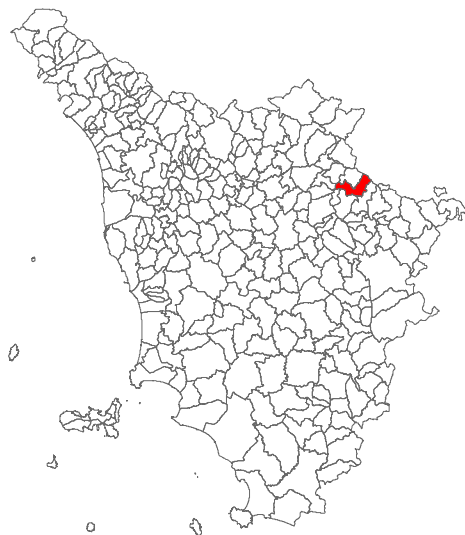


Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Illustrativa

Regione Toscana Comune di Pratovecchio – Stia (AR)



Regione	Soggetto realizzatore:	Data
Regione Toscana – Settore Sismica	Comune di Pratovecchio Stia/Servizio Assetto del Territorio Professionisti incaricati: Dott. Geol. Eros Aiello* Dott. Geol. Gabriele Grandini* Dott. Geol. Lucia Brocchi** Dott. Geol. Daniela Lari** Dott. Geol. Alessandro Piazzini* Dott. Geol. Cristian Pieroni* Dott. Geol. Francesco Puccetti* * Geo Eco Progetti ** Geogamma	Settembre 2024

Indice generale

1. INTRODUZIONE.....	2
1.1 METODOLOGIA.....	2
2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....	6
2.1 SISMICITA' DELL'AREA.....	6
2.2 RISCHIO SISMICO.....	9
2.3 MODELLAZIONE SISMICA.....	14
2.4 PERICOLOSITA' SISMICA.....	19
2.5 VERIFICHE DI PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E DI SITO.....	25
2.6 LIQUEFAZIONE – BASE TEORICA E VERIFICA PER LOCALITA'.....	55
3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....	57
3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E MORFOLOGICO.....	57
3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E NOTAZIONI STRATIGRAFICHE.....	59
3.3 DESCRIZIONE DELLE FORMAZIONI.....	62
3.4 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE.....	67
3.5 CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE E NOTAZIONI IDROGEOLOGICHE.....	70
3.6 ACCLIVITA' DEI VERSANTI.....	71
4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI.....	73
5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO.....	80
6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE.....	81
7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....	82
8. ELABORATI CARTOGRAFICI.....	83
8.1 INDIVIDUAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE.....	95
8.2 CARTA DELLE INDAGINI E CARTA DELLE FREQUENZE.....	95
8.3 CARTA GEOLOGICO TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA.....	97
8.4 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS).....	104
8.5 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA.....	106
8.6 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....	110
8.7 CONSIDERAZIONI RELATIVE AGLI APPROFONDIMENTI CONDOTTI SULLE VARIE PORZIONI DI TERRITORIO INDAGATE.....	118
9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI.....	165
10. BIBLIOGRAFIA.....	166
11. ALLEGATI.....	167

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

1. INTRODUZIONE

La Regione Toscana (Direzione Ambiente ed Energia – Settore Sismica) con proprio Decreto Dirigenziale di G.R.T. n. 16262 del 4 ottobre 2018, ha inserito il Comune di Pratovecchio Stia nella graduatoria relativa alla erogazione di finanziamenti previsti per la redazione di **indagini e studi di microzonazione sismica sui centri urbani** (studi di MS di livello 2 e 3) comunali di cui alla Del. G.R.T. n. 468 del 02.05.2018.

Il presente studio è finanziato ai sensi dell'Ordinanza O.C.D.P.C. n. 344/2016 – art. 2, comma 1 lett. a, che disciplina a livello nazionale i contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico già previsti all'art. 11 della legge n. 77 del 24 giugno 2009.

Con la delibera di cui sopra, la Regione Toscana ha definito le modalità di finanziamento degli studi Microzonazione Sismica.

Il Comune di Pratovecchio Stia individuava nella Geo Eco Progetti il “soggetto realizzatore” delle indagini in questione da svolgersi nelle more e modalità previste dalle precipe specifiche tecniche regionali approvate con la citata Del. G.R.T. n. 144 del 23.02.2015 “*Approvazione delle specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica*” e con esplicito riferimento agli “*Indirizzi e Criteri Generali per la Microzonazione Sismica*” (in seguito denominati ICMS) – GdLDPC/Regioni. Documento approvato dalla Conferenza dei Presidenti delle Regioni nella seduta del 13 novembre 2008.

1.1 METODOLOGIA

La Regione Toscana, con propria Del. G.R.T. n. 144/2015, ha definito il “programma minimo” di tali studi dettagliando:

- *indicazione delle aree di indagine,*
- *indicazione del quantitativo minimo e delle tipologie di indagine da realizzare,*
- *indicazione della documentazione tecnica da produrre.*

In merito ai tre citati punti si dettaglia quanto segue:

1) Indicazione delle aree di indagine

Secondo quanto indicato dalle istruzioni tecniche in materia le suddette attività devono essere concentrate in corrispondenza dei centri urbani maggiormente significativi che il Comune individua secondo le specifiche di cui al Par. 1.B.1.2 delle ITR (Istruzioni Tecniche Regionali) del Programma VEL e perimetra secondo i criteri definiti dagli ICMS.

L'Amministrazione Comunale di Pratovecchio Stia, di compendio con la Struttura Regionale deputata alla Prevenzione Sismica (Direzione Ambiente ed Energia – Settore Sismica), ha individuato le seguenti aree:

- capoluogo e zona industriale di Pratovecchio,
- capoluogo di Stia,
- frazione di Casalino,
- frazioni di Gualdo e Cannelle,
- frazione di Lonnano,
- frazione di Papiano,

- frazione di Tartiglia,
- frazione di Vallucciole,
- frazione di Campolombardo.

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, per cui fosse disponibile cartografia C.T.R. in scala 1:2.000, ricorrendo talvolta a “mosaici cartografici” con cartografia C.T.R. in scala 1:10.000, in settori ove non fosse disponibile cartografia in scala 1:2.000.

2) Indicazione del quantitativo minimo e delle tipologie di indagine

Relativamente alle cartografie geologiche e geomorfologiche in prima fase si è fatto riferimento alle cartografie originali realizzate nell’ambito del supporto geologico tecnico al vigente Strumento Urbanistico del Comune di Pratovecchio Stia. Tali cartografie sono state rivisitate mediante le recenti indicazioni della cartografia regionale CARG e con appositi rilievi di campagna geologici e geomorfologici di dettaglio.

Si è provveduto inoltre ad acquisire tutte le indagini geognostiche e geofisiche esistenti sulle porzioni di territorio in esame reperibile presso gli archivi regionale, provinciale e comunale.

Il Coordinamento Regionale Prevenzione Sismica ha, inoltre, fornito l’indicazione di minima, in funzione del quadro conoscitivo esistente, circa la realizzazione delle seguenti indagini geofisiche minime obbligatorie:

CAMPAGNA DI INDAGINE PROPEDEUTICA AGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISIMICA DI LIVELLO 1 – MAGGIO / NOVEMBRE 2015

- n. 8 indagini 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. 883 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSr), e con processo di inversione e interpretazione secondo la metodologia di analisi del rapporto spettrale H/V o di Nakamura, per la definizione della frequenza naturale dei terreni e per la determinazione dell’eventuale comportamento amplificativo degli stessi.

CAMPAGNA DI INDAGINI PROPEDEUTICA AGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISIMICA DI LIVELLO 3 – GIUGNO 2022

- n. 2 indagini di sismica in foro di tipo down-hole in onde P e Sh (a seguito di specifica realizzazione di n. 2 sondaggi a carotaggio continuo);
- n. 5 indagini di sismica attiva in onde P e Sh, per la determinazione dei profili sismostratigrafici.

3) Indicazione della documentazione tecnica da produrre

La delibera prevede che lo studio di microzonazione sismica restituisca i seguenti elaborati tecnici per ciascuna delle frazioni indagate:

- carta delle indagini
- carta geologico-tecnica con relative sezioni
- carta delle frequenze
- carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (M.O.P.S.) con relative sezioni

- carta di microzonazione sismica

e a compendio delle varie cartografie allestite la presente relazione tecnica illustrativa.

Per le frazioni come sopra dettagliate sono pertanto stati realizzati tutti i tematismi sotto dettagliati su base cartografica C.T.R. in scala 1:5.000 (scala adottata per la restituzione grafica dei tematismi rilevati in scala 1:2.000 di dettaglio).

Vengono di seguito riportati gli elaborati e i tematismi appositamente realizzati per gli studi di Microzonazione Sismica di livello 3.

N° Tavola	Titolo	Scala	Data di emissione
	Relazione Illustrativa		settembre 2024
	Relazione tecnica inerente l'elaborazione di Risposta Sismica Locale 2D (RSL2D)		settembre 2024
G.01	Carta delle indagini	1:10.000 / 1:5.000	settembre 2024
G.02	Carta geologico - tecnica	1:10.000 / 1:5.000	settembre 2024
G.03	Carta delle frequenze	1:10.000	settembre 2024
G.04	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica	1:10.000 / 1:5.000	settembre 2024
G.05	Carta di Microzonazione Sismica FA01-05 (Livello 3)	1:10.000 / 1:5.000	settembre 2024
G.06a G.06b	Sezioni geologo-tecniche con indicazione zone Mops	1:2.000	settembre 2024
	Data base “cartella indagini” contenente certificazioni indagini stratigrafiche, geotecniche e sismiche strutturata come da istruzioni “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica per Microzonazione Sismica – Versione 4.2” (in formato digitale)		settembre 2024
Microzonazione sismica di livello 1 – Relazioni indagini geofisiche di superficie mediante sismica a rifrazione e tomografia sismica (onde P e Sh) e Relazione indagini geofisiche con misure di rumore ambientale a stazioni singole di registrazione analisi hvsvr– Trigeo s.n.c.			settembre – novembre 2015
Microzonazione sismica di livello 3 – Relazione indagini geofisiche – Dott. Pieroni e Dott. Puccetti			giugno 2022
Microzonazione sismica di livello 3 – Report Sondaggi (Schede stratigrafiche e documentazione fotografica)			marzo 2022

Occorre sottolineare che la cartografia realizzata nel presente studio di “microzonazione sismica” costituisce implementazione e adeguamento del quadro conoscitivo del supporto geologico – tecnico agli strumenti urbanistici del Comune di Pratovecchio Stia, ai sensi dell'ex Regolamento Regionale n. 53/R e del Regolamento Regionale n. 5/R, e risulta di fondamentale importanza per improntare future eventuali scelte secondo il principio dello sviluppo sostenibile.

A questo scopo è importante evidenziare che, relativamente all'individuazione delle aree instabili nelle cartografie di interesse delle aree oggetto di studio, queste derivano dalle forme geomorfologiche identificate, esaminate ed accolte dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale a seguito della verifica condotta da detta Autorità, nell'ambito dell'approfondimento, con modifica delle aree a pericolosità da frana, del quadro conoscitivo comunale.

Tale aggiornamento è stato accolto per il Comune di Pratovecchio Stia, assieme agli altri comuni facenti parte del Piano Strutturale Intercomunale del Casentino, con Decreto del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale n. 133 del 09/12/2022.

Tutta la cartografia tematica elaborata 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 ed è presentata anche nel sistema WGS84UTM33N.

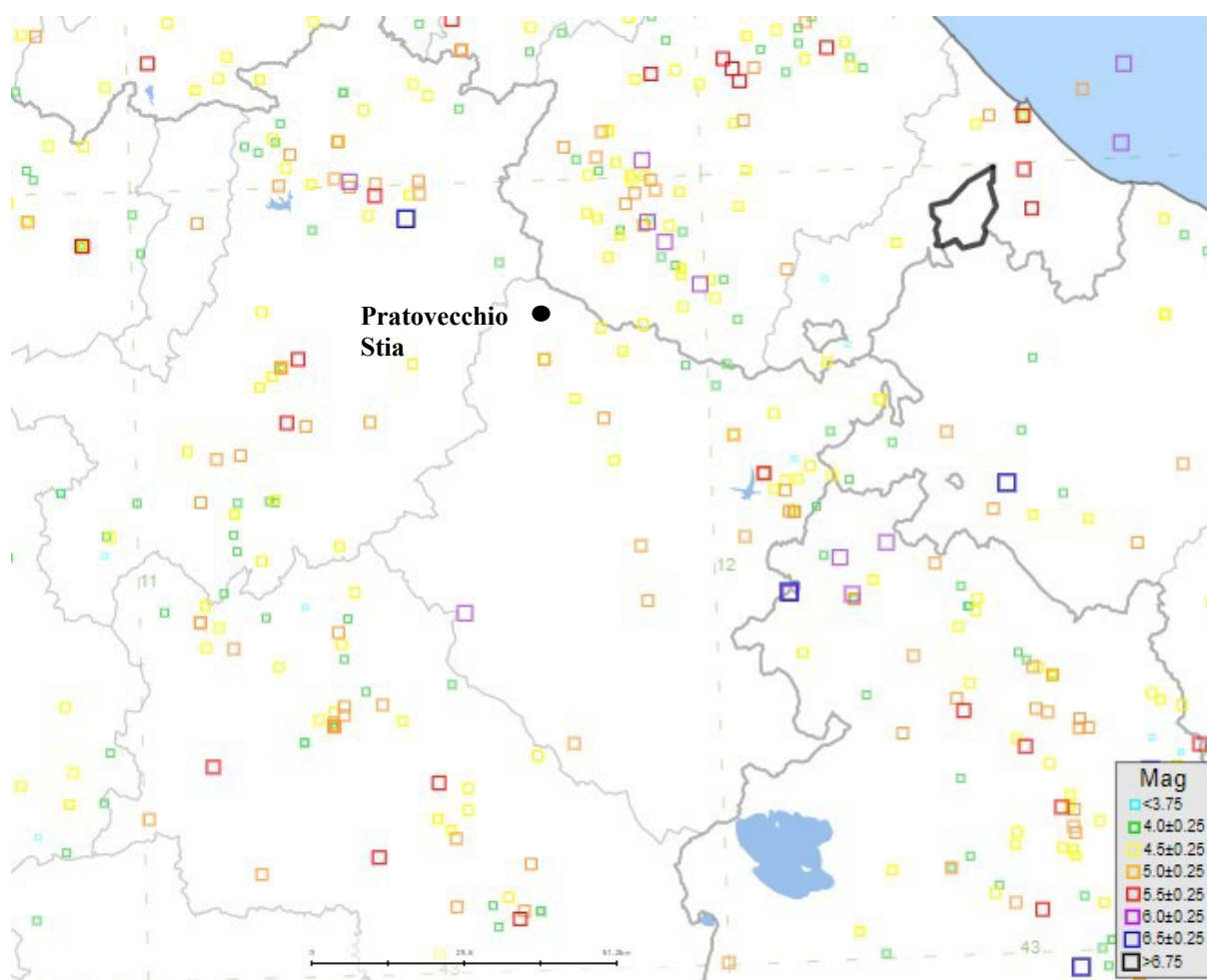
I dati tematici sono tutti vettoriali ed inseriti all'interno di una Banca Dati GIS facilmente interrogabile e aggiornabile, in ottemperanza a quanto richiesto nell'art. 28 della L.R. 1/2005; in particolare, i dati consegnati alla amministrazione comunale sono in formato sia "shape" che "pdf".

Le note illustrative, relative alle tavole elencate, sono contenute nel presente fascicolo **"Relazione Illustrativa"**.

2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

2.1 SISMICITA' DELL'AREA

La sismicità storica del Comune di Pratovecchio Stia è stata ricostruita con la consultazione del “Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 - Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P., Antonucci A. (2021). Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 3.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.3>; Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (2020). The Italian earthquake catalogue CPTI15. Bulletin of Earthquake Engineering, 18(7), 2953-2984. <https://doi.org/10.1007/s10518-020-00818-y>.



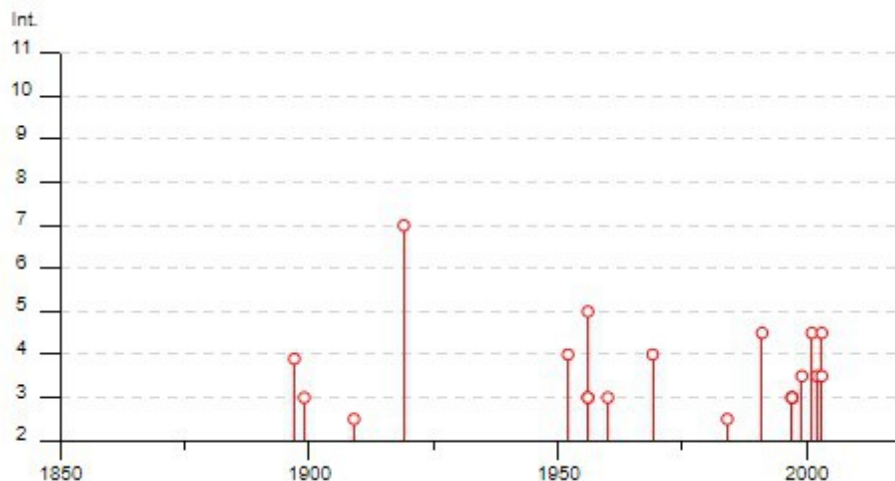
Localizzazione degli eventi macrosismici a livello regionale nel territorio circostante il Comune di Pratovecchio Stia (Periodo 1905 – 2020)

In particolare gli effetti macrosismici che hanno interessato il Comune di Pratovecchio Stia sono riconducibili a n. 31 eventi sismici, verificatisi dal 1897 al 2005, con vario grado di intensità sismica. (cfr. Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Antonucci A. (2021). Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 3.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.3>.

Effetti	In occasione del terremoto del												
Int.	Anno	Me	Gi	Mo	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw			
F	📄	1897	09	06	03	10	4 Valdarno inferiore	104	5-6	4.59			
NF	📄	1898	01	16	13	10	Romagna settentrionale	110	6	4.59			
NF	📄	1898	03	09	11	43	Romagna settentrionale	68	6	4.59			
3	📄	1899	06	26	23	17	2 Valle del Bisenzio	138	7	5.02			
2-3	📄	1909	08	25	00	22	Crete Senesi	259	7-8	5.34			
7	📄	1919	06	29	15	06	1 Mugello	565	10	6.38			
4	📄	1952	07	04	20	35	1 Appennino forlivese	64	7	4.94			
3	📄	1956	04	26	03	00	0 Appennino bolognese	89	6	4.74			
5	📄	1956	05	26	18	40	Appennino forlivese	76	7	4.99			
3	📄	1956	06	03	01	45	5 Appennino forlivese	62	6	4.51			
3	📄	1960	10	29	00	08	3 Mugello	69	7	4.91			
4	📄	1969	08	09	09	20	5 Appennino toscano-romagnolo	33	5	4.20			
2-3	📄	1984	04	29	05	02	5 Umbria settentrionale	709	7	5.62			
NF	📄	1984	05	07	17	50	Monti della Meta	911	8	5.86			
NF	📄	1984	05	11	10	41	4 Monti della Meta	342	7	5.47			
NF	📄	1990	05	08	22	33	1 Alta Valtiberina	64	5	3.77			
4-5	📄	1991	01	14	07	38	3 Casentino	62	5	4.26			
3	📄	1997	09	26	00	33	1 Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66			
3	📄	1997	09	26	09	40	2 Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97			
3	📄	1997	10	02	19	38	0 Alta Valtiberina	55		4.42			
3-4	📄	1999	01	25	22	45	5 Appennino forlivese	97	5	4.36			
NF	📄	2000	05	08	12	29	5 Faentino	126	5	4.67			
NF	📄	2000	05	10	16	52	1 Faentino	151	5-6	4.82			
4-5	📄	2001	11	26	00	56	5 Casentino	211	5-6	4.63			
3-4	📄	2002	02	21	14	36	Casentino	43	5	4.09			
4-5	📄	2003	01	26	20	15	0 Appennino forlivese	63	5-6	4.50			
3-4	📄	2003	01	29	23	50	1 Appennino forlivese	71	4-5	4.06			
NF	📄	2003	12	07	10	20	3 Forlivese	165	5	4.18			
NF	📄	2005	07	15	15	17	1 Forlivese	173	4-5	4.29			

Eventi macrosismici riportati nel DBMI15

La maggiore intensità sismica percepita in questo territorio raggiunge il grado 7 MCS nel terremoto avvenuto nel Mugello nel 1919 (Mw = 6,38).



Distribuzione temporale ed intensità degli eventi macrosismici nel periodo 1850-2020

Analizzando il catalogo delle sorgenti sismogenetiche (DISS - Database of Individual Seismogenic Sources – 2021 - DOI:10.13127/diss3.3.0) si osserva che il territorio del Comune di Pratovecchio Stia si colloca all'interno dell'area sismogenetica composita codificata come ITCS037 “Mugello-Città di Castello-Leonessa”, caratterizzata dai seguenti parametri:

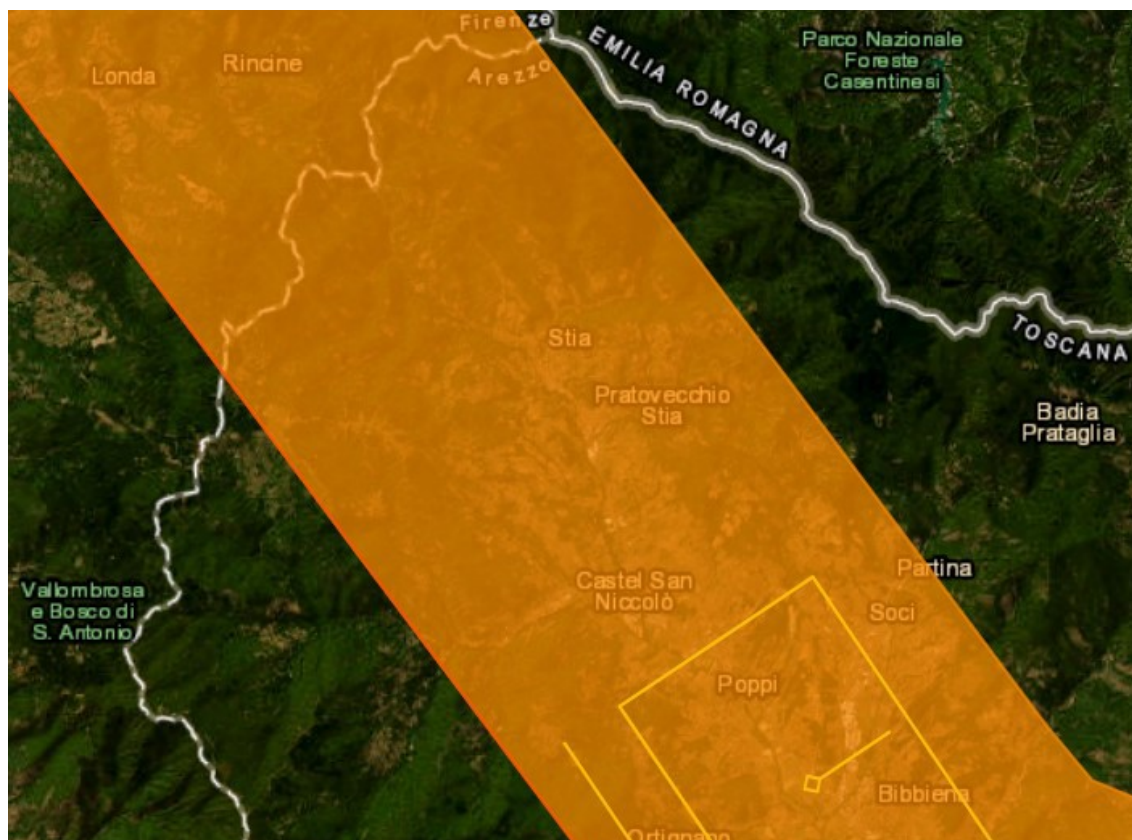
Strike (angolo rispetto al nord):	280° - 330°
Dip (inclinazione rispetto al piano campagna):	25° - 40°
Profondità min - max:	0,5 – 8 km
Magnitudo massima (Mw):	6,2

Questa struttura composita corre per oltre 200 km lungo la dorsale dell'Appennino settentrionale, dai settori dell'Appennino Pratese (a nord-ovest) verso l'alta valle del Fiume Nera (a sud-est), e costituisce il nucleo della cintura estensionale dell'“Etrurian Fault System”. Questa sorgente è un complesso di faglie superficiali a basso angolo che segna il confine estensionale occidentale dell'Appennino settentrionale.

Cataloghi storici e strumentali mostrano terremoti (magnitudo $4.5 < M_w < 5.0$) potenzialmente dannosi all'interno dell'area, in particolare nei settori nord-occidentale e sud-orientale. Inoltre, si sono verificati i principali terremoti dannosi e distruttivi (da nord-ovest a sud-est): 13 giugno 1542 (Mw 5.9, Mugello), 29 giugno 1919 (Mw 6.2, Mugello), 26 aprile 1917 (Mw 5.8, Monterchi-Citerna), 25 dicembre 1352 (Mw 6.0, Monterchi), 26 aprile 1458 (Mw 5.9, Città di Castello), 13 gennaio 1832 (Mw 5.8, Foligno), 15 set 1878 (Mw 5.5, Montefalco), e 5 giugno 1767 (Mw 5.4, Spolefino).

Relativamente alle Sorgenti Sismogenetiche Individuali (Individual Seismogenic Sources), all'interno della suddetta area sismogenetica composite ITCS037 “Mugello-Città di Castello-Leonessa”, a circa 6,5 km a sud dell'abitato di Pratovecchio si rileva la struttura codificata come ITIS076 “Poppi” con le caratteristiche principali di cui alla tabella seguente:

Strike (angolo rispetto al nord):	326°
Dip (inclinazione rispetto al piano campagna):	30°
Profondità min - max:	1,0 – 4,5 km
Magnitudo massima (Mw):	5,8



Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.3.0



Potenziali sorgenti sismiche per terremoti con $M > 5.5$

Si precisa che con il termine Sorgenti sismogenetiche si indicano singole faglie, o sistemi di faglie, per le quali è possibile calcolare sia quale dovrebbe essere la massima magnitudo dei terremoti, sia il rapporto tra il numero di terremoti forti e di quelli deboli.

Alle diverse strutture presenti in superficie, che vengono attivate da un evento sismico si dà il nome di faglie capaci, si tratta cioè di segmenti di faglia per i quali si verifica un'attivazione cosismica con relativa dislocazione del terreno. Queste strutture sono considerate come l'espressione superficiale delle strutture sismogenetiche profonde. Le faglie capaci costituiscono un elemento essenziale per il riconoscimento e la classificazione delle faglie sismogenetiche principali.

Dalla cartografia contenuta nel portale online ITHACA-DISS non si rileva la presenza di faglie capaci presenti in un ampio intorno del territorio comunale di Pratovecchio Stia.

2.2 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 i territori degli ex comuni di Pratovecchio e Stia sono inseriti in Zona 2.

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:
- 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 graduali, sia all'interno di ciascuna regione che al confine di regioni diverse.
- 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 potevano 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. I territori comunali di Pratovecchio e Stia rimangono comunque inseriti in zona 2.

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. I territori comunali di Pratovecchio e Stia rimangono in zona 2.

Infine, con Delibera di Giunta Regione Toscana n. 421 del 26/05/2014 viene aggiornata la classificazione sismica con l'inserimento dei Comuni fusi al 01/01/2019.

Anche in questa recente classificazione regionale il Comune di Pratovecchio Stia viene inserito in **zona sismica 2**.

Zona sismica	Descrizione	accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni $[a_g]$	accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) $[a_g]$	numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$a_g > 0,25 \text{ g}$	0,35 g	703
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < a_g \leq 0,25 \text{ g}$	0,25 g	2.224
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15 \text{ g}$	0,15 g	3.002
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$a_g \leq 0,05 \text{ g}$	0,05 g	1.982

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

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 – Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) e successivamente del D.M. 17 gennaio 2018 – Nuove norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ($V_{s30} > 800 \text{ m/s}$), 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 a_g , 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.

Pertanto, 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 $g/10$), F_0 (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-tecniche 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.

2.3 MODELLAZIONE SISMICA

Per valutare se un'opera strutturale è sicura bisogna far riferimento a degli *stati limite*, che possono verificarsi durante un determinato *periodo di riferimento* della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica, che dovrà essere utilizzata nelle verifiche agli stati limite o nella progettazione, bisognerà stabilire:

- in primo luogo la *vita nominale* dell'opera, che congiuntamente alla *classe d'uso*, permette di determinare quel *periodo di riferimento*;
- una volta definito il periodo di riferimento e i diversi stati limite da considerare, una volta definite le relative *probabilità di superamento*, è possibile stabilire il *periodo di ritorno* associato a ciascun stato limite;
- a questo punto è possibile definire la ***pericolosità sismica di base*** per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006.

VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Nelle NTC il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \times C_U \quad (2.1)$$

dove:

V_R = *periodo di riferimento*

V_N = *vita nominale*

C_U = *coefficiente d'uso*

La vita nominale di un'opera strutturale V_N , secondo le NTC, è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata e viene definita attraverso tre diversi valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò delle esigenze di durabilità:

$V_N \leq 10$ anni per le opere provvisorie, provvisionali e le strutture in fase costruttiva che però abbiano una durata di progetto ≥ 2 anni.

$V_N \geq 50$ anni per le opere ordinarie, ponti, infrastrutture e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.

$V_N \geq 100$ anni per grandi opere, ponti, infrastrutture e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica.

In esempio $V_N = 50$ anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Le NTC prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli. $C_U = 0.7$;

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti. $C_U = 1.0$;

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso. $CU = 1.5$;

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie, ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica. $CU = 2.0$;

In esempio viene presa in considerazione la **classe d'uso II** a cui è associato il coefficiente d'uso $CU = 1$.

Una volta ottenuti VN e CU, è possibile calcolare il periodo di riferimento VR, che ad esempio vale:

$$VR = 50 * 1 = 50 \text{ anni.}$$

STATI LIMITE, PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO E PERIODO DI RITORNO

Le NTC prendono in considerazione 4 possibili *stati limite* (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono *stati limite di esercizio* (SLE) e due sono *stati limite ultimi* (SLU). Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata.

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la

costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le NTC, in presenza di azioni sismiche, richiedono le verifiche allo SLO solo per gli elementi non strutturali e per gli impianti di strutture di classi d'uso III e IV. Lo SLO si utilizza anche come riferimento progettuale per quelle opere che devono restare operative durante e subito dopo il terremoto. Le verifiche allo SLC sono, invece, richieste solo per le costruzioni o ponti con isolamento e/o dissipazione.

Ad ogni stato limite è associata una *probabilità di superamento PVR*, ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento VR, si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di a_g prefissata (a_g = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/TR$ (TR = periodo di ritorno).

Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento VR

Stati limite			PVR
Stati limite di esercizio	Stato limite di operatività	SLO	81%
	Stato limite di danno	SLD	63%
Stati limite ultimi	Stato limite di salvaguardia della vita	SLV	10%
	Stato limite di prevenzione del collasso	SLC	5%

Fissati VR e PVR associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica TR, espresso in anni, mediante l'espressione riportata nell'Allegato A delle NTC08:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (3.1)$$

Tale relazione tra PVR (probabilità) e TR (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

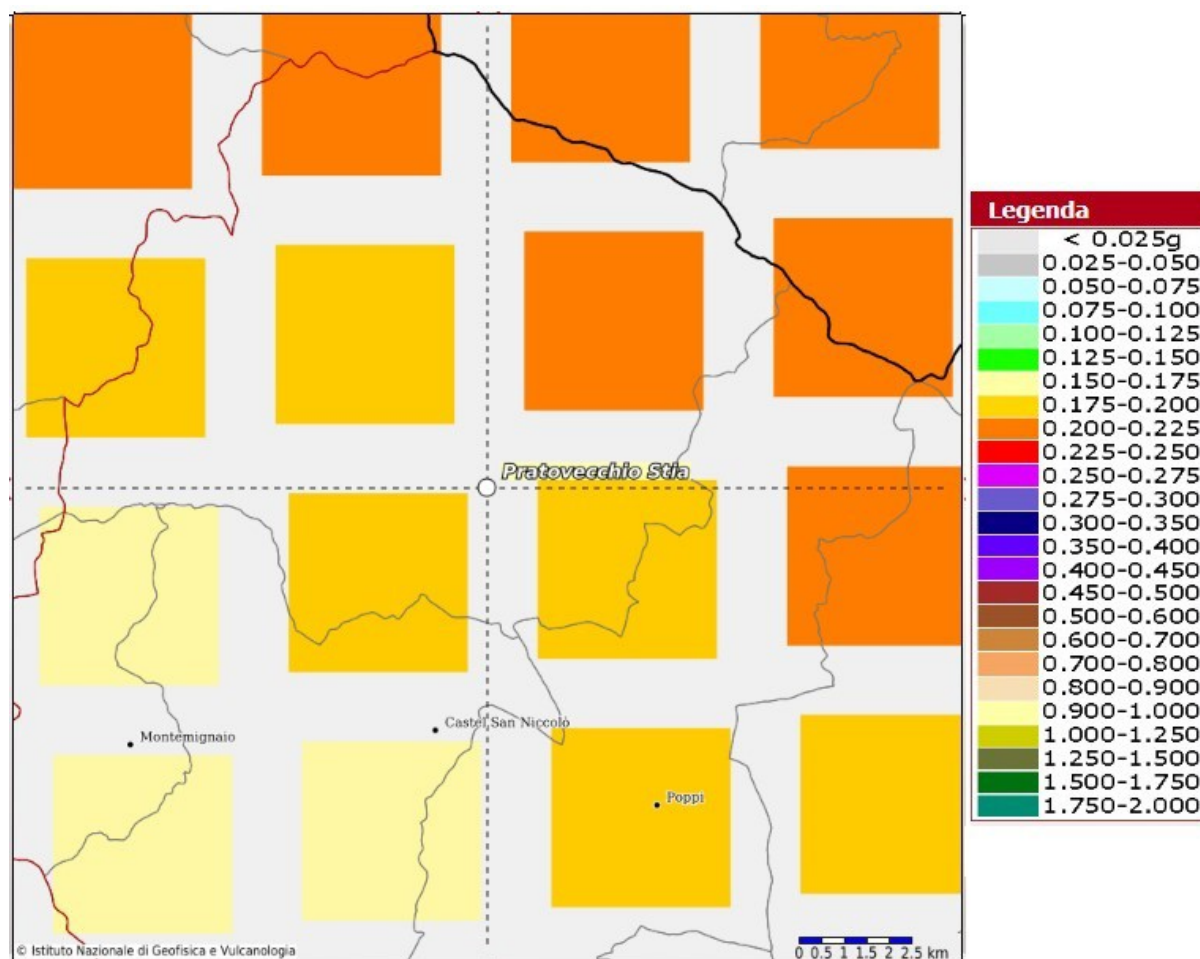
Poiché in esempio è **VR = 50 anni**, il tempo di ritorno TR sarà:

Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento VR

Stati limite			TR
Stati limite di esercizio	Stato limite di operatività	SLO	30
	Stato limite di danno	SLD	50
Stati limite ultimi	Stato limite di salvaguardia della vita	SLV	475
	Stato limite di prevenzione del collasso	SLC	975

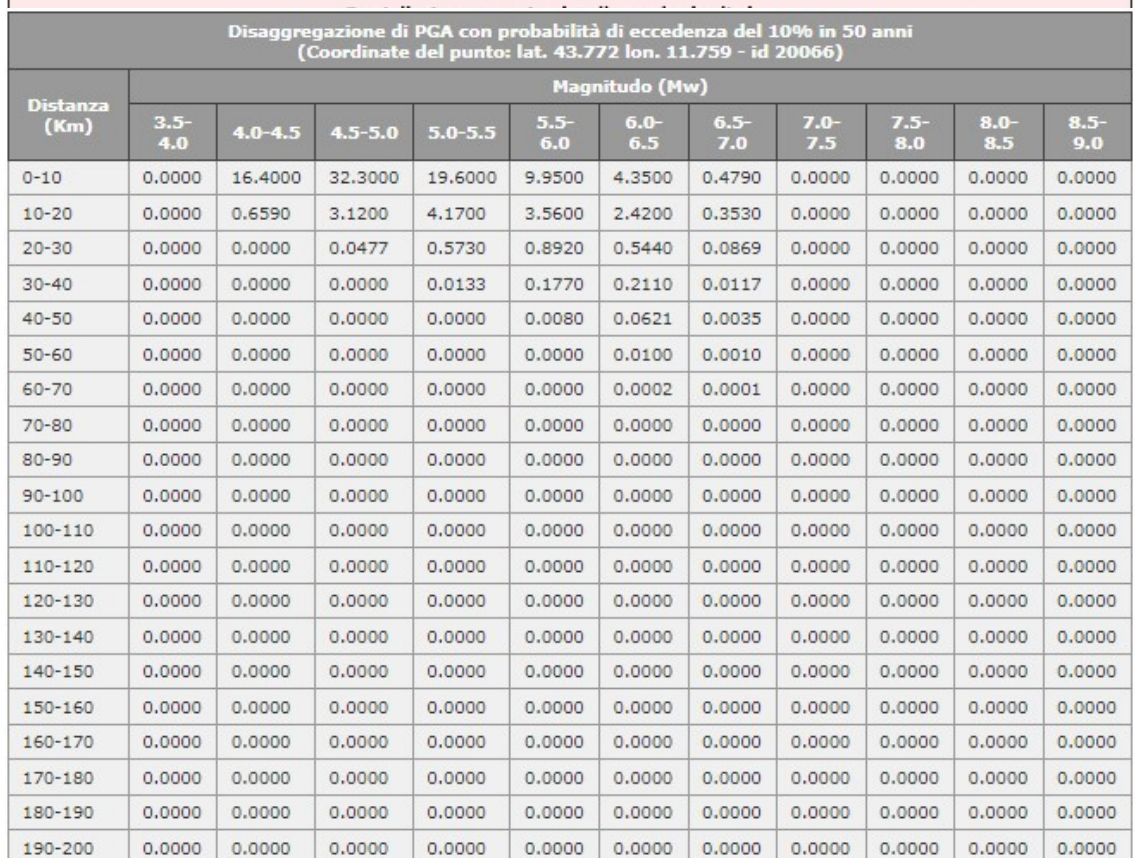
2.4 PERICOLOSITA' SISMICA

In termini generali la pericolosità sismica dell'area di intervento è valutabile facendo riferimento agli studi condotti dal “Gruppo di Lavoro MPS, 2004” nell’ambito della “Convenzione - Progetto “S1” DPC - INGV 2004-2006” i cui risultati sono stati promulgati mediante l’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006 (cfr. Mappa MPS04-S1).



Mappa di pericolosità sismica - Accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_s > 800$ m/s; cat.A) – da INGV

Questa informazione è riportata sia in forma grafica che in forma tabellare.



Questo tipo di analisi è utile nell'individuazione della sorgente sismogenetica che contribuisce maggiormente a produrre il valore di scuotimento stimato in termini probabilistici.

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.07	6.48	0.979

La Magnitudo media riferibile all'area di intervento è pari a 5,07.

Dove ϵ rappresenta il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento (logaritmico) devia dal valore mediano predetto da una data legge di attenuazione dati M ed R.

DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV <http://eskel-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica".

Secondo le NTC le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno TR (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'Allegato A alle NTC08:

a_g = accelerazione orizzontale massima;

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

a_g , il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

F_0 e T_c^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC08 scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti nella seguente tabella, contenuta nell'Allegato B delle NTC08, per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

ID	LON	LAT	TR = 30			TR = 50			TR = 72			TR = 101		
			a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*
13111	6.5448	45.1340	0.263	2.500	0.180	0.340	2.510	0.210	0.394	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13333	6.5506	45.0850	0.264	2.490	0.180	0.341	2.510	0.210	0.395	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13555	6.5564	45.0350	0.264	2.500	0.180	0.340	2.510	0.200	0.393	2.550	0.220	0.466	2.500	0.240
13777	6.5621	44.9850	0.263	2.500	0.180	0.338	2.520	0.200	0.391	2.550	0.220	0.462	2.510	0.240
12890	6.6096	45.1880	0.284	2.460	0.190	0.364	2.510	0.210	0.431	2.500	0.220	0.509	2.480	0.240
13112	6.6153	45.1390	0.286	2.460	0.190	0.366	2.510	0.210	0.433	2.500	0.220	0.511	2.480	0.240

13334	6.6210	45.0890	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.434	2.500	0.220	0.511	2.490	0.240
13556	6.6268	45.0390	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.433	2.510	0.220	0.510	2.490	0.240
13778	6.6325	44.9890	0.288	2.460	0.190	0.366	2.520	0.210	0.430	2.510	0.220	0.507	2.500	0.240
14000	6.6383	44.9390	0.286	2.470	0.190	0.363	2.520	0.210	0.426	2.520	0.220	0.502	2.500	0.240
14222	6.6439	44.8890	0.284	2.470	0.190	0.360	2.530	0.210	0.421	2.530	0.220	0.497	2.500	0.240
12891	6.6803	45.1920	0.306	2.430	0.200	0.389	2.500	0.210	0.467	2.470	0.230	0.544	2.490	0.230
10228	6.6826	45.7940	0.283	2.420	0.200	0.364	2.460	0.220	0.430	2.460	0.240	0.505	2.440	0.250
13113	6.6860	45.1430	0.309	2.430	0.200	0.391	2.510	0.210	0.470	2.470	0.230	0.546	2.490	0.230
10450	6.6885	45.7450	0.278	2.440	0.200	0.356	2.480	0.220	0.415	2.500	0.230	0.485	2.470	0.250
13335	6.6915	45.0930	0.310	2.430	0.200	0.392	2.510	0.210	0.470	2.480	0.230	0.546	2.500	0.230
10672	6.6942	45.6950	0.275	2.450	0.200	0.351	2.490	0.210	0.406	2.520	0.230	0.475	2.490	0.250
13557	6.6973	45.0430	0.311	2.440	0.200	0.392	2.520	0.210	0.469	2.480	0.230	0.545	2.500	0.230
13779	6.7029	44.9930	0.310	2.440	0.200	0.391	2.520	0.210	0.467	2.480	0.230	0.543	2.500	0.230

Stralcio della tabella contenuta nell'Allegato B delle NTC08, che fornisce i 3 parametri di pericolosità sismica, per diversi periodi di ritorno e per ogni nodo del reticolo che viene identificato da un ID e dalle coordinate geografiche.

Qualora la pericolosità sismica del sito sul reticolo di riferimento non consideri il periodo di ritorno T_R corrispondente alla VR e PVR fissate, il valore del generico parametro p ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione, a partire dai dati relativi ai tempi di ritorno previsti nella pericolosità di base, utilizzando la seguente espressione dell'Allegato A alle NTC08:

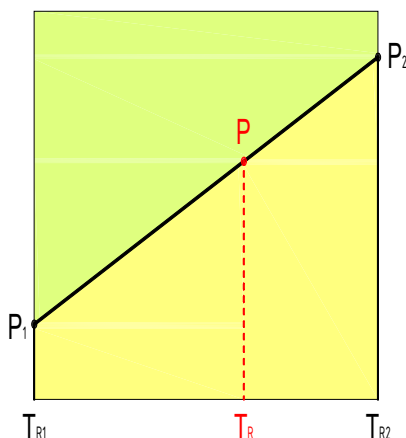
$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \times \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \times \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1} \quad (4.1)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (ag, Fo, TC^*) corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato, mentre $p_1, 2$ è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno $T_{R1}, 2$.

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando l'espressione dell'Allegato A alle NTC08:

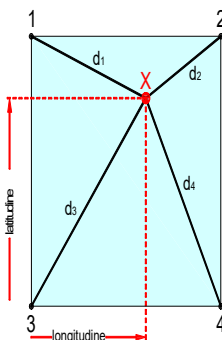
$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}} \quad (4.2)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (ag, Fo, TC^*) corrispondente al punto considerato, p_i è il valore di tale parametro nell' i -esimo vertice della maglia elementare contenente il punto in esame e d_i è la distanza del punto in esame dall' i -esimo vertice della suddetta maglia.



Interpolazione dei periodi di ritorno, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

La procedura per interpolare le coordinate geografiche è schematizzata nella figura che segue.



Interpolazione delle coordinate geografiche, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

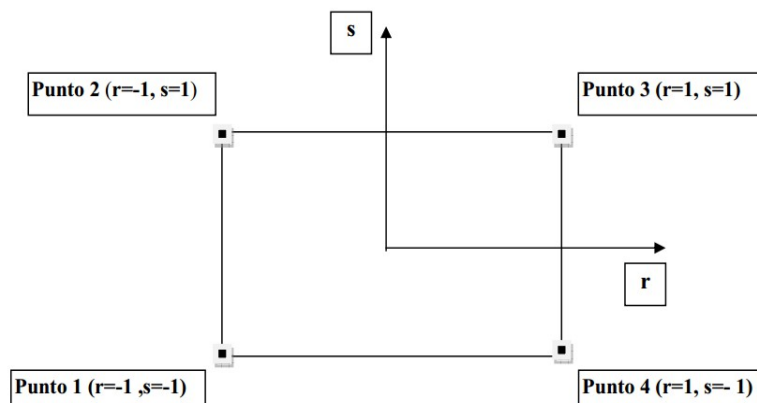
Pertanto per poter procedere all'interpolazione delle coordinate geografiche, in accordo alla procedura delle NTC08, bisogna calcolare le distanze che intercorrono tra i 4 punti del reticolo e il punto di interesse. Questo calcolo può essere eseguito approssimativamente utilizzando le formule della trigonometria sferica, che danno la distanza geodetica tra due punti, di cui siano note le coordinate geografiche. Utilizzando quindi il teorema di Eulero, la distanza d tra due punti, di cui siano note latitudine e longitudine, espresse però in radianti, si ottiene dall'espressione seguente:

$$d = R \cdot \arccos[\sin(lat\beta) \cdot \sin(lata) + \cos(lat\beta) \cdot \cos(lata) \cdot \cos(lon\alpha - lon\beta)] \quad (4.3)$$

dove $R = 6371$ è il raggio medio terrestre in km, mentre $lata$, $lon\alpha$, $lat\beta$ e $lon\beta$ sono la latitudine e la longitudine, espresse in radianti, di due punti A e B di cui si vuole calcolare la distanza.

La formula di interpolazione sopra proposta, semplice da usare, presenta però l'inconveniente di condurre a valori di pericolosità lievemente diversi per punti affacciati ma appartenenti a maglie contigue. La modestia delle differenze (scostamenti in termini di PGA dell'ordine di $\pm 0,01g$ ossia della precisione dei dati) a fronte della semplicità d'uso, rende tale stato di cose assolutamente accettabile.

Qualora si vogliano rappresentazioni continue della funzione interpolata, si dovrà ricorrere a metodi di interpolazione più complessi, ad esempio i polinomi di Lagrange.



Applicazione dell'interpolazione bilineare.

Definiti i 4 vertici di una generica maglia i polinomi di Lagrange sono così determinati:

$$h_1 = (1-r)(1-s)/4 \quad (4.4)$$

$$h_2 = (1-r)(1+s)/4 \quad (4.5)$$

$$h_3 = (1+r)(1+s)/4 \quad (4.6)$$

$$h_4 = (1+r)(1-s)/4 \quad (4.7)$$

Tra le coordinate x,y di un punto generico e le coordinate r, s dello stesso punto valgono le seguenti relazioni:

$$4x = \sum_{i=1}^4 h_i x_i = [(1-r)(1-s)x_1 + (1-r)(1+s)x_2 + (1+r)(1+s)x_3 + (1+r)(1-s)x_4] \quad (4.8)$$

$$4y = \sum_{i=1}^4 h_i y_i = [(1-r)(1-s)y_1 + (1-r)(1+s)y_2 + (1+r)(1+s)y_3 + (1+r)(1-s)y_4] \quad (4.9)$$

La soluzione del sistema di equazioni non lineari è ottenuta iterativamente e, tramite i valori di r ed s, si determinano i parametri a_g , F_0 , T_c^* dall'equazione:

$$4p = \sum_{i=1}^4 h_i p_i = [(1-r)(1-s)p_1 + (1-r)(1+s)p_2 + (1+r)(1+s)p_3 + (1+r)(1-s)p_4] \quad (4.10)$$

Dove p rappresenta il parametro cercato.

PERICOLOSITA' SISMICA DI SITO

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2).

COEFFICIENTI SISMICI

I coefficienti sismici orizzontale K_h e verticale K_v dipendono del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e del tipo di opera da calcolare. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno (TR) dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$TR = -VR / \ln(1-PVR)$$

Con VR vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso VR non può essere inferiore a 35 anni.

STABILITA' DEI PENDII DI FONDAZIONE

Nel caso di stabilità dei pendii i coefficienti K_h e K_v sono così determinati:

$$K_h = \beta_s \times (a_{max}/g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \times K_h$$

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

I valori di β_s sono riportati nella seguente tabella.

Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa al sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$a_{max} = SS \cdot ST \cdot a_g$

SS (effetto di amplificazione stratigrafica) ($0,90 \leq S_s \leq 1,80$) è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

ST (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche:

T1: $ST = 1,0$; T2: $ST = 1,20$; T3: $ST = 1,2$; T4: $ST = 1,40$.

2.5 VERIFICHE DI PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E DI SITO

Pratovecchio capoluogo

PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

Vita nominale (V_n):	50	[anni]
Classe d'uso:	II	
Coefficiente d'uso (C_u):	1	
Periodo di riferimento (V_r):	50	[anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO:	30	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLD:	50	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV:	475	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLC:	975	[anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto		
Latitudine (WGS84):	43.7876396	[°]
Longitudine (WGS84):	11.7213774	[°]
Latitudine (ED50):	43.7885933	[°]
Longitudine (ED50):	11.7223492	[°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	20065	43.771060	11.690100	3241.04
2	20066	43.772100	11.759290	3486.91

3	19844	43.822090	11.757860	4689.77
4	19843	43.821050	11.688650	4509.86

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.059	2.487	0.263
SLD	50	0.075	2.460	0.272
	72	0.090	2.424	0.273
	101	0.103	2.420	0.277
	140	0.117	2.409	0.284
	201	0.135	2.411	0.285
SLV	475	0.186	2.384	0.291
SLC	975	0.237	2.385	0.306
	2475	0.315	2.434	0.321

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.062	2.461	0.263
SLD	50	0.080	2.415	0.269
	72	0.094	2.417	0.274
	101	0.109	2.410	0.278
	140	0.125	2.400	0.281
	201	0.143	2.408	0.284
SLV	475	0.197	2.392	0.288
SLC	975	0.250	2.380	0.304
	2475	0.333	2.427	0.319

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.066	2.434	0.262
SLD	50	0.084	2.418	0.267
	72	0.099	2.419	0.272
	101	0.114	2.409	0.278
	140	0.131	2.392	0.280
	201	0.150	2.396	0.285
SLV	475	0.206	2.362	0.290
SLC	975	0.262	2.389	0.291
	2475	0.345	2.416	0.317

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.063	2.453	0.262
SLD	50	0.081	2.423	0.267
	72	0.095	2.420	0.273
	101	0.110	2.413	0.277
	140	0.127	2.393	0.280
	201	0.145	2.407	0.284
SLV	475	0.199	2.389	0.288
SLC	975	0.254	2.416	0.288
	2475	0.338	2.419	0.318

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.062	2.461	0.263
SLD	50	0.080	2.431	0.269
SLV	475	0.196	2.383	0.289
SLC	975	0.249	2.391	0.299

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.015	0.019	0.056	0.081
kv	0.007	0.010	0.028	0.040
amax [m/s ²]	0.733	0.939	2.307	2.835
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.045	0.089	--
kv	--	0.023	0.045	--
amax [m/s ²]	0.733	0.939	2.307	2.835
Beta	--	0.470	0.380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.045	0.089	--
kv	--	0.023	0.045	--
amax [m/s ²]	0.733	0.939	2.307	2.835
Beta	--	0.470	0.380	--

Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H):

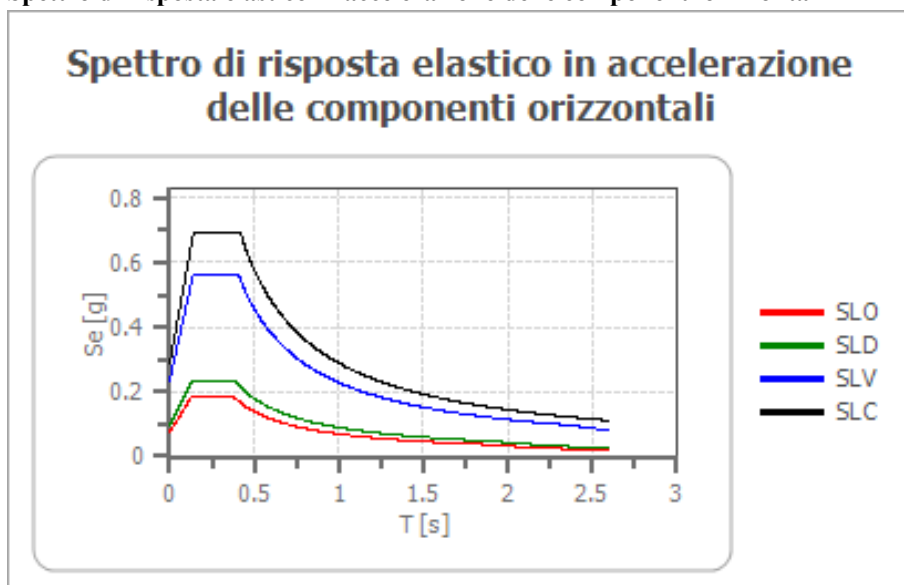
3,0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.058	0.074	0.183	0.224
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0.733	0.939	2.307	2.835
Beta	0.776	0.776	0.776	0.776

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sc(0) [g]	Sc(TB) [g]
SLO	1.0	0.062	2.461	0.263	1.200	1.440	1.000	1.200	1.000	0.126	0.378	1.849	0.075	0.184
SLD	1.0	0.080	2.431	0.269	1.200	1.430	1.000	1.200	1.000	0.128	0.385	1.919	0.096	0.233
SLV	1.0	0.196	2.383	0.289	1.200	1.410	1.000	1.200	1.000	0.136	0.408	2.384	0.235	0.560

SLC	1.0	0.249	2.391	0.299	1.160	1.400	1.000	1.160	1.000	0.139	0.418	2.597	0.289	0.691
-----	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

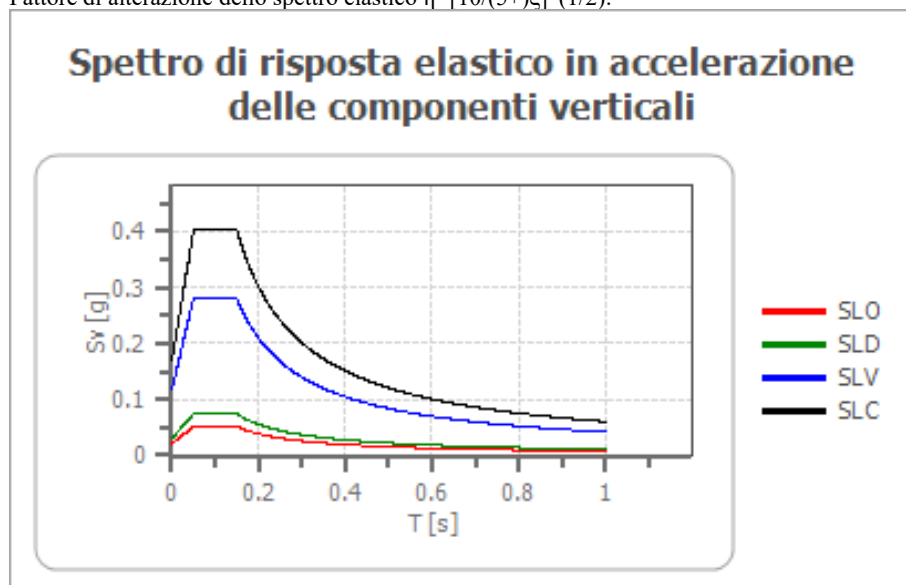
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ :

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{1/2}$:

1,000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.062	2.461	0.263	1	1.440	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.021	0.052
SLD	1.0	0.080	2.431	0.269	1	1.430	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.030	0.074
SLV	1.0	0.196	2.383	0.289	1	1.410	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.117	0.279
SLC	1.0	0.249	2.391	0.299	1	1.400	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.168	0.402

Stia Capoluogo

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Vita nominale (Vn): 50 [anni]
 Classe d'uso: II
 Coefficiente d'uso (Cu): 1
 Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto
 Latitudine (WGS84): 43.7986374 [°]
 Longitudine (WGS84): 11.7086039 [°]
 Latitudine (ED50): 43.7995911 [°]
 Longitudine (ED50): 11.7095766 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	19843	43.821050	11.688650	2917.88
2	19844	43.822090	11.757860	4611.90
3	20066	43.772100	11.759290	5026.87
4	20065	43.771060	11.690100	3536.76

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.063	2.453	0.262
SLD	50	0.081	2.423	0.267
	72	0.095	2.420	0.273
	101	0.110	2.413	0.277
	140	0.127	2.393	0.280
	201	0.145	2.407	0.284
SLV	475	0.199	2.389	0.288
SLC	975	0.254	2.416	0.288
	2475	0.338	2.419	0.318

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.066	2.434	0.262
SLD	50	0.084	2.418	0.267
	72	0.099	2.419	0.272
	101	0.114	2.409	0.278
	140	0.131	2.392	0.280
	201	0.150	2.396	0.285
SLV	475	0.206	2.362	0.290
SLC	975	0.262	2.389	0.291
	2475	0.345	2.416	0.317

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.062	2.461	0.263
SLD	50	0.080	2.415	0.269
	72	0.094	2.417	0.274
	101	0.109	2.410	0.278
	140	0.125	2.400	0.281
	201	0.143	2.408	0.284
SLV	475	0.197	2.392	0.288
SLC	975	0.250	2.380	0.304
	2475	0.333	2.427	0.319

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.059	2.487	0.263
SLD	50	0.075	2.460	0.272
	72	0.090	2.424	0.273
	101	0.103	2.420	0.277
	140	0.117	2.409	0.284
	201	0.135	2.411	0.285
SLV	475	0.186	2.384	0.291
SLC	975	0.237	2.385	0.306
	2475	0.315	2.434	0.321

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.062	2.460	0.262
SLD	50	0.080	2.430	0.269
SLV	475	0.197	2.383	0.289
SLC	975	0.250	2.395	0.297

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %
 Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000
 Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1: Superficie piana, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.015	0.019	0.057	0.081
kv	0.007	0.010	0.028	0.041
amax [m/s ²]	0.735	0.942	2.314	2.844
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.045	0.090	--
kv	--	0.023	0.045	--
amax [m/s ²]	0.735	0.942	2.314	2.844
Beta	--	0.470	0.380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.045	0.090	--
kv	--	0.023	0.045	--
amax [m/s ²]	0.735	0.942	2.314	2.844
Beta	--	0.470	0.380	--

Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H):

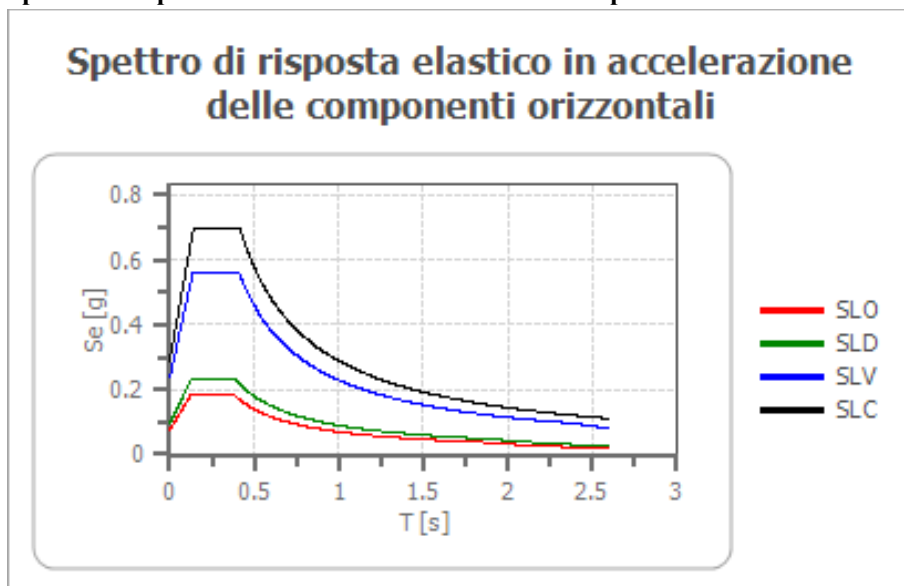
3,0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.058	0.075	0.183	0.225
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0.735	0.942	2.314	2.844
Beta	0.776	0.776	0.776	0.776

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.062	2.460	0.262	1.200	1.440	1.000	1.200	1.000	0.126	0.378	1.850	0.075	0.184
SLD	1.0	0.080	2.430	0.269	1.200	1.430	1.000	1.200	1.000	0.128	0.385	1.920	0.096	0.233
SLV	1.0	0.197	2.383	0.289	1.200	1.410	1.000	1.200	1.000	0.136	0.408	2.387	0.236	0.562
SLC	1.0	0.250	2.395	0.297	1.160	1.400	1.000	1.160	1.000	0.139	0.416	2.600	0.290	0.695

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

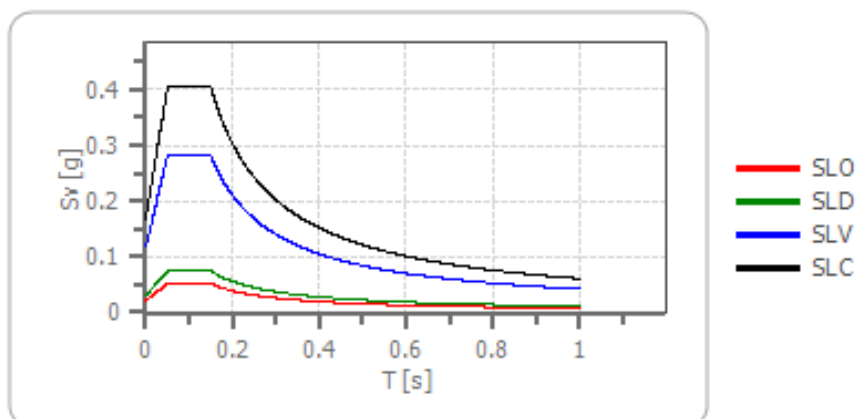
Coefficiente di smorzamento viscoso ξ:

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$:

1,000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.062	2.460	0.262	1	1.440	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.021	0.052
SLD	1.0	0.080	2.430	0.269	1	1.430	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.031	0.074
SLV	1.0	0.197	2.383	0.289	1	1.410	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.118	0.281
SLC	1.0	0.250	2.395	0.297	1	1.400	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.169	0.404

Pratovecchio zona industriale

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Vita nominale (Vn):	50	[anni]
Classe d'uso:	II	
Coefficiente d'uso (Cu):	1	
Periodo di riferimento (Vr):	50	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLO:	30	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLD:	50	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV:	475	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLC:	975	[anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto		
Latitudine (WGS84):	43.7808228	[°]
Longitudine (WGS84):	11.7242680	[°]
Latitudine (ED50):	43.7817764	[°]
Longitudine (ED50):	11.7252407	[°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	20065	43.771060	11.690100	3062.70
2	20066	43.772100	11.759290	2937.90
3	19844	43.822090	11.757860	5191.01
4	19843	43.821050	11.688650	5262.44

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.059	2.487	0.263
SLD	50	0.075	2.460	0.272

	72	0.090	2.424	0.273
	101	0.103	2.420	0.277
	140	0.117	2.409	0.284
	201	0.135	2.411	0.285
SLV	475	0.186	2.384	0.291
SLC	975	0.237	2.385	0.306
	2475	0.315	2.434	0.321

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.062	2.461	0.263
SLD	50	0.080	2.415	0.269
	72	0.094	2.417	0.274
	101	0.109	2.410	0.278
	140	0.125	2.400	0.281
	201	0.143	2.408	0.284
SLV	475	0.197	2.392	0.288
SLC	975	0.250	2.380	0.304
	2475	0.333	2.427	0.319

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.066	2.434	0.262
SLD	50	0.084	2.418	0.267
	72	0.099	2.419	0.272
	101	0.114	2.409	0.278
	140	0.131	2.392	0.280
	201	0.150	2.396	0.285
SLV	475	0.206	2.362	0.290
SLC	975	0.262	2.389	0.291
	2475	0.345	2.416	0.317

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.063	2.453	0.262
SLD	50	0.081	2.423	0.267
	72	0.095	2.420	0.273
	101	0.110	2.413	0.277
	140	0.127	2.393	0.280
	201	0.145	2.407	0.284
SLV	475	0.199	2.389	0.288
SLC	975	0.254	2.416	0.288
	2475	0.338	2.419	0.318

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.062	2.463	0.263
SLD	50	0.080	2.431	0.269
SLV	475	0.196	2.383	0.289
SLC	975	0.249	2.390	0.300

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.015	0.019	0.056	0.081

kv	0.007	0.010	0.028	0.040
amax [m/s ²]	0.731	0.937	2.302	2.828
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.045	0.089	--
kv	--	0.022	0.045	--
amax [m/s ²]	0.731	0.937	2.302	2.828
Beta	--	0.470	0.380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.045	0.089	--
kv	--	0.022	0.045	--
amax [m/s ²]	0.731	0.937	2.302	2.828
Beta	--	0.470	0.380	--

Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H):

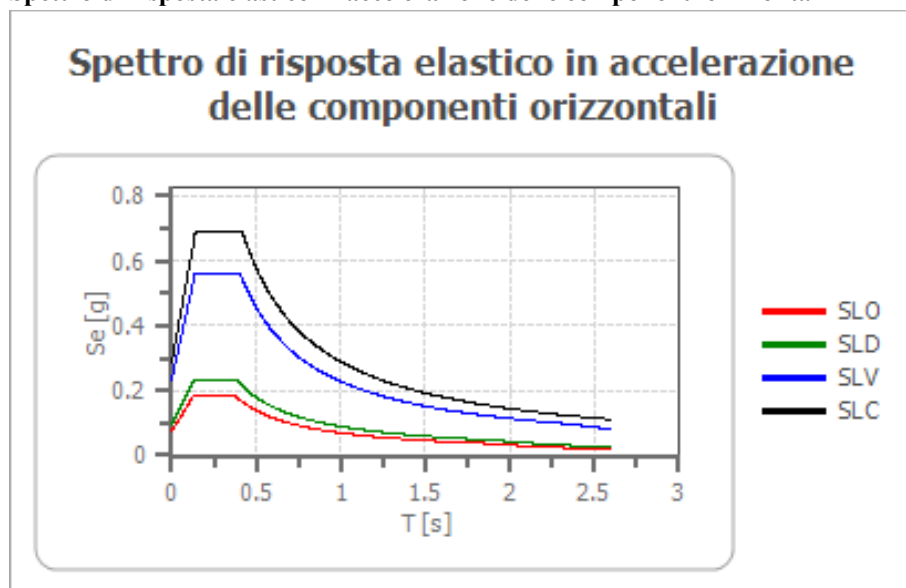
3,0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.058	0.074	0.182	0.224
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0.731	0.937	2.302	2.828
Beta	0.776	0.776	0.776	0.776

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag	F0	Tc*	Ss	Cc	St	S	η	TB	TC	TD	Se(0)	Se(TB)
		[g]	[-]	[s]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[s]	[s]	[s]	[g]	[g]
SLO	1.0	0.062	2.463	0.263	1.200	1.440	1.000	1.200	1.000	0.126	0.378	1.849	0.075	0.184
SLD	1.0	0.080	2.431	0.269	1.200	1.430	1.000	1.200	1.000	0.128	0.385	1.918	0.096	0.232
SLV	1.0	0.196	2.383	0.289	1.200	1.410	1.000	1.200	1.000	0.136	0.408	2.382	0.235	0.559
SLC	1.0	0.249	2.390	0.300	1.160	1.400	1.000	1.160	1.000	0.140	0.419	2.595	0.288	0.689

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

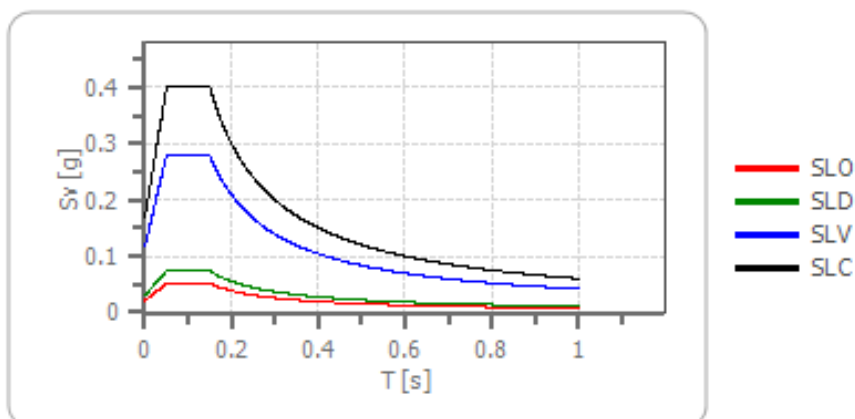
Coefficiente di smorzamento viscoso ξ :

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$:

1,000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.062	2.463	0.263	1	1.440	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.021	0.052
SLD	1.0	0.080	2.431	0.269	1	1.430	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.030	0.074
SLV	1.0	0.196	2.383	0.289	1	1.410	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.117	0.278
SLC	1.0	0.249	2.390	0.300	1	1.400	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.167	0.400

Casalino

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Vita nominale (Vn): 50 [anni]
 Classe d'uso: II
 Coefficiente d'uso (Cu): 1
 Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto
 Latitudine (WGS84): 43.7958107 [°]
 Longitudine (WGS84): 11.7576723 [°]
 Latitudine (ED50): 43.7967644 [°]
 Longitudine (ED50): 11.7586441 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	20066	43.772100	11.759290	2742.96
2	20067	43.773100	11.828500	6194.43
3	19845	43.823100	11.827130	6227.09
4	19844	43.822090	11.757860	2816.87

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
--------------	--------------	-----------	-----------	------------

SLO	30	0.062	2.461	0.263
SLD	50	0.080	2.415	0.269
	72	0.094	2.417	0.274
	101	0.109	2.410	0.278
	140	0.125	2.400	0.281
	201	0.143	2.408	0.284
SLV	475	0.197	2.392	0.288
SLC	975	0.250	2.380	0.304
	2475	0.333	2.427	0.319

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.065	2.439	0.263
SLD	50	0.084	2.417	0.268
	72	0.098	2.413	0.274
	101	0.113	2.403	0.278
	140	0.130	2.400	0.280
	201	0.149	2.394	0.285
SLV	475	0.205	2.367	0.290
SLC	975	0.259	2.399	0.291
	2475	0.343	2.416	0.317

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.068	2.420	0.263
SLD	50	0.087	2.404	0.269
	72	0.101	2.415	0.272
	101	0.117	2.403	0.279
	140	0.133	2.390	0.282
	201	0.153	2.390	0.286
SLV	475	0.211	2.350	0.292
SLC	975	0.265	2.382	0.295
	2475	0.347	2.436	0.319

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.066	2.434	0.262
SLD	50	0.084	2.418	0.267
	72	0.099	2.419	0.272
	101	0.114	2.409	0.278
	140	0.131	2.392	0.280
	201	0.150	2.396	0.285
SLV	475	0.206	2.362	0.290
SLC	975	0.262	2.389	0.291
	2475	0.345	2.416	0.317

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.065	2.442	0.263
SLD	50	0.083	2.415	0.268
SLV	475	0.203	2.371	0.290
SLC	975	0.258	2.386	0.296

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %
Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000
Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T2 – Pendii con inclinazione media maggiore di 15°

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.019	0.024	0.082	0.100
kv	0.009	0.012	0.041	0.050
amax [m/s ²]	0.914	1.175	2.871	3.486
Beta	0.200	0.200	0.280	0.280

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.056	0.111	--
kv	--	0.028	0.056	--
amax [m/s ²]	0.914	1.175	2.871	3.486
Beta	--	0.470	0.380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.056	0.111	--
kv	--	0.028	0.056	--
amax [m/s ²]	0.914	1.175	2.871	3.486
Beta	--	0.470	0.380	--

Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H):

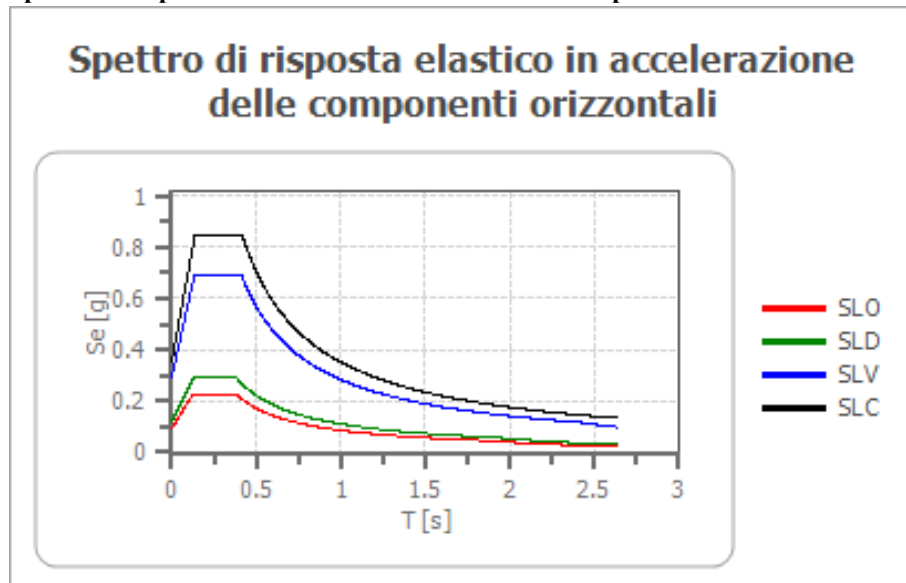
3,0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.072	0.093	0.227	0.276
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0.914	1.175	2.871	3.486
Beta	0.776	0.776	0.776	0.776

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.065	2.442	0.263	1.200	1.440	1.200	1.440	1.000	0.126	0.378	1.859	0.093	0.228
SLD	1.0	0.083	2.415	0.268	1.200	1.430	1.200	1.440	1.000	0.128	0.384	1.933	0.120	0.289
SLV	1.0	0.203	2.371	0.290	1.200	1.410	1.200	1.440	1.000	0.136	0.409	2.413	0.293	0.694
SLC	1.0	0.258	2.386	0.296	1.150	1.400	1.200	1.380	1.000	0.138	0.415	2.630	0.355	0.848

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

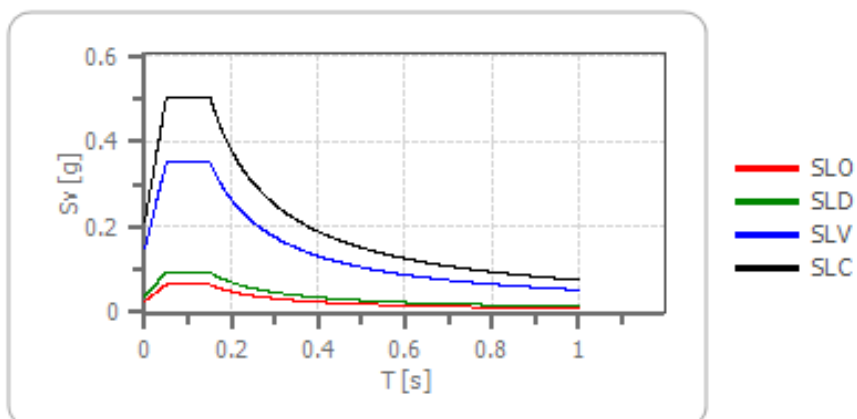
Coefficiente di smorzamento viscoso ξ:

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$:

1,000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.065	2.442	0.263	1	1.440	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.027	0.065
SLD	1.0	0.083	2.415	0.268	1	1.430	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.039	0.094
SLV	1.0	0.203	2.371	0.290	1	1.410	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.148	0.352
SLC	1.0	0.258	2.386	0.296	1	1.400	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.212	0.505

Lonnano

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Vita nominale (Vn): 50 [anni]
 Classe d'uso: II
 Coefficiente d'uso (Cu): 1
 Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto
 Latitudine (WGS84): 43.8014946 [°]
 Longitudine (WGS84): 11.7470617 [°]
 Latitudine (ED50): 43.8024483 [°]
 Longitudine (ED50): 11.7480345 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	19843	43.821050	11.688650	5194.61
2	19844	43.822090	11.757860	2322.09
3	20066	43.772100	11.759290	3493.36
4	20065	43.771060	11.690100	5814.56

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
--------------	--------------	-----------	-----------	------------

SLO	30	0.063	2.453	0.262
SLD	50	0.081	2.423	0.267
	72	0.095	2.420	0.273
	101	0.110	2.413	0.277
	140	0.127	2.393	0.280
	201	0.145	2.407	0.284
SLV	475	0.199	2.389	0.288
SLC	975	0.254	2.416	0.288
	2475	0.338	2.419	0.318

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.066	2.434	0.262
SLD	50	0.084	2.418	0.267
	72	0.099	2.419	0.272
	101	0.114	2.409	0.278
	140	0.131	2.392	0.280
	201	0.150	2.396	0.285
SLV	475	0.206	2.362	0.290
SLC	975	0.262	2.389	0.291
	2475	0.345	2.416	0.317

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.062	2.461	0.263
SLD	50	0.080	2.415	0.269
	72	0.094	2.417	0.274
	101	0.109	2.410	0.278
	140	0.125	2.400	0.281
	201	0.143	2.408	0.284
SLV	475	0.197	2.392	0.288
SLC	975	0.250	2.380	0.304
	2475	0.333	2.427	0.319

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.059	2.487	0.263
SLD	50	0.075	2.460	0.272
	72	0.090	2.424	0.273
	101	0.103	2.420	0.277
	140	0.117	2.409	0.284
	201	0.135	2.411	0.285
SLV	475	0.186	2.384	0.291
SLC	975	0.237	2.385	0.306
	2475	0.315	2.434	0.321

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.063	2.453	0.263
SLD	50	0.081	2.425	0.269
SLV	475	0.199	2.378	0.289
SLC	975	0.253	2.391	0.297

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %
Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000
Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T2 – Pendii con inclinazione media maggiore di 15°

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.018	0.023	0.069	0.099
kv	0.009	0.012	0.034	0.049
amax [m/s ²]	0.894	1.148	2.814	3.456
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.055	0.109	--
kv	--	0.028	0.055	--
amax [m/s ²]	0.894	1.148	2.814	3.456
Beta	--	0.470	0.380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.055	0.109	--
kv	--	0.028	0.055	--
amax [m/s ²]	0.894	1.148	2.814	3.456
Beta	--	0.470	0.380	--

Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H):

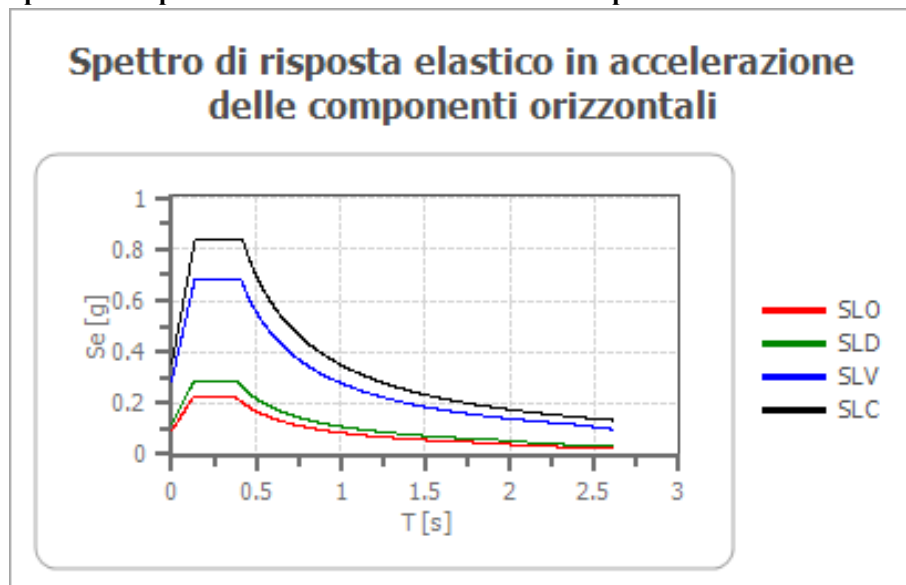
3,0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.071	0.091	0.223	0.273
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0.894	1.148	2.814	3.456
Beta	0.776	0.776	0.776	0.776

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.063	2.453	0.263	1.200	1.440	1.200	1.440	1.000	0.126	0.378	1.853	0.091	0.224
SLD	1.0	0.081	2.425	0.269	1.200	1.430	1.200	1.440	1.000	0.128	0.384	1.925	0.117	0.284
SLV	1.0	0.199	2.378	0.289	1.200	1.410	1.200	1.440	1.000	0.136	0.408	2.397	0.287	0.682
SLC	1.0	0.253	2.391	0.297	1.160	1.400	1.200	1.392	1.000	0.138	0.415	2.613	0.352	0.842

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

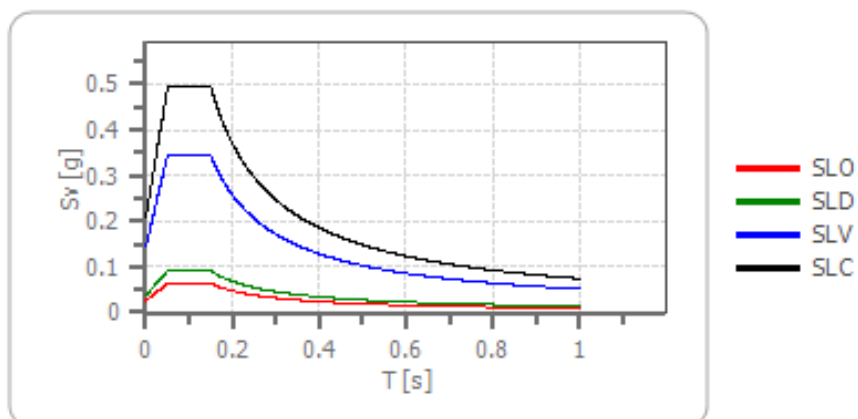
Coefficiente di smorzamento viscoso ξ:

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$:

1,000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.063	2.453	0.263	1	1.440	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.026	0.063
SLD	1.0	0.081	2.425	0.269	1	1.430	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.038	0.091
SLV	1.0	0.199	2.378	0.289	1	1.410	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.144	0.343
SLC	1.0	0.253	2.391	0.297	1	1.400	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.206	0.493

Papiano

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Vita nominale (Vn):	50	[anni]
Classe d'uso:	II	
Coefficiente d'uso (Cu):	1	
Periodo di riferimento (Vr):	50	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLO:	30	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLD:	50	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV:	475	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLC:	975	[anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84):	43.8169632	[°]
Longitudine (WGS84):	11.7127514	[°]
Latitudine (ED50):	43.8179169	[°]
Longitudine (ED50):	11.7137241	[°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	19843	43.821050	11.688650	2041.65
2	19844	43.822090	11.757860	3571.26
3	20066	43.772100	11.759290	6271.36
4	20065	43.771060	11.690100	5544.51

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.063	2.453	0.262
SLD	50	0.081	2.423	0.267

	72	0.095	2.420	0.273
	101	0.110	2.413	0.277
	140	0.127	2.393	0.280
	201	0.145	2.407	0.284
SLV	475	0.199	2.389	0.288
SLC	975	0.254	2.416	0.288
	2475	0.338	2.419	0.318

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.066	2.434	0.262
SLD	50	0.084	2.418	0.267
	72	0.099	2.419	0.272
	101	0.114	2.409	0.278
	140	0.131	2.392	0.280
	201	0.150	2.396	0.285
SLV	475	0.206	2.362	0.290
SLC	975	0.262	2.389	0.291
	2475	0.345	2.416	0.317

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.062	2.461	0.263
SLD	50	0.080	2.415	0.269
	72	0.094	2.417	0.274
	101	0.109	2.410	0.278
	140	0.125	2.400	0.281
	201	0.143	2.408	0.284
SLV	475	0.197	2.392	0.288
SLC	975	0.250	2.380	0.304
	2475	0.333	2.427	0.319

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.059	2.487	0.263
SLD	50	0.075	2.460	0.272
	72	0.090	2.424	0.273
	101	0.103	2.420	0.277
	140	0.117	2.409	0.284
	201	0.135	2.411	0.285
SLV	475	0.186	2.384	0.291
SLC	975	0.237	2.385	0.306
	2475	0.315	2.434	0.321

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.063	2.455	0.262
SLD	50	0.081	2.427	0.268
SLV	475	0.199	2.382	0.289
SLC	975	0.252	2.399	0.294

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %
Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000
Categoria sottosuolo: E
Categoria topografica: T2: Pendii con inclinazione media maggiore di 15°

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.024	0.031	0.085	0.113

kv	0.012	0.016	0.042	0.056
amax [m/s ²]	1.187	1.524	3.458	3.951
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.073	0.134	--
kv	--	0.037	0.067	--
amax [m/s ²]	1.187	1.524	3.458	3.951
Beta	--	0.470	0.380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.073	0.134	--
kv	--	0.037	0.067	--
amax [m/s ²]	1.187	1.524	3.458	3.951
Beta	--	0.470	0.380	--

Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H):

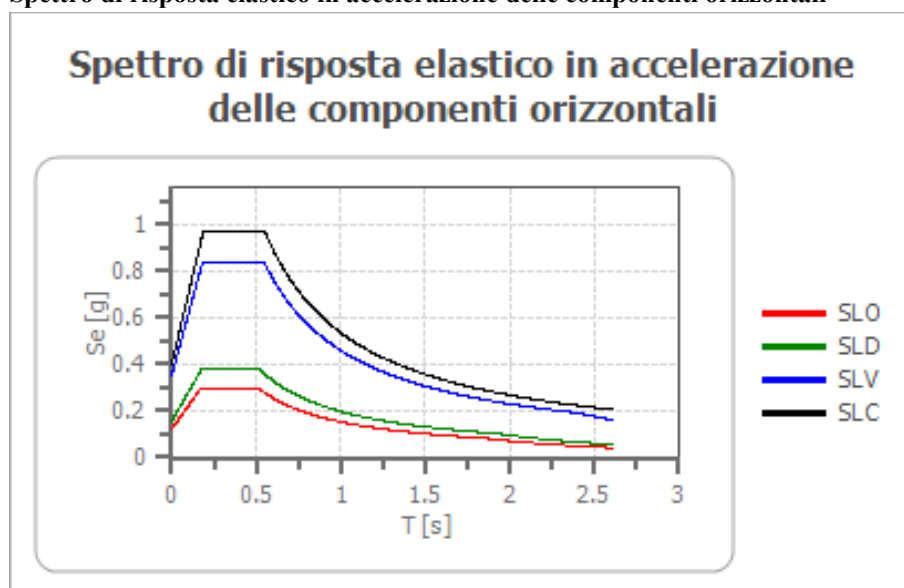
3,0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.094	0.121	0.274	0.313
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	1.187	1.524	3.458	3.951
Beta	0.776	0.776	0.776	0.776

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.063	2.455	0.262	1.600	1.960	1.200	1.920	1.000	0.171	0.514	1.852	0.121	0.297
SLD	1.0	0.081	2.427	0.268	1.600	1.950	1.200	1.920	1.000	0.174	0.523	1.924	0.155	0.377
SLV	1.0	0.199	2.382	0.289	1.480	1.890	1.200	1.776	1.000	0.182	0.546	2.394	0.353	0.840
SLC	1.0	0.252	2.399	0.294	1.330	1.880	1.200	1.596	1.000	0.184	0.553	2.610	0.403	0.966

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

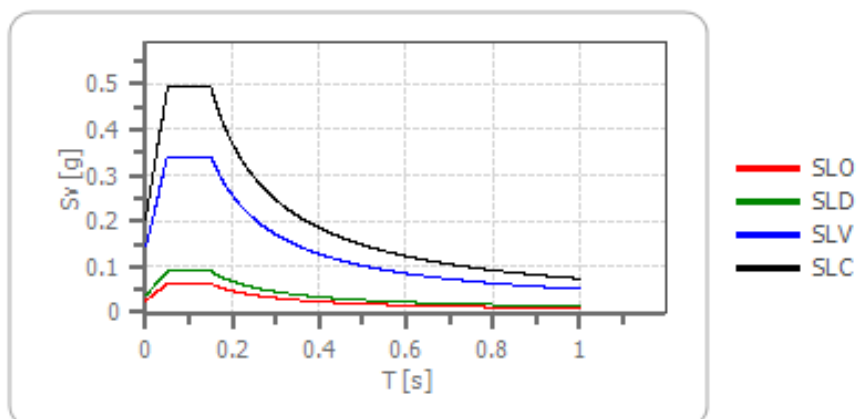
Coefficiente di smorzamento viscoso ξ:

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$:

1,000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.063	2.455	0.262	1	1.960	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.026	0.063
SLD	1.0	0.081	2.427	0.268	1	1.950	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.037	0.090
SLV	1.0	0.199	2.382	0.289	1	1.890	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.143	0.341
SLC	1.0	0.252	2.399	0.294	1	1.880	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.205	0.493

Gualdo

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Vita nominale (Vn):	50	[anni]
Classe d'uso:	II	
Coefficiente d'uso (Cu):	1	
Periodo di riferimento (Vr):	50	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLO:	30	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLD:	50	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV:	475	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLC:	975	[anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84):	43.7984505	[°]
Longitudine (WGS84):	11.6105690	[°]
Latitudine (ED50):	43.7994041	[°]
Longitudine (ED50):	11.6115446	[°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	19841	43.818840	11.550090	5384.12
2	19842	43.819970	11.619370	2371.51
3	20064	43.769980	11.620880	3356.51
4	20063	43.768850	11.551700	5884.07

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.058	2.493	0.261
SLD	50	0.072	2.468	0.271

	72	0.086	2.431	0.275
	101	0.099	2.431	0.277
	140	0.113	2.416	0.283
	201	0.131	2.399	0.286
SLV	475	0.178	2.383	0.292
SLC	975	0.227	2.368	0.308
	2475	0.303	2.417	0.317

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.060	2.481	0.262
SLD	50	0.077	2.443	0.271
	72	0.091	2.425	0.272
	101	0.105	2.421	0.276
	140	0.121	2.390	0.282
	201	0.138	2.412	0.284
SLV	475	0.190	2.394	0.288
SLC	975	0.242	2.385	0.304
	2475	0.323	2.429	0.321

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.057	2.499	0.261
SLD	50	0.071	2.479	0.272
	72	0.082	2.489	0.278
	101	0.097	2.424	0.279
	140	0.110	2.416	0.284
	201	0.127	2.397	0.289
SLV	475	0.173	2.377	0.294
SLC	975	0.220	2.383	0.297
	2475	0.292	2.400	0.318

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.054	2.511	0.258
SLD	50	0.066	2.512	0.271
	72	0.076	2.514	0.278
	101	0.087	2.503	0.284
	140	0.101	2.459	0.285
	201	0.118	2.409	0.291
SLV	475	0.158	2.405	0.299
SLC	975	0.200	2.394	0.311
	2475	0.265	2.434	0.319

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.058	2.493	0.261
SLD	50	0.073	2.468	0.271
SLV	475	0.178	2.389	0.292
SLC	975	0.227	2.383	0.304

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %
Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000
Categoria sottosuolo: E
Categoria topografica: T2-Pendii con inclinazione media maggiore a 15°

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.022	0.028	0.079	0.107

kv	0.011	0.014	0.039	0.054
amax [m/s ²]	1.087	1.367	3.213	3.764
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.066	0.124	--
kv	--	0.033	0.062	--
amax [m/s ²]	1.087	1.367	3.213	3.764
Beta	--	0.470	0.380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.066	0.124	--
kv	--	0.033	0.062	--
amax [m/s ²]	1.087	1.367	3.213	3.764
Beta	--	0.470	0.380	--

Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H):

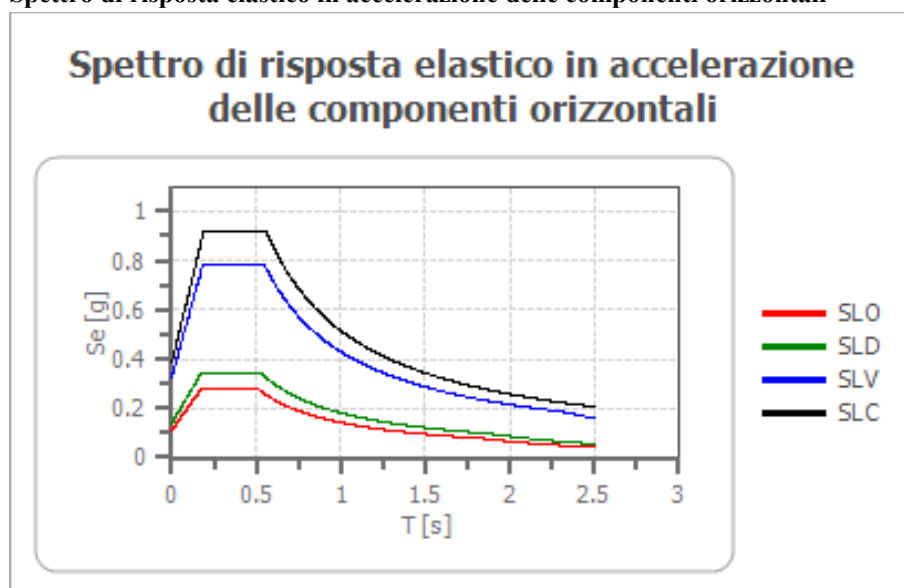
3,0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.086	0.108	0.254	0.298
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	1.087	1.367	3.213	3.764
Beta	0.776	0.776	0.776	0.776

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.058	2.493	0.261	1.600	1.970	1.200	1.920	1.000	0.171	0.514	1.831	0.111	0.276
SLD	1.0	0.073	2.468	0.271	1.600	1.940	1.200	1.920	1.000	0.176	0.527	1.890	0.139	0.344
SLV	1.0	0.178	2.389	0.292	1.530	1.880	1.200	1.836	1.000	0.183	0.549	2.314	0.328	0.783
SLC	1.0	0.227	2.383	0.304	1.410	1.850	1.200	1.692	1.000	0.188	0.563	2.507	0.384	0.915

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

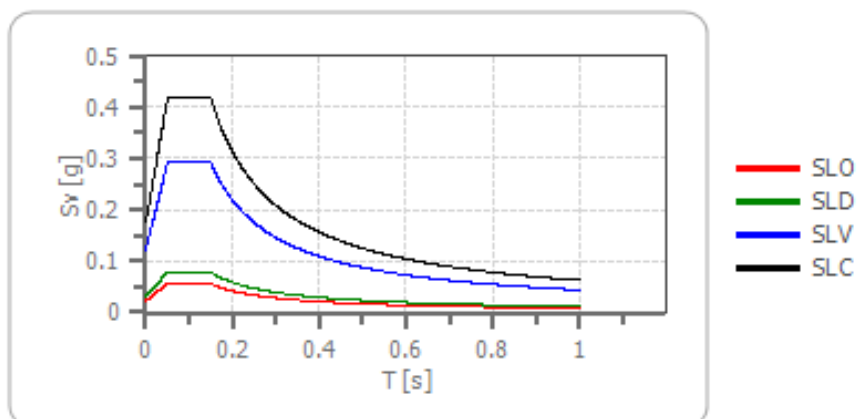
Coefficiente di smorzamento viscoso ξ:

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$:

1,000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.058	2.493	0.261	1	1.970	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.022	0.056
SLD	1.0	0.073	2.468	0.271	1	1.940	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.032	0.078
SLV	1.0	0.178	2.389	0.292	1	1.880	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.122	0.292
SLC	1.0	0.227	2.383	0.304	1	1.850	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.175	0.417

Tartiglia

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Vita nominale (Vn):	50	[anni]
Classe d'uso:	II	
Coefficiente d'uso (Cu):	1	
Periodo di riferimento (Vr):	50	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLO:	30	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLD:	50	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV:	475	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLC:	975	[anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84):	43.7700157	[°]
Longitudine (WGS84):	11.6884928	[°]
Latitudine (ED50):	43.7709694	[°]
Longitudine (ED50):	11.6894665	[°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	20064	43.769980	11.620880	5508.27
2	20065	43.771060	11.690100	51.86
3	20287	43.721070	11.691580	5551.31
4	20286	43.719980	11.622470	7817.36

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.057	2.499	0.261
SLD	50	0.071	2.479	0.272

	72	0.082	2.489	0.278
	101	0.097	2.424	0.279
	140	0.110	2.416	0.284
	201	0.127	2.397	0.289
SLV	475	0.173	2.377	0.294
SLC	975	0.220	2.383	0.297
	2475	0.292	2.400	0.318

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.059	2.487	0.263
SLD	50	0.075	2.460	0.272
	72	0.090	2.424	0.273
	101	0.103	2.420	0.277
	140	0.117	2.409	0.284
	201	0.135	2.411	0.285
SLV	475	0.186	2.384	0.291
SLC	975	0.237	2.385	0.306
	2475	0.315	2.434	0.321

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.056	2.504	0.261
SLD	50	0.069	2.491	0.273
	72	0.080	2.507	0.280
	101	0.093	2.460	0.284
	140	0.108	2.416	0.286
	201	0.123	2.411	0.291
SLV	475	0.167	2.385	0.297
SLC	975	0.212	2.382	0.300
	2475	0.280	2.423	0.318

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.053	2.518	0.258
SLD	50	0.065	2.527	0.272
	72	0.075	2.524	0.279
	101	0.085	2.523	0.285
	140	0.096	2.520	0.290
	201	0.114	2.429	0.293
SLV	475	0.153	2.404	0.307
SLC	975	0.193	2.414	0.314
	2475	0.255	2.443	0.321

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.059	2.488	0.262
SLD	50	0.075	2.460	0.272
SLV	475	0.185	2.384	0.291
SLC	975	0.236	2.385	0.306

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %
Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000
Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T2-Pendii con inclinazione media maggiore a 15°

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.017	0.022	0.064	0.093

kv	0.009	0.011	0.032	0.046
amax [m/s ²]	0.836	1.056	2.619	3.248
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.051	0.102	--
kv	--	0.025	0.051	--
amax [m/s ²]	0.836	1.056	2.619	3.248
Beta	--	0.470	0.380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.051	0.102	--
kv	--	0.025	0.051	--
amax [m/s ²]	0.836	1.056	2.619	3.248
Beta	--	0.470	0.380	--

Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H):

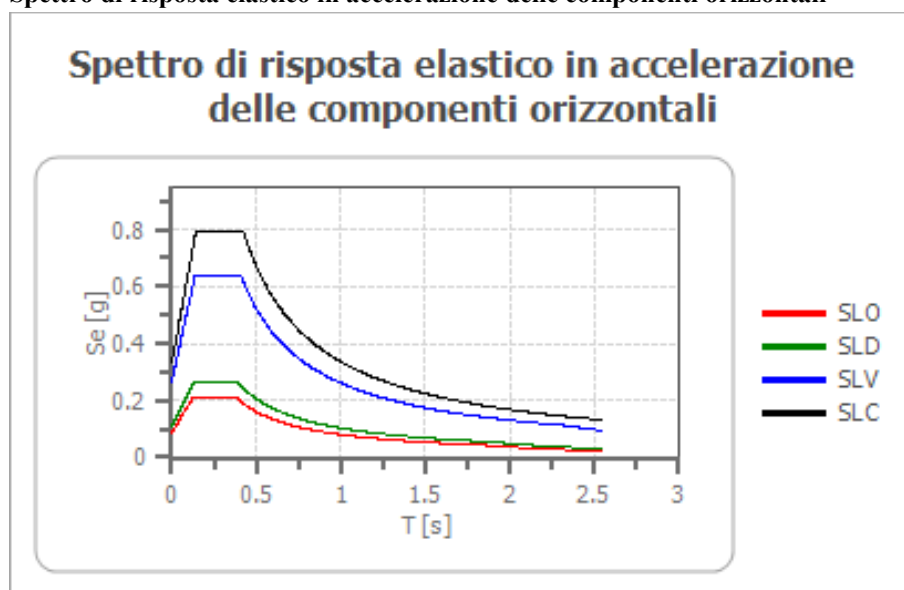
3,0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.066	0.084	0.207	0.257
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0.836	1.056	2.619	3.248
Beta	0.776	0.776	0.776	0.776

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.059	2.488	0.262	1.200	1.440	1.200	1.440	1.000	0.126	0.378	1.837	0.085	0.212
SLD	1.0	0.075	2.460	0.272	1.200	1.430	1.200	1.440	1.000	0.130	0.389	1.899	0.108	0.265
SLV	1.0	0.185	2.384	0.291	1.200	1.410	1.200	1.440	1.000	0.137	0.410	2.342	0.267	0.637
SLC	1.0	0.236	2.385	0.306	1.170	1.390	1.200	1.404	1.000	0.142	0.425	2.544	0.331	0.790

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

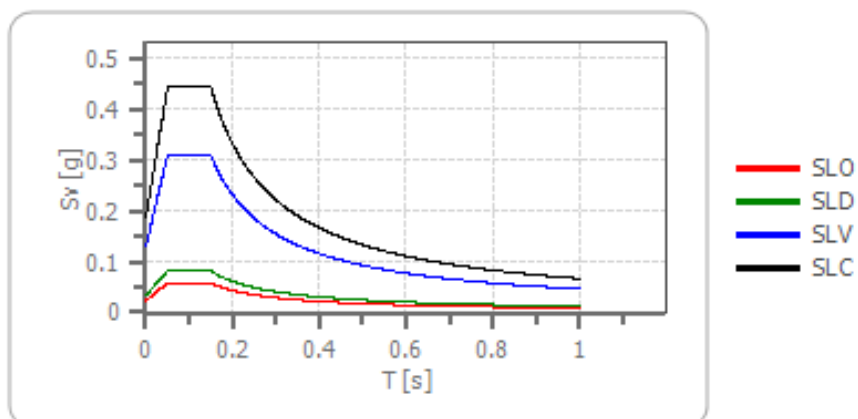
Coefficiente di smorzamento viscoso ξ:

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$:

1,000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.059	2.488	0.262	1	1.440	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.023	0.058
SLD	1.0	0.075	2.460	0.272	1	1.430	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.033	0.082
SLV	1.0	0.185	2.384	0.291	1	1.410	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.129	0.309
SLC	1.0	0.236	2.385	0.306	1	1.390	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.186	0.443

Campolombardo

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Vita nominale (Vn):	50	[anni]
Classe d'uso:	II	
Coefficiente d'uso (Cu):	1	
Periodo di riferimento (Vr):	50	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLO:	30	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLD:	50	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV:	475	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLC:	975	[anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84):	43.7976456	[°]
Longitudine (WGS84):	11.6694708	[°]
Latitudine (ED50):	43.7985992	[°]
Longitudine (ED50):	11.6704445	[°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	19842	43.819970	11.619370	4737.51
2	19843	43.821050	11.688650	2892.41
3	20065	43.771060	11.690100	3444.83
4	20064	43.769980	11.620880	5095.00

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.060	2.481	0.262

SLD	50	0.077	2.443	0.271
	72	0.091	2.425	0.272
	101	0.105	2.421	0.276
	140	0.121	2.390	0.282
	201	0.138	2.412	0.284
SLV	475	0.190	2.394	0.288
SLC	975	0.242	2.385	0.304
	2475	0.323	2.429	0.321

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.063	2.453	0.262
SLD	50	0.081	2.423	0.267
	72	0.095	2.420	0.273
	101	0.110	2.413	0.277
	140	0.127	2.393	0.280
	201	0.145	2.407	0.284
SLV	475	0.199	2.389	0.288
SLC	975	0.254	2.416	0.288
	2475	0.338	2.419	0.318

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.059	2.487	0.263
SLD	50	0.075	2.460	0.272
	72	0.090	2.424	0.273
	101	0.103	2.420	0.277
	140	0.117	2.409	0.284
	201	0.135	2.411	0.285
SLV	475	0.186	2.384	0.291
SLC	975	0.237	2.385	0.306
	2475	0.315	2.434	0.321

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.057	2.499	0.261
SLD	50	0.071	2.479	0.272
	72	0.082	2.489	0.278
	101	0.097	2.424	0.279
	140	0.110	2.416	0.284
	201	0.127	2.397	0.289
SLV	475	0.173	2.377	0.294
SLC	975	0.220	2.383	0.297
	2475	0.292	2.400	0.318

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.060	2.477	0.262
SLD	50	0.077	2.448	0.270
SLV	475	0.189	2.386	0.290
SLC	975	0.240	2.395	0.298

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %
Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000
Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T2: Pendii con inclinazione media maggiore di 15°

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
--------------	-----	-----	-----	-----

kh	0.017	0.022	0.065	0.094
kv	0.009	0.011	0.033	0.047
amax [m/s ²]	0.851	1.082	2.668	3.309
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.052	0.103	--
kv	--	0.026	0.052	--
amax [m/s ²]	0.851	1.082	2.668	3.309
Beta	--	0.470	0.380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.052	0.103	--
kv	--	0.026	0.052	--
amax [m/s ²]	0.851	1.082	2.668	3.309
Beta	--	0.470	0.380	--

Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H):

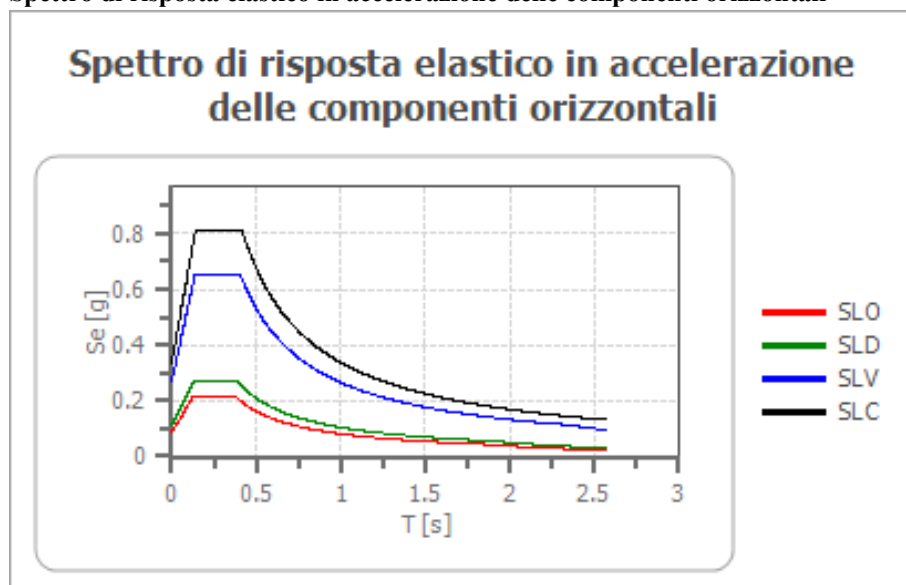
3,0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.067	0.086	0.211	0.262
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0.851	1.082	2.668	3.309
Beta	0.776	0.776	0.776	0.776

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.060	2.477	0.262	1.200	1.440	1.200	1.440	1.000	0.126	0.377	1.841	0.087	0.215
SLD	1.0	0.077	2.448	0.270	1.200	1.430	1.200	1.440	1.000	0.129	0.386	1.906	0.110	0.270
SLV	1.0	0.189	2.386	0.290	1.200	1.410	1.200	1.440	1.000	0.136	0.409	2.356	0.272	0.649
SLC	1.0	0.240	2.395	0.298	1.170	1.400	1.200	1.404	1.000	0.139	0.417	2.561	0.337	0.808

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

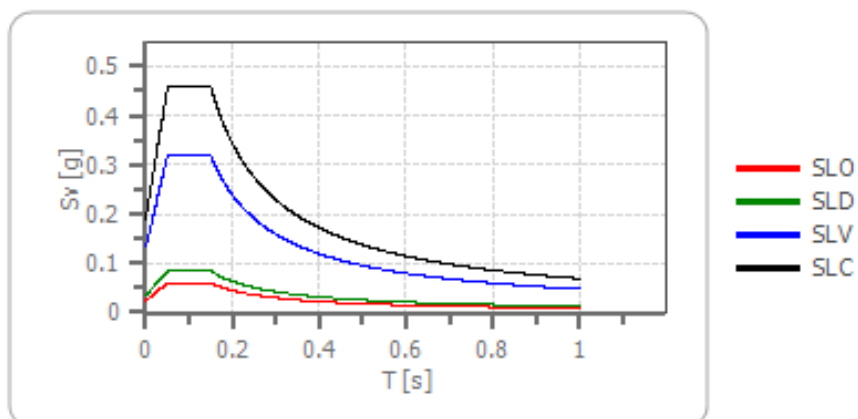
Coefficiente di smorzamento viscoso ξ:

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$:

1,000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.060	2.477	0.262	1	1.440	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.024	0.059
SLD	1.0	0.077	2.448	0.270	1	1.430	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.034	0.084
SLV	1.0	0.189	2.386	0.290	1	1.410	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.133	0.317
SLC	1.0	0.240	2.395	0.298	1	1.400	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.191	0.457

Valluciole

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Vita nominale (Vn):	50	[anni]
Classe d'uso:	II	
Coefficiente d'uso (Cu):	1	
Periodo di riferimento (Vr):	50	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLO:	30	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLD:	50	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV:	475	[anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLC:	975	[anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84):	43.8364410	[°]
Longitudine (WGS84):	11.6702137	[°]
Latitudine (ED50):	43.8373947	[°]
Longitudine (ED50):	11.6711884	[°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	19842	43.819970	11.619370	4586.12
2	19843	43.821050	11.688650	2294.55
3	19621	43.871040	11.687130	3953.56
4	19620	43.869950	11.617860	5602.63

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.060	2.481	0.262
SLD	50	0.077	2.443	0.271

	72	0.091	2.425	0.272
	101	0.105	2.421	0.276
	140	0.121	2.390	0.282
	201	0.138	2.412	0.284
SLV	475	0.190	2.394	0.288
SLC	975	0.242	2.385	0.304
	2475	0.323	2.429	0.321

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.063	2.453	0.262
SLD	50	0.081	2.423	0.267
	72	0.095	2.420	0.273
	101	0.110	2.413	0.277
	140	0.127	2.393	0.280
	201	0.145	2.407	0.284
SLV	475	0.199	2.389	0.288
SLC	975	0.254	2.416	0.288
	2475	0.338	2.419	0.318

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.066	2.429	0.261
SLD	50	0.085	2.412	0.267
	72	0.099	2.422	0.271
	101	0.115	2.409	0.277
	140	0.131	2.402	0.280
	201	0.152	2.392	0.285
SLV	475	0.208	2.356	0.290
SLC	975	0.264	2.379	0.293
	2475	0.346	2.422	0.317

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.064	2.444	0.261
SLD	50	0.082	2.425	0.266
	72	0.097	2.422	0.271
	101	0.111	2.414	0.276
	140	0.129	2.387	0.279
	201	0.147	2.404	0.283
SLV	475	0.202	2.378	0.288
SLC	975	0.257	2.403	0.289
	2475	0.342	2.409	0.317

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.063	2.451	0.262
SLD	50	0.081	2.425	0.268
SLV	475	0.200	2.381	0.289
SLC	975	0.254	2.399	0.293

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %
Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000
Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T2-Pendii con inclinazione media maggiore a 15°

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.018	0.023	0.081	0.099

kv	0.009	0.012	0.040	0.050
amax [m/s ²]	0.896	1.150	2.827	3.474
Beta	0.200	0.200	0.280	0.280

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.055	0.110	--
kv	--	0.028	0.055	--
amax [m/s ²]	0.896	1.150	2.827	3.474
Beta	--	0.470	0.380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.055	0.110	--
kv	--	0.028	0.055	--
amax [m/s ²]	0.896	1.150	2.827	3.474
Beta	--	0.470	0.380	--

Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H):

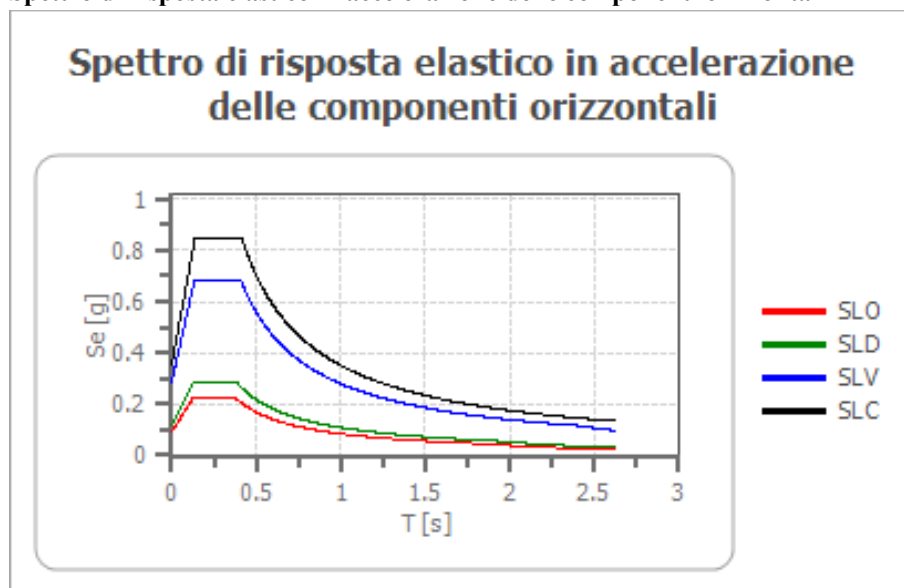
3,0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.071	0.091	0.224	0.275
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0.896	1.150	2.827	3.474
Beta	0.776	0.776	0.776	0.776

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.063	2.451	0.262	1.200	1.440	1.200	1.440	1.000	0.126	0.377	1.854	0.091	0.224
SLD	1.0	0.081	2.425	0.268	1.200	1.430	1.200	1.440	1.000	0.128	0.383	1.926	0.117	0.284
SLV	1.0	0.200	2.381	0.289	1.200	1.410	1.200	1.440	1.000	0.136	0.407	2.401	0.288	0.686
SLC	1.0	0.254	2.399	0.293	1.160	1.410	1.200	1.392	1.000	0.138	0.413	2.618	0.354	0.850

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

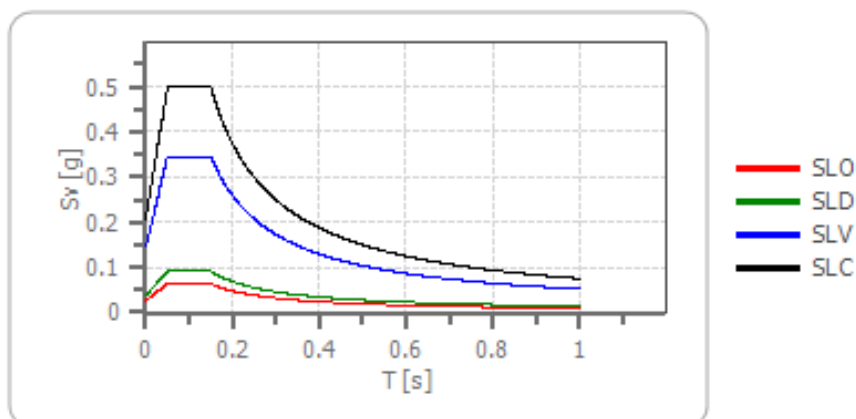
Coefficiente di smorzamento viscoso ξ:

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$:

1,000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.063	2.451	0.262	1	1.440	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.026	0.063
SLD	1.0	0.081	2.425	0.268	1	1.430	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.038	0.091
SLV	1.0	0.200	2.381	0.289	1	1.410	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.145	0.345
SLC	1.0	0.254	2.399	0.293	1	1.410	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.208	0.499

2.6 LIQUEFAZIONE – BASE TEORICA E VERIFICA PER LOCALITA'

I siti in cui si possa prevedere la realizzazione di edifici e/o manufatti dovranno risultare stabili per quanto concerne fenomeni di liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni non coesivi saturi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

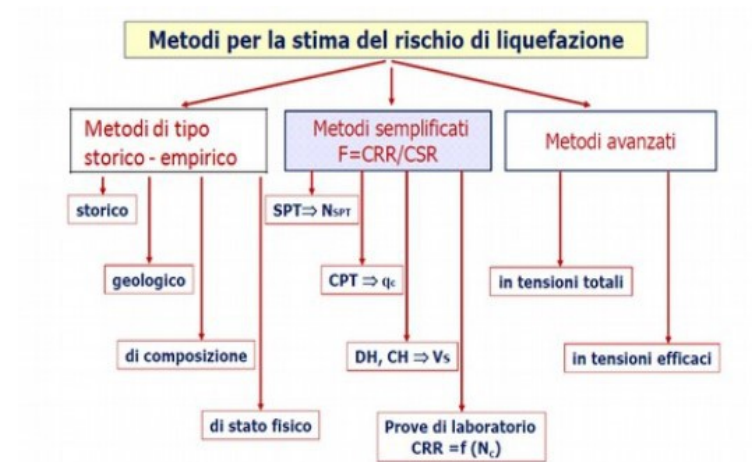
Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

In assenza di interventi di miglioramento del terreno, l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della capacità portante e degli incrementi delle sollecitazioni, incrementi indotti nei pali.

Secondo le NTC 2018 la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



Relativamente ai terreni potenzialmente suscettibili di liquefazione presenti nel territorio comunale di Pratovecchio Stia sono stati valutati, in corrispondenza delle litologie prevalentemente sabbiose, tutti i fusi granulometrici disponibili dalle analisi di laboratorio per una preliminare valutazione della suscettibilità a liquefazione secondo il metodo AGI, 2005.

Le analisi dei dati esistenti denotano la presenza di materiali con un'ampia distribuzione granulometrica e presenza di materiali a granulometria grossolana e/o di buone percentuali di frazioni fini; tuttavia non si può escludere che localmente in aree non interessate dalle indagini che costituiscono il quadro conoscitivo del presente lavoro sussistano condizioni predisponenti al fenomeno.

Pertanto, in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o in loro assenza in sede di predisposizione dei progetti edilizi dovrà comunque essere verificata la stabilità nei confronti della liquefazione secondo il paragrafo 7.11.3.4 delle NTC18.

3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E MORFOLOGICO

Le aree di studio sono inserite nel territorio del Comune di Pratovecchio Stia (Provincia di Arezzo), che si sviluppa su di una superficie di 138,24 kmq.

Il territorio del Comune di Pratovecchio Stia si colloca nell'estrema porzione settentrionale della Provincia di Arezzo, e confina a nord-ovest con la Provincia di Firenze (comuni di San Godenzo e Londa), a nord-est con i comuni emiliano-romagnoli di Bagno di Romagna (FC) e Santa Sofia (FC), ad ovest con il Comune di Pelago (FI), a sud-est con i comuni di Montemignaio e Castel San Niccolò e a sud-ovest con il Comune di Poppi.



Ubicazione del Comune di Pratovecchio e Stia all'interno della Provincia di Arezzo

Per quanto riguarda le viabilità di collegamento, il territorio comunale è collegato al Capoluogo di Arezzo mediante la S.R. n. 71 Umbro-Casentinese-Romagnola, la S.P. n. 310 del Bidente e la S.R. n. 70 del Passo della Consuma, che inoltre collegano la vallata del Casentino alla Romagna (le prime due) e alla Provincia di Firenze (la terza). Altra importante viabilità è la S.P. n. 556 Londa-Stia, che collega il Casentino all'alta Val di Sieve e al Mugello. Queste rappresentano le più importanti reti viarie del settore, che rispondono attualmente bene alle necessità di questo territorio.

Nell'interezza, le caratteristiche di utilizzo del suolo sono prevalentemente di tipo agricolo o boschivo ad esclusione del settore di fondovalle, presso l'abitato di Pratovecchio, dove nella pianura alluvionale si è sviluppata l'attività industriale con la realizzazione di lottizzazioni artigianali.

Altimetricamente si presenta un dislivello di circa 1.265 metri compresi tra un minimo di ca. 390 m s.l.m. nei pressi del confine meridionale del Comune, lungo il corso del Fiume Arno, poco a sud della località Case Triboli, ed un massimo di circa 1.657 m s.l.m. presso il Monte Falco e di circa 1658 m s.l.m. presso il Monte Falterona.

Dal punto di vista morfologico si tratta, quindi, di un paesaggio prevalentemente montano con andamento relativamente omogeneo in cui le sommità dei rilievi sono distribuite su una serie di dorsali con andamento appenninico con un range medio di quote compreso fra 900 e 1.650 m s.l.m.. Queste spostandosi verso sud e

verso l'asse centrale del territorio comunale passano ad un paesaggio prevalentemente collinare ed alto-collinare con rilievi talora anche con buona acclività a quote comprese fra 500 e 700 m s.l.m., che discendono fino al fondo valle caratterizzato dal corso del Fiume Arno.

In particolare il territorio comunale di Pratovecchio Stia fa parte dell'unità geografica del bacino del Casentino, compreso tra il fondo valle del Fiume Arno e i rilievi della catena appenninica che ne definiscono il territorio a nord, est e ad ovest.

Il paesaggio presenta una forte variabilità dei caratteri morfologici strettamente legati alla natura dei terreni.

In linea generale si possono distinguere tre grandi unità morfologico/paesaggistiche, molto diverse tra loro, anche se ciascuna con caratteri omogenei.

La prima comprende le aree di pianura alluvionale, mentre le altre corrispondono a due grandi fasce, rispettivamente collinare e montuosa.

La tipologia principale di paesaggio è quella medio/alto collinare e quella montana, più aspra, a cui la prima fa da transizione. In questi settori vi si distinguono areali prevalentemente caratterizzati da morfologia collinare relativamente aspra con modesti rilievi che raggiungono quote comprese tra i 500-700 m s.l.m., con versanti a notevole acclività alternati a dorsali a pendici ripide, non particolarmente larghe e ondulate e, spostandosi verso est paesaggi dove spiccano i rilievi montuosi che possono raggiungere quote attorno ai 1.100 - 1.650 m s.l.m..

Per quanto riguarda l'ambiente di piana alluvionale, questo è principalmente diffuso in corrispondenza del corso d'acqua maggiore, il Fiume Arno, e dei suoi affluenti principali, tra cui si ricorda il Torrente Staggia.

L'assetto morfologico è strettamente connesso con la natura geologica dei terreni affioranti e in stretta correlazione con la costituzione geologica e le caratteristiche pedologiche dell'area.

Questa zona è caratterizzata principalmente da terreni con litologie arenacee, calcareo marnose e calcarenitiche con intercalazioni siltitico-marnose e argillitiche in vario rapporto di prevalenza tra loro. Le sequenze prevalentemente arenacee, calcaree e calcarenitiche presentano delle chiare connotazioni di resistenza e competenza, decisamente superiori rispetto alle siltitico-marnose e argillitiche, riuscendo a mantenere acclività più elevate e determinando una maggiore energia del rilievo.

Inoltre la presenza di suoli diversi, come evidenziato dalla costituzione geologica, determina variazioni anche nella concentrazione ed intensità dell'erosione e si riflette in parte sul tipo di vegetazione presente ed in parte sulla possibilità di uso agricolo.

Le pendenze che caratterizzano mediamente queste aree sono quasi sempre medio-elevate, comprese tra il 20-30%.

Il fondovalle del Fiume Arno e dei suoi affluenti maggiori, è caratterizzato da pianure alluvionali relativamente strette, formate in gran parte da terrazzi fluviali. Si tratta di aree antropizzate, in ciò favorite dalla morfologia pianeggiante e dalla presenza dei corsi d'acqua che, fin dall'antichità, hanno rappresentato le principali direttrici di traffico.

Subito a monte delle aree alluvionali si ha una fascia a morfologia prevalentemente collinare, con forme tondeggianti e pendenze contenute, in cui si è sviluppato un reticolo idrografico ramificato, afferente al Fiume Arno e ai suoi principali affluenti.

Infine le porzioni occidentali, settentrionali e orietali del territorio comunale sono costituite da forme morfologiche con pendenze più accentate poste in corrispondenza dei settori di maggior rilievo del montuoso,

caratterizzato da vegetazione a bosco ceduo e da un substrato geologico costituito principalmente da rocce di natura arenacea.

Riguardo l'aspetto idrografico, come detto, il principale corso d'acqua è il Fiume Arno che nasce presso il Monte Falterona, nell'estrema porzione settentrionale del territorio comunale, e che defluisce nella porzione circa centrale del territorio comunale, con andamento circa nord-sud, lambendo i centri abitati di Stia e Pratovecchio. Altro corso d'acqua di rilievo è il Torrente Staggia, affluente di sinistra idraulica del Fiume Arno, che scorre presso la porzione centro-orientale del territorio comunale e che confluisce in Arno presso l'abitato di Staggia.

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.

3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E NOTAZIONI STRATIGRAFICHE

Il territorio comunale di Pratovecchio Stia risulta caratterizzato dalla presenza di terreni appartenenti a unità diverse che sono stati coinvolti in movimenti di sovrascorrimento legati alla orogenesi appenninica.

Da un punto di vista geologico appartiene alla fascia centrale della catena orogenetica dell'Appennino settentrionale, parte integrante della fascia di deformazione perimediterranea sviluppatasi prevalentemente in tempi neogenici e costituita da una struttura complessa di falde e thrust formatasi in relazione a più fasi tettoniche. Queste sono legate agli eventi verificatisi a partire dal Cretaceo superiore in seguito alla completa chiusura dell'Oceano Ligure-Piemontese ed alla successiva collisione continentale tra la placca europea e quella adriatica.

In tale contesto si distinguono una fase oceanica ed una fase ensialica. La fase oceanica inizia al limite tra il Cretaceo inferiore ed il Cretaceo superiore, e termina nell'Eocene medio con la completa chiusura dell'Oceano Ligure-Piemontese. Durante questa fase si forma un prisma d'accrescimento costruito dall'impilamento per sottoscorrimento verso W delle coperture oceaniche e di parte del loro basamento, che andranno così a costituire le cosiddette Unità Liguri. Segue, nell'Eocene medio-superiore la collisione tra il margine continentale europeo (Sardo-corso) e quello adriatico che dà inizio alla fase intracontinentale dell'orogenesi appenninica. In questa fase si ha lo sviluppo di una tettonica a thrust e falde con sottoscorrimento verso W dell'Unità Toscane, prima, e di quelle Umbro-marchigiane poi, sotto le unità precedentemente impilate. Fenomeni gravitativi e di retroscorrimento, anche importanti, accompagnano in superficie questa strutturazione crostale. In questa fase il fronte compressivo, che migra verso E, è seguito, a partire dal Miocene medio, da un fronte distensivo, legato alla distensione crostale che ha portato all'apertura del Bacino Tirrenico. Attualmente i due regimi tettonici diversi coesistono in due fasce contigue della catena: nel versante tirrenico è attivo il regime distensivo, in quello adriatico quello compressivo.

Da un punto di vista regionale questa complessa storia tettonica ha portato prima (Cretaceo superiore-Eocene) allo sradicamento delle Unità Liguri dal loro substrato oceanico e al loro impilamento su loro stesse secondo un ordine tettonico-geometrico che vede in alto le unità più interne e in basso le più esterne, tra cui ricordiamo l'Unità di Monte Morello. Tutto questo complesso di Unità Liguri sovrasta tettonicamente l'Unità di Canetolo (Eocene-Oligocene) attribuita a una zona di transizione con il margine continentale adriatico. Successivamente,

dopo la messa in posto della Falda Toscana (Dominio Toscano interno), avvenuta nel Miocene medio-superiore, sopra la più esterna Unità Cervarola-Falterona, le Unità Liguri si sono rimosse, per mettersi in posto prima sopra la Falda Toscana, e poi sopra l'Unità di M. Cervarola già sovrascorsa verso E (Tortoniano) sulla Marnoso arenacea del Dominio Umbro-Marchigiano.

Successivamente alla loro prima messa in posto, i principali accavallamenti sono stati rimobilizzati e riattivati secondo sovrascorrimenti minori interni alle varie unità, dando localmente geometrie molto complesse con sovrascorrimenti precedentemente tagliati e ripiegati da quelli successivi. Tali fasi compressive sono riferibili principalmente al Messiniano, al Pliocene inferiore e nei settori più esterni al Pliocene superiore.

Nel frattempo erano cominciati nelle aree più occidentali i movimenti disgiuntivi che hanno portato, attraverso una serie di faglie normali principali immergenti verso W, allo smembramento della catena a falde, precedentemente costituita, con lo sviluppo di depressioni tettoniche a semi graben (bacini intermontani) sempre più giovani da W verso E, tra cui ricordiamo il bacino del Valdarno superiore, sviluppatosi a partire dal Pliocene superiore, e i bacini di Firenze-Pistoia, del Mugello e del Casentino, attivi dal Pleistocene inferiore.

Infatti, alla fine del Miocene, dopo che le spinte orogenetiche che avevano costituito la catena appenninica si erano attenuate o spente, si instaurò una tettonica distensiva caratterizzata da grandi faglie normali orientate in direzione NW-SE e NNW-SSE, che crearono numerosi bacini strutturali, allungati appunto in tali direzioni.

In alcuni di tali bacini si crearono degli ambienti fluvio-lacustri, con deposizione dei relativi sedimenti.

Questi bacini estensionali sono stati interessati anche da vari eventi compressivi, che si sarebbero alternati alla prevalente tettonica estensionale. Vi sono ancora indeterminazioni nel definire queste pulsazioni, se siano da mettere in relazione con generali shock compressivi dell'intera catena appenninica, oppure se siano legate a costipamento laterale causato da repentini approfondimenti dei bacini in concomitanza con pulsazioni estensive maggiormente pronunciate legate alle maggiori compressioni nella zona esterna della catena.

Dal punto di vista geologico, stratigrafico e strutturale il territorio si può dividere quindi, in maniera schematica, in una zona settentrionale e centro-settentrionale con la presenza di terreni appartenenti alle formazioni torbiditiche arenacee del Dominio Toscano (Unità di M. Cervarola) e in una centro-meridionale e meridionale, dove alle precedenti si alternano i termini flyschoidi da calcareo marnosi ad argillitico marnosi e calcarenitici appartenenti al Dominio Ligure (Unità di Monte Morello) e del Dominio Subligure (Unità di Canetolo). Nell'estrema porzione nord-orientale si riconoscono, infine, litologie riferibili alle formazioni torbiditiche appartenenti al Dominio Umbro-Marchigiano.

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

In particolare, nel settore di interesse le formazioni cretacico-eoceniche dell'Unità di Monte Morello sono rappresentate dalla Formazione di Sillano, costituita dall'alternanza di prevalenti argilliti, calcilutiti, marne calcaree e argillitiche e livelli arenacei e calcarenitici. Le formazioni paleocenico-oligoceniche del Dominio Subligure sono costituite da formazioni prevalentemente argillitico-calcaree (i.e Argille e Calcari di Canetolo) e da depositi torbiditici arenacei (Arenarie di Monte Senario).

Per quanto riguarda le formazioni torbiditiche oligo-mioceniche del Dominio Toscano, affiorano le litologie appartenenti alla formazione delle Arenarie del M. Falterona nelle sue varie litofacies, da quella arenaceo torbiditica con intercalazioni pelitico siltitiche, a quella prevalentemente pelitico siltitica a quella olistostromica caratterizzata da brecce argillose e calcaree in matrice argillitica.

La sequenza stratigrafica torbiditica del Dominio Toscano presenta l'alternarsi di depositi torbiditici prevalentemente arenaceo pelitici e di depositi emipelagici formati da marne e peliti talora silicizzate alternate a sottili livelli arenitici.

In particolare i rapporti stratigrafici di queste formazioni sono definiti dalla sequenza basale marnoso-argilloso-calcareo, essenzialmente paleogenica, alla quale fa seguito una formazione torbiditica, prevalentemente arenacea grossolana che passa verso l'alto con gradualità ad un'altra formazione torbiditica caratterizzata da strati arenaceo-siltitici sottili con abbondante porzione siltoso-marnosa. La successione è chiusa da sedimenti essenzialmente marnosi.

Nel complesso le Unità del Dominio Toscano sono riducibili ad una sequenza completa di cuneo clastico di avanfossa, poi tettonicamente sradicata a livello delle argilliti basali.

I depositi del Dominio Umbro-Marchigiano, sovrastati tettonicamente da quelli del Dominio Toscano, sono in questo settore rappresentati dai depositi arenacei di origine torbiditica della Marnoso-arenacea (Langhiano-Serravalliano), che costituiscono il riempimento di un bacino di avanfossa appenninico (migrante verso NE), sviluppato tra il Langhiano e il Tortonian.

In vari settori alle suddette formazioni si sovrappongono i terreni recenti di copertura costituiti dai depositi eluvio-colluviali, dai depositi detritici di versante, dalle alluvioni recenti e dai depositi alluvionali attuali.

In particolare il settore in esame è caratterizzato principalmente dalla presenza di depositi eluvio-colluviali, costituiti da materiale con elementi eterometrici prevalentemente fini in abbondante matrice sabbioso-limosa, derivanti da trasporto per ruscellamento e di depositi detritici di versante e di frana, costituiti da accumuli di materiale litoide eterometrico.

Inoltre nei settori vallivi si riscontrano i depositi alluvionali recenti e attuali, costituiti da ciottolami in matrice limoso-sabbiosa con tessitura da clasto a matrice sostenuta, ghiaie, sabbie e limi talora variamente pedogenizzati. I depositi alluvionali sono presenti in maniera diffusa lungo i corsi d'acqua principali.

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

Strutturalmente, il motivo dominante dell'area è quindi l'accavallamento tra le principali serie (Unità Tettonica Ligure, Unità Tettonica Subligure, Unità Tettonica Toscana e Unità Tettonica Umbro-Marchigiana), che si esplica attraverso alcune linee di sovrascorrimento, con direzione appenninica, ben seguibili dai settori meridionali (in particolare SE) fino a quelli settentrionali: queste linee sono evidenziate da alcuni motivi geologici fondamentali, tra cui la presenza quasi costante di formazioni a prevalente litologia pelitico marnosa, che hanno agito come superficie di scollamento e di scorrimento tra le diverse serie, e la presenza di vaste aree coperte da detriti di falda e paleofrane.

Naturalmente gli accavallamenti non si esplicano solamente in un piano di sovrascorrimento ma attraverso una serie di faglie, più o meno parallele tra loro, che presentano medesime caratteristiche.

Da un punto di vista tettonico-strutturale, il quadro che caratterizza quest'area mostra una storia complessa e coerente con gli eventi tettonici che hanno strutturato l'edificio a falde dell'Appennino Settentrionale.

Infatti le formazioni affioranti nel territorio in esame appartengono a diverse Unità tettoniche giustapposte o sovrapposte secondo una dinamica orientata principalmente E-NE.

Nel complesso, tettonicamente la zona ha subito due fasi tettoniche distinte, una compressiva, più antica, che ha prodotto numerose faglie inverse, compreso il sovrascorrimento precedentemente descritto, ed una fase più recente, a carattere distensivo, che ha creato nuovi elementi strutturali, talora ad andamento anti-appenninico ed ha riattivato come normali alcune delle precedenti strutture a carattere inverso.

Per quanto riguarda le strutture compressive che hanno strutturato la catena appenninica nel territorio intercomunale, si ricordano gli importanti sovrascorrimenti che giustappongono i litotipi attribuibili alle unità liguri con i termini flyschoidi arenaceo-marnosi dell'unità toscana del M. Cervarola e quest'ultimi sui termini della Formazione Marnoso-arenacea.

Per quanto riguarda la tettonica rigida sono presenti strutture di taglio ad andamento sia appenninico che antiappenninico.

Si nota la prevalenza di due principali famiglie di lineazioni orientate rispettivamente WNW-ESE e SSW-NNE.

Le strutture appartenenti alla prima famiglia sono di direzione appenninica e sono riconducibili ad eventi tettonici sia in regime compressivo (faglie inverse e sovrascorrimenti), che a successivi regimi distensivi che hanno portato alla formazione di nuove strutture a carattere normale e la riattivazione in senso diretto di precedenti strutture inverse.

Per quanto riguarda le strutture appartenenti alla seconda famiglia queste sono definite di tipo antiappenninico e sono rappresentate principalmente da faglie normali che risultano geneticamente legate alle vicende distensive neogeniche.

I terreni oggetto di studio appartengono pertanto, per la quasi totalità, ad eccezione dei depositi di copertura, alle formazioni del substrato cretaceo-cenozoico e le suddivisioni litostratigrafiche o allostratigrafiche che sono proposte in letteratura permettono di avere un quadro completo ed esaustivo dei caratteri litologici e sedimentologici, nonché del significato paleo-ambientale della successione in esame.

3.3 DESCRIZIONE DELLE FORMAZIONI

In dettaglio, nell'area del Comune di Pratovecchio Stia, si ritrova, dall'alto verso il basso stratigrafico e con nomenclatura congruente con il Progetto CARG (Cartografia Geologica Regione Toscana) e con il Continuum Territoriale Geologico della Regione Toscana:

DEPOSITI ANTROPICI

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

DEPOSITI QUATERNARI

- coltri detritiche di frana (cf) (*Olocene*)
- depositi di versante (dt) (*Olocene*)
- depositi alluvionali attivi (ba) (*Olocene*)
- depositi alluvionali inattivi (bi) (*Olocene*)
- depositi eluvio-colluviali (d) (*Olocene*)

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

Le coltri detritiche di frana (cf) e i depositi detritici di versante (dt) sono costituiti da elementi eterometrici prevalentemente grossolani, dispersi in matrice sabbiosa e sabbioso limosa e si trovano accumulati per gravità lungo i versanti o ai piedi di scarpate. Nella prima categoria si inseriscono tutte quelle masse detritiche che presentano caratteristiche di caoticità e disarticolazione, ancora ben riconoscibili sul terreno e dove gli accumuli dovuti a frane recenti interessano aree sulle quali è possibile una ripresa del movimento per la presenza di materiali sciolti, per l'assenza della vegetazione e per la sovente presenza di pendenze elevate. Nella seconda sono inseriti gli accumuli che non derivano da movimenti franosi a grande scala, come per esempio gli accumuli di versante, presenti in zone dove le pendenze e la litologia affiorante danno luogo a locali crolli. Tale gruppo è rappresentato anche dai detriti superficiali, accumulati alla base delle pendici per effetto del ruscellamento diffuso, favorito dal denudamento, in genere dovuto ad attività antropica (pratiche agricole o aree recentemente disboscate).

I depositi eluvio-colluviali (d) 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 CONTINENTALI RUSCINIANI E VILLAFRANCHIANI

- Conglomerati e ciottolami poligenici (VILa - CAS2) (*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, sabbie ciottolose e sabbie siltoso-argillose e limi sabbiosi (VILb - CAS1) (*Rusciniano-Villafranchiano*)

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

Il substrato litoide del territorio intercomunale è costituito dalle formazioni litoidi riconducibili ai seguenti domini e successioni:

- Dominio Ligure Esterno (Unità di Monte Morello);
- Dominio Subligure (Unità di Canetolo);
- Dominio Toscano (Unità di M. Cervarola);
- Dominio Umbro-Marchigiano.

DOMINIO LIGURE ESTERNO – UNITA' DI MONTE MORELLO

- Formazione di Sillano (SIL) (*Cretaceo Superiore – Paleocene*)

Argilliti e siltiti fogliettate, scure (grigie o nerastre) o variegata (rosse, marroni e verdastre), alternate o con intercalazioni di strati calcilutitici, talora silicee, marnosi, 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 (tipo "Pietraforte") da medio-fini a

grossolane grigio-scuri, marroni all'alterazione. I livelli calcarei si presentano spesso con fatturazione ad incudine.

Nella facies più comune le argilliti sono prevalenti e inglobano strati, in genere sottili, degli altri tipi litologici.

All'interno della Formazione di Sillano si rinviene una litofacies calcarea (SILa) costituita da livelli calcilutitici e argillitici color grigio e livelli di brecciole con clasti di calcari micritici, argillitici e di rocce verdi.

Altre facies abbastanza diffuse sono formate da una maggiore quantità di arenarie, fittamente interstratificate con argilliti grigie con o senza rare intercalazioni di calcari marnosi e marne.

Può, inoltre, presentare variazioni laterali di litologia con aumento della componente argillitica, oppure aumento, fino alla prevalenza, della componente arenacea (con passaggio alla "Pietraforte").

Localmente sono presenti impregnazioni nerastre di ossidi di manganese.

La Formazione di Sillano rappresenta la base della Formazione di Monte Morello; data però la condizione tettonica generale, in certe aree può risultare ridotta in spessore o non essere presente al di sotto di quest'ultima. Il passaggio alla superiore Formazione di Monte Morello può presentarsi sia brusco oppure graduale mediante alternanza.

La porzione basale è solitamente caoticizzata ed i termini litoidi si ritrovano spezzettati e immersi in una massa argillitica.

Data la natura prevalentemente argillitica di questa formazione, la deformazione tettonica è spesso assai intensa, rendendo talvolta mal calcolabile lo spessore originario, anche a causa di probabili raddoppi tettonici interni.

DOMINIO SUBLIGURE – UNITA' DI CANETOLO

- Arenarie di Monte Senario (SEN) (*Eocene - Oligocene*)

Alternanze di arenarie quarzoso-feldspatiche e di arenarie -pelitiche in strati da medi a molto spessi e, più frequentemente, in banchi, con base molto grossolana e presentano laminazione pianoparallela e convoluta. Il rapporto A/P è generalmente compreso tra 1 e 3. Le areniti, di colore giallo verdastro, hanno composizione quarzoso-feldspatica e granulometria da medio-fine a grossolana, fino a microconglomeratica. Presenza di clay chips. Talora sono presenti intercalazioni di strati calcareo-marnosi, di spessore medio, grigi, a frattura scheggiata e di sottili livelli di peliti siltitiche color grigio scuro

Si tratta di arenarie torbiditiche (ambiente di conoide sottomarina) quarzoso-feldspatiche contenenti ciottoli di quarzo, micascisti, filladi e calcarei.

- Argille e Calcari di Canetolo (ACC) (*Paleocene - Eocene*)

Argilliti grigio-nere e variegata, fissili, argille marnose verdi, bruno-rossastre e grigio scuro o nerastre, in strati da medi a molto spessi, con intercalazioni ed alternanze di calcilutiti color avana in strati medio-sottili, di calcareniti fini e finissime grigio scure, di marne calcaree biancastre e grigie, di calcari marnosi scheggiosi e fratturati grigi o verdi con spalmature di ossido di manganese in strati spessi e molto spessi e di calcari torbiditici grigio-biancastri, di areniti, spesso bioclastiche, e siltiti in strati gradati e laminati medio-sottili.

Sono riferibili ad una sedimentazione emipelagica, intervallata da torbiditi intrabacinali e terrigene.

- Argille e Calcari di Canetolo: Litofacies calcareo-argillitica (ACCa) (*Paleocene - Eocene*)

Si tratta di un'alternanza di strati arenitici, strati calcarei, calcarenitici, e livelli marnoso-argillitici color grigio, nocciola e verdastri. Gli strati arenitici sono da molto spessi a banchi ed hanno generalmente una granulometria grossolana alla base, talora microconglomeratica negli strati più spessi, e tetto marnoso-siltoso.

Gli strati calcarei si presentano a grana fine e finissima, frattura concoide, di colore grigio chiaro, nocciola o biancastri all'alterazione; talora sono presenti liste di selce.

Si rinvencono in eteropia latero verticale alle Argille e Calcari di Canetolo.

- Argille e Calcari di Canetolo: Litofacies calcarea / Calcari e argille di Monteacuto (ACCb) (Paleocene - Eocene)

Si tratta di torbiditi calcareo marnose costituite da calcari e calcari marnosi fini, con base calcarenitica, silicei, in strati generalmente di spessore da spessi a molto spessi, intercalati a calcareniti in strati da medi a molto spessi, con sottili interstrati pelitico marnosi.

Si rinvencono, inoltre, marne e marne calcaree grigio chiaro, biancastre e talora rosate, calcari marnosi rossastri in strati sottili e medi alternati a argilliti variegiate.

Si presentano in eteropia latero verticale alle Argille e Calcari di Canetolo.

DOMINIO TOSCANO – UNITA' DI M. CERVAROLA

- Marne di Vicchio: Litofacies marnosa (VIC1) (Burdigaliano – Serravalliano)

Marne siltose e marne calcaree grigie a frattura scheggiata e a stratificazione da sottile a media, con presenza di sottili livelli di siltiti o areniti fini a componente calcarea; localmente diventa preponderante la frazione calcarea e la formazione si presenta massiva, spesso intensamente fratturata e con un elevato numero di vene di calcite. Presenti sottili strati calcarenitici fini di colore biancastro e lenti o liste di selce nera.

- Marne di Vicchio: Litofacies marnoso-calcarea (VIC2) (Burdigaliano – Serravalliano)

Calcari marnosi e talora selciosi con rare liste di selci nere, marne siltose, calcisiltiti e calcareniti medie e sottili a granulometria fine.

- Arenarie del Falterona; Membro di Montefalco (FAL1) (Aquitano – Burdigaliano)

Arenarie grigio azzurre e grigio verdi in strati spessi e frequentemente amalgamati, con base grossolana e microconglomeratica, pelite quasi assente. Il rapporto arenaria/pelite è maggiore di 10 ($A/P > 10$).

Sono presenti rari strati di spessore per lo più nell'ordine di alcuni decimetri costituiti da areniti carbonatiche e marne.

- Arenarie del Falterona; Membro di Camaldoli (FAL2) (Aquitano – Burdigaliano)

Arenarie grigio chiare e grigio verdi in strati dello spessore di 0.5-2 metri e peliti subordinate. $2 < A/P < 10$.

Le arenarie sono sempre molto grossolane e con quasi totale assenza di componenti carbonatici (né clasti, né cemento); si presentano in pacchi di 7-10 strati di arenaria con assenza di pelite, alternati a livelli dello spessore di un paio di metri di siltiti e argilliti scure con poche marne.

Sono presenti livelli calcarenitici e marnosi in strati da medi a spessi.

- Arenarie del Falterona; Membro di Montalto (FAL3) (Aquitano – Burdigaliano)

Arenarie, marne, argilliti e siltiti con $1/4 < A/P < 2$. Stratificazione da molto sottile a molto spessa, talora in banchi. Si alternano pacchi decametrici di strati sottili con peliti prevalenti a banchi o strati molto spessi ravvicinati. Sono presenti, specialmente verso la base, numerosi livelli calcarenitici, in strati da medi a molto spessi; mentre nella parte alta del membro sono prevalenti le peliti con rari banchi arenacei. Sono presenti numerosi livelli torbiditici calcarei slump. All'interno è stato riconosciuto un livello guida calcarenitico di spessore metrico (Livello Arno-ar).

- Arenarie del Falterona; Membro di Montalto – Litofacies argillitica (FAL3a) (Aquitano – Burdigaliano)

Argilliti e siltiti grigie e nere in livelli sottili o poco spessi (da 1 centimetro ad 1 metro), alternate a livelli siltitico argillitici di colore marrone chiaro o verdastro.

- Arenarie del Falterona; Membro di Lonnano (FAL4) (Aquitano – Burdigaliano)

Si tratta di un flysch arenaceo composto da siltiti, argilliti e marne prevalenti con arenarie gradate aventi strutture sedimentarie caratteristiche dei depositi di torbida.

Dal punto di vista petrografico si tratta di un'arenaria quarzoso-feldspatico micacea (greywackes) con frammenti di rocce metamorfiche (micascisti) e poco cemento carbonatico.

In particolare si tratta di un'alternanza pelitico-arenacea in strati gradati prevalentemente da sottili a medi costituiti da strati sottili di arenarie molto fini e siltiti che mostrano gradazione e laminazione parallela e/o convoluta; talora si trovano associati livelli decimetrici di argilliti nere e torbiditi calcareo-marnose, spesse da pochi centimetri fino a qualche metro.

Le areniti hanno grana fine e il rapporto arenaria/pelite (A/P) varia da $\ll 1$ a < 1 , generalmente $A/P < 1/4$, con tendenza ad aumentare verso la porzione basale della serie. Gli strati delle arenarie non supera mai i 20 cm.

L'arenaria presenta colori grigio-azzurri al taglio fresco, invece assume una colorazione giallastra se alterata; le siltiti sono di color grigio-giallastro, talora scure; mentre le marne sono di colore grigio chiare, molto fratturate, e le peliti sono generalmente più scure.

- Arenarie del Falterona; Membro di Fosso delle Valli (FAL5) (Aquitano – Burdigaliano)

Si tratta di siltiti, marne e marne argillose, rare areniti a granulometria fine e finissima in strati con spessori che diminuiscono verso l'alto. Il rapporto $A/P < 1/6$. Le marne, in strati spessi fino a 2 metri, con stratificazione incerta, sono talora dure e scheggie con numerose liste di selce scura grigia fino a nera, a liste o globulare. Sono presenti livelli pelitici, talora arrossati con silicizzazione diffusa e minerali argillosi di origine vulcanica. Raramente si ha la presenza di straterelli calcarenitici, livelli di emipelagiti e livelli di spessore centimetrico costituiti da materiale polverulento ossidato, probabilmente vulcanoderivato.

- Arenarie del Falterona; Olistostromi (FALa) (Aquitano – Burdigaliano)

Si tratta di olistostromi, il cui meccanismo genetico principale è la gravità, ad affinità ligure e subligure staccatisi dal fronte del thrust in avanzamento e presenti sottoforma di corpi lenticolari, generalmente allungati, intercalati stratigraficamente in sedimenti normali.

Per la loro messa in posto è richiesta un'intensa frammentazione delle rocce per la formazione dei clasti e una liquefazione del materiale pelitico proveniente da formazioni ancora poco litificate.

Sono rappresentati da argilliti, talora marnose, con struttura caotica, color grigio scuro e grigio chiaro, spesso rosse e verdi, pervase da superfici di fissilità, che inglobano pezzame litoide di dimensioni da millimetriche a metriche, costituito da calcari micritici spesso silicei, calcari marnosi, calcareniti, torbiditi arenaceo-micacee, arenarie da microconglomeratiche a fini e breccie ofiolitiche.

Talvolta si trovano all'interno di essi corpi litoidi di materiali provenienti dalle Unità inglobanti; il contatto inferiore con i sedimenti è di solito brusco, mentre verso l'alto sfuma impercettibilmente verso sedimenti normali.

Al tetto degli olistostromi e lateralmente ad essi, la sedimentazione torbiditica principale è spesso rappresentata da marne siltose e/o da sottili strati siltitico-marnosi.

- Siltiti di Fosso Fangacci (SFF) (Chattiano)

Costituita da marne grigie e grigio-verdi con livelli sottili e medi di siltiti grigio-marroni e grigio verdastre e raramente areniti in letti medi. A/P minore o molto minore di 1, intensa fratturazione e numerose superfici di scorrimento parallele alla stratificazione. Potenza poche decine di metri.

- Marne varicolori di Villore (MVV) (Rupeliano - Aquitaniano)

Si tratta di marne e marne siltose varicolori con intercalazioni di arenarie fini color grigio bruno. SI presentano ben stratificate e con spessore degli strati da sottile a medio.

DOMINIO UMBRO-MARCHIGIANO

- Formazione Marnoso-arenacea: Membro di Corniolo (FMA2) (Burdigaliano – Messiniano)

Torbiditi pelitico arenacei rappresentati da un'alternanza di peliti e areniti con rapporto tra arenarie e peliti compreso tra 1/3 ed 1/2 con presenza di subordinate emipelagiti sottili.

Le areniti sono prevalentemente arenarie, talora areniti ibride, e si presentano da mediamente a poco cementate con frequenti strati a struttura caotica caratterizzati da una scarsa cementazione in corrispondenza della struttura disordinata.

Le areniti variano in spessore da molto sottili a spesse, con alcuni strati molto spessi; presentano una granulometria medio-fine, talora medio-grossolane e mostrano impronte di fondo, gradazione, laminazione da piano-parallela a incrociata, convoluta e ondulata.

- Formazione Marnoso-arenacea: Membro di Premilcuore – Litofacies arenacea di Campigna (FMA3a) (Burdigaliano – Messiniano)

E' una litofacies interna al Membro di Premilcuore costituita da strati arenacei amalgamati con rapporto arenite/pelite anche maggiore di 6, spesso da alcune decine di metri fino a circa 200 metri.

3.4 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

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.

Le notazioni geomorfologiche sono state rilevate 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) e i dati relativi al “Censimento delle aree in dissesto da frana” allestita dalla 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 dissesti. 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 vengono distinte:

- frane attive;
- frane quiescenti che evidenziano fenomeni gravitativi avvenuti in tempi passati e che mostrano chiari segni di instabilità quali contropendenze e rotture di pendio;
- frane antiche stabilizzate 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.

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 alterita 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 e/o alveo con tendenza all'approfondimento

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.

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.

Nel complesso, 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, cave attive e inattive e corpi d'acqua.

Dall'analisi generale del territorio di Pratovecchio Stia emerge come questo sia, come già accennato, caratterizzato dalla presenza di zone molto 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.

Sono presenti numerose frane attive, quiescenti e naturalmente stabilizzate distribuite in tutta l'area di studio.

Le scarpate morfologiche naturali ed antropiche presenti in tutta l'area oggetto dello studio hanno un'altezza variabile da meno di 10 metri a oltre 20 metri e si impostano su terreni granulari cementati e lapidei. Queste scarpate sono da considerarsi soggette a erosione da parte degli agenti atmosferici.

In questo contesto tutto il territorio comunale di Pratovecchio Stia è caratterizzato da processi geomorfologici, che segnano profondamente il territorio a partire dall'erosione, più o meno intensa (erosione superficiale, profonda e a calanchi) a vere e proprie frane (frane, frane antiche, frane quiescenti), che arrivano ad occupare aree molto vaste.

In particolare, ai fini del presente studio, si osserva la diffusa presenza di corpi di frana, dal diverso stato di attività, interferenti con alcuni dei centri urbani oggetto di studio.

3.5 CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE E NOTAZIONI IDROGEOLOGICHE

Per quanto riguarda il sistema idrografico, il reticolo dell'area risulta abbondante data la permeabilità medio-bassa dei terreni affioranti, dovuta alla forte alterazione che comporta la produzione anche di materiale fine.

Le acque meteoriche, principale fonte di alimentazioni dei fossi e dei torrenti, vengono regimate lungo i fianchi dei versanti da canalette di drenaggio che scendendo verso valle convogliano nelle aste fluviali di grado superiore fino raggiungere l'asta principale il Fiume Arno, che corre con andamento circa nord/sud tagliando longitudinalmente in due il territorio comunale.

In particolare il reticolo idrografico che caratterizza il territorio comunale mostra un andamento dei corsi d'acqua verso il corso del Fiume Arno, con una direzione rispettivamente antiappenninica (NE – SW) per gli impluvi posti in sinistra idraulica dell'Arno e con una direzione circa appenninica (NW – SE) per quelli posti in destra idraulica del corso d'acqua principale.

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 argillitici, rispetto a tipi litologici a prevalente composizione calcareo / calcarenitica o di natura arenacea con intensa fratturazione.

L'intero reticolo idrografico ha carattere prevalentemente stagionale.

Per quanto riguarda le caratteristiche idrogeologiche dei terreni presenti nel territorio comunale di Pratovecchio Stia, si può definire che il sistema idrogeologico risulta chiaramente alimentato dai rilievi circostanti la pianura alluvionale. I dati disponibili indicano come la falda alimenti il Fiume Arno. Si può ritenere che tale stato di cose non si modifichi sostanzialmente se non in particolari ed eccezionali episodi di piena del fiume.

Si fornisce di seguito una descrizione sintetica delle diverse situazioni riscontrabili all'interno del territorio comunale.

Falda libera all'interno delle alluvioni del Fiume Arno e dei corsi minori

Si tratta della risorsa più importante che gode di una situazione idrogeologica particolarmente favorevole in corrispondenza dell'area di fondovalle dove sorge l'abitato di Pratovecchio. La risorsa principale a disposizione del territorio è rappresentata dai depositi alluvionali del Fiume Arno. L'assetto idrogeologico di questi settori è favorevole in quanto le litologie che affiorano sui margini collinari dei settori vallivi contribuiscono alla ricarica della falda libera del fondo valle. Questa falda è sfruttata sia a scopo idropotabile sia per scopi diversi con una presenza di pozzi privati. Circa la profondità della falda, questa tende ad aumentare progressivamente dai settori contermini ai rilievi collinari presenti al margine della piana verso il corso dell'Arno, passando da 2–3 m di profondità (si rilevano valori più bassi nelle vallecole minori) fino a 7–8 m, con massimi di 10 m in prossimità dell'argine del fiume. Lo spessore dell'acquifero può essere stimato intorno ai 10 metri.

Falde all'interno delle formazioni litoidi

Si tratta di livelli acquiferi presenti all'interno dell'ammasso roccioso in corrispondenza delle linee di filtrazione idrica confinate nelle fasce di fratturazione della formazione litoide. Talora queste sono frapposte a livelli a minor permeabilità che rendono la falda acquifera di carattere artesiano. La presenza della risorsa idrica è connessa a condizioni di fratturazione e di alimentazione definibili a grande scala e non risolvibili nel ristretto intorno dell'area di captazione e/o di ricerca.

3.6 ACCLIVITA' DEI VERSANTI

Le variazioni altimetriche e topografiche sono utili per la definizione delle zone MOPS delle cartografie di Microzonazione, in quanto 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.

In particolare sono state definite 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;
- dal 25 % al 35 % possono 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.

4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Per effettuare gli studi di Microzonazione si è provveduto alla raccolta e all'archiviazione organizzata di dati pregressi, quali le indagini eseguite dalla ditta Trigeo s.n.c. di Soci (AR) nel periodo maggio-novembre 2015 nell'ambito degli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1, e alla realizzazione, a supporto degli studi di Microzonazione Sismica di Livello 3, di una specifica e inedita campagna di indagini, eseguita da Dott. Pieroni e Dott. Puccetti nel giugno 2022.

Le Carte delle indagini mostrano nel dettaglio, per ciascuna delle frazioni indagate, l'ubicazione di tutte le prove eseguite precedentemente al presente studio reperibili da fonti "bibliografiche" e/o banche dati, 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 Livello 3.

La nomenclatura delle diverse tipologie di indagine ubicate sulla CTR, è stata definita sulla base delle indicazioni riportate al par. 1.1.1. degli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica per la Microzonazione Sismica".

La raccolta dei dati esistenti si è basata sull'acquisizione, laddove reperibili, di stratigrafie relative a pozzi e sondaggi, di certificati di prove penetrometriche dinamiche e statiche, di indagini geofisiche (prove di sismica a rifrazione, prove down-hole, Masw e Hvsr).

Si citano di seguito le fonti di reperimento dei dati raccolti nel citato "data base" (per i dati di base da bibliografia):

- 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 ISPRA relativamente a stratigrafie di pozzi idrici profondi;
- Archivi comunali in merito alle pratiche urbanistiche, edilizie e lavori pubblici;
- Indagini contenute negli Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1.

In particolare, per quanto riguarda le indagini geofisiche sono state ricavate le risultanze del seguente numero di prove, appositamente eseguite o contenute negli Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1

- n. 36 indagini di sismica attiva in onde P e Sh, per la determinazione dei profili sismostratigrafici;
- n. 5 indagini di sismica attiva MASW, per la determinazione dei profili di velocità Vs nel sottosuolo;
- n. 883 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 la definizione della frequenza naturale dei terreni e per la determinazione dell'eventuale comportamento amplificativo degli stessi.

Per la predisposizione degli studi di *Microzonazione Sismica di Livello 3* è stato necessario realizzare una specifica campagna di indagini geofisiche, ad integrazione della campagna di indagine realizzata durante gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1, 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.

Questa campagna è consistita nell'esecuzione di:

- n. 2 indagini di sismica in foro di tipo down-hole in onde P e Sh (a seguito di specifica realizzazione di n. 2 sondaggi a carotaggio continuo);
- n. 4 indagini di sismica attiva in onde P e Sh, per la determinazione dei profili sismostratigrafici.

Si fornisce il dettaglio delle indagini geofisiche appositamente eseguite con la loro distribuzione nelle varie frazioni, eseguite con specifico riferimento agli studi di Microzonazione Sismica di Livello 3.

Pratovecchio Capoluogo:

- n. 1 indagine di sismica in foro di tipo down-hole in onde P e Sh, con sigla identificativa P967.

Stia Capoluogo:

- n. 1 indagine di sismica in foro di tipo down-hole in onde P e Sh, con sigla identificativa P968.
- n. 1 prova sismica a rifrazione con onde P ed onde Sh con sigla identificativa L49.

Casalino:

- n. 1 prova sismica a rifrazione con onde P ed onde Sh con sigla identificativa L46.

Lonnano:

- n. 1 prova sismica a rifrazione con onde P ed onde Sh con sigla identificativa L47.

Papiano:

- n. 1 prova sismica a rifrazione con onde P ed onde Sh con sigla identificativa L48.

Inoltre sono state collezionate, sulla scorta delle specifiche indagini geofisiche eseguite a supporto degli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 e ricavate dall'archivio dei dati di base a disposizione dell'amministrazione Comunale, le seguenti indagini per ciascuna località.

Pratovecchio Capoluogo:

- n. 18 prove sismiche a rifrazione con onde P ed onde Sh), indicate con le seguenti sigle: L2, da L9 a L18, da L25 a L29, L33 e L34.
- n. 4 prove Masw, indicate con le sigle identificative L30, L31, L32 e L34.
- n. 272 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremiti (HVSr), indicate con le seguenti sigle: da P1 a P270 e P891.

Stia Capoluogo:

- n. 13 prove sismiche a rifrazione con onde P ed onde Sh), indicate con le seguenti sigle: da L3 a L4, L6, da L19 a L24 e da L36 a L39.
- n. 5 prove Masw, indicate con le sigle identificative progressive da L40 a L44.

- n. 283 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSR), indicate con le seguenti sigle: da P271 a P545, da P568 a P569, da P892 a P897.

Casalino:

- n. 44 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSR), indicate con le seguenti sigle: da P701 a P734, da P740 a P748 e 889.

Lonnano:

- n. 1 prova sismica a rifrazione con onde P ed onde Sh con sigla identificativa L1.
- n. 50 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSR), indicate con le seguenti sigle: da P735 a P739, da P749 a P796 e 890.

Papiano:

- n. 2 prove sismiche a rifrazione con onde P ed onde Sh con sigle identificative L5 e L45.
- n. 133 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSR), indicate con le seguenti sigle: P546, da P550 a P552, da P554 a P567, da P570 a P586, da P588 a P648, da P650 a P664, da P666 a P687, da P899 a P900.

Vallucciole:

- n. 5 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSR), indicate con sigla identificativa progressiva da P696 a P700.

Campolombardo:

- n. 8 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSR), indicate con sigla identificativa progressiva da P688 a P696.

Gualdo e Cannelle:

- n. 1 prova sismica a rifrazione con onde P ed onde Sh con sigla identificativa L7.
- n. 50 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSR), indicate con sigla identificativa progressiva da P834 a P883.

Tartiglia:

- n. 1 prova sismica a rifrazione con onde P ed onde Sh con sigla identificativa L8.
- n. 37 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSR), indicate con sigla identificativa progressiva da P797 a P833.

L'ubicazione di tali indagini all'interno delle frazioni, in relazione alle problematiche da indagare, è mostrata nelle sopra citate cartografie, mentre per le risultanze si rimanda agli elaborati ed allegati contenuti nella relazione sulle indagini geofisiche svolte nel novero delle attività correlate al presente studio con le relative certificazioni e/o elaborazioni rappresentative e all'elaborato G.05 Carta delle Frequenze.

Per ogni misura HVSR, è stata attribuita una delle seguenti 3 classi di appartenenza (cfr. relazioni sulle indagini geofisiche svolte):

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

Parametro	Peso Parametro	Indicatore (peso=0.33)	Valutazione indicatore (punteggio)			
			Nulla (0)	Bassa (0.33)	Media (0.66)	Alta (1)
Carta geologico - tecnica	1	Anno rilevamento	No data	< 2000		> 2000
		Progetto	No data	Altro	Allegato piano urbanistico	Ad hoc
		Scala rilevamento	No data	50.000-26.000	25.000-11.000	10.000-2.000
Sondaggi a distruzione	0.50	Numero di sondaggi a distruzione	No data	1-5	6-10	>10
		Percentuale di celle occupate da sondaggi a distruzione	No data	1-33%	34-66%	>66%
		Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Sondaggi a carotaggio continuo	1	Numero di sondaggi a carotaggio	No data	1-5	6-10	>10
		Percentuale di celle occupate da sondaggi a carotaggio	No data	1-33%	34-66%	>66%
		Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Indagini geofisiche	0.50	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
		Percentuale di celle occupate da indagini	No data	1-33%	34-66%	>66%
		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	Numero di prove	No data	1-5	6-10	>10
		Percentuale di celle occupate da prove	No data	1-33%	34-66%	>66%
		Percentuale prove che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Misure delle frequenze del sito	0.75	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
		Percentuale di celle occupate da misure	No data	1-33%	34-66%	>66%
		Classe di affidabilità misure (Albarelli et alii)*	No data	Classe A < 33%	Classe A 34-66%	Classe A >66%

Relativamente alle notazioni litotecniche e geotecniche, sulla scorta dei risultati degli studi geologici e geologico tecnici dell'attuale Piano Regolatore è possibile distinguere i terreni presenti nel territorio da un punto di vista litotecnico. Infatti i terreni che possono manifestare comportamento meccanico omogeneo vengono accorpati in "unità litotecniche" distinte. Per cui vengono 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.

Relativamente alla caratterizzazione geotecnica e litotecnica dei terreni, con riferimento alla descrizione geologica relativa a ciascuna formazione, individuata e distinta nelle zone di studio, è stata 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 A

Si tratta di materiali lapidei stratificati costituiti da unico litotipi non stratificato. Questo raggruppamento comprende una unità litologico tecnica cartografata secondo i seguenti criteri:

- **Unità litologico-tecnica A:** rocce non stratificate o con bancate di spessore superiore a 3 mt. E' riconducibile a tale unità la formazione geologica delle Arenarie del Monte Falterona – Membro di Montefalco (FAL1).

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 unità litologico tecniche cartografate secondo i seguenti criteri:

- **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 Argille e Calcari di Canetolo in litofacies torbiditico calcareo marnosa (ACCb), le Arenarie di Monte Senario (SEN), le Arenarie del Monte Falterona – Membro di Camaldoli (FAL2), le Arenarie del Monte Falterona – Membro di Montalto (FAL3), le Marne di Vicchio - litofacies marnoso-calcareo (VIC2), la Formazione Marnoso-arenacea - Membro di Corniolo (FMA2) e la Formazione Marnoso-arenacea - Membro di Premilcuore – litofacies arenacea di Campigna (FMA3a).

- **Unità litologico-tecnica B5:** alternanze ordinate di livelli lapidei e pelitici, con materiale lapideo < 75%. Ne fanno parte le Argille e Calcari di Canetolo (ACC), le Argille e Calcari di Canetolo – litofacies calcareo argillitica (ACCa), le Arenarie del Monte Falterona – Membro di Montalto – litofacies argillitica (FAL3a), le Arenarie del Monte Falterona – Membro di Lonnano (FAL4), le Arenarie del Falterona - Membro di Fosso delle Valli (FAL5), la Formazione di Sillano (SIL), le Marne Varicolori di Villore (MVV), le Siltiti di Fosso Fangacci (SFF) e le Marne di Vicchio - litofacies marnosa (VIC1).

- **Unità litologico-tecnica Bc:** alternanze disordinate di livelli lapidei e pelitici. Ne fa parte la litofacies olistostromica delle Arenarie del Monte Falterona (FALa).

Unità litologico tecnica C

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.. Questo raggruppamento comprende le unità litologico tecniche cartografate secondo i seguenti criteri:

- **Unità litologico-tecnica C1:** conglomerati e breccie clasto-sostenuti. E' riconducibile a tale unità la formazione villafranchiana dei Conglomerati e ciottolami poligenici (VILa).

- **Unità litologico-tecnica C3:** sabbie cementate e arenarie. Sono riconducibili a tale unità la formazione villafranchiana delle Sabbie, sabbie ciottolose e sabbie siltoso-argillose e limi sabbiosi (VILb).

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 breccie 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 ai corpi di frana e ai depositi di versante (dt).

- **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 attivi (ba).
- **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 eluvio-colluviali (d) e i depositi alluvionali inattivi (bi).

I depositi antropici (h), data la loro eterogeneità granulometrica non sono stati attribuiti a una specifica Unità litologico tecnica.

5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Viene definito come modello del sottosuolo “una rappresentazione tridimensionale approssimata di una porzione di sottosuolo, nella quale devono essere distinguibili gli elementi qualitativi e quantitativi necessari per il suo impiego nelle valutazioni funzionali alla specifica applicazione. Metodologicamente è il risultato di un processo interattivo e iterativo di trattamento di dati provenienti da diverse fonti informative, riconducibili a specifiche aree disciplinari: geologia, geofisica e geotecnica”.

In sintesi, il processo è indirizzato e finalizzato alla definizione del minimo numero di parametri necessari a fornire una ricostruzione di Unità Omogenee, cioè quelle unità caratterizzate da valori simili dei parametri rilevanti ai fini dello studio. Il processo prevede di passare da unità strettamente litologiche a unità caratterizzate da parametri geotecnici e geofisici simili.

In particolare, si devono definire per le diverse unità:

- le geometrie e i limiti superiori, laterali e inferiori; in particolare, è importante stabilire il rapporto stratigrafico tra i terreni di copertura e il substrato geologico, per definire l'andamento morfologico del tetto del substrato geologico sepolto;
- l'assetto strutturale degli ammassi rocciosi ed eventualmente delle formazioni fortemente sovracconsolidate e/o cementate;
- le proprietà fisiche e meccaniche, sebbene secondo le loro intrinseche variazioni e valutazioni di incertezza;
- la posizione delle falde acquifere e le loro eventuali oscillazioni, con definizione delle condizioni idrodinamiche e di pressione interstiziale.

Il processo di costruzione del modello del sottosuolo è partito, quindi, dalla ricostruzione dell'assetto geologico-geomorfologico e strutturale dell'area indagata, effettuato sia mediante cartografie già a disposizione e redatte in passato, come la Carta Geologica Regionale (1:10.000), la Carta Geologica del P.R.G., ecc..., sia attraverso un inedita revisione con rilievi di campagna.

Tutta l'informazione geologica acquisita, coadiuvata dai dati geotecnici e geofisici, è stata tradotta in un modello, sintetizzato nelle Carte Geologico Tecniche, fornite in scala 1:5.000, riguardanti i settori del territorio del Comune di Rufina scelti per gli studi di Microzonazione Sismica.

L'insieme dei dati geologici finalizzati a definire modelli del sottosuolo, particolarmente inerenti alla Microzonazione Sismica, hanno consentito di:

- distinguere il substrato geologico dai terreni di copertura;
- definire le loro geometrie;
- individuare, nei terreni di copertura, le aree soggette a fenomeni di instabilità dei versanti;
- individuare le criticità geomorfologiche.

Ai dati di superficie sono stati aggiunti i dati prelevati in profondità con le indagini geognostiche:

- successioni litostratigrafiche;
- contatto terreni di copertura – substrato geologico.

Inoltre, come riportato al precedente capitolo sono stati trattati i dati e gli aspetti di carattere geotecnico e geofisico delle varie UO riconosciute.

6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

La finalità delle indagini geotecniche negli studi di Microzonazione Sismica è pervenire alla conoscenza dettagliata dello stato del sito e dei terreni presenti nell'area in funzione di un evento sismico attraverso lo studio delle condizioni naturali del terreno in situ mediante indagini geognostiche, prove geotecniche in situ e di laboratorio e di indagini geofisiche, che devono contribuire a definire tutte le caratteristiche morfologiche, stratigrafiche, idrogeologiche, e che, soprattutto, devono identificare il comportamento dinamico dei vari terreni presenti nel sito, assegnando dei valori ai parametri dinamici indispensabili per la valutazione della risposta del sito mediante modelli analitici e numerici.

Il programma delle indagini geotecniche va perciò commisurato sia al problema nonché ai modelli di calcolo di analisi numerica.

Pertanto, ad esempio, nel caso di indagini di specifico interesse di un particolare tipo di intervento (edilizio, infrastrutturale, ecc...) dovranno essere eseguite a supporto specifiche indagini per la valutazione della velocità delle onde sismiche, indagini per la caratterizzazione dinamica dei terreni finalizzate alla definizione dell'analisi di risposta sismica locale, indagini in situ per la valutazione del potenziale di liquefazione, indagini finalizzate alla determinazione dei parametri residui in caso di analisi di stabilità di pendii.

Le incertezze del modello geologico (e geologico-tecnico) ricostruito sono principalmente legate alla mancanza di indagini geognostiche spinte a profondità tali da avere una maggior conoscenza della successione stratigrafica del substrato geologico al fine di evidenziare eventuali variazioni di litofacies in corrispondenza dei contrasti di impedenza riconosciuti dalle indagini HVSR effettuate.

Inoltre dovranno essere implementate le conoscenze relative ai parametri geotecnici desunti da indagini in situ e di laboratorio.

Oltre alle prove geotecniche e indagini in situ dovranno essere realizzate prove geofisiche finalizzate sia alla ricostruzione sismostratigrafica del territorio (i.e. mediante l'esecuzione di indagini di sismica a rifrazione in onde P) sia alla determinazione dei valori di V_s (i.e. indagini Down-Hole, Masw, ecc...).

Le indagini geotecniche di cui si è accennato in precedenza (prove CPT, analisi granulometriche, limiti di Atterberg, ecc...) dovranno chiarire e garantire l'eventuale assenza di fenomeni di liquefazione con tipologia permanente di deformazione in caso di sisma.

7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

Per una completa ed esaustiva trattazione delle indagini geofisiche svolte, della loro elaborazione e dei risultati conseguiti si rimanda alle allegate relazioni contenenti le indagini geofisiche svolte, nel novero del presente studio, per la caratterizzazione sismica e propedeutiche alla redazione della cartografia MOPS di Livello 1 e della Carta di Microzonazione Sismica di Livello 2 e 3.

8. ELABORATI CARTOGRAFICI

Gli studi di Microzonazione Sismica Comunale (di seguito MS) svolti per il Comune di Pratovecchio Stia 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, versione 4.2 del dicembre 2020) e delle specifiche tecniche regionali per la microzonazione sismica approvate con Deliberazione di G.R.T. n. 144/2015.

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 di Attenzione per 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, cedimenti differenziali e sovrapposizione di differenti fenomeni di instabilità).

Per la definizione delle zone e della loro perimetrazione si rimanda a quanto definito al par. 1.1.3 e 1.1.4 degli standard ICMS (versione 4.2 del dicembre 2020).

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 la Microzonazione Sismica del Comune di Pratovecchio Stia sono stati eseguiti (per la totalità dei centri abitati indagati) sia gli studi di Livello 1 che gli studi di Livello 3.

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 negli 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.

INDAGINI MINIME

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 passive del rumore ambientale, mediante tecnica a stazione singola.

ANALISI ED ELABORAZIONI

Sintesi dei dati e delle cartografie disponibili;
Rilettura, sintesi dei dati ed eventuali nuovi rilievi geologici.

PRODOTTI FINALI

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

INDAGINI MINIME

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 2;
Misura passive del rumore ambientale, mediante tecnica a stazione singola.
Stendimenti di sismica a rifrazione in onde P e Sh

ANALISI ED ELABORAZIONI

Sintesi dei dati e delle cartografie disponibili;
Rilettura, sintesi dei dati ed eventuali nuovi rilievi geologici.

PRODOTTI FINALI

Carta delle indagini (sia esistenti che di nuova realizzazione);
Carta di Microzonazione Sismica almeno alla scala 1:5.000-1.10.000, rappresentative dei parametri di FA, in termini di pseudoaccelerazione, corrispondenti ai periodi 0.1-0.5 s, 0.4-0.8 s e 0.7-1.1 s;
Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) con eventuali modifiche; almeno alla scala 1:5.000-1.10.000;

**INDAGINI
MINIME**

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: Programmazione ed 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 3;
Misura passiva del rumore ambientale, mediante tecnica a stazione singola.
Stendimenti di sismica a rifrazione in onde P e Sh.
Indagini di sismica a rifrazione in onde P e Sh eseguite in foro di sondaggio (prove down-hole e cross-hole).
Analisi dinamiche di laboratorio.

**ANALISI ED
ELABORAZIONI**

Analisi numeriche di risposta sismica locale almeno 1D e/o 2D per amplificazioni sismiche e/o deformazioni permanenti.

**PRODOTTI
FINALI**

Carta delle indagini (sia esistenti che di nuova realizzazione), implementata rispetto a quella del livello 1 e/o 2 con le nuove indagini;
Carta di Microzonazione Sismica almeno alla scala 1:5.000-1.10.000, rappresentative dei parametri di FA, in termini di pseudoaccelerazione, corrispondenti al periodo 0.1-0.5 s, considerato l'intervallo di riferimento statisticamente più probabile;
Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) con eventuali modifiche; almeno alla scala 1:5.000-1.10.000;
Relazione tecnica illustrativa della Carta MOPS e di Microzonazione Sismica.

Il **Livello 1** 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:

- individuare qualitativamente le aree che necessitano di approfondimenti;
- definire le tipologie di effetti attesi;
- 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. 1.1.3 degli ICMS (versione 4.2 del dicembre 2020), 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 delle **cartografie delle indagini e delle cartografie delle Microzonazione Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)** si rimanda ai par. 1.1.1, 1.1.2 e 1.1.3 degli ICMS (versione 4.2 del dicembre 2020) in cui vengono presentate le procedure di riferimento per la realizzazione delle suddette carte.

Negli studi di **Livello 2** viene introdotto l'elemento quantitativo associato all'area omogenea, utilizzando metodologie di analisi numerica semplificate (abachi a scala regionale, modellizzazione 1D, leggi empiriche), anche mediante l'esecuzione di ulteriori e più mirate indagini.

Questa analisi approfondita ha lo scopo di creare la "Mappa di microzonazione sismica".

Il Livello 2, sviluppato per gli studi di pianificazione urbanistica allorquando le condizioni geologiche e geomorfologiche consentono l'applicazione di metodi semplificati, ha come scopo quello di:

- ricavare le regole e i requisiti volti a ridurre il rischio sismico per le aree urbane e le nuove aree di previsione;
- individuare le aree ad alto rischio che richiedono particolari dettagli;
- definire le priorità di intervento per edifici strategici e rilevanti;
- prevedere gli scenari di danno.

Questo secondo livello prevede l'uso di parametri che quantificano la variazione del movimento sismico sulla superficie e che possono essere determinati con metodi semplificati, mediante l'uso di specifici "abachi", che definiscono i fattori di amplificazione degli spettri elastici sulla superficie, associati alle singole situazioni litostratigrafiche per le quali sono applicabili.

Gli abachi per la caratterizzazione quantitativa dei fenomeni di amplificazione attesi sono tabelle in cui un insieme di valori assunti da parametri considerati diagnostici e ad un particolare livello di rischio sismico sono associati univocamente ai valori previsti dell'amplificazione del movimento sismico (FA o "Amplificazione del fattore" ") rispetto a un motivo di riferimento.

Gli abachi sono stati preparati nell'ambito di uno studio commissionato all'Università DST di Siena (Prof. Albarello) e successivamente approvato dalla Risoluzione regionale.

Per ottenere i fattori di amplificazione dagli abachi litostratigrafici è necessario determinare due parametri:

- a) il valore delle V_s equivalenti (velocità delle onde di taglio sismiche fornite dalla media ponderata della velocità delle onde sismiche fino al raggiungimento del "substrato", caratterizzato da velocità superiori a 800 m/s);
- b) il valore della frequenza fondamentale del terreno.

Il parametro utilizzato per la rappresentazione dei livelli di amplificazione è il fattore di amplificazione di Housner (di seguito denominato FHa) misurato come rapporto tra l'integrale dello spettro di accelerazione di uscita (PSA_{out}) e la controparte integrale dello spettro di accelerazione di ingresso (PSA_{in}). Questo fattore di amplificazione viene calcolato per periodi di riferimento specifici: brevi periodi - $0,1 < T < 0,5$ s; lunghi periodi - $0,4 < T < 0,8$ s e $0,7 < T < 1,1$ s.

Di seguito vengono presentati gli abachi usati per gli studi di Microzonazione di Livello 2, con riferimento alla macroarea Toscana Appenninica di cui il Comune di Pratovecchio Stia fa parte

Toscana Appenninica (Substrato sismico $\leq 30\text{m}$)

Valore di a_g ($T_r=475$ anni) $< 0.15g$

FA 0.1 < T < 0.5 s											
		f0 (Hz)									
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
(s/m) pPA	<200		1.3	1.9	2.2	2.2	2.0	1.9	1.8	1.5	1.8
	300		1.3	1.9	2.1	2.0	1.8	1.8	1.7	1.5	1.9
	500		1.3	1.7	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.6
	700					1.3	1.4	1.5	1.6	1.3	1.4
	≥ 800									1.2	1.2

FA 0.4 < T < 0.8 s											
		f0 (Hz)									
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
(s/m) pPA	<200		2.1	2.3	2.0	1.4	1.2	1.2	1.2	1.0	1.8
	300		2.2	2.2	1.8	1.4	1.2	1.2	1.2	1.1	1.9
	500		2.0	1.9	1.6	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	1.3
	700					1.1	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1
	≥ 800									1.0	1.0

FA 0.7 < T < 1.1 s											
		f0 (Hz)									
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
(s/m) pPA	<200		2.2	1.6	1.4	1.3	1.1	1.1	1.0	1.0	1.4
	300		2.2	1.5	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.3
	500		2.0	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.1
	700					1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
	≥ 800									1.0	1.0

Toscana Appenninica (Substrato sismico $\leq 30\text{m}$)

Valore di a_g ($T_r=475$ anni) $\geq 0.15g$

FA 0.1 < T < 0.5 s											
		f0 (Hz)									
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
(s/m) pPA	<200	0.8	1.3	1.9	2.2	2.1	2.0	1.8	1.8	1.4	1.8
	300	0.6	1.3	1.9	2.0	2.0	1.8	1.7	1.6	1.4	1.9
	500		1.0	1.9	1.8	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.7
	700				1.8	1.4	1.5	1.5	1.5	1.3	1.4
	≥ 800									1.2	1.2

FA 0.4 < T < 0.8 s											
		f0 (Hz)									
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
(s/m) pPA	<200	1.2	2.1	2.2	1.9	1.4	1.2	1.2	1.1	1.0	1.7
	300	1.0	2.2	2.1	1.7	1.4	1.2	1.2	1.1	1.1	1.8
	500		2.0	1.9	1.6	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	1.3
	700				1.5	1.1	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1
	≥ 800									1.0	1.0

FA 0.7 < T < 1.1 s											
		f0 (Hz)									
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
(s/m) pPA	<200	1.9	2.3	1.6	1.3	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.3
	300	1.8	2.2	1.5	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.3
	500		2.3	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.1
	700				1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
	≥ 800									1.0	1.0

Toscana Appenninica (Substrato sismico > 30m)

Valore di a_g ($T_r=475$ anni) < 0.15g

FA 0.1 < T < 0.5 s										
		f_0 (Hz)								
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8
$\{v/m\}$ (m/s)	<200	0.8	1.0							75° perc.
	300	1.1	1.5	1.9	2.0	2.1	1.9	2.1	2.2	2.1
	500	1.2	1.4	1.8	2.0	1.8	1.9	1.9	1.9	1.8
	700	1.2	1.2	1.6	1.8	1.8	1.6	1.6	1.6	1.6
	≥800	1.3	1.3		1.5		1.3			1.4

FA 0.4 < T < 0.8 s										
		f_0 (Hz)								
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8
$\{v/m\}$ (m/s)	<200	1.1	1.5							75° perc.
	300	1.4	2.1	2.3	2.0	2.2	2.0	2.0	2.1	1.8
	500	1.3	1.8	2.0	1.7	1.6	1.8	1.8	1.7	1.7
	700	1.2	1.5	1.7	1.6	1.4	1.3	1.5	1.4	1.4
	≥800	1.4	1.3		1.4		1.1			1.3

FA 0.7 < T < 1.1 s										
		f_0 (Hz)								
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8
$\{v/m\}$ (m/s)	<200	1.5	2.6							75° perc.
	300	1.6	2.2	1.7	1.8	1.8	1.7	1.5	1.7	1.9
	500	1.4	1.9	1.5	1.3	1.4	1.5	1.4	1.3	1.4
	700	1.3	1.7	1.3	1.2	1.1	1.1	1.3	1.2	1.2
	≥800	1.7	2.2		1.1		1.0			1.2

Toscana Appenninica (Substrato sismico > 30m)

Valore di a_g ($T_r=475$ anni) ≥ 0.15g

FA 0.1 < T < 0.5 s										
		f_0 (Hz)								
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8
$\{v/m\}$ (m/s)	<200	0.7	1.0							75° perc.
	300	1.1	1.5	1.9	2.1	2.1	1.8	2.0	2.0	2.2
	500	1.2	1.4	1.8	1.9	1.8	1.9	1.9	1.9	1.8
	700	1.2	1.2	1.6	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6
	≥800	1.1	1.2		1.5	1.3	1.3			1.4

FA 0.4 < T < 0.8 s										
		f_0 (Hz)								
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8
$\{v/m\}$ (m/s)	<200	1.1	1.4							75° perc.
	300	1.4	2.1	2.2	2.1	2.2	2.0	2.1	2.1	1.8
	500	1.3	1.9	2.0	1.7	1.6	1.8	1.7	1.7	1.6
	700	1.2	1.5	1.7	1.5	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4
	≥800	1.3	1.5		1.4	1.1	1.1			1.3

FA 0.7 < T < 1.1 s										
		f_0 (Hz)								
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8
$\{v/m\}$ (m/s)	<200	1.4	2.6							75° perc.
	300	1.6	2.3	1.7	1.9	1.8	1.7	1.5	1.9	1.9
	500	1.4	2.0	1.5	1.3	1.5	1.6	1.3	1.3	1.3
	700	1.3	1.7	1.3	1.2	1.1	1.1	1.3	1.2	1.2
	≥800	1.6	2.2		1.1	1.0	1.0			1.2

CLASSI

Velocità (m/s)	$V_s < 200$	
	300	$200 \leq V_s < 400$
	500	$400 \leq V_s < 600$
	700	$600 \leq V_s < 800$
	$V_s \geq 800$	

Frequenza (Hz)	$f_0 < 1$	
	1.5	$1 \leq f_0 < 2$
	2.5	$2 \leq f_0 < 3$
	3.5	$3 \leq f_0 < 4$
	4.5	$4 \leq f_0 < 5$
	5.5	$5 \leq f_0 < 6$
	6.5	$6 \leq f_0 < 7$
	7.5	$7 \leq f_0 < 8$
	≥ 8	

L'obiettivo fondamentale della procedura è, quindi, quello di fornire delle stime statisticamente valide e ragionevolmente conservative del fattore di amplificazione atteso, nelle varie situazioni litostratigrafiche e in

particolare nelle aree a maggior rischio sismico. Queste stime devono poter essere fornite a partire da un numero limitato di osservazioni, relativamente facili da determinare sperimentalmente e comunque rappresentative delle varie possibili situazioni presenti.

Il livello 2 degli studi di Microzonazione Sismica consiste, quindi, nel raggiungere una parametrizzazione dell'amplificazione sismica locale:

- in contesti geologici "semplici" (ad esempio se il modello geologico del sito è caratterizzato dall'assenza di elementi in grado di innescare fenomeni di amplificazione 2D-3D);
- mediante "approcci semplificati" (applicazione di programmi per la stima dell'amplificazione sismica locale);
- senza intervenire sulle aree considerate instabili nello studio di Microzonazione Sismica di Livello 1, poiché tali studi sono previsti per il terzo livello;
- senza intervenire sulle aree considerate nello studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 come stabili, poiché per queste aree il fattore di amplificazione atteso è pari a 1.

I criteri principali per il passaggio da uno studio di microzonazione sismica di livello 1 a uno studio di microzonazione sismica di livello 2 sono legati alla valutazione dell'idoneità al passaggio e si basano sulle seguenti verifiche e controlli:

- Verifica della congruenza tra le sezioni geologico-tecniche che definiscono il modello geologico 2D dell'area e la cartografia MOPS che rappresenta in realtà una ricostruzione 3D dello stesso modello geologico.
- Verifica della congruenza tra le sezioni geologico-tecniche e i risultati delle indagini (nel caso in cui non vi siano idonei rilievi sarà necessario effettuare ulteriori indagini al fine di completare la ricostruzione in termini sismostratigrafici del modello geologico).
- Controllo dell'estrapolazione di area del modello geologico tecnico 2D riportato nelle sezioni geologico tecniche.

La procedura per la realizzazione degli studi di costruzione della Microzonazione Sismica di Livello 2 segue i seguenti steps:

- Prima fase

1. Identificazione delle tipologie lito-stratigrafiche
2. Parametrizzazione delle unità lito-stratigrafiche
3. Inserire la selezione del movimento

- Seconda fase

1. Generazione casuale di profili Vs e curve di degrado
2. Selezione dei profili V e curve di degrado compatibili con le osservazioni
3. Costruzione di funzioni di amplificazione e fattori di amplificazione (FA) per singole tipologie lito-stratigrafiche e gruppi di accelerogrammi

- Terza fase

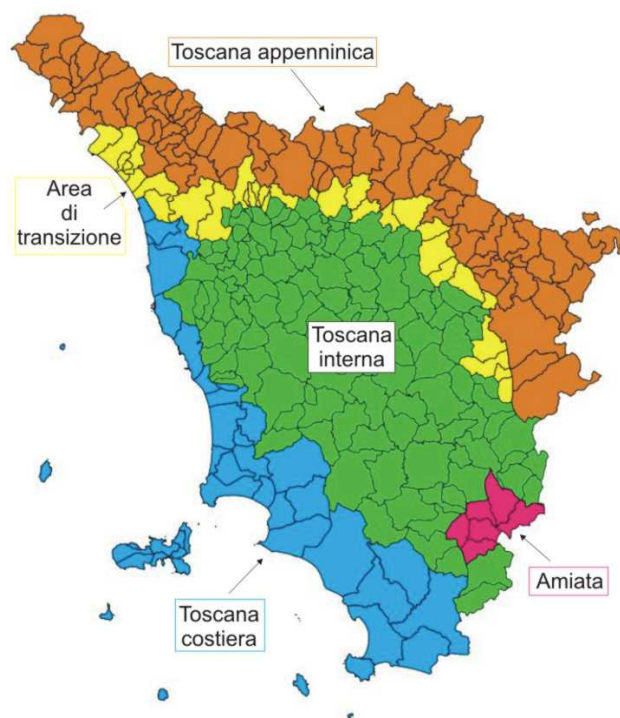
1. Caratterizzazione statistica della distribuzione di valori FA per singole tipologie litografiche e gruppi di accelerogrammi
2. Identificazione dei parametri sperimentali che caratterizzano le varie situazioni lito-stratigrafiche

- Quarta fase

1. Costruzione degli abachi
2. Convalida degli abachi

Per l'utilizzo degli abachi, di seguito sono illustrate le fasi che il professionista incaricato di redigere lo studio di microzonazione sismica di livello 2 deve seguire:

- Verifica dell'ammissibilità: verificare che il comune in esame sia incluso nell'elenco dei comuni ammessi agli studi di microzonazione sismica di secondo livello e per i quali è consentito l'uso di abachi.
- Determinazione della macroarea alla quale appartiene il comune. Nella seguente mappa è possibile visualizzare le diverse macroaree in cui è stato diviso il territorio della Regione Toscana: Toscana appenninica, Toscana interna, Toscana costiera, Area di transizione, Amiata.



- Stima del valore di accelerazione di base: una volta definita la macroarea, è necessario stimare il valore di accelerazione di base per un tempo di ritorno di 475 anni per il centro abitato oggetto di analisi di secondo livello. I valori di soglia sono 0,15 g per le macroaree dell'Appennino toscano e dell'area di transizione e 0,125 g per la Toscana interna. Questa operazione consente di definire il tipo di abaco più adatto al contesto macrosismico dell'area di interesse.
- Verifica dell'idoneità: una volta identificato il sito di misurazione, deve essere verificato che sia adatto per l'applicazione degli abachi litostratigrafici di secondo livello.
- Stima della profondità del substrato: per ciascun sito di misurazione FH_a, deve essere stimata se la profondità del substrato sismico è inferiore o superiore a 30,0 m. Questa informazione è essenziale per scegliere l'abaco più adatto per il contesto sismostratigrafico.
- Determinazione dei valori di FH_a: per ogni sito deve essere definito il valore della frequenza fondamentale e il valore di Vs₃₀ o V_{sh}; in modo da poter dedurre i valori di FH_a (0,1-0,5s), FH_a (0,4-0,8s) e di FH_a (0,7-1,1s).

- Estensione areale del modello: una volta definiti i fattori di amplificazione, l'estensione areale deve tenere conto del modello geologico desunto dallo studio di microzonazione sismica di livello 1, opportunamente integrato in questa fase.

È la facoltà del tecnico che esegue lo studio di non utilizzare i risultati dei programmi regionali, ma di effettuare in alternativa specifiche analisi di risposta sismica locale (RSL) in una configurazione monodimensionale, volte a determinare il fattori di amplificazione FH_a nell'intervallo 0,1-0,5 secondi, 0,4-0,8 secondi e 0,7-1,1 secondi.

Il risultato fondamentale del secondo livello è la ***Carta di Microzonazione Sismica*** ottenuta associando la quantificazione numerica degli effetti, con metodi semplificati, alle parti del territorio suscettibili di amplificazione sismica.

Nella carta vengono individuate le zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali e le zone suscettibili di instabilità.

Per quanto riguarda le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, le amplificazioni vengono quantificate, come descritto precedentemente, per mezzo di abachi che definiscono i fattori di amplificazione degli spettri elastici in superficie, associati alle singole situazioni litostratigrafiche. Detti abachi vengono predisposti dalle regioni, sulla base di criteri generali comuni, tenendo conto delle peculiarità sismotettoniche e geologiche dei rispettivi territori.

Sulla scorta dei fattori di amplificazione locale ricavati per ogni singola zona stabile suscettibile di amplificazioni locali derivante dalla Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) di Livello 1, le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali vengono raggruppate in base al valore del fattore di amplificazione di riferimento.

Inoltre, nella Carta di Microzonazione Sismica vengono inserite le zone suscettibili di instabilità, con particolare riferimento alle zone di attenzione per instabilità di versante, alle zone di attenzione per liquefazione e alle zone di attenzione per cedimenti differenziali.

Negli studi di **Livello 3** viene eseguito uno studio parametrico rigoroso che prevede la disamina di tutti gli aspetti propri di una microzonazione sismica (stima dell'azione sismica e, quindi, dell'eventuale livello di amplificazione sismica e definizione delle aree di rispetto e/o suscettibilità per le aree instabili) mediante procedure avanzate finalizzate ad una parametrizzazione quantitativa.

Nell'ambito di studi di Microzonazione Sismica di Terzo Livello la base di riferimento è la valutazione dell'amplificazione sismica che dovrà prevedere la realizzazione di analisi di risposta sismica locale (tipicamente in assetto bidimensionale) per le quali bisogna definire un modello di input sia sismologico (selezione delle storie temporali di input), geometrico (determinazione dell'assetto geometrico sepolto e superficiale dei terreni interessati dallo studio di microzonazione sismica) e fisico-meccanico (parametrizzazione in chiave dinamica dei sismostrati oggetto delle analisi di RSL).

Il Livello 3 rappresenta, quindi, il livello più approfondito che permette di giungere ad una microzonazione del territorio basata su metodologie analitiche di analisi di tipo quantitativo. Tale approfondimento è finalizzato alla realizzazione della "Carta di Microzonazione Sismica con approfondimenti".

L'obiettivo è valutare e individuare a scala subcomunale (frazioni e centri), aree a comportamento omogeneo sotto il profilo della risposta sismica locale in corrispondenza di un terremoto atteso.

Per ogni centro urbano individuato, è previsto l'avvio di una serie di attività e di indagini per conoscere le caratteristiche geologiche, geotecniche, geofisiche e strutturali dei terreni in funzione dei possibili effetti di amplificazione e di instabilità connessi con un evento sismico.

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

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

Il programma delle attività è improntato su una filosofia operativa di tipo multidisciplinare ed analitica, assimilabile al livello 3 come meglio definito dagli I&C di Microzonazione Sismica, che prede come riferimento i criteri e le metodologie operative definite ed illustrate nelle Istruzioni Tecniche Regionali e si articola nelle seguenti fasi:

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

FASE 1. Redazione e aggiornamento delle Istruzioni tecniche regionali per fissare i criteri e standard previsti per eseguire i rilievi superficiali e le indagini geofisiche e geotecniche di esplorazione del sottosuolo;

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

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

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

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

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

FASE 7. Realizzazione di un banca dati geografica (GIS) dei dati acquisiti mediante le indagini geologiche, geotecniche e geofisiche: Lo scopo principale è poter gestire un quantitativo ingente di informazioni provenienti da diverse discipline e integrare tali dati in modo oggettivo e dinamico, in modo da poterli modificare e aggiornare nel corso del progetto ed utilizzarli per scopi diversi, quali la semplice rappresentazione cartografica, l'estrazione dei dati sulla base di specifiche richieste dell'utente (comuni e singoli professionisti) o l'analisi con diversi metodi.

FASE 8 - Redazione di cartografie di microzonazione sismica da fornire agli Enti Locali ed ai professionisti al fine di integrare lo strumento conoscitivo del territorio e costituire la base conoscitiva da utilizzare anche ai fini urbanistici.

L'analisi parametrica finalizzata alla redazione di una cartografia di microzonazione sismica di livello 3, impone la preliminare definizione di un input sismico, costituito da un set di accelerogrammi naturali sismocompatibili con le caratteristiche tettoniche dell'area e spettrocompatibili con quanto prescritto dalle vigenti NTC 2018. L'input sismico è stato definito mediante la procedura messa a punto dall'Università di Pavia nell'ambito di un Accordo di Collaborazione Scientifica con la Regione Toscana, finalizzata alla "Definizione di input sismici sismocompatibili e spettro-compatibili per i comuni della Regione Toscana".

A tal proposito è stato sviluppato un codice di calcolo di semplice utilizzo che fornisce, in funzione del sito e del periodo di ritorno considerati, l'input sismico compatibile con le NTC18 sia in termini spettrali che di accelerogrammi spettro-compatibili.

Il codice, scritto in Fortran90, è chiamato SCALCONA 3.0 (SCALing of COmpatible Natural Accelerograms) ed è in grado di fornire, in funzione del sito e del periodo di ritorno considerati, l'input sismico compatibile con le NTC18 sia in termini spettrali che di accelerogrammi spettro-compatibili.

Gli accelerogrammi così ottenuti rientrano in una banca dati composta da eventi naturali da preferire all'utilizzo di accelerogrammi artificiali secondo la normativa e gli studi accademici svolti negli anni.

Nel caso on esame, ai fini della selezione degli accelerogrammi non è stata necessaria la suddivisione del territorio in più aree omogenee sismicamente in quanto l'estensione ridotta del Comune di oggetto di studio ha permesso l'utilizzo di un solo set di accelerogrammi.

SCALCONA utilizza opportunamente i risultati della selezione degli accelerogrammi, consentendo di restituire, per il sito e periodo di ritorno di interesse, un gruppo di 7 accelerogrammi che soddisfano i requisiti di spettro-compatibilità prescritti dalle NTC18 e succ. Circolare.

Gli accelerogrammi possono essere selezionati per ciascun punto interno ai territori di studio e per ciascuno dei 9 periodi di ritorno considerati nelle NTC18 (ossia 30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni).

Le analisi di risposta sismica locale realizzate per la microzonazione sismica di livello 3 oggetto del presente lavoro fanno riferimento ad un input sismico relativo ad un periodo di ritorno di 475 anni (SLV) e di 50 anni (SLD).

Per una verifica dei 7 accelerogrammi utilizzati come input delle analisi svolte riferiti ad una condizione detta di "outcrop" e per una completa trattazione delle analisi e delle elaborazioni relative al livello 3 di indagine si rimanda alla specifica **Relazione tecnica inerente l'elaborazione di Risposta Sismica Locale 2D (RSL2D)**.

Il risultato fondamentale del terzo livello è la **Carta di Microzonazione Sismica** ottenuta associando la quantificazione numerica degli effetti, con metodi semplificati, alle parti del territorio suscettibili di amplificazione sismica.

Nella carta vengono individuate le zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali e le zone suscettibili di instabilità.

Per quanto riguarda le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, le amplificazioni vengono quantificate, come descritto precedentemente, per mezzo di abachi che definiscono i fattori di amplificazione degli spettri elastici in superficie, associati alle singole situazioni litostratigrafiche. Detti abachi vengono predisposti dalle regioni, sulla base di criteri generali comuni, tenendo conto delle peculiarità sismotettoniche e geologiche dei rispettivi territori.

Sulla scorta dei fattori di amplificazione locale ricavati per ogni singola zona stabile suscettibile di amplificazioni locali derivante dalla Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) di Livello 1, le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali vengono raggruppate in base al valore del fattore di amplificazione di riferimento.

Inoltre, nella Carta di Microzonazione Sismica vengono inserite le zone suscettibili di instabilità, con particolare riferimento alle zone di attenzione per instabilità di versante, alle zone di attenzione per liquefazione e alle zone di attenzione per cedimenti differenziali.

Per la indicazioni tecniche cui attenersi per la predisposizione della **cartografie di Microzonazione Sismica** si rimanda ai par. 1.1.1, 1.1.2, 1.1.3 e 1.1.4 degli ICMS (versione 4.2 del dicembre 2020) in cui vengono presentate le procedure di riferimento per la realizzazione delle suddette carte.

8.1 INDIVIDUAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE

Gli studi di MS si sono concentrati sulla quasi totalità del territorio comunale ad eccezione di quelle porzioni perimetrali o morfologicamente più acclivi laddove non presenti aree edificate.

Infatti l'area di indagine coincide 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 con rilievo in scala 1:2.000 e restituzione grafica ed “editing” in scala 1:5.000 o 1:10.000 (carta delle indagini, carta delle frequenze, carta geologico tecnica, carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica, carta di Microzonazione Sismica) previste per gli studi di microzonazione sismica di 1°, 2° e 3° Livello.

8.2 CARTA DELLE INDAGINI E CARTA DELLE FREQUENZE

La Carta delle indagini (Tavola G.01) mostra, nel dettaglio per ciascuna delle frazioni indagate, l'ubicazione di tutte le prove eseguite precedentemente al presente studio reperibili da fonti “bibliografiche” e/o banche dati, nonché l'ubicazione delle indagini geofisiche appositamente realizzate nel novero dello svolgimento delle attività di cui al presente studio di microzonazione sismica di 3° livello (cfr. certificazioni ed elaborazione grafiche e tabellari delle prove stesse).

La nomenclatura delle diverse tipologie di indagine ubicate sulla CTR, è stata definita sulla base delle indicazioni riportate al par. 1.1.1. degli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica per la Microzonazione Sismica” (versione 4.2 del dicembre 2020).

Nella Carta delle frequenze (Tavola G.03) vengono fornite le informazioni ottenute (frequenza e ampiezza del picco di risonanza, classe di appartenenza) dall’interpretazione delle misure di rumore sismico eseguite nelle aree urbanizzate del comune di assoggettate 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 0,1-20 Hz);
- aree caratterizzata da presenza di fenomeni di risonanza, distinguendo fra:
 - spessori attesi > di 100 m (indicativamente con $f_0 < 1$ Hz),
 - spessori compresi fra 100 e 50 m (indicativamente con $1\text{ Hz} < f_0 < 2$ Hz),
 - spessori compresi fra 50 e 30 m (indicativamente con $2\text{ Hz} < f_0 < 3$ Hz),
 - spessori compresi fra 30 e 20 m (indicativamente con $3\text{ Hz} < f_0 < 5$ Hz),
 - spessori compresi fra 20 e 10 m (indicativamente con $5\text{ Hz} < f_0 < 8$ Hz),
 - spessori compresi fra 10 e 5 m (indicativamente con $8\text{ Hz} < f_0 < 20$ Hz),
 - spessori minori di 5 m (indicativamente con $f_0 > 20$ 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):

- nessuna risonanza
- 0,1 - 0,5
- 0,5 - 1,0
- 1,0 - 2,5
- 2,5 - 5,0
- 5,0 - 7,5
- 7,5 - 10,0
- 10,0 - 15,0
- 15,0 - 20,0

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

- nessuna risonanza
- 1,1 – 2,0
- 2,0 – 3,0

- 3,0 – 5,0
- > 5,0

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.

Per ulteriori dettagli si rimanda alla relazione allegata al presente documento redatta dall'impresa realizzatrice delle indagini sismiche (cfr. relazione collazionata in apposito fascicolo unitamente alle certificazioni ed elaborazione grafiche e tabellari delle prove stesse).

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 di Microzonazione sismica 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 un'indicazione delle profondità di investigazione per il livello superiore di MS (livello 3) e la definizione della relativa Carta di Microzonazione Sismica di livello 3.

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 le aree di indagine nel territorio comunale di Pratovecchio Stia è riportata nel presente rapporto in cui si descrivono le caratteristiche rilevate per ogni frazione studiata.

8.3 CARTA GEOLOGICO TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA

La carta geologico tecnica è stata redatta in scala 1:10.000 / 1:5.000 (Tavola G.02) rappresenta, secondo quanto previsto dalle norme ICMS (versione 4.2 del dicembre 2020), l'elaborato di compendio di tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche ed idrogeologiche) necessarie alla definizione del modello di sottosuolo e funzionali alla carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) e della carta di microzonazione sismica.

Le unità geologico-litologiche vengono distinte tra terreni di copertura, con spessore minimo di 3,0 m, e substrato geologico rigido o non rigido, per giungere ad una standardizzazione delle informazioni relative agli aspetti geologici e litotecnici. La suddivisione dei litotipi in classi predefinite permette, così, di identificare situazioni litostratigrafiche potenzialmente suscettibili di amplificazione locale o di instabilità. Le tipologie dei terreni di copertura in base alle caratteristiche litologiche e i relativi codici corrispondenti vengono descritti utilizzando l'Unified Soil Classification System (ASTM, 1985, modificato) come di seguito presentato:

In aggiunta per i terreni di copertura vengono riportati i codici relativi agli ambienti di possibile genesi e deposizione dei terreni di copertura.




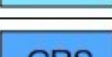
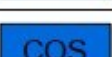
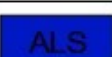
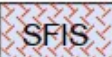
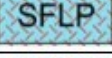

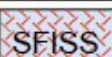





Terreni di copertura		
	RI	Terreni contenenti resti di attività antropica
	GW	Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie
	GP	Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia
	GM	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo
	GC	Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla
	SW	Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose
	SP	Sabbie pulite con granulometria poco assortita
	SM	Sabbie limose, miscela di sabbia e limo
	SC	Sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla
	OL	Limi organici, argille limose organiche di bassa plasticità
	OH	Argille organiche di media-alta plasticità, limi organici
	MH	Limi inorganici, sabbie fini, Limi micacei o diatomitici
	ML	Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità
	CL	Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre
	CH	Argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse
	PT	Torbe ed altre terre fortemente organiche
	LC	Litoide di copertura

Legenda della Carta Geologico Tecnica: terreni di copertura

Ambiente vulcanico	
Colate/spandimenti/cupole/domi/dicchi/coni lavici	la
Piroclastiti	pc
Scorie laviche	sc
Coltri ignimbritiche/tufi	ig
Lahar (colate di fango)	lh
Depositi epiclastici	ep
Ambiente di versante	
Falda detritica	fd
Conoide detritica	cd
Conoide di deiezione	cz
Eluvi/colluvi	ec
Ambiente fluvio - lacustre	
Argine/barre/canali	es
Piana deltizia	dl
Piana pedemontana	pd
Bacino (piana) intramontano	in
Conoide alluvionale	ca
Terrazzo fluviale	tf
Varve	va
Lacustre	lc
Palustre	pa
Piana inondabile	pi
Ambiente carsico	
Riempimento di dolina/karren/vaschetta/sinkhole	do
Forme costruite presso sorgenti	so
Forme costruite in canyon carsici	cy
Croste calcaree	cc
Ambiente glaciale	
Morena	mr
Deposito fluvio glaciale	fg
Deposito lacustre glaciale	fl
Till	ti
Ambiente eolico	
Duna eolica	de
Loess	ls
Ambiente costiero	
Spiaggia	sp
Duna costiera	dc
Cordone litoraneo	cl
Terrazzo marino	tm
Palude/laguna/stagno/lago costiero	pl
Altro ambiente	zz

Legenda della Carta Geologica Tecnica: ambienti genetico-deposizionali dei terreni di copertura

Le unità del substrato geologico vengono definite tenendo conto della tipologia (lapideo, granulare cementato, coesivo sovraconsolidato, alternanza di litotipi), della stratificazione (qualora esistente) e del grado di fratturazione (secondo una valutazione qualitativa).

Substrato geologico		
	IS	Incoerente o poco consolidato
	LP	Lapideo
	GR	Granulare cementato
	CO	Coesivo sovraconsolidato
	AL	Alternanza di litotipi
	ISS	Incoerente o poco consolidato, stratificato
	LPS	Lapideo, stratificato
	GRS	Granulare cementato, stratificato
	COS	Coesivo sovraconsolidato, stratificato
	ALS	Alternanza di litotipi, stratificato
	SFIS	Incoerente o poco consolidato fratturato / alterato
	SFLP	Lapideo fratturato / alterato
	SFGR	Granulare cementato fratturato / alterato
	SFCO	Coesivo sovraconsolidato fratturato / alterato
	SFAL	Alternanza di litotipi fratturato / alterato
	SFISS	Incoerente o poco consolidato, stratificato fratturato / alterato
	SFLPS	Lapideo, stratificato fratturato / alterato
	SFGRS	Granulare cementato, stratificato fratturato / alterato
	SFCOS	Coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato / alterato
	SFALS	Alternanza di litotipi, stratificato fratturato / alterato

Legenda della Carta Geologico Tecnica: substrato geologico

In tale cartografia sono stati riportati gli elementi tettonico strutturali (faglie e strutture tettoniche certe o presunte con relativo stato di attività, stratificazioni) e gli elementi geologico e idrogeologici puntuali derivanti dai dati di base (profondità del substrato rigido raggiunto da sondaggio o pozzo, profondità di sondaggio o pozzo che non ha raggiunto il substrato rigido, profondità della falda).

A riguardo del raggiungimento o meno del substrato rigido si precisa che nella cartografia prodotta viene considerata come substrato rigido la sola unità geologico-tecnica LPS, tra quelle appartenenti al substrato geologico e presenti nel territorio comunale in esame. Infatti le altre unità geologico-tecniche (ALS) appartenenti al substrato geologico non vengono considerate come un substrato rigido in quanto, data la loro natura litologica e stratigrafico-strutturale e sulla scorta delle indagini sismiche effettuate, presentano valori di $V_s < 800$ m/s.

Inoltre vengono fornite indicazioni relativamente alle fenomenologie di instabilità di versante (tipologia di instabilità e stato di attività), per le cui definizioni riguardanti lo stato di attività dei versanti il riferimento è il progetto IFFI. Infine vengono presentate le forme morfologiche di superficie e sepolte.

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

Terreni di copertura

- **Unità geologico-tecnica RI**: corrisponde ai terreni di riporto contenenti resti di attività antropica (h).
- **Unità geologico-tecnica GWpi**: si tratta di terreni costituiti da ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbia di ambiente genetico fluvio lacustre (piana inondabile). A questi corrispondono i depositi alluvionali attivi (b).
- **Unità geologico-tecnica GMtf**: si tratta di terreni costituiti da ghiaie limose, miscela di ghiaie, sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre (terrazzo fluviale). A questi corrispondono i depositi alluvionali inattivi (bi).
- **Unità geologico-tecnica GMfd**: si tratta di terreni costituiti da ghiaie limose, miscela di ghiaie, sabbia e limo di ambiente genetico di versante (falda detritica). A questi corrispondono i corpi detriti appartenenti ai depositi di versante (dt).
- **Unità geologico-tecnica GCle**: si tratta di terreni costituiti da ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla di ambiente genetico fluvio lacustre (lacustre). A questi corrispondono coltri di materiali conglomeratici e/ sabbioso/conglomeratici riconducibili ai depositi continentali Ruscianiani e Villafranchiani (VILa).
- **Unità geologico-tecnica SMec**: si tratta di terreni costituiti da sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico di versante (eluvi/colluvi). A questi corrispondono i depositi eluvio-colluviali (d).
- **Unità geologico-tecnica SMIc**: si tratta di terreni costituiti da sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre (lacustre). A questi corrispondono coltri di materiali sabbiosi e sabbioso argillosi riconducibili ai depositi continentali Ruscianiani e Villafranchiani (VILb).

Per quanto riguarda i corpi di frana, questi sono stati riportati nelle cartografia secondo quanto previsto alla figure 1.1.2-1 e 1.1.2-2 delle norme ICMS (versione 4.2, dicembre 2020), evidenziando per ciascun corpo la sua natura (qualora riscontrabile) e lo stato di attività.

Substrato geologico

- **Unità geologico-tecnica LPS**: corrisponde al substrato geologico costituito da formazioni lapidee, stratificate. A questa unità appartengono i depositi appartenenti alle Arenarie di Monte Senario (SEN), alle Arenarie del Monte Falterona – Membro di Montefalco (FAL1), alle Arenarie del Monte Falterona – Membro di Camaldoli (FAL2), alle Arenarie del Monte Falterona – Membro di Montalto (FAL3), alle Arenarie del Monte Falterona – Membro di Lonnano (FAL4), alle Arenarie del Falterona - Membro di Fosso delle Valli (FAL5), alle Marne di

Vicchio - litofacies marnoso-calcareo (VIC2), alla Formazione Marnoso-arenacea: Membro di Corniolo (FMA2) e alla Formazione Marnoso-arenacea - Membro di Premilcuore – litofacies arenacea di Campigna (FMA3a).

- **Unità geologico-tecnica ALS:** corrisponde al substrato geologico costituito dall'alternanza di litologie stratificate. Ne fanno parte le Argille e Calcari di Canetolo (ACC), le Argille e Calcari di Canetolo – litofacies calcareo argillitica (ACCa), le Argille e Calcari di Canetolo in litofacies torbiditico calcareo marnosa (ACCb), le Arenarie del Monte Falterona – Membro di Montalto – litofacies argillitica (FAL3a), la Formazione di Sillano (SIL), le Siltiti di Fosso Fangacci (SFF), le Marne Varicolori di Villore (MVV), e le Marne di Vicchio - litofacies marnosa (VIC1).

- **Unità geologico-tecnica SFLPS:** corrisponde al substrato geologico costituito da formazioni lapidee, stratificate alterate / fratturate. A questa unità appartengono le litologie alterate / fratturate appartenenti alle Arenarie di Monte Senario (SEN), alle Arenarie del Monte Falterona – Membro di Montefalco (FAL1), alle Arenarie del Monte Falterona – Membro di Camaldoli (FAL2), alle Arenarie del Monte Falterona – Membro di Montalto (FAL3), alle Arenarie del Monte Falterona – Membro di Lonnano (FAL4), alle Arenarie del Falterona - Membro di Fosso delle Valli (FAL5), alla Formazione Marnoso-arenacea: Membro di Corniolo (FMA2) e alla Formazione Marnoso-arenacea - Membro di Premilcuore – litofacies arenacea di Campigna (FMA3a).

- **Unità geologico-tecnica SFALS:** corrisponde al substrato geologico costituito dall'alternanza di litologie stratificate alterate / fratturate. Ne fanno parte le porzioni alterate / fratturate delle Argille e Calcari di Canetolo (ACC), delle Argille e Calcari di Canetolo – litofacies calcareo argillitica (ACCa), delle Arenarie del Monte Falterona – Membro di Montalto – litofacies argillitica (FAL3a) e della Formazione di Sillano (SIL).

- **Unità geologico-tecnica SFAL:** corrisponde al substrato geologico costituito dall'alternanza di litotipi, fratturato e/o alterato. A questa unità sono riferibili i depositi appartenenti ai depositi olistostromici delle Arenarie del M. Falterona (FALa) e alcuni membri delle Arenarie del Monte Falterona – Membro di Montalto (FAL3).

Di seguito viene riportata una tabella comparativa delle classi di attribuzione, per ciascun deposito lito-stratigrafico o formazione geologica, della cartografia litologico-tecnica, secondo le norme VEL, e della cartografia geologico-tecnica per la microzonazione sismica, secondo le norme ICMS (versione 4.2 del dicembre 2020).

SIGLA FORMAZIONE	NOME FORMAZIONE	UNITA' LITOLOGICO-TECNICA (VEL)	UNITA' GEOLOGICO-TECNICA (ICMS)
h	Depositi antropici di riporto	h	RI
	Corpi di frana	E	varie
dt	Depositi di versante	E	GMfd
ba	Depositi alluvionali attivi	E2	GWpi
bi	Depositi alluvionali inattivi	E3	GMtf
d	Depositi eluvio-colluviali	E3	SMec
VILa	Conglomerati e ciottolami poligenici	C1	GClc
VILb	Sabbie, sabbie ciottolose e sabbie siltoso-argillose e limi sabbiosi	C3	SMlc

FAL1	Arenarie del Monte Falterona – Membro di Montefalco	A	LPS SFLPS (se fratturato / alterato)
FAL2	Arenarie del Monte Falterona – Membro di Camaldoli	B4	LPS SFLPS (se fratturato / alterato)
FAL3	Arenarie del Monte Falterona – Membro di Montalto	B4	LPS SFLPS (se fratturato / alterato) SFAL
FAL3a	Arenarie del Monte Falterona – Membro di Montalto – litofacies argillitica	B5	ALS SFALS (se fratturato / alterato)
FAL4	Arenarie del Monte Falterona – Membro di Lonnano	B5	LPS SFLPS (se fratturato / alterato)
FAL5	Arenarie del Falterona - Membro di Fosso delle Valli	B5	LPS SFLPS (se fratturato / alterato)
FMA2	Formazione Marnoso-arenacea - Membro di Corniolo	B4	LPS SFLPS (se fratturato / alterato)
FMA3a	Formazione Marnoso-arenacea - Membro di Premilcuore – litofacies arenacea di Campigna	B4	LPS SFLPS (se fratturato / alterato)
ACC	Argille e Calcari di Canetolo	B5	ALS SFALS (se fratturato / alterato)
ACCa	Argille e Calcari di Canetolo: Litofacies calcareo-argillitica	B5	ALS SFALS (se fratturato / alterato)
ACCb	Argille e Calcari di Canetolo - litofacies calcareo-marnosa	B4	ALS
SEN	Arenarie di Monte Senario	B4	LPS SFLPS (se fratturato / alterato)
SIL	Formazione di Sillano	B5	ALS SFALS (se fratturato / alterato)
MVV	Marne Varicolori di Villore	B5	ALS
SFF	Siltiti di Fosso Fangacci	B5	ALS
VIC1	Marne di Vicchio - litofacies marnosa	B5	ALS
VIC2	Marne di Vicchio - litofacies marnoso-calcareo	B4	LPS
FALa	Arenarie del Monte Falterona – litofacies olistostromica	Bc	SFAL

A corredo della carta geologico-tecnica in scala 1:5.000 / 1:10.000 (Tavola G.02) sono state realizzate alcune sezioni geologico-tecniche (Tavole G.06a e G.06b in scala 1:2.000) rappresentative del modello geologico del sottosuolo.

Suddette sezioni geologico-tecniche sono state editate ex-novo rispetto a quelle sviluppate e presentate nello studio di Livello 1 al fine di renderle del tutto compatibili con gli standard previsti dai criteri ICMS (versione 4.2 del dicembre 2020) e di svilupparle in una nuova ubicazione, in accordo con la Struttura Regionale deputata alla Prevenzione Sismica (Direzione Ambiente ed Energia – Settore Sismica), al fine di renderle sia maggiormente rappresentative del peculiare contesto geologico-stratigrafico, geomorfologico e sismostratigrafico del territorio

che peculiari per gli approfondimenti e le analisi di tipo quantitativo richiesti dagli studi di Microzonazione Sismica di Livello 3.

Tali sezioni sono state, inoltre, 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).

8.4 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 1.1.3 degli ICMS, versione 4.2 del dicembre 2020) alle seguenti categorie di microzone:

- **zone stabili**
- **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**
- **zone di attenzione per le 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° , 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 di attenzione per le 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. ≤ 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 (versione 4.2 del dicembre 2020). Relativamente a tale aspetto si è tenuto conto delle indicazioni di cui alle *“Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazione”* editate dalla Commissione Tecnica per la microzonazione sismica – (versione 1.0 del luglio 2013 e versione 1.20 beta del 2014).

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:

- si siano mosse almeno una volta negli ultimi 40.000 anni
- 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 ITHACA 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.

8.5 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA

La “Carta di Microzonazione Sismica” rappresenta l’elaborato cartografico fondamentale degli studi di microzonazione sismica di Livello 3.

Scopo della realizzazione di tale elaborato è la definizione di zone ad uguale comportamento sismico in funzione dello specifico fattore di amplificazione sismica. La produzione della carta di Microzonazione Sismica si basa sulla sintesi delle informazioni di carattere geologico, geomorfologico, litotecnico-tecnico, di indagine e sismico desunti dalle cartografie tematiche realizzate per lo studio di microzonazione sismica di Livello 1 e sull'applicazione, nel caso del Livello 3 sull'applicazione delle metodologie analitiche di analisi di tipo quantitativo 2D eseguite per le elaborazioni di detto livello di indagine.

Per classificare le aree in esame si è stato fatto riferimento (come da paragrafo 1.1.4 degli ICMS, versione 4.2 del dicembre 2020) alle seguenti categorie di microzone:

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

Le **zone stabili** e le **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali** hanno come attributo i parametri che quantificano l’amplificazione locale del moto sismico di base e uno spettro di risposta elastico rappresentativo.

Le zone stabili sono caratterizzate sempre da un’amplificazione uguale a 1,0. Le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali sono invece caratterizzate da classi di fattori di amplificazione. Se dalle analisi sviluppate con gli abachi o attraverso simulazioni numeriche vengono riscontrate delle deamplificazioni, per convenzione si attribuirà alla microzona un valore uguale a 1,0.

Nell’ambito degli approfondimenti di Livello 3 le amplificazioni vengono valutate attraverso analisi numeriche 2D.

Nella Carta di Microzonazione Sismica viene riportato il parametro che quantifica l’amplificazione indicato dalla Regione.

Nella tabella seguente vengono riportati i parametri di amplificazione da riportare secondo i criteri ICMS (versione 4.2 del dicembre 2020) nelle Carte di Microzonazione Sismica.

Parametro	Descrizione
FA	Valore del fattore di amplificazione FA a bassi periodi come definito in ICMS
FV	Valore del fattore di amplificazione FV ad alti periodi come definito in ICMS
Ft	Valore del fattore di amplificazione topografica come definito in ICMS
FH0105	Valore del fattore di amplificazione calcolato come intensità di Housner in pseudovelocità nell’intervallo di integrazione 0.1-0.5 s
FH0510	Valore del fattore di amplificazione calcolato come intensità di Housner in pseudovelocità nell’intervallo di integrazione 0.5-1.0 s
FH0515	Valore del fattore di amplificazione calcolato come intensità di Housner in pseudovelocità

	nell'intervallo di integrazione 0.5-1.5 s
FPGA	Valore del fattore di amplificazione calcolato in termini di PGA
FA0105	Valore del fattore di amplificazione calcolato sugli spettri in pseudoaccelerazione nell'intervallo di integrazione 0.1-0.5 s
FA0408	Valore del fattore di amplificazione calcolato sugli spettri in pseudoaccelerazione nell'intervallo di integrazione 0.4-0.8 s
FA0711	Valore del fattore di amplificazione calcolato sugli spettri in pseudoaccelerazione nell'intervallo di integrazione 0.7-1.1 s












L'inserimento dei valori di FA0105, FA0408 e FA0711, per garantire omogeneità di rappresentazione nel database a livello nazionale, è obbligatorio per il Livello 3.

Nel caso in esame sono state elaborate le analisi riferibili a tutti e tre i suddetti intervalli di integrazione, tuttavia cartograficamente sono stati presentati i valori del solo intervallo FA0105, dato ritenuto maggiormente rappresentativo e statisticamente più probabile.

Oltre ai valori dei fattori di amplificazione e alle analisi numeriche, negli studi di Microzonazione di Livello 3 viene fornito anche lo spettro elastico di risposta in superficie (output) rappresentativo della singola zona, sia in termini di pseudovelocità, che in termini di pseudoaccelerazione, e gli accelerogrammi di input utilizzati per le elaborazioni numeriche. Per ciascuna microzona viene riportata nel DB anche la categoria di sottosuolo indicativa (A, B, C, D, E), così come definita nella normativa antisismica vigente (NTC2018 - Norme tecniche per le costruzioni - D.M. 17 Gennaio 2018; Eurocodice 8. Progettazione delle strutture per la resistenza sismica). Non è prevista la rappresentazione cartografica delle categorie di sottosuolo.

Nelle carte di Microzonazione Sismica di livello 3 per le zone stabili e per le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali viene usata, secondo quanto riportato alla fig. 1.1.4.1-1 la seguente legenda.

Si precisa che nella zona stabile, con parametro di amplificazione uguale a 1,0 sono comprese le zone con deamplificazione e con amplificazioni fino a 1,04. Nella classe 1,1-1,2, invece, sono compresi valori di amplificazione da 1,05 a 1,24, mentre nella classe 1,3-1,4 sono compresi valori di amplificazione da 1,25 a 1,44, e così via.

Zone stabili (parametro di amplificazione uguale a 1.0). ¹²	
	1.0
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (classe del parametro di amplificazione). ¹³	
	1.1 - 1.2
	1.3 - 1.4
	1.5 - 1.6
	1.7 - 1.8
	1.9 - 2.0
	2.1 - 2.2
	2.3 - 2.4
	2.5 - 3.0
	3.1 - 3.5
	>3.5

Per quanto riguarda le zone suscettibili di instabilità, nella carta di Microzonazione Sismica con approfondimento di Livello 3, le zone suscettibili di instabilità per liquefazione o instabilità di versante potranno avere geometrie, descrizioni e indicazioni diverse e aggiuntive rispetto alla geometria delle zone definite dalla Carta delle MOPS, essendo state espletate ulteriori indagini ed elaborazioni proprie di questo livello di approfondimento.

Le Zone Suscettibili di instabilità (instabilità di versante, liquefazioni, faglie attive e capaci) potranno essere di 2 tipi:

- ZS: Zone di Suscettibilità (zone nelle quali, a seguito di una raccolta dati specifici per l'instabilità in esame e l'applicazione di specifici metodi di calcolo, anche semplificati, è possibile definire la pericolosità in termini quantitativi).
- ZR: Zone di Rispetto (zone nelle quali, a seguito di una raccolta dati specifica per l'instabilità in esame e l'applicazione di specifici metodi di calcolo, anche avanzati, è possibile quantificare con maggior accuratezza la pericolosità. Tale quantificazione è finalizzata all'analisi dettagliata di aree limitate sulle quali possono essere presenti opere vulnerabili).

Per entrambi i tipi di zone sarà possibile riportare un parametro che quantifichi il fenomeno.

I parametri per le instabilità di versante sono il massimo movimento (FRT, in centimetri) di una frana di scivolamento e il massimo spostamento di blocchi (FRR, in metri) in una frana in roccia.













































Il parametro che caratterizza una zona instabile per liquefazione è l'Indice del potenziale di liquefazione (valore medio di IL), così come definito in Sonmez (2003).

Per le faglie attive e capaci il parametro quantitativo richiesto è la dislocazione massima (DISL).



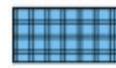
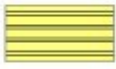

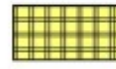



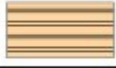























Di seguito vengono riportate le legende relative alle zone di attenzione per instabilità

Zone suscettibili di instabilità	
Vedi Figura 1.1.4.2-2a	ZS _{ra} Zona di Suscettibilità per Instabilità di versante
	ZR _{ra} Zona di Rispetto per Instabilità di versante
Vedi Figura 1.1.4.2-2b	ZS _{uq} Zona di Suscettibilità per Liquefazione
	ZR _{uq} Zona di Rispetto per Liquefazione
	ZS _{rac} Zona di Suscettibilità per Faglie Attive e Capaci
	ZR _{rac} Zona di Rispetto per Faglie Attive e Capaci
	ZAc _d - Zona di Attenzione per cedimenti differenziali/crollo di cavità sotterranee/sinkhole *
	ZAd _o - Zona di Attenzione per sovrapposizione di instabilità differenti *

Estratto Fig. 1.1.4.2-2

Parametro di amplificazione . ^h	ZS _{ra}			ZR _{ra}
	0 < FRT ≤ 15cm 0 < FRR ≤ 10m	15 < FRT ≤ 100cm 10 < FRR ≤ 50m	FRT > 100cm FRR > 50m	
1				
1.1 - 1.2				
1.3 - 1.4				
1.5 - 1.6				
1.7 - 1.8				
1.9 - 2.0				
2.1 - 2.2				
2.3 - 2.4				
2.5 - 3.0				
3.1 - 3.5				
>3.5				

Estratto Fig. 1.1.4.2-2.a

Parametro di amplificazione "	Z _{Suq}		Z _{Ruq}
	2<IL≤5	5<IL≤15	IL >15
1			
1.1 - 1.2			
1.3 - 1.4			
1.5 - 1.6			
1.7 - 1.8			
1.9 - 2.0			
2.1 - 2.2			
2.3 - 2.4			
2.5 - 3.0			
3.1 - 3.5			
>3.5			

Estratto Fig. 1.1.4.2-2.b

Anche in questo caso nella cartografia, su ciascuna zona di attenzione per instabilità di versante e per liquefazione, viene riportato il valore del fattore di amplificazione ricavato.

8.6 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

ELABORAZIONI DI LIVELLO 1

Relativamente al livello 1 e alle carte delle indagini, delle frequenze e geologico tecnica per la microzonazione sismica si rimanda a quanto riportato ai paragrafi 8.2 e 8.3, mentre per quanto concerne la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) nel proseguo vengono elencate e descritte le risultanze relative alla elaborazione della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica eseguita per il territorio comunale (come presentate negli elaborati Tavola G.04 in scala 1:5.000 / 1:10.000).

Nei settori di studio non vengono individuate zone stabili.

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

ID	Descrizione Zona
2001	Substrato lapideo stratificato (LPS). Copertura alteritica < 3,0 m, i > 15°. Basso c.i..
2002	Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS). Copertura alteritica < 3,0 m, i > 15°. Basso c.i..

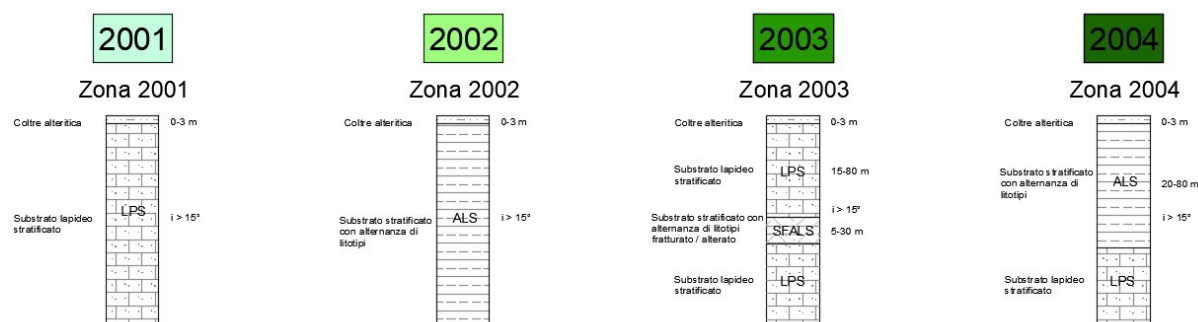
2003	Substrato lapideo stratificato (LPS), dello spessore compreso tra 15,0 e 80,0 m su Substrato con alternanza di litotipi stratificato fratturato/alterato (SFALS) dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Copertura alteritica < 3,0 m. Basso c.i..
2004	Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), dello spessore compreso tra 20,0 e 80,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Copertura alteritica < 3,0 m. Basso c.i..
2005	Copertura alluvionale e di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i..
2006	Copertura alluvionale e di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i..
2007	Copertura alluvionale di natura ghiaioso sabbiosa (GW) dello spessore compreso tra 3,0 e 20,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i..
2008	Copertura di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i..
2009	Copertura di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato con alternanza di litotipi stratificato fratturato/alterato (SFALS) dello spessore compreso tra 10,0 e 25,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i..
2010	Copertura di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS), dello spessore compreso tra 15,0 e 80,0 m su Substrato con alternanza di litotipi stratificato fratturato/alterato (SFALS) dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i..
-2011	Copertura di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS) dello spessore compreso tra 15,0 e 80,0 m, su Substrato con alternanza di litotipi stratificato fratturato/alterato (SFALS) dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i..
2012	Copertura alluvionale di natura ghiaioso sabbiosa (GW) dello spessore compreso tra 3,0 e 20,0 m, su Substrato con alternanza di litotipi fratturato/alterato (SFAL) dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i..
2013	Copertura di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS). Basso c.i..
2014	Copertura di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), dello spessore compreso tra 20,0 e 80,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i..
2015	Copertura alluvionale di natura ghiaioso sabbiosa (GW) dello spessore compreso tra 3,0 e 20,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), dello spessore compreso tra 20,0 e 80,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i..
2016	Copertura fluvio lacustre di natura sabbioso limosa (SM) dello spessore compreso tra 3,0 e 20,0 m, su Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i..
2017	Copertura fluvio lacustre di natura sabbioso limosa (SM) dello spessore compreso tra 3,0 e 20,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), dello spessore compreso tra 20,0 e 80,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i..
2018	Copertura fluvio lacustre di natura sabbioso limosa (SM) dello spessore compreso tra 3,0 e 20,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS). Basso c.i..
2019	Copertura fluvio lacustre di natura ghiaioso argillosa (GC) dello spessore compreso tra 3,0 e 20,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS). Basso c.i..
2020	Copertura fluvio lacustre di natura ghiaioso argillosa (GC) dello spessore compreso tra 3,0 e 20,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i..
2021	Copertura di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato con alternanza di litotipi fratturato/alterato (SFAL) dello spessore compreso tra 10,0 e 25,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i..
2022	Copertura di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato con alternanza di litotipi stratificato fratturato/alterato (SFALS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS). Basso c.i..
2023	Copertura alluvionale di natura ghiaioso sabbiosa (GW) dello spessore compreso tra 3,0 e 20,0 m, su Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i..

2024	Substrato lapideo stratificato (LPS), dello spessore compreso tra 15,0 e 80,0 m su Substrato con alternanza di litotipi stratificato (SFAL) dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i..
2025	Copertura di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS) dello spessore compreso tra 20,0 e 40,0 m, su Substrato con alternanza di litotipi stratificato (ALS). Basso c.i..
2026	Copertura alluvionale di natura ghiaioso sabbiosa (GW) dello spessore compreso tra 3,0 e 20,0 m, su Substrato con alternanza di litotipi stratificato (ALS). Basso c.i..
2027	Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i..
2028	Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i..
2029	Substrato con alternanza di litotipi fratturato/alterato (SFAL) dello spessore compreso tra 10,0 e 25,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i..
2030	Substrato con alternanza di litotipi stratificato fratturato/alterato (SFALS) dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i..
2031	Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS) dello spessore compreso tra 15,0 e 80,0 m, su Substrato con alternanza di litotipi stratificato fratturato/alterato (SFALS) dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i..
2032	Substrato con alternanza di litotipi stratificato fratturato/alterato (SFALS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS). Basso c.i..
2033	Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS) dello spessore compreso tra 20,0 e 40,0 m, su Substrato con alternanza di litotipi stratificato (ALS). Basso c.i..
2034	Substrato con alternanza di litotipi fratturato/alterato (SFAL) dello spessore compreso tra 5,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS) dello spessore compreso tra 5,0 e 15,0 m su Substrato con alternanza di litotipi fratturato/alterato (SFAL) dello spessore compreso tra 5,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i..

Zone di attenzione per le instabilita'

ID	Descrizione Zona
ZAFR1....n	Instabilità di versante per frana (con indicato il numero della zona stabile suscettibile di amplificazione locale a cui il corpo franoso è sovrastante).

Di seguito vengono riportate graficamente le colonne sintetiche rappresentative delle suddette microzone, riportate anche nella specifica carta delle Mops.



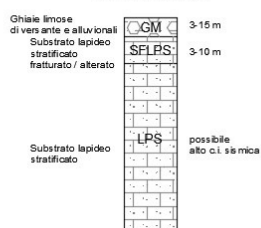
2005

Zona 2005



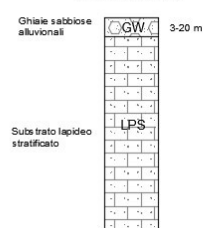
2006

Zona 2006



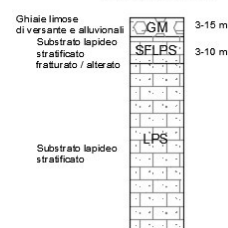
2007

Zona 2007



2008

Zona 2008



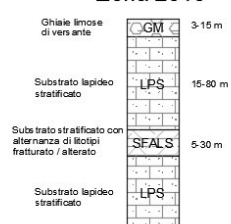
2009

Zona 2009



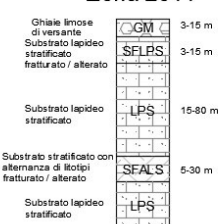
2010

Zona 2010



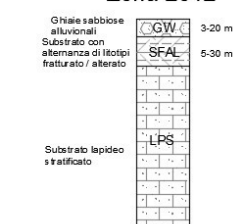
2011

Zona 2011



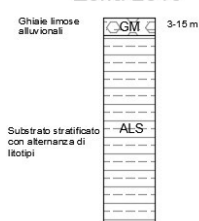
2012

Zona 2012



2013

Zona 2013



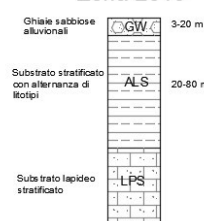
2014

Zona 2014



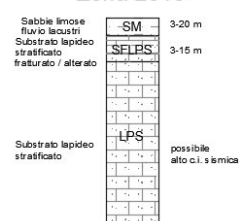
2015

Zona 2015



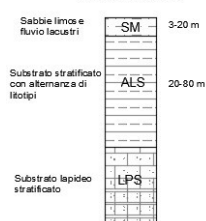
2016

Zona 2016



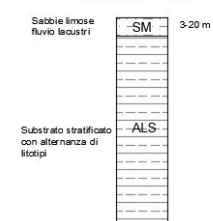
2017

Zona 2017



2018

Zona 2018



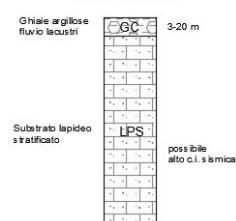
2019

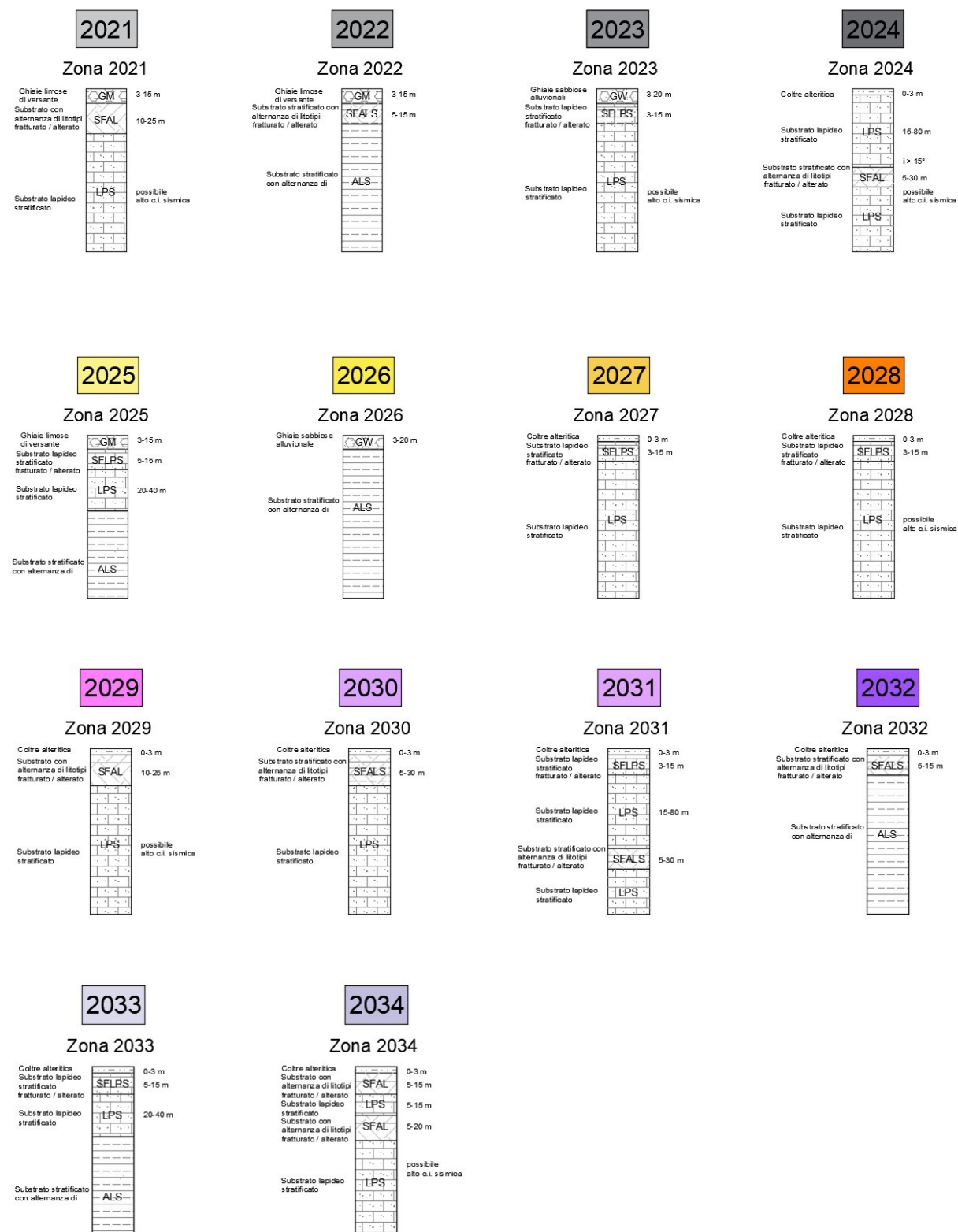
Zona 2019



2020

Zona 2020





ELABORAZIONI DI LIVELLO 3

Per gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 3 del territorio comunale di Pratovecchio e Stia, la Carta delle Indagini di Livello 1 ed il relativo database sono stati aggiornati con i nuovi dati acquisiti durante il presente lavoro; è stata naturalmente seguita la simbologia indicata nelle Istruzioni Tecniche e negli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica ufficiali.

Nella carta sono riportati i risultati della campagna di misure di microtremore a stazione singola HVSR, comunemente nota con il termine H/V condotte secondo gli standard e i criteri stabiliti dagli ICMS e indicati nel Volume di Ingegneria sismica 2/11 per la misura delle frequenze fondamentali dei depositi che costituiscono la copertura della pianura alluvionale e delle coltri detritiche su substrato.

Nella Carta di Microzonazione Sismica è stata riportata la distribuzione delle aree caratterizzate da amplificazioni locali del moto sismico per effetti litostratigrafici, per le quali è stato quantificato analiticamente il fattore di amplificazione FA, ottenuto tramite lo studio di Microzonazione Sismica di Livello 2 effettuato.

In accordo con i referenti della Regione Toscana per meglio rappresentare gli effetti attesi è stata elaborata, per le aree di indagine, la sola rappresentazione cartografica relativa a:

- la carta di microzonazione sismica per il fattore di amplificazione relativo al periodo compreso fra 0.1 e 0.5s.

Per detto elaborato le nuove indagini eseguite hanno confermato il modello geologico generale e quindi, sostanzialmente, la classificazione delle microzone eseguita in fase di Livello 1, sebbene con alcune modifiche.

Pertanto, alle varie Zone individuate in fase di primo livello e confermate o modificate in fase di terzo livello, sono stati assegnati i valori del Fattore di Amplificazione, secondo le procedure indicate nella Relazione tecnica inerente l'elaborazione di Risposta Sismica Locale 2D (RSL2D) e a cui si rimanda per una specifica trattazione.

Si riportano di seguito le Microzone Sismiche individuate nello studio di Terzo Livello e la loro descrizione (come presentate nella Tavola G.05 in scala 1:5.000 / 1:10.000).

Si precisa che nei settori di studio non è stata rilevata la presenza di zone stabili.






Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

ID	Fattore di Amplificazione e Descrizione Zona
2001	Substrato lapideo stratificato (LPS). Copertura alteritica < 3,0 m, i > 15°. Basso c.i. FA 0,1-0,5 1,14
2002	Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS). Copertura alteritica < 3,0 m, i > 15°. Basso c.i. FA 0,1-0,5 1,44
2003	Substrato lapideo stratificato (LPS), dello spessore compreso tra 15,0 e 80,0 m su Substrato con alternanza di litotipi stratificato fratturato/alterato (SFALS) dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Copertura alteritica < 3,0 m. Basso c.i. FA 0,1-0,5 1,44
2004	Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), dello spessore compreso tra 20,0 e 80,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Copertura alteritica < 3,0 m. Basso c.i. FA 0,1-0,5 1,44
2005	Copertura alluvionale e di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i. FA 0,1-0,5 1,31 – 1,44
2006	Copertura alluvionale e di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i. FA 0,1-0,5 1,44
2007	Copertura alluvionale di natura ghiaioso sabbiosa (GW) dello spessore compreso tra 3,0 e 20,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i. FA 0,1-0,5 1,84 – 2,11
2008	Copertura di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i.

	FA 0,1-0,5	1,31
2009	Copertura di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato con alternanza di litotipi stratificato fratturato/alterato (SFALS) dello spessore compreso tra 10,0 e 25,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i..	
	FA 0,1-0,5	1,31
2010	Copertura di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS), dello spessore compreso tra 15,0 e 80,0 m su Substrato con alternanza di litotipi stratificato fratturato/alterato (SFALS) dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i..	
	FA 0,1-0,5	1,31
2011	Copertura di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS) dello spessore compreso tra 15,0 e 80,0 m, su Substrato con alternanza di litotipi stratificato fratturato/alterato (SFALS) dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i..	
	FA 0,1-0,5	1,44
2012	Copertura alluvionale di natura ghiaioso sabbiosa (GW) dello spessore compreso tra 3,0 e 20,0 m, su Substrato con alternanza di litotipi fratturato/alterato (SFAL) dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i..	
	FA 0,1-0,5	1,84
2013	Copertura di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS). Basso c.i..	
	FA 0,1-0,5	1,44
2014	Copertura di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), dello spessore compreso tra 20,0 e 80,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i..	
	FA 0,1-0,5	1,14 – 1,84
2015	Copertura alluvionale di natura ghiaioso sabbiosa (GW) dello spessore compreso tra 3,0 e 20,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), dello spessore compreso tra 20,0 e 80,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i..	
	FA 0,1-0,5	1,44
2016	Copertura fluvio lacustre di natura sabbioso limosa (SM) dello spessore compreso tra 3,0 e 20,0 m, su Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i..	
	FA 0,1-0,5	1,84 – 2,11
2017	Copertura fluvio lacustre di natura sabbioso limosa (SM) dello spessore compreso tra 3,0 e 20,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), dello spessore compreso tra 20,0 e 80,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i..	
	FA 0,1-0,5	1,44
2018	Copertura fluvio lacustre di natura sabbioso limosa (SM) dello spessore compreso tra 3,0 e 20,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS). Basso c.i..	
	FA 0,1-0,5	1,44
2019	Copertura fluvio lacustre di natura ghiaioso argillosa (GC) dello spessore compreso tra 3,0 e 20,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS). Basso c.i..	
	FA 0,1-0,5	1,31
2020	Copertura fluvio lacustre di natura ghiaioso argillosa (GC) dello spessore compreso tra 3,0 e 20,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i..	
	FA 0,1-0,5	2,11
2021	Copertura di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato con alternanza di litotipi fratturato/alterato (SFAL) dello spessore compreso tra 10,0 e 25,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i..	
	FA 0,1-0,5	1,84
2022	Copertura di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato con alternanza di litotipi stratificato fratturato/alterato (SFALS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS). Basso c.i..	
	FA 0,1-0,5	1,44
2023	Copertura alluvionale di natura ghiaioso sabbiosa (GW) dello spessore compreso tra 3,0 e 20,0 m, su Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i..	
	FA 0,1-0,5	1,31 – 2,11

2024	Substrato lapideo stratificato (LPS), dello spessore compreso tra 15,0 e 80,0 m su Substrato con alternanza di litotipi stratificato (SFAL) dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i.. FA 0,1-0,5 1,44
2025	Copertura di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS) dello spessore compreso tra 20,0 e 40,0 m, su Substrato con alternanza di litotipi stratificato (ALS). Basso c.i.. FA 0,1-0,5 1,44
2026	Copertura alluvionale di natura ghiaioso sabbiosa (GW) dello spessore compreso tra 3,0 e 20,0 m, su Substrato con alternanza di litotipi stratificato (ALS). Basso c.i.. FA 0,1-0,5 1,31
2027	Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i.. FA 0,1-0,5 1,31
2028	Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i.. FA 0,1-0,5 1,31
2029	Substrato con alternanza di litotipi fratturato/alterato (SFAL) dello spessore compreso tra 10,0 e 25,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i.. FA 0,1-0,5 1,44
2030	Substrato con alternanza di litotipi stratificato fratturato/alterato (SFALS) dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i.. FA 0,1-0,5 1,31
2031	Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS) dello spessore compreso tra 15,0 e 80,0 m, su Substrato con alternanza di litotipi stratificato fratturato/alterato (SFALS) dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i.. FA 0,1-0,5 1,31
2032	Substrato con alternanza di litotipi stratificato fratturato/alterato (SFALS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS). Basso c.i.. FA 0,1-0,5 1,31
2033	Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS) dello spessore compreso tra 20,0 e 40,0 m, su Substrato con alternanza di litotipi stratificato (ALS). Basso c.i.. FA 0,1-0,5 1,31
2034	Substrato con alternanza di litotipi fratturato/alterato (SFAL) dello spessore compreso tra 5,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS) dello spessore compreso tra 5,0 e 15,0 m su Substrato con alternanza di litotipi fratturato/alterato (SFAL) dello spessore compreso tra 5,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i.. FA 0,1-0,5 1,31

Zone Stabili suscettibili di amplificazione

	Fa = 1,1 - 1,2
	Fa = 1,3 - 1,4
	Fa = 1,3 - 1,4
	Fa = 1,7 - 1,8
	Fa = 2,0 - 2,1

Zone di attenzione per le instabilità'

ID	Descrizione Zona
----	------------------

ZAFR1....n	Instabilità di versante per frana (con indicato il numero della zona stabile suscettibile di amplificazione locale a cui il corpo franoso è sovrastante).	
(30122001)	FA 0,1-0,5	1,56 -2,04 (ZSFR)
(30122002)	FA 0,1-0,5	1,56 (ZSFR)
(30122004)	FA 0,1-0,5	1,56 (ZSFR)
(30122005)	FA 0,1-0,5	1,56 (ZSFR)
(30122008)	FA 0,1-0,5	1,56 (ZSFR)
(30122027)	FA 0,1-0,5	2,04 (ZSFR)
(30122029)	FA 0,1-0,5	2,04 (ZSFR)
(30222001)	FA 0,1-0,5	1,56 -2,04 (ZSFR)
(30222002)	FA 0,1-0,5	1,56 (ZSFR)
(30222004)	FA 0,1-0,5	1,56 (ZSFR)
(30222005)	FA 0,1-0,5	1,56 -2,04 (ZSFR)
(30222006)	FA 0,1-0,5	1,56 (ZSFR)
(30222007)	FA 0,1-0,5	1,56 (ZSFR)
(30222008)	FA 0,1-0,5	1,56 (ZSFR)
(30222009)	FA 0,1-0,5	1,56 (ZSFR)
(30222010)	FA 0,1-0,5	1,56 (ZSFR)
(30222016)	FA 0,1-0,5	1,56 (ZSFR)
(30222018)	FA 0,1-0,5	1,56 (ZSFR)
(30222019)	FA 0,1-0,5	1,56 (ZSFR)
(30222021)	FA 0,1-0,5	1,56 (ZSFR)
(30222022)	FA 0,1-0,5	1,56 (ZSFR)
(30222027)	FA 0,1-0,5	2,04 (ZSFR)
(30222029)	FA 0,1-0,5	2,04 (ZSFR)
(30222033)	FA 0,1-0,5	1,56 (ZSFR)
(30222034)	FA 0,1-0,5	1,56 (ZSFR)

Zone suscettibili di instabilità



Zona di suscettibilità per frane in terra o crollo 1,5- 1,6
FRT= 50



Zona di suscettibilità per frane in terra o crollo 1,9- 2,0
FRT= 50

8.7 CONSIDERAZIONI RELATIVE AGLI APPROFONDIMENTI CONDOTTI SULLE VARIE PORZIONI DI TERRITORIO INDAGATE

Si raccolgono nel presente capitolo considerazioni riassuntive in merito agli aspetti relativi alle indagini eseguite e alla definizione delle zone Mops e dei fattori di amplificazione attribuiti, per ciascuna area oggetto di approfondimento.

PRATOVECCHIO – Capoluogo e Zona Industriale

(vedi tavv. G.01, G.02, G.03, G.04 e G.05 in scala 1:10.000 e G.6a in scala 1:2.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

Il settore di fondovalle su cui sorge l'abitato di Pratovecchio è caratterizzato dalla presenza, in superficie, di depositi alluvionali attivi (b) e inattivi (bi).

Questi poggiano, nella porzione settentrionale del territorio di Pratovecchio su litologie appartenenti all'Unità di Monte Cervarola – Falterona (Dominio Toscano), rappresentata primariamente dal Membro di Montalto (FAL3) delle Arenarie del M. Falterona, nella sua facies principale costituita da un'alternanza di livelli arenacei,

marnosi, argillitici e siltitici e, secondariamente dalla litofacies argillitica del Membro di Montalto delle Arenarie del M. Falterona (FAL3a).

Nella porzione meridionale del territorio di studio i suddetti depositi alluvionali poggiano, invece, sui termini del Dominio Ligure – Unità di Monte Morello e del Dominio Sub-ligure – Unità di Canetolo.

L'Unità di Monte Morello è rappresentata dalla Formazione di Sillano (SIL), mentre l'Unità di Canetolo è rappresentata dalla formazione delle Arenarie di Monte Senario (SEN) e delle Argille e Calcari di Canetolo (ACC).

La totalità delle suddette formazioni si rilevano anche nei settori collinari e montuosi presenti attorno al fondovalle del corso del Fiume Arno, dove si riconosce la presenza anche di altre formazioni geologiche, quali, relativamente all'Unità di Monte Cervarola – Falterona (Dominio Toscano), il Membro di Lonnano (FAL4) delle Arenarie del M. Falterona e la litofacies olistostromica (FALa) delle Arenarie del M. Falterona e, relativamente al Dominio Umbro-Marchigiano la formazione Marnoso Arenacea (FMA).

Nei rilievi collinari presenti nel settore meridionale dell'area di studio sui litotipi litoidi si rileva la presenza di depositi continentali rusciniano villafranchiani rappresentati dalla litofacies conglomeratica e sabbioso-conglomeratica (VILa) e dalla litofacies sabbiosa e sabbioso-argillosa (VILb).

L'assetto giaciturale generale è prevalentemente verso i quadranti meridionali, sebbene sia talora variabile in funzione dell'assetto strutturale e del grado di tettonizzazione dell'area, con inclinazioni a generalmente variabili tra 20° e 50°, ma anche superiori.

Nei settori collinari e montani e al piede dei versanti stessi le litologie del substrato riconosciute sono sovente sormontate da coltri detritiche (dt) e/o eluvio-colluviali (d).

Il contesto è completato dalla presenza di terreni di origine antropica, in particolare in corrispondenza delle aree urbanizzate o di manufatti e/o manomissioni di origine antropica.

Il quadro geomorfologico è contraddistinto in alcuni areali da fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è quiescente o attivo; queste sono presenti lungo i versanti collinari e montani presenti attorno all'abitato di Pratovecchio.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia scarsa acclività (generalmente compresa tra 0% e 5%) nel settore di fondovalle, laddove sorge l'abitato di Pratovecchio, con un aumento della stessa (generalmente compresa tra 5% e 25%) risalendo i settori collinari. Maggiori acclività (comprese tra 25% e 35%, e talora anche superiori) si rilevano nei settori collinari e montani.

Di detti 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 l'area di Pratovecchio 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 e con le indagini specificatamente eseguite a supporto degli Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1.

In particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini:

- n. 11 sondaggi geognostici a carotaggio continuo;
- n. 8 prove penetrometriche dinamiche pesanti;
- n. 6 prove penetrometriche statiche;
- n. 18 prove sismiche a rifrazione con onde P ed onde Sh;

- n. 4 prove sismiche a rifrazione in onde Sh di tipo Masw;
- n. 272 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremiti (HVSr).

In corrispondenza dell'abitato di Pratovecchio sono inoltre stata effettuata ulteriori indagini sismiche finalizzate alla definizione dell'analisi e della risposta sismica dei terreni nell'ambito degli studi di Microzonazione Sismica di Livello 3.

In particolare è stata svolta specificatamente una inedita campagna di indagini geognostiche e geofisiche consistente in:

- n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo;
- n. 1 indagine di sismica in foro di tipo down-hole in onde P e Sh;

Modello geologico del sottosuolo

Il substrato geologico litoide presente nell'area di studio e su cui sorge l'abitato di Pratovecchio risulta costituito da terreni riconducibili alle litologie appartenenti all'Unità di Monte Cervarola – Falterona (Dominio Toscano), all'Unità di Canetolo (Dominio Sub-ligure) e all'Unità di Monte Morello (Dominio Ligure).

In particolare nel settore settentrionale dell'area di indagine il substrato litoide è contraddistinto dai termini del Membro di Montalto delle Arenarie del M. Falterona nella sua litofacies principale e in quella argillitica (FAL3 e FAL3a). Queste litologie affiorano ampiamente nei rilievi collinari e montuosi attorno all'abitato.

Nella porzione meridionale dell'area di studio il substrato litoide è riferibile all'Unità di Canetolo e all'Unità di Monte Morello. Nel primo caso vengono riconosciute le formazioni delle Arenarie di Monte Senario (SEN) e a quella delle Argille e Calcari di Canetolo (ACC); mentre nel secondo caso la Formazione di Sillano (SIL).

Queste litologie affiorano anche nei rilievi collinari e montuosi presenti attorno al fondovalle del Fiume Arno.

In corrispondenza dei rilievi collinari e montuosi oltre alle suddette formazioni si riconosce la presenza anche dei termini litologici riferibili al Membro di Lonnano (FAL4) delle Arenarie del M. Falterona, presente in particolare lungo i rilievi posti a est dell'abitato di Pratovecchio tra le località di Farneta di Sopra e Querceto, alla litofacies olistostromica (FALa) delle Arenarie del M. Falterona, rilevata in vari settori dei rilievi posti ad ovest del fondovalle del Fiume Arno, e alla formazione Marnoso Arenacea (FMA), appartenente al Dominio Umbro-Marchigiano e rilevata in corrispondenza dei rilievi posti tra la località di Querceto e Lonnano.

Le suddette formazioni sono sovente in contatto mediante strutture tettoniche dirette o inverse.

Nel fondovalle del Fiume Arno e dei suoi affluenti minori i termini litoidi sono sormontati da spessori metrici di depositi alluvionali (b e bi).

Nei settori collinari e montuosi e al piede degli stessi i litotipi litoidi sono talora sormontati da spessori plurimetrici di coltre eluvio-colluviale (d) o da coperture detritiche (dt).

Nei rilievi collinari presenti nel settore meridionale dell'area di studio sui litotipi litoidi si rileva talora anche la presenza di depositi continentali rusciniati villafranchiani rappresentati dalla litofacies conglomeratica e sabbioso-conglomeratica (VILa) e dalla litofacies sabbiosa e sabbioso-argillosa (VILb).

Inoltre in alcuni areali vengono riconosciuti spessori metrici di depositi riferibili a coltri di frana.

Infine vi sono talora spessori di entità variabile di terreni di riporto antropico.

Modello geologico tecnico

Le formazioni geologiche presenti nell'area in esame sono state assimilate, in funzione delle loro caratteristiche geo-lito-sedimentologiche, a delle specifiche unità geologico-tecniche.

In particolare, per quanto riguarda i terreni di copertura recente sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica GMfd (Ghiaie limose, miscela di ghiaie, sabbia e limo di ambiente genetico di versante - falda detritica) i

depositi di versante (dt), all'unità geologico-tecnica GWpi (Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbia di ambiente genetico fluvio lacustre - piana inondabile) i depositi alluvionali attivi (b), all'unità geologico-tecnica GMtf (Ghiaie limose, miscela di ghiaie, sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre - piana inondabile) i depositi alluvionali inattivi (bi), all'unità geologico-tecnica GCfc (Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla di ambiente genetico fluvio lacustre – lacustre) le coltri di materiali conglomeratici e sabbioso/conglomeratici riconducibili ai depositi continentali Rusciniiani e Villafranchiani (VILa) e all'unità geologico-tecnica SMLc (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre – lacustre) le coltri di materiali sabbiosi e sabbioso argillosi riconducibili ai depositi continentali Rusciniiani e Villafranchiani (VILb).

Per quanto riguarda i terreni del substrato geologico sono state eseguite le seguenti attribuzioni:

- i terreni di natura litoide appartenenti alle Arenarie di Monte Senario (SEN), alle Arenarie del Monte Falterona – Membro di Montalto (FAL3), alle Arenarie del Monte Falterona – Membro di Lonnano (FAL4) e alla Formazione Marnoso Arenacea (FMA) sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica LPS (Lapideo, stratificato);
- i terreni di natura litoide fratturati / alterati appartenenti alle Arenarie di Monte Senario (SEN), alle Arenarie del Monte Falterona – Membro di Montalto (FAL3), alle Arenarie del Monte Falterona – Membro di Lonnano (FAL4) e alla Formazione Marnoso Arenacea (FMA) sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica SFLPS (Lapideo, stratificato fratturato / alterato);
- i terreni di natura litoide appartenenti alle Argille e Calcari di Canetolo (ACC), alle Arenarie del Monte Falterona – Membro di Montalto – litofacies argillitica (FAL3a) e alla Formazione di Sillano (SIL) sono stati inseriti nella classe geologicotecnica ALS (Alternanza di litotipi, stratificato);
- i terreni di natura litoide fratturati / alterati appartenenti alle Arenarie del Monte Falterona – Membro di Montalto – litofacies argillitica (FAL3a) e alla Formazione di Sillano (SIL) sono stati inseriti nella classe geologicotecnica SFALS (Alternanza di litotipi, stratificato fratturato / alterato);
- le litologie appartenenti alla litofacies olistostromica delle Arenarie del Monte Falterona (FALa) sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica SFAL (Alternanza di litotipi fratturato / alterato).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi attivi e quiescenti.

Inoltre vengono presentate le indicazioni delle strutture tettoniche e gli elementi geologici e idrogeologici relativi ai sondaggi e pozzi presenti nell'area con indicazione della profondità del substrato litoide raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato litoide.

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 precedente dettaglio e da n. 272 misure HVSR di cui n. 179 classificate in classe A1 e n. 93 classificate in A2 si ricava una valutazione di qualità pari a 81,0 che la colloca in classe di accettabilità A.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'abitato di Pratovecchio durante gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 3 è stata eseguita n. 1 indagine di sismica in foro di tipo down-hole in onde P e Sh (indagine P967).

In corrispondenza della medesima area sono stati ricavati, dalla banca dati del Comune di Pratovecchio Stia e dagli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 precedentemente eseguiti, n. 272 misure di sismica passiva

con metodo HVSR (indicate con sigle da P1 a P270 e P891), n. 18 stese di sismica a rifrazione in onde P e Sh (indagini con sigle L2, da L9 a L18, da L25 a L29, L33 e L34) e n. 4 indagini di sismica a rifrazione di tipo Masw (indagini con sigle L30, L31, L32 e L34).

La prova di sismica in foro di tipo down-hole in onde P e Sh P967, eseguita subito a sud della località di Poppiana di Sotto in corrispondenza di un corpo franoso composito quiescente presente lungo il versante che discende verso la porzione orientale dell'abitato di Pratovecchio, in prossimità della prova hvsr P248, che non ha registrato nessun picco significativo, ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di ca. 3,0 m con $V_s = 257$ m/s, un secondo sismostrato dello spessore di ca. 2,0 m con $V_s = 333$ m/s, un terzo sismostrato dello spessore di ca. 5,0 m con $V_s = 320$ m/s, un quarto sismostrato dello spessore di ca. 2,0 m con $V_s = 251$ m/s, un quinto sismostrato dello spessore di ca. 4,0 m con $V_s = 375$ m/s, un sesto sismostrato dello spessore di ca. 3,0 m con $V_s = 310$ m/s e un settimo e ultimo sismostrato investigato per uno spessore di ca. 3,0 m con $V_s = 831$ m/s.

In prossimità della down-hole P967 e in corrispondenza della suddetta prova hvsr P248 è stata eseguita la stesa sismica a rifrazione L2, che ha registrato la presenza di un primo sismostrato, dello spessore di ca. 5,0 m, avente V_s comprese tra 210 e 280 m/s, a cui segue un secondo sismostrato con V_s comprese tra 450 e 495 m/s.

A valle della stesa L2 è stata eseguita la l'indagine masw L32 che ha rilevato una $V_{s30} = 425$ m/s.

Nell'estrema porzione settentrionale dell'abitato di Pratovecchio sono state eseguite le stese sismiche L17 e L18. L'indagine L17 ha registrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di ca. 1,0 m con V_s comprese tra 180 m/s e 280 m/s, a cui segue un secondo sismostrato dello spessore compreso tra 4,0 e 7,0 m con V_s comprese tra 395 m/s e 475 m/s e un terzo sismostrato con V_s comprese tra 815 m/s e 910 m/s.

L'indagine L18 ha, invece, registrato un primo sismostrato dello spessore di ca. 2,0 m con V_s comprese tra 130 m/s e 180 m/s, a cui segue un secondo sismostrato dello spessore compreso tra 4,0 e 7,0 m con V_s comprese tra 255 m/s e 290 m/s e un terzo sismostrato con V_s comprese tra 875 m/s e 970 m/s.

Presso il centro dell'abitato di Pratovecchio sono state eseguite 8 stese di sismica a rifrazione (indagini L11, L12, L13, L14, L15, L16, L33, L35) e n. 1 indagine masw (L34).

Le indagini L11 e L12, associate alla prova hvsr P155 ($f_0 = 13,4$ Hz) sono state eseguite nella porzione meridionale dell'abitato di Pratovecchio. La stesa L11 ha registrato un primo sismostrato dello spessore compreso tra ca. 3,0 m e ca. 5,0 m con V_s comprese tra 230 m/s e 260 m/s, a cui segue un secondo sismostrato dello spessore di ca. 5,0 m con V_s comprese tra 590 m/s e 630 m/s e un terzo sismostrato con V_s comprese tra 1040 m/s e 1130 m/s. Mentre la stesa L12 ha registrato un primo sismostrato dello spessore di ca. un metro con V_s comprese tra 160 m/s e 175 m/s, a cui segue un secondo sismostrato dello spessore di ca. 4,0 m con V_s comprese tra 325 m/s e 370 m/s, un terzo sismostrato dello spessore compreso tra ca. 5,0 m e ca. 7,0 m con V_s comprese tra 600 m/s e 605 m/s e un quarto sismostrato con V_s comprese tra 1015 m/s e 1070 m/s.

L'indagine L13, eseguita presso la prova P195 ($f_0 = 6,5$ Hz) ha registrato un primo sismostrato dello spessore compreso tra ca. 3,0 m e ca. 5,0 m con V_s comprese tra 200 m/s e 215 m/s, a cui segue un secondo sismostrato dello spessore compreso tra ca. 6,0 m e ca. 12,0 m con V_s comprese tra 405 m/s e 480 m/s e un terzo sismostrato con V_s comprese tra 680 m/s e 700 m/s.

L'indagine L14, eseguita presso le prove P209 ($f_0 = 4,0$ Hz) e P210 ($f_0 = 3,5$ Hz) ha registrato un primo sismostrato dello spessore di ca. 3,0 m con V_s comprese tra 295 m/s e 345 m/s, a cui segue un secondo sismostrato dello spessore compreso tra ca. 6,0 m e ca. 10,0 m con V_s comprese tra 355 m/s e 385 m/s e un terzo sismostrato con V_s comprese tra 475 m/s e 530 m/s.

L'indagine L15 ha registrato un primo sismostrato dello spessore di ca. 3,0 – 4,0 m con Vs comprese tra 165 m/s e 170 m/s, a cui segue un secondo sismostrato dello spessore compreso tra ca. 5,0 m e ca. 7,0 m con Vs comprese tra 415 m/s e 515 m/s e un terzo sismostrato con Vs comprese tra 1010 m/s e 1035 m/s.

L'indagine L16 ha registrato un primo sismostrato dello spessore di ca. 4,0 – 9,0 m con Vs comprese tra 430 m/s e 470 m/s, a cui segue un secondo sismostrato dello spessore compreso tra ca. 4,0 m e ca. 8,0 m con Vs comprese tra 460 m/s e 520 m/s e un terzo sismostrato con Vs comprese tra 830 m/s e 960 m/s.

Presso le prove P222 ($f_0 = 20,6$ Hz) e P233 (nessun picco significativo) l'indagine masw L34 ha rilevato una $V_{s30} = 526$ m/s.

Nella porzione meridionale dell'abitato di Pratovecchio la stesa L10, eseguita presso le prove P134 ($f_0 = 12$ Hz), P144 ($f_0 = 10$ Hz) e P145 ($f_0 = 10$ Hz), ha registrato un primo sismostrato dello spessore di ca. 3,0 m con Vs comprese tra 485 m/s e 495 m/s, a cui segue un secondo sismostrato dello spessore compreso tra ca. 6,0 m e ca. 16,0 m con Vs comprese tra 740 m/s e 760 m/s e un terzo sismostrato con Vs comprese tra 1020 m/s e 1100 m/s.

Presso la zona industriale, in corrispondenza della prova P108 ($f_0 = 4$ Hz), la stesa L9 ha registrato un primo sismostrato dello spessore di ca. 2,0 m con Vs comprese tra 150 m/s e 190 m/s, a cui segue un secondo sismostrato dello spessore compreso tra ca. 5,0 m e ca. 10,0 m con Vs comprese tra 285 m/s e 295 m/s e un terzo sismostrato con Vs comprese tra 500 m/s e 520 m/s.

Presso la località Lo Scasso l'indagine masw L31 ha rilevato una $V_{s30} = 423$ m/s.

Mentre in località Pieve Romena, presso le prove P71 ($f_0 = 33,4$ Hz) e P72 (nessun picco significativo) l'indagine masw associata ad una stesa sismica (indagine L25), ha rilevato una $V_{s30} = 478$ m/s.

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

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale

- **zona 2001:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente un Substrato lapideo stratificato (LPS). Copertura alteritica $< 3,0$ m, $i > 15^\circ$. Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie di Monte Senario (SEN) e delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,14 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona interessa vari settori dei rilievi dell'areale di Pratovecchio, come ad esempio l'alto del Castello di Romena.

- **zona 2002:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente un Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS). Copertura alteritica $< 3,0$ m, $i > 15^\circ$. Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Argille e Calcari di Canetolo (ACC).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,44 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in alcuni settori dei rilievi posti nella porzione sud-orientale dell'area in esame, in particolare presso le località Lo Scasso e La Vigna.

- **zona 2003:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente un Substrato lapideo stratificato (LPS), dello spessore compreso tra 15,0 e 80,0 m su Substrato con alternanza di litotipi stratificato fratturato/alterato (SFALS) dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Copertura alteritica < 3,0 m. Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3) e alla litofacies argillitica del Membro di Montalto delle Arenarie del M. Falterona (FAL3a).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,44 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in alcuni settori presso la località Tribbiano di Sopra.

- **zona 2004:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente un Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), dello spessore compreso tra 20,0 e 80,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Copertura alteritica < 3,0 m. Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Argille e Calcari di Canetolo (ACC), Delle Arenarie di Monte Senario (SEN) e delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,44 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in alcuni settori presso la località Fosso e in un ampio settore presso Pieve Romana.

- **zona 2005:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura alluvionale e di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie di Monte Senario (SEN) e delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,31 - 1,44 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in vari settori dell'intera area in esame.

- **zona 2006:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura alluvionale e di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su Substrato lapideo stratificato

fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie di Monte Senario (SEN).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,44 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata presso Case Triboli nella porzione meridionale dell'area di studio.

- **zona 2007:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura alluvionale di natura ghiaioso sabbiosa (GW) dello spessore compreso tra 3,0 e 20,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,84 – 2,11 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata lungo il fondovalle del corso del Fiume Arno, in corrispondenza dell'abitato di Pratovecchio.

- **zona 2008:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie di Monte Senario (SEN).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,31 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in alcuni settori presso la località Podere Collalta.

- **zona 2009:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato con alternanza di litotipi stratificato fratturato/alterato (SFALS) dello spessore compreso tra 10,0 e 25,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3) e alla litofacies argillitica del Membro di Montalto delle Arenarie del M. Falterona (FAL3a). Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,31 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata a nord dell'abitato di Pratovecchio.

- **zona 2010:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS), dello spessore compreso tra 15,0 e 80,0 m su Substrato con alternanza di litotipi stratificato fratturato/alterato (SFALS) dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3) e alla litofacies argillitica del Membro di Montalto delle Arenarie del M. Falterona (FAL3a).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,31 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in un ampio settore nei rilievi a nord dell'abitato di Pratovecchio.

- **zona 2011:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS) dello spessore compreso tra 15,0 e 80,0 m, su Substrato con alternanza di litotipi stratificato fratturato/alterato (SFALS) dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3) e alla litofacies argillitica del Membro di Montalto delle Arenarie del M. Falterona (FAL3a).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,44 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata poco a nord della località Tribbiano di Sopra.

- **zona 2012:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura alluvionale di natura ghiaioso sabbiosa (GW) dello spessore compreso tra 3,0 e 20,0 m, su Substrato con alternanza di litotipi fratturato/alterato (SFAL) dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3) e alla litofacies olistostromica delle Arenarie del M. Falterona (FALa).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,84 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata nel fondovalle del Fiume Arno presso l'area industriale di Pratovecchio.

- **zona 2013:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS). Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Argille e Calcari di Canetolo (ACC).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,44 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata nell'estrema porzione meridionale dell'area di studio.

- **zona 2014:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), dello spessore compreso tra 20,0 e 80,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Argille e Calcari di Canetolo (ACC) e delle Arenarie di Monte Senario (SEN).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,14 – 1,84 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in vari settori dei rilievi collinari posti nella porzione centro-meridionale dell'area di studio.

- **zona 2015:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura alluvionale di natura ghiaioso sabbiosa (GW) dello spessore compreso tra 3,0 e 20,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), dello spessore compreso tra 20,0 e 80,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie di Monte Senario (SEN) e delle Argille e Calcari di Canetolo (ACC).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,44 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in un settore della porzione meridionale dell'area di studio.

- **zona 2016:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura fluvio lacustre di natura sabbioso limosa (SM) dello spessore compreso tra 3,0 e 20,0 m, su Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie di Monte Senario (SEN).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,84 – 2,11 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in alcuni settori della porzione meridionale dell'area di studio.

- **zona 2017:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura fluvio lacustre di natura sabbioso limosa (SM) dello spessore compreso tra 3,0 e 20,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), dello spessore compreso tra 20,0 e 80,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie di Monte Senario (SEN) e delle Argille e Calcari di Canetolo (ACC).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,44 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in un settore della porzione meridionale dell'area di studio.

- **zona 2018:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura fluvio lacustre di natura sabbioso limosa (SM) dello spessore compreso tra 3,0 e 20,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS). Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Argille e Calcari di Canetolo (ACC).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,44 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata nel fondovalle del corso del Fiume Arno (in sinistra idraulica) presso l'estrema porzione meridionale dell'area di studio.

- **zona 2019:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura fluvio lacustre di natura ghiaioso argillosa (GC) dello spessore compreso tra 3,0 e 20,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS). Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Argille e Calcari di Canetolo (ACC).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,31 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in corrispondenza dei rilievi collinari in sinistra idraulica del Fiume Arno, presso l'estrema porzione meridionale dell'area di studio.

- **zona 2020:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura fluvio lacustre di natura ghiaioso argillosa (GC) dello spessore compreso tra 3,0 e 20,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie di Monte Senario (SEN).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 2,11 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in un settore della porzione meridionale dell'area di studio, presso Casa Prato.

- **zona 2021:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato con alternanza di litotipi fratturato/alterato (SFAL) dello spessore compreso tra 10,0 e 25,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3) e alla litofacies olistostromica delle Arenarie del M. Falterona (FALa).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,84 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata presso la parte collinare dell'abitato di Pratovecchio.

- **zona 2022:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato con alternanza di litotipi stratificato fratturato/alterato (SFALS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS). Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della Formazione di Sillano (SIL). Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,44 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in un settore poco ad est dell'abitato di Pratovecchio.

- **zona 2023:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura alluvionale di natura ghiaioso sabbiosa (GW) dello spessore compreso tra 3,0 e 20,0 m, su Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie di Monte Senario (SEN).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,31 – 2,11 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in ampi settori in corrispondenza del corso del Fiume Arno a sud dell'abitato di Pratovecchio.

- **zona 2024:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente un Substrato lapideo stratificato (LPS), dello spessore compreso tra 15,0 e 80,0 m su Substrato con alternanza di litotipi stratificato (SFAL) dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3) e alla litofacies olistostromica delle Arenarie del M. Falterona (FALa).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,44 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in alcuni settori lungo il versante orientale del rilievo del Castello di Romena.

- **zona 2025:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS) dello spessore compreso tra 20,0 e 40,0 m, su Substrato con alternanza di litotipi stratificato (ALS). Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie di Monte Senario (SEN) e delle Argille e Calcari di Canetolo (ACC).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,44 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in alcuni settori nella porzione di territorio presso le località I Caselli e Cascina Rossa.

- **zona 2026:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura alluvionale di natura ghiaioso sabbiosa (GW) dello spessore compreso tra 3,0 e 20,0 m, su Substrato con alternanza di litotipi stratificato (ALS). Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Argille e Calcari di Canetolo (ACC).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,31 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata lungo il fondovalle del corso del Fiume Arno presso l'estrema porzione meridionale dell'area di studio.

- **zona 2027:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente un Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie di Monte Senario (SEN) e della formazione Marnoso Arenacea (FMA).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,31 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in alcuni settori in prossimità dei rilievi presso Podere Coltriciano e tra le località Querceto e Lonnano.

- **zona 2029:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente un Substrato con alternanza di litotipi fratturato/alterato (SFAL) dello spessore compreso tra 10,0 e 25,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3) e della litofacies olistostromica delle Arenarie del Monte Falterona (FALa).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,44 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in alcuni settori lungo i rilievi a ovest dell'abitato di Pratovecchio, in destra idraulica del Fiume Arno, come presso la località Casa Croce.

- **zona 2030:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente un Substrato con alternanza di litotipi stratificato fratturato/alterato (SFALS) dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3) e alla litofacies argillitica del Membro di Montalto delle Arenarie del M. Falterona (FAL3a).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,31 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in alcuni limitati settori a nord dell'abitato di Pratovecchio.

- **zona 2031:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS) dello spessore compreso tra 15,0 e 80,0 m, su Substrato con alternanza di litotipi stratificato fratturato/alterato (SFALS) dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3) e alla litofacies argillitica del Membro di Montalto delle Arenarie del M. Falterona (FAL3a).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,31 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata poco a nord della località Tribbiano di Sopra.

- **zona 2032:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente un Substrato con alternanza di litotipi stratificato fratturato/alterato (SFALS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS). Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della Formazione di Sillano (SIL).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,31 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in alcuni limitati settori poco ad est dell'abitato di Pratovecchio.

- **zona 2033**: questa zona comprende le aree nelle quali è presente un Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS) dello spessore compreso tra 20,0 e 40,0 m, su Substrato con alternanza di litotipi stratificato (ALS). Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie di Monte Senario (SEN) e delle Argille e Calcari di Canetolo (ACC).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,31 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in un limitato settore presso i rilievi sud-occidentali dell'area di studio.

Zone suscettibili di attenzione per instabilità

Le **zone suscettibili di attenzione per instabilità di versante (ZAFR1....n)** sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 1.1.3-3 degli ICMS (versione 4.2 del dicembre 2020) e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

A seguito degli studi di terzo livello, per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s è possibile attribuire valori di amplificazione di 1,56 o 2,04 alle zone ZSFR (zona di suscettibilità per frane).

Infine, in funzione della successione geologica presente nell'intera area di indagine, nell'areale di Stia non si riconoscono zone con terreni potenzialmente liquefacibili e pertanto non sono state definite **zone suscettibili di attenzione per liquefazioni (ZALQ)**.

STIA – Capoluogo

(vedi tavv. G.01, G.02, G.03, G.04 e G.05 in scala 1:10.000 e G.6a in scala 1:2.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

Il settore di fondovalle su cui sorge l'abitato di Stia è caratterizzato dalla presenza, in superficie, di depositi alluvionali attivi (b) e inattivi (bi). Questi poggiano su litologie appartenenti all'Unità di Monte Cervarola – Falterona (Dominio Toscano), rappresentata principalmente dal Membro di Montalto (FAL3) delle Arenarie del M. Falterona, nella sua facies principale costituita da un'alternanza di livelli arenacei, marnosi, argillitici e siltitici.

Secondariamente, il substrato litoide è rappresentato da ulteriori due membri delle Arenarie del M. Falterona, il Membro di Montefalco (FAL1) e il Membro di Camaldoli (FAL2).

Il Membro di Montalto (FAL3) delle Arenarie del M. Falterona rappresenta anche la formazione geologica riconosciuta principalmente nei rilievi collinari e montani dell'area in esame, dove, in particolare nei rilievi montuosi posti ad ovest del capoluogo e in destra idraulica del corso del Fiume Arno, ai margini occidentali

dell'area di studio, è in contatto stratigrafico con la litofacies olistostromica delle Arenarie del M. Falterona (FALa) e in contatto tettonico con le formazioni dell'Unità di Canetolo del Dominio Sub-ligure, rappresentate dalle Arenarie di Monte Senario (SEN) e dalle Argille e Calcari di Canetolo (ACC).

L'assetto giaciturale in corrispondenza delle arenarie torbiditiche del Membro di Montefalco (FAL1), del Membro di Camaldoli (FAL2) e del Membro di Montalto (FAL3) è prevalentemente verso i quadranti meridionali, sebbene sia talora variabile in funzione dell'assetto strutturale e del grado di tettonizzazione dell'area, con inclinazioni a generalmente variabili tra 10° e 40°. In corrispondenza delle litologie riferibili all'Unità di Canetolo l'assetto è estremamente variabile, con inclinazioni, tuttavia, comprese generalmente tra 20° e 45°.

Nei settori collinari e montani e al piede dei versanti stessi le litologie del substrato riconosciute sono sovente sormontate da coltri detritiche (dt) e/o eluvio-colluviali (d).

Il contesto è completato dalla presenza di terreni di origine antropica, in particolare in corrispondenza delle aree urbanizzate o di manufatti e/o manomissioni di origine antropica.

Il quadro geomorfologico è contraddistinto in alcuni areali da fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è quiescente o attivo; queste sono presenti lungo i versanti collinari e montani presenti attorno all'abitato di Stia.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia scarsa acclività (generalmente compresa tra 0% e 5%) nel settore di fondovalle, con un aumento della stessa (generalmente compresa tra 5% e 25%) risalendo i settori collinari. Maggiori acclività (comprese tra 25% e 35%, e talora anche superiori) si rilevano nei settori collinari e montani. Di detti 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 l'area di Stia 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 e con le indagini specificatamente eseguite a supporto degli Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1.

In particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini:

- n. 12 sondaggi geognostici a carotaggio continuo;
- n. 7 prove penetrometriche dinamiche pesanti;
- n. 10 prove penetrometriche statiche;
- n. 14 prove sismiche a rifrazione con onde P ed onde Sh;
- n. 4 prove sismiche a rifrazione in onde Sh di tipo Masw;
- n. 284 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremiti (HVSr).

In corrispondenza dell'abitato di Stia sono inoltre state effettuate ulteriori indagini sismiche finalizzate alla definizione dell'analisi e della risposta sismica dei terreni nell'ambito degli studi di Microzonazione Sismica di Livello 3.

In particolare è stata svolta specificatamente una inedita campagna di indagini geognostiche e geofisiche consistente in:

- n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo;
- n. 1 indagine di sismica in foro di tipo down-hole in onde P e Sh;
- n. 1 prova sismica a rifrazione con onde P ed onde Sh.

Modello geologico del sottosuolo

Il substrato geologico litoide presente nell'area di studio e su cui sorge l'abitato di Stia risulta costituito da terreni riconducibili alle litologie appartenenti all'Unità di Monte Cervarola – Falterona (Dominio Toscano), all'Unità di Canetolo (Dominio Sub-ligure).

In particolare, la maggior parte del substrato litoide su cui sorge l'abitato del Capoluogo, è contraddistinto dai termini del Membro di Montalto delle Arenarie del M. Falterona (FAL3). Queste litologie affiorano ampiamente nei rilievi collinari e montuosi attorno all'abitato.

Secondariamente il substrato litoide, riferibile all'Unità di Monte Cervarola - Falterona è caratterizzato dalle litologie appartenenti al Membro di Montefalco (FAL1), al Membro di Camaldoli (FAL2) e alla litofacies olistostromica (FALa) delle Arenarie del M. Falterona; mentre quello appartenente all'Unità di Canetolo è rappresentato dalla formazione delle Arenarie di Monte Senario (SEN) e a quella delle Argille e Calcari di Canetolo (ACC).

Il Membro di Montefalco (FAL1) e quello di Camaldoli (FAL2) delle Arenarie del M. Falterona affiorano in isolati settori posti nel fondovalle del Fiume Arno a nord dell'abitato di Stia, mentre la litofacies olistostromica (FALa) si rileva lungo i versanti dei rilievi posti ad ovest dell'abitato, in destra idraulica del Fiume Arno, nella porzione oddicentale dell'area di indagine; dove si rinvencono, in contatto tettonico con i termini delle Arenarie del M. Falterona anche le formazioni appartenenti all'Unità di Canetolo del Dominio Sub-ligure, rappresentate dalle Arenarie di Monte Senario (SEN) e dalle Argille e Calcari di Canetolo (ACC).

Le suddette formazioni sono sovente in contatto mediante strutture tettoniche dirette o inverse.

Nel fondovalle del Fiume Arno e dei suoi affluenti minori (tra cui in particolare il Torrente Staggia) i termini litoidi sono sormontati da spessori metrici di depositi alluvionali (b e bi).

Nei settori collinari e montuosi e al piede degli stessi i litotipi litoidi sono talora sormontati da spessori plurimetrici di coltre eluvio-colluviale (d) o da coperture detritiche (dt).

Inoltre in alcuni areali vengono riconosciuti spessori metrici di depositi riferibili a coltri di frana.

Infine vi sono talora spessori di entità variabile di terreni di riporto antropico.

Modello geologico tecnico

Le formazioni geologiche presenti nell'area in esame sono state assimilate, in funzione delle loro caratteristiche geo-lito-sedimentologiche, a delle specifiche unità geologico-tecniche.

In particolare, per quanto riguarda i terreni di copertura recente sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica GMfd (Ghiaie limose, miscela di ghiaie, sabbia e limo di ambiente genetico di versante - falda detritica) i depositi di versante (dt), all'unità geologico-tecnica GWpi (Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbia di ambiente genetico fluvio lacustre - piana inondabile) i depositi alluvionali attivi (b) e all'unità geologico-tecnica GMtf (Ghiaie limose, miscela di ghiaie, sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre - piana inondabile) i depositi alluvionali inattivi (bi).

Per quanto riguarda i terreni del substrato geologico sono state eseguite le seguenti attribuzioni:

- i terreni di natura litoide appartenenti alle Arenarie di Monte Senario (SEN), alle Arenarie del Monte Falterona – Membro di Montefalco (FAL1), alle Arenarie del Monte Falterona – Membro di Camaldoli (FAL2), alle Arenarie del Monte Falterona – Membro di Montalto (FAL3) sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica LPS (Lapideo, stratificato);
- i terreni di natura litoide fratturati / alterati appartenenti alle Arenarie di Monte Senario (SEN), alle Arenarie del Monte Falterona – Membro di Montefalco (FAL1), alle Arenarie del Monte Falterona – Membro di

Camaldoli (FAL2), alle Arenarie del Monte Falterona – Membro di Montalto (FAL3) sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica SFLPS (Lapideo, stratificato fratturato / alterato);

- i terreni di natura litoide appartenenti alle Argille e Calcarei di Canetolo (ACC) sono stati inseriti nella classe geologicotecnica ALS (Alternanza di litotipi, stratificato);

- le litologie appartenenti alla litofacies olistostromica delle Arenarie del Monte Falterona (FALa) sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica SFAL (Alternanza di litotipi fratturato / alterato);

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi attivi e quiescenti.

Inoltre vengono presentate le indicazioni delle strutture tettoniche e gli elementi geologici e idrogeologici relativi ai sondaggi e pozzi presenti nell'area con indicazione della profondità del substrato litoide raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato litoide.

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 precedente dettaglio e da n. 284 misure HVSR di cui n. 156 classificate in classe A1 e n. 128 classificate in A2 si ricava una valutazione di qualità pari a 81,0 che la colloca in classe di accettabilità A.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'abitato di Stia durante gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 3 è stata eseguita n. 1 indagine di sismica in foro di tipo down-hole in onde P e Sh (indagine P968) e n. 1 prova sismica a rifrazione con onde P ed onde Sh (indagine L49).

In corrispondenza della medesima area sono stati ricavati, dalla banca dati del Comune di Pratovecchio Stia e dagli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 precedentemente eseguiti, n. 284 misure di sismica passiva con metodo HVSR (indicate con sigle da P271 a P545, da P568 a P569, da P892 a P897), n. 14 stese di sismica a rifrazione in onde P e Sh (indagini con sigle da L3 a L4, L6, da L19 a L24 e da L36 a L40) e n. 4 indagini di sismica a rifrazione di tipo Masw (indagini con sigle progressive da L41 a L44).

La prova di sismica in foro di tipo down-hole in onde P e Sh P968, eseguita in prossimità della Via Fiorentina presso la località Poggio in corrispondenza di un corpo franoso quiescente presente lungo il versante che discende verso il corso del Fiume Arno, in destra idraulica dello stesso, di fronte al centro storico di Stia, in prossimità della prova hvsr P824 ($f_0 = 17,5$ Hz), ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di ca. 6,0 m con $V_s = 372$ m/s, un secondo sismostrato dello spessore di ca. 2,0 m con $V_s = 339$ m/s, un terzo sismostrato dello spessore di ca. 3,0 m con $V_s = 412$ m/s e un quarto sismostrato dello spessore di ca. 3,0 m con $V_s = 1283$ m/s e un quinto e ultimo sismostrato investigato per uno spessore di ca. 6,0 m con $V_s = 1190$ m/s.

La stesa sismica a rifrazione L49, realizzata presso il Palagio Fiorentino e nelle strette vicinanze delle prove hvsr P859 ($f_0 = 11,1$ Hz) e P860 ($f_0 = 11,3$ Hz), ha registrato la presenza di un primo sismostrato, dello spessore di ca. 6,0 m, avente V_s comprese tra 375 e 415 m/s, a cui segue un secondo sismostrato con V_s comprese tra 1070 e 1190 m/s.

A nord-est dell'indagine L49 lungo i versanti in sinistra idraulica del Torrente Staggia sono state eseguite n. 2 indagini masw (indagini L42 e L43) e n. 1 stesa di sismica a rifrazione (indagine L4).

La masw L42, eseguita presso la prova P378, che non ha registrato la presenza nel sottosuolo dell'area di indagine di nessun picco significativo, ha rilevato una $V_{s30} = 515$ m/s; l'indagine L43, eseguita presso la prova P414 (nessun picco significativo), ha rilevato una $V_{s30} = 480$ m/s.

L'indagine di sismica a rifrazione L4 ha registrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore variabile da un metro a ca. 8,0 m con V_s comprese tra 265 m/s e 310 m/s, a cui segue un secondo sismostrato con V_s comprese tra 495 m/s e 630 m/s. Alla stesa sono associate le prove P422, P423 e P424 che hanno registrato la presenza di picchi a frequenze comprese tra 5,3 Hz e 7,2 Hz e la prova P415 che, invece, non ha registrato nessun picco significativo.

Nell'area nord-est dell'abitato di Stia la masw L41 ha rilevato una $V_{s30} = 323$ m/s, mentre la stesa sismica L3, eseguita presso le prove P355 ($f_0 = 3,0$ Hz) e P356 (nessun picco significativo), ha registrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore variabile tra 1,0 e 3,0 m con V_s comprese tra 145 e 200 m/s, a cui segue un secondo sismostrato dello spessore variabile tra 4,0 e 8,0 m con $V_s = 335$ m/s e un terzo sismostrato con V_s comprese tra 520 e 660 m/s.

Nella porzione di valle, presso Piazza Mazzini sono state eseguite le stese sismiche L23 e L24.

L'indagine L23 ha registrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore variabile tra 2,0 e 8,0 m con V_s comprese tra 285 e 485 m/s, a cui segue un secondo sismostrato dello spessore di ca. 20,0 m con V_s comprese tra 705 e 750 m/s e un terzo sismostrato con $V_s = 1550$ m/s.

L'indagine L24 ha registrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di ca. 5,0 m con V_s comprese tra 360 e 405 m/s, a cui segue un secondo sismostrato dello spessore compreso tra ca. 12,0 e ca. 20,0 m con V_s comprese tra 805 e 880 m/s e un terzo sismostrato con $V_s = 1080$ m/s.

Nel settore meridionale dell'abitato di Stia, nell'area tra Via Arno e la Stazione F.S. Sono state eseguite le stese sismiche L19, L20, L21 e L22.

L'indagine L19 ha registrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore compreso tra ca. 1,0 e ca. 3,0 m con V_s comprese tra 240 e 300 m/s, a cui segue un secondo sismostrato dello spessore compreso tra ca. 2,0 e ca. 10,0 m con V_s comprese tra 380 e 460 m/s e un terzo sismostrato con V_s comprese tra 750 e 1020 m/s.

L'indagine L20 ha registrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore compreso tra ca. 2,0 e ca. 3,0 m con V_s comprese tra 360 e 385 m/s, a cui segue un secondo sismostrato dello spessore compreso tra ca. 7,0 e ca. 10,0 m con V_s comprese tra 550 e 655 m/s e un terzo sismostrato con V_s comprese tra 1050 e 1080 m/s. Nelle vicinanze è stata eseguita la prova P303 che non ha registrato nessun picco significativo.

Le indagini L21 e L22 hanno sostanzialmente registrato la medesima sismostratigrafia con la presenza di un primo sismostrato dello spessore di ca. 1,0 m con V_s comprese tra 190 e 275 m/s, a cui segue un secondo sismostrato dello spessore compreso tra ca. 5,0 e ca. 10,0 m con V_s comprese tra 330 e 460 m/s e un terzo sismostrato con V_s comprese tra 1045 e 1150 m/s.

Presso Via Dante Alighieri la masw L44 ha rilevato una $V_{s30} = 450$ m/s, laddove le prove P437 e P438 non hanno registrato nessun picco significativo di frequenza.

Presso Via di Pescaia la stesa L6 ha registrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore compreso tra ca. 5,0 e ca. 8,0 m con V_s comprese tra 307 e 350 m/s, a cui segue un secondo sismostrato con V_s comprese tra 565 e 795 m/s.

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

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale

- **zona 2001:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente un Substrato lapideo stratificato (LPS). Copertura alteritica $< 3,0$ m, $i > 15^\circ$. Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montefalco (FAL1), delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Camaldoli (FAL2) e delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,14 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona interessa la maggior parte dei rilievi dell'areale di Stia e parte dell'abitato medesimo.

- **zona 2002:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente un Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS). Copertura alteritica < 3,0 m, $i > 15^\circ$. Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Argille e Calcari di Canetolo (ACC).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,44 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in un settore presso la località Case Cervoli.

- **zona 2005:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura alluvionale e di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montefalco (FAL1), delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Camaldoli (FAL2) e delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,31 – 1,44 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in vari settori dell'intera area in esame.

- **zona 2006:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura alluvionale e di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Camaldoli (FAL2).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,44 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in alcuni limitati settori lungo i rilievi posti a nord-est dell'abitato di Stia.

- **zona 2007:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura alluvionale di natura ghiaioso sabbiosa (GW) dello spessore compreso tra 3,0 e 20,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto

c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,84 – 2,11 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata lungo il fondovalle del corso del Fiume Arno.

- **zona 2008:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montefalco (FAL1). Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,31 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in alcuni settori in prossimità del fondovalle del corso del Fiume Arno a nord-ovest dell'abitato di Stia (in corrispondenza del campo sportivo).

- **zona 2021:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato con alternanza di litotipi fratturato/alterato (SFAL) dello spessore compreso tra 10,0 e 25,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3) e alla litofacies olistostromica delle Arenarie del M. Falterona (FALa).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,84 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in alcuni settori limitati a sud dell'area cimiteriale.

- **zona 2023:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura alluvionale di natura ghiaioso sabbiosa (GW) dello spessore compreso tra 3,0 e 20,0 m, su Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montefalco (FAL1) e delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Camaldoli (FAL2).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,31 – 2,11 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in alcuni settori in prossimità del fondovalle del corso del Fiume Arno a nord-ovest dell'abitato di Stia.

- **zona 2024:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente un Substrato lapideo stratificato (LPS), dello spessore compreso tra 15,0 e 80,0 m su Substrato con alternanza di litotipi stratificato (SFAL) dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3) e alla litofacies olistostromica delle Arenarie del M. Falterona (FALa).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,44 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in alcuni settori lungo i rilievi a ovest dell'abitato di Stia, in destra idraulica del Fiume Arno.

- **zona 2025:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS) dello spessore compreso tra 20,0 e 40,0 m, su Substrato con alternanza di litotipi stratificato (ALS). Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie di Monte Senario (SEN) e delle Argille e Calcari di Canetolo (ACC).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,44 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in alcuni settori nella porzione di territorio presso la località Morondoli.

- **zona 2027:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente un Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montefalco (FAL1) e delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Camaldoli (FAL2).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,31 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in alcuni settori in prossimità del fondovalle del corso del Fiume Arno a nord-ovest dell'abitato di Stia.

- **zona 2028:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente un Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Camaldoli (FAL2).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,31 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in alcuni settori attorno al fondovalle del corso del Torrente Staggia, tra l'abitto di Stia e la località Santo Stefano.

- **zona 2029:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente un Substrato con alternanza di litotipi fratturato/alterato (SFAL) dello spessore compreso tra 10,0 e 25,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3) e della litofacies olistostromica delle Arenarie del Monte Falterona (FALa).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,44 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in alcuni settori lungo i rilievi a ovest dell'abitato di Stia, in destra idraulica del Fiume Arno.

- **zona 2033:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente un Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS) dello spessore compreso tra 20,0 e 40,0 m, su Substrato con alternanza di litotipi stratificato (ALS). Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie di Monte Senario (SEN) e delle Argille e Calcari di Canetolo (ACC).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,31 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in alcuni settori presso la località Casina di Ca.

- **zona 2034:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente un Substrato con alternanza di litotipi fratturato/alterato (SFAL) dello spessore compreso tra 5,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS) dello spessore compreso tra 5,0 e 15,0 m su Substrato con alternanza di litotipi fratturato/alterato (SFAL) dello spessore compreso tra 5,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3) e della litofacies olistostromica delle Arenarie del Monte Falterona (FALa).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,31 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in alcuni settori lungo i rilievi a ovest dell'abitato di Stia, in destra idraulica del Fiume Arno.

Zone suscettibili di attenzione per instabilità

Le **zone suscettibili di attenzione per instabilità di versante (ZAFR1....n)** sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 1.1.3-3 degli ICMS (versione 4.2 del dicembre 2020) e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

A seguito degli studi di terzo livello, per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s è possibile attribuire valori di amplificazione di 1,56 o 2,04 alle zone ZSFR (zona di suscettibilità per frane).

Infine, in funzione della successione geologica presente nell'intera area di indagine, nell'areale di Stia non si riconoscono zone con terreni potenzialmente liquefacibili e pertanto non sono state definite **zone suscettibili di attenzione per liquefazioni (ZALQ)**.

CASALINO

(vedi tavv. G.01, G.02, G.03, G.04 e G.05 in scala 1:5.000 e G.6b in scala 1:2.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

Il settore su cui sorge l'abitato di Casalino è caratterizzato dalla presenza di litologie appartenenti all'Unità di Monte Cervarola – Falterona (Dominio Toscano), rappresentata principalmente dal Membro di Montalto (FAL3) e, secondariamente, dal Membro di Lonnano (FAL4) delle Arenarie del M. Falterona e dalla litofacies olistostromica delle Arenarie del M. Falterona (FALa).

I termini riferibili al Membro di Montalto (FAL3) sono prevalenti nell'area in esame e costituiscono il substrato su cui poggia l'abitato di Casalino, mentre i termini riferibili al Membro di Lonnano (FAL4) e alla litofacies olistostromica (FALa) si rinvenivano nei settori del territorio ad est dell'abitato di Casalino.

L'assetto giaciturale è variabile a causa della tettonica dell'area, tuttavia è prevalentemente verso i quadranti meridionali, con inclinazioni estremamente variabili, tra 10° a 70°.

Le litologie litoidi sono sovente sormontate da coltri detritiche (dt) e da depositi di frana sia attive che quiescenti.

Il quadro geomorfologico è contraddistinto in alcuni areali da fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è sia attivo che quiescente, presenti in gran parte dell'area di studio.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia un'acclività generalmente compresa tra 10% e 35% (talora anche superiori).

Di detti 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 l'abitato di Lonnano 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 e con le indagini specificatamente eseguite a supporto degli Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1.

In particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini:

- n. 44 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremiti (HVSr).

In corrispondenza dell'abitato di Casalino sono inoltre state effettuate ulteriori indagini sismiche finalizzate alla definizione dell'analisi e della risposta sismica dei terreni nell'ambito degli studi di Microzonazione Sismica di Livello 3.

In particolare è stata svolta specificatamente una inedita campagna di indagini geognostiche e geofisiche consistente in:

- n. 1 prova sismica a rifrazione con onde P ed onde Sh.

Modello geologico del sottosuolo

Il substrato geologico litoide su cui sorge l'abitato di Casalino risulta costituito da terreni riconducibili alle litologie appartenenti all'Unità di Monte Cervarola – Falterona.

In particolare, la maggior parte del substrato litoide, come nel settore su cui sorge l'abitato di Casalino, è contraddistinto dai termini del Membro di Montalto delle Arenarie del M. Falterona (FAL3). Nella porzione a est dell'abitato stesso e in corrispondenza di alcune strutture tettoniche che dislocano l'assetto e la successione litostratigrafica sono presenti i termini del Membro di Lonnano delle Arenarie del M. Falterona (FAL4) e della litofacies olistostromica delle Arenarie del M. Falterona (FALa).

I litotipi litoidi sono generalmente sormontati da spessori plurimetrici di coltri detritiche o di frana attive e quiescenti.

Modello geologico tecnico

Le formazioni geologiche presenti nell'area in esame sono state assimilate, in funzione delle loro caratteristiche geo-lito-sedimentologiche, a delle specifiche unità geologico-tecniche.

In particolare, per quanto riguarda i terreni di copertura recente sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica GMfd (Ghiaie, sabbia e limo di ambiente genetico di versante - falda detritica) i corpi detritici di versante (dt).

Per quanto riguarda i terreni del substrato geologico sono state eseguite le seguenti attribuzioni:

- i terreni di natura litoide appartenenti alla formazione delle Arenarie del Monte Cervarola – Membro di Lonnano (FAL4) e alla formazione delle Arenarie del Monte Cervarola – Membro di Montalto (FAL3) sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica LPS (Lapideo, stratificato);
- i terreni di natura litoide fratturati / alterati appartenenti alla formazione delle Arenarie del Monte Cervarola – Membro di Lonnano (FAL4) sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica SFLPS (Lapideo, stratificato fratturato / alterato);
- i termini costituiti da un substrato geologico costituito dall'alternanza di litotipi, fratturato e/o alterato sono stati attribuiti all'unità SFAL. A questa unità sono riferibili i depositi appartenenti ai depositi olistostromici delle Arenarie del M. Falterona (FALa).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi attivi e quiescenti.

Inoltre vengono presentate le indicazioni delle strutture tettoniche presenti nell'area.

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 precedente dettaglio e da n. 44 misure HVSr di cui n. 23 classificate in classe A1 e n. 21 classificate in A2 si ricava una valutazione di qualità pari a 47,4 che la colloca in classe di accettabilità C.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'abitato di Casalino durante gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 3 è stata eseguita n. 1 stesa di sismica a rifrazione in onde P e Sh (indagine L46).

In corrispondenza della medesima area sono stati ricavati, dalla banca dati del Comune di Pratovecchio Stia e dagli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 precedentemente eseguiti, n. 44 misure di sismica passiva con metodo HVSR (indicate con le sigle da P701 a P734 e da P740 e 748).

La stesa sismica a rifrazione L46, eseguita nella porzione nord-occidentale dell'abitato presso la prova P742, che non ha mostrato la presenza di picchi di frequenza significativi, ha registrato la presenza di un primo sismostrato superficiale, dello spessore di ca. 3,0 m, avente Vs comprese tra 275 e 305 m/s, a cui segue un secondo sismostrato con Vs comprese tra 925 e 985 m/s.

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

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale

- **zona 2001:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente un Substrato lapideo stratificato (LPS). Copertura alteritica < 3,0 m, $i > 15^\circ$. Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,14 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona interessa la maggior parte del settore di studio, e viene riconosciuta in particolare in corrispondenza dell'abitato di Casalino.

- **zona 2005:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura alluvionale e di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,31 – 1,44 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in vari settori dell'intera area in esame.

- **zona 2027:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente un Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie del Monte Cervarola – Membro di Lonnano (FAL4).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,31 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in alcuni settori nella porzione di territorio ad est dell'abitato di Casalino.

- **zona 2029**: questa zona comprende le aree nelle quali è presente un Substrato con alternanza di litotipi fratturato/alterato (SFAL) dello spessore compreso tra 10,0 e 25,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3) e della litofacies olistostromica delle Arenarie del Monte Falterona (FALa).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,44 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in alcuni settori nella porzione di territorio ad est dell'abitato di Casalino.

Zone suscettibili di attenzione per instabilità

Le **zone suscettibili di attenzione per instabilità di versante (ZAFR1....n)** sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 1.1.3-3 degli ICMS (versione 4.2 del dicembre 2020) e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

A seguito degli studi di terzo livello, per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s è possibile attribuire valori di amplificazione di 1,56 o 2,04 alle zone ZSFR (zona di suscettibilità per frane).

Infine, in funzione della successione geologica presente nell'intera area di indagine, nell'areale di Casalino non si riconoscono zone con terreni potenzialmente liquefacibili e pertanto non sono state definite **zone suscettibili di attenzione per liquefazioni (ZALQ)**.

LONNANO

(vedi tavv. G.01, G.02, G.03, G.04 e G.05 in scala 1:5.000 e G.6b in scala 1:2.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

Il settore su cui sorge l'abitato di Lonnano è caratterizzato dalla presenza di litologie appartenenti all'Unità di Monte Cervarola – Falterona (Dominio Toscano), rappresentata principalmente dal Membro di Montalto (FAL3) e, secondariamente, dal Membro di Lonnano (FAL4) delle Arenarie del M. Falterona e dalle Marne di Vicchio - litofacies marnosa (VIC1).

I termini riferibili al Membro di Montalto (FAL3) sono prevalenti nell'area in esame, mentre i termini riferibili al Membro di Camaldoli (FAL2) e alle Marne di Vicchio - litofacies marnosa (VIC1) si rinvenivano in alcuni settori del territorio a nord-est dell'abitato di Lonnano.

L'assetto giaciturale è variabile a causa della tettonica dell'area, tuttavia è prevalentemente verso i quadranti settentrionali, con inclinazioni principalmente comprese tra 10° e 20°.

Le litologie litoidi sono sovente sormontate da coltri detritiche (dt) e da depositi di frana sia attive che quiescenti.

Il quadro geomorfologico è contraddistinto in alcuni areali da fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è sia attivo che quiescente, presenti in gran parte dell'area di studio.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia un'acclività generalmente compresa tra 10% e 35% (talora anche superiori).

Di detti 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 l'abitato di Lonnano 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 e con le indagini specificatamente eseguite a supporto degli Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1.

In particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini:

- n. 1 prova sismica a rifrazione con onde P ed onde Sh;
- n. 54 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremiti (HVSr).

In corrispondenza dell'abitato di Lonnano sono inoltre state effettuate ulteriori indagini sismiche finalizzate alla definizione dell'analisi e della risposta sismica dei terreni nell'ambito degli studi di Microzonazione Sismica di Livello 3.

In particolare è stata svolta specificatamente una inedita campagna di indagini geognostiche e geofisiche consistente in:

- n. 1 prova sismica a rifrazione con onde P ed onde Sh.

Modello geologico del sottosuolo

Il substrato geologico litoide su cui sorge l'abitato di Lonnano risulta costituito da terreni riconducibili alle litologie appartenenti all'Unità di Monte Cervarola – Falterona.

In particolare, la maggior parte del substrato litoide, come nel settore su cui sorge l'abitato di Lonnano, è contraddistinto dai termini del Membro di Montalto delle Arenarie del M. Falterona (FAL3). Nella porzione a nord-est dell'abitato stesso e in corrispondenza di alcune strutture tettoniche che dislocano l'assetto e la successione litostratigrafica sono presenti i termini del Membro di Lonnano delle Arenarie del M. Falterona (FAL4) e delle Marne di Vicchio - litofacies marnosa (VIC1).

I litotipi litoidi sono generalmente sormontati da spessori plurimetri di coltri detritiche o di frana attive e quiescenti.

Modello geologico tecnico

Le formazioni geologiche presenti nell'area in esame sono state assimilate, in funzione delle loro caratteristiche geo-lito-sedimentologiche, a delle specifiche unità geologico-tecniche.

In particolare, per quanto riguarda i terreni di copertura recente sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica GMfd (Ghiaie, sabbia e limo di ambiente genetico di versante - falda detritica) i corpi detritici di versante (dt).

Per quanto riguarda i terreni del substrato geologico sono state eseguite le seguenti attribuzioni:

- i terreni di natura litoide appartenenti alla formazione delle Arenarie del Monte Cervarola – Membro di Lonnano (FAL4) e alla formazione delle Arenarie del Monte Cervarola – Membro di Montalto (FAL3) sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica LPS (Lapideo, stratificato);
- i terreni di natura litoide fratturati / alterati appartenenti alla formazione delle Arenarie del Monte Cervarola – Membro di Lonnano (FAL4) sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica SFLPS (Lapideo, stratificato fratturato / alterato);
- i terreni di natura litoide appartenenti alla formazione delle Marne di Vicchio - litofacies marnosa (VIC1) sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica ALS (Substrato con alternanza di litologie stratificate).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi attivi e quiescenti.

Inoltre vengono presentate le indicazioni delle strutture tettoniche presenti nell'area.

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 precedente dettaglio e da n. 54 misure HVSR di cui n. 24 classificate in classe A1 e n. 30 classificate in A2 si ricava una valutazione di qualità pari a 47,4 che la colloca in classe di accettabilità C.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'abitato di Lonnano durante gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 3 è stata eseguita n. 1 stesa di sismica a rifrazione in onde P e Sh (indagine L47).

In corrispondenza della medesima area sono stati ricavati, dalla banca dati del Comune di Pratovecchio Stia e dagli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 precedentemente eseguiti, n. 54 misure di sismica passiva con metodo HVSR (indicate con le sigle da P735 a P739, da P749 a P796 e 890) e n. 1 stesa di sismica a rifrazione in onde P e Sh (indagini L1).

La stesa sismica a rifrazione L1, eseguita nella porzione nord-occidentale dell'abitato presso le prove P766, P767, P786 e P890, nessuna delle quali ha mostrato la presenza di picchi di frequenza significativi, ha registrato la presenza di un primo sismostrato superficiale, dello spessore variabile tra ca. 3,0 e ca. 5,0 m, avente Vs comprese tra 150 e 250 m/s, a cui segue un secondo sismostrato con Vs comprese tra 530 e 570 m/s.

La stesa sismica a rifrazione L47, eseguita nel settore ad est dell'abitato di Lonnano ha registrato la presenza di un primo sismostrato, dello spessore di ca. 8,0 m, avente Vs comprese tra 225 e 260 m/s, a cui segue un secondo sismostrato con Vs comprese tra 805 e 840 m/s.

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

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale

- **zona 2001:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente un Substrato lapideo stratificato (LPS). Copertura alteritica < 3,0 m, $i > 15^\circ$. Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,14 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene rinvenuta in vari settori dell'area in esame, presso e in corrispondenza dell'abitato di Lonnano.

- **zona 2002:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente un Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS). Copertura alteritica < 3,0 m, $i > 15^\circ$. Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Marne di Vicchio - litofacies marnosa (VIC1).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,44 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in un limitato settore nella porzione a nord-est dell'abitato di Lonnano.

- **zona 2005:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura alluvionale e di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,31 – 1,44 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in vari settori dell'intera area in esame.

- **zona 2008:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie del Monte Cervarola – Membro di Lonnano (FAL4).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,31 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in alcuni settori nella porzione a nord-est dell'abitato di Lonnano.

- **zona 2027:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente un Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie del Monte Cervarola – Membro di Lonnano (FAL4).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,31 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in alcuni settori nella porzione a nord-est dell'abitato di Lonnano.

Zone suscettibili di attenzione per instabilità

Le **zone suscettibili di attenzione per instabilità di versante (ZAFR1....n)** sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 1.1.3-3 degli ICMS (versione 4.2 del dicembre 2020) e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

A seguito degli studi di terzo livello, per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s è possibile attribuire valori di amplificazione di 1,56 o 2,04 alle zone ZSFR (zona di suscettibilità per frane).

Infine, in funzione della successione geologica presente nell'intera area di indagine, nell'areale di Pomino non si riconoscono zone con terreni potenzialmente liquefacibili e pertanto non sono state definite **zone suscettibili di attenzione per liquefazioni (ZALQ)**.

PAPIANO

(vedi tavv. G.01, G.02, G.03, G.04 e G.05 in scala 1:5.000 e G.6b in scala 1:2.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

Il settore su cui sorge l'abitato di Papiano è caratterizzato dalla presenza di litologie appartenenti all'Unità di Monte Cervarola – Falterona (Dominio Toscano), rappresentata dal Membro di Camaldoli (FAL2), dal Membro di Montalto (FAL3) delle Arenarie del M. Falterona, nella sua litofacies principale.

I termini riferibili al Membro di Montalto (FAL3) sono prevalenti nell'area in esame, mentre i termini riferibili al Membro di Camaldoli (FAL2) si rinvencono principalmente lungo il fondovalle del corso del Torrente Staggia a monte dell'abitato della località di Santo Stefano e tra questa e la porzione meridionale dell'abitato di Papiano.

L'assetto giaciturale è variabile, per la presenza di pieghe a piccola e meso scala, tuttavia è prevalentemente verso i quadranti meridionali, con inclinazioni a franapoggio variabili tra 25° e 50°.

Le litologie litoidi sono soventemente sormontate da coltri detritiche (dt) e da depositi di frana sia attive che quiescenti.

Nei settori di fondovalle si ha la presenza di depositi alluvionali attivi (b).

Il quadro geomorfologico è contraddistinto in alcuni areali da fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è sia attivo che quiescente, presenti in gran parte dell'area di studio.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia un'acclività generalmente compresa tra 10% e 35% (talora anche superiori).

Di detti 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 l'abitato di Papiano 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 e con le indagini specificatamente eseguite a supporto degli Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1.

In particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini:

- n. 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo con la relativa risultanza stratigrafica;
- n. 2 prove penetrometriche, di cui n. 1 prova penetrometrica statica CPT e n. 1 prova penetrometrica dinamica DPSH;
- n. 3 prove sismiche a rifrazione con onde P ed onde Sh;
- n. 133 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremiti (HVSr).

In corrispondenza dell'abitato di Papiano sono inoltre state effettuate ulteriori indagini sismiche finalizzate alla definizione dell'analisi e della risposta sismica dei terreni nell'ambito degli studi di Microzonazione Sismica di Livello 3.

In particolare è stata svolta specificatamente una inedita campagna di indagini geognostiche e geofisiche consistente in:

- n. 1 prova sismica a rifrazione con onde P ed onde Sh.

Modello geologico del sottosuolo

Il substrato geologico litoide su cui sorge l'abitato di Papiano risulta costituito da terreni riconducibili alle litologie appartenenti all'Unità di Monte Cervarola – Falterona.

In particolare, la maggior parte del substrato litoide su cui sorge l'abitato di Papiano, è contraddistinto dai termini del Membro di Montalto delle Arenarie del M. Falterona (FAL3). Nella porzione meridionale dell'abitato stesso e in corrispondenza del corso del Torrente Staggia sono presenti i termini del Membro di Camaldoli delle Arenarie del M. Falterona (FAL2).

I litotipi litoidi sono generalmente sormontati da spessori plurimetri di coperture alluvionali, detritiche o di frana attive e quiescenti.

Nei settori di fondovalle, in particolare lungo il corso del Torrente Staggia si ha la presenza di depositi alluvionali attivi (b).

Modello geologico tecnico

Le formazioni geologiche presenti nell'area in esame sono state assimilate, in funzione delle loro caratteristiche geo-lito-sedimentologiche, a delle specifiche unità geologico-tecniche.

In particolare, per quanto riguarda i terreni di copertura recente sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica GMfd (Ghiaie, sabbia e limo di ambiente genetico di versante - falda detritica) i corpi detritici di versante (dt), mentre sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica GWpi (Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbia di ambiente genetico fluvio lacustre - piana inondabile) i depositi alluvionali attivi (b).

Per quanto riguarda i terreni del substrato geologico sono state eseguite le seguenti attribuzioni:

- i terreni di natura litoide appartenenti alla formazione delle Arenarie del Monte Cervarola – Membro di Camaldoli (FAL2) e alla formazione delle Arenarie del Monte Cervarola – Membro di Montalto (FAL3) sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica LPS (Lapideo, stratificato);
- i terreni di natura litoide fratturati / alterati appartenenti alla formazione delle Arenarie del Monte Cervarola – Membro di Camaldoli (FAL2) sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica SFLPS (Lapideo, stratificato fratturato / alterato).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi attivi e quiescenti.

Inoltre vengono presentate le indicazioni delle strutture tettoniche e gli elementi geologici e idrogeologici relativi ai sondaggi e pozzi presenti nell'area con indicazione della profondità del substrato litoide raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato litoide.

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 precedente dettaglio e da n. 133 misure HVSR di cui n. 75 classificate in classe A1 e n. 58 classificate in A2 si ricava una valutazione di qualità pari a 57,6 che la colloca in classe di accettabilità B.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'abitato di Papiano durante gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 3 è stata eseguita n. 1 stesa di sismica a rifrazione in onde P e Sh (indagine L48).

In corrispondenza della medesima area sono stati ricavati, dalla banca dati del Comune di Pratovecchio Stia e dagli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 precedentemente eseguiti, n. 133 misure di sismica passiva con metodo HVSR (indicate con le seguenti sigle: P546, da P550 a P552, da P554 a P567, da P570 a P586, da

P588 a P648, da P650 a P664, da P666 a P687, da P899 a P900) e n. 2 stese di sismica a rifrazione in onde P e Sh (indagini L5 e L45).

La stesa sismica a rifrazione L48, eseguita nella porzione centro-occidentale dell'abitato presso le prove P643 (nessun picco significativo) e P639 ($f = 24,4$ Hz), ha registrato la presenza di un primo sismostrato superficiale, dello spessore di ca. 5,0 m, avente Vs comprese tra 345 e 360 m/s, a cui segue un secondo sismostrato con Vs comprese tra 800 e 825 m/s.

La stesa sismica a rifrazione L5, eseguita nella porzione centro-orientale dell'abitato presso le prove P617, P618 e P629 che non hanno registrato nessun picco significativo), ha registrato la presenza di un primo sismostrato superficiale, dello spessore di ca. 2,0 – 3,0 m, avente Vs comprese tra 420 e 660 m/s, a cui segue un secondo sismostrato con Vs comprese tra 2430 e 2700 m/s.

Infine, la stesa sismica a rifrazione L45, eseguita nella porzione centrale dell'abitato presso le prove P626, P627 e P900 che ha registrato picchi di frequenza compresi tra 3,0 Hz e 3,8 Hz, ha registrato la presenza di un primo sismostrato, dello spessore massimo di 10,0 m, avente Vs fino a 250 m/s, a cui segue un secondo sismostrato dello spessore variabile tra 4,0 e 7,0 m con Vs fino a 340 m/s.

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

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale

- **zona 2001:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente un Substrato lapideo stratificato (LPS). Copertura alteritica < 3,0 m, $i > 15^\circ$. Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,14 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona rappresenta la maggior parte dei terreni dell'area in esame.

- **zona 2005:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura alluvionale e di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,31 – 1,44 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in vari settori dell'intera area in esame.

- **zona 2006:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura alluvionale e di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m, su Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie del Monte Cervarola – Membro di Camaldoli (FAL2).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,44 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in alcuni settori lungo il fondovalle del corso del Torrente Staggia.

- **zona 2028:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente un Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie del Monte Cervarola – Membro di Camaldoli (FAL2).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,31 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in alcuni settori lungo il fondovalle del corso del Torrente Staggia, e tra questo e la porzione meridionale dell'abitato di Papiano.

Zone suscettibili di attenzione per instabilità

Le **zone suscettibili di attenzione per instabilità di versante (ZAFR1....n)** sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 1.1.3-3 degli ICMS (versione 4.2 del dicembre 2020) e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

A seguito degli studi di terzo livello, per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s è possibile attribuire valori di amplificazione di 1,56 o 2,04 alle zone ZSFR (zona di suscettibilità per frane).

Infine, in funzione della successione geologica presente nell'intera area di indagine, nell'areale di Pomino non si riconoscono zone con terreni potenzialmente liquefacibili e pertanto non sono state definite **zone suscettibili di attenzione per liquefazioni (ZALQ)**.

GUALDO e CANNELLE

(vedi tavv. G.01, G.02, G.03, G.04 e G.05 in scala 1:5.000 e G.6b in scala 1:2.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

Il settore su cui sorgono gli abitati di Gualdo e di Cannelle è caratterizzato dalla presenza di litologie appartenenti all'Unità di Monte Cervarola – Falterona (Dominio Toscano), rappresentata dal Membro di Montalto (FAL3) delle Arenarie del M. Falterona e dai temini olistostromici delle Arenarie del M. Falterona (FALa), e di litologie riferibili all'Unità di Canetolo (Dominio Subligure) rappresentata dalle Arenarie di Monte Senario (SEN) e dalla formazione delle Argille e Calcari di Canetolo (ACC).

I termini di questa seconda Unità affiorano in sovrapposizione strutturale sui termini del Dominio Toscano nella porzione centrale e settentrionale dell'area di indagine, a nord dell'abitato di Gualdo; mentre i termini riferibili al Dominio Toscano in quella meridionale.

L'assetto giaciturale, con successioni sia normali che inverse, in funzione della tettonizzazione dell'area, è prevalentemente verso i quadranti meridionali e orientali, con inclinazioni prevalentemente intorno ai 30° ma talora più acclivi (anche fino a 70°).

Le litologie litoidi sono soventemente sormontate da depositi di frana sia attive che quiescenti.

Il quadro geomorfologico è contraddistinto da fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è sia attivo che quiescente, presenti in vari settori dell'area di studio.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia un'acclività generalmente compresa tra 10% e 25%, talora anche superiore.

Di detti 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 l'areale di Gualdo e di Cannelle sono stati ricercati 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 e con le indagini specificatamente eseguite a supporto degli Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1.

In particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini:

- n. 1 prova sismica a rifrazione con onde P ed onde Sh;
- n. 50 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremiti (HVSr).

Modello geologico del sottosuolo

Il substrato geologico litoide su cui sorge l'areale di Gualdo e Cannelle risulta costituito da terreni riconducibili alle litologie appartenenti all'Unità di Monte Cervarola – Falterona del Dominio Toscano e all'Unità di Canetolo del Dominio Subligure.

In particolare, la porzione meridionale dell'area di interesse è contraddistinta dai termini del Membro di Montalto delle Arenarie del M. Falterona nella sua facies principale (FAL3), a cui sono associati i depositi prevalentemente argillitici della litofacies olistostromica delle Arenarie del M. Falterona (FALa).

Nella porzione centrale e settentrionale, in sovrapposizione tettonica con i suddetti termini del Dominio Toscano (Unità di Monte Cervarola – Falterona), si rinvenivano i termini riferibili al Dominio Subligure, appartenenti all'Unità di Canetolo. Questi sono rappresentati dalle Arenarie di Monte Senario (SEN) e dalla formazione delle Argille e Calcari di Canetolo (ACC), che affiorano in settori isolati delle suddette aree, al di sotto di spessori metrici di copertura detritica e/o di frana (quiescenti e/o attivi), che interessano varie zone anche della porzione meridionale dell'area di studio, al di sopra dei termini litologici riferibili all'Unità di Monte Cervarola.

Modello geologico tecnico

Le formazioni geologiche presenti nell'area in esame sono state assimilate, in funzione delle loro caratteristiche geo-lito-sedimentologiche, a delle specifiche unità geologico-tecniche.

In particolare, per quanto riguarda i terreni di copertura recente sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica GMfd (ghiaie limose, miscela di ghiaie, sabbia e limo di ambiente genetico di versante - falda detritica) i corpi detriti appartenenti ai depositi di versante (dt).

Per quanto riguarda i terreni del substrato geologico sono state eseguite le seguenti attribuzioni:

- i terreni di natura litoide appartenenti alla formazione delle Arenarie del Monte Cervarola – Membro di Montalto (FAL3) e delle Arenarie di Monte Senario (SEN) sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica LPS (Lapideo, stratificato);

- i terreni di natura litoide appartenenti alla formazione delle Argille e Calcari di Canetolo (ACC) sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica ALS (Substrato con alternanza di litologie stratificate);
- i termini costituiti da un substrato geologico costituito dall'alternanza di litotipi, fratturato e/o alterato sono stati attribuiti all'unità SFAL. A questa unità sono riferibili i depositi appartenenti ai depositi olistostromici delle Arenarie del M. Falterona (FALa).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi attivi e quiescenti.

Inoltre vengono presentate le indicazioni delle strutture tettoniche riconosciute nell'area.

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 precedente dettaglio e da n. 50 misure HVSR di cui n. 24 classificate in classe A1 e n. 26 classificate in A2 si ricava una valutazione di qualità pari a 47,4 che la colloca in classe di accettabilità C.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza degli abitati di Gualdo e Cannelle sono stati ricavati, dalla banca dati del Comune di Pratovecchio Stia e dagli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 precedentemente eseguiti, n. 50 misure di sismica passiva con metodo HVSR (sigla identificativa progressiva da P834 a P883).

La maggior parte delle prove eseguite nella porzione centrale e meridionale dell'area di studio non hanno registrato la presenza di picchi significativi, sebbene talune indagini abbiano registrato dei picchi di frequenza compresi tra 7,0 e 15,4 Hz (prove P804, P813, P818 e P823). Nella porzione settentrionale, invece, sono minoritarie le prove che non hanno registrato la presenza di picchi di frequenza, mentre le altre hanno mostrato picchi tra 2,8 e 6,3 Hz, ad eccezione delle due prove (P875 e P864) eseguite in corrispondenza dell'abitato di Cannelle che hanno mostrato picchi più superficiali rispettivamente a 13,2 Hz e 19,3 Hz.

Presso le prove P871 ($f_0 = 3,2$ Hz) e P872 ($f_0 = 3,4$ Hz), tra gli abitati di Gualdo e Cannelle, è stata eseguita la stesa di sismica a rifrazione L7 che ha registrato la presenza di un primo sismostrato superficiale, dello spessore massimo di ca. 2,0 m, avente Vs comprese tra 190 e 250 m/s, a cui segue un secondo sismostrato dello spessore variabile tra ca. 6,0 e ca. 10,0 m con Vs = 350 m/s, a cui segue un terzo e ultimo sismostrato con Vs comprese tra 590 e 1345 m/s.

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

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale

- **zona 2001:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente un Substrato lapideo stratificato (LPS). Copertura alteritica < 3,0 m, $i > 15^\circ$. Basso c.i.... Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3) e alle Arenarie di Monte Senario (SEN).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,14 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in vari settori isolati dell'intera area di studio, laddove affiorano i termini del substrato lapideo stratificato.

- **zona 2002:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente un Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS). Copertura alteritica < 3,0 m, $i > 15^\circ$. Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Argille e Calcari di Canetolo (ACC).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,44 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in un limitato settore nella porzione settentrionale dell'area di studio.

- **zona 2005:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura alluvionale e di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3) e delle Arenarie di Monte Senario (SEN).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,31 – 1,44 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in vari settori dell'intera area in esame.

- **zona 2013:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS). Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Argille e Calcari di Canetolo (ACC).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,44 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in alcuni settori della zona nord-orientale e centro-orientale dell'area di indagine.

- **zona 2021:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato con alternanza di litotipi fratturato/alterato (SFAL) dello spessore compreso tra 10,0 e 25,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3) e della litofacies olistostromica delle Arenarie del Monte Falterona (FALa).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,84 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata nell'estrema a porzione sud-occidentale dell'area di indagine.

- **zona 2029**: questa zona comprende le aree nelle quali è presente un Substrato con alternanza di litotipi fratturato/alterato (SFAL) dello spessore compreso tra 10,0 e 25,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3) e della litofacies olistostromica delle Arenarie del Monte Falterona (FALa).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,44 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata nell'estrema a porzione sud-occidentale dell'area di indagine.

Zone suscettibili di attenzione per instabilità

Le **zone suscettibili di attenzione per instabilità di versante (ZAFR1....n)** sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 1.1.3-3 degli ICMS (versione 4.2 del dicembre 2020) e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

A seguito degli studi di terzo livello, per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s è possibile attribuire valori di amplificazione di 1,56 o 2,04 alle zone ZSFR (zona di suscettibilità per frane).

Infine, in funzione della successione geologica presente nell'intera area di indagine, nell'areale di Pomino non si riconoscono zone con terreni potenzialmente liquefacibili e pertanto non sono state definite **zone suscettibili di attenzione per liquefazioni (ZALQ)**.

TARTIGLIA

(vedi tavv. G.01, G.02, G.03, G.04 e G.05 in scala 1:5.000 e G.6b in scala 1:2.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

Il settore su cui sorge l'abitato di Campolombardo è caratterizzato dalla presenza di litologie appartenenti all'Unità di Monte Cervarola – Falterona (Dominio Toscano), rappresentata dal Membro di Montalto (FAL3) delle Arenarie del M. Falterona nella sua facies principale, costituito da un'alternanza di livelli arenacei, marnosi, argillitici e siltitici, e nella sua facies secondaria (FAL3a) costituita principalmente da argilliti, e dal Membro del Fosso delle Valli delle Arenarie del M. Falterona (FAL5) costituito da siltiti, marne e marne argillitiche. Inoltre si riconoscono litologie riferibili ai temini olistostromici delle Arenarie del M. Falterona (FALa).

I termini riferibili al Membro di Montalto tipico (FAL3) si rinvencono in una fascia disposta circa nord-ovest/sud-est nella porzione centro-settentrionale dell'area di indagine e nell'estrema porzione sud-occidentale della stessa, mentre la litofacies argillitica (FAL3a) si ritrova in una fascia ristretta sempre con andamento circa nord-ovest/sud-est, a nord delle aree di affioramento del Membro di Montalto (FAL3).

La porzione meridionale dell'area di indagine è interessata dalla presenza dei termini litologici riferibili al Membro del Fosso delle Valli (FAL5).

Infine i temini olistostromici delle Arenarie del M. Falterona (FALa) vengono riconosciuti nell'estrema porzione nord-orientale dell'area di studio.

L'assetto giaciturale è prevalentemente verso il quadrante settentrionale, con inclinazioni variabili tra 10° e 15°.

Le litologie litoidi sono soventemente sormontate da depositi di frana sia attive che quiescenti.

Il quadro geomorfologico è contraddistinto da fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è sia attivo che quiescente, presenti in vari settori dell'area di studio.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia un'acclività generalmente compresa tra 10% e 25%, talora anche superiore.

Di detti 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 l'abitato di Tartiglia sono stati ricercati 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 e con le indagini specificatamente eseguite a supporto degli Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1.

In particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini:

- n. 1 prova sismica a rifrazione con onde P ed onde Sh;
- n. 37 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSr).

Modello geologico del sottosuolo

Il substrato geologico litoide su cui sorge l'abitato di Tartiglia risulta costituito da terreni riconducibili alle litologie appartenenti all'Unità di Monte Cervarola – Falterona.

In particolare, la porzione centro-meridionale e occidentale dell'area di interesse è contraddistinta dai termini del Membro del Fosso delle Valli delle Arenarie del M. Falterona (FAL5), separati tramite strutture tettoniche con andamento circa nord-ovest/sud-est dai termini del Membro di Montalto delle Arenarie del M. Falterona nella sua facies principale (FAL3).

A nord di questo si rileva la presenza di termini riferibili alla facies argillitica del Membro di Montalto delle Arenarie del M. Falterona (FAL3a) e, nell'estrema porzione nord-orientale dell'area di studio, i depositi prevalentemente argillitici della litofacies olistostromica delle Arenarie del M. Falterona (FALa).

Mentre, nella porzione settentrionale sono presenti i termini riferibili al Membro di Montefalco delle Arenarie del M. Falterona (FAL1), in contatto tettonico (mediante la presenza di una struttura diretta ad andamento circa est-ovest) con i termini del Membro di Montalto (FAL3)

I litotipi litoidi sono talora sormontati da spessori plurimetri di coperture di frana sia che quiescenti.

Modello geologico tecnico

Le formazioni geologiche presenti nell'area in esame sono state assimilate, in funzione delle loro caratteristiche geo-lito-sedimentologiche, a delle specifiche unità geologico-tecniche.

In particolare, per quanto riguarda i terreni di copertura recente sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica GMfd (ghiaie limose, miscela di ghiaie, sabbia e limo di ambiente genetico di versante - falda detritica) i corpi detriti appartenenti ai depositi di versante (dt).

Per quanto riguarda i terreni del substrato geologico sono state eseguite le seguenti attribuzioni:

- i terreni di natura litoide appartenenti alla formazione delle Arenarie del Monte Cervarola – Membro di Montalto (FAL3) delle Arenarie del Monte Falterona – Membro del Fosso delle Valli (FAL5) sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica LPS (Lapideo, stratificato);
- i temini alterati / fratturati appartenenti alle Arenarie del Monte Falterona – Membro del Fosso delle Valli (FAL5) sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica SFLPS (Lapideo, stratificato fratturato / alterato);
- i terreni costituiti da un'alternanza di litotipi stratificati alterati / fratturati appartenenti alla formazione delle Arenarie del Monte Falterona – Membro di Montalto – litofacies argillitica (FAL3a) sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica SFALS (Alternanza di litologie stratificate alterate / fratturate);
- i termini costituiti da un substrato geologico costituito dall'alternanza di litotipi, fratturato e/o alterato sono stati attribuiti all'unità SFAL. A questa unità sono riferibili i depositi appartenenti ai depositi olistostromici delle Arenarie del M. Falterona (FALa).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi attivi e quiescenti.

Inoltre vengono presentate le indicazioni delle strutture tettoniche riconosciute nell'area.

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 precedente dettaglio e da n. 37 misure HVSR di cui n. 15 classificate in classe A1 e n. 22 classificate in A2 si ricava una valutazione di qualità pari a 47,4 che la colloca in classe di accettabilità C.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'abitato di Tartiglia sono stati ricavati, dalla banca dati del Comune di Pratovecchio Stia e dagli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 precedentemente eseguiti, n. 37 misure di sismica passiva con metodo HVSR (sigla identificativa progressiva da P797 a P833).

Le prove eseguite nella maggior parte non hanno registrato la presenza di picchi significativi, sebbene talune indagini eseguite nella porzione settentrionale ed occidentale dell'abitato hanno registrato dei picchi di frequenza compresi tra 4,5 e 6,5 Hz (prove P804, P813, P818 e P823), compresi tra 7,5 e 8,8 Hz (prove P801, P817, P821, P824 e P825) e tra 11,6 e 19,0 Hz (prove P802, P806, P816, P819, P820 e P827).

Presso la prova P821, nella porzione nord-occidentale dell'abitato di Tartiglia è stata eseguita la stesa di sismica a rifrazione L8 che ha registrato la presenza di un primo sismostrato superficiale, dello spessore variabile tra ca. 1,0 e 2,0 m, avente Vs comprese tra 220 e 375 m/s, a cui segue un secondo sismostrato dello spessore variabile tra ca. 5,0 e ca. 6,0 m con Vs = 505, a cui segue un terzo ultimo sismostrato con Vs comprese tra 1065 e 1435 m/s.

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

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale

- **zona 2001:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente un Substrato lapideo stratificato (LPS). Copertura alteritica < 3,0 m, $i > 15^\circ$. Basso c.i... Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,14 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in una fascia che si estende da nord-ovest verso sud-est nella porzione centrale e settentrionale dell'area di indagine, e in un isolato settore nella porzione sud-ovest della stessa.

- **zona 2005**: questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura alluvionale e di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,31 – 1,44 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in alcuni settori della porzione centrale e nord-occidentale dell'area di indagine, e nella porzione sud-ovest della stessa.

- **zona 2008**: questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 10,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto nella sua litofacies principale e in quella argillitica (FAL3 e FAL3a).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,31 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in una fascia nella porzione centro occidentale dell'area di indagine.

- **zona 2009**: questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato con alternanza di litotipi stratificato fratturato/alterato (SFALS) dello spessore compreso tra 10,0 e 25,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3) e delle Arenarie del Monte Falterona – Membro del Fosso delle Valli (FAL5).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,31 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in un settore nella porzione centro orientale dell'area di indagine.

- **zona 2021**: questa zona comprende le aree nelle quali è presente una Copertura di versante di natura ghiaioso limosa (GM) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m, su Substrato con alternanza di litotipi fratturato/alterato (SFAL) dello spessore compreso tra 10,0 e 25,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i.. Il

substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3) e della litofacies olistostromica delle Arenarie del Monte Falterona (FALa).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,84 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in un settore nella porzione nord orientale dell'area di indagine.

- **zona 2027:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente un Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3) e delle Arenarie del Monte Falterona – Membro del Fosso delle Valli (FAL5).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,31 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in alcuni settori nella porzione sud occidentale dell'area di indagine.

- **zona 2029:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente un Substrato con alternanza di litotipi fratturato/alterato (SFAL) dello spessore compreso tra 10,0 e 25,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Possibile alto c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3) e della litofacies olistostromica delle Arenarie del Monte Falterona (FALa).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,44 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in un'ampia area nell'estrema a porzione nord orientale dell'area di indagine.

- **zona 2030:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente un Substrato con alternanza di litotipi stratificato fratturato/alterato (SFALS) dello spessore compreso tra 5,0 e 30,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto nella sua litofacies principale e in quella argillitica (FAL3 e FAL3a).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,44 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in alcuni settori della porzione centrale e nord-occidentale dell'area di indagine, e nella porzione sud-ovest della stessa.

Zone suscettibili di attenzione per instabilità

Le **zone suscettibili di attenzione per instabilità di versante (ZAFR1....n)** sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 1.1.3-3 degli ICMS (versione 4.2 del dicembre 2020) e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

A seguito degli studi di terzo livello, per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s è possibile attribuire valori di amplificazione di 1,56 o 2,04 alle zone ZSFR (zona di suscettibilità per frane).

Infine, in funzione della successione geologica presente nell'intera area di indagine, nell'areale di Pomino non si riconoscono zone con terreni potenzialmente liquefacibili e pertanto non sono state definite **zone suscettibili di attenzione per liquefazioni (ZALQ)**.

VALLUCCIOLE

(vedi tavv. G.01, G.02, G.03, G.04 e G.05 in scala 1:5.000 e G.6b in scala 1:2.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

Il settore su cui sorge l'abitato di Vallucciole è caratterizzato dalla presenza di litologie appartenenti all'Unità di Monte Cervarola – Falterona (Dominio Toscano), rappresentata dal Membro di Montalto (FAL3) delle Arenarie del M. Falterona, nella sua facies principale costituita da un'alternanza di livelli arenacei, marnosi, argillitici e siltitici.

I termini riferibili al Membro di Montalto (FAL3) delle Arenarie del M. Falterona si rinvencono in affioramento nei rilievi posti nel settore settentrionale dell'area di indagine.

L'assetto giaciturale è prevalentemente verso i quadranti occidentali, con inclinazioni a franapoggio variabili tra 25° e 40°.

Le litologie litoidi sono sovente sormontate da depositi di frana quiescenti.

Il quadro geomorfologico è contraddistinto in alcuni areali da fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è quiescente, presenti in gran parte dell'area di studio.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia un'acclività generalmente compresa tra 10% e 25%, con maggiori acclività (comprese tra 25% e 35% e anche superiori) nei settori a monte dell'abitato.

Di detti 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 l'abitato di Vallucciole sono stati ricercati 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 e con le indagini specificatamente eseguite a supporto degli Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1.

In particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini:

- n. 5 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremiti (HVSr).

Modello geologico del sottosuolo

Il substrato geologico litoidale su cui sorge l'abitato di Vallucciole risulta costituito da terreni riconducibili alle litologie appartenenti all'Unità di Monte Cervarola – Falterona.

In particolare è contraddistinto dai termini del Membro di Montalto delle Arenarie del M. Falterona (FAL3).

Queste litologie affiorano nella porzione settentrionale dell'area di indagine.

I litotipi litoidi sono generalmente sormontati da spessori plurimetris di coperture di frana.

Modello geologico tecnico

Le formazioni geologiche presenti nell'area in esame sono state assimilate, in funzione delle loro caratteristiche geo-lito-sedimentologiche, a delle specifiche unità geologico-tecniche.

In particolare, per quanto riguarda i terreni del substrato geologico sono state eseguite le seguenti attribuzioni:

- i terreni di natura litoide appartenenti alla formazione delle Arenarie del Monte Cervarola – Membro di Montalto (FAL3) sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica LPS (Lapideo, stratificato); laddove si presentano alterati / fratturati le litologie sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica SFLPS (Lapideo, stratificato alterato / fratturato).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi quiescenti.

Inoltre vengono presentate le indicazioni delle strutture tettoniche riconosciute nell'area di studio.

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 precedente dettaglio e da n. 5 misure HVSR di cui n. 3 classificate in classe A1, n. 2 classificate in A2 e n. 2 classificate in B2 si ricava una valutazione di qualità pari a 42,5 che la colloca in classe di accettabilità C.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'abitato di Vallucciole sono stati ricavati, dalla banca dati del Comune di Pratovecchio Stia e dagli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 precedentemente eseguiti, n. 5 misure di sismica passiva con metodo HVSR (sigla identificativa progressiva da P696 a P700).

Le prove eseguite nella porzione settentrionale dell'area di studio non hanno registrato la presenza di picchi significativi, mentre le restanti indagini mostrano picchi di frequenza a circa 3,0 Hz (con bassi contrasti d'impedenza) o a circa 9,0 Hz (con alto contrasto di impedenza).

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

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale

- **zona 2027:** questa zona comprende le aree nelle quali è presente un Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS). Basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite (P699 e P700) e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,31 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata nella porzione settentrionale dell'area di indagine.

Zone suscettibili di attenzione per instabilità

Le **zone suscettibili di attenzione per instabilità di versante (ZAFR1....n)** sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 1.1.3-3 degli ICMS (versione 4.2 del dicembre

2020) e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

A seguito degli studi di terzo livello, per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s è possibile attribuire valori di amplificazione di 2,04 alle zone ZSFR (zona di suscettibilità per frane).

Infine, in funzione della successione geologica presente nell'intera area di indagine, nell'areale di Vallucciole non si riconoscono zone con terreni potenzialmente liquefacibili e pertanto non sono state definite **zone suscettibili di attenzione per liquefazioni (ZALQ)**.

CAMPOLOMBARDO

(vedi tavv. G.01, G.02, G.03, G.04 e G.05 in scala 1:5.000 e G.6b in scala 1:2.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

Il settore su cui sorge l'abitato di Campolombardo è caratterizzato dalla presenza di litologie appartenenti all'Unità di Monte Cervarola – Falterona (Dominio Toscano), rappresentata dal Membro di Montefalco (FAL1) delle Arenarie del M. Falterona, con prevalenza di strati di natura arenacea, dal Membro di Montalto (FAL3) delle Arenarie del M. Falterona, costituito da un'alternanza di livelli arenacei, marnosi, argillitici e siltitici, e dall'alternanza, e dai depositi olistostromici delle Arenarie del M. Falterona (FALa)

I termini riferibili al Membro di Montefalco (FAL1) si rinvencono nell'estrema porzione settentrionale dell'area di indagine, presso il Fosso di Gattaia, mentre le restanti porzioni dell'area di studio sono caratterizzate dalla presenza del Membro di Montalto (FAL3), ad eccezione dell'estrema porzione sud-orientale dell'area, dove si rileva la presenza dei termini olistostromici (FALa).

L'assetto giaciturale è prevalentemente verso i quadranti occidentali, con inclinazioni a franapoggio variabili tra 20° e 25°.

Le litologie litoidi sono sovente sormontate da depositi di frana sia attive che quiescenti.

Il quadro geomorfologico è contraddistinto da fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è sia attivo che quiescente, presenti in gran parte dell'area di studio.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia un'acclività generalmente compresa tra 5% e 25%.

Di detti 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 l'abitato di Campolombardo sono stati ricercati 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 e con le indagini specificatamente eseguite a supporto degli Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1.

In particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini:

- n. 8 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtrempi (HVSr).

Modello geologico del sottosuolo

Il substrato geologico litoide su cui sorge l'abitato di Campolombardo risulta costituito da terreni riconducibili alle litologie appartenenti all'Unità di Monte Cervarola – Falterona.

In particolare, la maggior parte del substrato litoide su cui sorge l'abitato di Campolombardo, è contraddistinto dai termini del Membro di Montalto delle Arenarie del M. Falterona (FAL3).

Nella porzione sud-orientale dell'area di studio sono, invece, presenti i depositi prevalentemente argillitici della litofacies olistostromica delle Arenarie del M. Falterona (FALa).

Mentre, nella porzione settentrionale sono presenti i termini riferibili al Membro di Montefalco delle Arenarie del M. Falterona (FAL1), in contatto tettonico (mediante la presenza di una struttura diretta ad andamento circa est-ovest) con i termini del Membro di Montalto (FAL3)

I litotipi litoidi sono generalmente sormontati da spessori plurimetri di coperture di frana, prevalentemente attive nella porzione settentrionale dell'area di indagine e quiescenti in quella meridionale.

Modello geologico tecnico

Le formazioni geologiche presenti nell'area in esame sono state assimilate, in funzione delle loro caratteristiche geo-lito-sedimentologiche, a delle specifiche unità geologico-tecniche.

In particolare, per quanto riguarda i terreni del substrato geologico sono state eseguite le seguenti attribuzioni:

- i terreni di natura litoide appartenenti alla formazione delle Arenarie del Monte Falterona – Membro di Montefalco (FAL1) e delle Arenarie del Monte Cervarola – Membro di Montalto (FAL3) sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica LPS (Lapideo, stratificato);
- i terreni di natura litoide alterati / fratturati appartenenti alla formazione delle Arenarie del Monte Falterona – Membro di Montefalco (FAL1) sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica SFLPS (Lapideo, stratificato alterato / fratturato);

I termini costituiti da un substrato geologico costituito dall'alternanza di litotipi, fratturato e/o alterato sono stati attribuiti all'unità SFAL. A questa unità sono riferibili i depositi appartenenti ai depositi olistostromici delle Arenarie del M. Falterona (FALa).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi attivi e quiescenti.

Inoltre vengono presentate le indicazioni delle strutture tettoniche riconosciute nell'area.

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 precedente dettaglio e da n. 8 misure HVSR di cui n. 5 classificate in classe A1 e n. 3 classificate in A2 si ricava una valutazione di qualità pari a 45,3 che la colloca in classe di accettabilità C.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'abitato di Campolombardo sono stati ricavati, dalla banca dati del Comune di Pratovecchio Stia e dagli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 precedentemente eseguiti, n. 8 misure di sismica passiva con metodo HVSR (sigla identificativa progressiva da P688 a P695).

Le prove P593, P594 e P589 non hanno registrato la presenza di picchi significativi, mentre le restanti indagini mostrano picchi di frequenza compresi tra 2,8 Hz e 5,6 Hz, ad eccezione della prova P595 che presenta una frequenza di 12,5 Hz.

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

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale

- **zona 2001:** questa zona comprende le aree con la presenza di un Substrato lapideo stratificato (LPS) con copertura alteritica < 3,0 m, $i > 15^\circ$ e basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,14 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata in vari settori della porzione centrale e meridionale dell'area di studio.

- **zona 2028:** questa zona comprende le aree con la presenza di un Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato (SFLPS) dello spessore compreso tra 3,0 e 15,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS), con possibile alto c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montefalco (FAL1).

Dallo studio complessivo di indagine sismica, sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite (P595) e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,31 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata nella porzione settentrionale dell'area di studio.

- **zona 2029:** questa zona comprende le aree con la presenza di un Substrato con alternanza di litotipi fratturato/alterato (SFAL) dello spessore compreso tra 10,0 e 25,0 m su Substrato lapideo stratificato (LPS), con possibile alto c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza del temine olistostromico delle Arenarie del M. Falterona (FALa).

Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Dagli studi di Livello 3 alla zona viene attribuito un fattore di amplificazione di 1,44 per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s.

La zona viene individuata nell'estrema porzione sud-orientale dell'area di studio.

Zone suscettibili di attenzione per instabilità

Le **zone suscettibili di attenzione per instabilità di versante (ZAFR1....n)** sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 1.1.3-3 degli ICMS (versione 4.2 del dicembre 2020) e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

A seguito degli studi di terzo livello, per l'intervallo di riferimento 0,1-0,5s è possibile attribuire valori di amplificazione di 1,56 o 2,04 alle zone ZSFR (zona di suscettibilità per frane).

Infine, in funzione della successione geologica presente nell'intera area di indagine, nell'areale di Campolombardo non si riconoscono zone con terreni potenzialmente liquefacibili e pertanto non sono state definite **zone suscettibili di attenzione per liquefazioni (ZALQ)**.

9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

Come già ampiamente trattato nel precedente capitolo 2, relativo agli eventi sismici di riferimento, il territorio comunale di Pratovecchio Stia ha registrato nel passato alcuni episodi sismici, anche di importante intensità; tuttavia non sono stati storicamente registrati particolari danni a opere civili e/o infrastrutture.

Dagli studi eseguiti è possibile desumere che le maggiori lesioni e danni di un evento sismico possono essere registrate laddove si ha la presenza di una coltre di copertura su un substrato litoide, e dove possono avvenire fenomeni di contrasto di impedenza sismica.

10. BIBLIOGRAFIA

- Albarello D. (2013) - I dati di rumore ambientale per la MS di Livello I - Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma, 22-23 maggio 2013.
- Albarello D. (2013) - La risposta sismica locale. Seminario ODG – Fermo, 11 Ottobre 2013.
- Albarello D. (2013) - Sismica passiva con tecniche a stazione singola e antenna. Seminario ODG – Fermo, 11 Ottobre 2013.
- Albarello D. (2013) - Misure di rumore ambientale. Corso di microzonazione sismica e valutazione della risposta sismica locale per la ricostruzione post-terremoto.
- Albarello D. & Castellaro S. (2011) – Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola – Supplemento alla rivista trimestrale *Ingegneria Sismica* – Anno XXVIII, n. 2.
- Basili R., Valensise G., Vannoli P., Burrato P., Fracassi U., Mariano S., Tiberti M. M. & Boschi E. (2008) - DISS - Database of Individual Seismogenic Sources.
- Commissione tecnica per la microzonazione sismica (articolo 5, comma 7 dell’OPCM 13 novembre 2010, n. 3907) - Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica. Microzonazione sismica. Versione 4.2 (dicembre 2020).
- Comune di Pratovecchio Stia (2016) – Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1.
- DISS - Database of Individual Seismogenic Sources – 2021 – DOI:10.13127/diss3.3.0.
- Gruppo di Lavoro MS (2008) - Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome - Dipartimento della protezione civile, Roma, 3 vol. e Dvd.
- Gruppo di Lavoro MS–AQ (2010) - Microzonazione sismica per la ricostruzione dell’area aquilana. Regione Abruzzo – Dipartimento della Protezione Civile, L’Aquila, 3 vol. e Cd-rom.
- Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D’Amico S., Antonucci A. (2021). Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 3.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.3>.
- Meletti C., Valensise G. (2004) - Zonazione sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto Conclusivo - Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 20.03.03 n. 3274) - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.
- Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della protezione civile, Ufficio rischio sismico e vulcanico (2012) - Classificazione sismica al 2012 Recepimento da parte delle Regioni e delle Province autonome dell’Ordinanza PCM 20 marzo 2003, n. 3274.
- Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B. & Gasperini P. (2016) - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 Release v1.5 2015 - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>.
- SESAME European research project WP12 – Deliverable D23.12 - Guidelines for the implementation of the h/v spectral ratio technique on ambient vibrations measurements, processing and interpretation.

11. ALLEGATI

- Tav. G.01 Carta delle indagini (scala 1:10.000 / 1:5.000)
- Tav. G.02 Carta geologico tecnica (scala 1:10.000 / 1:5.000)
- Tav. G.03 Carta delle frequenze (scala 1:10.000 / 1:5.000)
- Tav. G.04 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (scala 1:10.000 / 1:5.000)
- Tav. G.05 Carta di Microzonazione Sismica FA01-05 – Livello 3 (scala 1:10.000 / 1:5.000)
- Tavv. G.06a e G.06b 11 Sezioni geologico-tecniche con indicazione zone Mops (scala 1:2.000)
- Relazione tecnica inerente l'elaborazione di Risposta Sismica Locale 2D (RSL2D)
- Microzonazione sismica di livello 1 - Indagini geofisiche di superficie mediante sismica a rifrazione e tomografia sismica – Trigeo snc
- Microzonazione sismica di livello 1 - Indagini geofisiche di tipo sismico misure di rumore ambientale a stazioni singole di registrazione analisi “hvsr” – Trigeo snc
- Microzonazione sismica di livello 3 – Relazione Indagini geofisiche – Dott. Pieroni e Dott. Puccetti
- Microzonazione sismica di livello 3 – Report Sondaggi (Schede stratigrafiche e documentazione fotografica)

Firenze li 26.09.2024

Prof. Geol. Eros Aiello

Dott. Geol. Gabriele Grandini