e geomorfologici di dettaglio di supporto alla progettazione di opere pubbliche e private;
- Progetto IFFI (ISPRA);
- Banca dati regionale S.I.R.A. e Provincia di Firenze Servizio Acque (Mappa pozzi e derivazioni) e ISPRA per i pozzi idrici.

Tutti i dati reperiti sono stati fra loro confrontati e "validati" mediante mirati percorsi di sopralluogo e rilevamenti originali.

A corredo delle carte geologiche e geologico-tecniche, per ciascun centro urbano di interesse, sono state realizzate alcune sezioni geologiche rappresentative del modello geologico del sottosuolo. Tali sezioni sono state tracciate in modo tale da intersecare gli elementi strutturali e geomorfologici più rappresentativi anche in funzione delle condizioni di rischio sismico, nonché i rapporti stratigrafici più significativi per la valutazione della suscettibilità all'amplificazione sismica. Ciò ha permesso di rappresentare non solo il modello geologico-stratigrafico e strutturale locale, ma anche di mettere in evidenza le principali criticità legate al profilo dei versanti (scarpate con  $h = 10-20$  m o  $h > 20$  m, picchi isolati, zone di cresta, inclinazioni pendii elevate).

### **2.1 DESCRIZIONE DELLE FORMAZIONI**

Lo studio geologico dei principali centri urbani del territorio comunale di Lastra a Signa, ha evidenziato la presenza delle seguenti unità geologiche (età crescente dall'alto verso il basso):

#### **Depositi antropici**

Sono terreni di origine antropica (h) individuati nelle aree urbane dei centri abitati.

## **Depositi quaternari**

Sono costituiti dalle coltri detritiche riconducibili a:

- Frane (af)
- depositi alluvionali attuali (b) (Olocene)
- depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati (bna) (Olocene)
- depositi eluvio-colluviali (b2a) (Olocene)

I depositi alluvionali attuali (b) sono i depositi dei letti fluviali attuali, soggetti ad evoluzione, attraverso processi fluviali ordinari, costituiti da sabbie, limi e ghiaie e da depositi prevalentemente limoso sabbiosi nel caso delle piane alluvionali minori.

I depositi alluvionali recenti, terrazzati o non terrazzati (bna) sono riconducibili a depositi di piana alluvionale, costituiti prevalentemente da ciottolati in matrice limoso-sabbiosa, ghiaie, sabbie e limi talora variamente pedogenizzati.

I corpi di frana sono costituiti da elementi eterometrici prevalentemente grossolani, dispersi in matrice sabbiosa e si trovano accumulati lungo i versanti per gravità.

I depositi eluvio-colluviali (b2a) sono costituiti da elementi eterometrici a granulometria minore del detrito di versante, in abbondante matrice sabbioso-limosa, derivanti dall'alterazione del substrato ed accumulati in posto dopo breve trasporto per ruscellamento e per gravità.

## **Depositi del Pleistocene Medio - Superiore**

### **- Depositi alluvionali terrazzati (bnb)**

Ghiaie, sabbie e limi dei terrazzi fluviali. Si tratta di depositi alluvionali terrazzati caratterizzati dalla presenza, in successione stratigrafica, di alternanze di ghiaie, sabbie e limi. Tali depositi si trovano morfologicamente sopraelevati rispetto all'attuale alveo dei corsi fluviali (*Pleistocene medio – Pleistocene superiore*).

## **DEPOSITI CONTINENTALI RUSCINIANI E VILAFRANCHIANI**

### **- Limi argilloso-sabbiosi e argille limoso sabbiose (VILh) (Rusciniano-Villafranchiano)**

Limi e argille limose da giallastre a grigio azzurre, generalmente massive, contenenti arricchimenti di sostanza organica e sparsi molluschi polmonati.

### **- Sabbie e conglomerati (VILe) (Rusciniano-Villafranchiano)**

Ciottoli polimodali a tessitura prevalentemente clasto-sostenuta con abbondante matrice sabbioso-limosa e subordinate sabbie medio-grossolane, talora a laminazione piana o inclinata.

### **- Sabbie e sabbie argillose (VILb) (Rusciniano-Villafranchiano)**

Sabbie medio-fini e limi sabbioso argillosi giallastri massivi, talora laminati piani, di ambiente alluvionale.

### **- Conglomerati (VILa) (Rusciniano-Villafranchiano)**

Ciottoli polimodali a tessitura prevalentemente clasto-sostenuta con abbondante matrice sabbioso-limosa e subordinate sabbie medio-grossolane, talora a laminazione piana o inclinata.

## **DOMINIO LIGURE ESTERNO – UNITA' DI MONTE MORELLO**

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

Si tratta di un'alternanza di marne giallo-brune con frattura a saponetta, calcari marnosi bianco-giallastri a grana finissima e frattura concoide, argilliti ed argilliti marnose grigie, arenarie calcarifere micacee avana e rare calcareniti

biancastre, di natura torbiditica (talora la base degli strati è calcarenitica). Localmente sono presenti liste di selce nera. Lo spessore degli strati varia da pochi centimetri ad alcuni metri. Verso la base è presente talora una litofacies prevalentemente marnosa con colorazioni che variano dal rosa al verdastro e con rare intercalazioni di marne argillose brune.

Il passaggio alla sottostante Formazione di Sillano avviene in modo brusco con la comparsa di argilliti nere e brune. La natura di tale passaggio è incerta: in vari casi potrebbe essere stratigrafica ma in altri la netta discordanza angolare tra le due formazioni e la presenza di un certo grado di tettonizzazione nella Formazione di Sillano farebbe supporre una natura tettonica.

- Formazione di Sillano (SIL) (*Cretaceo superiore. – Eocene inferiore*)

Argilliti e siltiti fogliettate, grigio scure, nerastre, rosse, marroni e verdastre, alternate a strati calcarei, calcarenitici e calcareo-marnosi torbiditici a grana fine, talora litografici, da sottili a molto spessi, di colore nocciola o giallastri all'alterazione, grigio chiari al taglio, talvolta con patina verdastra. Frequenti strati gradati calcarenitici da medio-fini a grossolane grigio-scuri, marroni all'alterazione. I livelli calcarei si presentano spesso con fatturazione ad incudine.

## **DOMINIO TOSCANO – FALDA TOSCANA**

Macigno – Litofacies arenacea medio-grossolana (MAC) (*Oligocene medio/superiore – Miocene inferiore*)

Arenarie torbiditiche quarzoso-feldspatico-micacee, spesso gradate, di colore grigio, marroni giallastre per alterazione, a granulometria generalmente da media a grossolana, in strati di spessore fino a 4,0 m con intercalazioni centimetrico-decimetriche di peliti siltose color grigio scuro. Nella porzione superiore risultano relativamente comuni anche intercalazioni decimetriche-metriche di calcilutiti marnose, marne calcaree e di argilliti nerastre.

Macigno – Litofacies arenacea medio-fine (MACb) (*Oligocene medio/superiore – Miocene inferiore*)

Arenarie torbiditiche quarzoso-feldspatico-micacee, di colore grigio, marroni giallastre per alterazione, a granulometria generalmente da media a fine, in strati di spessore decimetrico, con intercalazioni centimetrico-decimetriche di peliti siltose color grigio scuro.

Macigno – Litofacies olistostromica (MACa) (*Oligocene superiore – Miocene inferiore*)

Sono corpi lenticolari, generalmente allungati, intercalati stratigraficamente alle altre normali litofacies rappresentati da breccie argillose ad elementi calcarei micritici e siltitici in matrice argillitica da bruna ad ocracea. Si presentano intercalati nella porzione superiore del Macigno.

Per quanto riguarda la loro messa in posto, il meccanismo principale è la gravità, e richiede un'intensa frammentazione delle rocce e una liquefazione del materiale pelitico, spesso proveniente da formazioni ancora poco litificate.

Marne di San Polo (MACc) (*Oligocene medio/superiore – Miocene inferiore*)

Marne e marne siltose grigie o grigio giallastre a frattura scheggiata, con intercalazioni di siltiti ed arenarie fini torbiditiche. Generalmente si rinvencono nella porzione superiore della formazione del macigno e sono generalmente associate al tetto degli olistostromi.

### 3. GEOMORFOLOGIA E RISCHIO PER INSTABILITA' DEI VERSANTI

Il territorio del comune di Lastra a Signa è, come già accennato, caratterizzato dalla presenza di zone mediamente acclivi accanto ad altre dalla morfologia decisamente più dolce; queste differenze, così come le diverse forme prodotte dagli agenti esogeni ed endogeni, sono in relazione alla diversa natura del substrato geologico.

L'indagine geomorfologica si propone, attraverso un'analisi delle forme del paesaggio, di individuare i processi morfogenetici che agiscono nell'area e che nel loro insieme costituiscono la dinamica morfologica.

Senza dubbio questa caratterizzazione fornisce un'ampia gamma di informazioni (dagli aspetti puramente fisici all'assetto delle forme naturali ed antropiche), ma nell'ambito della pianificazione territoriale lo scopo da perseguire è quello di valutare i processi di maggiore rilievo e la loro influenza sull'ambiente.

E' importante sottolineare che dalla lettura geomorfologia del territorio si devono ricavare non solo le informazioni sulle situazioni di degrado in atto, ma anche le correlazioni fra i vari elementi del paesaggio, che consentono di prevedere le dinamiche evolutive dell'ambiente.

La potenzialità previsionale geomorfologica deve venire usata e sviluppata nel modo più opportuno per ottenere una migliore gestione del territorio.

Lo studio geomorfologico del territorio, infatti, fornisce una grande quantità di informazioni utili per valutare lo stato della dinamica morfologica dell'area e per prevedere la sua evoluzione nel periodo immediatamente successivo allo studio stesso.

La carta geomorfologica (Elab. G.2) è stata redatta in scala 1:10.000 in base ad osservazioni stereoscopiche di aerofotogrammi diacronici relativi a differenti voli eseguiti in periodi successivi a partire dal 1982, congiuntamente all'analisi critica dei documenti presenti per l'area di interesse, la comparazione tra dati provenienti da diverse fonti e in base alla verifica puntuale mediante il rilevamento sul campo.

I documenti presi in esame consistono nelle cartografie del piano strutturale vigente al momento dei rilievi, i dati geomorfologici forniti dal Servizio Geologico – ISPRA, la banca dati frane ed i dati geomorfologici della Regione Toscana (BD\_Frane, BD\_Geom), la banca dati frane ISPRA (Progetto IFFI), i dati relativi al “Censimento delle aree in dissesto da frana” di recente allestimento da parte della Autorità di Bacino del F. Arno.

Le notazioni ricavate dalla fotointerpretazione e dall'analisi critica dei dati bibliografici sono state verificate in campagna ed integrate a mezzo rilevamento geomorfologico

Prima di passare all'analisi dei processi morfogenetici ed alle relative forme, è opportuno specificare la distinzione che è stata adottata in cartografia per quanto riguarda le forme attive e quiescenti e le forme inattive. E' da sottolineare che la chiave interpretativa adottata è stata scelta in base agli obiettivi da raggiungere, ossia ottenere uno strumento valido per valutare lo stato del territorio ed individuare dove intervenire per risanare o prevenire eventuali dissesti e dove, invece, prevedere nuove espansioni urbanistiche.

Per **fenomeni attivi** si intendono quelli in continua evoluzione, le cui dinamiche e modificazioni possono essere registrate in breve intervallo temporale; si tratta quindi di fenomeni che non hanno raggiunto condizioni di equilibrio. Questi possono alternare periodi di massima dinamica a periodi di inattività temporanea generalmente legati al ciclo stagionale. Si citano ad esempio l'azione erosiva delle acque incanalate, oppure fenomeni legati alla dinamica gravitativa sui versanti del tipo "soliflusso", che mostrano diversa velocità nei vari periodi dell'anno.

Le **forme "quiescenti"** sono quelle la cui evoluzione non è legata al ciclo stagionale, ma si sviluppa secondo tempi di ricorrenza più lunghi. Infatti tali fenomenologie, pur non avendo raggiunto una situazione di equilibrio o stabilità, possono rimanere temporaneamente inattive anche per lunghi periodi come nel caso delle “paleofrane con tracce di

instabilità". Gran parte di tali frane non ha subito sostanziali evoluzioni negli ultimi anni, ma è facilmente prevedibile che riverificandosi eventi meteorici con precipitazioni superiori alla media, si possano verificare riprese nell'attività dinamica di tali frane. Tali forme, durante il periodo di inattività, mostrano comunque indicatori tali da far ritenere una più o meno prossima ripresa del movimento.

Le **forme "inattive"** comprendono quelle fenomenologie che hanno raggiunto uno stato di equilibrio tale da far ritenere improbabili nuove evoluzioni in senso dinamico. Per tali forme non è quindi più attivo il processo morfogenetico che le ha innescate, né esistono indizi tali da far prevedere una successiva dinamica evolutiva, se non in seguito all'insorgere di nuovi fattori scatenanti.

Sulla carta geologico tecnica sono stati riportati tutti quei fenomeni geomorfologici che possono avere una particolare importanza ai fini dell'analisi della stabilità delle aree in esame e della valutazione degli effetti della risposta sismica locale.

In particolare sono state individuate:

- *forme, processi e depositi gravitativi di versante;*
- *forme, processi e depositi per acque correnti superficiali;*
- *forme, processi e depositi antropici e manufatti.*

Le principali forme di pendio comprendono le superfici e le scarpate di origine strutturale o litologica, le scarpate di degradazione, i ruscellamenti diffusi, i movimenti franosi, distinti ove possibile nelle varie parti che li compongono (nicchia di distacco, corpo della frana e zona di accumulo) ed i movimenti di massa generalizzati.

Si procede ad una breve descrizione sistematica.

#### **Forme, processi e depositi gravitativi di versante**

##### **Movimenti franosi**

Sono stati suddivisi nelle parti che li compongono: nicchia di distacco/coronamento di frana/scarpata di frana, corpo della frana, zona d'accumulo. La nicchia di distacco o corona di frana, di facile individuazione in carta perché caratterizzata quasi sempre da una forma arcuata, separa a monte del fenomeno la massa in frana da quella stabile con esposizione del substrato; il corpo della frana è costituito dall'insieme dei terreni mobilizzati sottostanti la zona di distacco fino alla zona d'accumulo; la zona d'accumulo presenta struttura caotica e forma variabile a seconda della tipologia del processo e delle caratteristiche litologiche dei terreni coinvolti.

Per quanto concerne la dinamica sono state individuate:

- a) frane attive (**F**);
- b) paleofrane con tracce di instabilità o frane quiescenti (**Fq**) che evidenziano fenomeni gravitativi avvenuti in tempi passati e che mostrano chiari segni di instabilità quali contropendenze e rotture di pendio;
- c) paleofrane o frane antiche stabilizzate (**Fs**) avvenute in tempi passati, riconoscibili per la loro morfologia, ma tali da poter essere considerate al momento non attive. L'equilibrio così raggiunto può essere turbato, specie in funzione dei terreni presenti, da interventi antropici di modifica dei profili.

### **Aree molto instabili per franosità diffusa**

Sono zone in cui è stata rilevata la presenza di più fenomeni franosi di svariata dimensione e tipologia; si è pertanto provveduto alla delimitazione del settore comprendente tutti i fenomeni in atto (**Fd**).

### **Movimenti di massa generalizzati e/o soliflussi**

Sono stati individuati su tratti di versante con evidenti indizi di instabilità (dossi, contropendenze, lacerazioni, ecc.) talvolta singolarmente cartografabili, ma in altri casi interessanti anche vaste porzioni di versante. Mobilizzano, generalmente, limitati spessori di coltre alteritica e/o livelli di terreno coltivo. Talora sono innescati o favoriti da intensa attività antropica.

### **Forme, processi e depositi per acque correnti superficiali**

#### **Ruscellamento diffuso**

Forme dovute ad erosione idrica superficiale in rigagnoli o foliare, periodicamente obliterate da pratiche agricole; si innescano nella parte superiore e mediana degli stessi e provocano un progressivo assottigliamento del suolo. A seconda dell'intensità e della diffusione areale caratterizzano "aree soggette ad erosione profonda" o settori "soggetti ad erosione superficiale".

#### **Erosione lineare o incanalata**

Incisioni vallive con versanti ripidi e simmetrici, generalmente prive di depositi alluvio-colluviali, sede di deflusso di acque sia permanente che temporaneo che mostrano incisioni in continuo approfondimento.

#### **Orli di terrazzo o ripe d'erosione**

Brusche rotture di pendio al margine di superfici terrazzate; indicano fenomeni erosivi fluviali in terreni alluvionali più antichi.

#### **Erosioni laterali di sponda**

Attività erosive esercitate dai corsi d'acqua sulle sponde, in particolare in corrispondenza delle anse; tali processi possono causare, a lungo andare, crolli di entità cospicua in aree ritenute ad alta stabilità perché pianeggianti.

#### **Alveo con tendenza all'approfondimento (erosione incanalata)**

Incisioni vallive con versanti ripidi e simmetrici, generalmente prive di depositi alluvio-colluviali, sede di deflusso di acque sia permanente che temporaneo che mostrano incisioni in continuo approfondimento.

### **Forme, processi e depositi antropici e manufatti**

#### **Le forme ed i processi antropici**

Si tratta di forme dovute all'azione dell'uomo sul territorio, quindi rientrano in questa categoria un'ampia gamma di interventi: cave attive o inattive, dighe, rilevati e laghetti artificiali e in generale tutte le aree che per una qualsiasi ragione sono state manipolate dall'uomo.

#### 4. CARTA LITOLOGICO-TECNICA

Questa carta tematica (Elab. G.3) è stata realizzata accorpando i terreni che possono manifestare comportamento meccanico omogeneo in “unità litotecniche” distinte. Per cui sono stati raggruppati nella stessa unità litotecnica quei litotipi che presentano caratteristiche tecniche simili, indipendentemente dalla formazione geologica a cui appartengono, dalla posizione stratigrafica, dai relativi rapporti geometrici, seguendo quindi solamente il criterio del comportamento meccanico omogeneo.

La cartografia litotecnica in scala 1:10.000 è stata realizzata attraverso l’analisi critica dei documenti presenti per l’area di interesse e la comparazione tra dati provenienti da diverse fonti, tra cui i risultati delle indagini geognostiche disponibili sul territorio, in combinazione con la carta geologica a scala 1:10.000.

La suddivisione delle classi litotecniche è stata effettuata secondo i criteri descritti dal progetto regionale VEL-DOCUP in ottemperanza alle indicazioni delle ICMS 2008.

La cartografia allestita per il presente supporto riporta una legenda parzialmente modificata rispetto a quella indicata dal progetto regionale VEL-DOCUP in quanto quest’ultima mostra in certi punti una bassa variazione di tonalità per la descrizione delle molteplici classi litotecniche con conseguente difficoltà per l’utente di lettura ed interpretazione della carta.

Di seguito viene riportata, per semplicità di comprensione, la legenda modificata:

##### *UNITA' LITOLOGICO-TECNICA: A*

MATERIALE, LAPIDEO COSTITUITO DA UNICO  
LITOTIPO NON STRATIFICATO

L'U.L.T. comprende le rocce lapidee massicce.



A - Rocce non stratificate o con bancate di spessore superiore a 3 mt.

Es: Calcare Massiccio, Basalto, Granito, ecc.

##### *STRUTTURA DELL'AMMASSO*






UNITA' LITOLOGICO-TECNICA: B

MATERIALE LAPIDEO STRATIFICATO O COSTITUITO  
DA ALTERNANZE DI DIVERSI LITOTIPI

L'U.L.T. comprende sia le rocce stratificate (**B1**, **B2**), che quelle costituite da alternanze ordinate di livelli lapidei e livelli pelitici (con contrasto di competenza) (**B3**, **B4**, **B5**), nonché quelle costituite da alternanze disordinate (caotiche) (**Bc**)

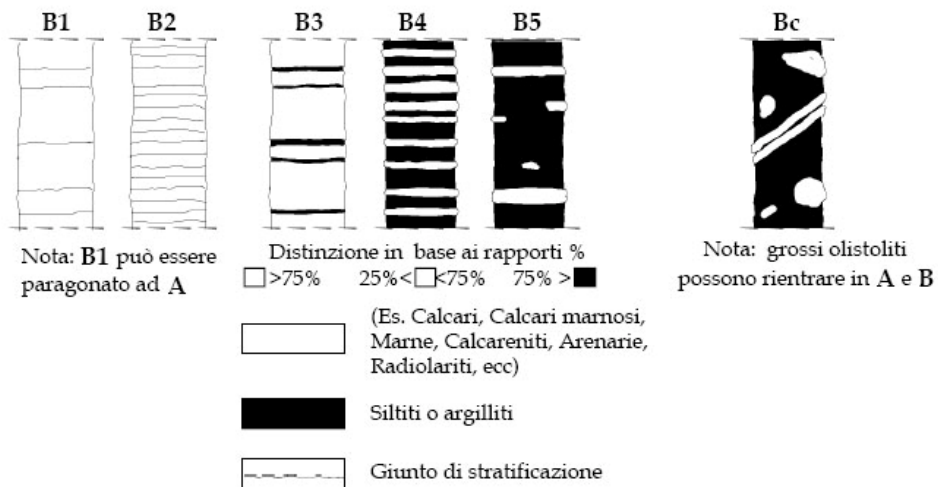
Le rocce pelitiche ricadono nella U.L.T. **B5**

 **B** - Rocce stratificate e/o costituite da alternanze di litotipi diversi.

STRUTTURA DELL'AMMASSO

STRUTTURALMENTE ORDINATI

STRUTTURALMENTE DISORDINATI




#### UNITA' LITOLOGICO-TECNICA: C

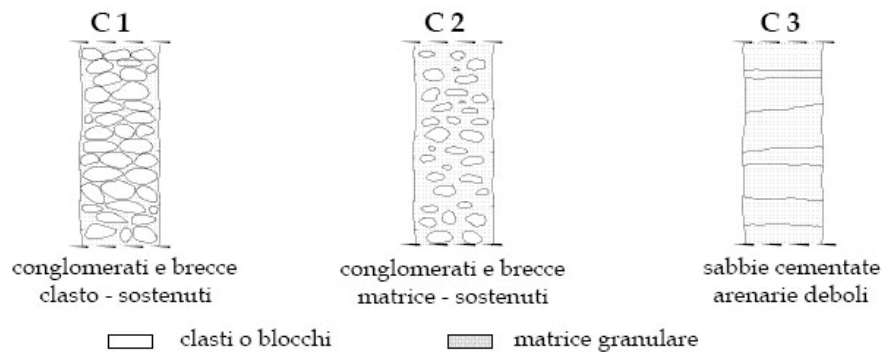
##### MATERIALI GRANULARI CEMENTATI

In questa U.L.T. sono comprese rocce e rocce deboli costituite da materiale prevalentemente granulare con grado di cementazione medio basso, che presentano caratteristiche intermedie fra quelle delle rocce e quelle dei terreni in s.s.; Possono rientrare in questa U.L.T. anche le rocce lapidee intensamente degradate ed alterate (es. blocchi di arenaria "Macigno" in matrice sabbiosa residuale poco cementata).

Le breccie ed i conglomerati ad elevato grado di cementazione possono essere considerati rocce lapidee e pertanto ricadono nell'U.L.T. A. Le arenarie molto cementate ricadono nell'U.L.T. A o B. Le sabbie ed il detrito grossolano non cementato ricadono, fra i materiali di copertura, nell'U.L.T. E. Il limite fra l'U.L.T. C e l'U.L.T. E può essere considerato convenzionalmente corrispondente ad un numero di colpi della prova Spt uguale a 50.

 C - Breccie conglomerati e sabbie con medio grado di cementazione

##### STRUTTURA DELL'AMMASSO




#### UNITA' LITOLOGICO-TECNICA: D

##### MATERIALI COESIVI CONSISTENTI

In questa U.L.T. sono compresi i terreni coesivi con consistenza elevata. La consistenza può essere stimata mediante prove manuali o mediante misura della resistenza alla penetrazione con penetrometro tascabile e/o scissometro.

Le argilliti e le siltiti ricadono nella U.L.T. B. Le argille e i limi poco consistenti ricadono nell'Unità F. Il limite tra U.L.T. D e U.L.T. F può essere considerato convenzionalmente corrispondente ad un valore di resistenza a compressione uniaassiale (non drenata) pari a 250 kPa.

##### GRANULOMETRIA DOMINANTE

 D - Argille e limi

Ove sia possibile è opportuno distinguere le due granulometrie.

 D 1 - Limi

 D 2 - Argille

#### UNITA' LITOLOGICO-TECNICA: E




##### MATERIALI GRANULARI NON CEMENTATI O POCO CEMENTATI

In questa U.L.T. sono compresi i terreni con stato di addensamento da addensato a sciolto costituite da materiale prevalentemente granulare non cementato o con lieve grado di cementazione.

Per le diverse granulometrie può essere valutato lo stato di addensamento mediante prove manuali.

Le sabbie, le breccie ed i conglomerati con grado di cementazione medio basso ricadono nell'U.L.T. C. Il limite fra l'U.L.T. C e l'U.L.T. E può essere considerato convenzionalmente corrispondente ad un numero di colpi della prova Spt uguale a 50.

##### GRANULOMETRIA DOMINANTE

-  **E 1** - Ciottoli e blocchi  
(elementi lapidei di dimensioni medianti > 60 mm)
-  **E 2** - Ghiaie  
(elementi lapidei compresi medianti tra 2 - 60 mm)
-  **E 3** - Sabbie  
(granuli di dimensioni comprese tra 2 mm. e 0,06 mm)

#### UNITA' LITOLOGICO-TECNICA: F


##### MATERIALI CON CONSISTENZA LIMITATA O NULLA

In questa U.L.T. sono compresi i terreni coesivi a bassa consistenza.



La consistenza può essere stimata mediante prove manuali o mediante la misura della resistenza alla penetrazione con penetrometro e/o scissometro tascabile.

I terreni a consistenza elevata sono classificati nell'U.L.T. D. Il limite tra U.L.T. D e U.L.T. F può essere considerato convenzionalmente corrispondente ad un valore di resistenza a compressione uniassiale (non drenata) pari a 250 kPa.

##### GRANULOMETRIA DOMINANTE

-  **F** - Limi e Argille

Ove sia possibile è opportuno distinguere le due granulometrie.

-  **F 1** - Limi
-  **F 2** - Argille

Proprietà fisiche			
Terre/rocce sciolte (U.L.T. C, D, E, F)			
STATO DI ADDENSAMENTO (terreni granulari)			
Suffisso	N(Spt)	Descrizione	Prove manuali
a 1	30 - 50	Addensato	Non è sufficiente la pala per scavarlo
a 2	10 - 30	Moderatamente addensato	Può essere scavato con la pala con molta difficoltà
a 3	4 - 10	Poco addensato	Può essere scavato con la pala con difficoltà
a 4	< 4	Sciolto	Può essere scavato con la pala

STATO DI CONSISTENZA (terreni coesivi)			
Suffisso	Resistenza penetrometro tascabile	N(Spt)	Descrizione Prove manuali
s 1	> 500 kPa	> 30	TERRENO COESIVO ESTREMAMENTE CONSISTENTE Può essere scalfito con difficoltà con l'unghia del pollice
s 2	250 - 500 kPa	15 - 30	TERRENO COESIVO MOLTO CONSISTENTE Può essere scalfito con l'unghia del pollice. Non può essere modellato con le dita
s 3	100 - 250 kPa	8 - 15	TERRENO COESIVO CONSISTENTE Non può essere modellato con le dita
s 4	50 - 100 kPa	4 - 8	TERRENO COESIVO MODERATAMENTE CONSISTENTE Può essere modellato solo con forte pressione delle dita
s 5	25 - 50 kPa	2 - 4	TERRENO COESIVO POCO CONSISTENTE Può essere facilmente modellato con le dita
s 6	< 25 kPa	< 2	TERRENO COESIVO PRIVO DI CONSISTENZA Cede acqua se compresso con le dita

TESSITURA (terreni granulari e coesivi)	
Suffisso	Descrizione
t 1	presenza di frammenti di dimensioni maggiori
t 2	presenza di frazione sabbiosa
t 3	presenza di frazione interstiziale coesiva, ma non sufficiente ad alterare il carattere granulare globale del terreno
t 4	presenza di materiale torboso

Ad integrazione della descrizione geologica relativa a ciascuna formazione, individuata e distinta nelle zone di studio, è stata quindi definita la classe di appartenenza ad “unità litologico-tecnica – U.L.T.” secondo le indicazioni formulate dal Programma VEL.

Le "unità litologico tecniche", cui si fa riferimento per le formazioni geologiche riscontrate nelle aree indagate, sono state distinte in gruppi principali in base alle diverse successioni di terreni che li caratterizzano uniformandosi alla “*Legenda per la definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.)*” del programma regionale VEL “*Istruzioni tecniche per le indagini geologiche, geofisiche, geognostiche e geotecniche per la valutazione degli effetti locali nei comuni classificati sismici della Toscana*”.

Di seguito si riporta brevemente la descrizione delle varie “unità litologico-tecniche” con il dettaglio delle varie formazioni geologiche che a ciascuna di esse si è ritenuto far corrispondere.

#### **Unità litologico tecnica B**

Si tratta di materiali lapidei stratificati o costituiti da alternanze di diversi litotipi con rapporto lapideo/pelite variabile. Questo raggruppamento comprende una unità litologico tecniche cartografate secondo i seguenti criteri:

- **Unità litologico-tecnica B3:** alternanze ordinate di livelli lapidei e pelitici, con materiale lapideo > 75%. Sono riconducibili a tale unità le formazioni geologiche del Macigno in facies arenacea a granulometria da media a grossolana (MAC), dello stesso Macigno in facies arenacea a granulometria da media a fine (MACb),

- **Unità litologico-tecnica B4:** alternanze ordinate di livelli lapidei e pelitici, con materiale pelitico compreso tra 25% e 75%. Sono riconducibili a tale unità le formazioni geologiche delle Marne di San Polo (MACc) e della Formazione di Monte Morello (MLL).
- **Unità litologico-tecnica B5:** alternanze ordinate di livelli lapidei e pelitici, con materiale lapideo < 75%. Ne fa parte l'unità geologica della Formazione di Sillano (SIL).
- **Unità litologico-tecnica Bc:** alternanze disordinate di livelli lapidei e pelitici. Ne fa parte la litofacies olistostromica della formazione del Macigno (MACa).

#### **Unità litologico tecnica C**

Si tratta di materiali granulari cementati. In questa U.L.T. sono comprese rocce e rocce deboli costituite da materiale prevalentemente granulare con grado di cementazione medio basso, che presentano caratteristiche intermedie fra quelle delle rocce e quelle dei terreni in s.s..

Possono rientrare in questa U.L.T. anche le rocce lapidee intensamente degradate ed alterate (es. blocchi di arenaria "Macigno" in matrice sabbiosa residuale poco cementata). Le brecce ed i conglomerati ad elevato grado di cementazione possono essere considerati rocce lapidee e pertanto ricadono nella U.L.T. A. Le arenarie molto cementate ricadono nella U.L.T. A o B. Le sabbie ed il detrito grossolano non cementato ricadono, fra i materiali di copertura, nella U.L.T. E. Il limite fra l'U.L.T. C e l'U.L.T. E può essere considerato convenzionalmente corrispondente ad un numero di colpi della prova Spt uguale a 50.

- **Unità litologico-tecnica C1:** conglomerati e brecce casto-sostenuti. Ricadono in questa unità i depositi continentali rusciniani e villafranchiani appartenenti alla litofacies conglomeratica (VILa).
- **Unità litologico-tecnica C2:** conglomerati e brecce matrice-sostenuti. Ricadono in questa unità i depositi continentali rusciniani e villafranchiani appartenenti alla litofacies sabbioso conglomeratica (VILe).
- **Unità litologico-tecnica C3:** sabbie cementate e arenarie deboli. Ricadono in questa unità i depositi continentali rusciniani e villafranchiani appartenenti alla litofacies sabbiosa e sabbioso argillosa (VILb).

#### **Unità litologico tecnica D**

Si tratta di materiali coesivi consistenti. In questa U.L.T. sono compresi i terreni coesivi con consistenza elevata. La consistenza può essere stimata mediante prove manuali o mediante misura della resistenza alla penetrazione con penetrometro tascabile e/o scissiometro.

Le argilliti e le siltiti ricadono nella U.L.T. B. Le argille e i limi poco consistenti ricadono nell'Unità F. Il limite tra U.L.T. D e U.L.T. F può essere considerato convenzionalmente corrispondente ad un valore di resistenza a compressione uniassiale (non drenata) pari a 250 kPa.

- **Unità litologico-tecnica D1:** limi. Ricadono in questa unità i depositi continentali rusciniani e villafranchiani appartenenti alla litofacies limosa e argilloso limosa (VILh).

#### **Unità litologico tecnica E**

Vi sono compresi i terreni con stato di addensamento da addensato a sciolto costituiti da materiali granulari non cementati o con lieve grado di cementazione. Per le varie granulometria può essere valutato lo stato di addensamento mediante prove manuali. Le sabbie, le brecce ed i conglomerati con grado di cementazione medio basso ricadono nella unità "C". Il limite fra le unità litologiche "C" ed "E" può essere considerato convenzionalmente corrispondente ad un numero di colpi della prova Spt uguale a 50.

- **Unità litologico-tecnica E:** materiali granulari non cementati. Si tratta di materiali granulari eterogenei ed eterometrici. Ne fanno parte i detriti appartenenti a corpi di frana (af).
- **Unità litologico-tecnica E2:** ghiaie (elementi lapidei compresi mediamente tra 2 - 60 mm). Si tratta di materiali granulari generalmente grossolani. Ne fanno parte i depositi alluvionali recenti (b) e i depositi alluvionali terrazzati (bnb).
- **Unità litologico-tecnica E3:** sabbie (granuli di dimensioni comprese tra 2 mm e 0.06 mm). Si tratta di materiali granulari a prevalente composizione sabbiosa. Ne fanno parte i depositi pluvio-colluviali (b2a) e i depositi alluvionali recenti terrazzati e non (bna).

I depositi antropici, data la loro eterogeneità granulometrica non sono stati attribuiti a una specifica Unità Litologico Tecnica ma vengono evidenziati nella cartografia con una specifica simbologia e sigla (h)

#### 4.1 PARAMETRI GEOTECNICI DEI TERRENI

Dall'archivio Geo Eco Progetti e dai dati reperiti presso l'Amministrazione Comunale si riportano di seguito, a titolo indicativo, i parametri fisico-meccanici delle terre relative alle formazioni interessanti il territorio comunale, ricordando che per una caratterizzazione attendibile sono indispensabili indagini geognostiche di dettaglio ed analisi specifiche (D.M. 11.3.1988).

##### **Alluvioni recenti (bna, b2a).**

Si tratta di limi argillosi e/o argille limose a componente sabbiosa variabile, ma comunque subordinata ai tipi menzionati; sono localmente segnalate lenti di ciottoli.

Le caratteristiche di tali terre risultano:

$\gamma = 19 \text{ kN/mc}$  , peso di volume  
 $c' = 5 \text{ kPa}$  ;  $\phi' = 35^\circ$  , resistenza al taglio drenata

I carichi ammissibili si aggirano intorno a 100 kPa per le argille, mentre per i livelli di ciottoli e le sabbie addensate sono più elevati.

Alcuni livelli argillosi (CH) mostrano indice di compressibilità maggiore di 0.30 con conseguenti elevati cedimenti per carichi maggiori/uguali a 80 kPa. Nell'ambito dei primi metri dal piano campagna i livelli argillosi mostrano tendenza al rigonfiamento.

Il campionamento di tali livelli e le prove edometriche, sui relativi campioni, si ritengono pertanto necessari. Per fondazioni superficiali sarà anche opportuno procedere a prove di rigonfiamento del tipo Huder-Amberg.

**Sabbie plioceniche (VILe, VILb).** Si tratta di sabbie limoso-argillose che, se rimaneggiate per fenomeni gravitativi trascorsi, danno bassi valori di  $N_{spt}$ , mentre se indisturbate danno valori buoni con  $N_{spt} > 10$ .

##### **Formazioni flyschiodi arenaceo-siltose (aM).**

Per queste formazioni vanno valutati preventivamente:

- a) spessore della coltre detritica generalmente instabile o metastabile;
- b) grado di fratturazione, numero ed orientamento delle famiglie di discontinuità rispetto alla stratificazione;
- c) assetto strutturale;
- d) rapporto arenarie/pelite alla microscala della zona di insediamento.

Generalmente queste formazioni non presentano problemi rilevanti e se l'assetto strutturale è favorevole rispetto alla superficie topografica si potranno distribuire carichi rilevanti, adoperando fondazioni superficiali, senza che si verifichino cedimenti significativi ( $q_{es} = 150 \text{ kPa}$ ) che potrebbero interessare interstrati argillosi ed arenarie intensamente fratturate ed alterate.

I valori medi dei parametri fisico-meccanici del litotipo arenaceo intatto sono i seguenti:

$\gamma = 22 \text{ kN/mc}$  peso di volume

$c = 16000 \text{ kPa}$  coesione del litotipo intatto

$\phi = 40^\circ$  angolo di attrito interno (sec. Mohr-Coulomb)

$q_r = 70000 \text{ kPa}$  carico di rottura monoassiale del litotipo

#### **Terreni caoticizzati in facies prevalentemente argillitica (MACa).**

Sono rappresentati da terreni olistostromici. Trattasi di argille sovracconsolidate, contenenti trovanti lapidei, a luoghi alquanto plastiche, molto alterate, mediamente fino a 5-6 m di profondità dal piano campagna, con spessori massimi, in zone critiche geomorfologicamente, di 12 m.

Va prioritariamente individuato il limite copertura- substrato.

L'indice di compressibilità  $C_c$  è compreso per incrementi di carico 1-10 Kg/cm<sup>2</sup> tra 0.11 e 0.22, con compressibilità e relativi cedimenti da contenuti a medi (max. 4 cm per fondazioni nastroformi superficiali caricate a 100 KPa). In alcuni casi il modulo edometrico  $M$  è risultato compreso fra 4000 e 5000 kN/mq nell'intervallo di carico 50-150 kPa.

Più che i cedimenti ed i cedimenti differenziali, questi ultimi piuttosto diffusi per la presenza di trovanti lapidei di notevoli dimensioni nell'eccezionale argilloso, preoccupa in questi terreni la stabilità d'insieme delle relative pendici sovente interessate da fenomeni di creep e colamento e molto frequentemente imbevute e comunque in condizioni di saturazione.

E', pertanto, opportuno durante le campagne geognostiche monitorare le pendici materializzando un congruo numero di canne inclinometriche. Va, inoltre, individuata l'eventuale filtrazione interessante le coperture a mezzo di piezometri.

#### **Formazioni argillitiche ed argilloscistose da debolmente alterate ad integre (SIL)**

Terreni del substrato del Complesso Caotico ed Olistostromi.

Per terreni debolmente alterati i parametri medi sono i seguenti:

$\gamma = 22 \text{ kN/mc}$

resistenza al taglio drenata:  $\phi' = 22^\circ$   $c' = 2^\circ \text{ kPa}$

resistenza al taglio efficace residua:  $\phi'_r = 14^\circ$   $c_r = 0$

Per terreni in condizioni medie si hanno i seguenti parametri caratteristici :

$\gamma = 21 \text{ kN/mc}$

resistenza al taglio drenata:  $\phi' = 26^\circ$   $c' = 6 \text{ t/mq}$

resistenza al taglio efficace residua:  $\phi'_r = 18^\circ$   $c_r = 0$

resistenza al taglio non drenata:  $C_u = 300-400 \text{ kPa}$

La regimazione delle acque comunque presenti riveste in questi terreni un'importanza primaria sia ai fini della stabilità di una pendice, sia ai fini della portanza e dei relativi cedimenti. Se stabili e bonificati idraulicamente detti terreni possono sopportare carichi notevoli. In ogni caso la back-analysis geomorfologica è determinante per stabilire l'opportunità di manomettere una pendice argillitica.

#### **Marne di San Polo(MACc)**

Sono marne a grana fine intensamente alterate, dalle basse caratteristiche di resistenza, poco tenaci, scarsamente rigide ed elastiche ( $E=47,5 \text{ GPa} / 55,8 \text{ GPa} = 0.13$ ; valori di  $E$  calcolati nell'intervallo  $r = 4000 \text{ kPa} / 2 \text{ rf}$ ), fittamente laminate ed intensamente fratturate con riempimenti a matrice argillosa, spesso calcitici o a breccia minuta in matrice argillosa e presenza sporadica di ricementazioni lungo i giunti (valori di RQD bassi).

Prove di compressione monoassiale hanno dato valori relativamente bassi (17 GPa / 20 GPa).

Il peso di volume rappresentativo di tale litotipo è il seguente:  $\gamma = 25 \text{ kN/mc}$

#### **Formazione di Monte Morello (MLL - Alberese s.l.)**

- litotipo in condizioni medie con interstrati argillosi-marnosi :

peso di volume  $\gamma = 24.0 \text{ kN/mc}$

coesione  $C = 100 \text{ kN/mq}$

angolo attrito  $\phi = 28^\circ$

- coltre di alterazione :  $N_{spt} = 35$

## 5. CARTA DELLE PENDENZE

La carta delle pendenze a scala 1:10.000 (Elab. G.4) è stata realizzata tramite analisi del Modello Digitale dell'Elevazione (DEM) a 2 metri di risoluzione. Il DEM di dettaglio è stato ottenuto dalla topografia CTR a scala 1:10.000 in ambiente GIS tramite la funzione Natural Neighborhood previa trasformazione in dati puntuali di tutti gli elementi dotati di informazioni altimetriche.

La realizzazione della carta altimetrica da dati in formato vector a dato in formato raster con valori di tipo float è stata seguita poi dalla trasformazione ponderata in dato raster di tipo integer.

La scelta delle classi non è ovviamente casuale ma deriva dal riconoscimento sperimentale di alcuni valori limite in funzione di specifiche finalità operative.

In particolare si definiscono le seguenti soglie:

- fino al 15 % non si hanno in genere controindicazioni in termini di stabilità dei versanti, anche se tali zone rappresentano una percentuale minima del territorio in aree collinari e montuose;
- dal 15 % al 25 % si possono verificare stati di instabilità dinamica in litologie costituite da sabbie sciolte, argille e limi soffici e detriti, se in presenza di falda superficiale; la soglia del 25 % rappresenta inoltre il limite delle coltivazioni intensive di tipo meccanizzato con trattrici a ruote in agricoltura;
- dal 25 % al 35 % rappresenta l'estremo limite per l'impiego di mezzi meccanici in agricoltura (trattrici a cingoli); possono inoltre verificarsi dissesti nelle litologie sopra elencate anche non in presenza di acqua;
- oltre il 35 % questa classe caratterizza versanti molto acclivi nei quali possono verificarsi crolli o distacchi se in presenza di rocce poco cementate, alterate o fessurate sia per fenomeni fisici (gelo-disgelo), che tettonici.

La carta mostra la variazione di pendenza in gradienti suddivisa in classi di 5°.

CLASSE 1	Pendenze comprese fra 0% - 5% (0° - 2°52')
CLASSE 2	Pendenze comprese fra 5% - 10% (2°52' - 5°04')
CLASSE 3	Pendenze comprese fra 10% - 15% (5°4' - 8°32')
CLASSE 4	Pendenze comprese fra 15% - 25% (8°32' - 14°02')
CLASSE 5	Pendenze comprese fra 25% - 35% (14°02' - 19°07')
CLASSE 6	Pendenze maggiori del 35% (>19°17')

*Fig. 2 - Legenda Carta delle pendenze*



La carta delle pendenze rappresenta, pertanto, uno strumento di primaria importanza per la realizzazione della carta della pericolosità, anche perché con il progressivo aumento delle pendenze, a parità di condizioni litotecniche e giaciture, si ha un aumento del grado di instabilità di una pendice.

Una maggiore inclinazione del versante favorisce inoltre l'erosione superficiale, con trasporto a valle del materiale detritico asportato da parte delle acque di corrivazione; per contro una inclinazione minore della pendice favorisce i processi chimico-fisici di alterazione del substrato roccioso con formazione di suolo, data la maggiore permanenza delle acque di ristagno.

## **6. ASPETTI IDROGEOLOGICI**

La Carta Idrogeologica e della Vulnerabilità degli Acquiferi a scala 1:10.000 del Comune di Lastra a Signa (Elab. G.5) è stata allestita con particolare riferimento alle aree potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali. La ricostruzione dell'assetto idrogeologico è stata finalizzata alla individuazione dei corpi idrici sotterranei, alla definizione della loro configurazione e degli schemi di circolazione idrica sotterranea e alle tutele cui sottoporre la risorsa idropotabile per pubblica utilità.

L'indagine idrogeologica con indicazione delle isofreatiche è stata limitata alle sole aree di pianura che, per il territorio comunale di Lastra a Signa, risultano limitate alle sole fasce di terreni di fondovalle del Fiume Arno e del Torrente Pesa, dove si rileva la presenza di un "materasso" di depositi alluvionali sufficientemente esteso e cospicuo tale da ospitare una falda di una qualche consistenza.

I dati utilizzati per tale trattazione sono riferiti a campagne di misurazione eseguite nel corso di precedenti studi ed indagini svolte nel giugno 1987 e nel settembre 1996 per conto dell'Amministrazione Comunale. Controlli a campione effettuati nel settembre 2013 hanno mostrato differenze centimetriche rispetto alle quote del livello statico rilevate nello stesso mese del 1996.

I dati rilevati riguardano circa 20 pozzi per i quali è stato possibile ottenere da parte dei proprietari autorizzazione a procedere a misurazione del livello statico. Le rilevazioni sono state confrontate con tutti i dati disponibili ritenuti attendibili sotto il profilo idrogeologico, oltre che con i dati raccolti nel settembre 1996 in occasione della prima campagna di rilevazioni.

Sono state calcolate le quote assolute dei livelli statici di tutti i pozzi misurati sottraendo alla quota del piano campagna, desunta dalla cartografia in scala 1:2.000, la profondità del livello statico relativo.

Tali dati sono stati integrati e completati con misure del pelo libero dell'acqua, prese in corrispondenza di punti con quota nota (ponti), per assumere informazioni precise sul rapporto falda freatica/asta fluviale.

Data la presenza di pozzi pescanti nell'acquifero superficiale (freatico) e pozzi pescanti in falde profonde, la ricostruzione delle linee isofreatiche è stata chiaramente limitata ai soli primi.

Il sistema idrogeologico di Lastra a Signa risulta chiaramente alimentato dai rilievi circostanti le pianure alluvionali del Fiume Arno e del Torrente Pesa.

Nella zona nord, riferibile alla pianura alluvionale del Fiume Arno, sono distinguibili, in base alle differenti caratteristiche idrogeologiche riscontrate, diverse aree:

*Lastra a Signa / Ponte a Signa* - dove è presente un acquifero, ubicato nel materasso alluvionale dell'Arno, che mostra un profilo iperbolico, in quanto la spaziatura tra le linee isofreatiche è crescente da monte verso valle e va appiattendosi in corrispondenza della piana dell'Arno.

La falda si colloca ad una profondità dalla superficie che passa dai 2 metri al margine esterno della piana alluvionale, fino a 7 metri in prossimità di Fornace Carlini. Il sistema idrogeologico risulta chiaramente alimentato dai rilievi circostanti la pianura alluvionale, dal Torrente Rimaggio e soprattutto dal Torrente Vingone che induce una netta convessità nelle curve isofreatiche in corrispondenza del suo corso. L'acquifero sembra alimentare l'Arno, perlomeno nella stagione del rilevamento.

*Porto di Mezzo* - qui la fascia di terreni pianeggianti risulta molto ristretta con i rilievi che si avvicinano al corso dell'Arno. Le linee isofreatiche si allineano strettamente alla morfologia con un andamento subparallelo e si approfondiscono rapidamente da monte verso il fiume che drena la falda. La falda appare notevolmente depressa con profondità dell'ordine dei 10 metri.

*Brucianesi* - tale area è molto simile a quella di Porto di Mezzo. La falda presenta una forte acclività ed è drenata costantemente dal fiume Arno.

Generalmente il gradiente idraulico mostra un andamento decrescente da monte verso valle, diversificandosi in dipendenza delle diverse caratteristiche morfologiche e litologiche dei terreni.

Per esempio, laddove la piana alluvionale dell'Arno, da Ponte a Signa alla frazione La Lisca e nell'area di Brucianesi, si restringe in corrispondenza di una cintura collinare immediatamente prospiciente, il gradiente idraulico mostra un valore medio elevato, dal 7% al 10%. Invece, nella pianura alluvionale compresa tra il Torrente Rimaggio e le località Capannuccia e Romania, il gradiente idraulico assume valori relativamente bassi, intorno al 2%.

Per quanto concerne l'alimentazione della falda profonda, la lettura del fenomeno appare alquanto complessa, stante anche la scarsità di notizie raccolte.

Si può supporre la presenza di orizzonti discontinui, localmente intercettati da pozzi, non riconducibili ad una situazione di modello idrogeologico esteso e riconoscibile. Circa l'alimentazione di tali orizzonti, si potrebbe supporre una alimentazione "in presa diretta" dai rilievi costituiti da depositi prevalentemente arenaceo siltosi intensamente fratturati presenti nella fascia collinare immediatamente retrostante la piana alluvionale.

La zona sud è riferibile al fondovalle del Torrente Pesa, le cui alluvioni costituiscono un discreto acquifero in probabile continuità laterale con la falda, presumibilmente presente nei conglomerati e sabbie pliocenici che costituiscono i rilievi in fregio al fiume. Anche in questo caso è evidente, dalla ricostruzione delle linee isofreatiche, che il T. Pesa drena la falda, la cui profondità è compresa in un intervallo che va dai 5 ai 10 metri.

La vulnerabilità di un acquifero è definita come la propensione di un corpo idrico sotterraneo a subire una contaminazione.

La Carta Idrogeologica e della Vulnerabilità degli Acquiferi rappresenta in funzione delle classi di vulnerabilità una zonazione del territorio che in base alle caratteristiche litologiche dei terreni superficiali definisce la possibilità di penetrazione e diffusione in profondità di un inquinante idroveicolato.

Uno dei criteri principali da seguire nella realizzazione di questo tematismo consiste nel distinguere le formazioni sulla base della diversa permeabilità dei litotipi costituenti, ma vanno accuratamente valutati anche il grado di fratturazione ed i fenomeni di alterazione che possono localmente modificare l'originaria permeabilità.

In relazione a ciò ed in approfondimento ai contenuti ed alle indicazioni forniti dal P.T.C.P. della Provincia di Firenze in merito alla corretta gestione (al fine della programmazione e pianificazione urbanistica) delle risorse idriche del sottosuolo sono state definite e cartografate in scala 1:10.000 (Elab. G.5) sette classi di vulnerabilità (da elevata a bassa) seguendo i criteri sotto esposti:

- **VULNERABILITÀ ELEVATA “E”**: acquifero libero in materiali alluvionali a granulometria da grossolana a media (alluvioni recenti e attuali) senza o con scarsa protezione.

- **VULNERABILITÀ ALTA “A”**, a sua volta suddivisa in due sottoclassi:

“**Aa**” falde libere in materiali a granulometria eterogenea con scarsa protezione alluvionale (depositi fluvio-lacustri pleistocenici a granulometria prevalentemente grossolana) con scarsa protezione.

“**Ab**” falde libere presenti in materiali detritici sia di rilevante estensione areale, che di modesta continuità areale (corpi detritici e accumuli di frana).

- **VULNERABILITÀ MEDIA “M”** suddivisa in due sottoclassi:

“**Ma**” sabbie e ciottolami con interposti livelli limosi, generalmente con copertura poco permeabile (depositi pliocenici a prevalente composizione sabbioso-ghiaiosa); arenarie fratturate con rete idrica di solito a media profondità e arenarie e siltiti quarzose con livelli argillitici intercalati che danno origine a più falde (arenarie della formazione del Macigno).

“**Mb**” calcari marnosi e marne interessati da modesta circolazione idrica nella rete delle fratture (Formazione di Monte Morello); falde presenti in materiali con granulometria da sabbie prevalenti ad argilla, di modesta importanza con protezione di materiali fini (sabbie e limi pliocenici).

- **VULNERABILITÀ BASSA “B”** è stata suddivisa in due sottoclassi:

“**Ba**” acquiferi di limitata produttività presenti in complessi arenacei e calcarei con frequenti strati marnosi o argillitici, con modesta circolazione idrica e nelle intercalazioni di marne con arenarie. Rientrano in tale classe le facies a granulometria fine della formazione del Macigno.

“**Bb**” sedimenti a grana fine in pratica privi di circolazione idrica sotterranea; complessi marnosi e argillitici (Formazione di Sillano, Marne di San Polo e Olistostromi del Macigno).

La Legenda della Carta Idrogeologica e della Vulnerabilità degli Acquiferi relativamente alle classi di vulnerabilità è riportata in Figura 3.

#### VULNERABILITA' ELEVATA

<b>E</b>	Acquifero libero in materiali alluvionali a granulometria da grossolana a media (alluvioni recenti), senza o con scarsa protezione.
----------	---

#### VULNERABILITA' ALTA

<b>Aa</b>	Falde libere in materiali a granulometria eterogenea con scarsa protezione.
-----------	---

<b>Ab</b>	Falde libere presenti in materiali detritici di modesta continuità areale.
-----------	--

#### VULNERABILITA' MEDIA

<b>Ma</b>	Sabbie e ciottolami con interposti livelli limosi, generalmente con copertura poco permeabile; arenarie fratturate con rete idrica di solito a media profondità; calcari marnosi e marne interessati da modesta circolazione idrica nella rete delle fratture; arenarie e siltiti quarzose con livelli argillosi intercalati che danno origine a più falde.
-----------	---

<b>Mb</b>	Calcari interessati da modesta circolazione idrica nella rete delle fratture e falde presenti in materiali con granulometria da sabbie prevalenti ad argilla, di modesta importanza con protezione di materiali fini.
-----------	---

#### VULNERABILITA' BASSA

<b>Ba</b>	Acquiferi di limitata produttività (acquitardi) presenti in complessi arenacei e calcarei con frequenti strati marnosi o argillitici, con modesta circolazione idrica.
-----------	--

<b>Bb</b>	Sedimenti a grana fine praticamente privi di circolazione idrica sotterranea; complessi marnosi e argillitici, praticamente privi di circolazione idrica.
-----------	---

*Fig. 3 - Legenda utilizzata nella Carta Idrogeologica e della Vulnerabilità degli Acquiferi*

L'intero territorio comunale risulta caratterizzato da ampie aree, a cui sono state assegnate classi intermedie di vulnerabilità, a vulnerabilità bassa di tipo Bb e a vulnerabilità media di tipo Ma e Mb, mentre sono diffuse, ma con scarsa continuità areale, le zone classificate come vulnerabilità alta in sottoclasse Ab, che comprende gli accumuli di detrito e di frana.

Invece risultano realmente più contenute le classi estreme, cioè la classe a vulnerabilità più elevata (E), limitate ai materassi alluvionali presenti nei fondovalle del Fiume Arno e del Torrente Pesa e a vulnerabilità più bassa di tutte (Ba e Bb).

## 6.1 TUTELA DELLA RISORSA ACQUA

Il Sistema Acquedottistico comunale è gestito dal Publiacqua S.p.a. (ex Consorzio intercomunale Acqua e Gas CONSIAG). L'approvvigionamento idrico è garantito per circa la metà da pozzi (46%) e sorgenti (2%) presenti sul territorio comunale, per il rimanente 52% da fonti esterne al Comune.

In particolare, l'acquedotto del capoluogo, al servizio anche delle frazioni di Ponte a Signa, Porto di Mezzo e della zona collinare di Santa Lucia e Sassoforte, è alimentato dall'impianto di produzione di Navanella, in cui viene trattata l'acqua proveniente da diversi pozzi ubicati in prossimità dell'impianto stesso. In alcuni periodi dell'anno la

produzione viene integrata con acqua proveniente dall'acquedotto di Scandicci. Il campo pozzi in località Stagno risulta essere stato abbandonato dal gestore.

Gli acquedotti di Brucianesi, Malmantile e Ginestra Fiorentina (che serve anche Carcheri, Inno, Pozzo Rosso e Marliano), sono alimentati dalla centrale idrica di Ginestra Fiorentina, situata in Comune di Montespertoli, che attinge da 7 pozzi in fregio al Torrente Pesa.

Il servizio pubblico non è, però, esteso a tutto il territorio comunale, in quanto lo stesso tessuto urbanistico, caratterizzato da molteplici poderi isolati, predispone per uno sfruttamento privato delle risorse idriche. Questo fattore, unito ad una tradizione contadina di autosufficienza ancora radicata in alcune zone, determina un rilevante sfruttamento privato delle risorse idriche sotterranee tramite pozzi più o meno profondi.

L'analisi e la distribuzione areale del numero di pozzi complessivamente presente sul territorio, conferma quanto già affermato anche a livello regionale nei diversi rapporti sullo stato dell'ambiente della Toscana elaborati negli ultimi anni, secondo cui le analisi eseguite sulle diverse tipologie di utenze evidenziano come il forte sfruttamento della risorsa idrica sul territorio sia anche da imputarsi ai soggetti che utilizzano fonti di approvvigionamento indipendenti dai sistemi di rete.

I pozzi ad uso privato sono molteplici e largamente distribuiti. Alcuni di essi sono situati anche all'interno di gruppi abitativi serviti dal sistema acquedottistico comunale.

Per verificare l'esistenza di possibili fonti di inquinamento situate nel territorio comunale, si è presa visione dell'elenco delle industrie a rischio, redatto dalla Provincia di Firenze, non rilevando nella zona indagata alcun centro a rischio.

Infatti la tutela della qualità delle acque sotterranee rappresenta un elemento sostanziale per garantire una riserva duratura nel tempo e significativa sia da un punto di vista qualitativo che quantitativo. Il mantenimento di una riserva di acque sotterranee permette di evitare un sovrasfruttamento delle risorse idriche superficiali e, soprattutto, consente di affrontare situazioni critiche, tenendo conto dell'elevata vulnerabilità delle risorse idriche superficiali nei periodi siccitosi.

La tutela della risorsa idrica sotterranea deve pertanto risultare obiettivo primario in sede di pianificazione del territorio mediante attività di previsione del rischio di inquinamento e di prevenzione – mitigazione dei suoi effetti.

In particolare, si ritiene che la risorsa idrica destinata al consumo umano, erogata a terzi mediante opere acquedottistiche e che rivestano carattere di pubblico servizio e/o utilità, debba essere oggetto di tutela mediante apposita normativa ispirata almeno ai criteri dei vigenti disposti normativi nazionali in materia di tutela delle acque (ex D.L. n. 152/1999 e successive modifiche ed integrazioni) sotto dettagliati:

- a) nelle aree a “**vulnerabilità elevata**” (E) si dovrà, in linea di massima, escludere l'insediamento di infrastrutture e/o attività potenzialmente inquinanti: discariche di R.S.U.; stoccaggio di sostanze inquinanti; depuratori; depositi di carburanti; pozzi neri a dispersione; spandimenti di liquami, etc. Le fognature dovranno essere alloggiare in manufatti impermeabili. L'uso di fertilizzanti, pesticidi e diserbanti ed anche l'autorizzazione al pascolamento intensivo e all'allevamento dovrebbero costituire oggetto di specifica regolamentazione e controllo avendo cura che per i primi, i quantitativi usati siano solo quelli strettamente necessari, e che per i secondi, la pratica e la permanenza

non siano eccessive. Per quanto concerne le destinazioni esistenti, controlli periodici dell'acqua di falda consentiranno di verificare la compatibilità dell'uso attuale dei presidi sanitari con la qualità d'acqua del sottosuolo.

Deroghe a queste linee di indirizzo potranno essere realizzate nel caso che:

- si dimostri la necessità, in rapporto a esigenze di interesse pubblico, di localizzare comunque la previsione all'interno della zona *E*;

- vengano eseguite specifiche indagini geognostiche ed idrogeologiche che accertino situazioni locali di minore vulnerabilità intrinseca delle falde; a tal fine dovranno essere misurate le permeabilità dei livelli posti al di sopra dell'acquifero, calcolando sperimentalmente il "tempo di arrivo" di un generico inquinante idroveicolato.

- b) per le zone a "**vulnerabilità alta**" (*A*) si precisa che per le aree costituite da depositi alluvionali terrazzati e detriti di falda si dovrà propendere per le stesse prescrizioni fatte per la classe *E*. Il minor grado di vulnerabilità è in relazione alla limitata importanza delle falde idriche in esse contenute e quindi al minor danno di un eventuale inquinamento; inoltre queste falde non sono in genere alimentate da acque fluviali per cui non sono esposte al trasferimento di eventuali inquinanti.

- c) nelle zone definite a "**vulnerabilità media**" (*M*) le infrastrutture e le opere potenzialmente inquinanti potranno essere autorizzate di norma solo in seguito a specifiche indagini idrogeologiche finalizzate alla valutazione della locale situazione e del rischio di inquinamento.

- d) ai fini della tutela delle acque destinate a consumo umano la "**zona di tutela assoluta**" dei punti di captazione di risorsa idrica del sistema acquedottistico per il pubblico servizio, così come è definito all'art. 21, comma 4 del D.L. n. 258/2000, dovrà essere costituita dall'area immediatamente circostante le captazioni o derivazioni; essa deve avere una estensione in caso di captazione di acque sotterranee di almeno 10 metri di raggio dal punto di captazione, deve essere adeguatamente protetta e adibita esclusivamente ad opere di captazione o presa e/o ad infrastrutture di servizio. Tale zona deve essere recintata, provvista di canalizzazione per le acque meteoriche e protetta dalla possibilità di esondazione di corpi idrici limitrofi. Per le captazioni preesistenti e quelle nei centri abitati l'estensione della zona di tutela assoluta può essere ridotta, previa opportuna valutazione da parte degli organi competenti e con l'adozione di particolari accorgimenti a tutela della captazione stessa.

- e) ai fini della tutela delle acque destinate a consumo umano viene indicata una "**zona di rispetto**" (che include la zona di tutela assoluta) dei punti di captazione di risorsa idrica del sistema acquedottistico per il pubblico servizio o per lo sfruttamento come acqua minerale (campi pozzi Publiacqua S.p.a. di Navanella e Ginestra Fiorentina), così come è definito all'art. 21, comma 5 del D.L. n. 258/2000, dove si dovrà propendere per il divieto degli insediamenti dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività:

- dispersione di fanghi ed acque reflue, anche se depurate;

- accumuli di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;

- spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;

- dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche provenienti da piazzali e strade;

- aree cimiteriali;

- apertura di cave e discariche che possano essere in connessione con la falda;
- terebrazione ed apertura di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano per l'alimentazione del sistema acquedottistico per il pubblico servizio o per lo sfruttamento come acqua minerale e di quelli finalizzati alla variazione della estrazione ed alla protezione e controllo delle caratteristiche quali-quantitative della risorsa idrica;
- gestione e trattamento di rifiuti e loro messa a dimora e lo stoccaggio provvisorio;
- stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;
- centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
- pozzi perdenti e/o sistemi di subirrigazione che prevedano immissione di reflui nel sottosuolo;
- pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda i 170 chilogrammi per ettaro di azoto presente negli effluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione.

Per quanto concerne le preesistenze, delle attività sopraelencate, ad eccezione delle aree cimiteriali, sono adottate le misure per il loro allontanamento; in ogni caso deve essere garantita la loro messa in sicurezza.

- f) ai fini della tutela delle acque destinate a consumo umano alle “zone di protezione” dei punti di captazione di risorsa idrica del sistema acquedottistico per il pubblico servizio ricadenti nelle aree a “**vulnerabilità elevata**” (E) si ritiene dover propendere per l'applicazione degli stessi precetti (divieti e deroghe) validi per le “zone di rispetto” (vedi precedente paragrafo “e”).

## **6.2 VINCOLI SOVRACOMUNALI SULLA PERIMETRAZIONE DI AREE CLASSIFICATE IN FUNZIONE della CAPACITA' di RICARICA delle FALDE**

Nelle more dell'approvazione del Piano di bacino del Fiume Arno, stralcio “Bilancio Idrico”, è stata prorogata al 31 dicembre 2013 la vigenza delle misure di salvaguardia di cui agli articoli 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 e 27 e relativi allegati delle misure di Piano, adottate in via definitiva con la deliberazione del Comitato Istituzionale n. 221 del 18 luglio 2012.

Lo stralcio “Bilancio Idrico” è lo strumento del Piano di Bacino per la definizione delle condizioni di criticità della risorsa idrica superficiale e sotterranea, e per l'imposizione di vincoli di sfruttamento sostenibile della stessa.

Il bilancio idrico, definito alla scala del bacino idrografico, è espresso dall'equazione di continuità dei volumi entranti, uscenti ed invasati nel bacino superficiale e idrogeologico, al netto delle risorse necessarie per la conservazione degli ecosistemi acquatici ed dei fabbisogni per i diversi usi.

È l'indispensabile strumento conoscitivo su cui fondare la gestione della risorsa idrica nonché la base scientifica sulla quale costruire, all'interno dei Piani di Tutela, le analisi, gli studi previsionali e le strategie volte al perseguimento degli obiettivi di qualità e più in generale i programmi e le azioni di governo del territorio a scala poliennale.

Fornisce inoltre gli strumenti per la regolazione amministrativa dei prelievi, sia superficiali che sotterranei, in un quadro tecnico chiaro ed unitario.

### *Finalità del Piano*

Per quanto riguarda le acque sotterranee il bilancio è stato redatto per gli acquiferi alluvionali individuati come significativi, significatività dovuta sia alla capacità propria del corpo idrico sia all'utilizzo in atto dello stesso, con elaborazioni anche in questo caso basate sull'anno medio relativo ai dati climatici dell'ultimo quindicennio.

Le criticità, anche in questo caso in ottemperanza alle indicazioni del Piano di Tutela, sono funzione in prima istanza alle condizioni di bilancio a livello di acquifero. Come ulteriore dettaglio, all'interno di ciascun corpo idrico sono state individuate zone caratterizzate da diversi livelli di stress in funzione della ricarica specifica, della trasmissività e dei prelievi in atto, opportunamente spazializzati.

Seguono quindi le linee di pianificazione delle azioni volte ad una gestione sostenibile della risorsa, di carattere generale e puntuale, rivolte in prima istanza agli Enti preposti alla gestione della risorsa idrica ma, anche ai fini di fornire un elemento informativo e di trasparenza nella azione amministrativa esplicitata tramite il parere di competenza sulle piccole e grandi concessioni idriche, in generale a tutti gli utenti della risorsa idrica.

### *Organizzazione del Piano e relativi elaborati*

L'organizzazione della documentazione relativa al bilancio idrico è strutturata attraverso la fase conoscitiva, contenente l'individuazione delle criticità, e la fase più propriamente gestionale/normativa, che si fonda e definisce sui risultati delle fasi precedenti. A tal scopo la documentazione di piano è organizzata in schede di sintesi e cartografie immediatamente consultabile.

In sintesi la documentazione di Piano è così composta:

- RELAZIONE GENERALE » Contiene l'inquadramento del bilancio idrico, articolato in una parte di carattere giuridico e tecnico, il quadro conoscitivo naturale e antropico con specifico riferimento al cambiamento climatico e alle strategie di adattamento, la descrizione della metodologia operativa per l'individuazione del bilancio idrico, le criticità del reticolo superficiale e delle acque profonde.
- SCHEDE CONOSCITIVE DEGLI ACQUIFERI SIGNIFICATIVI - Costituiscono il quadro conoscitivo di ciascun acquifero significativo e riportano le caratteristiche geometriche ed idrodinamiche, corredate da cartografie di dettaglio
- IL BILANCIO DEGLI ACQUIFERI SIGNIFICATIVI » SCHEDE DI SINTESI Redatte per ciascun acquifero, corredate da tutti gli elementi, naturali ed antropici costituenti il bilancio
- ATLANTI CARTOGRAFICI DELLE CRITICITÀ - Alla scala 1:25.000 riportano la zonazione delle aree a diversa disponibilità idrica all'interno degli acquiferi significativi
- BILANCIO DELLE ACQUE SUPERFICIALI » SCHEDE DI SINTESI » Redatte in corrispondenza delle sezioni significative, corredate dai dati di bilancio e comunque dai dati significativi dei sottobacini e bacini sottesi
- CARTOGRAFIA DI PIANO e MISURE GESTIONALI (ED ALLEGATI)

Per quanto concerne il territorio comunale di Lastra a Signa, in riferimento agli stralci cartografici in scala 1:25.000 n. 36, 38 e 49 della Zonazione aree a diversa disponibilità idrica di acque sotterranee degli acquiferi di pianura definita nel Piano di bacino del Fiume Arno, stralcio "Bilancio Idrico", vengono definite le seguenti aree, da assoggettare alle relative misure di salvaguardia di cui agli artt. 9, 10 e 11 delle "Misure di Piano" dello stesso progetto di Piano "Bilancio Idrico":

- Acquiferi con bilancio prossimo all'equilibrio e a bilancio positivo - Aree a disponibilità molto inferiore alla ricarica (D4); ricadono in questa tipologia le aree presso il Capoluogo collocate a ovest della loc. Fornace tra il corso



del Fiume Arno e il corso del Torrente Vingone e, nel settore di Ginestra Fiorentina l'areale di pianura alluvionale presente tra il nucleo storico abitativo e il corso del Torrente Pesa.

- Acquiferi con bilancio prossimo all'equilibrio e a bilancio positivo - Aree a disponibilità inferiore alla ricarica (D3); nessuna area del territorio comunale di Lastra a Signa è campita nelle aree di questa seconda tipologia.

- Acquiferi con bilancio prossimo all'equilibrio e a bilancio positivo - Aree a disponibilità prossima alla ricarica (D2) e ad elevata disponibilità (D1); ricadono nella tipologia D2 le aree del centro storico del Capoluogo, gran parte dei settori di pianura alluvionale a sud del Fosso Stagnolo e in corrispondenza del limite orientale del territorio comunale; mentre ricadono nella tipologia D1 i settori di pianura in corrispondenza del corso del Fosso di Rimaggio, il settore tra il Fosso di Stagno e il Fosso dello Stagnolo e il settore orientale dell'area produttiva di Stagno; e, nel settore di Ginestra Fiorentina, i settori di pianura alluvionale ad eccezione dell'areale ricadente in zona D4.

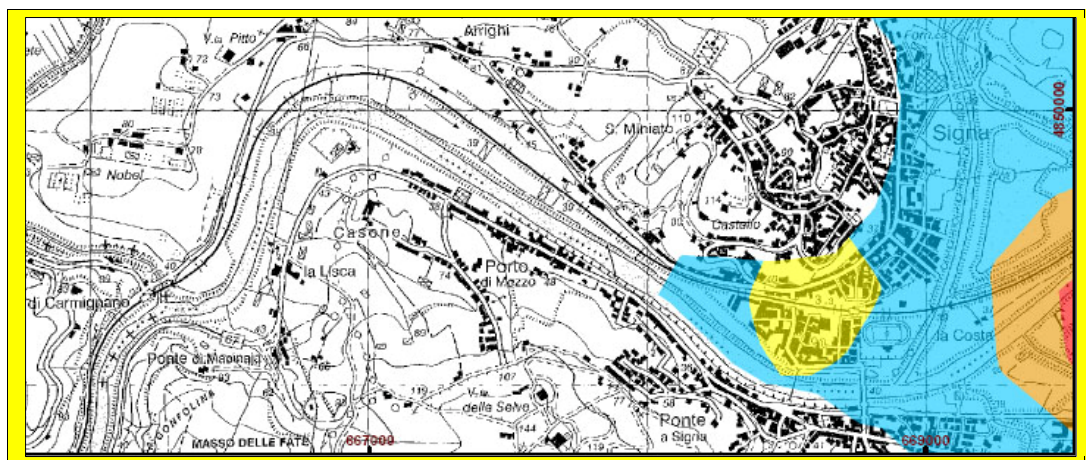


Fig. 4 – Estratto dello Stralcio n. 38 della Zonazione aree a diversa disponibilità idrica di acque sotterranee degli acquiferi di pianura definite dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno

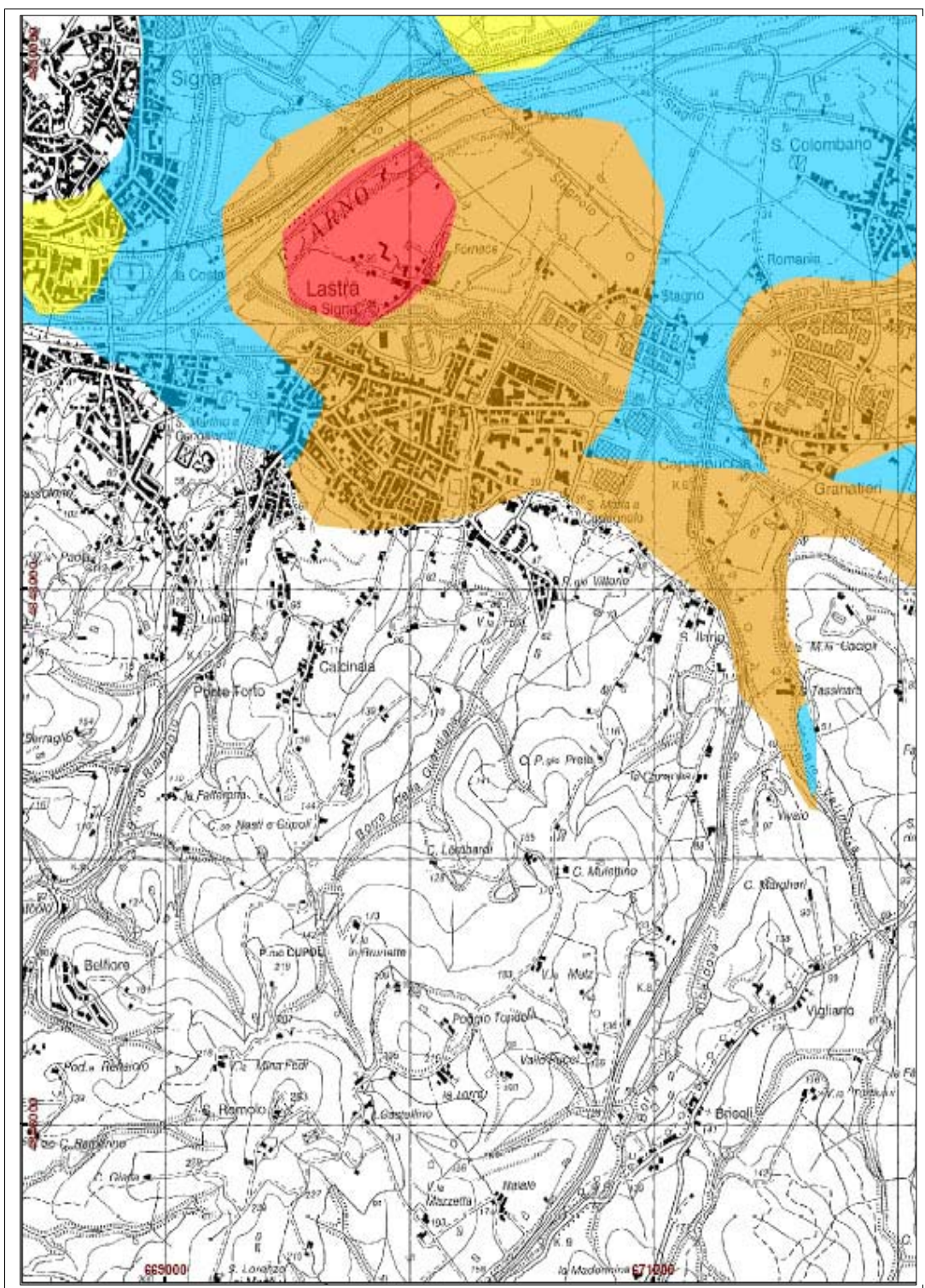


Fig. 5 – Estratto dello Stralcio n. 36 della Zonazione aree a diversa disponibilità idrica di acque sotterranee degli acquiferi di pianura definite dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno



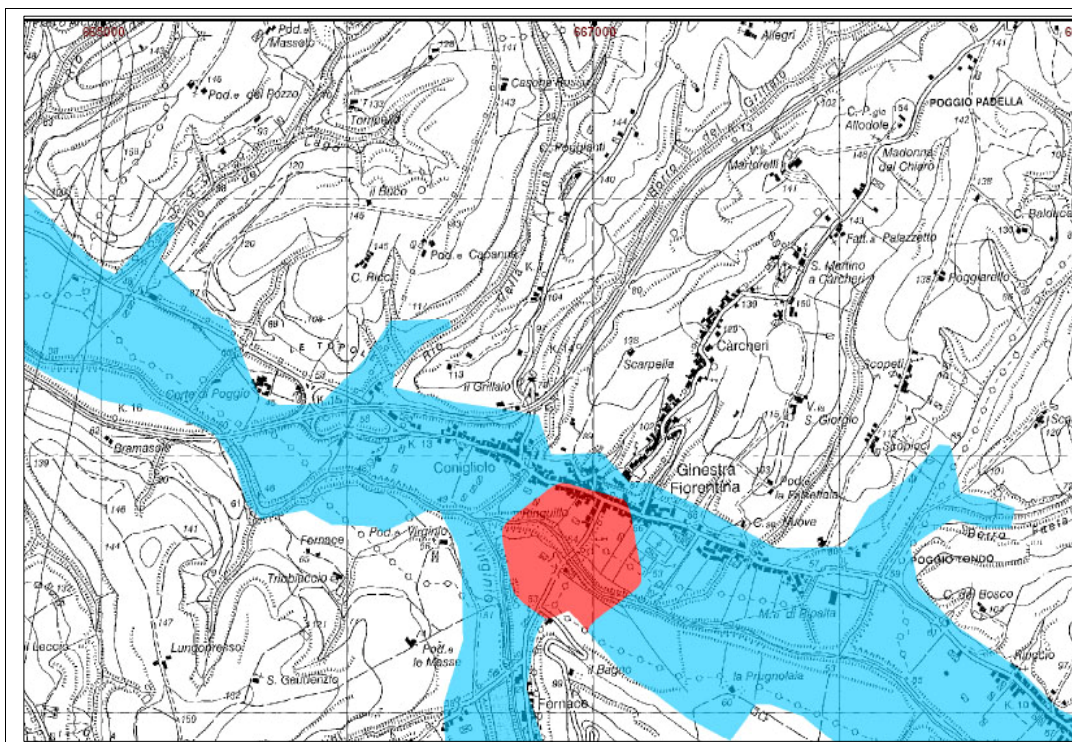


Fig. 6 – Estratto dello Stralcio n. 36 della Zonazione aree a diversa disponibilità idrica di acque sotterranee degli acquiferi di pianura definite dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno



Fig. 7 - Legenda Zonazione aree a diversa disponibilità idrica di acque sotterranee degli acquiferi di pianura dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno

## 7. CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

La carta della pericolosità geologica (Elab. G.6, G.10, G.15, G.20 e G.25) rappresenta la sintesi degli elaborati a tematica geologica, geomorfologica, clivometria e litologico-geotecnica redatti ed illustrati nei precedenti paragrafi per descrivere le caratteristiche del territorio investigato.

Il suo scopo fondamentale è di indicare:

- l'ubicazione e l'intensità dei fenomeni geomorfologici s.l. che interessano determinate porzioni di territorio;
- il livello di indagine di approfondimento da attuare nel caso di interventi in aree da essi interessate.

E' chiaro che il grado di pericolosità geologica attribuito ad ogni porzione territoriale deriva dalla interazione di numerosi fattori ambientali. Tali fattori, che dipendono essenzialmente dai caratteri geologici, geomorfologici, geotecnici, geomeccanici e clivometrici del territorio, possono causare sia un diretto dissesto del suolo, che una potenziale minaccia ad intere aree.

Di conseguenza nella carta della pericolosità geologica si prevede non solo l'individuazione dei settori interessati da dissesti attivi, ma anche la delimitazione delle aree di potenziale evoluzione di un fenomeno in essere e/o di aree potenzialmente vulnerabili al verificarsi di elementi critici.

Andando ad una descrizione sistematica delle singole classi di pericolosità geologica e dei criteri di attribuzione alle stesse elenchiamo in ordine decrescente:

**Pericolosità geologica molto elevata (G.4):** aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza.

Sono normalmente da inserire in classe G.4 le aree che presentano le seguenti caratteristiche geologiche/geomorfologiche:

- frane attive comprensive del corpo di frana, della corona di distacco e delle relative aree di possibile evoluzione del dissesto (con relativa area di possibile evoluzione del dissesto);
- aree instabili per soliflusso generalizzato;
- areali comprendenti gruppi fra loro correlati di frane di piccole dimensioni, frane non dettagliatamente cartografabili e/o puntuali fenomeni di dissesto gravitativo in atto;
- scarpate attive con relative aree di possibile evoluzione e influenza;
- ripe fluviali in cui siano in atto fenomeni di erosione laterale di sponda da parte dei corsi d'acqua (con relativa area di possibile evoluzione);
- aree calanchive;
- alvei con accentuata tendenza all'approfondimento;
- aree ricadenti in classe di pericolosità da frana molto elevata di cui alla perimetrazione P.F.4 del P.A.I. (Autorità di Bacino del Fiume Arno).

In queste zone dovranno privilegiarsi interventi tesi alla bonifica e al recupero ambientale dei luoghi stessi.

In ogni caso qualsiasi progetto di opera che incida su tali terreni dovrà essere preceduto già a livello di strumento pianificatorio da una dettagliata campagna geognostica e di monitoraggio strumentale a livello di area nel suo complesso e se del caso da un progetto degli interventi di consolidamento e di bonifica, miglioramento dei terreni e

tecniche fondazionali, accompagnato da un programma di controlli e monitoraggio necessari per verificare l'esito favorevole di tali interventi.

**Pericolosità geologica elevata (G.3):** aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con indizi di instabilità connessi alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza;

Sono normalmente da inserire in classe G.3 le aree che presentano le seguenti caratteristiche geologiche/geomorfologiche:

- frane quiescenti comprensive del corpo di frana e della corona di distacco (con "buffer" di 20 m in funzione delle possibilità di evoluzione del dissesto);
- aree interessate da frane antiche non attive (frane naturalmente e artificialmente stabilizzate) in terreni a significativa componente argillosa e argilloso-sabbiosa;
- areali comprendenti isolate frane di piccole dimensioni, frane non dettagliatamente cartografabili e/o puntuali fenomeni di dissesto gravitativo in atto;
- aree con affioramenti di formazioni litoidi con giacitura a franapoggio meno inclinata del pendio;
- aree con affioramenti di formazioni litoidi con giacitura a reggipoggio o a franapoggio più inclinata del pendio, se intensamente fratturate;
- terreni argillosi, argillitici alterati, limosi, detritici a prevalente matrice argillosa, e terreni a struttura caotica: indicativamente con pendenze superiori al 15% (oppure 10°);
- terreni sabbiosi, sabbioso - ghiaiosi, terreni detritici a prevalente matrice sabbiosa indicativamente con pendenze superiori al 25% (oppure 15°);
- terreni litoidi molto fratturati o di scarsa qualità, terreni ghiaiosi addensati: indicativamente con pendenze superiori al 35-40% (oppure 20°);
- terreni litoidi non/poco fratturati e di buona qualità: indicativamente con pendenze superiori al 45-50% (oppure 25°-30°);
- aree interessate da fenomeni di erosione profonda;
- aree interessate da rilevanti manomissioni antropiche, quali rilevati con evidenti manifestazioni di dissesto e/o non uniforme compattazione, riempimenti, scavi e cave, rilevati arginali;
- corpi d'acqua e relativi paramenti di valle;
- scarpate di erosione non attive o quiescenti;
- alvei con moderata tendenza all'approfondimento;
- aree ricadenti in classe di pericolosità da frana molto elevata di cui alla perimetrazione P.F.3 del P.A.I. (Autorità di Bacino del Fiume Arno) che in funzione dei criteri fissati dal Reg. Regionale n. 53/R non ricadano in classe di pericolosità G.4.

In sintesi, si collocano in tale classe tutte quelle aree per cui esistono indizi di passati o potenziali dissesti ed in cui si rende necessario un approfondimento degli studi.

In funzione della tipologia dell'intervento, esso dovrà essere supportato in fase di progettazione esecutiva da indagini che dovranno essere condotte a livello di "area nel suo complesso". Sono inoltre da prevedersi interventi di presidio e miglioramento dei terreni (a livello di esecuzione degli sbancamenti di progetto) o della rete idraulica e di drenaggio sia superficiale che profondo e/o l'adozione di tecniche fondazionali e di opere speciali di consolidamento.

**Pericolosità geologica media (G.2):** aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto;

Sono normalmente da inserire in classe G.2 le aree che presentano le seguenti caratteristiche geologiche/geomorfologiche:

- aree interessate da frane non attive (frane naturalmente e artificialmente stabilizzate);
- aree con erosione superficiale;
- terreni argillosi, argillitici alterati, limosi, detritici a prevalente matrice argillosa, e terreni a struttura caotica: indicativamente con pendenze inferiori al 15% (oppure 10°);
- terreni sabbiosi, sabbioso - ghiaiosi, terreni detritici a prevalente matrice sabbioso indicativamente con pendenze inferiori al 25% (oppure 15°);
- terreni litoidi molto fratturati o di scarsa qualità, terreni ghiaiosi addensati: indicativamente con pendenze inferiori al 35-40% (oppure 20°);
- terreni litoidi non/poco fratturati e di buona qualità: indicativamente con pendenze inferiori al 45-50% (oppure 25°-30°).

Nella classe G.2 sono comprese le aree apparentemente stabili sulle quali permangono dubbi che potranno tuttavia essere chiariti a livello di indagine geognostica di supporto alla progettazione edilizia. Tali zone sono in genere quelle collinari meno acclivi, dove non si osservano evidenze di instabilità. Si collocano inoltre in questa classe le aree con roccia affiorante o a litologia compatta, a scarsa pendenza in relazione al contesto litostratigrafico, o con irrilevante copertura detritica e alteritica.

**Pericolosità geomorfologica bassa (G.1):** aree pianeggianti e sub-pianeggianti in cui i processi geomorfologici le caratteristiche litologiche e/o giaciturali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di movimenti di massa.

In via indicativa si possono considerare come sub-pianeggianti in relazione alle caratteristiche litologico-tecniche quanto segue:

- terreni argillosi, argillitici alterati, limosi, detritici a prevalente matrice argillosa, e terreni a struttura caotica: indicativamente con pendenze inferiori al 5% (oppure circa 3°);
- terreni sabbiosi, sabbioso - ghiaiosi, terreni detritici a prevalente matrice sabbioso indicativamente con pendenze inferiori al 10% (oppure circa 6°);
- terreni litoidi molto fratturati o di scarsa qualità, terreni ghiaiosi addensati: indicativamente con pendenze inferiori al 10% (oppure circa 6°);
- terreni litoidi non/poco fratturati e di buona qualità: indicativamente con pendenze inferiori al 10% (oppure circa 6°).

## **7.1 VINCOLI SOVRACOMUNALI SULLA PERIMETRAZIONE DI AREE CLASSIFICATE A RISCHIO GEOMORFOLOGICO**

Il “Piano di Bacino del Fiume Arno, stralcio Assetto Idrogeologico” e le relative misure di salvaguardia è stato approvato con D.P.C.M. del 6.5.2005.

Si dettagliano nel prosieguo le indicazioni formulate da tale atto in merito al rischio geomorfologico.

### *Il P.A.I. nel contesto della pianificazione di bacino*

Il Piano stralcio per l'assetto idrogeologico per il bacino del fiume Arno, che nel seguito chiameremo *PAI*, è redatto ai sensi e per gli effetti della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, con le relative fonti normative di conversione, modifica e integrazione.

Il *PAI* si configura in particolare come stralcio funzionale del Piano di bacino ai sensi dell'art. 17 della legge quadro.

Il *PAI* recepisce i contenuti:

- del Piano stralcio *relativo alla riduzione del rischio idraulico* approvato con DPCM 5 novembre 1999, in particolare per quanto attiene al quadro conoscitivo generale, all'analisi delle criticità e alla pianificazione e programmazione degli interventi di mitigazione del rischio;
- dei Piani straordinari per la rimozione delle situazioni a rischio idrogeologico più alto, redatto ai sensi del D.L. n. 132/99, convertito nella legge n. 226/99, approvati con delibere del Comitato Istituzionale n. 134 e 137.

### **Obiettivi del P.A.I.**

Il bacino del fiume Arno è sede di processi geomorfologici attivi che, determinati dall'interazione con il clima, modellano le forme del territorio e determinano la dinamica del reticolo di drenaggio ai diversi ordini.

L'interazione di tali processi con l'assetto del territorio antropizzato, si traduce spesso in eventi disastrosi o nella produzione di danni. Si tratta, in sostanza, della crisi di insediamenti, di infrastrutture di ecosistemi, che, indotta da eventi alluvionali o da fenomeni geomorfologici di versante, viene a determinare la perdita della vita umana, di beni ambientali, storici e culturali, l'occorrenza di danni generalizzati, in un quadro di sostanziale non sostenibilità per la collettività. Si tratta delle cosiddette calamità naturali o, secondo una locuzione più recente, dei fenomeni di dissesto idrogeologico.

Obiettivo del *PAI* è la determinazione di un quadro di pianificazione e programmazione che, in armonia con le attese di sviluppo economico, sociale e culturale del territorio, tenda a minimizzare il danno connesso ai rischi idrogeologici. Questo avviene attraverso uno sviluppo del quadro conoscitivo, l'individuazione di interventi strutturali e non strutturali di mitigazione del rischio, di norme atte a governare la sicurezza alle popolazioni, degli insediamenti e delle infrastrutture, soprattutto nel transitorio conseguente alla realizzazione degli interventi programmati. Ci si riferisce in particolare al piano stralcio relativo alla riduzione del rischio idraulico. Numerosi di questi interventi, diversi dei quali già finanziati su più leggi di spesa, sono in corso di progettazione, appalto, esecuzione quando non già in servizio.

Il cardine del *PAI*, anche alla luce di quanto più sopra accennato e delle indicazioni del recente quadro normativo, resta tuttavia la individuazione e perimetrazione delle aree a pericolosità idrogeologica e la individuazione degli elementi a rischio che si trovano in esse ricompresi.

### **Organizzazione del Piano**

L'organizzazione del *PAI* è stata strutturata attraverso fasi caratterizzate da un rapporto sostanzialmente seriale, alla cui evoluzione corrisponde lo svolgersi della "proposta di piano di recente adozione. Esse sono:

1. inquadramento del problema dell'*assetto idrogeologico*, articolato in una parte di carattere giuridico ed una di ordine tecnico;

2. quadro conoscitivo nel quale si discutono le caratteristiche fisiche, economiche e sociali del bacino in relazione ai problemi di assetto, anche nel contesto della pianificazione vigente;
3. descrizione della metodologia operativa per l'individuazione dell'*assetto idrogeologico* attuale, attraverso l'individuazione delle aree a pericolosità idrogeologica in rapporto con gli elementi a rischio presenti sul territorio;
4. produzione degli atlanti cartografici;
5. definizione delle linee di pianificazione delle azioni di assetto idraulico e geomorfologico, individuazione dei fabbisogni e relativa programmazione degli interventi;
6. elaborazione delle norme di attuazione.

**Elaborati del PAI in merito alla pericolosità da processi geomorfologici di versante e da frana**

Gli elaborati del PAI sono costituiti da una relazione con i relativi allegati comprendenti, tra l'altro, le norme di attuazione e i dati relativi alla programmazione degli interventi, ed una serie di atlanti cartografici su alcuni dei quali, tra l'altro, viene a definirsi l'azione normativa. Questi possono essere a loro volta suddivisi secondo la scala cui sono stati elaborati, cui corrisponde un assegnato dettaglio del quadro conoscitivo e la metodologia di indagine impiegata.

Gli elaborati di PAI inerenti tale aspetto sono dunque costituiti da:

- 1• *“Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante – Livello di sintesi in scala 1:25.000”;*
- 2• *“Perimetrazione delle aree con pericolosità da frana derivate dall'inventario dei fenomeni franosi – Livello di dettaglio in scala 1:10.000”;*
- 3• *“Carta degli elementi a rischio – Aree con pericolosità da frana – scala 1:10.000”.*

**Sugli elaborati “carta della pericolosità geologica” (Elab. G.6, G.10, G.15, G.20 e G.25) le perimetrazioni P.F.4 e P.F.3 non fanno riferimento a quanto riportato sugli stralci cartografici (scala 1:10.00) emessi dalla Autorità di Bacino del Fiume Arno nell'ottobre 2004 e approvati con D.P.C.M. del 6 maggio 2005.**

**Sono invece state riportate perimetrazioni conformi a quelle modificate, ai sensi degli artt. 27 e 32 delle NTA del P.A.I. stesso, durante il corso dell'istruttoria cui gli stessi elaborati geomorfologico e di pericolosità geologico/geomorfologica sono stati assoggettati con favorevole parere istruttorio promulgato nel marzo 2014.**



## 9. SISMICITA' DELL'AREA e VALUTAZIONI PRELIMINARI SUL RISCHIO SISMICO

Il **rischio sismico** nella accezione corrente rappresenta il probabile danno che un determinato sito può subire in occasione di un sisma. In maniera analitica può essere espresso come il prodotto della pericolosità sismica, della vulnerabilità sismica e della quantificazione economica delle realtà danneggiate. La **pericolosità sismica** può essere direttamente riferita alla vibrazione che un sito può subire durante un sisma, mentre la **vulnerabilità** definisce lo stato di conservazione del patrimonio edilizio e delle strutture sociali potenzialmente rese inattive dal sisma. Il parametro relativo alla **quantificazione economica** delle realtà danneggiate è di difficilissima valutazione poiché comprende, oltre a edifici, strutture produttive ed infrastrutture, anche vite umane e beni artistici e culturali.

La *valutazione del rischio sismico*, in aree ad estensione regionale, viene effettuata mediante la **macrozonazione sismica**, definita come l'individuazione di aree che possano essere soggette, in un dato intervallo di tempo, ad un terremoto di una certa intensità.

All'interno di queste aree si possono valutare, con maggior dettaglio, le differenze di intensità massima dovute a differenti situazioni geologiche locali attraverso procedure il cui insieme costituisce la **microzonazione sismica**. Infatti l'esame della distribuzione dei danni prodotti da un terremoto nello stesso territorio dimostra che le azioni sismiche possono assumere anche a distanze di poche decine di metri caratteristiche differenti in funzione delle diverse condizioni locali (morfologia superficiale, morfologia del substrato roccioso sepolto, presenza e profondità della falda freatica, costituzione e proprietà del sottosuolo, presenza di faglie, etc.).

La microzonazione sismica mira ad individuare gli strumenti necessari a prevedere e a mitigare gli effetti sismici in una zona di dimensioni urbane, tramite opportuni criteri d'uso del territorio.



Le indagini per la *valutazione del rischio sismico* sono, pertanto, suddivise in due fasi.

### **Macrozonazione sismica**

Fornisce un quadro generale del potenziale sismico e quindi della pericolosità sismica di una regione, con l'individuazione delle aree sismiche e di quelle non soggette a sisma.

Nell'ambito dell'Ordinanza P.C.M. n. 3274/03 si sono individuate 4 zone, delle quali le prime tre coincidono con quelle (Categorie) individuate dalla L.n.64/74 e successivi D.M. ad essa collegati, mentre la quarta è di nuova costituzione. In quest'ultima zona le regioni possono imporre l'obbligo della progettazione antisismica e stabilire norme e criteri specifici.

Sulla scorta di questa nuova classificazione il territorio del Comune di Lastra a Signa è inserito in **Zona 3** (Del. GRT 878/2012) con i seguenti parametri :

zona	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) (ag/g)
3	<b>0,15</b>

La OPCM n. 3519 del 28 aprile 2006 disciplina i criteri alla base degli studi per la definizione della pericolosità sismica utili alla riclassificazione sismica del territorio nazionale, ma definisce anche con:

- la lett. g) la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle zone sismiche che dovranno prevedere:

- 1) la discretizzazione dell'elaborato di riferimento rispetto ai confini dei comuni. E' opportuno a tale proposito che il passaggio fra zone sismiche territorialmente contigue sia definito in termini gradualisti, sia all'interno di ciascuna regione che al confine di regioni diverse.
- 2) la definizione di eventuali sottozone nell'ambito di uno stesso comune e secondo quanto previsto alla lett. a) per descrivere meglio l'azione sismica, soprattutto in relazione alle esigenze di valutazione e di recupero degli edifici esistenti.

- la lett. c) - sulla base della valutazione di *ag* l'assegnazione di un territorio ad una delle zone sismiche potrà avvenire, secondo la tab. di cui alla lett. a), con la tolleranza di 0,025 *ag*.

La Regione Toscana con D.G.R. n. 431 del 19.06.2006 ha proposto la riclassificazione sismica regionale, mantenendo in via preliminare un atteggiamento di cautela soprattutto nelle situazioni che potrebbero comportare una declassificazione dei comuni dalla zona a media sismicità alla zona a bassa sismica (da zona 2 a zona 3).

A tal proposito ha ritenuto opportuno, nel processo di declassificazione dei comuni, mantenere lo stesso livello di protezione assicurato dalle azioni sismiche della zona 2, provvedendo di conseguenza all'individuazione di una zona **3S**. Tuttavia, il territorio comunale di Lastra a Signa è **rimasto** inserito in **zona 3**.

A distanza di sei anni dall'entrata in vigore della precedente classificazione sismica, la Regione Toscana ha provveduto all'aggiornamento della classificazione sismica del proprio territorio. La **nuova mappa sismica** è stata approvata con la delibera n. 878 dell'8 ottobre 2012. L'aggiornamento della classificazione sismica, redatto ai sensi dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3519/2006, si è reso necessario al fine di recepire le novità introdotte dall'entrata in vigore delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2008) e di rendere la classificazione sismica (riferimento per la disciplina dei controlli sui progetti depositati presso gli Uffici tecnici regionali preposti), maggiormente aderente all'approccio *sito-dipendente* introdotto dalle vigenti Norme. Il territorio comunale di Lastra a Signa rimane inserito in **zona 3** anche nella più recente classificazione.

#### ***Microzonazione sismica***

Individua le risposte sismiche locali nell'ambito di una zona dell'ordine di grandezza di un comune o di una città metropolitana, fornendo informazioni di dettaglio relative agli effetti locali, ottimizzando quindi i dati rilevati tramite la macrozonazione.

Compito precipuo della microzonazione è quello di individuare terreni dinamicamente instabili e stimare le accelerazioni che si possono verificare in terreni dinamicamente stabili, poiché condizioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche particolari possono determinare variazioni nella risposta sismica locale e di conseguenza sulla pericolosità del sito.

## NTC 2008

Con l'entrata in vigore del **D.M. 14 gennaio 2008** – Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) la stima della **pericolosità sismica**, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ( $V_{s30} > 800$  m/s), viene definita mediante un approccio "**sito-dipendente**" e non più tramite un criterio "**zona-dipendente**".

Secondo l'approccio "zona dipendente", adottato dalla precedenti normative nazionali in campo antisismico, l'accelerazione di base **ag**, senza considerare l'incremento dovuto ad effetti locali dei terreni, derivava direttamente dalla Zona sismica di appartenenza del comune nel cui territorio è localizzato il sito di progetto.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la **classificazione sismica** del territorio è scollegata dalla determinazione dell'azione sismica di progetto, mentre rimane il riferimento per la trattazione di problematiche tecnico-amministrative connesse con la stima della pericolosità sismica. Pertanto, secondo quanto riportato nell'allegato **A** del D.M. 14 gennaio 2008, la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (tabella 1, allegato B del D.M. 14 gennaio 2008).

Tale **griglia** è costituita da **10.751 nodi** (distanziati di non più di 10 km) e copre l'intero territorio nazionale ad esclusione delle **isole** (tranne Sicilia, Ischia, Procida e Capri) dove, con metodologia e convenzioni analoghe vengono forniti parametri spettrali costanti per tutto il territorio (tabella 2, allegato B del D.M. 14 gennaio 2008); tale considerazione riguarda anche le isole dell'arcipelago toscano. La Toscana è interessata da **936 nodi**.

Per ciascuno dei nodi della griglia vengono forniti, per 9 valori del **periodo di ritorno** (da 30 anni a 2.475 anni), i valori dei parametri **ag** (espresso in g/10), **F0** (adimensionale) e **T\*c** (espresso in secondi) necessari per la definizione dell'azione sismica.

Secondo quanto riportato nell'allegato A del D.M. 14 gennaio 2008, definite le coordinate del sito interessato dal progetto, sarà possibile il calcolo dei suddetti parametri spettrali (per uno dei tempi di ritorno forniti) tramite media pesata con i 4 punti della griglia di accelerazioni (Tabella 1 in Allegato B) che comprendono il sito in esame. Qualora il tempo di ritorno richiesto sia differente da uno dei 9 tempi di ritorno forniti in tabella, sarà possibile ricavare il valore del parametro di interesse mediante interpolazione tra i valori dei parametri corrispondenti ai due tempi di ritorno (dei nove forniti per ognuno dei nodi del reticolo di riferimento) che comprendono il tempo di ritorno necessario.

A tale proposito sono state predisposte dal Servizio Sismico della Regione Toscana, le **mappe di pericolosità** relative alla distribuzione dei nodi della griglia per ciascuna delle dieci province.

Per ogni territorio comunale è riportata inoltre la classificazione sismica (**Del. GRT n. 431 del 19 giugno 2006**) sia in mappa che in forma tabellare. Infine, sempre in tabella, è illustrato a titolo indicativo anche il valore di accelerazione ( $ag_{475}$ ), calcolato in corrispondenza della sede comunale.

Si ricorda che i valori di accelerazione vanno divisi per 10. Pertanto, i valori di accelerazione del settore nord del territorio comunale (Capoluogo) sono compresi tra 0,125 e 0,150 g, mentre ai restanti settori vengono attribuiti valori di accelerazione compresi tra 0,100 e 0,125 g.

L'attività di valutazione su un territorio (alla scala comunale) delle modificazioni apportate allo scuotimento del suolo dalle condizioni geologico-tecnico locali e dalle condizioni topografiche locali viene chiamata **microzonazione sismica (MS)**.

Tale attività rientra in un quadro più generale nei programmi di prevenzione e di mitigazione degli effetti di un terremoto, in cui è necessario individuare in via preliminare con criteri speditivi le zone a più elevato rischio sismico da sottoporre a studi particolareggiati.

Si definiscono “**condizioni locali di sito**”:

- la geologia e la geomorfologia locale;
- condizioni geotecniche e stratigrafiche locali;
- prossimità ad una faglia sismicamente attiva.

Le condizioni locali di sito sono responsabili degli effetti locali di sito che possono schematicamente essere così riassunti:

- modifica delle caratteristiche dello scuotimento rispetto a quanto definito in termini di pericolosità di base;
- fenomeni di instabilità del terreno.

Per ciò che attiene alla modifica del moto sismico, si tratta di definire la **pericolosità sismica locale**. Ciò comporta in generale un’amplificazione del moto sismico, la cui causa è riconducibile a motivi stratigrafici (presenza di depositi soffici poggianti su substrato roccioso), topografici (amplificazione del moto sismico lungo pendii o alla sommità di scarpate o pendii) oppure riferibile alla presenza di particolari geometrie sepolte, in grado di modificare le caratteristiche del moto sismico sia in termini di intensità sia per quanto concerne il contenuto spettrale.

Per quanto concerne i fenomeni di instabilità dei terreni e delle rocce gli aspetti rilevanti sono quelli che riguardano:

- liquefazione e/o densificazione dei depositi sabbiosi;
- eccessivi cedimenti e deformazioni permanenti del suolo;
- instabilità di pendio in terreni e roccia;
- attività di faglia.

Danni consistenti possono ricorrere quando la frequenza di risonanza di un terreno raggiunta durante un evento sismico corrisponde a quella propria dell’edificio (fenomeno della doppia risonanza).

La pericolosità di base è di norma definita mediante approccio di tipo probabilistico. In generale, per la determinazione della pericolosità di base è necessario definire:

- la sismicità storica;
- le zone sismogenetiche;
- le relazioni di attenuazione;
- le leggi di ricorrenza.

A tal fine è necessario raccogliere e interpretare dati e informazioni riguardanti la sismicità regionale, la sismo-tettonica, dati e registrazioni ottenuti da reti sismiche nazionali e locali.

Per quanto riguarda la stima della pericolosità sismica locale, essa è da ricondurre ad una serie di caratteri geologico-tecnici di un’area più o meno ampia che viene presa in esame. Tali caratteri geologico tecnici come è noto riguardano: la morfologia di superficie, la morfologia sepolta, le litologie, le caratteristiche fisico meccaniche, le condizioni idrogeologiche s.l. Queste condizioni infatti oltre ad essere causa di possibile amplificazione degli effetti

sismici possono provocare i cosiddetti fenomeni indotti, quali: attivazione e rimobilizzazione di fenomeni gravitativi, liquefazione in terreni granulari saturi, deformazioni permanenti in terreni di fondazione.

La **valutazione degli effetti locali** di amplificazione del moto sismico e quindi la pericolosità sismica locale sono di norma valutati attraverso analisi di risposta sismica locale dei depositi di terreno.

A riguardo la normativa di riferimento (D.M. 14.09.2008) consente di valutare gli effetti locali di amplificazione del moto sismico sia in modo semplificato, sia con modalità analitiche più rigorose.

Uno degli aspetti più importanti di queste normative è quello di definire e di valutare l'amplificazione sismica dei terreni sulla base della definizione del parametro  $V_s$ , cioè della velocità delle onde di taglio.

### **Metodologia di lavoro e obiettivi**

Gli studi di Microzonazione Sismica Comunale (di seguito MS) svolti per il Comune di Lastra a Signa nell'ambito del supporto geologico alla Variante al Piano Strutturale sono stati condotti secondo le indicazioni formulate dal Settore Coordinamento Regionale Prevenzione Sismica nel rispetto degli "Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica Nazionale" (di seguito ICMS) e delle specifiche tecniche regionali per la microzonazione sismica approvate con Deliberazione di G.R.T. n. 261/2011.

Nei citati ICMS vengono definite le procedure, le metodologie di analisi al fine di individuare e caratterizzare le zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazione locale del moto sismico e le zone suscettibili di instabilità.

Nello specifico la MS individua e caratterizza:

- Le **Zone Stabili**, sono zone nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (litotipi assimilabili al substrato sismico in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata) e pertanto gli scuotimenti attesi sono equivalenti a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base;
- Le **Zone Stabili Suscettibili di Amplificazione Sismica**, sono le zone in cui il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio;
- Le **Zone Suscettibili di Instabilità**, sono le zone suscettibili di attivazione dei fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fagliazione superficiale).

Per la definizione delle zone e della loro perimetrazione si rimanda a quanto definito al par. 1.6.3.1.2 degli ICMS.

Gli studi di MS rivestono una notevole importanza nella pianificazione territoriale, fornendo una base conoscitiva della pericolosità sismica locale, al fine di stabilire gerarchie di pericolosità utili per la programmazione di interventi di riduzione del rischio sismico a varie scale, orientare la scelta di aree per nuovi insediamenti, definire gli interventi ammissibili in una determinata area, programmare le indagini e i livelli di approfondimento, stabilire orientamenti, modalità e priorità di intervento nelle aree urbanizzate.

In relazione ai diversi contesti geologico-tecnici, alla pericolosità sismica di base ed in funzione dei diversi obiettivi degli studi di MS, possono essere effettuati n. 3 livelli di approfondimento, con complessità e impegno economico crescente.

In particolare possono essere predisposti i seguenti livelli:

- il **livello 1** è un livello propedeutico ai successivi studi di MS, che consiste esclusivamente in una raccolta organica e ragionata di dati di natura geologica, geofisica e geotecnica e delle informazioni preesistenti e/o acquisite appositamente al fine di suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico. Tale approfondimento è finalizzato alla realizzazione della carta delle “Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)”;
- il **livello 2** è un livello successivo in cui si introduce l’elemento quantitativo associato alle zone omogenee mediante metodologie di analisi numerica di tipo semplificato (abachi regionalizzati, modellazione 1D, leggi empiriche) e l’esecuzione di ulteriori e più mirate indagini. Tale approfondimento è finalizzato alla realizzazione della “Carta di Microzonazione Sismica”;
- il **livello 3** rappresenta il livello più approfondito che permette di giungere ad una microzonazione approfondita del territorio basata su metodologie analitiche di analisi di tipo quantitativo. Tale approfondimento è finalizzato alla realizzazione della “Carta di Microzonazione Sismica con approfondimenti”.

**Per l’attuale supporto alla Variante al Piano Strutturale di Lastra a Signa sono stati eseguiti pertanto studi di livello 1.**

Ciascuno dei livelli di approfondimento prevede una serie di adempimenti come sotto elencati e dettagliati nella tabella riassuntiva al fine della definizione del quadro conoscitivo minimo che debba essere raggiunto per ogni livello sulla scorta delle indicazioni contenute al par.1.6.3 degli ICMS:

- la realizzazione di opportune indagini geologiche, geofisiche e geotecniche al fine di definire il quadro conoscitivo;
- l’effettuazione di opportune analisi ed elaborazioni;
- la predisposizione di risultati finali.

<b>INDAGINI MINIME</b>	Raccolta di tutti i dati pregressi esistenti nell’area: rilievi geologici, geomorfologici, geologico-tecnici, indagini geofisiche, sondaggi e stratigrafie desunte da pozzi; Rilevamenti geologici di controllo sul terreno; Nuove indagini: Esecuzione di ulteriori indagini geofisiche e geotecniche, qualora la raccolta dei dati pregressi non consenta la ricostruzione di un quadro conoscitivo sufficientemente attendibile rispetto agli obiettivi del livello 1; Misura passiva del rumore ambientale, mediante tecnica a stazione singola;
<b>ANALISI ED ELABORAZIONI</b>	Sintesi dei dati e delle cartografie disponibili; Rilettura, sintesi dei dati ed eventuali nuovi rilievi geologici.
<b>PRODOTTI FINALI</b>	Carta delle indagini (sia esistenti che di nuova realizzazione); Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica almeno alla scala 1:5.000-1.10.000; Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) almeno alla scala 1:5.000-1.10.000; Relazione tecnica illustrativa della carta MOPS; Carta delle frequenze fondamentali dei depositi.

*Sintesi del quadro conoscitivo del livello 1*

Questo livello può quindi essere caratterizzato essenzialmente in una raccolta organica e ragionata di dati di natura geologica, geofisica e geotecnica e delle informazioni preesistenti e/o acquisite appositamente al fine di suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico.

Le finalità degli studi di MS di livello 1 sono:

1. individuare qualitativamente le aree che necessitano di approfondimenti;
2. definire le tipologie di effetti attesi;
3. individuare il modello geologico di sottosuolo preliminare.

Il principale elaborato previsto in questo livello è la ***Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)***. Questa carta individua le microzone ove, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e in relazione all'acquisizione, valutazione ed analisi dei dati geognostici e di alcune tipologie di dati geofisici, è prevedibile l'occorrenza di diverse tipologie di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc.). Di particolare importanza a questo scopo risulta la ricostruzione del modello geologico-tecnico dell'area, l'individuazione dei litotipi che possono costituire il substrato rigido (ovvero dei materiali caratterizzati da valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio S significativamente maggiori di quelli relativi alle coperture localmente presenti) accompagnata da una stima approssimativa della loro profondità rispetto al piano di campagna (del tipo: "qualche metro", "una decina di metri", "alcune decine di metri", "oltre i 100 metri"), una stima di massima del contrasto di impedenza sismica atteso (del tipo: "alto" o "basso"). Di particolare importanza sarà l'individuazione di eventuali discontinuità e morfologie sepolte potenzialmente in grado di causare inversioni della velocità di propagazione delle onde di taglio ed effetti di RSL bi- e tri-dimensionali. Pertanto, per acquisire tali informazioni di tipo semiquantitativo al fine di consentire la predisposizione della cartografia delle *Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)* si è provveduto alla acquisizione, oltre alle informazioni già previste al par. 1.6.3.1.2 degli ICMS, dei risultati di indagini geofisiche utili alla ricostruzione geometrica dei corpi sepolti (sismica a rifrazione, ERT, gravimetria, ecc.) e alla individuazione di eventuali contrasti di impedenza sismica e possibili fenomeni di risonanza (campagne di misura delle frequenze naturali di sito da vibrazioni ambientali o da terremoti).

Per meglio rappresentare queste caratteristiche la carta dovrà essere corredata da sezioni geolitologiche rappresentative della situazione lito-stratigrafica e strutturale presente.

Attraverso questo livello, quindi, sarà possibile:

- la definizione delle caratteristiche litologiche e geometriche delle unità geologiche del sottosuolo;
- l'individuazione delle aree a minore pericolosità locale (zone stabili);
- l'individuazione delle aree per le quali sono necessari ulteriori livelli di approfondimento;
- definire il livello di approfondimento richiesto nelle aree che necessitano di approfondimenti;
- la programmazione di indagini di approfondimento, sulla base delle diverse tipologie di effetti attesi.

Per la indicazioni tecniche cui attenersi per la predisposizione della **cartografia delle indagini** e delle **cartografia delle Microzonazione Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)** si rimanda ai par. 2.2 e 2.3 degli ICMS in cui vengono presentate le procedure di riferimento per la realizzazione delle suddette carte.

## 9.1 INDIVIDUAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE

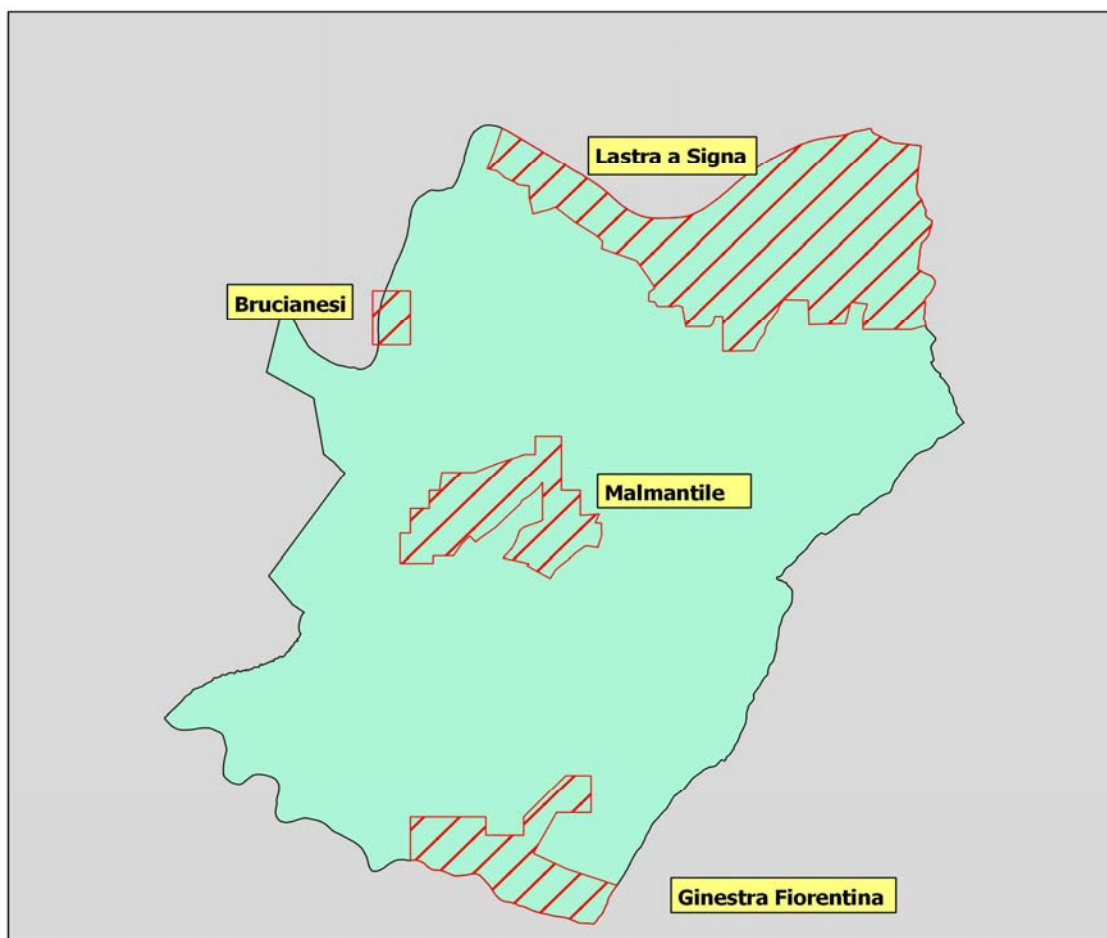
Gli studi di MS devono essere concentrati in corrispondenza dei centri urbani maggiormente significativi che l'Amministrazione Comunale ha individuato di concerto con la Struttura Regionale deputata. Tali aree coincidono necessariamente con le zone del territorio comunale occupate da insediamenti abitativi, industriali e/o elementi antropici di interesse e sono state, pertanto, sottoposte a studi e indagini specifiche finalizzate alla redazione delle carte di dettaglio in scala 1:5.000 / 1:2.000 previste per gli studi di micro zonazione sismica di 1° Livello.

Tali zone prescelte e selezionate in base ai criteri VEL (definiti al par. 3.4.2 degli ICMS) corrispondono alle estensioni territoriali di quattro principali frazioni di seguito elencate:

- 1 – Lastra a Signa Capoluogo (comprensivo delle località Stagno, Ponte a Signa e Porto di Mezzo)
- 2 – Malmantile (comprensivo della località Quattro Strade)
- 3 - Brucianesi
- 4 – Ginestra Fiorentina (comprensivo della località Carcheri)

Al fine di una migliore rappresentazione delle strutture geologiche e delle fenomenologie geomorfologiche, i tematismi cartografici allestiti sono inoltre stati estesi a quelle porzioni di territorio in adiacenza ai centri urbani.

La figura n. 11 mostra il quadro di unione e la dislocazione all'interno del territorio comunale di Lastra a Signa dei centri urbani oggetto di indagine di microzonazione sismica.



*Fig. 11 - Quadro di unione dei centri urbani considerati nello studio di microzonazione sismica del territorio comunale di Lastra a Signa*



## 9.2 INDAGINI GEOFISICHE APPOSITAMENTE ESEGUITE E DATI DI BASE

Per effettuare gli studi di MS si è provveduto alla raccolta e all'archiviazione organizzata di dati pregressi (vedi elaborati G.7, G.12, G.17 e G.22 in scala 1:5.000 e 1:2.000 e cfr. Allegati G.A, G.B, G.C. e G.D).

Le Carte geologico-tecniche con ubicazione dati di base e indicazioni su frequenze sismiche (laborati G.7, G.12, G.17 e G.22) mostrano, nel dettaglio per ciascuna delle frazioni indagate, l'ubicazione di tutte le indagini eseguite precedentemente al presente studio reperibili da fonti "bibliografiche" e/o banche dati (vedi certificazioni in Allegati G.A, G.B, G.C. e G.D), nonché l'ubicazione delle indagini geofisiche all'uopo realizzate su indicazione del Coordinamento Regionale Prevenzione Sismica come supporto al presente studio di Microzonazione Sismica di 1° Livello (vedi certificazioni ed allegati forniti dalla ditta Ditta P3 s.n.c.).

La raccolta dei dati esistenti si è basata sull'acquisizione di stratigrafie relative a pozzi e sondaggi, di certificati di prove penetrometriche dinamiche e statiche, di saggi geognostici significativamente profondi, di indagini geofisiche (prove di sismica a rifrazione, prove down-hole, MASW e HVSr già realizzati nelle zone di studio).

Si citano di seguito le fonti di reperimento dei dati raccolti in allegato A (dati di base da bibliografia):

- Carta dei dati di base di supporto al Piano Strutturale del Comune di Lastra a Signa (2001);
- Studi geologici e geomorfologici di dettaglio, commissionati dalla Amministrazione Comunale, a supporto alla progettazione di opere di opere pubbliche e/o interventi infrastrutturali;
- Data base della Regione Toscana delle indagini di sottosuolo
- Data base della Provincia di Firenze – Mappa dei Pozzi e delle Derivazioni relativamente a informazioni dei pozzi idrici,
- Data base ISPRA relativamente a stratigrafie di pozzi idrici profondi,
- Archivi comunali in merito alle pratiche urbanistiche, edilizie e lavori pubblici.

La nomenclatura delle diverse tipologie di indagine ubicate sulla CTR, è stata definita sulla base delle indicazioni riportate al par. 2.2.3. degli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica".

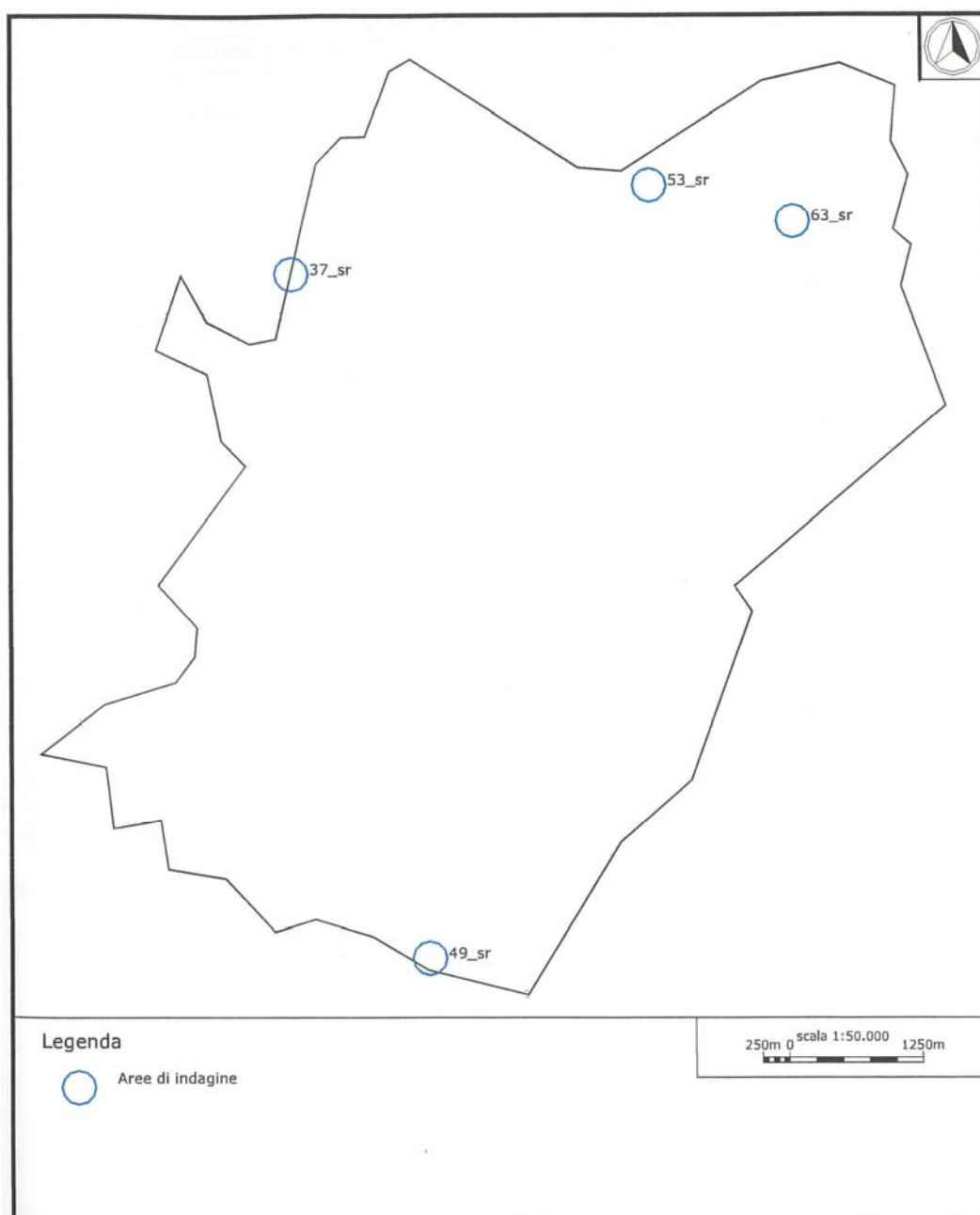
Per la predisposizione del presente di *studio di Microzonazione Sismica dei centri urbani* è stato necessario realizzare una specifica campagna di indagini geofisiche la cui distribuzione all'interno delle frazioni ed ubicazione in relazione alle problematiche da indagare è stata concordata con i funzionari del Coordinamento Regionale Prevenzione Sismica:

- n. 4 prove sismiche a rifrazione con onde P ed onde SH, con restituzione secondo tecniche di analisi a rifrazione classica e tomografica, delle velocità  $V_p$  e  $V_s$  nel sottosuolo;
- n. 1 prova MASW (Multistation Analysis of Surface Waves), per determinazione di profili di velocità  $V_s$  nel sottosuolo, che ha permesso di ottenere la classificazione del sottosuolo ai sensi della vigente normativa NCT 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2008";
- n. 1 prova ESAC (Extended Spatial Auto Correlation) per determinazione di profili di velocità  $V_s$  nel sottosuolo;
- n. 26 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremiti (HVSr), e con processo di inversione e interpretazione secondo la metodologia di analisi del rapporto spettrale H/V o di Nakamura, per determinare l'eventuale comportamento amplificativo del terreno.

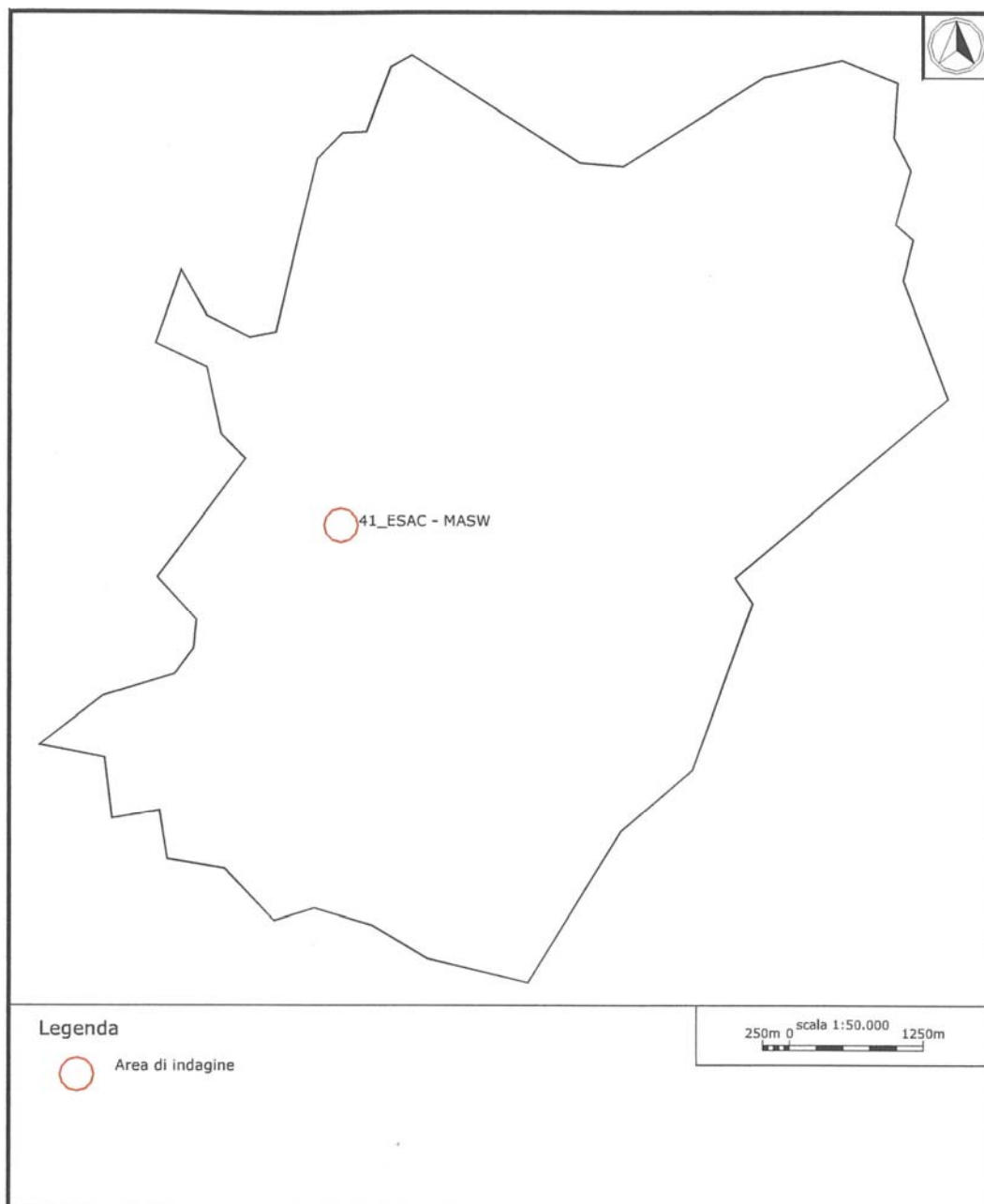
Si fornisce il dettaglio delle indagini appositamente eseguite nel periodo dicembre 2012 – febbraio 2013 a corredo del presente studio (ditta P3 s.n.c. di Pisa), con la loro suddivisione nelle varie frazioni. La distribuzione ed ubicazione di tali indagini all'interno delle frazioni relazione alle problematiche da indagare è mostrata nelle sopra citate cartografie, mentre per le risultanze si rimanda agli elaborati ed allegati forniti dalla Ditta P3 s.n.c. .

<b>Id indagine</b>	<b>Località</b>	<b>Rifrazione P+Sh</b>	<b>HVSR</b>	<b>ESAC+MASW</b>
34_HVSR	BRUCIANESI		X	
35_HVSR	BRUCIANESI		X	
36_HVSR	BRUCIANESI		X	
37_SR	LASTRA A SIGNA	X		
38_HVSR	MALMANTILE		X	
39_HVSR	MALMANTILE		X	
40_HVSR	MALMANTILE		X	
41_ESAC-MASW	MALMANTILE			X
42_HVSR	MALMANTILE		X	
42bis_HVSR	MALMANTILE		X	
43_HVSR	MALMANTILE		X	
44_HVSR	MALMANTILE		X	
45_HVSR	MALMANTILE		X	
46_HVSR	GINESTRA F.NA		X	
47_HVSR	GINESTRA F.NA		X	
48_HVSR	GINESTRA F.NA		X	
49_SR	LASTRA A SIGNA	X		
50_HVSR	GINESTRA F.NA		X	
51_HVSR	LASTRA A SIGNA		X	
52_HVSR	LASTRA A SIGNA		X	
53_SR	LASTRA A SIGNA	X		
54_HVSR	LASTRA A SIGNA		X	
55_HVSR	LASTRA A SIGNA		X	
56_HVSR	LASTRA A SIGNA		X	
57_HVSR	LASTRA A SIGNA		X	
58_HVSR	LASTRA A SIGNA		X	
59_HVSR	LASTRA A SIGNA		X	
60_HVSR	LASTRA A SIGNA		X	
61_HVSR	LASTRA A SIGNA		X	
62_HVSR	LASTRA A SIGNA		X	
63_SR	LASTRA A SIGNA	X		

Nelle seguenti figure 12, 13 e 14 vengono rispettivamente presentate le ubicazioni delle indagini di tomografia sismica a rifrazione in onde P e Sh, delle indagini ESAC – MASW e delle misure HVSR.



*Fig. 12 – Corografia di ubicazione delle indagini di sismica a rifrazione in onde P e Sh*



*Fig. 13 – Corografia di ubicazione delle indagini di sismica a rifrazione in onde P e Sh*

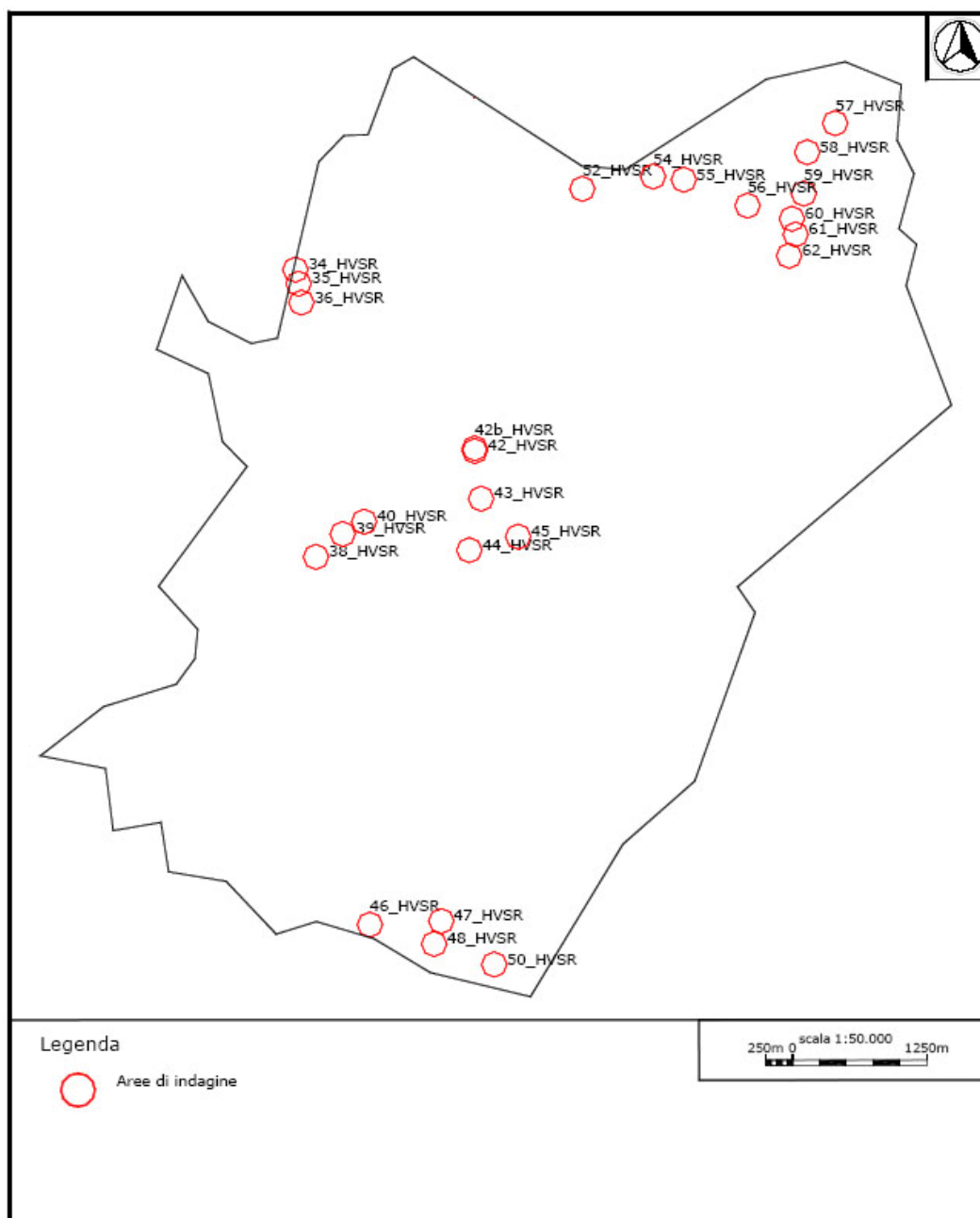


Fig. 14 – Corografia di ubicazione delle indagini di sismica passiva a stazione singola (HVSr)

Ad ogni misura HVSr, è stata attribuita una delle seguenti 3 classi di appartenenza (vedi allegata relazione della Ditta P3 s.n.c.):

Classe A: registrazione affidabile ed interpretabile che può essere utilizzata anche da sola;

Classe B: registrazione sospetta da utilizzare con cautela ed in presenza di altre misure ottenute nelle vicinanze;

Classe C: registrazione scadente e di difficile interpretazione.

Per ciascuna delle frazioni indagate, nel seguito del presente rapporto in cui si descrivono le caratteristiche rilevate per ogni centro urbano studiato, si fornisce indicazione della **Classe di qualità** ottenuta applicando la “Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità della carta di livello 1 di MS, i cui criteri e dati di input sono riassunti nella sotto riportata tabella 1 e i cui “range” di accettabilità sono indicati nel seguente abaco per le classi A, B e C.

CLASSE	VALORI	INDICAZIONI
<b>A</b>	<b><math>\geq 75 \%</math></b>	Carta di livello 1 di ottima qualità
<b>B</b>	<b>50 % - 74 %</b>	Sarebbero auspicabili migliorare almeno uno dei parametri
<b>C</b>	<b>25 % - 49 %</b>	Sarebbero auspicabili ulteriori indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità
<b>D</b>	<b><math>\leq 25 \%</math></b>	Carta di livello 1 di scarsa qualità: non risponde ai requisiti minimi richiesti da ICMS08 e Linee Guida Regione Toscana

Tabella 1 – Quadro riassuntivo dei parametri e dei relativi indicatori con l'attribuzione dei pesi e dei punteggi						
Parametro (peso parametro)	Peso Indicatore	Indicatore	Valutazione indicatore (punteggio)			
			Nulla (0)	Bassa (0.33)	Media (0.66)	Alta (1)
Carta geologico-tecnica (1)	0.33	Anno rilevamento	No data	< 2000		> 2000
	0.33	Progetto	No data	Altro	Allegato piano urbanistico	Ad hoc
	0.33	Scala rilevamento	No data	50.000-26.000	25.000-11.000	10.000-2.000
Sondaggi a distruzione (0.50)	0.33	Numero di sondaggi a distruzione	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a distruzione	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Sondaggi a carotaggio continuo (1)	0.33	Numero di sondaggi a carotaggio	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a carotaggio	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Indagini geofisiche (0.50)	0.33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da indagini	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Percentuale indagini che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Prove geotecniche in situ (Prove Penetrometriche, ecc.) e di laboratorio (0.25)	0.33	Numero di prove	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da prove	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Percentuale prove che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Misure delle frequenze del sito (0.75)	0.33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
	0.33	Percentuale di celle occupate da misure	No data	1-33%	34-66%	>66%
	0.33	Classe di affidabilità misure (Albarelli et alii)*	No data	Classe A < 33%	Classe A 34-66%	Classe A >66%

\* D. Albarello, C. Cesi, V. Edilli, F. Guerrini, E. Lunedi, E. Paolucci, D. Pileggi, L.M. Puzzilli - Il contributo della sismica passiva nella microzonazione di due macroaree abruzzesi. In stampa su Boll. Geofis. Teor. Appl.

Nelle Carte geologico-tecniche con ubicazione dati di base e indicazioni su frequenze sismiche di dettaglio vengono fornite le informazioni ottenute (frequenza e ampiezza del picco di risonanza) dall'interpretazione delle misure di rumore sismico eseguite nei diversi centri urbani del comune di Lastra a Signa assoggettati alla presente indagine. Per ogni misura è stata ottenuta la curva del rapporto H/V del segnale sismico acquisito, sulla quale sono stati eventualmente individuati picchi di risonanza per un certo valore di frequenza. Tale cartografia riassume e fornisce indicazioni qualitative sulla classe di frequenza fondamentale allo scopo di distinguere:

- aree caratterizzate da assenza di fenomeni di risonanza significativi (ad esempio nessun massimo relativo significativo di  $f_0$  nell'intervallo 0,1-20Hz);
- aree caratterizzata da presenza di fenomeni di risonanza, distinguendo fra:

- spessori attesi > di 100 m (indicativamente con  $f_0 < 1$ ),
- spessori compresi fra 100 e 30 m (indicativamente con  $1\text{ Hz} < f_0 < 2\text{ Hz}$ ),
- spessori compresi fra 30 e 10 m (indicativamente con  $2\text{ Hz} < f_0 < 8\text{ Hz}$ ),
- spessori minori di 10 (indicativamente con  $f_0 > 8\text{ Hz}$ ).

Il range significativo a cui fare riferimento per la valutazione della suscettibilità all'amplificazione sismica di un sito è circa 1-10 Hz. Picchi con frequenze di circa 1-2 Hz sono rappresentativi mediamente di contrasti di impedenza sismica collocati a profondità dell'ordine di qualche centinaia di metri. Frequenze di risonanza, invece, comprese nell'intervallo 8-12 Hz sono rappresentative di limiti stratigrafici, esistenti tra coperture detritiche e substrato roccioso, la cui profondità è dell'ordine di qualche metro (mediamente compresa tra 0 e 10 m).

Per la rappresentazione dei risultati, sono stati considerati i seguenti intervalli di frequenza (Hz):

- 1-1,5
- 1,5 - 2
- 2 - 3
- 3 - 4
- 4 - 5
- 5 - 7,5
- 7,5 - 10
- > 10

Al fine di riportare in carta il dato relativo all'ampiezza del picco fondamentale, sono stati considerati i seguenti intervalli di ampiezza:

- < 2
- 2-3
- > 3

Ogni coppia di valori (frequenza/ampiezza) individuati, è stato riportato in apposita tabella sulla relativa cartografia di ubicazione indagini.

Per la valutazione dell'entità del contrasto d'impedenza sismica, individuato con l'interpretazione delle misure di rumore, si è fatto riferimento al seguente criterio di classificazione:

- per ampiezze < 3, il contrasto d'impedenza sismico è basso
- per ampiezze > 3, il contrasto d'impedenza sismico è elevato (alto)

Tale discriminazione è stata applicata solo a valori di ampiezza riferite al picco principale. Sono pochi i casi nei quali sono stati determinati i picchi secondari, nei quali generalmente l'ampiezza del rapporto H/V è risultato basso. Per ulteriori dettagli si rimanda alla relazione allegata al presente documento redatta dall'impresa realizzatrice delle indagini sismiche (vedi allegati Ditta P3 s.n.c., 2013).

L'entità del contrasto di impedenza sismica non è stato riportato direttamente sulla carta delle frequenze, ma sulle colonne stratigrafiche del modello geologico di sottosuolo, mostrate sulla carta delle MOPS e sulle sezioni geologiche.

Tale elaborato ha il duplice scopo di fornire un adeguato strumento per la predisposizione della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica di livello 1, ma anche offrire una indicazione delle profondità di investigazione per i successivi livelli superiori di MS. L'utilizzo della tabella di confronto tra lo spessore di copertura stimato e la frequenza fondamentale del terreno, riportata nel lavoro di *Albarelli ed alii, 2010.*, costituisce

un valido ausilio. Utilizzando questa tabella, infatti, è quindi possibile ottimizzare i costi ed evitare eventuali indagini geognostiche spinte a profondità eccessive o al contrario a profondità insufficienti a raggiungere il contrasto di impedenza sismico principale.

Una sintetica descrizione delle risultanze delle misure di rumore sismico effettuate con tecnica HVSR presso i principali centri urbani del territorio comunale di Lastra a Signa è riportata nel seguito del presente rapporto in cui si descrivono le caratteristiche rilevate per ogni frazione studiata.

### 9.3 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)

La “carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica” rappresenta l’elaborato cartografico fondamentale degli studi di microzonazione sismica di livello 1. Scopo della realizzazione di tale elaborato è la definizione di zone ad eguale comportamento sismico. La produzione della carta MOPS è basata sulla sintesi delle informazioni di carattere geologico, geomorfologico, litotecnico-tecnico e sismico desunti dalle cartografie tematiche realizzate per lo studio di microzonazione e i “dati di base raccolti” quali stratigrafie e certificazioni di prove penetrometriche, analisi di laboratorio e indagini sismiche per la definizione della velocità delle onde P e SH e misure di frequenza caratteristica dei terreni. Inoltre, al fine di valutare l’influenza degli aspetti topografici di versate, si sono tenute in considerazione le caratteristiche clivometriche dei luoghi deducibili dalla cartografia ufficiale C.T.R. della Regione Toscana.

Per classificare le aree in esame si è stato fatto riferimento (come da paragrafo 2.3 degli ICMS.) alle seguenti categorie di microzone:

- **zone stabili**
- **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**
- **zone suscettibili di instabilità**

Le **zone stabili** sono quelle nelle quali si ipotizza che non si verifichino significativi fenomeni di amplificazione sismica (presenza di substrato geologico/sismico in affioramento) e per le quali, perciò, in caso di evento sismico, sono attesi scuotimenti equivalenti a quelli forniti dagli studi di pericolosità sismica di base dell’INGV. Considerando che la pericolosità sismica di base di un sito è definita sull’ipotesi di substrato litoide affiorante su superficie pianeggiante o con inclinazione inferiore a  $15^\circ$ , rientrano nella classe delle zone stabili tutte quelle aree che presentano substrato roccioso in affioramento (con eventuale copertura costituita dalla coltre di alterazione con spessore massimo di 3 m) e per le quali si abbiano condizioni di bassa fratturazione dell’ammasso ( $J_v \leq 10-15$ ), nonché inclinazione del pendio  $< 15^\circ$ . Inoltre, qualora studi pregressi evidenzino una velocità di propagazione delle onde S nei primi 30 m di sottosuolo inferiore a 800 m/s, il substrato affiorante può non essere considerato substrato sismico, ma solamente geologico. La numerazione delle zone stabili è progressiva a partire dalla n.1 fino alla n. K.

Le **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali** sono le aree nelle quali si presume che, in presenza di sisma, si possano verificare fenomeni di amplificazione sismica. Sono caratterizzate o dalla presenza solamente di substrato roccioso affiorante con caratteristiche strutturali e/o topografiche e/o sismiche tali da non permettere la delimitazione di una zona stabile, oppure dall’esistenza di coperture riconducibili a depositi di origine alluvionale, a coltri detritiche di versante (detriti di versante, depositi eluvio-colluviali, frane), a depositi di origine antropica. La numerazione è progressiva a partire da k+1 fino a n.



Le **zone suscettibili di instabilità** sono le zone per le quali, in caso di terremoto, si ipotizza si possano manifestare deformazioni permanenti del sottosuolo. I fenomeni deformativi individuati dagli ICMS come causa dell'evento sismico sono:

- **instabilità di versante (frane attive, quiescenti, inattive)**
- **liquefazione**
- **cedimenti differenziali**
- **faglie attive e capaci**

Le **instabilità di versante** sono legate all'attivazione di nuove frane o alla riattivazione di frane quiescenti o antiche stabilizzate. Le tipologie di movimenti sulla base delle quali possono essere discriminate le frane sono: crollo o ribaltamento, scorrimento, colata, frana complessa.

La **liquefazione** è legata alla presenza di materiali granulari sciolti riconducibili a sabbie, sabbie e limi, sabbie e ghiaie. Inoltre si considerano terreni potenzialmente liquefacibili, quelli nei quali la superficie piezometrica della falda freatica superficiale o di falde confinate più profonde si trovi ad una profondità da p.c.  $\leq 15$  m. Comunque per gli aspetti legati alla liquefacibilità dei terreni, gli aspetti di cui tenere conto sono quelli indicati al par. 7.11.3.4 delle NTC 2008 (per le quali sicuramente la natura granulometrica, la profondità della falda e la magnitudo attesa costituiscono i principali fattori predisponenti) e gli ulteriori approfondimenti riportati al par. 3.1.3 degli ICMS.

I **cedimenti differenziali** sono attesi lungo le zone di contatto tra unità geologiche aventi caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (es. depositi alluvionali su substrato roccioso). Tale differenza si traduce in una diversa risposta sismica, la quale può indurre, in caso di terremoto, cedimenti significativi, soprattutto nei terreni presenti a ridosso del contatto stratigrafico. Le zone di instabilità per cedimenti differenziali possono perciò essere rappresentate tramite buffer.

Le **faglie attive e capaci** sono faglie per le quali si ipotizza che:

- 1) si siano mosse almeno una volta negli ultimi 40.000 anni
- 2) che potenzialmente manifestano deformazioni che si possono propagare fino in superficie

Come descritto negli ICMS, le potenziali faglie attive da inserire nella cartografia geologica-geomorfologica devono essere confermate da studi di geologia strutturale di comprovata validità. Inoltre l'identificazione di eventuali faglie capaci, deve essere eseguita facendo riferimento allo studio ITACA dell'INGV, con il quale è stato realizzato un archivio delle faglie capaci presenti sul territorio italiano. Anche nel caso di instabilità per faglie attive e capaci, come per i cedimenti differenziali, si tende a definire un buffer in corrispondenza della lineazione tettonica.

Al fine di integrare le informazioni acquisite con la definizione delle microzone, la carta delle MOPS riporta le morfologie che hanno rilevanza ai fini dell'amplificazione sismica (**forme di superficie e forme/elementi sepolti**). Tali morfologie sono riconducibili a forme deposizionali come conoidi alluvionali e falde detritiche, ma anche a forme di versante quali orli di scarpata morfologica con  $10 < h < 20$  m e  $h > 20$  m, creste e picchi isolati (cocuzzoli), forme fluviali come orli di terrazzi fluviali con  $10 < h < 20$  m e  $h > 20$  m, forme erosive (scarpate e valli) e carsiche (cavità) sepolte.

Lo studio di microzonazione sismica di livello 1 dei principali centri urbani del territorio comunale di Lastra a Signa ha evidenziato che potenzialmente non sono individuabili zone stabili, in quanto, anche laddove sia presente substrato affiorante, sussiste sempre almeno un fattore di suscettibilità nei confronti dell'amplificazione sismica (fattore strutturale e/o fattore topografico).

Nel proseguo sono descritte le risultanze relative alla elaborazione dei vari tematismi cartografici e della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica per ciascun centro urbano analizzato.

Per ogni singola frazione sono state identificate e definite, secondo lo schema riassuntivo di seguito riportato, le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali e le zone di instabilità presenti nel territorio comunale (come presentate negli elaborati G.9, G.14, G.19, G.24 in scala 1:5.000 o 1:2.000).

#### **Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**

<b>ID Zona</b>	<b>Descrizione Zona</b>
<b>Z1</b>	Substrato lapideo stratificato (S) fratturato, copertura <5,0 m, $i > 15^\circ$
<b>Z2</b>	Substrato lapideo stratificato (S) fratturato, copertura <5,0 m, $i < 15^\circ$
<b>Z3</b>	Substrato lapideo non rigido stratificato (NRS), fratturato, copertura <5,0 m, $i < 15^\circ$
<b>Z4</b>	Substrato lapideo non rigido (NR), fratturato, copertura <5,0 m, $i > 15^\circ$
<b>Z5</b>	Substrato lapideo non rigido (NR), fratturato, copertura <5,0 m, $i < 15^\circ$
<b>Z6</b>	Substrato granulare o coesivo, stratificato, con $V_s < 800$ m/s, su substrato lapideo stratificato (S) fratturato, con alto c.i. all'interno dei depositi terrigeni, $i < 15^\circ$
<b>Z7</b>	Substrato granulare o coesivo, stratificato, con $V_s < 800$ m/s, su substrato lapideo stratificato (S) fratturato, con alto c.i. al contatto tra depositi terrigeni e substrato lapideo stratificato (S) fratturato, $i < 15^\circ$
<b>Z8</b>	Substrato granulare o coesivo, stratificato, con $V_s < 800$ m/s, su substrato lapideo stratificato (S) fratturato, con basso c.i., $i > 15^\circ$
<b>Z9</b>	Substrato granulare o coesivo, stratificato, con $V_s < 800$ m/s, su substrato lapideo stratificato (S) fratturato, con basso c.i., $i < 15^\circ$
<b>Z10</b>	Coperture alluvionali attuali >5,0 m, $i < 15^\circ$ , su substrato lapideo stratificato (S) fratturato, con alto c.i.
<b>Z11</b>	Coperture alluvionali attuali <5,0 m, $i < 15^\circ$ sopra coperture alluvionali terrazzate o recenti con copertura >30,0 m, su substrato non rigido stratificato (NRS) fratturato, con alto c.i.
<b>Z12</b>	Coperture alluvionali attuali <5,0 m, $i < 15^\circ$ sopra coperture alluvionali terrazzate o recenti con copertura >30,0 m, su substrato granulare o coesivo, stratificato, con $V_s < 800$ m/s, con alto c.i.
<b>Z13</b>	Coperture alluvionali attuali <5,0 m, $i < 15^\circ$ sopra coperture alluvionali terrazzate o recenti con copertura >30,0 m, su substrato granulare o coesivo, stratificato, con $V_s < 800$ m/s, con basso c.i.
<b>Z14</b>	Coperture alluvionali attuali <5,0 m, $i < 15^\circ$ , su substrato non rigido stratificato (NRS) fratturato, con alto c.i.
<b>Z15</b>	Coperture alluvionali terrazzate o recenti >5,0 m, $i < 15^\circ$ , su substrato lapideo stratificato (S) fratturato, con alto c.i.
<b>Z16</b>	Coperture alluvionali terrazzate o recenti, comprese tra 0,0 e 30,0 m, $i < 15^\circ$ , su substrato non rigido stratificato (NRS) fratturato, con alto c.i.
<b>Z17</b>	Coperture alluvionali terrazzate o recenti >30,0 m, $i < 15^\circ$ , su substrato non rigido stratificato (NRS) fratturato, con alto c.i.
<b>Z18</b>	Coperture alluvionali terrazzate o recenti >5,0 m, $i < 15^\circ$ , su substrato granulare o coesivo, stratificato, con $V_s < 800$ m/s, con alto c.i. all'interno dei depositi terrigeni, $i < 15^\circ$

- Z19** Coperture alluvionali terrazzate o recenti >5,0 m,  $i < 15^\circ$ , su substrato granulare o coesivo, stratificato, con  $V_s < 800$  m/s, con alto c.i. al contatto tra depositi terrigeni e substrato lapideo stratificato (S) fratturato,  $i < 15^\circ$
- Z20** Coperture alluvionali terrazzate o recenti >5,0 m,  $i > 15^\circ$ , su substrato granulare o coesivo, stratificato, con  $V_s < 800$  m/s, con basso c.i.
- Z21** Coperture alluvionali terrazzate o recenti >5,0 m,  $i < 15^\circ$ , su substrato granulare o coesivo, stratificato, con  $V_s < 800$  m/s, con basso c.i.
- Z22** Coperture detritiche <5,0 m,  $i > 15^\circ$  su substrato lapideo stratificato (S) fratturato
- Z23** Coperture detritiche <5,0 m,  $i < 15^\circ$  su substrato lapideo stratificato (S) fratturato
- Z24** Coperture detritiche <5,0 m,  $i < 15^\circ$  su substrato non rigido stratificato (NRS) fratturato
- Z25** Coperture detritiche <5,0 m,  $i < 15^\circ$ , su substrato granulare o coesivo, stratificato, con  $V_s < 800$  m/s, con alto c.i. all'interno dei depositi terrigeni,  $i < 15^\circ$
- Z26** Coperture detritiche <5,0 m,  $i < 15^\circ$ , su substrato granulare o coesivo, stratificato, con  $V_s < 800$  m/s, con alto c.i. al contatto tra depositi terrigeni e substrato lapideo stratificato (S) fratturato,  $i < 15^\circ$
- Z27** Coperture detritiche <5,0 m,  $i > 15^\circ$ , su substrato granulare o coesivo, stratificato, con  $V_s < 800$  m/s, con basso c.i.
- Z28** Coperture detritiche <5,0 m,  $i < 15^\circ$ , su substrato granulare o coesivo, stratificato, con  $V_s < 800$  m/s, con basso c.i.
- Z29** Riporti antropici sopra coperture alluvionali terrazzate o recenti, comprese tra 0,0 e 30,0 m,  $i < 15^\circ$ , su substrato non rigido stratificato (NRS) fratturato, con alto c.i.
- Z30** Riporti antropici sopra coperture alluvionali terrazzate o recenti, > 30,0 m,  $i < 15^\circ$ , su substrato non rigido stratificato (NRS) fratturato con alto c.i.
- Z31** Riporti antropici sopra depositi alluvionali, copertura complessiva >5,0 m, su substrato stratificato lapideo (S) fratturato, con alto c.i.
- Z32** Riporti antropici <5,0 m,  $i < 15^\circ$  su substrato granulare o coesivo, stratificato, con  $V_s < 800$  m/s, su substrato lapideo stratificato (S) fratturato, con alto c.i. all'interno dei depositi terrigeni
- Z33** Riporti antropici <5,0 m,  $i < 15^\circ$  su substrato granulare o coesivo, stratificato, con  $V_s < 800$  m/s, su substrato lapideo stratificato (S) fratturato, con alto c.i. al contatto tra depositi terrigeni e substrato lapideo stratificato (S) fratturato
- Z34** Riporti antropici sopra depositi alluvionali terrazzate o recenti >5,0 m,  $i < 15^\circ$ , su substrato granulare o coesivo, stratificato, con  $V_s < 800$  m/s, con alto c.i.
- Z35** Riporti antropici sopra depositi alluvionali terrazzate o recenti >5,0 m,  $i < 15^\circ$ , su substrato granulare o coesivo, stratificato, con  $V_s < 800$  m/s, con basso c.i.
- Z36** Riporti antropici su substrato non rigido stratificato (NRS) fratturato
- Z37** Riporti antropici su substrato lapideo stratificato (S) fratturato
- Z38** Coperture alluvionali terrazzate o recenti >5,0 m,  $i < 15^\circ$ , su substrato lapideo non rigido (NR) fratturato, con alto c.i.
- Z39** Riporti antropici sopra depositi alluvionali, copertura complessiva >5,0 m,  $i < 15^\circ$ , su substrato lapideo non rigido (NR) fratturato, con alto c.i.
- Z40** Coperture alluvionali attuali <5,0 m,  $i < 15^\circ$  sopra coperture alluvionali terrazzate o recenti con copertura compresa tra 5,0 e 30,0 m, su substrato lapideo non rigido (NR) fratturato, con alto c.i.

### **Zone suscettibili di instabilità**

<b>ID Zona</b>	<b>Descrizione Zona</b>
<b>FR1</b>	Frana quiescente per scorrimento, $i > 15^\circ$ su substrato lapideo stratificato (S) fratturato, con copertura detritica tra 0-5 m
<b>FR2</b>	Frana quiescente per scorrimento, $i > 15^\circ$ su substrato granulare o coesivo, stratificato, con $V_s < 800$ m/s, su substrato stratificato (S) fratturato, con copertura detritica tra 0-5 m
<b>FR3</b>	Frana quiescente per scorrimento, $i < 15^\circ$ su substrato lapideo stratificato (S) fratturato, con copertura detritica tra 0-5 m
<b>FR4</b>	Frana quiescente per scorrimento, $i < 15^\circ$ su substrato substrato non rigido stratificato (NRS) fratturato, con copertura detritica tra 0-5 m
<b>FR5</b>	Frana quiescente per scorrimento, $i < 15^\circ$ su substrato granulare o coesivo, stratificato, con $V_s < 800$ m/s, su substrato stratificato (S) fratturato, con copertura detritica tra 0-5 m
<b>FR6</b>	Frana attiva per scorrimento, $i > 15^\circ$ u substrato granulare o coesivo, stratificato, con $V_s < 800$ m/s, su substrato stratificato (S) fratturato, con copertura detritica tra 0-5 m
<b>FR7</b>	Frana attiva per scorrimento, $i < 15^\circ$ su substrato lapideo stratificato (S) fratturato, con copertura detritica tra 0-5 m
<b>FR8</b>	Frana attiva per scorrimento, $i < 15^\circ$ su substrato substrato non rigido stratificato (NRS) fratturato, con copertura detritica tra 0-5 m
<b>FR9</b>	Frana attiva per scorrimento, $i < 15^\circ$ su substrato granulare o coesivo, stratificato, con $V_s < 800$ m/s, su substrato stratificato (S) fratturato, con copertura detritica tra 0-5 m
<b>FR10</b>	Frana attiva per scorrimento, $i < 15^\circ$ su coperture alluvionali terrazzate o recenti $> 5,0$ m su substrato granulare o coesivo, stratificato, con $V_s < 800$ m/s, su substrato lapideo non rigido (NR) fratturato, con copertura detritica tra 0-5 m
<b>FR11</b>	Frana quiescente per scorrimento, $i > 15^\circ$ su substrato lapideo non rigido (NR) fratturato, con copertura detritica tra 0-5 m
<b>FR12</b>	Frana quiescente per scorrimento, $i < 15^\circ$ su substrato lapideo non rigido (NR) fratturato, con copertura detritica tra 0-5 m
<b>FR13</b>	Frana attiva per scorrimento, $i > 15^\circ$ su substrato lapideo non rigido (NR) fratturato, con copertura detritica tra 0-5 m
<b>FR14</b>	Frana attiva per scorrimento, $i < 15^\circ$ su substrato lapideo non rigido (NR) fratturato, con copertura detritica tra 0-5 m
<b>CDn</b>	Terreni suscettibili di cedimenti differenziali

- LASTRA A SIGNA – Capoluogo (incluso Porto di Mezzo e Ponte a Signa)

### ***Inquadramento geologico e geomorfologico***

L'area su cui sorge il capoluogo di Lastra a Signa è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili ai depositi olocenici, caratterizzati prevalentemente dai depositi alluvionali recenti, terrazzati o non terrazzati (bna). Questi poggiano, nella porzione meridionale dell'abitato, sui terreni appartenenti alla Formazione di Sillano (SIL), che caratterizza, con litologie prevalentemente argillitico e siltitico marnose, la fascia pedecollinare dal corso del Torrente Rimaggio all'estremo margine est del territorio comunale. La Formazione di Sillano (SIL) è sormontata

stratigraficamente mediante contatto tettonico dalla Formazione di Monte Morello (MLL) con prevalenti litologie calcareo marnose e che costituisce i settori collinari posti a sud est del capoluogo. L'assetto giaciturale delle formazioni mostra in media direzioni di immersione degli strati verso i quadranti meridionali con inclinazioni che variano generalmente tra 5° e 15°, con locali situazioni di stratificazione suborizzontale. Ne risulta un assetto giaciturale blandamente e localmente ondulato con assetto generale che varia da suborizzontali a reggipoggio.

Al piede della fascia pedecollinare sono presenti, talora e in particolare nella porzione orientale del settore in esame (ad est del Borro della Guardiana), depositi riconducibili a fenomenologie eluvio-colluviali (b2a).

I settori collinari ad ovest del Torrente Rimaggio e a monte dell'abitato di Ponte a Signa sono costituiti dalle litologie torbiditiche arenacee a granulometria da media a grossolana appartenenti alla formazione del Macigno (MAC) a contatto mediante un fascio di faglie, a carattere generalmente normale o di natura incerta e con direzione circa nord-sud, con i termini dell'Unità di Monte Morello presenti ad est e precedentemente descritti. L'assetto giaciturale della formazione presenta immersione degli strati prevalentemente verso i quadranti nord-orientali con inclinazioni che variano generalmente tra 15° e 30°, con locali situazioni di stratificazione immergente verso i quadranti meridionali. L'assetto degli strati è generalmente quello a franapoggio, da più inclinato a meno inclinato del pendio, o con giacitura a traverpoggio.

Il settore terminale della fascia pedecollinare, su cui si ubica l'abitato di Ponte a Signa è invece contraddistinto dalla presenza di litotipi riconducibili sia ai depositi eluvio-colluviali (b2a) nonché ai depositi alluvionali recenti, terrazzati o non terrazzati (bna).

Mediante ulteriori strutture tettoniche a movimento normale o incerto e con direzione circa nord-est/sud-ovest presenti nell'areale in corrispondenza delle località Palazzina – Colle Alberti, la formazione del Macigno (MAC) è giustapposta nuovamente ai litotipi della Formazione di Sillano (SIL) che costituisce il substrato geologico delle aree collinari presenti, subito a monte della S.S. 67 Tosco-Romagnola, a sud dell'abitato di Porto di Mezzo. Si ha la presenza di depositi alluvionali recenti, terrazzati o non terrazzati (bna) in una ristretta fascia parallela al corso del Fiume Arno. A tal riguardo si precisa che in corrispondenza del corso del Fiume Arno si ha la presenza dei depositi alluvionali attuali (b).

I settori collinari sono, talora, interessati da locali distretti caratterizzati dalla presenza di fenomenologie gravitative il cui stato di attività appare in parte attivo ed in parte quiescente.

Il quadro generale è completato dalla presenza di terreni di origine antropica, in particolare in corrispondenza dei rilevati stradali e delle arginature in corrispondenza dei principali corsi fluviali (Fiume Arno, Torrente Vingone e Torrente Rimaggio).

Il quadro geomorfologico è completato dalla presenza di una serie di scarpate di erosione sia attive che non e di altezze sia maggiore che inferiore a 10,0 ml.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia una acclività bassa dei versanti (pendenze comprese tra 0% e 5%) nel settore pianeggiante su cui sorgono i principali centri abitati (Capoluogo, Ponte a Signa e Porto di Mezzo) mentre una acclività da medio-bassa (pendenze comprese tra 5% e 15%) a medio-elevata dei versanti (pendenze comprese tra 15% e 25%), in corrispondenza dei settori collinari, in particolare in corrispondenza dei litotipi appartenenti alle formazioni del Dominio Ligure. Talora i rilievi collinari, e in particolare in corrispondenza dei terreni attribuibili alla formazione del Macigno (MAC), presentano acclività con pendenze > 25%.

Di tali elementi, nel complesso, si deve tenere conto nella definizione delle MOPS prodromiche alla classificazione di pericolosità sismica del sito.

***Indagini geognostiche realizzate e/o pregresse***

Per il Capoluogo e le frazioni di Ponte a Signa e Porto di Mezzo, di interesse del presente approfondimento, sono stati reperiti tutti i dati geognostici (stratigrafici, geotecnici e geofisici) contenuti nella banca dati dell'Archivio Comunale, implementati con i dati geognostici (in particolare stratigrafici) ricavati dalla banca dati ISPRA.

In particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini (vedi elaborato G.7):

- n. 57 sondaggi geognostici a carotaggio continuo di cui n. 18 strumentati con tubo piezometrico e n. 2 strumentati con tubo per prova down-hole, con le relative risultanze stratigrafiche e talora geotecniche di laboratorio;
- n. 2 stratigrafie risultanti da saggi o trincee esplorative realizzate con escavatore meccanico;
- n. 145 prove penetrometriche di cui n. 106 prove penetrometriche statiche e n. 39 prove penetrometriche dinamiche;
- n. 21 stratigrafie di terebrazioni di pozzi profondi;
- n. 5 indagini di sismica a rifrazione con onde P e Sh;
- n. 14 indagini di sismica tipo MASW;
- n. 1 indagini di sismica passiva tipo HVSr;
- n. 2 indagini di sismica in foro tipo down-hole.

In corrispondenza dell'abitato del Capoluogo, delle località di Ponte a Signa e di Porto di Mezzo e in intorno delle stesse, sono inoltre stata effettuate ulteriori indagini sismiche finalizzate alla definizione dell'analisi e della risposta sismica dei terreni.

In particolare è stata svolta specificatamente una inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 2 stendimenti sismici a rifrazione per l'acquisizione delle onde P e Sh e in n. 11 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSr).

### ***Modello di sottosuolo***

Come mostrato nelle quattro sezioni geologico-tecniche (Elab. G.8) significative, il substrato dell'abitato del capoluogo di Lastra a Signa risulta costituito dai depositi alluvionali recenti, terrazzati e non (bna) rappresentati da una successione stratigrafica che presenta nei primi 5,0 – 7,0 litologie prevalentemente limoso-sabbiose e limoso-argillose, poggianti su depositi granulari macroclastitici da prevalentemente ghiaiosi a sabbioso-ghiaiosi, di spessore variabile da circa 2,0 a circa 7,0 m.

I depositi alluvionali recenti, terrazzati e non (bna) poggiano nel settore centrale e meridionale dell'abitato del capoluogo sui terreni argillitico marnosi e siltitico marnosi della Formazione di Sillano (SIL) con assetto giaciturale variabile da suborizzontali a reggipoggio; mentre poggiano sui depositi lacustri pre-olocenici di natura prevalentemente argilloso-limosa nei settori settentrionali dell'abitato del capoluogo e a nord del corso del Torrente Vingone.

Le coperture detritiche sono rappresentate da coltri di terreni di natura eluvio-colluviale (b2a) di spessore variabile fra i 3,0 e i 6,0 m.

Nelle aree in cui è stata rilevata la presenza della formazione litoide costituente il substrato si segnala, generalmente, la presenza di una coltre di terreni di alterazione della formazione stessa con spessori variabili, ma contenuti entro i 3,0 m.

Nel settore di Ponte a Signa, identificato con la sezione 2-2', nella porzione collinare a sud dell'abitato si ha la presenza e l'affioramento dei terreni appartenenti alla formazione del Macigno (MAC) con litologie prevalentemente arenacee con subordinati livelli siltitico argillitici, talora con una fascia superficiale di coltre di alterazione di spessore fino a 2,0 – 3,0 m. Spostandosi verso il corso del Fiume Arno dette litologie sono sovrastate da spessori

metrici di depositi eluvio-colluviali (b2a). In prossimità dell'Arno i terreni sono costituiti dai depositi alluvionali recenti, terrazzati e non (bna) di spessore minimo di 6,0 – 8,0 m.

Infine il settore di Porto di Mezzo, identificato con la sezione 1-1', nel settore collinare a sud dell'abitato si ha la presenza e l'affioramento dei terreni appartenenti alla Formazione di Sillano (SIL) in facies prevalentemente argillitico marnosa con una fascia superficiale di coltre di alterazione di spessore contenuti entro i 3,0 m. Spostandosi verso il corso del Fiume Arno dette litologie sono sovrastate dai depositi alluvionali recenti, terrazzati e non (bna) di spessore minimo di 3,0 m.

La successione stratigrafica descritta precedentemente può essere assunta anche come suddivisione in unità geotecniche.

I valori medi dei parametri fisico-meccanici relativi ai litotipi considerati e di seguito riportati derivano dalle informazioni ricavate da specifiche prove di laboratorio su campioni prelevati nei suddetti terreni, o sulla scorta dei dati riportati nella letteratura esistente a riguardo di terreni analoghi.

*- Depositi alluvionali recenti (Bna) – Limi argilloso sabbiosi*

peso di volume naturale	$\gamma = 1,95 \text{ t/mc}$
resistenza al taglio non drenata	$C_u = 0,8 \text{ kg/cmq}$
resistenza al taglio drenata	$C' = 0,2 \text{ kg/cmq}; \phi' = 28,5^\circ$
modulo edometrico	$E_{ed} = 50,5 \text{ kg/cmq (a } 100 \text{ kPa)}$
modulo elastico	$E' = 300 \text{ kg/cmq}$

*- Depositi alluvionali recenti (Bna) – Sabbie limose e limi sabbiosi alternate a ghiaie e ciottoli*

peso di volume naturale	$\gamma = 2,0 \text{ t/mc}$
densità relativa	$D_r = 54 \%$
resistenza al taglio drenata	$C' = 0,15 \text{ kg/cmq}; \phi' = 31^\circ$
modulo edometrico	$E_{ed} = 66,5 \text{ kg/cmq (a } 100 \text{ kPa)}$
modulo elastico	$E' = 300 \text{ kg/cmq}$

*- Depositi lacustri – Argille con limo*

peso di volume naturale	$\gamma = 1,99 \text{ t/mc}$
resistenza al taglio non drenata	$C_u = 0,6 \text{ kg/cmq}$
resistenza al taglio drenata	$C' = 0,04 \text{ kg/cmq}; \phi' = 28^\circ$
modulo edometrico	$E_{ed} = 58,3 \text{ kg/cmq (a } 100 \text{ kPa)}$

*- Depositi eluvio colluviali (B2a) – Limi argilloso limosi con ghiaie e Ghiaie e ciottolami in matrice sabbioso limosa*

peso di volume naturale	$\gamma = 1,98 \text{ t/mc}$
peso di volume saturo	$\gamma_{sat} = 2,25 \text{ t/mc}$
resistenza al taglio non drenata	$C_u = 0,6 \text{ kg/cmq}$
resistenza al taglio drenata	$C' = 0,22 \text{ kg/cmq}; \phi' = 26,5^\circ$
resistenza al taglio residua	$\phi_r = 20,0^\circ$

*- Detriti di versante e di frana – Trovanti lapidei con abbondante matrice limoso sabbiosa o argillosa*

peso di volume naturale	$\gamma = 1,98 \text{ t/mc}$
peso di volume saturo	$\gamma_{sat} = 2,1 \text{ t/mc}$
resistenza al taglio non drenata	$C_u = 0,6 \text{ kg/cmq}$

resistenza al taglio drenata	$C' = 0,02 \text{ kg/cmq}; \phi' = 28,5^\circ$
resistenza al taglio residua	$\phi_r = 20,5^\circ$
modulo edometrico	$E_{ed} = 102 \text{ kg/cmq (a } 100 \text{ kPa)}$
<i>- Macigno (MAC) – Coltre di alterazione</i>	
peso di volume naturale	$\gamma = 1,85 \text{ t/mc}$
resistenza al taglio non drenata	$C_u = 0,5 \text{ kg/cmq}$
resistenza al taglio drenata	$C' = 0,2 \text{ kg/cmq}; \phi' = 21^\circ$
<i>- Macigno (MAC) – Arenarie medio-grossolane</i>	
peso di volume naturale	$\gamma = 2,35 \text{ t/mc}$
peso di volume saturo	$\gamma_{sat} = 2,4 \text{ t/mc}$
resistenza al taglio drenata	$C' = 163 \text{ kg/cmq}; \phi' = 38^\circ \text{ (secondo Mohr-Coulomb)}$
resistenza a compressione monoassiale	$\sigma_c = 101 \text{ MPa}$
carico di rottura monoassiale	$\sigma_r = 675 \text{ kPa}$
modulo elastico	$G = 80,5 \text{ GPa}$
<i>- Formazione di Sillano (SIL) – Coltre di alterazione</i>	
peso di volume naturale	$\gamma = 1,9 \text{ t/mc}$
peso di volume saturo	$\gamma_{sat} = 2,1 \text{ t/mc}$
resistenza al taglio non drenata	$C_u = 0,05 \text{ kg/cmq}$
resistenza al taglio drenata	$C' = 0,01 \text{ kg/cmq}; \phi' = 20^\circ$
modulo edometrico	$E_{ed} = 100 \text{ kg/cmq (a } 100 \text{ kPa)}$
<i>- Formazione di Sillano (SIL) – Argilliti alternate a livelli marnosi e calcarei</i>	
peso di volume naturale	$\gamma = 2,0 \text{ t/mc}$
peso di volume saturo	$\gamma_{sat} = 2,2 \text{ t/mc}$
resistenza al taglio non drenata	$C_u = 1,5 \text{ kg/cmq}$
resistenza al taglio drenata	$C' = 0,125 \text{ kg/cmq}; \phi' = 28,5^\circ$
modulo edometrico	$E_{ed} = 275 \text{ kg/cmq, } >600 \text{ kg/cmq in presenza di inclusi litoidi (a } 100 \text{ kPa)}$
<i>- Formazione di Monte Morello (MLL) – Coltre di alterazione</i>	
peso di volume naturale	$\gamma = 2,0 \text{ t/mc}$
peso di volume saturo	$\gamma_{sat} = 2,2 \text{ t/mc}$
resistenza al taglio non drenata	$C_u = 0,7 \text{ kg/cmq}$
resistenza al taglio drenata	$C' = 0,0 \text{ kg/cmq}; \phi' = 21^\circ$
modulo edometrico	$E_{ed} = 62,5 \text{ kg/cmq (a } 100 \text{ kPa)}$
<i>- Formazione di Monte Morello (MLL) – Calcari manrosi con interstrati argillitici e marnosi</i>	
peso di volume naturale	$\gamma = 2,2 \text{ t/mc}$
resistenza al taglio non drenata	$C_u = 1,0 \text{ kg/cmq}$
resistenza al taglio drenata	$C' = 0,25 \text{ kg/cmq}; \phi' = 24^\circ$
modulo edometrico	$E_{ed} = 98,5 \text{ kg/cmq (a } 100 \text{ kPa)}$



### ***Indicazione della classe di qualità mediante “Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità della carta di livello 1 di MS”***

Per l'area in esame caratterizzata da rilievo geologico e geomorfologico appositamente eseguito in scala 1:2.000 e presentato in scala 1:5.000, dalla disponibilità delle indagini geognostiche e sismiche di cui al dettaglio precedentemente e da n. 12 misure HVSR di cui n. 5 classificate in classe A1, n. 1 classificata in A2 n. 5 classificate in B1 e n. 1 classificata in B2 si ricava una valutazione di qualità pari a 64,4 che la colloca in classe di accettabilità B.

### ***Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione***

In corrispondenza dell'abitato del Capoluogo, di Ponte a Signa e di Porto di Mezzo è stata acquisita dalla banca dati del Comune di Lastra a Signa n. 1 misura di rumore (29\_HVSR) e ne sono state eseguite n. 11 finalizzate allo studio in questione (51\_HVSR, 52\_HVSR, 54\_HVSR, 55\_HVSR, 56\_HVSR, 57\_HVSR, 58\_HVSR, 59\_HVSR, 60\_HVSR, 61\_HVSR e 62\_HVSR). Le registrazioni di rumore sismico hanno messo in luce frequenze di risonanza relative ai picchi principali, variabili tra 1,25 e 8,09 Hz. La prova 52\_HVSR non ha presentato picchi significativi. Le prove hanno mostrato nella quasi totalità, tranne che la suddetta prova 52\_HVSR, un alto contrasto di impedenza sismica.

Da un punto di vista sismostratigrafico, sulla scorta delle valutazioni e dei risultati delle prove sismiche eseguite, con particolare riferimento alla velocità delle onde sismiche di taglio ( $V_s$ ), sono state svolte delle valutazioni sul substrato dei settori di indagine.

In particolare nel settore a nord del corso del Torrente Vingone, presso la località Stagno, le indagini sismiche svolte (57\_HVSR, 58\_HVSR, 293\_SDH e 32\_MASW) hanno mostrato la presenza di un primo sismostrato costituito da terreno naturale areato o terreno di riporto con spessore variabile tra 0,5 e 4,0 m e  $V_s = 90/122$  m/s, a cui seguono litologie limoso sabbiose e limoso argillose di spessore variabile tra i 2,0 e i 7,0 m con  $V_s = 120/180$  m/s. Un terzo sismostrato è costituito da litologie prevalentemente ghiaioso sabbiose, che raggiunge la profondità variabile tra 11,0 e 19,5 m da p.c., con  $V_s = 255/280$  m/s. Questi depositi alluvionali (bna) poggiano su un ulteriore sismostrato, costituito dalle argille e dai limi di origine lacustre, con  $V_s = 318/410$  m/s. Infine le indagini svolte mostrano la presenza di un quinto sismostrato posto a profondità comprese tra 50,0 e 80,0 m da p.c. (la profondità del sismostrato aumenta spostandosi verso nord e quindi avvicinandosi al corso del Fiume Arno) con  $V_s = 800/830$  m/s, che assimilabile a un bedrock sismico corrisponde presumibilmente al substrato litoide, probabilmente in facies prevalentemente calcareo marnosa, appartenente alla Formazione di Sillano (SIL).

Dalle indagini svolte è stato possibile ricavare un valore di  $V_{s30}$  stimato in 244/253 m/s.

Spostandosi verso sud, in sinistra del corso del Torrente Vingone, nell'areale tra Via Lungo Vingone e Via Gramsci, le indagini sismiche svolte (59\_HVSR, 24\_MASW, 60\_HVSR e 61\_HVSR) mostrano la seguente discretizzazione sismostratigrafica:

- sottile livello di terreno naturale areato con spessore massimo di 0,6 m con  $V_s = 90/100$  m/s;
- depositi alluvionali recenti (bna) di spessore variabile e compreso tra i 6,0 e gli 11,0 m costituiti da materiale eterometrico dapprima (spessore 3,0 – 4,0 m) prevalentemente limoso sabbiosa e limoso argillosa e successivamente sabbioso ghiaioso, con  $V_s 170/240$  m/s;
- depositi di origine lacustre prevalentemente argilloso limosi di spessore variabile tra 13,0 (nel settore meridionale prossimo alle aree pedecollinari) e 32,0 m (in prossimità del corso del Torrente Vingone) con  $V_s = 340/440$  m/s;
- substrato geologico, posto a partire da circa 7,0 m da p.c. nel settore meridionale (presso Via Gramsci, prova 61\_HVSR) e via a maggiori profondità spostandosi verso il corso del Torrente Vingone (18,0 m da p.c. in

corrispondenza della prova 63\_SR, 24,0 m da p.c. in corrispondenza della prova 60\_HVSR, e circa 44,0 m da p.c. in corrispondenza della prova 59\_HVSR). Questo, ad eccezione del settore della prova 61\_HVSR dove si hanno circa 13,0 m di substrato con  $V_s = 510$  m/s a causa probabilmente delle condizioni di alterazione e fratturazione o per la scarsità di interstrati lapidei di natura calcarea e calcarenitica, presenta caratteristiche di bedrock sismico con valori di  $V_s = 800/820$  m/s con velocità massime ( $V_s = 1380/1845$  m/s) registrate dalla prova di sismica a rifrazione 63\_SR a profondità maggiori di 18,0 m dal p.c..

Dalle indagini svolte è stato possibile ricavare un valore di  $V_{s30}$  stimato in 244/253 m/s.

Spostandosi ancor più verso sud (in corrispondenza delle prove 62\_HVSR, 129\_SDH, 3\_MASW, 4\_MASW e 20\_SR) al di sotto di uno spessore compreso tra i due e i tre metri dal p.c. costituito da terreno superficiale e di riporto con  $V_s = 159/214$  m/s, si ha la presenza di depositi eluvio colluviali (b2a) e di alterazione spinta del substrato dello spessore di 3,0 – 7,0 m con  $V_s = 264/353$  m/s. A partire da profondità variabili tra 6,0 e 10,0 m da p.c. si ha la presenza del substrato geologico debolmente alterato dapprima con velocità comprese tra 550 m/s e 700 m/s e successivamente, a profondità variabili tra 10,0 (20\_SR) e 27,0 (62\_HVSR) m da p.c., con velocità delle  $V_s = 800/1035$  m/s.

Dalle indagini svolte è stato possibile ricavare un valore di  $V_{s30}$  stimato in 426/483 m/s.

Spostandosi ancora più a sud lungo il transetto definito dalle precedenti indagini e risalendo, quindi, i rilievi collinari (presso località La Massolina – Villa Fusi), le prove sismiche (stendimenti a rifrazione 25\_SR e 26\_SR) hanno mostrato la presenza di un primo sismostrato, corrispondente alla coltre di alterazione del substrato litoide, dello spessore di circa 3,0 - 5,0 m dal p.c. con  $V_s = 334/547$  m/s, sovrastante un secondo sismostrato, costituente il bedrock geologico (Formazione di Monte Morello – MLL) e sismico con  $V_s = 1875/2758$  m/s.

In corrispondenza dell'abitato del Capoluogo, nel settore a sud del campo sportivo la prova di sismica passiva eseguita (56\_HVSR) ha mostrato la presenza di un primo sismostrato corrispondente al terreno superficiale areato dello spessore di circa un metro con  $V_s = 100$  m/s a cui seguono circa 8,0 – 10,0 m di depositi alluvionali (bna) prevalentemente limoso sabbiosi e sabbioso ghiaiosi alla base costituenti un secondo sismostrato con  $V_s = 200$  m/s. Successivamente si entra nel substrato geologico costituito dalla Formazione di Sillano (SIL) che presenta dapprima (fino alla profondità di circa 18,0 – 20,0 m da p.c.) delle velocità delle onde di taglio pari a 440 m/s, per poi raggiungere gli 810 m/s, divenendo un bedrock sismico.

Dalle indagini svolte è stato possibile ricavare un valore di  $V_{s30}$  stimato in 318 m/s.

Situazione geologica e sismostratigrafica analoga si rinviene anche nel settore nord-occidentale del centro abitato del capoluogo in prossimità del corso del Torrente Rimaggio. Infatti l'indagine sismica svolta (55\_HVSR) ha mostrato la presenza di un primo sismostrato corrispondente al terreno superficiale areato dello spessore di circa 0,5 m con  $V_s = 90$  m/s a cui seguono circa 6,5 m di depositi alluvionali (bna) prevalentemente limoso sabbiosi e sabbioso ghiaiosi alla base costituenti un secondo sismostrato con  $V_s = 180$  m/s. Successivamente si entra nel substrato geologico costituito dalla Formazione di Sillano (SIL) che presenta dapprima (fino alla profondità di circa 26,0 m da p.c.) delle velocità delle onde di taglio pari a 430 m/s, per poi raggiungere gli 830 m/s, divenendo un bedrock sismico.

Dalle indagini svolte è stato possibile ricavare un valore di  $V_{s30}$  stimato in 332 m/s.

Spostandosi verso sud, nel settore tra Via Diaz e Via di Calcinaia le prove sismiche (29\_HVSR, 28\_SR, 15\_MASW, 16\_MASW, 27\_MASW e 33\_MASW) realizzate nella totalità sui terreni appartenenti alla Formazione di Sillano (SIL) hanno mostrato una successione sismostratigrafica non omogenea probabilmente a causa del diverso grado di alterazione e fratturazione del substrato litoide e della sua eterogeneità compositiva.

Infatti se alcune prove (15\_MASW, 16\_MASW) hanno mostrato valori di  $V_s$  abbastanza contenuti ( $V_s = 180/342$  m/s) sino a profondità di 11,0 – 12,0 m da p.c.), altre (27\_MASW, 33\_MASW, 28\_SR) hanno ricavato valori di  $V_s = 465-570$  m/s già al di sotto dei due metri di profondità. Nel caso delle prove 16\_MASW e 33\_MASW non sono mai state raggiunte velocità delle onde di taglio (velocità massime rispettivamente di 460 m/s e 647 m/s) correlabili con la presenza di un bedrock sismico, mentre negli altri casi sono stati, sin dalle profondità di 7,0 – 10,0, raggiunti valori delle  $V_s = 800/1561$  m/s.

Questa disomogeneità comporta anche valori di  $V_s$  estremamente variabili tra 344 m/s (prova 16\_MASW) e 700 m/s (prova 27\_MASW).

Nel settore ad ovest del Torrente Rimaggio in corrispondenza del fondovalle su cui sorge l'abitato di Ponte a Signa le indagini eseguite (63\_SR e 54\_HVSR) presentano un substrato costituito da almeno tre sismostrati: un primo, superficiale e dello spessore variabile tra 3,0 e 7,5 m da p.c. è rappresentato dai depositi eluvio colluviali (b2a) e alluvionali recenti terrazzati e non (bna) a litologia prevalente limoso sabbiosa e limoso argillosa aventi  $V_s = 100/185$  m/s. Questi poggiano su spessori, fino anche a 15,0 m, di depositi alluvionali recenti di natura sabbioso ghiaiosa con  $V_s = 340/435$  m/s. Segue il substrato geologico, rappresentato dalla formazione del Macigno in facies arenaceo medio-grossolana, che costituisce il bedrock sismico dell'area investigata, presentando velocità generalmente comprese tra 1240 m/s e 1845 m/s. Talora, laddove vi sono caratteristiche di alterazione e/o fratturazione più spinta, o dove si ha la presenza di interstrati pelitici e/o siltitici, le velocità riscontrate sono dell'ordine di 800 m/s.

Dalle indagini svolte è stato possibile ricavare un valore di  $V_{s30}$  stimato in 318 m/s.

Le indagini (5\_MASW, 14\_MASW, 19\_MASW e 52\_HVSR) svolte nei rilievi collinari laddove i terreni sono costituiti dalle litologie riferibili alla formazione del Macigno (MAC) in facies arenacea medio-grossolana privi o con un debole spessore di coltre eluvio-colluviale (b2a), mostrano un primo sismostrato, interessante spessori compresi tra 3,0 e 5,0 m da p.c., con  $V_s = 200/354$  m/s correlabili con gli spessori superficiali di roccia maggiormente alterati e disgregati; a cui segue un secondo sismostrato, con spessori compresi tra 3,0 e 12,0 m e on  $V_s = 420/650$  m/s che mostrerebbero un minor grado di alterazione fisica e meccanica della roccia; e, infine, un terzo sismostrato con  $V_s = 746/1100$  m/s correlabile con la formazione litoide inalterata, che rappresenta il bedrock sismico dell'area. Laddove presente la coltre eluvio-colluviale (b2a), con spessore di circa 0,5 – 1,0 m, mostra  $V_s = 145$  m/s.

Dalle indagini svolte è stato possibile ricavare un valore di  $V_{s30}$  stimato in 536/667 m/s.

Infine nel settore di Porto di Mezzo l'unica prova sismica a disposizione (51\_HVSR) eseguita nel centro abitato in prossimità del corso del Fiume Arno ha mostrato la presenza di un primo sismostrato di spessore di circa un metro costituente lo strato di terreno superficiale con  $V_s = 100$  m/s, a cui segue un secondo sismostrato rappresentato dai depositi alluvionali recenti (bna) con  $V_s = 210/250$  m/s. A questo segue un terzo sismostrato, costituito dai litotipi della Formazione di Sillano (SIL) che costituisce il substrato geologico ma non sismico dell'area ( $V_s = 480/640$  m/s).

Presumibilmente le suddette velocità attribuite alla Formazione di Sillano (SIL) possono essere attribuite anche ai litotipi appartenenti alla medesima formazione che costituiscono i rilievi collinari a sud della S.S. Tosco-Romagnola.

### ***Illustrazione della carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)***

Per l'areale del Capoluogo di Lastra a Signa e dei settori delle località Ponte a Signa e Porto di Mezzo sono state individuate le seguenti microzone omogenee (vedi elaborato G.9):

### **Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale**

- **zona 1:** questa zona comprende le aree nelle quali affiora substrato lapideo stratificato fratturato, contraddistinte dalla presenza di inclinazioni dei versanti  $> 15^\circ$ . Il substrato compreso all'interno della zona 1 è riconducibile alla presenza della formazione geologica del Macigno in facies a granulometria da media a grossolana (MAC). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione con spessore variabile (0-4 m). Dal complessivo studio di indagine sismica si evince che tali settori, con un substrato litoide fratturato, non presentano alti contrasti di impedenza sismica, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici. Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello anche superiore a 10 m. La zona viene individuata nei settori collinari a maggiore acclività, presso le località Villa Sassoforte, Villa Paola e Santa Lucia.

- **zona 2:** questa zona comprende le aree nelle quali affiora substrato lapideo stratificato fratturato, contraddistinte dalla presenza di inclinazioni dei versanti  $< 15^\circ$ . Il substrato compreso all'interno della zona 2 è riconducibile alla presenza delle formazioni geologiche del Macigno in facies a granulometria da media a grossolana (MAC) e della Formazione di monte Morello (MLL). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione con spessore variabile (0-4 m). Dal complessivo studio di indagine sismica si evince che tali settori, con un substrato litoide fratturato, non presentano alti contrasti di impedenza sismica. La zona interessa tutti i settori collinari con acclività  $< 15^\circ$  laddove affiorano o sono semi-affioranti i litotipi appartenenti alla formazione del Macigno in facies a granulometria da media a grossolana (MAC) e alla Formazione di Monte Morello (MLL); i primi interessano gli areali collinari a monte dell'abitato di Ponte a Signa, tra cui l'area di San Martino a Gangalandi e delle località Santa Lucia, Sassoforte, Sorgente Fontepatri e Palazzina, mentre i secondi gli areali di Calcinaia, Villa Fusi e Sant'Ilario.

- **zona 3:** la zona 3 comprende le aree nelle quali affiora substrato lapideo non rigido stratificato (NRS) e fratturato, caratterizzato dalla Formazione di Sillano (SIL) e contraddistinte dalla presenza di inclinazioni dei versanti  $< 15^\circ$ . Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione con spessore variabile (0-4 m). Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta delle indagini di sismica passiva in possesso (HVSr 29 e 62) non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello anche superiore a 10 m. Interessa i terreni pedecollinari e collinari a monte dell'abitato di Lastra a Signa, da Sant'Ilario al Borro di Rimaggio, e a monte dell'abitato di Porto di Mezzo.

- **zona 10:** tale zona si definisce nei settori di fondo valle in cui si ha la presenza di coperture alluvionali attuali (a composizione granulometrica prevalentemente ghiaioso sabbiosa e sabbioso ghiaioso), con spessore maggiore di 5,0 m poggianti direttamente su un substrato lapideo stratificato (S) fratturato, costituito, nel caso in questione dalle torbiditi della formazione del Macigno in facies arenacea a granulometria da media a grossolana (MAC). Dal complessivo studio di indagine sismica si evince che tali settori, con una copertura alluvionale terrigena sul substrato litoide, possono presentare nel sottosuolo, al contatto tra le due tipologie di deposito, alti contrasti di impedenza sismica. Rappresentano i settori di alveo del Fiume Arno in corrispondenza dei settori di presenza di un substrato litoide rappresentato dalla formazione del Macigno (MAC). In particolare la zona 10 si estende da poco a valle della confluenza del Torrente Vingone con il Fiume Arno e il termine occidentale dell'abitato di Ponte a Signa.

- **zona 11:** si ascrivono a questa zona i settori di fondo valle in cui si ha la presenza di coperture alluvionali attuali (a composizione granulometrica prevalentemente ghiaioso sabbiosa e sabbioso ghiaioso), con spessore inferiore a 5,0 m poggianti su coperture alluvionali terrazzate o recenti (anch'esse a prevalente composizione granulometrica ghiaioso sabbiosa e sabbioso ghiaioso), di spessore  $> 30$  m, a loro volta sovrastanti un substrato lapideo non rigido

stratificato (NRS) e fratturato, costituito dai depositi argillitico marnosi della Formazione di Sillano (SIL). Dalle indagini di sismica passiva eseguite (HVSr 57, 58, 59, 67 e 69) si riscontrano alti contrasti di impedenza sismica all'interno degli spessori delle alluvioni recenti e terrazzate probabilmente da imputarsi alla presenza di livelli ghiaiosi maggiormente competenti e addensati. Rappresentano i settori di alveo del Fiume Arno a monte della confluenza del Torrente Vingone e in alveo del Torrente Vingone stesso.

- **zona 14:** si ascrivono a questa zona i settori di fondo valle in cui si ha la presenza di coperture alluvionali attuali (a composizione granulometrica prevalentemente ghiaioso sabbiosa e sabbioso ghiaiosa), con spessore rilevato compreso tra 0,0 e 4,0 m poggianti direttamente su un substrato lapideo non rigido stratificato (NRS) e fratturato costituito dai depositi argillitico marnosi della Formazione di Sillano (SIL). Dal complessivo studio di indagine sismica si evince che tali settori, con una copertura alluvionale terrigena su un substrato litoide, possono presentare nel sottosuolo, al contatto tra le due tipologie di deposito, alti contrasti di impedenza sismica. Rappresentano i settori di alveo del Fiume Arno a valle dell'abitato di Ponte a Signa.

- **zona 15** si ascrivono a questa zona i settori di fondo valle in cui si ha la presenza di coperture alluvionali recenti e terrazzate (a composizione granulometrica prevalentemente ghiaioso sabbiosa e sabbioso ghiaiosa), con spessore compreso tra 5,0 e 15,0 m poggianti su un substrato lapideo stratificato (S) fratturato, costituito, nel caso in questione dalle torbiditi della formazione del Macigno in facies arenacea a granulometria da media a grossolana (MAC). Dalle indagini di sismica passiva eseguite (HVSr 54) si riscontrano alti contrasti di impedenza sismica al contatto tra le due tipologie di deposito. Rappresentano i settori di fondo valle in corrispondenza dei settori di presenza di un substrato litoide rappresentato dalla formazione del Macigno (MAC). In particolare la zona 15 si estende in corrispondenza dell'abitato di Ponte a Signa.

- **zona 16:** si ascrivono a questa zona i settori di fondo valle in cui si ha la presenza di su coperture alluvionali terrazzate o recenti (anch'esse a prevalente composizione granulometrica ghiaioso sabbiosa e sabbioso ghiaiosa), con spessore compreso tra 0,0 e 30,0 m, sovrastanti un substrato lapideo non rigido stratificato (NRS) e fratturato, costituito dai depositi argillitico marnosi della Formazione di Sillano (SIL). Dalle indagini di sismica passiva eseguite (HVSr 51, 55, 56, 60 e 61) si riscontrano alti contrasti di impedenza sismica all'interno degli spessori delle alluvioni recenti e terrazzate probabilmente da imputarsi alla presenza di livelli ghiaiosi maggiormente competenti e addensati e/o al passaggio tra le coperture alluvionali e il substrato litoide. Rappresentano i settori di fondo valle a sud del corso del Torrente Vingone dove è collocato gran parte dell'abitato di Lastra a Signa capoluogo. Inoltre la zona 16 interessa i settori di fondo valle della zona di Porto di Mezzo.

- **zona 17:** si ascrivono a questa zona i settori di fondo valle in cui si ha la presenza di su coperture alluvionali terrazzate o recenti (anch'esse a prevalente composizione granulometrica ghiaioso sabbiosa e sabbioso ghiaiosa), con spessore > di 30,0 m, sovrastanti un substrato lapideo non rigido stratificato (NRS) e fratturato, costituito dalla Formazione di Sillano (SIL). Dalle indagini di sismica passiva eseguite (HVSr 57, 58, 59, 67 e 69) si riscontrano alti contrasti di impedenza sismica all'interno degli spessori delle alluvioni recenti e terrazzate probabilmente da imputarsi alla presenza di livelli ghiaiosi maggiormente competenti e addensati. Rappresentano i settori di fondo valle a nord del corso del Torrente Vingone e in prossimità del Torrente stesso nella sua sinistra idraulica (area del Campo sportivo), quindi in settori dove è collocato gran parte dell'abitato di Lastra a Signa capoluogo.

- **zona 22:** è la zona dove vi è la presenza di coperture eluvio-colluviali, a prevalente composizione granulometrica sabbioso limosa, di spessore compreso tra 0,0 e 4,0 m, poggianti su un substrato stratificato fratturato, costituito dai litotipi appartenenti alla formazione del Macigno (MAC), e aventi inclinazioni dei versanti > 15°. Il substrato compreso all'interno della zona 22 è riconducibile alla presenza delle formazione geologica del Macigno in facies a

granulometria da media a grossolana (MAC). Sulla scorta della successione stratigrafica rilevata e delle risultanze di indagini di sismica passiva eseguite in aree contermini si suppone che tali settori non presentino alti contrasti di impedenza sismica. La zona interessa alcuni piccoli areali caratterizzati da spessori di copertura eluvio-colluviale su substrato litoide in settori collinari con acclività del versante  $> 15^\circ$  tra le località di Santa Lucia e Villa Paola.

- **zona 23**: è la zona dove vi è la presenza di coperture eluvio-colluviali, a prevalente composizione granulometrica sabbioso limosa, di spessore compreso tra 0,0 e 4,0 m, poggianti su un substrato stratificato fratturato, costituito dai litotipi appartenenti alla formazione del Macigno (MAC), e aventi inclinazioni dei versanti  $< 15^\circ$ . Il substrato compreso all'interno della zona 23 è riconducibile alla presenza delle formazione geologica del Macigno in facies a granulometria da media a grossolana (MAC). Sulla scorta delle indagini di sismica passiva eseguite (HVSr 52) si evince che tali settori non presentano alti contrasti di impedenza sismica. La zona interessa tutti i settori di passaggio tra la fascia pede-collinare e quella di fondo-valle laddove il substrato geologico è dato dalla formazione del Macigno in facies a granulometria da media a grossolana (MAC) come nel settore di Ponte a Signa. Inoltre la zona 23 è rappresentata in alcuni areali caratterizzata da spessori di copertura eluvio-colluviale su substrato litoide in settori collinari tra le località di Calcinaia, Santa Lucia e Villa Paola.

- **zona 24**: è la zona dove vi è la presenza di coperture eluvio-colluviali, a prevalente composizione granulometrica sabbioso limosa, di spessore compreso tra 0,0 e 5,0 m, poggianti su un substrato lapideo non rigido stratificato (NRS) e fratturato, caratterizzato dalla Formazione di Sillano (SIL) e aventi inclinazioni dei versanti  $< 15^\circ$ . Sulla scorta della successione stratigrafica rilevata si suppone che detta zona non presenti alti contrasti di impedenza sismica nel sottosuolo. La zona interessa tutti i settori di passaggio tra la fascia pede-collinare e quella di fondo-valle laddove il substrato geologico è dato dalla Formazione di Sillano (SIL) in particolare a est del corso del Borro della Guardiania.

- **zona 29**: si ascrivono a questa zona i settori di fondo valle in cui si ha la presenza di uno spessore (0,0 – 5,0 m) di depositi antropici di riporto su coperture alluvionali terrazzate o recenti (anch'esse a prevalente composizione granulometrica ghiaioso sabbiosa e sabbioso ghiaiosa), con spessore compreso tra 0,0 e 30,0 m, sovrastanti un substrato lapideo non rigido stratificato (NRS) e fratturato, costituito dai depositi argillitico marnosi della Formazione di Sillano (SIL). Dalle indagini di sismica passiva eseguite (HVSr 51, 55, 56, 60 e 61) si riscontrano alti contrasti di impedenza sismica all'interno degli spessori delle alluvioni recenti e terrazzate probabilmente da imputarsi alla presenza di livelli ghiaiosi maggiormente competenti e addensati e/o al passaggio tra le coperture alluvionali e il substrato litoide. Rappresentano gli areali di fondo valle con la presenza di riporti antropici nei settori a sud del corso del Torrente Vingone e nella zona di Porto di Mezzo.

- **zona 30**: si ascrivono a questa zona i settori di fondo valle in cui si ha la presenza di uno spessore (0,0 – 5,0 m) di depositi antropici di riporto su coperture alluvionali terrazzate o recenti (anch'esse a prevalente composizione granulometrica ghiaioso sabbiosa e sabbioso ghiaiosa), con spessore  $> 30,0$  m, sovrastanti un substrato lapideo non rigido stratificato (NRS) e fratturato, costituito dalla Formazione di Sillano (SIL). Dalle indagini di sismica passiva eseguite (HVSr 57, 58, 59, 67 e 69) si riscontrano alti contrasti di impedenza sismica all'interno degli spessori delle alluvioni recenti e terrazzate probabilmente da imputarsi alla presenza di livelli ghiaiosi maggiormente competenti e addensati. Rappresentano gli areali di fondo valle con la presenza di riporti antropici nei settori a nord del corso del Torrente Vingone e in prossimità del Torrente stesso nella sua sinistra idraulica.

- **zona 31**: si ascrivono a questa zona i settori di fondo valle in cui si ha la presenza di uno spessore (0,0 – 10,0 m) di depositi antropici di riporto su coperture alluvionali recenti e terrazzate (a composizione granulometrica prevalentemente ghiaioso sabbiosa e sabbioso ghiaiosa), con spessore compreso tra 10,0 e 25,0 m poggianti su un

substrato lapideo stratificato (S) fratturato, costituito, nel caso in questione dalle torbiditi della formazione del Macigno in facies arenacea a granulometria da media a grossolana (MAC). Dalle indagini di sismica passiva eseguite (HVSR 54 e 65) si riscontrano alti contrasti di impedenza sismica al contatto tra le due tipologie di deposito sottostanti gli spessori di riporto antropico. Rappresentano gli areali di fondo valle con la presenza di riporti antropici in corrispondenza dell'abitato di Ponte a Signa.

- **zona 36:** la zona 36 comprende le aree nelle quali si ha la presenza di uno spessore (0,0 – 3,0 m) di depositi antropici di riporto su un substrato lapideo non rigido stratificato (NRS) e fratturato, caratterizzato dalla Formazione di Sillano (SIL). Data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo. Interessa i terreni costituiti da spessori antropici di riporto sulla Formazione di Sillano (SIL), come ad esempio in alcuni settori isolati nelle fasce collinari a monte di Porto di Mezzo.

- **zona 37:** la zona 37 comprende le aree nelle quali si ha la presenza di uno spessore (0,0 – 3,0 m) di depositi antropici di riporto su un substrato lapideo stratificato (S) fratturato. Il substrato compreso all'interno della zona 2 è riconducibile alla presenza delle formazione geologica del Macigno in facies a granulometria da media a grossolana (MAC). Dal complessivo studio di indagine sismica si evince che tali settori, con un substrato litoide fratturato, non presentano alti contrasti di impedenza sismica. La zona interessa tutti i settori collinari con acclività < 15° laddove sono presenti coperture antropiche di riporto al di sopra di un substrato geologico caratterizzato dalla formazione del Macigno in facies a granulometria da media a grossolana (MAC).

#### **Zone suscettibili di instabilità**

Le **zone suscettibili di instabilità di versante** sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 2.3.3 degli ICMS e il potenziale crescente di deformazione legato allo stato di attività (inattiva, quiescente, attiva), nonché sulla base del potenziale di instabilità legato alle condizioni di acclività del versante sul quale si trova ubicata l'area in frana. Dalla disamina di questi fattori si sono individuate 5 zone (FR1, FR3, FR4, FR7 e FR8) come mostrato nella carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica. Le zone di instabilità sono legate prevalentemente alla presenza di frane per scorrimento sia attive (FR7 e FR8) che quiescenti (FR1, FR3 e FR4).

In corrispondenza del limite stratigrafico individuato tra le coltri detritiche (coperture eluvio-colluviali e coltre di frana) e il substrato lapideo stratificato (Macigno - MAC e Formazione di Monte Morello – MLL) e tra il substrato litoide stratificato appartenente alla formazione del Macigno (MAC) e ai depositi prevalentemente argillitico-marnosi appartenenti al substrato litoide non rigido della Formazione di Sillano (SIL) sono state delineate le zone potenzialmente interessate da **cedimenti differenziali**. Come per le altre aree di studio, è stato tracciato un buffer di circa 20 m di ampiezza, a partire dal limite stratigrafico. Il buffer rappresenta una zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse. In questo caso non è stata utilizzata alcuna nomenclatura.

## Verifica sulla possibilità di liquefazione

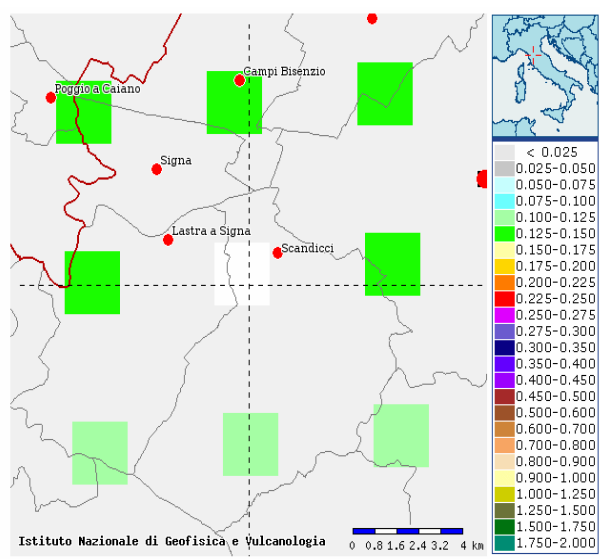
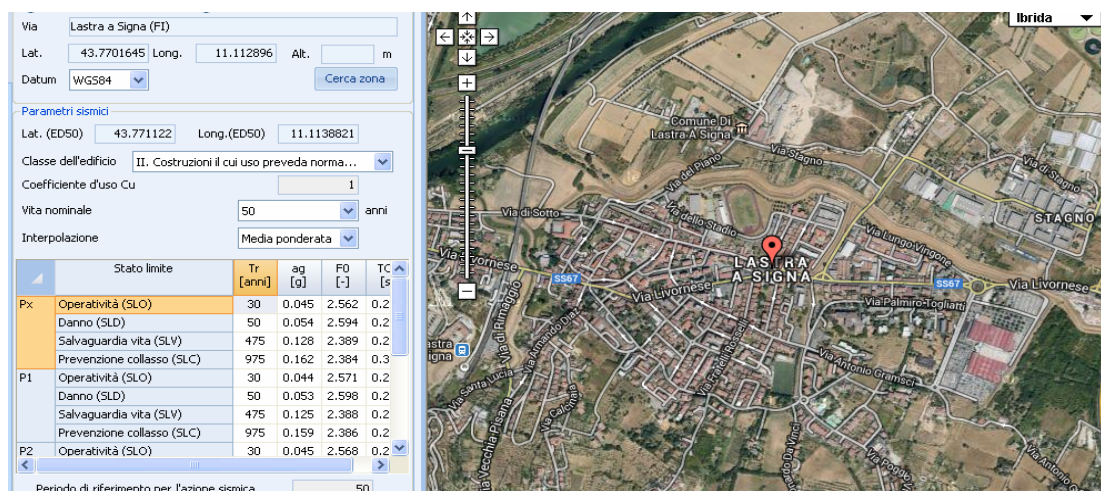
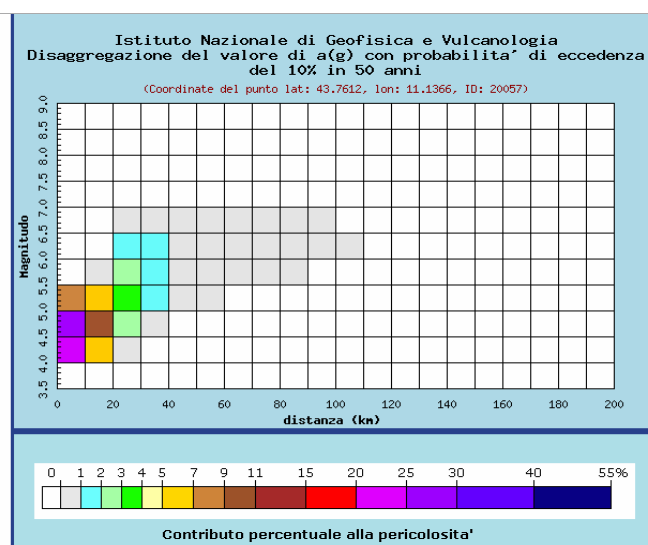


Fig. 15 – Mappe interattive di pericolosità sismica





Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilit� di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.7612, lon: 11.1366, ID: 20057)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	23.100	28.200	8.480	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	5.450	10.200	5.290	0.121	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.323	2.570	3.630	2.390	1.550	0.241	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.123	1.410	1.990	1.790	0.314	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.203	0.847	0.828	0.165	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.018	0.272	0.239	0.055	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.043	0.092	0.026	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.033	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.860	12.000	1.050

Sulla scorta di quanto previsto al paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC08 al punto 1), la verifica a liquefazione pu  essere omessa quando si manifestino eventi sismici attesi di Magnitudo M inferiore a 5, come nel caso di interesse ( M = 4.860) esposto.

- MALMANTILE – QUATTRO STRADE

***Inquadramento geologico e geomorfologico***

L'area su cui sorgono gli abitati di Malmantile e Quattro Strade (vedi elaborato G.12)   caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili sia ai depositi torbiditici della Falda Toscana, rappresentati dalle litofacies della formazione del Macigno (MAC, MACb e MACa) sia ai depositi di origine continentale di et  ruscini  e villafranchiana (VILb e VILa). Inoltre sono localmente presenti depositi riconducibili a fenomeni eluvio-colluviali (b2a), sia depositi alluvionali di et  sia olocenica (b) che pleistocenica (bnb).

In particolare le litofacies della formazione del Macigno costituiscono le porzioni collinari del settore settentrionale dell'area di studio, con la litofacies torbiditico arenacea medio-grossolana (MAC) presente ai margini settentrionali dell'area di studio, presso la localit  di San Salvatore, a nord della rocca di Malmantile e a nord-est di Quattro Strade, la litofacies olistostromica (MACa) presente in un settore limitato ad est della localit  San Salvatore, e la litofacies torbiditico arenacea medio-fine (MACb) interessante un'ampia fascia dei rilievi collinari ad andamento circa ovest-est su cui   collocato l'abitato di Malmantile tra la rocca e poco ad est di San Pietro in Selve. La litofacies arenaceo medio-fine del Macigno (MACb) costituisce anche i terreni del rilievo collinare ad andamento allungato circa sud-ovest/nord-est posto tra le localit  di Malmantile e di Quattro Strade e delimitato dal corso dei Borri di Gello e del Lago.

L'assetto giaciturale dei depositi torbiditici mostra in media direzioni di immersione degli strati verso i quadranti meridionali con inclinazioni che variano generalmente tra 20  e 45 .

Gli areali su cui poggia l'abitato di Quattro Strade e quello di Malmantile tra San Pietro in Selve e Poggio alla Malva, sono costituiti da terreni attribuibili ai depositi continentali ruscini  e villafranchiani. Questi sono costituiti da una alternanza di spessori metrici di litologie sabbiose a granulometria medio-fine e limose da sabbiose ad

argillose (Sabbie e sabbie argillose – VILb) e di litologie macroclastitiche con ciottolami in abbondante matrice sabbioso limosa (Conglomerati – VILa).

I settori pedecollinari sono caratterizzati dalla presenza di depositi riconducibili a fenomenologie eluvio-colluviali (b2a), mentre i fondo valle dei corsi d'acqua maggiori (in particolare del Borro di Gello) presentano depositi alluvionali di età olocenica (b). Depositi alluvionali a granulometria eterogenea di natura terrazzata ed età pleistocenica medio-superiore (bnb) affiorano in areali limitati in corrispondenza degli abitati di Poggio alla Malva, di San Pietro in Selve e di Poggio Chiavelli.

Il quadro generale è completato dalla presenza di terreni di riporto di origine antropica.

I settori collinari in corrispondenza dei terreni torbiditici arenacei e olistostromici sono interessati da locali distretti caratterizzati dalla presenza di fenomenologie gravitative il cui stato di attività appare in parte attivo ed in parte quiescente. Fenomenologie gravitative a diverso grado di attività si riconoscono anche in corrispondenza dei depositi continentali rusciniani e villafranchiani.

Il quadro geomorfologico è completato dalla presenza di una serie di scarpate di erosione attive e non di altezza inferiore ai 10,0 m.

Dal punto di vista morfologico nell'intero areali di studio si evidenziano settori a bassa acclività dei versanti (pendenze comprese tra 0% e 10%) presenti in particolare nei settori su cui sono ubicati i maggiori nuclei abitativi, mentre maggiori pendenze, generalmente comprese tra il 10% e il 25%, interessano i restanti settori.

Di tali elementi, nel complesso, si deve tenere conto nella definizione delle MOPS prodromiche alla classificazione di pericolosità sismica del sito.

### ***Indagini geognostiche realizzate e/o pregresse***

Per le frazioni di Malmantile e Quattro Strade sono stati reperiti tutti i dati geognostici (stratigrafici, geotecnici e geofisici) contenuti nella banca dati dell'Archivio Comunale, implementati con i dati geognostici (in particolare stratigrafici) ricavati dalla banca dati ISPRA.

In particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini (elaborato G.12):

- n. 32 sondaggi geognostici a carotaggio continuo di cui n. 2 strumentati con tubo piezometrico e n. 1 strumentato con tubo per prova down-hole, con le relative risultanze stratigrafiche e talora geotecniche di laboratorio;
- n. 46 prove penetrometriche di cui n. 35 prove penetrometriche statiche e n. 11 prove penetrometriche dinamiche;
- n. 12 stratigrafie di terebrazioni di pozzi profondi;
- n. 1 indagine di sismica tipo MASW.

Sono inoltre stata effettuata nuove indagini sismiche finalizzate alla definizione dell'analisi e della risposta sismica dei terreni.

In particolare è stata svolta specificatamente una inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 1 indagine su antenna sismica ESAC, n. 1 prospezione sismica superficiale MASW e in n. 8 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSR).

### ***Modello di sottosuolo***

Come mostrato nelle due sezioni geologico-tecniche (Elab. G.13) significative e in particolare nella sezione 1-1' il substrato della porzione settentrionale dell'abitato di Malmantile, tra San Salvatore e San Pietro in Selve risulta costituito dai terreni di attribuibili alla formazione del Macigno, dapprima (a nord-est) rappresentati dalla facies arenacea medio-grossolana (MAC) e successivamente dalla litofacies arenacea medio-fine (MACb). Inoltre nel solo settore di San Salvatore si ha la presenza della facies olistostromica (MACa), con litologie prevalentemente argillose e argillitiche con elementi dispersi di natura arenacea, calcareo micritica e siltitica. Dette litologie

presentano una fascia superficiale di coltre di alterazione di spessore fino a 1,5 – 2,0 m. La porzione meridionale dell'abitato di Malmantile, in corrispondenza di San Pietro in Selve e di Poggio alla Malva vede, invece, la presenza dei terreni appartenenti ai depositi di origine continentale di età rusciniana e villafranchiana. In particolare la successione è caratterizzata dalla prevalente presenza di litologie a granulometria grossolana, da ghiaioso sabbiosa a conglomeratica, attribuibili alla formazione dei Conglomerati (VILa), con interstrati da decimetrici a metrici costituiti da litologie sabbiose e limose appartenenti alla formazione delle Sabbie e sabbie argillose (VILb).

Il substrato dell'areale su cui è impostato l'abitato di Quattro Strade, come mostrato in sezione 2-2', è costituito dai depositi di origine continentale di età rusciniana e villafranchiana. In particolare la successione è caratterizzata dalla prevalente presenza di litologie sabbiose e limose appartenenti alla formazione delle Sabbie e sabbie argillose (VILb), con subordinati spessori di livelli da ghiaioso sabbiosi a conglomeratici in matrice sabbioso limosa, attribuibili alla formazione dei Conglomerati (VILa).

La successione stratigrafica descritta precedentemente può essere assunta anche come suddivisione in unità geotecniche.

I valori medi dei parametri fisico-meccanici relativi ai litotipi considerati e di seguito riportati derivano dalle informazioni ricavate da specifiche prove di laboratorio su campioni prelevati nei suddetti terreni, o sulla scorta dei dati riportati nella letteratura esistente a riguardo di terreni analoghi.

*- Depositi eluvio colluviali (B2a) – Limi argilloso limosi con ghiaie e Ghiaie e ciottolami in matrice sabbioso limosa*

peso di volume naturale	$\gamma = 1,98 \text{ t/mc}$
peso di volume saturo	$\gamma_{\text{sat}} = 2,25 \text{ t/mc}$
resistenza al taglio non drenata	$C_u = 0,6 \text{ kg/cmq}$
resistenza al taglio drenata	$C' = 0,22 \text{ kg/cmq}; \phi' = 26,5^\circ$
resistenza al taglio residua	$\phi_r = 20,0^\circ$

*- Detriti di versante e di frana – Trovanti lapidei con abbondante matrice limoso sabbiosa o argillosa*

peso di volume naturale	$\gamma = 1,98 \text{ t/mc}$
peso di volume saturo	$\gamma_{\text{sat}} = 2,1 \text{ t/mc}$
resistenza al taglio non drenata	$C_u = 0,6 \text{ kg/cmq}$
resistenza al taglio drenata	$C' = 0,02 \text{ kg/cmq}; \phi' = 28,5^\circ$
resistenza al taglio residua	$\phi_r = 20,5^\circ$
modulo edometrico	$E_{\text{ed}} = 102 \text{ kg/cmq (a } 100 \text{ kPa)}$

*- Depositi continentali rusciniani e villafranchiani (VILa e VILb) – sabbie medio fini e limi argillosi o sabbiosi con livelli di ghiaie*

peso di volume naturale	$\gamma = 2,05 \text{ t/mc}$
peso di volume saturo	$\gamma_{\text{sat}} = 2,24 \text{ t/mc}$
resistenza al taglio non drenata	$C_u = 1,65 \text{ kg/cmq}$
resistenza al taglio drenata	$C' = 0,35 \text{ kg/cmq}; \phi' = 27,5^\circ$
resistenza al taglio residua	$\phi_r = 24,0^\circ$
modulo edometrico	$E_{\text{ed}} = 40 \text{ kg/cmq (a } 100 \text{ kPa)}$

*- Depositi continentali rusciniani e villafranchiani (VILa e VILb) – ciottolami, ghiaie e sabbie anche cementate*

peso di volume naturale	$\gamma = 2,15 \text{ t/mc}$
-------------------------	------------------------------

peso di volume saturo	$\gamma_{\text{sat}} = 2,24 \text{ t/mc}$
resistenza al taglio non drenata	$C_u = 0,2 \text{ kg/cmq}$
resistenza al taglio drenata	$C' = 0,4 \text{ kg/cmq}; \phi' = 37,5^\circ$
modulo edometrico	$E_{\text{ed}} = 35 \text{ kg/cmq (a } 100 \text{ kPa)}$
<i>- Macigno (MAC, MACa, MACb) – Coltre di alterazione</i>	
peso di volume naturale	$\gamma = 1,85 \text{ t/mc}$
resistenza al taglio non drenata	$C_u = 0,5 \text{ kg/cmq}$
resistenza al taglio drenata	$C' = 0,2 \text{ kg/cmq}; \phi' = 21^\circ$
<i>- Macigno (MAC) – Arenarie medio-grossolane</i>	
peso di volume naturale	$\gamma = 2,35 \text{ t/mc}$
peso di volume saturo	$\gamma_{\text{sat}} = 2,4 \text{ t/mc}$
resistenza al taglio drenata	$C' = 163 \text{ kg/cmq}; \phi' = 38^\circ \text{ (secondo Mohr-Coulomb)}$
resistenza a compressione monoassiale	$\sigma_c = 101 \text{ MPa}$
carico di rottura monoassiale	$\sigma_r = 675 \text{ kPa}$
modulo elastico	$G = 80,5 \text{ GPa}$
<i>- Macigno (MACa) – Olistostroma</i>	
peso di volume naturale	$\gamma = 2,25 \text{ t/mc}$
resistenza al taglio drenata	$C' = 0,2 \text{ kg/cmq}; \phi' = 22^\circ$
resistenza al taglio residua	$\phi_r = 14^\circ$
<i>- Macigno (MACb) – Arenarie medio-fini</i>	
peso di volume naturale	$\gamma = 2,0 \text{ t/mc}$
resistenza al taglio non drenata	$C_u = 1,8 \text{ kg/cmq}$
resistenza al taglio drenata	$C' = 1,1 \text{ kg/cmq}; \phi' = 27^\circ$
resistenza al taglio residua	$\phi_r = 20^\circ$
modulo edometrico	$E_{\text{ed}} = 400 \text{ kg/cmq (a } 100 \text{ kPa)}$

***Indicazione della classe di qualità mediante “Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità della carta di livello 1 di MS”***

Per l'area in esame caratterizzata da rilievo geologico e geomorfologico appositamente eseguito in scala 1:2.000 e presentato in scala 1:5.000, dalla disponibilità delle indagini geognostiche e sismiche di cui al dettaglio precedentemente e da n. 8 misure HVSR di cui n. 4 classificate in classe A1, n. 1 classificata in A2 e n. 3 classificata in B1 si ricava una valutazione di qualità pari a 69,3 che la colloca in classe di accettabilità B.

***Misure di frequenza naturale e di sismica a rifrazione***

In corrispondenza degli abitati di Malmantile e Quattro Strade sono state eseguite complessivamente n. 8 misure di rumore, di cui n. 5 presso l'abitato di Malmantile (38\_HVSR, 39\_HVSR, 40\_HVSR, 42\_HVSR e 42b\_HVSR) e n. 3 presso l'abitato della località Quattro Strade (43\_HVSR, 44\_HVSR e 45\_HVSR) al fine dello studio in questione. Le registrazioni di rumore sismico hanno messo in luce frequenze di risonanza relative ai picchi principali variabili tra 1,88 e 15,91 Hz. In particolare i picchi con frequenza più bassa, e quindi con contrasti di impedenza collocati a profondità maggiori, sono stati registrati nelle prove realizzate presso la località Quattro Strade e in corrispondenza dei terreni attribuibili alla facies sabbiosa dei depositi continentali rusciniani e villafranchiani (VILb); mentre le prove eseguite sui depositi olistostromici della formazione del Macigno (MACa) e sui depositi rusciniani e

villafranchiani conglomeratici (VILa) presentano picchi con frequenze più alte corrispondenti a contrasti di impedenza collocati a profondità inferiori ai 10 m dal p.c.. La prova 42\_HVSR non ha presentato picchi significativi.

Le prove, ad eccezione di quelle (42\_HVSR e 42b\_HVSR) eseguite in corrispondenza della litofacies olistostromica del Macigno (MACa) hanno mostrato un alto contrasto di impedenza sismica.

Dalle valutazioni sulla velocità delle onde sismiche di taglio ( $V_s$ ) desumibile dalle prove 42\_HVSR e 42b\_HVSR, realizzate in località San Salvatore in corrispondenza di terreni attribuibili alla facies olistostromica della formazione del Macigno (MACa) sovrastante i depositi arenaceo medio-grossolani (MAC) si evince la presenza di un substrato costituito da quattro sismostrati di cui il primo costituente il livello di terreno naturale areato con spessore massimo di circa 1,0 m presenta  $V_s = 190/200$  m/s. A questo segue un sismostrato con  $V_s = 280/300$  m/s, dello spessore massimo di circa 3,5 m, presumibilmente costituente la fascia di alterazione e di intensa fratturazione dei litotipi appartenenti alla facies olistostromica del Macigno (MACa). A partire da circa 4,0 m da p.c. si rinvencono, invece, litologie con  $V_s = 550/590$  m/s corrispondenti alla facies olistostromica del Macigno (MACa) in condizioni di debole alterazione. A partire da circa 10,0-15,0 m dal p.c. si entra invece nel bedrock sismico ( $V_s = 850/930$  m/s) costituito dai litotipi torbiditici della facies arenacea medio-grossolana della formazione del Macigno (MAC).

Dalle indagini svolte è stato possibile ricavare un valore di  $V_{s30}$  stimato in 607/617 m/s.

Per quanto riguarda il settore dell'abitato di Malmantile collocato sui depositi continentali rusciniani e villafranchiani (VILa e VILb), le prove di sismica passiva a stazione singola eseguite (38\_HVSR, 39\_HVSR e 40\_HVSR) hanno permesso di rilevare, al di sotto di uno spessore decimetrico di terreno naturale areato con  $V_s = 110/120$  m/s, la presenza di spessori metrici (da circa 3,0 a circa 8,0 m dal p.c.) di depositi sabbiosi o ghiaiosi con  $V_s = 230/390$  m/s e successivamente, e sino a circa 34,0 – 47,0 m da p.c., la presenza di depositi sabbiosi e macroclastitici con  $V_s = 560/670$  m/s. Questi poggiano sul bedrock geologico (come confermato anche dalla successione stratigrafica del pozzo ISPRA indicato con sigla identificativa 189181\_PA) e sismico ( $V_s = 950-1050$  m/s) costituito dai litotipi prevalentemente arenacei a granulometria medio-fine appartenenti alla formazione del Macigno (MACb).

Dalle indagini svolte è stato possibile ricavare un valore di  $V_{s30}$  stimato in 458/483 m/s.

Nel suddetto settore è stata svolta anche una indagine su antenna sismica ESAC, integrata con una prospezione sismica superficiale MASW. Le indagini svolte confermano la suddivisione sismostratigrafica individuando un primo strato superficiale di spessore decimetrico con  $V_s = 95$  m/s, a cui seguono circa 8,0 m di terreni con  $V_s = 255/340$  m/s. A questi seguono circa 33,0 m di spessore di litotipi con velocità delle onde di taglio comprese tra 540 e 720 m/s, poggianti, a profondità maggiori di 41,2 m da p.c., sul substrato geologico, che in questo caso, presentando velocità  $V_s = 750$  m/s, non costituisce un bedrock sismico. Questo è probabilmente da correlarsi alle variazioni litologiche e/o alle condizioni di qualità dell'ammasso roccioso che variano nei depositi torbiditici da settore a settore.

Le indagini svolte hanno ricavato un valore di  $V_{s30}$  stimato in 468 m/s.

Nel settore dell'abitato di Quattro Strade le prove di sismica passiva a stazione singola eseguite (43\_HVSR, 44\_HVSR e 45\_HVSR) hanno permesso di rilevare, al di sotto di uno spessore decimetrico di terreno naturale areato con  $V_s = 100/120$  m/s, la presenza di spessori metrici (da circa 3,5 a circa 5,0 m dal p.c.) di depositi sabbiosi o limosi con  $V_s = 180$  m/s e successivamente (tra 4,0 e 12,0 m da p.c.) con  $V_s = 300/330$  m/s; a cui seguono (a partire da circa 10,0 m dal p.c. e sino a profondità variabili tra 33,0 e 56,0 m dal p.c.) un'alternanza di depositi

presumibilmente a prevalente componente sabbioso ghiaiosa e sabbioso limosa con  $V_s = 410/510$  m/s. Questi poggiano sul bedrock geologico (come confermato anche dalla successione stratigrafica del pozzo ISPRA indicato con sigla identificativa 189089\_PA e 189163\_PA) e sismico (con  $V_s = 850-870$  m/s alle profondità comprese nella prova 43\_HVSR tra 33,0 e 83,0 m da p.c. e tra 50,0 e 111,0 m da p.c. nelle prove 44\_HVSR e 45\_HVSR e con  $V_s = 1100-1200$  m/s a profondità maggiori rispetto alle precedenti) costituito dai litotipi prevalentemente arenacei a granulometria medio-fine appartenenti alla formazione del Macigno (MACb).

Dalle indagini svolte è stato possibile ricavare un valore di  $V_{s30}$  stimato in 323/344 m/s.

Le risultanze delle  $V_s$  mostrerebbero come, nei primi trenta metri delle aree indagate, in corrispondenza dei depositi continentali rusciniani e villafranchiani le velocità registrate siano maggiori laddove, come nel caso dell'abitato di Malmantile rispetto all'abitato di Quattro Strade, siamo in presenza di una prevalenza dei livelli a composizione granulometrica grossolana (VILa).

### ***Illustrazione della carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)***

Per la frazione di Malmantile-Quattro Strade sono state individuate le seguenti microzone omogenee (elaborato G.14):

#### **Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale**

- **zona 1:** questa zona comprende le aree nelle quali affiora substrato lapideo stratificato fratturato, contraddistinte dalla presenza di inclinazioni dei versanti  $> 15^\circ$ . Il substrato compreso all'interno della zona 1 è riconducibile alla presenza della formazione geologica del Macigno nelle sue due litofacies, quella arenacea a granulometria da media a grossolana (MAC) e quella arenacea a granulometria da media a fine (MACb). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione con spessore variabile (0-4 m). Dal complessivo studio di indagine sismica si evince che tali settori, con un substrato litoide fratturato, non presentano alti contrasti di impedenza sismica, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici. Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello anche superiore a 10 m. La zona viene individuata nei settori collinari a maggiore acclività, e in corrispondenza di un substrato lapideo affiorante e/o superficiale, come in alcuni settori di versante posti a nord dell'abitato di Malmantile.

- **zona 2:** questa zona comprende le aree nelle quali affiora substrato lapideo stratificato fratturato, contraddistinte dalla presenza di inclinazioni dei versanti  $< 15^\circ$ . Il substrato compreso all'interno della zona 2 è riconducibile alla presenza della formazione geologica del Macigno nelle sue due litofacies, quella arenacea a granulometria da media a grossolana (MAC) e quella arenacea a granulometria da media a fine (MACb). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione con spessore variabile (0-4 m). Dal complessivo studio di indagine sismica si evince che tali settori, con un substrato litoide fratturato, non presentano alti contrasti di impedenza sismica. Questa zona presenta elementi morfologici scarpate morfologiche con dislivello anche superiore a 10 m. La zona interessa tutti i settori collinari con acclività  $< 15^\circ$  laddove affiorano o sono semi-affioranti i litotipi appartenenti alla formazione del Macigno nelle sue due litofacies (MAC e MACb) come, nel primo caso, il settore dell'abitato di Malmantile tra l'abitato storico interno alle mura fortificate medioevali e l'abitato di San Salvatore, e nel secondo caso tra l'allineamento Via di San Vito – Via della Macine e l'abitato storico interno alle mura fortificate medioevali.

- **zona 5:** questa zona comprende le aree nelle quali affiora substrato lapideo non rigido fratturato, contraddistinte dalla presenza di inclinazioni dei versanti  $< 15^\circ$ . Il substrato compreso all'interno della zona 5 è riconducibile alla presenza della formazione geologica del Macigno nella sua litofacies olistostromica (MACa). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione con spessore variabile (0-4 m). Sulla scorta delle indagini di sismica passiva eseguite (HVSR 42 e 42bis) si evince che tali settori, con un substrato litoide fratturato, non presentano alti contrasti

di impedenza sismica. Questa zona presenta elementi morfologici scarpate morfologiche con dislivello non superiore a 10 m. La zona interessa tutti i settori collinari con acclività  $< 15^\circ$  laddove affiorano o sono semi-affioranti i litotipi appartenenti alla formazione del Macigno in facies olistostromica (MACa) come, nell'areale ad est dell'abitato di San Salvatore.

- **zona 6:** questa zona comprende le aree, con pendenze inferiori ai  $15^\circ$ , nelle quali affiora un substrato granulare o coesivo, stratificato, con  $V_s < 800$  m/s, rappresentato dagli spessori di conglomerati (VILa) alternati a spessori di sabbie e sabbie argillose (VILb) dei depositi continentali rusciniani e villafranchiani poggiante, a sua volta, su un substrato lapideo stratificato e fratturato, costituito dalla facies arenacea a granulometria da media a fine della formazione del Macigno (MACb). Sulla scorta delle indagini di sismica passiva eseguite (HVSR 38, 39 e 40) si presume di possibili alti contrasti di impedenza sismica all'interno dei primi dieci metri di spessore e, quindi, all'interno dei depositi terrigeni continentali. Questa zona presenta elementi morfologici scarpate morfologiche con dislivello anche superiore a 10 m. La zona interessa tutti i settori collinari con acclività  $< 15^\circ$  caratterizzati da un substrato costituito dai depositi continentali rusciniani e villafranchiani (VILa e VILb); in particolare l'abitato di Malmantile a ovest dell'allineamento Via di San Vito – Via della Macine e l'abitato di Poggio alla Malva.

- **zona 7:** questa zona comprende le aree, con pendenze inferiori ai  $15^\circ$ , nelle quali affiora un substrato granulare o coesivo, stratificato, con  $V_s < 800$  m/s, rappresentato dagli spessori di conglomerati (VILa) alternati a spessori di sabbie e sabbie argillose (VILb) dei depositi continentali rusciniani e villafranchiani poggiante su un substrato lapideo stratificato e fratturato, costituito sia dalla facies arenacea a granulometria da media a grossolana (MAC) sia dalla facies arenacea a granulometria da media a fine della formazione del Macigno (MACb). Sulla scorta delle indagini di sismica passiva eseguite (HVSR 43, 44 e 45) si presume di possibili alti contrasti di impedenza sismica collocati presumibilmente al passaggio tra i depositi terrigeni continentali e il sottostante substrato litoide. Questa zona presenta elementi morfologici scarpate morfologiche con dislivello non superiore ai 10 m. La zona interessa tutti i settori collinari con acclività  $< 15^\circ$  caratterizzati da un substrato costituito dai depositi continentali rusciniani e villafranchiani (VILa e VILb); come l'areale su cui è costruito l'abitato di Quattro Strade.

- **zona 18:** comprende le aree ove si rinviene la presenza di coperture alluvionali terrazzate (a prevalente composizione granulometrica ghiaioso sabbiosa e sabbioso ghiaiosa), su un substrato granulare o coesivo, stratificato, con  $V_s < 800$  m/s, rappresentato dagli spessori di conglomerati (VILa) alternati a spessori di sabbie e sabbie argillose (VILb) dei depositi continentali rusciniani e villafranchiani, poggiante, a sua volta, su un substrato lapideo stratificato e fratturato, costituito dalla facies arenacea a granulometria da media a fine della formazione del Macigno (MACb). Sulla scorta delle indagini di sismica passiva eseguite (HVSR 38, 39 e 40) si presume di possibili alti contrasti di impedenza sismica all'interno dei primi dieci metri di spessore e, quindi, all'interno dei depositi terrigeni continentali. La zona interessa alcuni settori isolati in corrispondenza dell'abitato di Malmantile a ovest dell'allineamento Via di San Vito – Via della Macine e dell'abitato di Poggio alla Malva.

- **zona 23:** è la zona dove vi è la presenza di coperture eluvio-colluviali, a prevalente composizione granulometrica sabbioso limosa, di spessore compreso tra 0,0 e 4,0 m, poggianti su un substrato stratificato fratturato, costituito dai litotipi appartenenti alla formazione del Macigno nelle sue due litofacies (MAC e MACb), e aventi inclinazioni dei versanti  $< 15^\circ$ . Data la successione stratigrafica si presume la non evenienza di alti contrasti di impedenza sismica. La zona 23 si rinviene principalmente nel settore pede-collinare in corrispondenza delle incisioni del Borro di Gello e del Borro del Lago.

- **zona 25:** comprende le aree ove si rinviene la presenza di coperture detritiche eluvio-colluviali a prevalente composizione sabbioso-limosa su un substrato granulare o coesivo, stratificato, con  $V_s < 800$  m/s, rappresentato dagli

spessori di conglomerati (VILa) alternati a spessori di sabbie e sabbie argillose (VILb) dei depositi continentali rusciniani e villafranchiani, poggiante, a sua volta, su un substrato lapideo stratificato e fratturato, costituito dalla facies arenacea a granulometria da media a fine della formazione del Macigno (MACb). Sulla scorta delle indagini di sismica passiva eseguite (HVSr 38, 39 e 40) si presume di possibili alti contrasti di impedenza sismica all'interno dei primi dieci metri di spessore e, quindi, all'interno dei depositi terrigeni continentali. La zona interessa alcuni settori di fondo valle in corrispondenza dal Borro di Gello a sud dell'abitato di Malmantile a ovest dell'allineamento Via di San Vito – Via della Macine e a ovest del campo sportivo preso l'abitato di Poggio alla Malva.

- **zona 26:** comprende le aree ove si rinviene la presenza di coperture detritiche eluvio-colluviali a prevalente composizione sabbioso-limosa su un substrato granulare o coesivo, stratificato, con  $V_s < 800$  m/s, rappresentato dagli spessori di conglomerati (VILa) alternati a spessori di sabbie e sabbie argillose (VILb) dei depositi continentali rusciniani e villafranchiani, poggiante, a sua volta, su un substrato lapideo stratificato e fratturato, costituito dalla facies arenacea a granulometria da media a fine della formazione del Macigno (MACb). Sulla scorta delle indagini di sismica passiva eseguite (HVSr 43, 44 e 45) si presume di possibili alti contrasti di impedenza sismica collocati presumibilmente al passaggio tra i depositi terrigeni continentali e il sottostante substrato litoide. La zona 26 si rinviene principalmente nel settore pede-collinare in corrispondenza delle incisioni del Borro del Lago e del Borro di Spicchiello.

- **zona 32:** la zona è caratterizzata da una successione stratigrafica che vede, in settori con inclinazione dei versanti  $< 15^\circ$ , la presenza di terreni di riporto antropico, con spessori compresi tra 0,0 e 3,0 m, su un substrato granulare o coesivo, stratificato, con  $V_s < 800$  m/s, rappresentato dagli spessori di conglomerati (VILa) alternati a spessori di sabbie e sabbie argillose (VILb) dei depositi continentali rusciniani e villafranchiani poggiante su un substrato lapideo stratificato e fratturato, costituito dalla facies arenacea a granulometria da media a fine della formazione del Macigno (MACb). Sulla scorta delle indagini di sismica passiva eseguite (HVSr 38, 39 e 40) si presume di possibili alti contrasti di impedenza sismica all'interno dei primi dieci metri di spessore e, quindi, all'interno dei depositi terrigeni continentali. Questa zona presenta elementi morfologici scarpate morfologiche con dislivelli anche superiori ai 10 m. La zona interessa alcuni settori isolati in corrispondenza dell'abitato di Malmantile a ovest dell'allineamento Via di San Vito – Via della Macine e dell'abitato di Poggio alla Malva.

- **zona 33:** la zona è caratterizzata da una successione stratigrafica che vede, in settori con inclinazione dei versanti  $< 15^\circ$ , la presenza di terreni di riporto antropico, con spessori compresi tra 0,0 e 3,0 m, su un substrato granulare o coesivo, stratificato, con  $V_s < 800$  m/s, rappresentato dagli spessori di conglomerati (VILa) alternati a spessori di sabbie e sabbie argillose (VILb) dei depositi continentali rusciniani e villafranchiani poggiante su un substrato lapideo stratificato e fratturato, costituito sia dalla facies arenacea a granulometria da media a grossolana (MAC) sia dalla facies arenacea a granulometria da media a fine della formazione del Macigno (MACb). Sulla scorta delle indagini di sismica passiva eseguite (HVSr 43, 44 e 45) si presume di possibili alti contrasti di impedenza sismica collocati presumibilmente al passaggio tra i depositi terrigeni continentali e il sottostante substrato litoide. La zona interessa alcuni settori presso l'abitato di Quattro Strade.

- **zona 37:** la zona è caratterizzata da una successione stratigrafica che vede, in settori con inclinazione dei versanti  $< 15^\circ$ , la presenza di terreni di riporto antropico, con spessori compresi tra 0,0 e 3,0 m, su un substrato lapideo stratificato fratturato. Sulla scorta della successione stratigrafica rilevata si evince che tali settori, generalmente, non presentano alti contrasti di impedenza sismica. Si rinviene in corrispondenza degli areali laddove si hanno depositi di origine antropica su un sottosuolo contraddistinto dalla presenza della formazione del Macigno nelle sue due litofacies (MAC e MACb).



## Zone suscettibili di instabilità

Le **zone suscettibili di instabilità di versante** sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 2.3.3 degli ICMS e il potenziale crescente di deformazione legato allo stato di attività (inattiva, quiescente, attiva), nonché sulla base del potenziale di instabilità legato alle condizioni di acclività del versante sul quale si trova ubicata l'area in frana. Dalla disamina di questi fattori si sono individuate 4 zone (FR3, FR5, FR7 e FR9) come mostrato nella carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica. Le zone di instabilità sono legate prevalentemente alla presenza di frane per scorrimento sia attive (FR7 e FR9) che quiescenti (FR3 e FR5).

In corrispondenza del limite stratigrafico individuato tra le coltri detritiche (coperture eluvio-colluviali e coltre di frana) e il substrato lapideo stratificato (Macigno – MAC e MACb) sono state delineate le zone potenzialmente interessate da **cedimenti differenziali**. Come per le altre aree di studio, è stato tracciato un buffer di circa 20 m di ampiezza, a partire dal limite stratigrafico. Il buffer rappresenta una zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse. In questo caso non è stata utilizzata alcuna nomenclatura.

## Verifica sulla possibilità di liquefazione

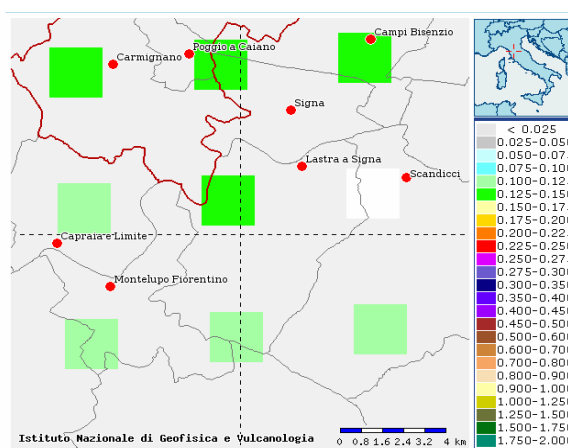
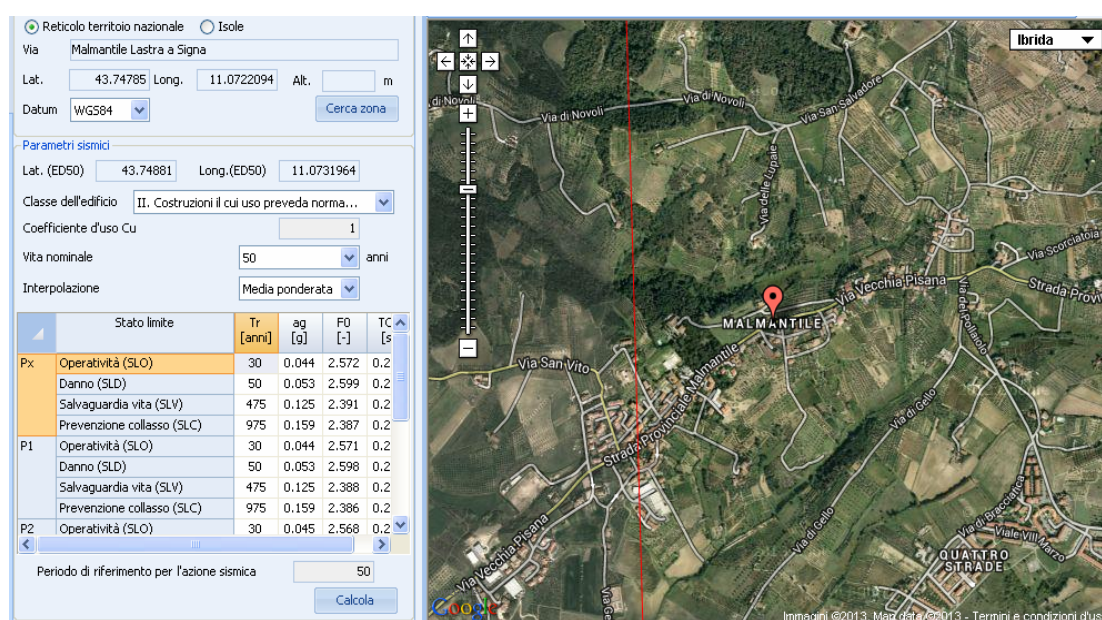
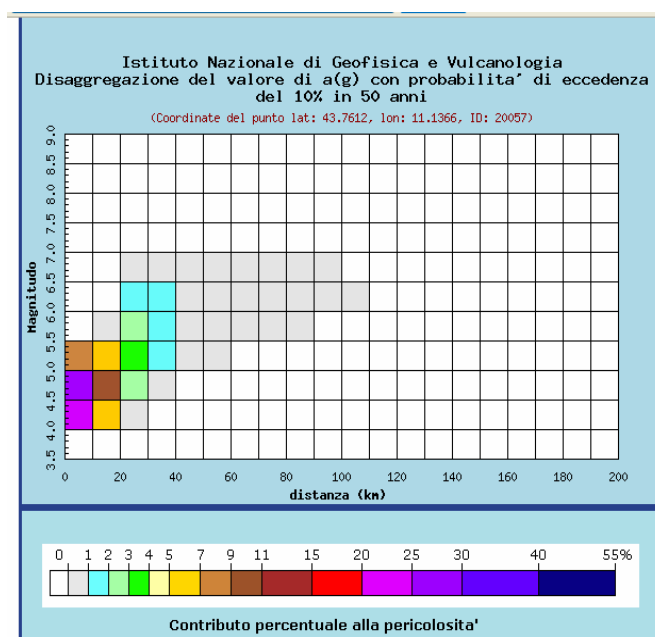


Fig. 16 – Mappe interattive di pericolosità sismica



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilit� di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.7612, lon: 11.1366, ID: 20057)										
	Magnitudo										
	3,5-4,0	4,0-4,5	4,5-5,0	5,0-5,5	5,5-6,0	6,0-6,5	6,5-7,0	7,0-7,5	7,5-8,0	8,0-8,5	8,5-9,0
0-10	0.000	23.100	28.200	8.480	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	5.450	10.200	5.290	0.121	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.323	2.570	3.630	2.390	1.550	0.241	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.123	1.410	1.990	1.790	0.314	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.203	0.847	0.828	0.165	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.018	0.272	0.239	0.055	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.043	0.092	0.026	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.033	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>Valori medi</b>											
<b>Magnitudo</b>	<b>Distanza</b>	<b>Epsilon</b>									
4.860	12.000	1.050									

Sulla scorta di quanto previsto al paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC08 al punto 1), la verifica a liquefazione pu  essere omessa quando si manifestino eventi sismici attesi di Magnitudo M inferiore a 5, come nel caso di interesse ( M = 4.860) esposto.

- BRUCIANESI**

***Inquadramento geologico e geomorfologico***

L'area su cui sorge l'abitato di Brucianesi   caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili ai depositi olocenici (vedi elaborato G.17), caratterizzati prevalentemente dai depositi alluvionali recenti, terrazzati o non terrazzati (bna). Questi poggiano sui terreni appartenenti alla formazione del Macigno, presenti sia in facies torbiditico

arenacea medio-fine (MACb) che olistostromica (MACa); depositi, quest'ultimi, che costituiscono le colline retrostanti e ad oriente del centro abitato.

L'assetto giaciturale dei depositi torbiditici mostra in media direzioni di immersione degli strati verso i quadranti nord-orientali con inclinazioni che variano generalmente tra 20° e 40°.

I settori collinari in corrispondenza dei terreni torbiditici arenacei e olistostromici sono interessati da locali distretti caratterizzati dalla presenza di fenomenologie gravitative il cui stato di attività appare in parte attivo ed in parte quiescente.

Si rinviene, inoltre, la presenza di terreni di origine antropica, in particolare in corrispondenza dei rilevati stradali e delle arginature e delle difese di sponda in corrispondenza del corso del Fiume Arno.

Il quadro geomorfologico è completato dalla presenza di una serie di scarpate di erosione sia attive che non di altezze maggiore ai 10,0 m.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia una acclività bassa dei versanti (pendenze comprese tra 0% e 10%) nel settore pianeggiante su cui sorge l'abitato di Brucianesi e lungo l'impluvio del Rio della Biancana - Borro della Bandita, mentre i retrostanti rilievi collinari, in corrispondenza dei terreni attribuibili alla formazione del Macigno (MACb e MACa) presentano pendenze generalmente > 25%.

Di tali elementi, nel complesso, si deve tenere conto nella definizione delle MOPS prodromiche alla classificazione di pericolosità sismica del sito.

### ***Indagini geognostiche realizzate e/o pregresse***

Per la frazione di Brucianesi sono stati reperiti tutti i dati geognostici (stratigrafici, geotecnici e geofisici) contenuti nella banca dati dell'Archivio Comunale, implementati con i dati geognostici (in particolare stratigrafici) ricavati dalla banca dati ISPRA.

In particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini (elaborato G.17):

- n. 4 sondaggi geognostici a carotaggio continuo con le relative risultanze stratigrafiche e geotecniche di laboratorio;
- n. 1 stratigrafia di terebrazioni di pozzi profondi.

Sono inoltre stata effettuate nuove indagini sismiche finalizzate alla definizione dell'analisi e della risposta sismica dei terreni.

In particolare è stata svolta specificatamente una campagna di indagini geofisiche consistente in n. 1 stendimento sismico a rifrazione per l'acquisizione delle onde P e Sh e in n. 3 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSr).

### ***Modello di sottosuolo***

Come mostrato nelle n. 2 sezioni geologico-tecniche presentate (Elab. G.18) il substrato dell'abitato di Brucianesi risulta costituito dai depositi alluvionali recenti, terrazzati e non (bna) rappresentati da una successione stratigrafica argilloso limosa e limoso sabbiosa dello spessore medio di 7,0 m, poggianti sui terreni appartenenti alla formazione del Macigno in facies olistostromica (MACa), con litologie prevalentemente argillose e argillitiche con elementi dispersi di natura arenacea, calcareo micritica e siltitica, e alla formazione del Macigno in facies torbiditico arenacea a granulometria medio-fine (MACb), che generalmente presentano una fascia superficiale di coltre di alterazione di spessore fino a 2,0 – 3,0 m.

I rilievi collinari sono invece costituiti dalla formazione del Macigno nelle due diverse litofacies, in particolare affiorano, sono sub-affioranti o al di sotto di una debole copertura alteritica di spessore massimo di 1,0 – 2,0 m, i

terreni riferibili alla facies olistostromica (MACa) nel settore lungo il Rio di Biancana presso Casa Riboscio, mentre i terreni riferibili alla facies arenaceo torbiditica a granulometria medio-fine nelle restanti porzioni collinari.

La successione stratigrafica descritta precedentemente può essere assunta anche come suddivisione in unità geotecniche.

I valori medi dei parametri fisico-meccanici relativi ai litotipi considerati e di seguito riportati derivano dalle informazioni ricavate da specifiche prove di laboratorio su campioni prelevati nei suddetti terreni, o sulla scorta dei dati riportati nella letteratura esistente a riguardo di terreni analoghi.

*- Depositi alluvionali recenti (Bna) – Limi argilloso sabbiosi*

peso di volume naturale	$\gamma = 1,95 \text{ t/mc}$
resistenza al taglio non drenata	$C_u = 0,8 \text{ kg/cmq}$
resistenza al taglio drenata	$C' = 0,2 \text{ kg/cmq}; \phi' = 28,5^\circ$
modulo edometrico	$E_{ed} = 50,5 \text{ kg/cmq (a } 100 \text{ kPa)}$
modulo elastico	$E' = 300 \text{ kg/cmq}$

*- Depositi alluvionali recenti (Bna) – Sabbie limose e limi sabbiosi alternate a ghiaie e ciottoli*

peso di volume naturale	$\gamma = 2,0 \text{ t/mc}$
densità relativa	$D_r = 54 \%$
resistenza al taglio drenata	$C' = 0,15 \text{ kg/cmq}; \phi' = 31^\circ$
modulo edometrico	$E_{ed} = 66,5 \text{ kg/cmq (a } 100 \text{ kPa)}$
modulo elastico	$E' = 300 \text{ kg/cmq}$

*- Detriti di versante e di frana – Trovanti lapidei con abbondante matrice limoso sabbiosa o argillosa*

peso di volume naturale	$\gamma = 1,98 \text{ t/mc}$
peso di volume saturo	$\gamma_{sat} = 2,1 \text{ t/mc}$
resistenza al taglio non drenata	$C_u = 0,6 \text{ kg/cmq}$
resistenza al taglio drenata	$C' = 0,02 \text{ kg/cmq}; \phi' = 28,5^\circ$
resistenza al taglio residua	$\phi_r = 20,5^\circ$
modulo edometrico	$E_{ed} = 102 \text{ kg/cmq (a } 100 \text{ kPa)}$

*- Macigno (MACa, MACb) – Coltre di alterazione*

peso di volume naturale	$\gamma = 1,85 \text{ t/mc}$
resistenza al taglio non drenata	$C_u = 0,5 \text{ kg/cmq}$
resistenza al taglio drenata	$C' = 0,2 \text{ kg/cmq}; \phi' = 21^\circ$

*- Macigno (MACa) – Olistostroma*

peso di volume naturale	$\gamma = 2,25 \text{ t/mc}$
resistenza al taglio drenata	$C' = 0,2 \text{ kg/cmq}; \phi' = 22^\circ$
resistenza al taglio residua	$\phi_r = 14^\circ$

*- Macigno (MACb) – Arenarie medio-fini*

peso di volume naturale	$\gamma = 2,0 \text{ t/mc}$
resistenza al taglio non drenata	$C_u = 1,8 \text{ kg/cmq}$
resistenza al taglio drenata	$C' = 1,1 \text{ kg/cmq}; \phi' = 27^\circ$
resistenza al taglio residua	$\phi_r = 20^\circ$
modulo edometrico	$E_{ed} = 400 \text{ kg/cmq (a } 100 \text{ kPa)}$

### ***Indicazione della classe di qualità mediante “Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità della carta di livello 1 di MS”***

Per l'area in esame caratterizzata da rilievo geologico e geomorfologico appositamente eseguito in scala 1:2.000, dalla disponibilità delle indagini geognostiche e sismiche di cui al dettaglio precedentemente e da n. 3 misure HVSR di cui n. 2 classificate in classe A1 e n. 1 classificata in B1 si ricava una valutazione di qualità pari a 58,2 che la colloca in classe di accettabilità B.

### ***Misure di frequenza naturale e di sismica a rifrazione***

In corrispondenza dell'abitato di Brucianesi sono state eseguite n. 3 misure di rumore (34\_HVSR, 35\_HVSR e 36\_HVSR) al fine dello studio in questione. Le registrazioni di rumore sismico hanno messo in luce frequenze di risonanza relative ai picchi principali, variabili tra 3,44 e 5,91 Hz, quindi con presenza di fenomeni di risonanza a profondità comprese tra 10 e 30 m dal p.c.. Le prove hanno mostrato nella totalità un alto contrasto di impedenza sismica.

Dalle valutazioni sulla velocità delle onde sismiche di taglio ( $V_s$ ) desumibile dalla prova 34\_HVSR è possibile verificare come il substrato geologico presenti una velocità delle onde di taglio inferiori alla soglia del bedrock sismico ( $V_s = 400$  m/s tra 11,5 e 30,5 m dal p.c. e  $V_s = 610$  m/s a profondità maggiori di 30,5 m da p.c.) e che il  $V_{s30}$  è stimato essere pari a 270 m/s.

Suddetto dato è confermato anche dalle risultanze delle prove 35\_HVSR e 36\_HVSR, che mostrano la presenza di un bedrock sismico solamente a profondità maggiori rispettivamente di 53,2 m ( $V_s = 850$  m/s) e di 55,2 m ( $V_s = 810$  m/s); con velocità nei primi trenta metri dal piano campagna stimabili rispettivamente in  $V_{s30} = 326$  m/s e  $V_{s30} = 335$  m/s.

L'indagine di sismica a rifrazione condotta (37\_SR) parallelamente all'argine artificiale sul Fiume Arno ha permesso di definire come, nell'area investigata, le velocità delle onde di taglio superiori (variabili tra 850 m/s e 905 m/s) alla soglia del bedrock sismico vengano rilevate a profondità maggiori dei 25,0 m da p.c..

Pertanto è possibile ipotizzare che i fenomeni di risonanza avvengano al passaggio tra la copertura alluvionale (bna) e il substrato litoide (MACa e MACb) o all'interno del substrato litoide stesso per variazione di competenza degli strati che lo compongono. Tuttavia il substrato geologico stesso non presenta, almeno nelle prime decine di metri di spessore, le caratteristiche di un bedrock sismico probabilmente a causa dello stato di fratturazione degli ammassi rocciosi che appare generalmente significativo o per la propria natura dei litotipi che lo compongono, che ricordiamo essere di natura olistostromica (materiale litoide eterogeneo disperso in prevalente matrice argillitica) nel caso del MACa e di natura arenacea medio-fine con interstrati siltitici o pelitici nel caso del MACb.

La sintesi dei rilievi condotti e delle caratterizzazioni geometriche definite nelle sezioni, confrontata con i dati stratigrafici e sismici, conducono ad una discretizzazione in quattro sismostrati come sotto dettagliati:

- sottile livello di terreno naturale areato con spessore massimo di 1,5 m ( $V_s = 100$  m/s);
- depositi alluvionali recenti (bna) costituiti da materiale eterometrico, prevalentemente argilloso limoso e limoso, di spessore compreso tra i 5,0 m e i 10,0 m ( $V_s$  160/210 m/s);
- substrato geologico, posto a partire da circa 10,0 – 15,0 m da p.c. costituito dai litotipi attribuibili alla facies olistostromica (MACa) e arenacea medio-fine (MACb) della formazione del Macigno ( $V_s = 620/630$  m/s), talora con probabile significativo grado di fratturazione e/o alterazione nei primi metri ( $V_s$  390/410 m/s);
- bedrock sismico, posto a partire da circa 25,0 – 30,0 m da p.c. costituito dai litotipi della formazione del Macigno (MACa e MACb), con minor grado di fratturazione e/o con maggior compattezza ( $V_s$  810/905 m/s).

### ***Illustrazione della carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)***

Per la frazione di Brucianesi sono state individuate le seguenti microzone omogenee (elaborato G.19):

**Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale**

- **zona 1:** questa zona comprende le aree nelle quali affiora substrato lapideo stratificato fratturato, contraddistinte dalla presenza di inclinazioni dei versanti  $> 15^\circ$ . Il substrato compreso all'interno della zona 1 è riconducibile alla presenza della formazione geologica del Macigno in facies a granulometria da media a fine (MACb). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione con spessore variabile (0-4 m). Dal complessivo studio di indagine sismica si evince che tali settori, con un substrato litoide fratturato, non presentano alti contrasti di impedenza sismica, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici. Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello anche superiore a 10 m. La zona viene individuata nei settori collinari a maggiore acclività, a monte dell'abitato di Brucianesi.
- **zona 2:** questa zona comprende le aree nelle quali affiora substrato lapideo stratificato fratturato, contraddistinte dalla presenza di inclinazioni dei versanti  $< 15^\circ$ . Il substrato compreso all'interno della zona 2 è riconducibile alla presenza della formazione geologica del Macigno in facies a granulometria da media a fine (MACb). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione con spessore variabile (0-4 m). Dal complessivo studio di indagine sismica si evince che tali settori, con un substrato litoide fratturato, non presentano alti contrasti di impedenza sismica. La zona interessa tutti i settori collinari con acclività  $< 15^\circ$  laddove affiorano o sono semi-affioranti i litotipi appartenenti alla formazione del Macigno (MACb).
- **zona 4:** questa zona comprende le aree nelle quali affiora substrato lapideo stratificato fratturato, contraddistinte dalla presenza di inclinazioni dei versanti  $> 15^\circ$ . Il substrato compreso all'interno della zona 1 è riconducibile alla presenza della formazione geologica del Macigno in facies olistostromica (MACa). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione con spessore variabile (0-4 m). Dal complessivo studio di indagine sismica si evince che tali settori, con un substrato litoide fratturato, non presentano alti contrasti di impedenza sismica, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici. La zona viene individuata nei settori collinari a maggiore acclività, a monte dell'abitato di Brucianesi, laddove affiorano o sono semi-affioranti i litotipi appartenenti alla formazione del Macigno in facies olistostromica (MACa).
- **zona 5:** questa zona comprende le aree nelle quali affiora substrato lapideo stratificato fratturato, contraddistinte dalla presenza di inclinazioni dei versanti  $< 15^\circ$ . Il substrato compreso all'interno della zona 5 è riconducibile alla presenza della formazione geologica del Macigno in facies olistostromica (MACa). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione con spessore variabile (0-4 m). Dal complessivo studio di indagine sismica si evince che tali settori, con un substrato litoide fratturato, non presentano alti contrasti di impedenza sismica. La zona interessa tutti i settori collinari con acclività  $< 15^\circ$  laddove affiorano o sono semi-affioranti i litotipi appartenenti alla formazione del Macigno in facies olistostromica (MACa).
- **zona 15:** rappresenta la zona laddove si ha la presenza di coperture alluvionali terrazzate o recenti (a prevalente composizione granulometrica ghiaioso sabbiosa e sabbioso ghiaioso), con spessore compreso tra 5,0 e 15,0 m, su un substrato stratificato fratturato, costituito dai litotipi appartenenti alla formazione del Macigno in facies arenacea a granulometria da media a fine (MACb). Data la successione stratigrafica si presume la possibilità di alti contrasti di impedenza sismica al passaggio tra copertura alluvionale sciolta e il sottostante substrato litoide. Detta zona è presente principalmente nel fondo valle a nord dell'abitato di Brucianesi laddove le coperture alluvionali poggiano sul substrato litoide arenaceo a granulometria da media a fine (MACb).

- **zona 38**: rappresenta la zona laddove si ha la presenza di coperture alluvionali terrazzate o recenti (a prevalente composizione granulometrica ghiaioso sabbiosa e sabbioso ghiaiosa), con spessore compreso tra 5,0 e 20,0 m, su un substrato non rigido fratturato, costituito dai litotipi appartenenti alla formazione del Macigno in facies olistostromica (MACa). Data la successione stratigrafica si presume la possibilità di alti contrasti di impedenza sismica al passaggio tra copertura alluvionale sciolta e il sottostante substrato litoide. Detta zona è presente principalmente nel fondo valle su cui sorge l'abitato di Brucianesi laddove le coperture alluvionali poggiano sul substrato non rigido olistostromico (MACa).

- **zona 39**: rappresenta la zona laddove si ha la presenza di terreni di riporto antropico, con spessori compresi tra 0,0 e 10,0 m al di sopra di coperture alluvionali terrazzate o recenti (a prevalente composizione granulometrica ghiaioso sabbiosa e sabbioso ghiaiosa), con spessore compreso tra 10,0 e 25,0 m, su un substrato non rigido fratturato, costituito dai litotipi appartenenti alla formazione del Macigno in facies olistostromica (MACa). Sulla scorta delle indagini di sismica passiva eseguite (HVSr 34, 35 e 36) si prevede la presenza di alti contrasti di impedenza sismica. Detta zona è presente principalmente nel fondo valle su cui sorge l'abitato di Brucianesi laddove le coperture alluvionali poggianti sul substrato non rigido olistostromico (MACa) sono sormontate da depositi di riporto antropico.

- **zona 40**: rappresenta la zona laddove si ha la presenza di coperture alluvionali attuali (a prevalente composizione granulometrica ghiaioso sabbiosa e sabbioso ghiaiosa) di fondo-valle del Fiume Arno, con spessore rilevato inferiore ai 5,0 m, al di sopra di depositi di spessore decametrico di alluvioni terrazzate o recenti su un substrato lapideo non rigido fratturato, riferibile alla facies olistostromica della formazione del Macigno (MACa). Sulla scorta delle indagini di sismica passiva eseguite (HVSr 34, 35 e 36) si prevede la presenza di alti contrasti di impedenza sismica. Detta zona è presente in corrispondenza dell'alveo del Fiume Arno.

#### **Zone suscettibili di instabilità**

Le **zone suscettibili di instabilità di versante** sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 2.3.3 degli ICMS e il potenziale crescente di deformazione legato allo stato di attività (inattiva, quiescente, attiva), nonché sulla base del potenziale di instabilità legato alle condizioni di acclività del versante sul quale si trova ubicata l'area in frana. Dalla disamina di questi fattori si sono individuate 6 zone (FR1, FR7, FR11, FR12, FR13, FR14) come mostrato nella carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica. Le zone di instabilità sono legate prevalentemente alla presenza di frane per scorrimento sia attive (FR7, FR13 e FR14) che quiescenti (FR1, FR11 e FR12).

In corrispondenza del limite stratigrafico individuato tra le coltri detritiche (coperture eluvio-colluviali e coltre di frana) e il substrato sia lapideo stratificato (Macigno – MACb) che lapido non rigido (Macigno - MACa) sono state delineate le zone potenzialmente interessate da **cedimenti differenziali**. Come per le altre aree di studio, è stato tracciato un buffer di circa 20 m di ampiezza, a partire dal limite stratigrafico. Il buffer rappresenta una zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse. In questo caso non è stata utilizzata alcuna nomenclatura.



## Verifica sulla possibilità di liquefazione

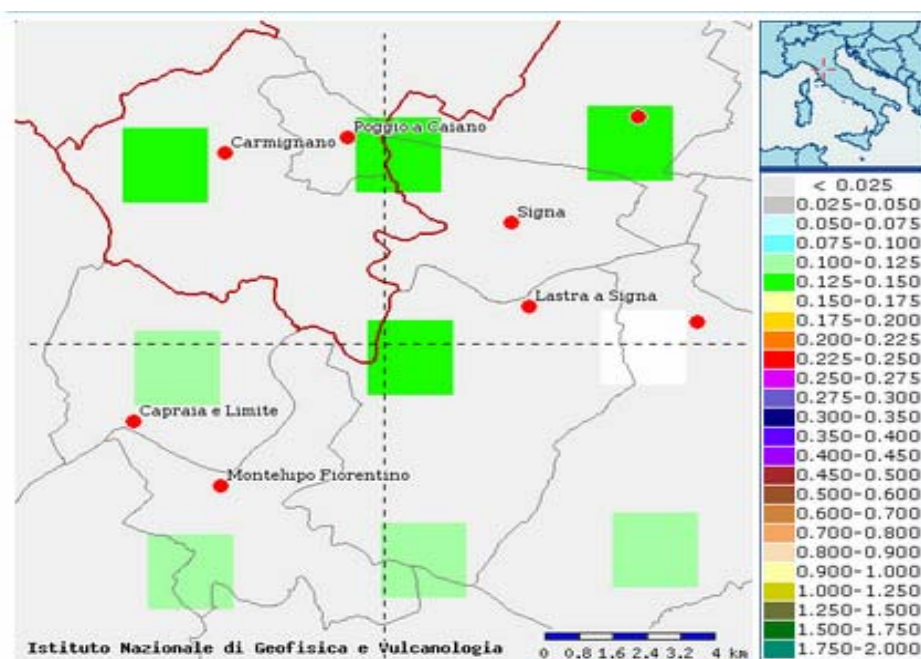
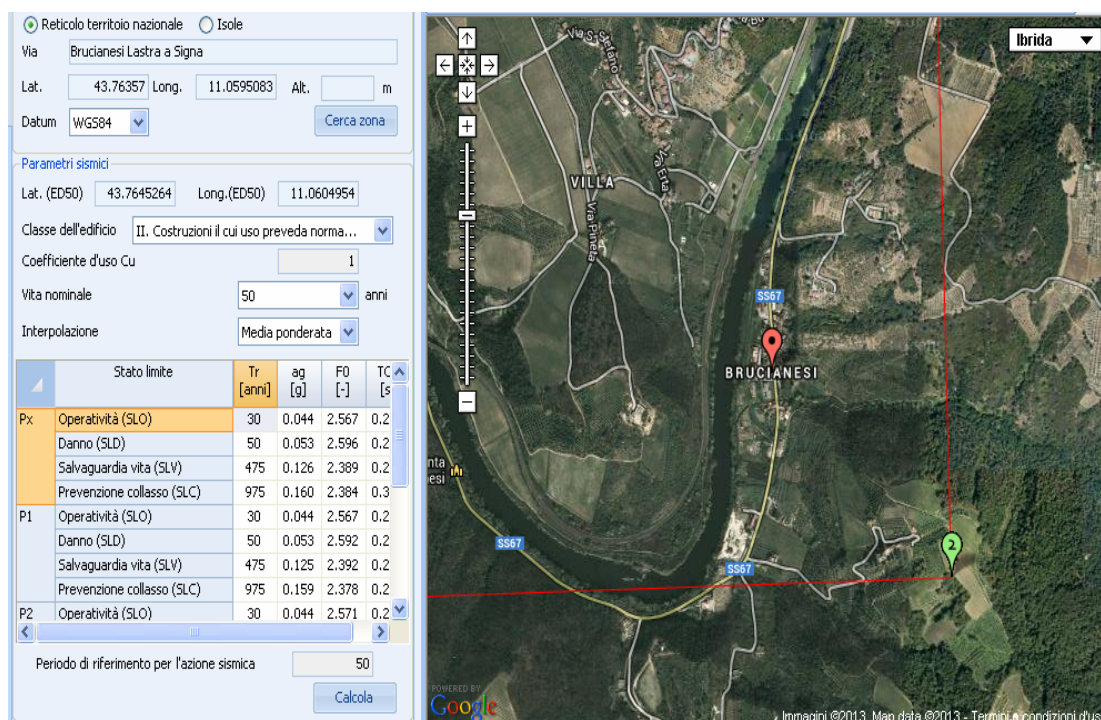
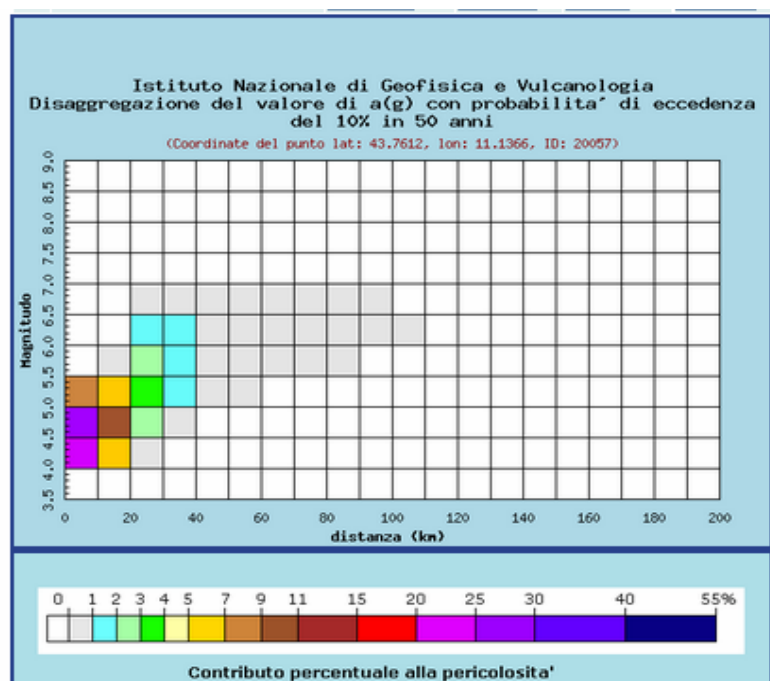


Fig. 17 – Mappe interattive di pericolosità sismica





Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilit� di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.7612, lon: 11.1366, ID: 20057)										
	Magnitudo										
	3,5-4,0	4,0-4,5	4,5-5,0	5,0-5,5	5,5-6,0	6,0-6,5	6,5-7,0	7,0-7,5	7,5-8,0	8,0-8,5	8,5-9,0
0-10	0.000	23.100	28.200	8.480	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	5.450	10.200	5.290	0.121	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.323	2.570	3.630	2.390	1.550	0.241	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.123	1.410	1.990	1.790	0.314	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.203	0.847	0.828	0.165	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.018	0.272	0.239	0.055	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.043	0.092	0.026	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.033	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>Valori medi</b>											
<b>Magnitudo</b>	<b>Distanza</b>	<b>Epsilon</b>									
4.860	12.000	1.050									

Sulla scorta di quanto previsto al paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC08 al punto 1), la verifica a liquefazione pu  essere omessa quando si manifestino eventi sismici attesi di Magnitudo M inferiore a 5, come nel caso di interesse ( M = 4.860) esposto.

- GINESTRA FIORENTINA (incluso Carcheri)

#### ***Inquadramento geologico e geomorfologico***

L'area su cui sorge l'abitato di Ginestra Fiorentina   caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili ai depositi olocenici, caratterizzati prevalentemente dai depositi alluvionali recenti, terrazzati o non terrazzati (bna) (elaborato G.22).

Questi poggiano sui terreni attribuibili ai depositi continentali rusciniani e villafranchiani, che rappresentano i litotipi costituenti i rilievi collinari a nord della pianura alluvionale del Fiume Pesa e su cui si estende l'abitato di Carcheri.

Questi sono costituiti da una alternanza di spessori metrici di litologie limoso argillose e argilloso limose (Limi argilloso sabbiosi ed argille limoso sabbiose – VILh), di litologie macroclastitiche con ciottolami in abbondante matrice sabbioso limosa e subordinate sabbie a granulometria medio-grossolana (Sabbie e conglomerati – VILe), e di litologie macroclastitiche con ciottolami in abbondante matrice sabbioso limosa (Conglomerati – VILa). L'alternanza delle prime due litofacies (VILh e VILe) è prevalente nel settore collinare a nord di Ginestra Fiorentina e ad est della valle del Borro del Grillaio; mentre ad ovest del corso del suddetto Borro si ha la prevalenza delle litologie appartenenti alla facies conglomeratica (VILa).

Al piede della fascia collinare sono presenti depositi riconducibili a fenomenologie eluvio-colluviali (b2a).

Depositi alluvionali a granulometria eterogenea di natura terrazzata ed età pleistocenica medio-superiore (bnb) affiorano in areali limitati dei settori collinari, come ad esempio in corrispondenza degli insediamenti presso la località Il Poggio e Podere La Falsettaia.

In corrispondenza del corso del Fiume Pesa si ha la presenza dei depositi alluvionali attuali (b).

Il quadro generale è completato dalla presenza di terreni di origine antropica, in particolare in corrispondenza dei rilevati stradali e delle arginature in corrispondenza dei principali corsi fluviali.

I settori collinari in corrispondenza dei depositi continentali rusciniani e villafranchiani sono interessati da locali distretti caratterizzati dalla presenza di fenomenologie gravitative il cui stato di attività appare in parte attivo ed in parte quiescente.

Il quadro geomorfologico è completato dalla presenza di una serie di scarpate di erosione attive e non di altezza sia inferiore che superiore ai 10,0 m.

Dal punto di vista morfologico nell'intero areali di studio si evidenziano settori a bassa acclività dei versanti (pendenze comprese tra 0% e 10%) presenti in particolare nei settori su cui sono ubicati i maggiori nuclei abitativi, mentre maggiori pendenze, generalmente comprese tra il 10% e il 25%, interessano i collinari, laddove si rinvencono versanti con acclività anche maggiori di 25%, come in corrispondenza delle rotture di pendio che interessano i settori immediatamente retrostanti l'abitato di Ginestra Fiorentina.

Di tali elementi, nel complesso, si deve tenere conto nella definizione delle MOPS prodromiche alla classificazione di pericolosità sismica del sito.

### ***Indagini geognostiche realizzate e/o pregresse***

Per la frazione di Ginestra Fiorentina sono stati reperiti tutti i dati geognostici (stratigrafici, geotecnici e geofisici) contenuti nella banca dati dell'Archivio Comunale, implementati con i dati geognostici (in particolare stratigrafici) ricavati dalla banca dati ISPRA.

In particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini (ubicazione in elaborato G.22):

- n. 20 sondaggi geognostici a carotaggio continuo di cui n. 15 strumentati con tubo piezometrico, con le relative risultanze stratigrafiche e talora geotecniche di laboratorio;
- n. 57 prove penetrometriche di cui n. 36 prove penetrometriche statiche e n. 21 prove penetrometriche dinamiche;
- n. 4 stratigrafie di terebrazioni di pozzi profondi;
- n. 1 stratigrafia risultante da saggi o trincee esplorative realizzate con escavatore meccanico;
- n. 1 indagine di sismica a rifrazione con onde P e Sh;
- n. 4 indagini di sismica tipo MASW.

Sono inoltre stata effettuata nuove indagini sismiche finalizzate alla definizione dell'analisi e della risposta sismica dei terreni.

In particolare è stata svolta specificatamente una inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 1 stendimento sismico di sismica a rifrazione con onde P e Sh e in n. 4 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSr).

### ***Modello di sottosuolo***

Come mostrato nelle due sezioni geologico-tecniche (Elab. G.23) significative e in particolare nella sezione 1-1' il substrato del settore dell'abitato di Ginestra Fiorentina risulta costituito dai terreni attribuibili ai depositi alluvionali recenti, terrazzati o non terrazzati di età olocenica (bna). Questi sono costituiti nei primi 7,0 – 10,0 m da livelli sabbioso limosi, limoso sabbiosi e ghiaioso sabbiosi che poggiano su depositi costituiti prevalentemente da limi argillosi, argille limose e argille sabbiose.

Il settore collinare, come mostrato nella sezione 1-1', è costituito dai depositi di origine continentale di età rusciniiana e villafranchiana.

In particolare la successione è caratterizzata dalla prevalente presenza di litologie a granulometria da limoso argilloso e argilloso limoso a limoso sabbioso e argilloso sabbioso, attribuibili alla formazione dei Limi argilloso sabbiosi ed Argille limoso sabbiose (VILh) e di litologie grossolane costituite da ciottoli e ghiaie immersi in abbondante matrice sabbioso limosa alternate a sabbie a granulometria medio-grossolana, appartenenti alla formazione delle Sabbie e conglomerati (VILe).

Il settore su cui sono collocati gli edifici in località Il Poggio vede la presenza, sovrastante ai suddetti depositi di età rusciniiana e villafranchiana, di spessori metrici di depositi terrazzati a granulometria eterogenea, generalmente da sabbioso limosi a sabbioso ghiaiosi, di natura alluvionale (bnb).

La successione stratigrafica descritta precedentemente può essere assunta anche come suddivisione in unità geotecniche.

I valori medi dei parametri fisico-meccanici relativi ai litotipi considerati e di seguito riportati derivano dalle informazioni ricavate da specifiche prove di laboratorio su campioni prelevati nei suddetti terreni, o sulla scorta dei dati riportati nella letteratura esistente a riguardo di terreni analoghi.

#### ***- Depositi alluvionali recenti (Bna) – Limi argilloso sabbiosi***

peso di volume naturale	$\gamma = 1,95 \text{ t/mc}$
resistenza al taglio non drenata	$C_u = 0,8 \text{ kg/cmq}$
resistenza al taglio drenata	$C' = 0,2 \text{ kg/cmq}; \phi' = 28,5^\circ$
modulo edometrico	$E_{ed} = 50,5 \text{ kg/cmq (a } 100 \text{ kPa)}$
modulo elastico	$E' = 300 \text{ kg/cmq}$

#### ***- Depositi alluvionali recenti (Bna) – Sabbie limose e limi sabbiosi alternate a ghiaie e ciottoli***

peso di volume naturale	$\gamma = 2,0 \text{ t/mc}$
densità relativa	$D_r = 54 \%$
resistenza al taglio drenata	$C' = 0,15 \text{ kg/cmq}; \phi' = 31^\circ$
modulo edometrico	$E_{ed} = 66,5 \text{ kg/cmq (a } 100 \text{ kPa)}$
modulo elastico	$E' = 300 \text{ kg/cmq}$

#### ***- Depositi eluvio colluviali (B2a) – Limi argilloso limosi con ghiaie e Ghiaie e ciottolami in matrice sabbioso limosa***

peso di volume naturale	$\gamma = 1,98 \text{ t/mc}$
-------------------------	------------------------------

peso di volume saturo	$\gamma_{\text{sat}} = 2,25 \text{ t/mc}$
resistenza al taglio non drenata	$C_u = 0,6 \text{ kg/cmq}$
resistenza al taglio drenata	$C' = 0,22 \text{ kg/cmq}; \phi' = 26,5^\circ$
resistenza al taglio residua	$\phi_r = 20,0^\circ$

- *Detriti di versante e di frana – Trovanti lapidei con abbondante matrice limoso sabbiosa o argillosa*

peso di volume naturale	$\gamma = 1,98 \text{ t/mc}$
peso di volume saturo	$\gamma_{\text{sat}} = 2,1 \text{ t/mc}$
resistenza al taglio non drenata	$C_u = 0,6 \text{ kg/cmq}$
resistenza al taglio drenata	$C' = 0,02 \text{ kg/cmq}; \phi' = 28,5^\circ$
resistenza al taglio residua	$\phi_r = 20,5^\circ$
modulo edometrico	$E_{\text{ed}} = 102 \text{ kg/cmq (a } 100 \text{ kPa)}$

- *Depositi continentali rusciniani e villafranchiani (VILa, VILe e VILh) – limi argilloso sabbiosi e argille limoso sabbiose*

peso di volume naturale	$\gamma = 2,1 \text{ t/mc}$
peso di volume saturo	$\gamma_{\text{sat}} = 2,24 \text{ t/mc}$
resistenza al taglio drenata	$C' = 0,5 \text{ kg/cmq}; \phi' = 21,5^\circ$

- *Depositi continentali rusciniani e villafranchiani (VILa, VILe e VILh) – sabbie medio fini e limi argillosi o sabbiosi con livelli di ghiaie*

peso di volume naturale	$\gamma = 2,05 \text{ t/mc}$
peso di volume saturo	$\gamma_{\text{sat}} = 2,24 \text{ t/mc}$
resistenza al taglio non drenata	$C_u = 1,65 \text{ kg/cmq}$
resistenza al taglio drenata	$C' = 0,35 \text{ kg/cmq}; \phi' = 27,5^\circ$
resistenza al taglio residua	$\phi_r = 24,0^\circ$
modulo edometrico	$E_{\text{ed}} = 40 \text{ kg/cmq (a } 100 \text{ kPa)}$

- *Depositi continentali rusciniani e villafranchiani (VILa, VILe e VILh) – ciottolami, ghiaie e sabbie anche cementate*

peso di volume naturale	$\gamma = 2,15 \text{ t/mc}$
peso di volume saturo	$\gamma_{\text{sat}} = 2,24 \text{ t/mc}$
resistenza al taglio non drenata	$C_u = 0,2 \text{ kg/cmq}$
resistenza al taglio drenata	$C' = 0,4 \text{ kg/cmq}; \phi' = 37,5^\circ$
modulo edometrico	$E_{\text{ed}} = 35 \text{ kg/cmq (a } 100 \text{ kPa)}$

***Indicazione della classe di qualità mediante “Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità della carta di livello 1 di MS”***

Per l'area in esame caratterizzata da rilievo geologico e geomorfologico appositamente eseguito in scala 1:2.000 e presentato in scala 1:5.000, dalla disponibilità delle indagini geognostiche e sismiche di cui al dettaglio precedentemente e da n. 4 misure HVSr di cui n. 3 classificate in classe A1 e n. 1 classificata in B2 si ricava una valutazione di qualità pari a 53,5 che la colloca in classe di accettabilità B.

### ***Misure di frequenza naturale***

In corrispondenza dell'abitato di Ginestra Fiorentina sono state eseguite complessivamente n. 4 misure di rumore, di cui n. 3 presso il fondo valle (46\_HVSR, 48\_HVSR e 50\_HVSR) e n. 1 presso l'edificio scolastico posto nel settore collinare sovrastante il nucleo storico abitativo di Ginestra (47\_HVSR), al fine dello studio in questione.

Le registrazioni di rumore sismico hanno messo in luce frequenze di risonanza relative ai picchi principali variabili tra 2,09 e 10,31 Hz. La prova 50\_HVSR non ha presentato picchi significativi.

Le prove hanno mostrato nella quasi totalità, tranne che la suddetta prova 48\_HVSR, un basso contrasto di impedenza sismica.

Dalle valutazioni sulla velocità delle onde sismiche di taglio ( $V_s$ ) desumibile dalle prove 46\_HVSR, 48\_HVSR e 50\_HVSR, realizzate nel fondo valle nel settore di Ginestra Fiorentina collocato tra la vecchia Via Chiantigiana e il rilevato stradale della nuova variante, si ricava la presenza di un substrato costituito da cinque sismostrati.

In particolare il primo costituente il livello di terreno naturale areato con spessore massimo di circa 1,5 m presenta  $V_s = 70/190$  m/s. A questo segue un secondo sismostrato, costituito dai depositi alluvionali recenti, terrazzati e non (bna), di spessore variabile tra 6,0 e 15,0 m, con velocità delle onde sismiche di taglio pari a  $160/325$  m/s. Seguono i depositi continentali rusciniiani e villafranchiani suddivisibili in n. 3 sismostrati aventi rispettivamente  $V_s = 340/405$  m/s (sino a profondità massime comprese tra 23,5 e 35,9 m da p.c.),  $V_s = 450/500$  m/s (sino a profondità massime comprese tra 51,5 e 60,9 m da p.c.) e  $V_s = 630/700$  m/s a profondità maggiori di 50,0 – 60,0 m dal p.c..

Le indagini di sismica a rifrazione eseguite nell'area in esame (6\_SR e 49\_SR) mostrano un substrato costituito da tre sismostrati: un primo sismostrato di spessore massimo di 1,5 – 2,5 m con  $V_s = 165/210$  m/s, un secondo sismostrato presente fino a profondità di circa 10,0 – 15,0 m da p.c. con  $V_s = 320/366$  m/s, e un terzo sismostrato, presente a profondità maggiori di 15,0 m dal p.c. avente  $V_s = 390/580$  m/s.

Le indagini svolte non hanno individuato la presenza di un bedrock sismico nell'area di fondo valle investigata.

Dalle suddette indagini svolte, con l'aggiunta delle risultanze di ulteriori prove Masw o Re.Mi. eseguite (17\_MASW e 21\_MASW-REMI) è stato possibile ricavare un valore di  $V_{s30}$  stimato in un intervallo di velocità tra 249 m/s e 391 m/s, con valori di velocità maggiormente frequenti compresi tra 287 m/s e 300 m/s.

Per quanto riguarda il settore dell'abitato di Ginestra Fiorentina, così come per l'abitato di Carcheri, collocati sui depositi continentali rusciniiani e villafranchiani (VILe e VILh), la prova di sismica passiva a stazione singola eseguite (47\_HVSR) ha mostrato la presenza, di un primo sismostrato con spessore di circa 5,0 m avente  $V_s = 160/230$  m/s, seguito da un secondo sismostrato dello spessore di 58,0 m con  $V_s = 480$  m/s. Quest'ultimo poggia, a profondità maggiori di circa 60,0 m da p.c. su un terzo sismostrato costituente il bedrock sismico avente  $V_s = 850$  m/s probabilmente da correlarsi alla presenza di un substrato geologico di natura litoide (cfr successione stratigrafica pozzo ISPRA 189091\_PA).

L'indagine svolta ha permesso di stimare il valore di  $V_{s30}$  pari a 398 m/s.

Valori simili, sebbene senza l'individuazione di un bedrock sismico si ricavano dalla prova 24\_MASW che mostra la presenza di un primo sismostrato con  $V_s = 250$  m/s collocato nei primi 2,5 m dal p.c., di un secondo sismostrato posto a profondità comprese tra 3,0 e 29,0 m da p.c. avente  $V_s = 430/590$  m/s, poggiante su un terzo sismostrato con  $V_s = 660$  m/s.

L'indagine svolta ha permesso di stimare il valore di  $V_{s30}$  pari a 477 m/s.

La prova di sismica a rifrazione 22\_SR eseguita esternamente all'area di approfondimento del presente studio, tuttavia nelle vicinanze e realizzata nel medesimo contesto geo-litologico precedentemente rappresentato ha mostrato la presenza di tre sismostrati: un primo dello spessore di due metri con  $V_s = 179/210$  m/s, un secondo di

spessore di 8,0 m con  $V_s = 398$  m/s e un terzo, costituente un bedrock sismico posto a profondità maggiori di 10,0 m dal p.c. presentante  $V_s = 1248-1456$  m/s. Presumibilmente quest'ultime velocità, dato il contesto stratigrafico in cui sono state ricavate, sono da correlarsi con livelli conglomeratici talora anche cementati.

Nel settore occidentale dei rilievi collinari investigati, laddove è prevalente la presenza di depositi continentali di età rusciniiana – villafranchiana attribuibili alla litofacies conglomeratica (VILa) rispetto alle litofacies limoso argillose (VILh) e sabbioso conglomeratiche (VILe), non sono state ricavate indagini sismiche, tuttavia è possibile verificare le risultanze dell'indagine di sismica a rifrazione 23\_SR eseguita nelle medesime litologie subito a nord del perimetro dell'areale di interesse del presente studio. Suddetta indagine ha mostrato la presenza di tre sismostrati, di cui un primo dello spessore di circa 2,5 m con  $V_s = 150$  m/s, un secondo di spessore di circa 15,0 m con  $V_s = 340$  m/s e un terzo, costituente un bedrock sismico posto a profondità maggiori di 17,0 m dal p.c. con  $V_s = 1070$  m/s. Presumibilmente anche in questo caso le cause delle alte velocità delle onde di taglio a profondità abbastanza superficiali sono state ricercare nella presenza di una prevalenza di livelli conglomeratici talora anche amalgamati e massicci.

### ***Illustrazione della carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)***

Per la frazione di Ginestra Fiorentina sono state individuate le seguenti microzone omogenee (elaborato G.24):

#### **Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale**

- **zona 8:** questa zona comprende le aree, con pendenze superiori ai  $15^\circ$ , nelle quali affiora un substrato granulare o coesivo, stratificato, con  $V_s < 800$  m/s, rappresentato dagli spessori di sabbie e conglomerati (VILe) alternati a spessori di limi argilloso sabbiosi ed argille limoso sabbiose (VILh) e a conglomerati (VILa) appartenenti ai depositi continentali rusciniiani e villafranchiani, poggiante su un substrato lapideo stratificato e fratturato, costituito dalla facies arenacea a granulometria da media a fine della formazione del Macigno (MACb). Sulla scorta delle indagini di sismica passiva eseguite (HVSR 47) non si evidenziano possibili alti contrasti di impedenza sismica, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, i terreni possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici. Questa zona presenta come elementi morfologici alcune scarpate morfologiche con dislivello superiore ai 10 m. La zona interessa tutti i settori collinari con acclività  $> 15^\circ$  caratterizzati da un substrato costituito dai depositi continentali rusciniiani e villafranchiani (principalmente VILe e VILh); come tutti i settori di scarpata morfologica posti a monte dell'abitato di Ginestra Fiorentina.

- **zona 9:** questa zona comprende le aree, con pendenze inferiori ai  $15^\circ$ , nelle quali affiora un substrato granulare o coesivo, stratificato, con  $V_s < 800$  m/s, rappresentato dagli spessori di sabbie e conglomerati (VILe) alternati a spessori di limi argilloso sabbiosi ed argille limoso sabbiose (VILh) e a conglomerati (VILa) appartenenti ai depositi continentali rusciniiani e villafranchiani, poggiante su un substrato lapideo stratificato e fratturato, costituito dalla facies arenacea a granulometria da media a fine della formazione del Macigno (MACb). Sulla scorta delle indagini di sismica passiva eseguite (HVSR 47) non si evidenziano possibili alti contrasti di impedenza sismica. Questa zona presenta scarpate morfologiche con dislivello talora anche superiore ai 10 m. La zona interessa tutti i settori collinari con acclività  $< 15^\circ$  caratterizzati da un substrato costituito dai depositi continentali rusciniiani e villafranchiani (principalmente VILe e VILh); come la maggior parte dei settori collinari a monte delle principali scarpate morfologiche che contraddistinguono la precedente zona 8, come ad esempio il settore su cui è impostato l'abitato di Carcheri.

- **zona 12:** rappresenta quei settori di fondo-valle del Fiume Pesa caratterizzati da una successione stratigrafica costituita da coperture alluvionali attuali (a prevalente composizione granulometrica ghiaioso sabbiosa e sabbioso ghiaiosa), con spessore rilevato inferiore ai 5,0 m, su coperture alluvionali terrazzate o recenti con copertura  $> 30,0$

m (anch'esse a prevalente composizione granulometrica ghiaioso sabbiosa e sabbioso ghiaiosa), poggianti sui depositi continentali rusciniani e villafranchiani, caratterizzati prevalentemente dai depositi sabbioso conglomeratici (VILe), a loro volta su un substrato lapideo stratificato e fratturato, costituito dalla facies arenacea a granulometria da media a fine della formazione del Macigno (MACb). Sulla scorta delle indagini di sismica passiva eseguite (HVSr 48) si evidenziano possibili alti contrasti di impedenza sismica all'interno dei depositi terrigeni continentali di età rusciniana-villafranchiana. Detta zona è presente in corrispondenza dell'alveo del Fiume Pesa in prossimità del nucleo abitativo storico di Ginestra Fiorentina.

- **zona 13:** rappresenta quei settori di fondo-valle del Fiume Pesa caratterizzati da una successione stratigrafica costituita da coperture alluvionali attuali (a prevalente composizione granulometrica ghiaioso sabbiosa e sabbioso ghiaiosa), con spessore rilevato inferiore ai 5,0 m, su coperture alluvionali terrazzate o recenti con copertura >30,0 m (anch'esse a prevalente composizione granulometrica ghiaioso sabbiosa e sabbioso ghiaiosa), poggianti sui depositi continentali rusciniani e villafranchiani, caratterizzati prevalentemente dai depositi sabbioso conglomeratici (VILe), a loro volta su un substrato lapideo stratificato e fratturato, costituito dalla facies arenacea a granulometria da media a fine della formazione del Macigno (MACb). Sulla scorta delle indagini di sismica passiva eseguite (HVSr 46 e 50) non si evidenziano possibili alti contrasti di impedenza sismica nella zona in esame. Detta zona è presente in corrispondenza dell'alveo del Fiume Pesa nei settori a monte e a valle del nucleo abitativo storico di Ginestra Fiorentina.

- **zona 18:** rappresenta la zona laddove si ha la presenza di coperture alluvionali recenti terrazzate e non (a prevalente composizione granulometrica ghiaioso sabbiosa e sabbioso ghiaiosa), su un substrato granulare o coesivo, stratificato, con  $V_s < 800$  m/s, rappresentato principalmente dagli spessori di sabbie e conglomerati (VILe) appartenenti ai depositi continentali rusciniani e villafranchiani, poggianti, a sua volta, su un substrato lapideo stratificato e fratturato, costituito dalla facies arenacea a granulometria da media a fine della formazione del Macigno (MACb). Sulla scorta delle indagini di sismica passiva eseguite (HVSr 48) si presumono possibili alti contrasti di impedenza sismica all'interno dei depositi terrigeni continentali o al passaggio tra i depositi terrigeni continentali rusciniani e villafranchiani e il sottostante substrato lapideo stratificato. La zona interessa i depositi alluvionali recenti e terrazzati presenti negli areali di fondovalle in corrispondenza dell'alveo del Fiume Pesa in prossimità del nucleo abitativo storico di Ginestra Fiorentina.

- **zona 21:** rappresenta la zona laddove si ha la presenza di coperture alluvionali recenti terrazzati e non (a prevalente composizione granulometrica ghiaioso sabbiosa e sabbioso ghiaiosa), su un substrato granulare o coesivo, stratificato, con  $V_s < 800$  m/s, rappresentato principalmente dagli spessori di sabbie e conglomerati (VILe) appartenenti ai depositi continentali rusciniani e villafranchiani, poggianti, a sua volta, su un substrato lapideo stratificato e fratturato, costituito dalla facies arenacea a granulometria da media a fine della formazione del Macigno (MACb). Sulla scorta delle indagini di sismica passiva eseguite (HVSr 46 e 50) non si prevedono possibili alti contrasti di impedenza sismica. La zona interessa i depositi alluvionali recenti di fondo valle nei settori a est e a ovest del nucleo abitativo storico di Ginestra Fiorentina e i depositi alluvionali terrazzati presenti in isolati settori collinari a monte dell'abitato di Ginestra Fiorentina, come ad esempio l'areale su cui sono impostati gli edifici della località Il Poggio.

- **zona 27:** rappresenta la zona, con pendenze superiori ai 15°, laddove si ha la presenza di coperture detritiche eluvio-colluviali a prevalente composizione sabbioso-limosa su un substrato granulare o coesivo, stratificato, con  $V_s < 800$  m/s, rappresentato dagli spessori dei depositi continentali rusciniani e villafranchiani (prevalentemente VILe e VILh), poggianti, a sua volta, su un substrato lapideo stratificato e fratturato, costituito dalla facies arenacea

a granulometria da media a fine della formazione del Macigno (MACb). Sulla scorta della successione stratigrafica non si prevedono possibili alti contrasti di impedenza sismica, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, i terreni possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici. La zona 27 è presente nelle porzioni pedecollinari delle incisioni vallive dei corsi fluviali minori disposti ortogonalmente al corso del Fiume Pesa.

- **zona 28:** rappresenta la zona, con pendenze  $< 15^\circ$ , laddove si ha la presenza di coperture detritiche eluvio-colluviali a prevalente composizione sabbioso-limosa su un substrato granulare o coesivo, stratificato, con  $V_s < 800$  m/s, rappresentato dagli spessori dei depositi continentali rusciniani e villafranchiani (prevalentemente VILe e VILh), poggiante, a sua volta, su un substrato lapideo stratificato e fratturato, costituito dalla facies arenacea a granulometria da media a fine della formazione del Macigno (MACb). Sulla scorta della successione stratigrafica non si prevedono possibili alti contrasti di impedenza sismica. La zona 27 è presente nelle porzioni pedecollinari delle incisioni vallive dei corsi fluviali minori disposti ortogonalmente al corso del Fiume Pesa.

- **zona 34:** la zona è caratterizzata da una successione stratigrafica che vede, in settori con inclinazione dei versanti  $< 15^\circ$ , la presenza di terreni di riporto antropico, con spessori compresi tra 0,0 e 3,0 m, su coperture alluvionali recenti terrazzate e non (a prevalente composizione granulometrica ghiaioso sabbiosa e sabbioso ghiaiosa), su un substrato granulare o coesivo, stratificato, con  $V_s < 800$  m/s, rappresentato principalmente dagli spessori di sabbie e conglomerati (VILe) appartenenti ai depositi continentali rusciniani e villafranchiani, poggiante, a sua volta, su un substrato lapideo stratificato e fratturato, costituito dalla facies arenacea a granulometria da media a fine della formazione del Macigno (MACb). Sulla scorta delle indagini di sismica passiva eseguite (HVSR 48) si presumono possibili alti contrasti di impedenza sismica all'interno dei depositi terrigeni continentali o al passaggio tra i depositi terrigeni continentali rusciniani e villafranchiani e il sottostante substrato lapideo stratificato. La zona interessa i terreni di riporto antropico presenti negli areali di fondovalle in corrispondenza dell'alveo del Fiume Pesa in prossimità del nucleo abitativo storico di Ginestra Fiorentina.

- **zona 35:** la zona è caratterizzata da una successione stratigrafica che vede, in settori con inclinazione dei versanti  $< 15^\circ$ , la presenza di terreni di riporto antropico, con spessori compresi tra 0,0 e 3,0 m, su coperture alluvionali recenti terrazzate e non (a prevalente composizione granulometrica ghiaioso sabbiosa e sabbioso ghiaiosa), su un substrato granulare o coesivo, stratificato, con  $V_s < 800$  m/s, rappresentato principalmente dagli spessori di sabbie e conglomerati (VILe) appartenenti ai depositi continentali rusciniani e villafranchiani, poggiante, a sua volta, su un substrato lapideo stratificato e fratturato, costituito dalla facies arenacea a granulometria da media a fine della formazione del Macigno (MACb). Sulla scorta delle indagini di sismica passiva eseguite (HVSR 46 e 50) non si prevede la presenza di alti contrasti di impedenza sismica. La zona interessa i terreni di riporto antropico presenti nell'area di fondo valle nei settori a est e a ovest del nucleo abitativo storico di Ginestra Fiorentina.

#### **Zone suscettibili di instabilità**

Le **zone suscettibili di instabilità di versante** sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 2.3.3 degli ICMS e il potenziale crescente di deformazione legato allo stato di attività (inattiva, quiescente, attiva), nonché sulla base del potenziale di instabilità legato alle condizioni di acclività del versante sul quale si trova ubicata l'area in frana. Dalla disamina di questi fattori si sono individuate 5 zone (FR2, FR5, FR6, FR9 e FR10) come mostrato nella carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica. Le zone di instabilità sono legate prevalentemente alla presenza di frane per scorrimento sia attive (FR6, FR9 e FR10) che quiescenti (FR2 e FR5).



Nell'area di ginestra Fiorentina non sono stati riconosciuti laddove le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali possano far presupporre a zone potenzialmente interessate da **cedimenti differenziali**.

### Verifica sulla possibilità di liquefazione

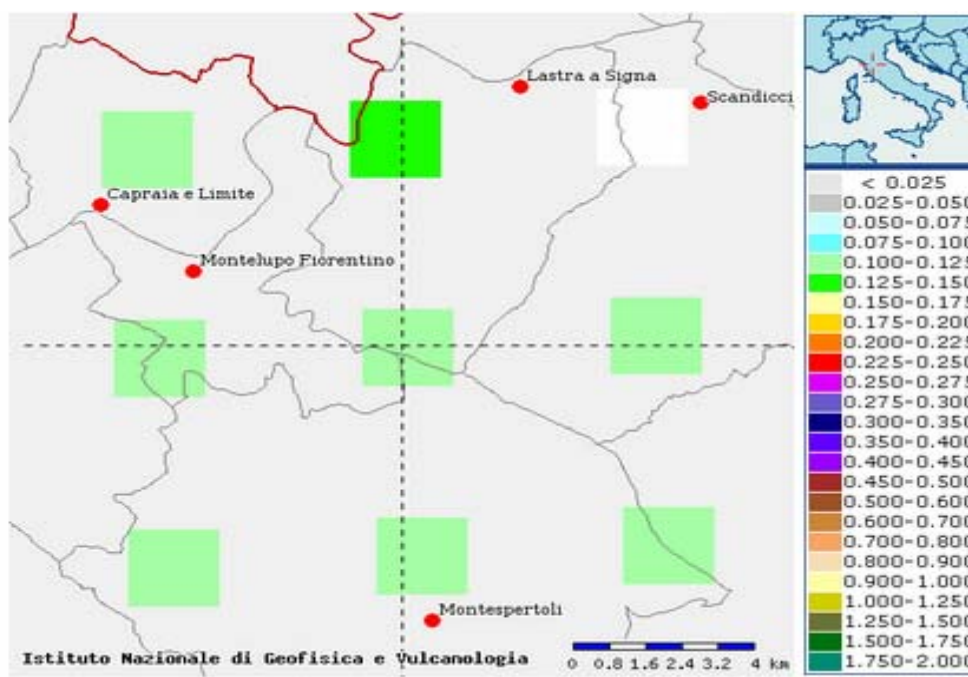
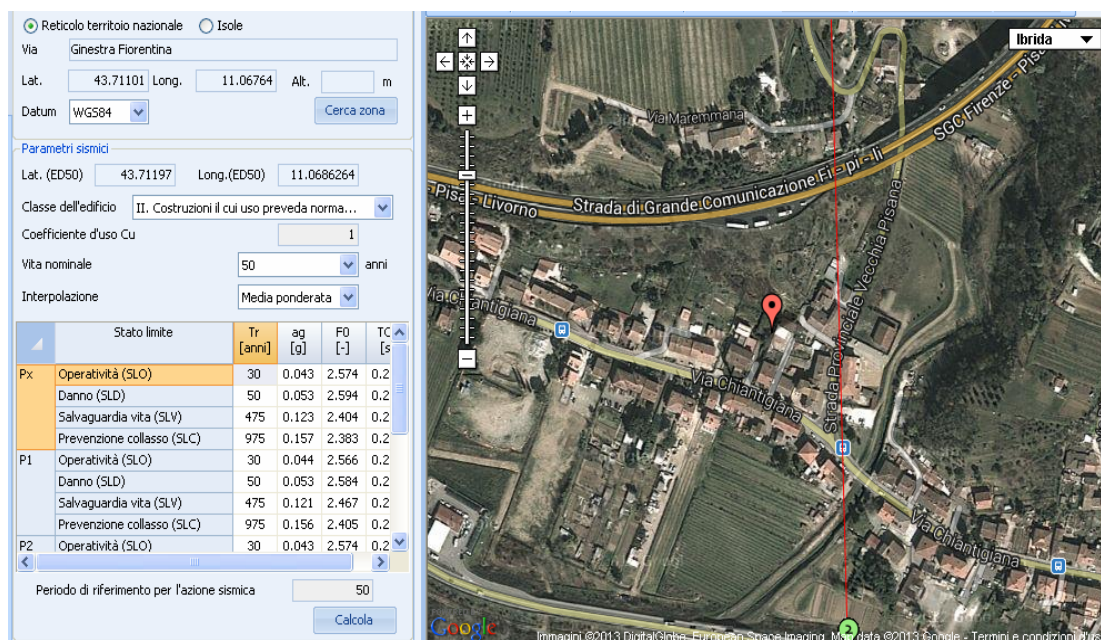
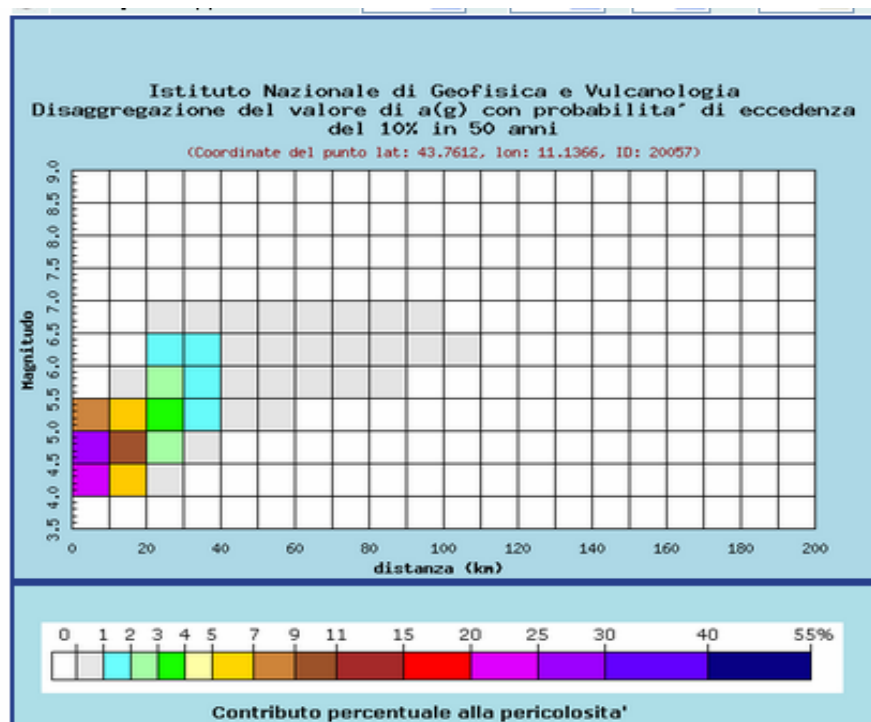


Fig. 18 – Mappe interattive di pericolosità sismica



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.7612, lon: 11.1366, ID: 20057)											
	Magnitudo											
	3,5-4,0	4,0-4,5	4,5-5,0	5,0-5,5	5,5-6,0	6,0-6,5	6,5-7,0	7,0-7,5	7,5-8,0	8,0-8,5	8,5-9,0	
0-10	0.000	23.100	28.200	8.480	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
10-20	0.000	5.450	10.200	5.290	0.121	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
20-30	0.000	0.323	2.570	3.630	2.390	1.550	0.241	0.000	0.000	0.000	0.000	
30-40	0.000	0.000	0.123	1.410	1.990	1.790	0.314	0.000	0.000	0.000	0.000	
40-50	0.000	0.000	0.000	0.203	0.847	0.828	0.165	0.000	0.000	0.000	0.000	
50-60	0.000	0.000	0.000	0.018	0.272	0.239	0.055	0.000	0.000	0.000	0.000	
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.043	0.092	0.026	0.000	0.000	0.000	0.000	
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.033	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.860	12.000	1.050

Sulla scorta di quanto previsto al paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC08 al punto 1), la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifestino eventi sismici attesi di Magnitudo M inferiore a 5, come nel caso di interesse ( M = 4.860) esposto.

## 10. CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

Dall'analisi e dalla valutazione integrata di quanto emerge dall'acquisizione delle conoscenze relative agli elementi esistenti di tipo geologico, geomorfologico e delle indagini geofisiche, con riferimento al regolamento regionale n. 53/R del 25 ottobre 2011, si deve tener conto, sulla base del quadro conoscitivo acquisito delle aree ove possono verificarsi effetti locali o di sito.

La valutazione preliminare degli effetti locali o di sito ai fini della riduzione del rischio sismico consente di rappresentare:

1. probabili fenomeni di amplificazione stratigrafica, topografica e per morfologie sepolte;
2. la presenza di faglie e/o strutture tettoniche;
3. i contatti tra litotipi a caratteristiche fisico-meccaniche significativamente differenti;
4. accentuazione della instabilità dei pendii;
5. terreni suscettibili a liquefazione e/o addensamento;
6. terreni soggetti a cedimenti diffusi e differenziali.

Tale valutazione è stata rappresentata nel presente piano strutturale, come in precedenza argomentato, attraverso la realizzazione di uno studio di MS di livello 1 secondo i criteri definiti nelle specifiche tecniche di cui all'o.d.p.c.m.3907/2010.

Tale studio è stato realizzato in corrispondenza dei centri urbani maggiormente significativi (Capoluogo – Ponte a Signa – Porto di Mezzo, Malmantile – Quattro Strade, Brucianesi e Ginestra Fiorentina) che il comune, di concerto con la struttura regionale competente, ha individuato secondo le specifiche di cui al paragrafo 1.B.1.2 delle istruzioni tecniche del Programma VEL e perimetrato secondo i criteri definiti al par. 3.4.2 degli ICMS.

Lo studio di MS di livello 1 ha la finalità di determinare nella pianificazione attuativa scelte mirate e idonee che tendano ad assicurare la riduzione del rischio sismico.

In generale, la sintesi di tutte le informazioni derivanti dallo studio di MS di livello 1, deve consentire di valutare le condizioni di pericolosità sismica dei centri urbani studiati secondo le seguenti graduazioni di pericolosità sotto elencate in ordine decrescente con i criteri di attribuzione alle stesse così come rappresentate nelle tavole di pericolosità sismica G.11, G.16, G.21 e G.26 realizzate in scala 1:2.000/5.000:

**Pericolosità sismica locale molto elevata (S.4):** zone suscettibili di instabilità di versante attiva che pertanto potrebbero subire una accentuazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; terreni suscettibili di liquefazione dinamica in comuni classificati in zona sismica 2.

**Pericolosità sismica locale elevata (S.3):** zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; terreni suscettibili di liquefazione dinamica (per tutti i comuni tranne quelli classificati in zona sismica 2); zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse; aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e faglie capaci (faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie);

zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri.

**Pericolosità sismica locale media (S.2):** zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3).

**Pericolosità sismica locale bassa (S.1):** zone stabili caratterizzate dalla presenza di litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata e dove non si ritengono probabili fenomeni di amplificazione o instabilità indotta dalla sollecitazione sismica.

Per ogni singola frazione sono state identificate le classi di pericolosità sismica secondo lo schema riassuntivo di seguito riportato, in funzione delle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali e le zone di instabilità presenti nel territorio comunale (MOPS), così come precedentemente definite.

**Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**

ID Zona Mops	Pericolosità Sismica
Z1	S.2
Z2	S.2
Z3	S.2
Z4	S.2
Z5	S.2
Z6	S.3
Z7	S.3
Z8	S.2
Z9	S.2
Z10	S.3
Z11	S.3
Z12	S.3
Z13	S.2
Z14	S.3
Z15	S.3
Z16	S.3
Z17	S.3
Z18	S.3
Z19	S.3
Z20	S.2
Z21	S.2
Z22	S.2
Z23	S.2
Z24	S.2
Z25	S.3
Z26	S.3
Z27	S.2
Z28	S.2
Z29	S.3
Z30	S.3
Z31	S.3
Z32	S.3
Z33	S.3
Z34	S.3
Z35	S.2

Z36	S.2
Z37	S.2
Z38	S.3
Z39	S.3
Z40	S.3

#### **Zone suscettibili di instabilità**

<b>ID Zona Mops</b>	<b>Pericolosità Sismica</b>
FR1	S.3
FR2	S.3
FR3	S.3
FR4	S.3
FR5	S.3
FR6	S.4
FR7	S.4
FR8	S.4
FR9	S.4
FR10	S.4
FR11	S.3
FR12	S.3
FR13	S.4
FR14	S.4
CDn	S.3

## **11. CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE**

Il reticolo idrografico che caratterizza il territorio del Comune di Lastra a Signa mostra un andamento generale del principale corso d'acqua, il Fiume Arno, in direzione NE - SW (antiappenninica).

Gli affluenti di ordine gerarchico inferiore, più brevi, sono orientati in linea di massima in direzione NW - SE (appenninica) come il Torrente Pesa.

Il reticolo può essere definito di tipo sub- rettangolare, con aste impostate lungo linee di frattura o di dislocazione. Infine, si osserva un aumento della densità del drenaggio nelle aree in cui si rileva la presenza di terreni prevalentemente limoso-argillosi, rispetto a tipi litologici a prevalente composizione sabbioso-ghiaiosa.

## **12. VALUTAZIONI SUL CONTESTO E SUL RISCHIO IDRAULICO**

L'ambito fisico di interesse per la valutazione di tale tipo di rischio è costituito dalle reti di drenaggio superficiali, naturali e artificiali, e dalle dinamiche idrologiche ed idrauliche che caratterizzano le relazioni fra afflussi, deflussi e variazioni delle riserve, nell'ambito dei bacini idrografici.

Il rischio idraulico per il territorio è la risultante dei fattori naturali ed antropici. In particolare vanno considerati gli effetti dell'evoluzione socio-economica sui corsi d'acqua e i riflessi connessi sull'assetto dei territori montani, collinari e di pianura; delle modifiche nelle pratiche colturali e nelle conduzioni agricole; della scarsa manutenzione delle sistemazioni montane, dei boschi e degli alvei; dell'imprevidenza di trascorse scelte urbanistiche rispetto al rischio idraulico stesso.

Il rischio idraulico da esondazione trae origine dall'eventualità che una determinata area sia invasa dalle acque fuoriuscite da reti di drenaggio naturali e/o artificiali per insufficiente capacità di smaltimento delle portate in transito nella stessa rete, oppure per rotture di opere di contenimento e/o occlusione di tombature e tratti intubati.

La valutazione del rischio idraulico a cui è soggetto il territorio comunale di Lastra a Signa viene eseguita come sotto descritto (elaborato G.29):

- con verifiche idrauliche e modellazione per i prefissati tempi di ritorno (T 30, 100, 200 e 500 anni) per il tratto in destra idraulica del Torrente Pesa e dei relativi affluenti, dal confine con il Comune di Scandicci fino al limite comunale con il Comune di Montelupo Fiorentino, comprendendo pertanto la tratta interferente con l'abitato di Ginestra Fiorentina (vedi elaborati relativi allo studio condotto da Physis, ottobre 2013);
- con verifiche idrauliche e modellazione per i prefissati tempi di ritorno (T 30, 100, 200 e 500 anni) per l'area del capoluogo fino a Ponte a Signa per quanto concerne i corsi d'acqua ivi presenti (vedi elaborati relativi allo studio condotto da Physis, ottobre 2013);
- in base alla modellazione quantitativa realizzata dalla Autorità di Bacino del Fiume Arno per il tratto di sponda sinistra d'Arno fino al confine con il Comune di Montelupo Fiorentino in prossimità della frazione di Camaioni;
- in base a considerazioni di carattere qualitativo, per tutti gli altri settori di territorio comunale per cui non siano stati condotti studi di modellazione idraulica, basate su:
  - la definizione delle zone poste in posizione di alto/basso morfologico rispetto al ciglio di sponda e/o limite esterno di arginatura;
  - la raccolta storico - inventariale degli eventi di esondazione verificatisi così come documentato nei censimenti e perimetrazioni indicati in atti ufficiali degli Enti preposti e confrontati con testimonianze raccolte sui luoghi.

Tale ultima metodologia, anche se povera del supporto analitico e matematico di una verifica idraulica quantitativo-numerica, risulta comunque utile per operare scelte di indirizzo generale relative alla pianificazione territoriale.

## **12.1 CARTE DEI VINCOLI SOVRACOMUNALI E DELLE AREE DESTINATE AD OPERE PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO**

Le carte dei vincoli sovracomunali in materia di rischio idraulico (elaborati G.27 e G.28) collazionano i dati, relativi al territorio oggetto di pianificazione, inerenti alle aree con particolari vincoli di utilizzo e/o destinate ad interventi di mitigazione del rischio idraulico per disposizioni sovracomunali (Provincia di Firenze relativamente ai contenuti del P.T.C.P. inerenti la tutela idraulica ed Autorità di Bacino del Fiume Arno).

### **Aree soggette alle norme di salvaguardia di cui al D.P.C.M. n. 226 del 5 novembre 1999 - Approvazione del Piano Stralcio relativo alla riduzione del Rischio Idraulico del Bacino del Fiume Arno**

*Aree soggette all'applicazione della Norma n. 2 - Norma di attuazione del piano stralcio per la riduzione del rischio idraulico nel bacino dell'Arno: vincoli di inedificabilità (per interventi strutturali di tipo A)*

“Sono le aree destinate agli interventi di piano per la mitigazione del rischio idraulico sulle quali si può procedere alla progettazione degli interventi, risultano soggette a vincolo di inedificabilità assoluta”.

Si tratta di tre zone in sinistra idraulica del Torrente Pesa di cui:

- una vasta area che si estende dalla località Chiesa di Sant'Ippolito a località Fattoria Le Topole contenuta verso monte dal Tracciato stradale della S.P. Val di Pesa n. 12 e da un tratto della strada di grande comunicazione Fi-Pi-Li destinata nella “Carta degli interventi proposti per la riduzione del rischio idraulico nel Bacino dell'Arno” ad ospitare aree di espansione fluviale e/o casse di espansione;
- una limitata porzione golenale posta a sud del tracciato della Fi-Pi-Li in corrispondenza dello svincolo di Ginestra Fiorentina;
- un settore posto in corrispondenza di località Molino di Ripalta la cui perimetrazione interferiva parzialmente con un'area artigianale già urbanizzata posta a monte del rilevato stradale (variante S.P. n. 12 Val di Pesa di recente realizzazione) è stata oggetto di modifica della originale perimetrazione a seguito del Decreto del Segretario Generale della Autorità di Bacino del F. Arno n. 28 del 4.4.2012 (vedi nuova perimetrazione in elaborato G.27).

*Aree soggette all'applicazione della Norma n.3 - Norma di attuazione del piano stralcio per la riduzione del rischio idraulico nel bacino dell'Arno: disciplina di salvaguardia ( per interventi strutturali di tipo B)*

“Sono le aree per le quali si rendono necessarie ulteriori verifiche di fattibilità prima di procedere alla realizzazione degli interventi per la mitigazione del rischio idraulico, sono soggette a vincolo di inedificabilità per garantire l'attuazione del Piano”.

Si tratta di un'ampia zona in un'ansa del T.Pesa in prossimità del limite amministrativo con il contermino Comune di Montelupo Fiorentino e di una vasta zona compresa fra il Torrente Vingone ed il Fiume Arno che si estende da località Stagno fino oltre la Fornace Carlini e comprende il campo pozzi in gestione a Publiacqua S.p.a. dedicato all'approvvigionamento idrico pubblico.

### ***Aree soggette all'applicazione della Norma n. 6 – Carta guida delle aree allagate***

“E’ stata elaborata sulla base degli eventi alluvionali significativi, posteriori e comprendenti quello del novembre 1966; rappresenta, con la indeterminazione legata alla scala di riporto, una carta che fornisce indicazioni propedeutiche alla pericolosità.

In tali aree, le eventuali opere o trasformazioni edilizie ed urbanistiche potranno essere realizzate a condizione che venga comprovato il superamento delle condizioni di rischio legate a fenomeni di esondazione o ristagno, o che siano individuati gli interventi necessari alla mitigazione di tale rischio da realizzarsi contestualmente alla esecuzione delle opere richieste”.

### **Piano stralcio per l’assetto idrogeologico (P.A.I.) adottato con Del. C.I. n. 185/2004.**

Gli elaborati di PAI inerenti il rischio idraulico sono costituiti da:

- “*Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica – Livello di sintesi in scala 1:25.000*”;
- “*Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica – Livello di dettaglio in scala 1:10.000*”;
- “*Carta degli elementi a rischio – Aree con pericolosità idraulica a livello di dettaglio – scala 1:10.000*”.

In relazione alle specifiche condizioni idrauliche e idrogeologiche, alla tutela dell’ambiente alla prevenzione di presumibili effetti dannosi prodotti da interventi antropici, così come risultanti dallo stato delle conoscenze, il PAI assoggetta a particolare normativa di salvaguardia le aree individuate nelle cartografie di seguito specificate:

#### *1a) “Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica - Livello di sintesi in scala 1:25.000”.*

Nella cartografia la pericolosità è così graduata:

- 1• pericolosità idraulica molto elevata (P.I.4), così come definita nel Piano Straordinario approvato con delibera del Comitato Istituzionale n. 137/1999;
- 2• pericolosità idraulica elevata (P.I.3), corrispondente alla classe B.I. così come definita nel Piano Straordinario di cui sopra;
- 3• pericolosità idraulica media (P.I.2) relativa alle aree inondate durante l’evento del 1966 come da “Carta guida delle aree inondate” di cui al Piano di bacino, stralcio relativo alla riduzione del “Rischio Idraulico”;
- 4• pericolosità idraulica moderata (P.I.1): rappresentata dall’involuppo delle alluvioni storiche sulla base di criteri geologici e morfologici.

#### *1b) “Perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica - Livello di dettaglio in scala 1:10.000”.*

Nella cartografia la pericolosità è così graduata:

- 1• pericolosità idraulica molto elevata (P.I.4) comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $TR \leq 30$  anni e con battente  $h \geq 30$  cm;
- 2• pericolosità idraulica elevata (P.I.3) comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $TR \leq 30$  anni con battente  $h < 30$  cm e aree inondabili da un evento con tempo di ritorno  $30 < TR \leq 100$  anni e con battente  $h \geq 30$  cm;
- 3• pericolosità idraulica media (P.I.2) comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $30 < TR \leq 100$  anni e con battente  $h < 30$  cm e aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $100 < TR \leq 200$  anni ;
- 4• pericolosità idraulica moderata (P.I.1) comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $200 < TR \leq 500$  anni.

### ***Normativa di salvaguardia inerente al P.A.I.***

Il Piano di Bacino del Fiume Arno, stralcio Assetto Idrogeologico (P.A.I.) è stato approvato con D.P.C.M. del 6.5.2005.

La relativa normativa di piano e le salvaguardie in essa contenute sono entrate in vigenza con la pubblicazione del relativo D.P.C.M. di approvazione con la pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale n. 230 del 3 ottobre 2005.

L’indicazione delle aree soggette a tali salvaguardie è riportata nella tavola G.29 (relativamente alle aree non oggetto di studi di modellazione idraulica) e sugli elaborati allestiti da Physis. **A seguito di compiuta istruttoria**



(ultimata con favorevole parere del marzo 2014 con accoglimento delle modifiche proposte per quanto concerne il corso del T. Pesa) *da parte della Autorità di Bacino del F. Arno, di tali modellazioni idrauliche di supporto al presente Piano Strutturale le classificazioni di pericolosità idraulica di P.A.I. risultano, a seguito di aggiornamento in attuazione agli artt. 27 e 32 delle stesse NTA del P.A.I. , quelle evidenziate negli elaborati T.08.3 (Fiume Arno e Torrente Vingone nella zona del capoluogo) e T.08.2 (Torrente Pesa nella zona di Ginestra Fiorentina).*

#### **Aree sensibili come definite all'art. 3 delle norme di attuazione del P.T.C.P. della Provincia di Firenze**

Sono definite *aree sensibili* già vulnerate da fenomeni di esondazione e soggette a rischio idraulico le aree caratterizzate da reti naturali o artificiali di drenaggio superficiale e/o da condizioni dinamiche, idrauliche, idrogeologiche che possono provocare fenomeni di crisi ambientale dovuti a esondazione, ristagno, inquinamento e dinamica d'alveo (vedi elaborato G.28). Esse costituiscono invariante strutturale ai sensi del comma 6 dell'art. 5 L.R. 5/95.

La disciplina e gli interventi in tali zone devono essere comunque finalizzati:

- al mantenimento e al miglioramento delle condizioni fisiche ed ambientali esistenti nelle aree naturalmente predisposte alla laminazione delle piene, individuando, se necessario, casse di espansione naturali;
- alla valorizzazione ed all'intensificazione delle funzioni idrauliche svolte, con progetti di regimazione idraulica realizzati a scala di bacino. In base a tali progetti possono essere consentiti impianti e attrezzature compatibili con le caratteristiche idrauliche delle zone;
- sono comunque ammessi gli interventi sul patrimonio edilizio esistente che non comportino aumento di volume e sono fatti salvi i servizi e le attrezzature di cui all'art. 24 delle norme di attuazione del P.T.C.P..

#### **Aree per il contenimento del rischio idraulico come definite all'art. 4 delle norme di attuazione del P.T.C.P. della Provincia di Firenze**

Risultano le stesse definite alla Norma n. 2 e Norma n. 3 del D.P.C.M. n. 226 del 5 novembre 1999 - Approvazione del Piano Stralcio relativo alla riduzione del Rischio Idraulico del Bacino del Fiume Arno e successive modifiche e pertanto soggette a tali norme di salvaguardia (elaborato G.27).

## **12.2 CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA**

Il Regolamento Regionale n. 53/R (vedi allegato A, paragrafo 2, comma C.2) precisa i criteri di attribuzione delle classi di pericolosità idraulica in funzione del rischio esistente.

I criteri regionali di attribuzione di classe di pericolosità idraulica nelle zone di fondovalle si basano, pertanto, essenzialmente su:

- criterio morfologico con discriminazione in corrispondenza dell'altimetria (dislivello) di 2,0 metri dalla quota del piede esterno dell'argine o dal ciglio di sponda;
- criterio connesso all'esistenza o meno di opere idrauliche a protezione e loro stato di manutenzione ed efficienza;
- criterio storico inventariale legato ai trascorsi episodi di inondazione e allagamento;

- criterio basato su valutazioni quantitative tramite modellazioni idrauliche per prefissati tempi di ritorno.

Il tema pericolosità idraulica è stato sviluppato mediante originali studi di modellazione idraulica (Physis, ottobre 2013) con redazione dei relativi elaborati per le aree oggetto di modellazione (zona della val di Pesa in destra idrografica comprendente l'abitato di Ginestra Fiorentina e settore del Capoluogo – vedi elaborati Physis).

Per le aree per cui non sia stata realizzata modellazione originale (vedi elaborato G.29) il tematismo è stato sviluppato o in base alla modellazione sul Fiume Arno della Autorità di Bacino o mediante applicazioni di considerazioni storico inventariali e morfologiche.

Sulla base delle considerazioni generali sopra indicate e dei dati sul contesto idraulico raccolti bibliograficamente ed in fase di ricerca e verifica sui luoghi è stata articolata la seguente classificazione per l'attribuzione della pericolosità idraulica:

#### **Pericolosità idraulica molto elevata (I.4):**

- aree interessate da allagamenti per eventi con  $T_r$  minore/uguale 30 anni.

Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici, rientrano in classe di pericolosità molto elevata le aree di fondovalle non protette da opere idrauliche per le quali ricorrano contestualmente le seguenti condizioni:

- a) vi siano notizie storiche di inondazioni;
- b) sono morfologicamente in situazione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.

Sono inoltre state inserite in classe di pericolosità I.4:

- aree collinari o montane con presenza di corpi d'acqua (laghi o invasi);
- aree ricadenti nel perimetro delle zone P.I.4 (aree a pericolosità idraulica molto elevata) nella “Perimetrazione delle aree con pericolosità e rischio idraulico” dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno (P.A.I. di cui agli elaborati di sintesi e elaborati di dettaglio);
- gli alvei, gli argini e le zone comprendenti le due fasce di larghezza pari a 10 ml dal piede esterno dell'argine o, in mancanza, dal ciglio di sponda dei corsi d'acqua principali e comunque individuati nel quadro conosciuto del PIT della Regione Toscana approvato con Del. C.R. n. 72/2007.

#### **Pericolosità idraulica elevata (I.3):**

- aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra  $30 < T_r < 200$  anni.

Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici, rientrano in classe di pericolosità elevata le aree di fondovalle per le quali ricorra almeno una delle seguenti condizioni:

- a) vi siano notizie storiche di inondazioni;

b) sono morfologicamente in condizione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.

Sono inoltre state inserite in classe di pericolosità I.3:

- aree collinari e/o montane nella zona di svasso di laghi e invasi in cui il rischio idraulico dipende dalla tenuta del paramento di valle e dal suo stato di manutenzione;
- aree ricadenti nel perimetro delle zone P.I.3 e P.I.2 nella “Perimetrazione delle aree con pericolosità e rischio idraulico” dell’Autorità di Bacino del Fiume Arno (P.A.I. di cui agli elaborati di dettaglio derivanti da modellazione idraulica fino al tempo di ritorno T 200 anni) e aree ricadenti in P.I.3 desumibili dagli elaborati di sintesi (storico inventariale).

**Pericolosità idraulica media (I.2):**

- aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra  $200 < TR < 500$  anni.

Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici rientrano in classe di pericolosità media le aree di fondovalle per le quali ricorrano le seguenti condizioni:

- a) non vi sono notizie storiche di inondazioni;
- b) sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

**Pericolosità idraulica bassa (I.1):**

- aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni:
  - a) non vi sono notizie storiche di inondazioni;
  - b) sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

Firenze lì, 19 marzo 2014

---

Prof. Geol. Eros Aiello

con:

---

Dott. Geol. Gabriele Grandini