



CITTA' METROPOLITANA DI FIRENZE

Direzione Viabilità

ACCORDO QUADRO PER SERVIZI DI INGEGNERIA
RELATIVI A NUOVE OPERE E MANUTENZIONE DEL
PATRIMONIO STRADALE DI PROPRIETA' E IN GESTIONE
ALLA CITTA' METROPOLITANA DI FIRENZE

LOTTO 2 "ZONA 2 MUGELLO EST E VALDARNO"

SR 302 - SP 41 "di Sagginale" Km 0+000
**Adeguamento dell'intersezione esistente mediante la
realizzazione di una rotatoria**

PROGETTO DEFINITIVO

REL
B.1

Relazione geologica

Data emissione:
Novembre 2022

CODICE
ELABORATO

Anno	Commessa	Progetto	Tipologia	Elaborato n°
2020	039	D	SPE	B010

LIVELLO	Numero	Data	Stesura	Controllo	Approvazione

Responsabile unico del procedimento Arch. Giuseppe Biancamano

Raggruppamento temporaneo di professionisti

INGEO

Studio *INGEO*
Ingegneri e Geologi Associati

FLORENTECNICA S.R.L.

FLORENTECNICA SRL
SOCIETA' DI INGEGNERIA

ing. Simone Martinelli
ing. Laura Bibolini

I Progettisti

ing. Enrico Favilla

ing. Paolo Barsotti

II C.S.P.

ing. Paolo Viagi

Consulenza geologica

geol. Luigi Giammattei

I collaboratori: ing. Luca Martini, ing. Marco Del Carlo, geol. Marianna Genovesi, geol. Nicola Bertocchini

SOMMARIO

1	PREMESSA	2
2	INQUADRAMENTO DELL’AREA	2
2.1	INQUADRAMENTO GENERALE	2
2.2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO	4
3	INQUADRAMENTO NORMATIVO	5
3.1	INQUADRAMENTO SOVRACOMUNALE	5
3.2	INQUADRAMENTO DA PIANO STRUTTURALE INTERCOMUNALE DEL MUGELLO	8
3.2.1	PIANO STRUTTURALE INTERCOMUNALE DEL MUGELLO	8
3.2.2	REGOLAMENTO URBANISTICO (COMUNE DI BORGO SAN LORENZO)	10
4	INQUADRAMENTO SISMICO	12
4.1	PERICOLOSITÀ SISMICA DI RIFERIMENTO PER IL TERRITORIO NAZIONALE	12
4.2	ZONAZIONE SISMICA	14
4.3	AZIONE SISMICA DELL’AREA DI PROGETTO	15
5	INDAGINI GEOGNOSTICHE PER LA CARATTERIZZAZIONE DEL SITO E MODELLO GEOTECNICO	16
5.1	PROVE PENETROMETRICHE STATICHE	17
5.2	ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO	19
5.3	INDAGINE SISMICA	19
6	LOCALIZZAZIONE SISMICA E CALCOLO AZIONE SISMICA	19
7	MODELLO GEOTECNICO	20
8	LIQUEFAZIONE	21
9	CONCLUSIONI	22

ALLEGATI

- All.1 - Tabulati di calcolo dei parametri e coefficienti sismici (azione sismica)
- All.2 – Verifica alla liquefazione

TAVOLE

- Tav. 1 – Sezione stratigrafica e geotecnica

1 PREMESSA

Per incarico ricevuto dalla Città Metropolitana di Firenze nell’ambito dell’accordo quadro per servizi di ingegneria relativi a nuove opere e manutenzione del patrimonio stradale di proprietà e in gestione alla città Metropolitana di Firenze Lotto 2 – Zona 2 Mugello est e Valdarno, il sottoscritto geol. Luigi Giammattei esegue il presente elaborato riportante le valutazioni di carattere geologico, geomorfologico e idrogeologico sull’intersezione lungo la strada regionale SR 302 in corrispondenza del km 0+000 della strada provinciale SP 41 “di Sagginale” in Loc. Olmi in Comune di Borgo San Lorenzo, per la realizzazione di una rotonda in grado di smaltire in modo più efficiente il traffico previsto lungo le arterie stradali interessate nonché di aumentare il livello di sicurezza dell’intersezione stessa.

2 INQUADRAMENTO DELL’AREA

2.1 Inquadramento generale

L’area in oggetto è ubicata nel Comune di Borgo San Lorenzo a nord-ovest della Città Metropolitana di Firenze, all’intersezione lungo la strada regionale SR 302 in corrispondenza del km 0+000 della strada provinciale SP 41 “di Sagginale” in Loc. Olmi alla quota altimetrica di ca. 189 m s.l.m., poco più a sud dell’abitato di Borgo San Lorenzo (Figura 2.1).

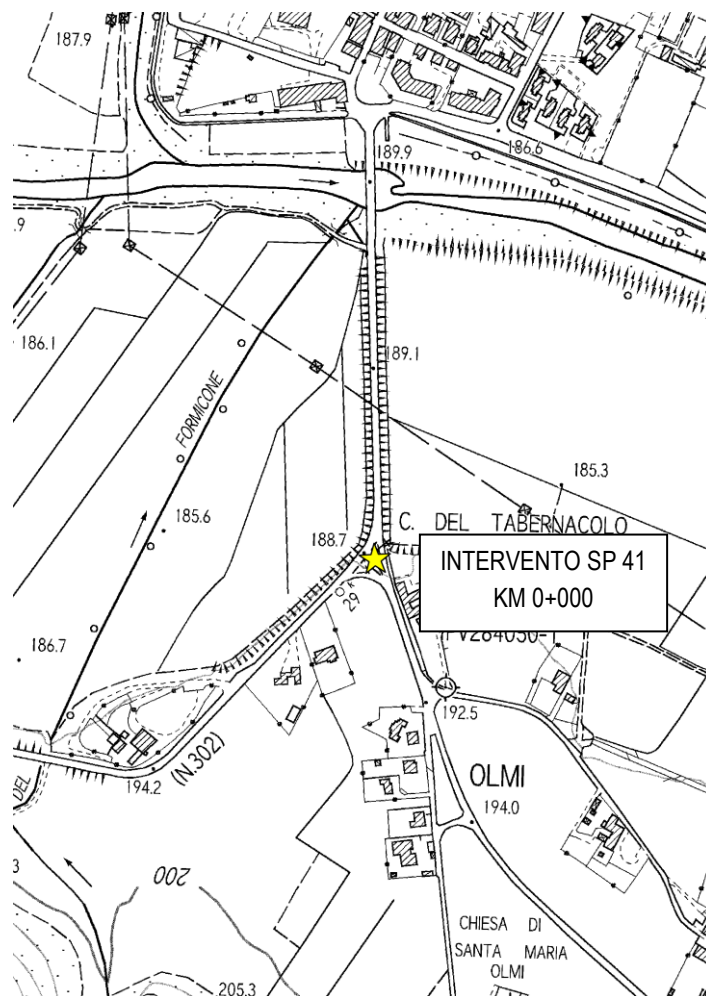


Figura 2.1 - Corografia con ubicazione area in oggetto.

Per la caratterizzazione dei terreni dal punto di vista stratigrafico, geotecnico e sismico, oltre al rilievo dell’area, è stata eseguita un’apposita campagna geognostica composta da n.3 prove penetrometriche statiche CPT, durante le quali sono stati raccolti n.2 campioni di terreno indisturbato per le analisi in laboratorio, e n.1 stesa sismica MASW.

L’area d’indagine non risulta soggetta a “vincolo idrogeologico” e non rientra nelle “aree boscate”, come istituito dal R.D. n°3267 del 30.12.1923 (Figura 2.2).

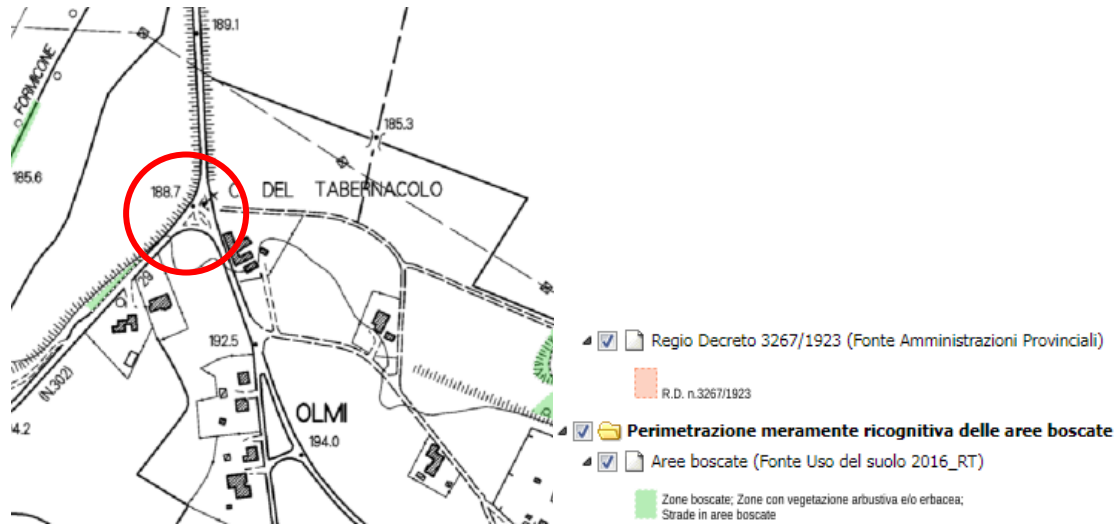


Figura 2.2 – Estratto Carta del Vincolo idrogeologico (da Regione Toscana – SITA). In rosso l’area in esame.

L’intervento in oggetto non risulta inserito nell’area di tutela di 10 m del Fosso del Formicone inserito nel retico idrografico significativo regionale ai sensi della LR 79/2012 s.s.m.m. e i.i. (Figura 2.3).

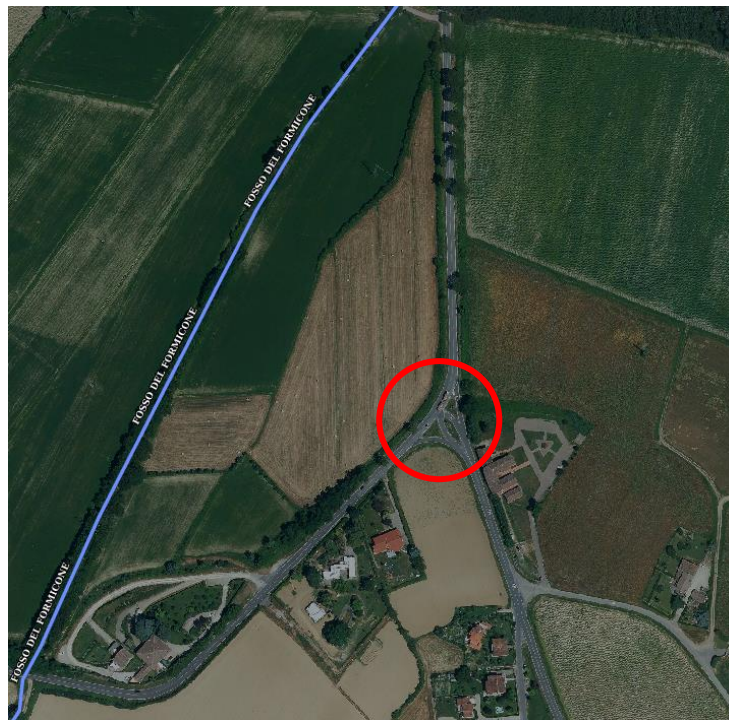


Figura 2.3 – Estratto classificazione del reticolo regionale ai sensi della L.R. 79/2012

2.2 Inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico

Dalla geologia regionale l’area di Borgo San Lorenzo fa parte del bacino “periferico” del Mugello formatosi a seguito della fase tettonica distensiva che ha interessato l’Appennino Settentrionale a partire dal Tortoniano e che ha portato da una parte, all’approfondimento dell’area centro settentrionale della catena e dall’altra, alla formazione di bacini lacustri e salmo-marini.

Il bacino lacustre villafranchiano del Mugello si è formato nel *graben* legato alla fase distensiva plio-quadernaria caratterizzata da estese faglie normali. Questo bacino è stato modellato da fossi e torrenti che hanno inciso i depositi lacustri depositato alluvioni per poi andare a costituire la paleo Sieve.

Nell’area affiorano le formazioni appartenenti al Complesso di Canetolo (Unità Subliguri), al Complesso Caotico (Unità Liguri) e all’Unità Cervarola Falterona (Unità Toscane); al di sopra di questi si sono impostati i depositi continentali fluvio-lacustri prima e fluviali poi.

Nel dettaglio dell’area in oggetto, e in un suo significativo intorno, affiorano i terreni appartenenti ai *depositi alluvionali terrazzati di età Pleistocene medio-superiore (bnb)* e i *depositi alluvionali recenti terrazzati e non terrazzati Olocenici (bna)* caratterizzati da ghiaie, sabbie e limi dei terrazzi fluviali (Figura 2.4).

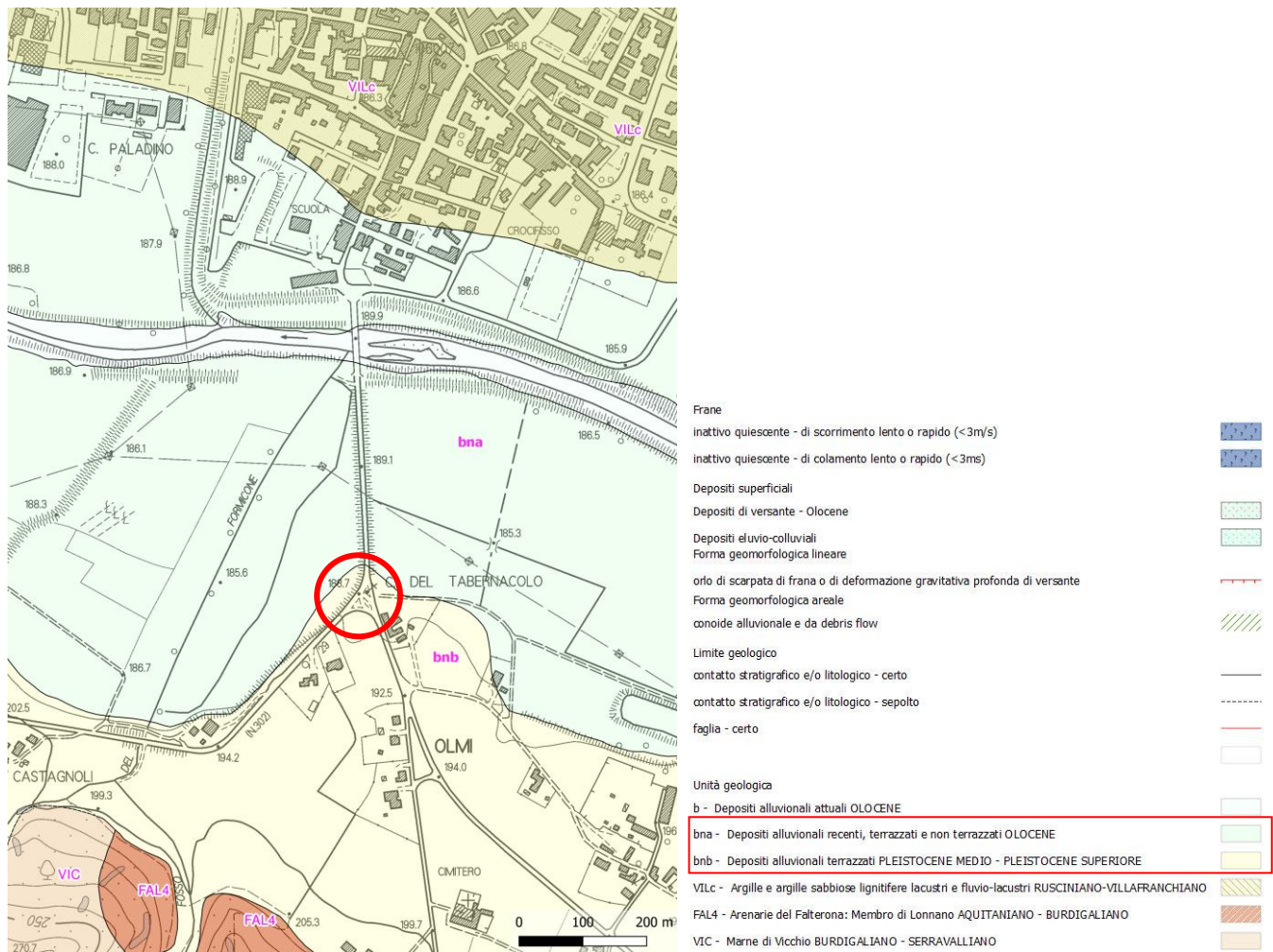


Figura 2.4 - Estratto Carta geologica dal Database della Regione Toscana. In rosso l’area in esame.

Dal punto di vista geomorfologico, consultando la carta geomorfologica redatta per il Regolamento Urbanistico del Comune di Borgo San Lorenzo, si evince come non ci siano criticità di carattere geomorfologico nell’area d’intervento, la quale è infatti situata su *depositi alluvionali pianeggianti di fondovalle e dei terrazzamenti lacustri*. Nei pressi della suddetta area è segnalata solo la presenza di una scarpata morfologica che non mostra evidenti indicatori di attività delle dinamiche solitamente fluviali che l’hanno originata (Figura 2.5).



Figura 2.5 - Estratto della Carta Geomorfologica del R.U. comunale. In rosso l'area in esame.

Da un punto di vista idrogeologico, i terreni alluvionali affioranti possono essere considerati a permeabilità medio-elevata con la presenza di una falda libera prossima al piano campagna.

3 INQUADRAMENTO NORMATIVO

Di seguito viene riportato il quadro normativo relativo agli strumenti di pianificazione e gestione del territorio in cui si inserisce l’intervento in oggetto.

3.1 Inquadramento sovracomunale

Dal 17 febbraio 2017 risultano soppresse, per espressa disposizione di legge (rif. art. 51 comma 4 della legge n. 221/2015), tutte le Autorità di Bacino di cui alla legge 183/1989 sostituite dall’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Settentrionale che, ai sensi della legge n. 221/2015, comprende, oltre al bacino del Serchio e dell’Arno, anche i bacini liguri, il bacino del Magra, e tutti i bacini toscani dal Carrione all’Albegna.

Secondo la cartografia del Piano di Gestione del Rischio da Alluvioni (PGRA), approvato in data 03/03/2016 con delibera del Comitato Istituzionale n. 184, che sostituisce le “vecchie” cartografie di piano relative al rischio idraulico, l'area sud-orientale dell'intervento non risulta inserita in alcuna area a pericolosità idraulica, mentre i settori nord-occidentale e nord-orientale dell'intervento intersecano in minima parte, ai margini delle opere in progetto nel settore nord-occidentale dell'area di lavoro, la **pericolosità da alluvione elevata P3**, corrispondente ad *aree inondabili da eventi con tempo di ritorno minore/uguale a 30 anni* ed in maggior parte, sia nel settore nord-occidentale sia in quello nord-orientale, le **pericolosità da alluvione bassa P1 e media P2**, corrispondenti rispettivamente ad *aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni (P1)* e ad *aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 30 anni e minore/uguale a 200 anni (P2)*.

Tali aree sono regolate rispettivamente dall'art.8, 10 e 11 della Disciplina di Piano (Figura 3.1).

Art.8:

Fermo quanto previsto all'art. 7 e all'art. 14 comma 9, nelle aree P3 per le finalità di cui all'art. 1 le Regioni, le Province, le Città Metropolitane e i Comuni, nell'ambito dei propri strumenti di governo del territorio, si attengono ai seguenti indirizzi:

[...] b) sono da subordinare, se non diversamente localizzabili, al rispetto delle condizioni di gestione del rischio, le previsioni di 1) nuove infrastrutture e opere pubbliche o di interesse pubblico; 2) interventi di ampliamento della rete infrastrutturale primaria, delle opere pubbliche e di interesse pubblico riferite a servizi essenziali e degli impianti di cui all'allegato VIII alla parte seconda del decreto legislativo 152/2006;

Art.10:

Fermo quanto previsto all'art. 9 e all'art. 14 comma 9, nelle aree P2 per le finalità di cui all'art. 1 le Regioni, le Province, le Città Metropolitane e i Comuni, nell'ambito dei propri strumenti di governo del territorio, si attengono ai seguenti indirizzi:

[...] b) sono da subordinare, se non diversamente localizzabili, al rispetto delle condizioni di gestione del rischio, le previsioni di 1) nuove infrastrutture e opere pubbliche o di interesse pubblico; 2) interventi di ampliamento della rete infrastrutturale primaria, delle opere pubbliche e di interesse pubblico riferite a servizi essenziali e degli impianti di cui all'allegato VIII alla parte seconda del decreto legislativo 152/2006

Art.11:

Nelle aree P1 sono consentiti gli interventi previsti dagli strumenti urbanistici garantendo il rispetto delle condizioni di gestione del rischio.

L'intervento proposto, rientrando in parte in classe di pericolosità da alluvione media (P.2) o elevata (P.3) è soggetto anche alle prescrizioni riportate nella L.R. 41/2018 e deve rispettare quanto riportato nell'articolo 13 comma 3:

Art.13:

[...] L'adeguamento e l'ampliamento di infrastrutture a sviluppo lineare esistenti e delle relative pertinenze può essere realizzato nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali.

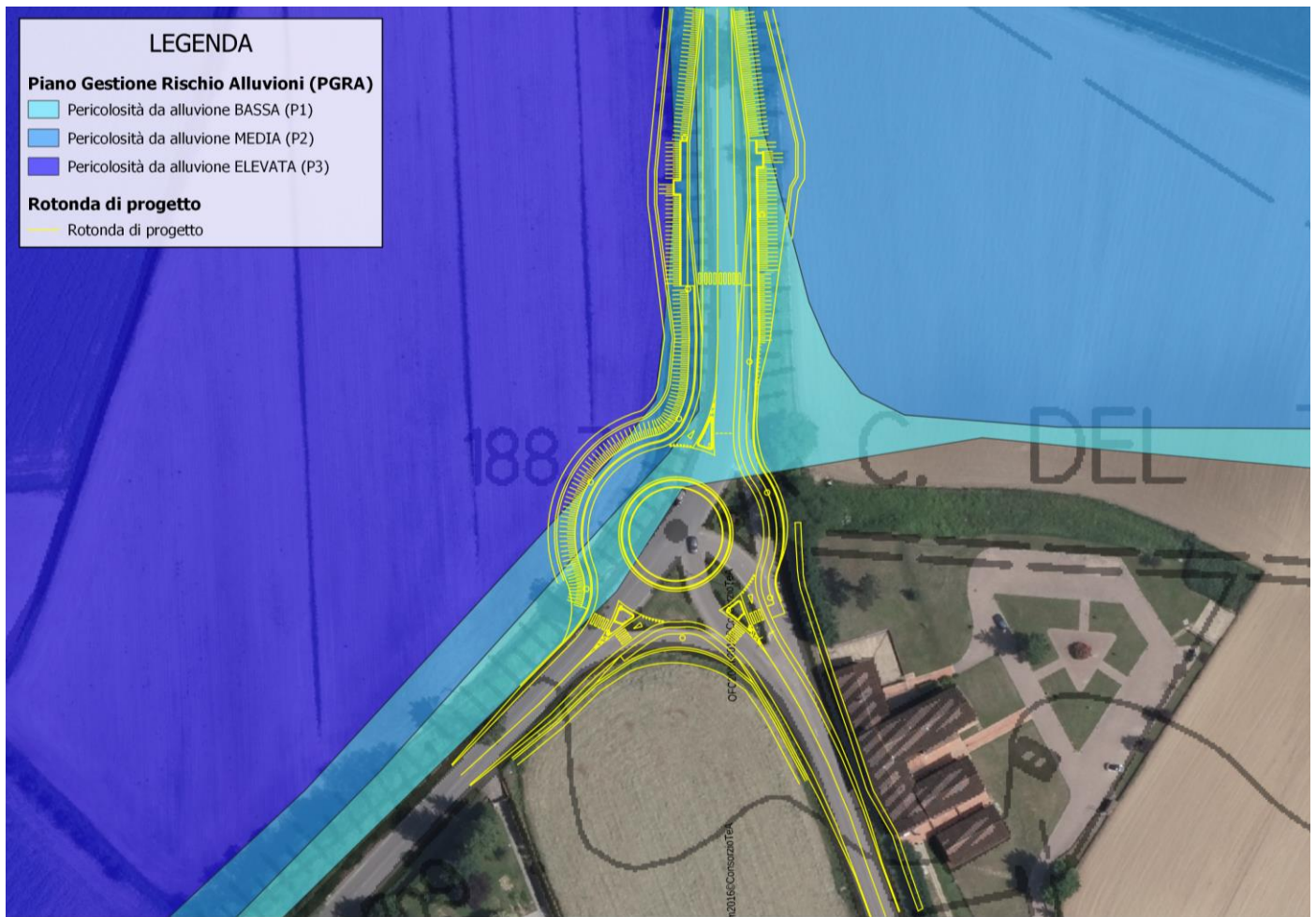


Figura 3.1- Estratto carta PGRA. In rosso l’area in oggetto

Secondo quanto riportato nella cartografia tematica prodotta dal Progetto di Piano PAI “dissesti geomorfologici” adottato con delibera della Conferenza Istituzionale Permanente n.20 del 20 dicembre 2019 e pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 9 del 13.01.2020, l’area in esame è inserita in parte in **aree con propensione al dissesto bassa (PF1)** (Figura 3.2) per la quale valgono le disposizioni riportate nell’art.12 delle norme di Piano relative alla pericolosità da frana:

Art. 12

[...] Nelle aree P.F.2 e P.F.1 si persegue l’obiettivo di integrare il livello di sicurezza alle popolazioni, mediante la predisposizione prioritaria da parte degli enti competenti ai sensi della legge 24 febbraio 1992, n. 225 di programmi di previsione e prevenzione.



Figura 3.2 Estratto PAI Arno. In rosso l'area in oggetto.

3.2 Inquadramento da Piano Strutturale Intercomunale del Mugello

3.2.1 Piano Strutturale Intercomunale del Mugello

Secondo le tavole allegate al Piano Strutturale Intercomunale del Mugello approvato con Delibera del Consiglio Comunale n. 14 del 20/03/2019 si individuano, per l'area, le seguenti pericolosità:

- **Pericolosità geologica bassa (G1)**, attribuita ad aree pianeggianti sostanzialmente stabili e senza particolari prescrizioni come i depositi delle pianure alluvionali, di terrazzamento e i terreni detritici a bassa pendenza < 25%. (Figura 3.3).

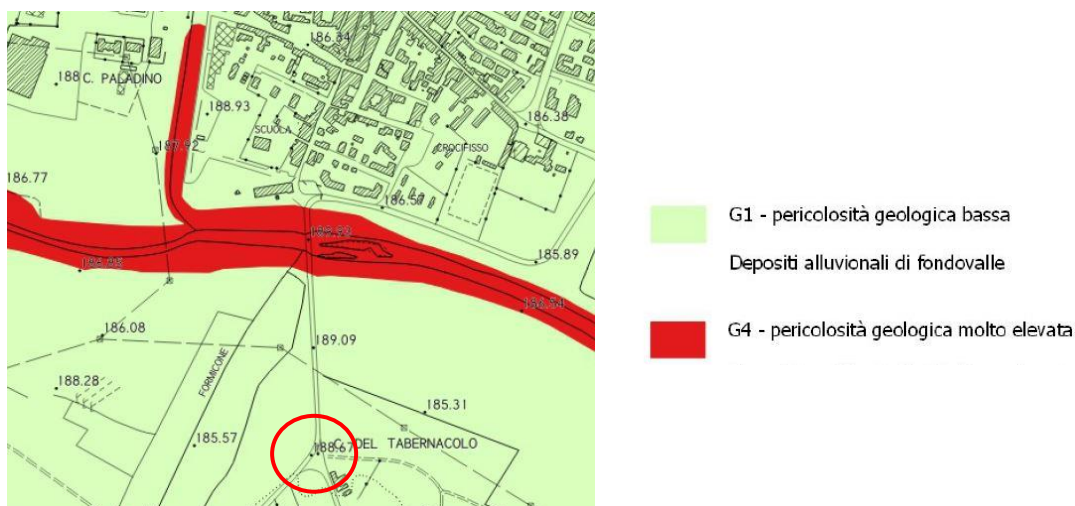


Figura 3.3 - Estratto Carta della pericolosità geologica (PS). In rosso l'area in esame.

- L’area in esame ricade in parte in **Pericolosità idraulica per alluvioni poco frequenti (TR200)**, attribuita ad aree classificate negli atti di pianificazione di bacino in attuazione del D.lgs. 49/2010 come aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti o a pericolosità per alluvioni media ed in parte in **Pericolosità idraulica per alluvioni frequenti (TR30)**, attribuita ad aree classificate negli atti di pianificazione di bacino in attuazione del D.lgs. 49/2010 come aree a pericolosità per alluvioni frequenti o a pericolosità per alluvioni elevata (Figura 3.4).

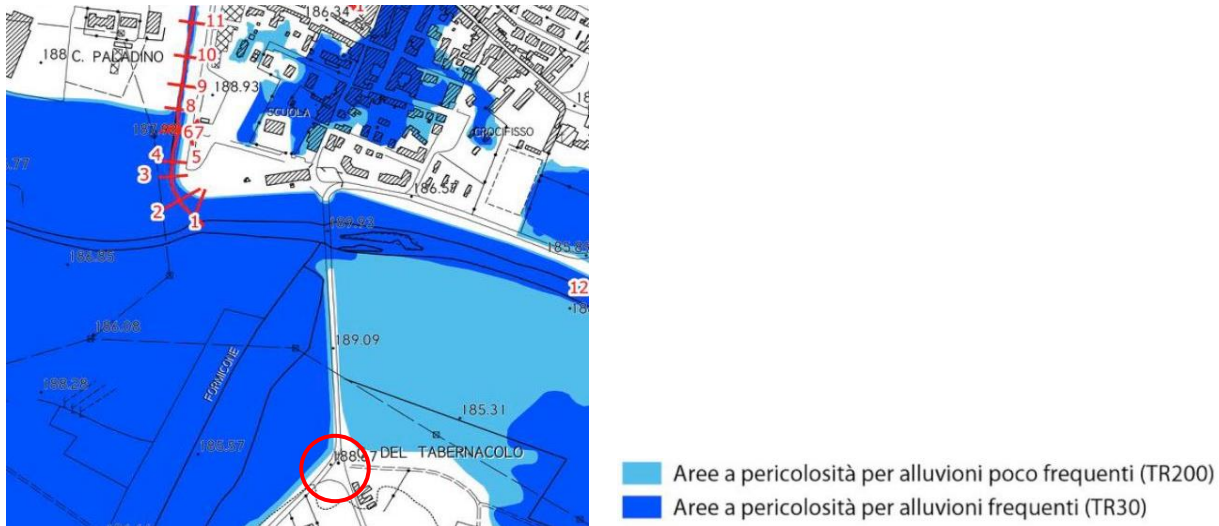


Figura 3.4 - Estratto Carta della pericolosità idraulica (PS). In rosso l’area in esame.

- **Pericolosità sismica elevata (S3)** corrispondente a zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; terreni suscettibili di liquefazione dinamica (per tutti i comuni tranne quelli classificati in zona sismica 2); zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri (Figura 3.5).

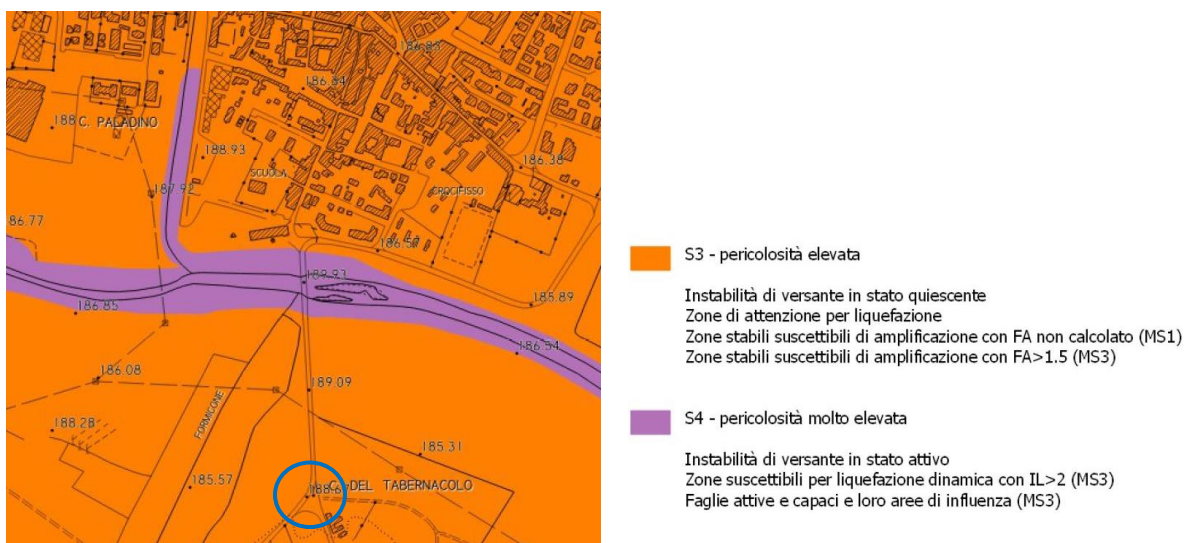


Figura 3.5 - Estratto carta della pericolosità sismica (PS). In blu l’area in esame.

3.2.2 Regolamento Urbanistico (Comune di Borgo San Lorenzo)

Dalla consultazione delle tavole allegate al Regolamento Urbanistico approvato con deliberazione C.C. n. 30 del 14.07.2016 e divenuto efficace a seguito di pubblicazione sul B.U.R.T. n. 34 del 24.08.2016, si evince, per l'area di intervento:

- **Pericolosità geologica media – G2** (Figura 3-6) attribuita ad aree con terreni detritici a bassa pendenza e i terreni pianeggianti sostanzialmente stabili e senza particolari prescrizioni:
 - depositi colluviali, depositi eluviali, depositi detritici con pendenza < 25%. Classe **G2**.

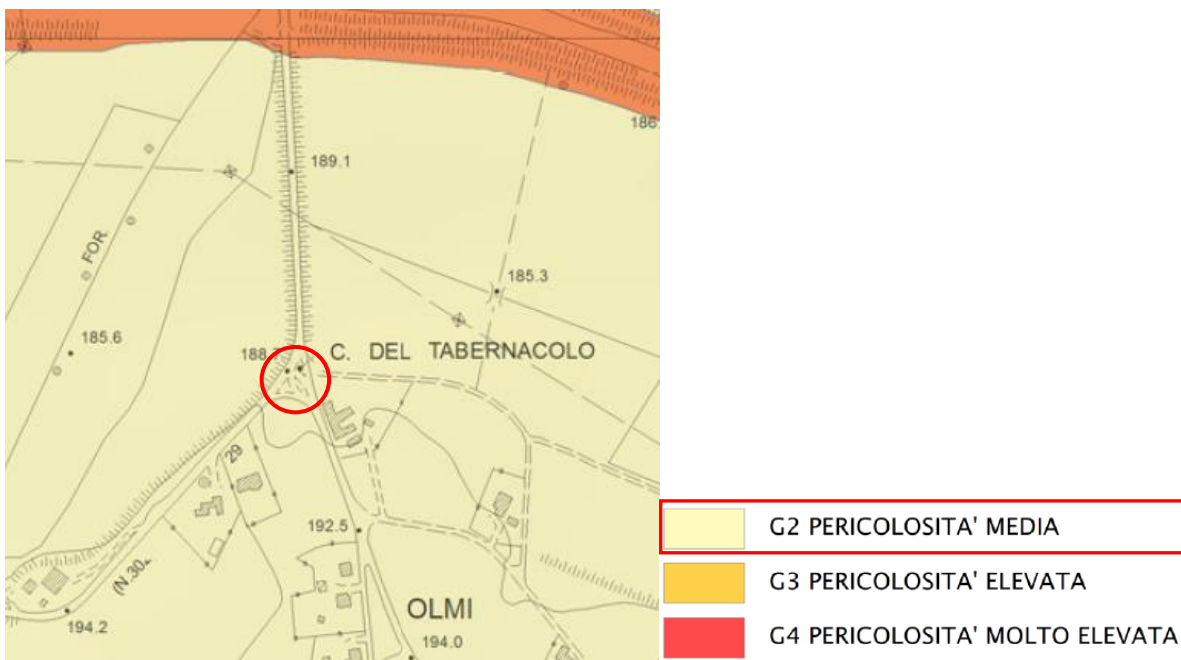


Figura 3-6 – Estratto carta della pericolosità geologica comunale

- L'area in esame ricade in parte in tutte e tre le pericolosità idrauliche individuate: **Pericolosità idraulica elevata (I.4)** attribuita ad aree inondabili con $Tr \leq 30$ anni; **Pericolosità idraulica media (I.3)** attribuita ad aree inondabili con $30 < Tr \leq 200$ anni e **Pericolosità idraulica bassa (I.2)** attribuita ad aree inondabili con $200 < Tr \leq 500$ anni (Figura 3.6).

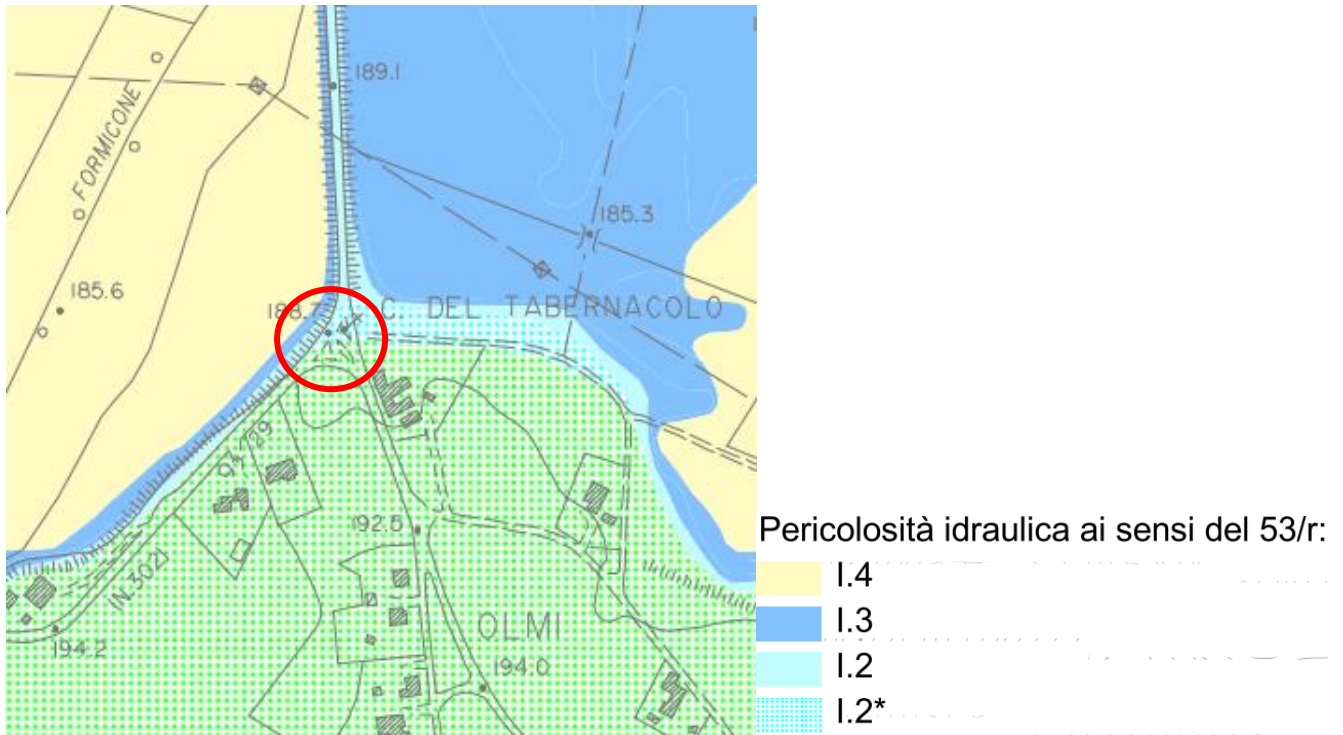


Figura 3.6 - Estratto carta della pericolosità idraulica comunale. In rosso l’area in esame.

- **Pericolosità sismica locale** non attribuita all’area in esame, poiché lo studio sismico è stato effettuato solo all’interno dei perimetri dei centri urbani (Figura 3.7).

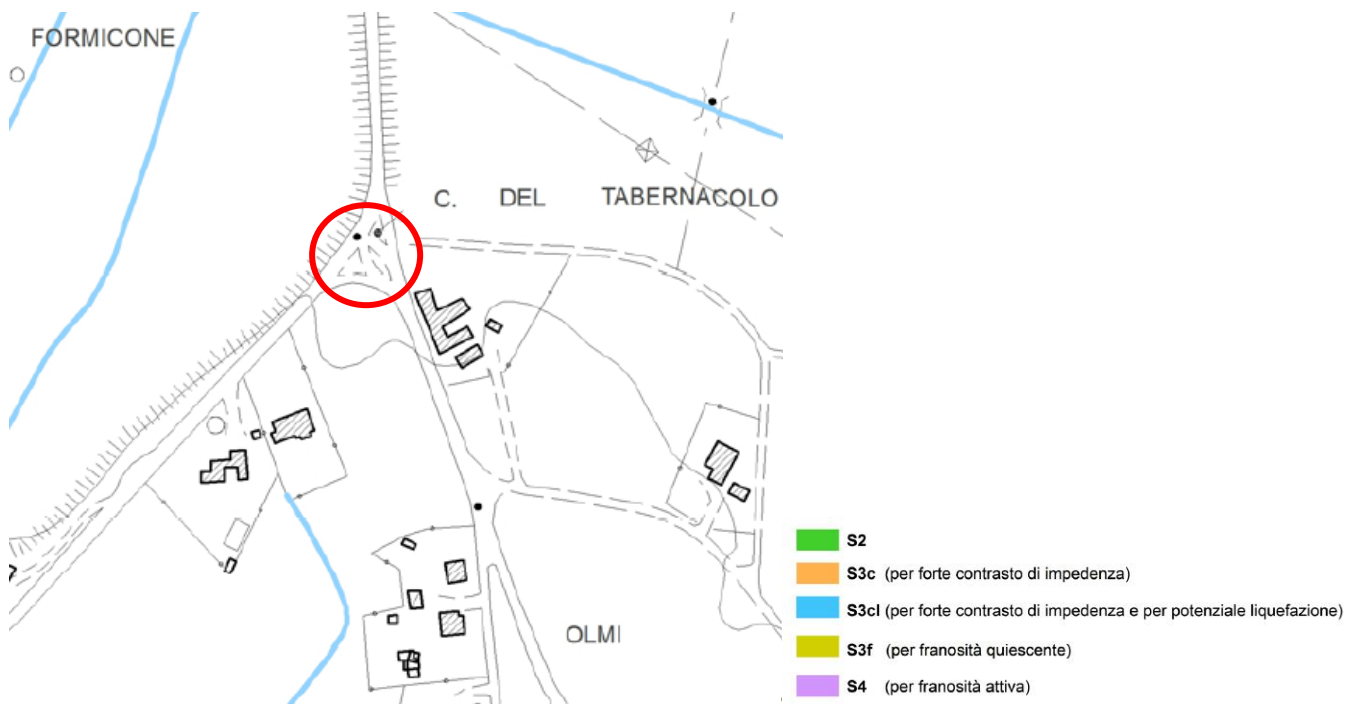


Figura 3.7 - Estratto carta della pericolosità sismica locale comunale. In rosso l’area in esame.

Dalla consultazione degli abachi riportati nell'art. 17 delle Norme Tecniche di attuazione allegate al RU comunale assimilando l'intervento alla tipologia n.14 (*nuova viabilità*) per quanto riguarda la pericolosità geologica e sismica e alla tipologia 14 (*Aree nel territorio aperto destinate alla realizzazione di infrastrutture lineari non diversamente localizzabili*) per quanto riguarda la pericolosità idraulica, si ricavano le seguenti fattibilità:

PERICOLOSITÀ	FATTIBILITÀ	PRESCRIZIONI
G.2	F.G.2 FATTIBILITÀ CON NORMALI VINCOLI	E' attribuita a tutte le previsioni ricadenti nelle aree di pianura (<i>pericolosità geologica G2a</i>) ed in quelle collinari isolate, di consistenza inferiore a 1500 mc e ricomprese all'interno delle aree con pericolosità geologica media (G.2). Per tali previsioni le eventuali prescrizioni sono specificate alla luce delle risultanze delle indagini geologiche e geotecniche da eseguirsi in sede di progettazione. Gli aspetti riguardanti scavi anche consistenti delle fondazioni sono affrontati nella relazione geologica e geotecnica del progetto. Relativamente a ogni classe di pericolosità la fattibilità Fg2 è attribuita inoltre agli interventi di edilizia libera comportanti manufatti interrati e agli interventi urbanistico edilizi soggetti a Scia non comportanti sovraccarichi sul terreno.
I.2 – I.3 - I.4	F.I.3 FATTIBILITÀ CONDIZIONATA F.I.4 FATTIBILITÀ LIMITATA	F.I.3 : E' attribuita alle previsioni di intervento ricadenti anche solo parzialmente in aree con pericolosità idraulica elevata (I.3) con battenti idraulici inferiori a m 0,30 e con Tr=200 anni. Per tali previsioni l'individuazione delle quote di messa in sicurezza e dei volumi di compensazione è effettuata secondo le indicazioni contenute negli studi idraulici di corredo al Regolamento Urbanistico e con le modalità del punto 3.2.2.2. della 53/R/2011 adottando un franco di sicurezza di m 0,30. F.I.4 : Nelle aree caratterizzate da pericolosità idraulica molto elevata I4 sono consentite nuove previsioni a condizione che siano contestualmente accompagnate da progetti di opere idrauliche di mitigazione, individuate nel RU sulla base di studi idrologici idraulici. Le opere previste dovranno in ogni caso conseguire la sicurezza con Tr 200 anni.
S3	F.S.3 FATTIBILITÀ CONDIZIONATA	E' attribuita alle previsioni di intervento di qualsiasi consistenza ricadenti anche parzialmente in aree con pericolosità sismica locale elevata S.3 dovuta a effetti dinamici in zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, ovvero per riattivazione di frane quiescenti. Per tali previsioni, in sede di predisposizione dei Piani Attuativi o dei Progetti Unitari ovvero, in sede di progettazione di interventi urbanistico-edilizi diretti, con riferimento agli aspetti evidenziati nello studio di microzonazione sismica (MS) di livello 1, si richiedono indagini geognostiche e geofisiche differenziate secondo il punto 3.5 lettere a,b,c,d,e della pericolosità sismica elevata S3 della DGR 35/R/2011.

Poiché la pericolosità sismica locale del Regolamento Urbanistico non è stata attribuita all'area in esame, dato che lo studio sismico è stato effettuato solo alle aree interne ai perimetri dei centri abitati, si è proceduto assegnando all'area d'intervento la pericolosità sismica elevata S3 indicata nelle carte del PSI del Mugello.

4 INQUADRAMENTO SISMICO

4.1 Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale

La pericolosità sismica è lo scuotimento del suolo atteso in un dato sito con una certa probabilità di eccedenza in un dato intervallo di tempo, ovvero la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo. Questo tipo di stima si basa sulla definizione di una serie di elementi di input (quali catalogo dei terremoti, zone

sorgente, relazione di attenuazione del moto del suolo, ecc.) e dei parametri di riferimento (per esempio: scuotimento in accelerazione o spostamento, tipo di suolo, finestra temporale, ecc.).

A seguito dell'Ordinanza PCM 3274/2003 (GU n.108 dell'8 maggio 2003) l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha realizzato la Mappa di Pericolosità sismica 2004 (MPS04) che descrive la pericolosità sismica attraverso il parametro dell'accelerazione massima attesa con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni su suolo rigido e pianeggiante. Dopo la sua approvazione da parte della Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile nella seduta del 6 aprile 2004, la mappa MPS04 è diventata ufficialmente la mappa di riferimento per il territorio nazionale con l'emanazione dell'Ordinanza PCM 3519/2006 (G.U. n.105 dell'11 maggio 2006) (Figura 4.1).

A seguito di tale classificazione il territorio del Comune di Borgo San Lorenzo era stato inserito in zona 2. Basandosi sui valori di accelerazione proposti dalla mappa di pericolosità sismica MPS04, a seguito all'Ordinanza PCM 3519/2006, le Regioni e le Province Autonome hanno potuto aggiornare le pericolosità del proprio territorio per individuare le soglie che definiscono il limite tra una zona sismica e un'altra.

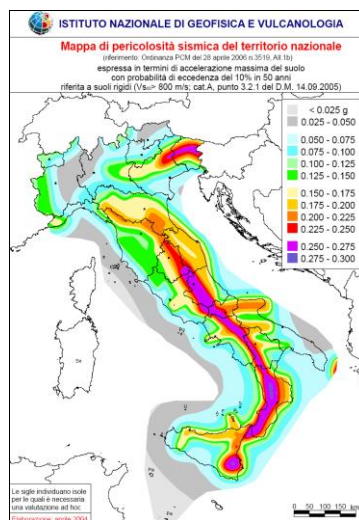


Figura 4.1- La Mappa di Pericolosità sismica 2004 (MPS04).

A tal proposito la Regione Toscana con delibera di GRT n° 431 del 19.06.06, approvava la riclassificazione sismica del territorio regionale, applicando (prima fra tutte le regioni italiane) i criteri nazionali riportati nel suddetto O.P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006 e attualmente aggiornata con Deliberazione GRT n. 421 del 26/05/2014, pubblicata sul BURT Parte Seconda n. 22 del 04.06.2014, per la quale il Comune di Borgo San Lorenzo risulta classificato sismico e collocato in “**zona 2**”, riprendendo la precedente classificazione del 2003-2006.

La classificazione sismica nazionale aggiornata al 2015, consultabile sul sito del Dipartimento della Protezione Civile, è riportata nella Figura 4.2 sottostante.

Accordo quadro per servizi di ingegneria relativi a nuove opere e manutenzione del patrimonio stradale di proprietà o in gestione alla Città Metropolitana
SR 302 – SP41 “di Sagginale” km 0+000 – Adeguamento dell’intersezione esistente mediante la realizzazione di una rotonda



Figura 4.2-Classificazione sismica nazionale aggiornata al 2015 secondo le normative regionali sismiche; Figura 4.3- Classificazione sismica Regione Toscana.

4.2 Zonazione sismica

Nell’ambito della realizzazione della Mappa di Pericolosità MPS04, l’INGV ha realizzato una nuova zonizzazione sismogenetica, denominata ZS9, a partire da una sostanziale rivalutazione della precedente zonizzazione ZS4 realizzata da Meletti et alii. nel 2000, alla luce delle evidenze di tettonica attiva e delle valutazioni sul potenziale sismogenetico acquisite negli ultimi anni.

Le zone sismogenetiche individuate con la ZS9 sono 36 (da 9 01 a 9 36) (Figura 4.4) ed in particolare il territorio comunale di Borgo San Lorenzo di nostro interesse, rientra nella zona sismogenetica 15 (915) – Garfagnana-Mugello per la quale è stata osservata una magnitudo massima di 6.60 e una magnitudo “cautelativa” di 6.60 (Figura 4.5).

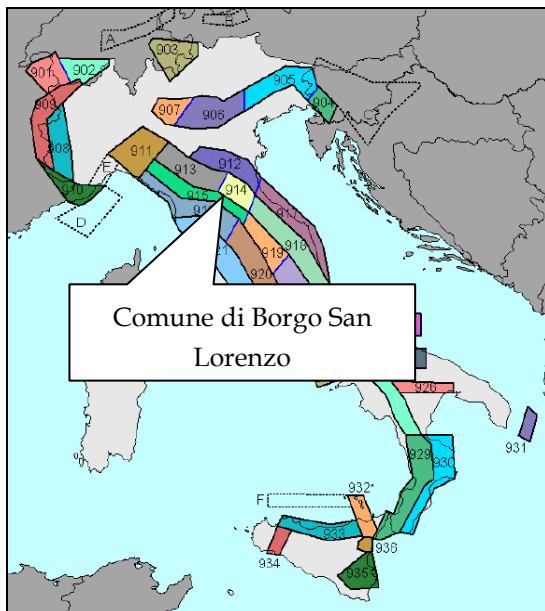


Figura 4.4- Zonazione sismogenetica ZS9.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
nome ZS	N ZS	DISS2 MwMax	CPTI2 MwMax	CPTI2 MwMax (classe)	CPTI2 completo 04.2	Az1	Mw Max1	Az2	Mw Max2	
Savoia	901		5.79	5.68	5.68	+1(a)	5.91	+2(d)	6.14	
Vallese	902		6.10	6.14	6.14		6.14		6.14	
Grigioni-Valtellina	903		5.79	5.68	5.22	+3(b)	5.91	+4(d)	6.14	
Trieste -Monte Nevoso	904		5.71	5.68	5.68		5.68	+2(d)	6.14	
Friuli -Veneto Orientale	905	6.4	6.66	6.60	6.60		6.60		6.60	
Garda-Veronese	906	6.2	6.49	6.60	6.60		6.60		6.60	
Bergamasco	907	5.9	5.67	5.68	5.68	G	5.91	+2(d)	6.14	
Piemonte	908		5.67	5.68	5.68		5.68	+2(d)	6.14	
Alpi Occidentali	909		5.54	5.45	5.45	+1(a)	5.68	+3(d)	6.14	
Nizza-Sanremo	910	6.3	6.29	6.37	6.37		6.37		6.37	
Tortona-Bobbio	911		5.67	5.68	5.68		5.68	+2(d)	6.14	
Dorsale Ferrarese	912	6.2	5.88	5.91	5.91	G	6.14	G	6.14	
Appennino Emiliano-Romagn.	913		5.85	5.91	5.91		5.91	+1(d)	6.14	
Forlivese	914		5.97	5.91	5.91		5.91	+1(d)	6.14	
Garfagnana-Mugello	915	6.4	6.49	6.60	6.60		6.60		6.60	
Versilia-Chianti	916		5.52	5.45	5.45	+1(c)	5.68	+3(d)	6.14	
Rimini-Ancona	917	6.1	5.94	5.91	5.91	G	6.14	G	6.14	
Medio-Marchigiana/Abruzz.	918		6.23	6.14	6.14	+1(a)	6.37	+1(a)	6.37	
Appennino Umbro	919	6.0	6.33	6.37	6.37		6.37		6.37	
Val di Chiana-Ciociaria	920		5.57	5.68	5.45	+1(b)	5.68	+3(d)	6.14	

Figura 4.5- Tabella riassuntiva di Mmax (Gruppo di Lavoro (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall’Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici). Mmax1 – magnitudo “osservata; Mmax2 – magnitudo “cautelativa”.

4.3 Azione sismica dell’area di progetto

Come già indicato, l’aggiornamento della classificazione sismica della Toscana, approvata con Del. GRT n° 421 del 26/05/2014 (pubblicata su BURT Parte Seconda n. 22 del 04.06.2014), inserisce il territorio comunale di Borgo San Lorenzo in “Zona 2”.

La valutazione dell’azione sismica di progetto va definita, secondo il nuovo DM 17.01.2018 (NTC18), attraverso specifiche analisi di Risposta Sismica Locale (RSL). In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà del terreno siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab 3.2.II delle norme, è possibile fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s .

I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all’approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni compresi nel volume significativo.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l’utilizzo dell’approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall’espressione (3.2.1 delle NTC18):

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

con:

h_i spessore dell’i-esimo strato;

$V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell’i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

5 INDAGINI GEOGNOSTICHE PER LA CARATTERIZZAZIONE DEL SITO E MODELLO GEOTECNICO

Per caratterizzare i terreni oggetto del presente elaborato dal punto di vista geotecnico e sismico, e ricostruire l'andamento stratigrafico e litologico del sottosuolo, è stata realizzata una specifica campagna geognostica composta da:

- n° 3 prove penetrometriche statiche, delle quali due sono state interessate dalla raccolta di n°1 campione di terreno indisturbato ciascuna;
- n°.1 indagine sismica tipo MASW

Tutte le indagini geognostiche sono state realizzate dalla ditta Sidercem s.r.l., istituto di Ricerca e Sperimentazione di Caltanissetta in possesso dell'attestazione SOA categoria OS 20-B - Indagini geognostiche.

L'ubicazione delle indagini è riportata in Figura 5.1 seguente.



Figura 5.1 – Ubicazione delle indagini eseguite.

La descrizione delle indagini eseguite e i risultati ottenuti sono riportati nel dettaglio nei successivi paragrafi.

CPT2

Table with columns for soil parameters: Prof. m, qc, qc/s, Natura, Y, pve, Cu, OCR, E50, E52, Mo, Dr, e1s, e2s, e3s, e4s, edm, emy, Amaxg, E50, E52, Mo. Includes a header for NATURE COESIVA and NATURE GRANULARE.

CPT3

Table with columns for soil parameters: Prof. m, qc, qc/s, Natura, Y, pve, Cu, OCR, E50, E52, Mo, Dr, e1s, e2s, e3s, e4s, edm, emy, Amaxg, E50, E52, Mo. Includes a header for NATURE COESIVA and NATURE GRANULARE.

5.2 Analisi geotecniche di laboratorio

Al fine di caratterizzare da un punto di vista geotecnico i terreni oggetto degli interventi sono state eseguite analisi geotecniche di laboratorio su n. 2 campioni indisturbati di cui uno prelevato dalla CPT2 alla profondità di 2.0 m e uno prelevato dalla CPT3 alla profondità di 1.10 m. Le analisi geotecniche sono state eseguite dal laboratorio certificato SIDERCEM SRL – Istituto di Ricerca e Sperimentazione di Caltanissetta.

Nelle tabelle seguenti si riportano le analisi eseguite ed i risultati ottenuti per i due campioni prelevati.

TIPO DI PROVA	NORMA	CAMPIONE INDISTURBATO	
		C11 – CPT2	C11 – CPT3
UMIDITÀ NATURALE	UNI CEN ISO/TS 17892-1	SI	SI
MASSA VOLUMICA APPARENTE	UNI CEN ISO/TS 17892-2	SI	SI
DETERMINAZIONE PESO SPECIFICO CON PICOMETRO	UNI CEN ISO/TS 17892-3	SI	SI
LIMITI DI ATTERBERG	CNR UNI 10014	SI	SI
ANALISI GRANULOMETRICA *	UNI CEN ISO/TS 17892-4; ASTM D422	SI	SI
COMPRESSIONE EDOMETRICA	UNI CEN ISO/TS 17892-5	SI	SI
COMPRESSIONE TRIASSIALE C.I.U.	UNI CEN ISO/TS 17892-9	SI	NO
PROVA DI TAGLIO DIRETTO	UNI CEN ISO/TS 17892-10	SI	SI

* Per setacciatura e sedimentazione

CAMPIONI INDISTURBATI	QUOTA PRELIEVO		w (%)	γ (t/m ³)	LIMITI DI ATTERBERG			GRANULOMETRIA (UNI)				MODULO EDOMETRICO		TRIASSIALE C.I.U.		TAGLIO DIRETTO	
	da m.	a m.			LL (%)	LP (%)	IP (%)	ghiaia (%)	sabbia (%)	limo (%)	argilla (%)	P (kPa)	Med (kg/cm ²)	c' (kg/cm ²)	ϕ (°)	c' (kg/cm ²)	ϕ (°)
C11-CPT2	2.00	2.50	29.6	1.836	56.1	30.3	25.8	1.54	11.82	63.21	23.44	196.14	43.98	0.228	22.0	0.213	20.2
C11-CPT3	1.10	1.60	16.7	1.820	42.6	25.4	17.2	2.77	16.52	61.56	19.15	196.14	52.44	-	-	0.374	13.8

5.3 Indagine sismica

Al fine di fornire la categoria di suolo sismico dell’area oggetto di studio, sono state prese a riferimento due stese sismiche (onde superficiali/metodo MASW) limitrofe all’area di intervento. Entrambe le stese presentano uno sviluppo in lunghezza pari a 46 metri, con azimuth N-S, utilizzando 24 geofoni interspaziati di 2.0 metri.

Le indagini MASW eseguite non hanno individuato il bedrock sismico ($V_s \geq 800$ m/s) entro la profondità di 30 m e pertanto, ai sensi delle NTC18, la velocità equivalente V_{seq} coincide con la V_{s30} che è risultata pari a **285,41 m/sec**.

Ai sensi della classificazione riportata nella tabella 3.2.11 del DM 17.01.2018, il terreno in oggetto è pertanto classificabile in **categoria di sottosuolo C**: “Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s”.

Per ulteriori dettagli si rimanda alla consultazione dell’allegato B.1.1 – Fascicolo indagini in sito.

6 LOCALIZZAZIONE SISMICA E CALCOLO AZIONE SISMICA

L’aggiornamento della classificazione sismica della Toscana, approvato con Deliberazione GRT n. 421 del 26/05/2014 e pubblicata sul BURT Parte Seconda n. 22 del 04.06.2014, inserisce il territorio comunale di Borgo San

Lorenzo in “Zona 2”. Per il calcolo dell'azione sismica ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M.17.01.2018) è necessario attribuire, oltre alla categoria di suolo, che nel nostro caso è risultata essere la C, anche la categoria topografica; per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale; per configurazioni superficiali semplici si può adottare la classificazione secondo la Tab. 3.2.IV delle NTC, che, nel caso del sito in esame prevede l'attribuzione ad una “categoria topografica T1”, avente fattore $St = 1.0$.

È necessario inoltre stabilire la “classe d'uso” dell'infrastruttura di progetto ai sensi delle NTC (e di conseguenza del coefficiente d'uso C_u , da Tab. 2.4.II NTC), e la “vita nominale” (Tab. 2.4.I NTC). Per la struttura in progetto è possibile attribuire una “classe d'uso” II (Coefficiente d'uso $C_u = 1.0$) e una vita nominale $V_n \geq 50$ anni.

Inserendo questi parametri nel software “Geostru PS – parametri sismici” (http://www.geostru.com/geoapp/Parametri_Sismici.aspx), è stato possibile calcolare l'azione sismica di progetto, ricavando i coefficienti sismici per i vari Stati Limite, dei quali sono da prendere in considerazione quelli dello Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV):

Amax (accelerazione massima):	2.679 m/s ² ;
Kh (coefficiente sismico orizzontale):	0.066;
Kv (coefficiente sismico verticale):	0.033.

Per i dettagli si veda il relativo allegato (All.1).

7 MODELLO GEOTECNICO

In funzione dei dati acquisiti con la campagna geognostica specificatamente realizzata è stato possibile ricostruire l'andamento stratigrafico del sottosuolo.

L'area d'intervento risulta caratterizzata dai sedimenti alluvionali depositi dal fiume Sieve nel corso del Pleistocene e dell'Olocene: al di sotto di un primo strato di terreno di riporto (individuato solo nella prova CPT1 eseguita sul rilevato stradale) vi è una alternanza di depositi limosi caratterizzati da diversa consistenza e percentuale di argilla e sabbia, debolmente ghiaiosi, all'interno dei quali si rinvenivano lenti di natura prettamente granulare.

Nella tabella alla pagina seguente vengono riportate le unità litologiche riconosciute sulla base delle indagini svolte, con i rispettivi parametri geotecnici attribuiti secondo una stima ragionata e cautelativa in accordo a quanto richiesto dal D.M. 17.01.2018.

Unità litologiche	Profondità e Descrizione stratigrafica	Parametri geotecnici				
		γ (t/m ³)	ϕ (°)	Cu (kg/cm ²)	c' (kg/cm ²)	Mo (kg/cm ²)
U.Lit.0	Terreno di riporto	2.10**	38.5**	-	-	515**
U.Lit.A	Limo argilloso sabbioso debolmente ghiaioso mediamente consistente	1.820	13.8	1.20	0.374	52.44
U.Lit.B	Strato limoso-argilloso poco consistente	1.85	-	0.50	0.05*	30
U.Lit.C	Limo argilloso sabbioso debolmente ghiaioso consistente	1.836	20.2	1.35	0.213	43.98
U.Lit.C'	Lenti di natura granulare addensate intercalate a limi argilloso sabbiosi debolmente ghiaiosi consistenti	1.85	35.0	3.60	0.36*	450

γ è il peso di volume del terreno (tonn/m³), ϕ è l'angolo di attrito interno (°); **Cu** è la coesione non drenata (Kg/cm²); c' è la coesione drenata, **Mo** è il Modulo edometrico (Kg/cm², inverso del coefficiente di compressibilità).*in assenza di dati diretti la coesione drenata è stata considerata pari al 10% di quella non drenata individuata dalla prova (i valori senza asterisco si riferiscono a quelli ottenuti dalle prove in laboratorio). **i dati dell'U.Lit.0 derivano dalla correlazione tra parametri geotecnici del terreno ed i dati SPT della prova penetrometrica dinamica operata per i primi 1.40 m della CPT1.

Durante l'esecuzione delle prove penetrometriche non è stata intercettata la falda acquifera. In mancanza dei dati diretti e di una cartografia idrogeologica comunale con indicazione di isopieze, sono stati consultati i dati delle “perforazioni con stratigrafia” dell'Archivio Indagini nel Sottosuolo dell'ISPRA che, in aree limitrofe a quella di intervento e caratterizzate da uno stesso contesto geologico, indicano un livello di falda intercettato a circa 7 m dal p.c..

La ricostruzione schematica dell'andamento stratigrafico del sottosuolo è riportata nella sezione di Tavola 1 di cui uno stralcio è riportato in Figura 7.1 seguente.

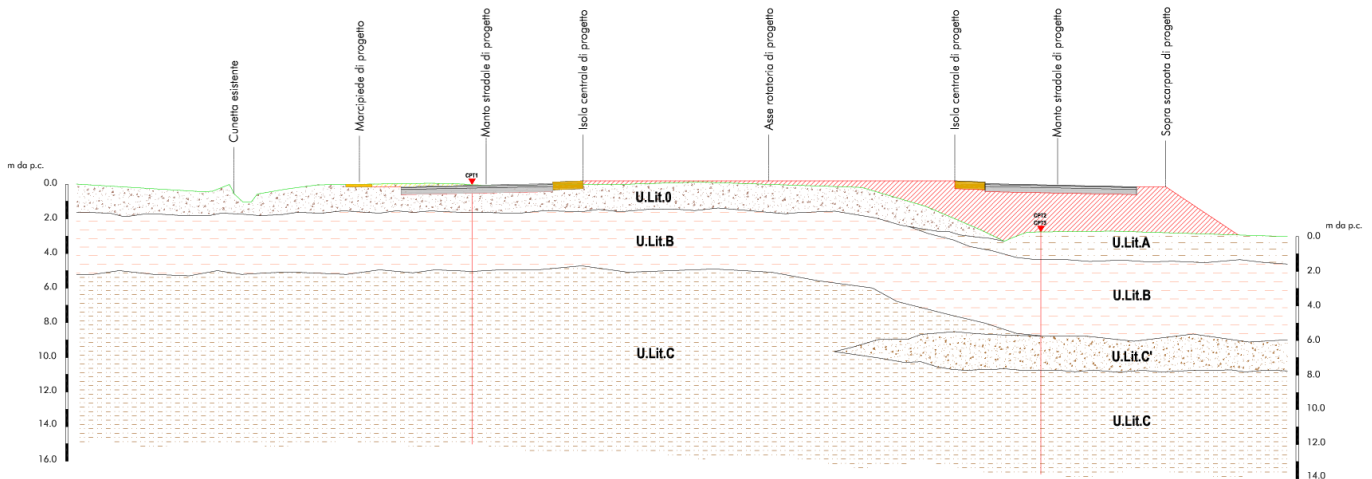


Figura 7.1 - Ricostruzione stratigrafica e geotecnica dell'area (estratta da Tavola 1 allegata)

8 LIQUEFAZIONE

Il fenomeno della liquefazione si manifesta sotto l'azione di carichi ciclici come quelli indotti da un sisma, quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento, cioè quando gli sforzi efficaci da cui dipende la resistenza al taglio si riducono a zero. Deve pertanto essere verificata la suscettibilità alla liquefazione nei casi in cui il terreno oggetto d'intervento comprenda strati estesi o lenti spesse di

sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo argillosa. La ricostruzione geologica dell'area in esame non ha permesso di escludere la presenza di spessori rilevanti di sabbie sciolte sotto falda e pertanto si è ritenuto opportuno eseguire il calcolo della suscettibilità dei terreni in oggetto alla liquefazione secondo il metodo Eurocodice 8 (ENV 1998-5) che considera i valori delle Vs misurate durante l'esecuzione delle prove geognostiche effettuate. Il metodo si basa sulla determinazione del fattore di sicurezza $F_s = CSR/CRR$, indicativo della propensione o meno del terreno a liquefare. La metodologia, partendo da una parametrizzazione geomeccanica e sismica dei terreni costituenti l'area in esame, porta alla individuazione della suscettibilità a liquefazione dei terreni costituenti i terreni di fondazione, analizzando strati dello spessore di 0.20 m al di sotto del livello di falda.

Per quanto concerne maggiori informazioni riguardanti la metodologia di calcolo, le relative tabelle e le sezioni schematiche prodotte, si rimanda all'All.2.

Per il calcolo sono stati inseriti i seguenti dati di input:

- la falda freatica non è stata rilevata durante le indagini geognostiche effettuate. Considerando i dati idrogeologici estrapolati dall'Archivio Indagini nel Sottosuolo dell'ISPRA, che vedono un livello di falda all'incirca a 7 m di profondità dal p.c., si considera cautelativamente per il calcolo della liquefazione, considerando le possibili oscillazioni stagionali, una falda a 2 m di profondità dal p.c.;
- sono stati inseriti i dati sismici ricavati nel cap. 4, considerando una Magnitudo massima cautelativa di 6.14 (colonna 10 della Tab.6, del Rapporto Conclusivo) derivante dalle mappe di pericolosità sismica redatte dall'INGV ai sensi dell'OPCM 20.03.2003 n. 3274, All.1, considerando che l'area in oggetto rientra nella Zona Sismogenetica n. 916 “Versilia-Chianti”(ZS9-16);
- i terreni sono stati considerati completamente privi della frazione fine.

Durante la fase di elaborazione, il programma ha analizzato la suscettibilità di liquefazione a partire da 2 m di profondità dal p.c., con un passo di 0.20 metri.

Il calcolo, eseguito fino alla profondità di 15 m, ha prodotto un coefficiente di sicurezza sempre maggiore di 1,25 e pertanto, ai sensi delle NTC18, i terreni in gioco non sono suscettibili di liquefazione (All. 2).

9 CONCLUSIONI

Sulla base delle indagini svolte e dei dati raccolti si ritiene l'intervento fattibile dal punto di vista geologico, idraulico e sismico, ai sensi degli Strumenti Urbanistici vigenti (R.U. e P.S.I.), del P.A.I. e del PGRA del Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale.

I dati ottenuti dalle indagini geognostiche eseguite, hanno permesso di ricostruire il modello geologico-geotecnico e sismico del sottosuolo oggetto di intervento sul quale l'ingegnere progettista dovrà necessariamente basarsi per i calcoli geotecnici (fondazione, cedimenti, eventuale sottospinta idraulica ecc).

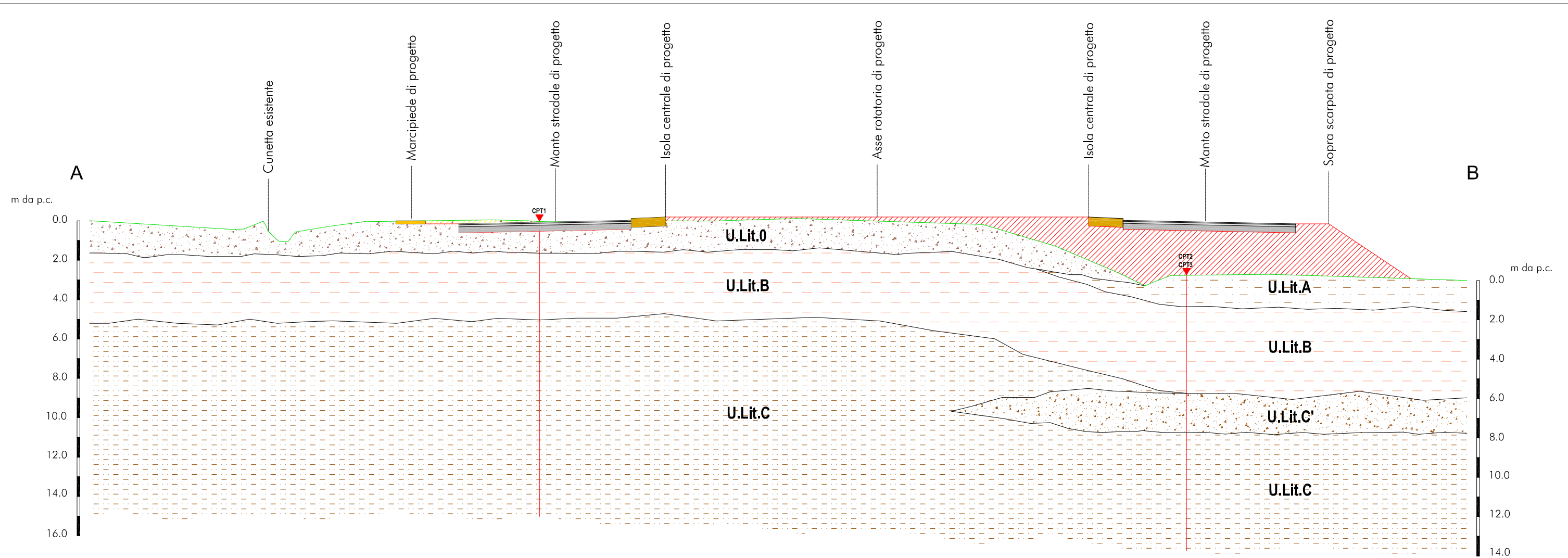
Per quanto concerne la regimazione delle acque, sarà cura del progettista garantire un adeguato deflusso delle acque meteoriche ricadenti sulla nuova viabilità verso l'organo recettore più vicino, prevedendo dunque la realizzazione di idonee opere idrauliche.

La verifica a liquefazione, eseguita secondo il metodo Eurocodice 8 (ENV 1998-5) che considera i valori delle Vs misurate durante l’esecuzione delle prove geognostiche effettuate, ha evidenziato che il terreno di imposta delle fondazioni non è suscettibile di liquefazione

In fase esecutiva dei lavori si consiglia l’assistenza geologica di cantiere da parte di Tecnico abilitato al fine di verificare le ipotesi stratigrafiche, geologiche, idrogeologiche e progettuali fatte ed apporre se necessario le eventuali modifiche.

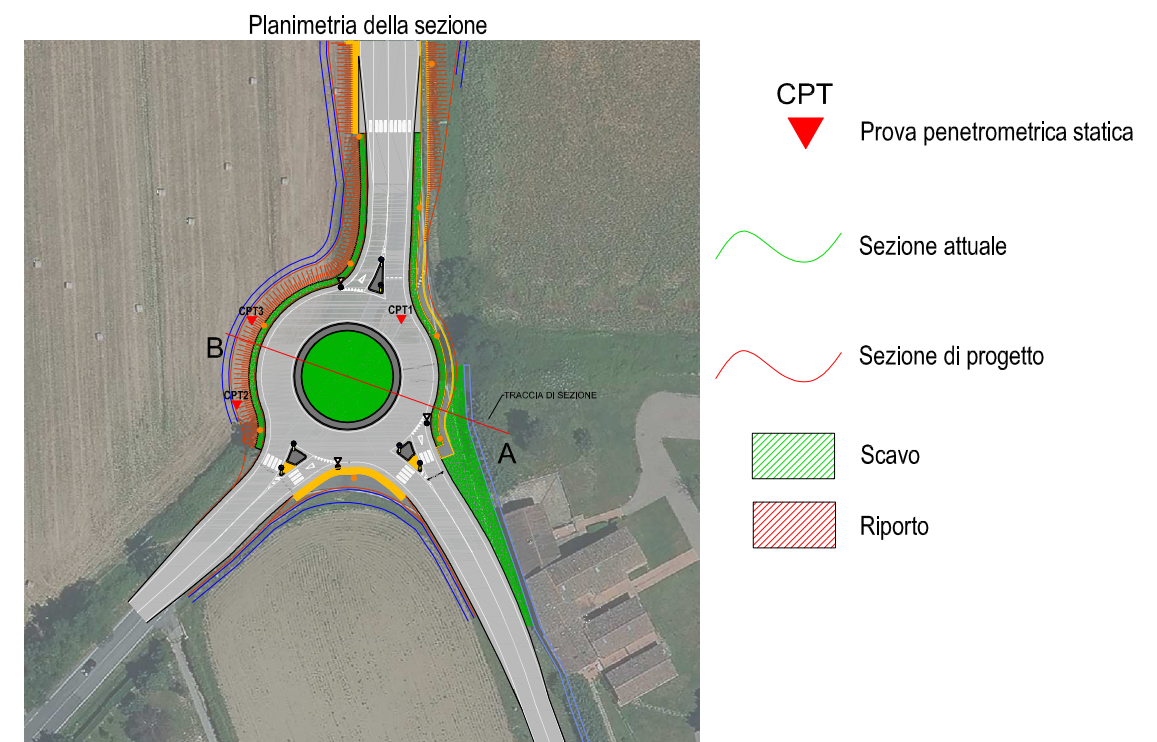
Lucca, Novembre 2022

SEZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA
(Scala 1:200)



Unità litologiche	Profondità e Descrizione stratigrafica	Parametri geotecnici				
		γ (t/m ³)	ϕ (°)	C_u (kg/cm ²)	c' (kg/cm ²)	M_o (kg/cm ²)
U.Lit.0	Terreno di riporto	2.10**	38.5**	-	-	515**
U.Lit.A	Limo argilloso sabbioso debolmente ghiaioso mediamente consistente	1.820	13.8	1.20	0.374	52.44
U.Lit.B	Strato limoso-argilloso poco consistente	1.85	-	0.50	0.05*	30
U.Lit.C	Limo argilloso sabbioso debolmente ghiaioso consistente	1.836	20.2	1.35	0.213	43.98
U.Lit.C'	Lenti di natura granulare addensate intercalate a limi argilloso sabbiosi debolmente ghiaiosi consistenti	1.85	35.0	3.60	0.36*	450

γ è il peso di volume del terreno (tonn/m³), ϕ è l'angolo di attrito interno (*); C_u è la coesione non drenata (Kg/cm²); c' è la coesione drenata, M_o è il Modulo edometrico (Kg/cm², inverso del coefficiente di compressibilità). *in assenza di dati diretti la coesione drenata è stata considerata pari al 10% di quella non drenata individuata dalla prova (i valori senza asterisco si riferiscono a quelli ottenuti dalle prove in laboratorio). **i dati dell'U.Lit.0 derivano dalla correlazione tra parametri geotecnici del terreno ed i dati SPT della prova penetrometrica dinamica operata per i primi 1.40 m della CPT1.



ALLEGATO 1

Tabulati di calcolo dei parametri e coefficienti sismici (azione sismica)

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Muro rigido: 0

Sito in esame.

latitudine: 43,946802

longitudine: 11,38779

Classe: 2

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 19172 Lat: 43,9652 Lon: 11,3371 Distanza: 4544,741

Sito 2 ID: 19173 Lat: 43,9664 Lon: 11,4065 Distanza: 2645,592

Sito 3 ID: 19395 Lat: 43,9164 Lon: 11,4082 Distanza: 3750,915

Sito 4 ID: 19394 Lat: 43,9152 Lon: 11,3389 Distanza: 5264,533

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 30 [anni]

ag: 0,061 g

Fo: 2,469

Tc*: 0,259 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 50 [anni]

ag: 0,078 g

Fo: 2,441

Tc*: 0,266 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %

Tr: 475 [anni]

ag: 0,192 g

Fo: 2,388

Tc*: 0,288 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %

Tr: 975 [anni]
ag: 0,245 g
Fo: 2,398
Tc*: 0,294 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss: 1,500
Cc: 1,640
St: 1,000
Kh: 0,018
Kv: 0,009
Amax: 0,893
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500
Cc: 1,620
St: 1,000
Kh: 0,023
Kv: 0,012
Amax: 1,142
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,420
Cc: 1,580
St: 1,000
Kh: 0,066
Kv: 0,033
Amax: 2,679
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,350
Cc: 1,570
St: 1,000
Kh: 0,093
Kv: 0,046
Amax: 3,247
Beta: 0,280

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru

Coordinate WGS84

latitudine: 43.945850

longitudine: 11.386807

ALLEGATO 2
Verifica Liquefazione

DATI GENERALI

Data 10/20/2022
Normativa: Norme Tecniche Costruzioni 2018, Decreto 17 Gen. 2018

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 2 m

DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock 0.192

Fattore amplificazione 2.388

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.5

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6.6

Distanza epicentro 10 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.288

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1		0	2.82	18.3	19.3	0	0	0	0	130.9
2		2.82	8.11	18.5	19.5	0	0	0	0	252.97
3		8.11	15	18.5	19.5	0	0	0	0	300.75

Eurocodice 8 VS

Strato Nr.	Frazione limosa (%)	Frazione argillosa (%)	Indice di plasticità (%)	Tipo Suolo	Validità
1-	0	0	≤ 10	C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360	Valido
2-	0	0	≤ 10	C-Sabbie, ghiaie	Valido

										mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360	
3-	0	0				<= 10				C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360	Valido

Nr.	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Velocità normalizzata Vs1 (m/s)	Valore critico di Vs1 (Vs1c) (m/s)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Probabilità di liquefazione (%)
1	2.20	40.460	38.499	166.180	220.000	0.983	0.095	0.060	1.58	N.L.	8.007
2	2.40	44.320	40.397	164.192	220.000	0.982	0.093	0.063	1.48	N.L.	9.765
3	2.60	48.180	42.296	162.317	220.000	0.980	0.091	0.065	1.38	N.L.	11.636
4	2.80	52.040	44.195	160.545	220.000	0.979	0.088	0.068	1.31	N.L.	13.599
5	3.00	55.936	46.129	306.955	220.000	0.977	0.268	0.070	3.85	N.L.	0.549
6	3.20	59.836	48.068	303.812	220.000	0.976	0.262	0.071	3.67	N.L.	0.639
7	3.40	63.736	50.007	300.824	220.000	0.974	0.256	0.073	3.50	N.L.	0.736
8	3.60	67.636	51.945	297.977	220.000	0.972	0.251	0.075	3.35	N.L.	0.841
9	3.80	71.536	53.884	295.260	220.000	0.971	0.245	0.076	3.22	N.L.	0.952
10	4.00	75.436	55.823	292.662	220.000	0.969	0.240	0.078	3.10	N.L.	1.071
11	4.20	79.336	57.761	290.175	220.000	0.968	0.236	0.079	2.99	N.L.	1.198
12	4.40	83.236	59.700	287.790	220.000	0.966	0.231	0.080	2.89	N.L.	1.332
13	4.60	87.136	61.639	285.500	220.000	0.965	0.227	0.081	2.79	N.L.	1.473
14	4.80	91.036	63.577	283.298	220.000	0.963	0.222	0.082	2.71	N.L.	1.623

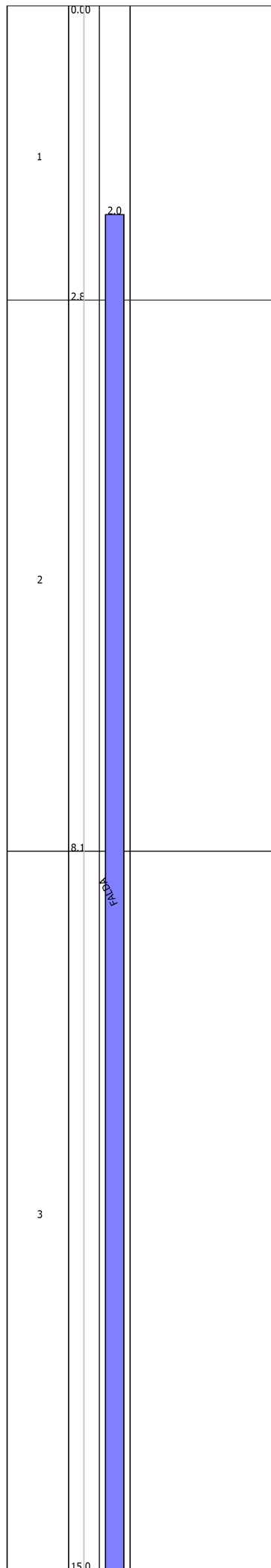
15	5.00	94.936	65.516	281.17 9	220.00 0	0.962	0.218	0.083	2.63	N.L.	1.780
16	5.20	98.836	67.455	279.13 6	220.00 0	0.960	0.214	0.084	2.55	N.L.	1.946
17	5.40	102.73 6	69.393	277.16 6	220.00 0	0.959	0.211	0.085	2.48	N.L.	2.121
18	5.60	106.63 6	71.332	275.26 3	220.00 0	0.957	0.207	0.086	2.41	N.L.	2.305
19	5.80	110.53 6	73.271	273.42 4	220.00 0	0.956	0.203	0.087	2.35	N.L.	2.498
20	6.00	114.43 6	75.209	271.64 5	220.00 0	0.954	0.200	0.087	2.29	N.L.	2.701
21	6.20	118.33 6	77.148	269.92 2	220.00 0	0.953	0.196	0.088	2.23	N.L.	2.914
22	6.40	122.23 6	79.087	268.25 2	220.00 0	0.951	0.193	0.089	2.18	N.L.	3.139
23	6.60	126.13 6	81.025	266.63 3	220.00 0	0.950	0.190	0.089	2.12	N.L.	3.374
24	6.80	130.03 6	82.964	265.06 1	220.00 0	0.948	0.187	0.090	2.08	N.L.	3.622
25	7.00	133.93 6	84.903	263.53 5	220.00 0	0.946	0.184	0.091	2.03	N.L.	3.883
26	7.20	137.83 6	86.841	262.05 2	220.00 0	0.945	0.181	0.091	1.98	N.L.	4.158
27	7.40	141.73 6	88.780	260.60 9	220.00 0	0.943	0.177	0.092	1.94	N.L.	4.447
28	7.60	145.63 6	90.719	259.20 6	220.00 0	0.942	0.175	0.092	1.89	N.L.	4.753
29	7.80	149.53 6	92.657	257.83 9	220.00 0	0.940	0.172	0.093	1.85	N.L.	5.076
30	8.00	153.43 6	94.596	256.50 8	220.00 0	0.939	0.169	0.093	1.81	N.L.	5.419
31	8.20	157.33 6	96.535	303.41 3	220.00 0	0.937	0.261	0.094	2.79	N.L.	1.474
32	8.40	161.23 6	98.473	301.90 9	220.00 0	0.936	0.258	0.094	2.75	N.L.	1.548
33	8.60	165.13 6	100.41 2	300.44 1	220.00 0	0.934	0.256	0.094	2.71	N.L.	1.623
34	8.80	169.03 6	102.35 1	299.00 8	220.00 0	0.933	0.253	0.095	2.67	N.L.	1.699
35	9.00	172.93 6	104.29 0	297.60 9	220.00 0	0.931	0.250	0.095	2.63	N.L.	1.778
36	9.20	176.83 6	106.22 8	296.24 1	220.00 0	0.928	0.247	0.096	2.59	N.L.	1.858
37	9.40	180.73 6	108.16 7	294.90 5	220.00 0	0.923	0.245	0.096	2.55	N.L.	1.940
38	9.60	184.63 6	110.10 6	293.59 8	220.00 0	0.918	0.242	0.096	2.52	N.L.	2.024

39	9.80	188.53 6	112.04 4	292.32 0	220.00 0	0.912	0.240	0.097	2.48	N.L.	2.110
40	10.00	192.43 6	113.98 3	291.06 9	220.00 0	0.907	0.237	0.097	2.45	N.L.	2.198
41	10.20	196.33 6	115.92 2	289.84 4	220.00 0	0.902	0.235	0.097	2.42	N.L.	2.287
42	10.40	200.23 6	117.86 0	288.64 5	220.00 0	0.896	0.233	0.098	2.39	N.L.	2.378
43	10.60	204.13 6	119.79 9	287.47 0	220.00 0	0.891	0.230	0.098	2.36	N.L.	2.472
44	10.80	208.03 6	121.73 8	286.31 9	220.00 0	0.886	0.228	0.098	2.33	N.L.	2.567
45	11.00	211.93 6	123.67 6	285.19 0	220.00 0	0.880	0.226	0.098	2.30	N.L.	2.664
46	11.20	215.83 6	125.61 5	284.08 3	220.00 0	0.875	0.224	0.099	2.27	N.L.	2.764
47	11.40	219.73 6	127.55 4	282.99 8	220.00 0	0.870	0.222	0.099	2.24	N.L.	2.865
48	11.60	223.63 6	129.49 2	281.93 2	220.00 0	0.864	0.220	0.099	2.22	N.L.	2.969
49	11.80	227.53 6	131.43 1	280.88 7	220.00 0	0.859	0.218	0.099	2.19	N.L.	3.075
50	12.00	231.43 6	133.37 0	279.86 0	220.00 0	0.854	0.216	0.100	2.17	N.L.	3.182
51	12.20	235.33 6	135.30 8	278.85 3	220.00 0	0.848	0.214	0.100	2.14	N.L.	3.293
52	12.40	239.23 6	137.24 7	277.86 3	220.00 0	0.843	0.212	0.100	2.12	N.L.	3.405
53	12.60	243.13 6	139.18 6	276.89 0	220.00 0	0.838	0.210	0.100	2.10	N.L.	3.520
54	12.80	247.03 6	141.12 4	275.93 4	220.00 0	0.832	0.208	0.100	2.07	N.L.	3.637
55	13.00	250.93 6	143.06 3	274.99 4	220.00 0	0.827	0.206	0.101	2.05	N.L.	3.756
56	13.20	254.83 6	145.00 2	274.07 1	220.00 0	0.822	0.205	0.101	2.03	N.L.	3.878
57	13.40	258.73 6	146.94 0	273.16 2	220.00 0	0.816	0.203	0.101	2.01	N.L.	4.003
58	13.60	262.63 6	148.87 9	272.26 9	220.00 0	0.811	0.201	0.101	1.99	N.L.	4.130
59	13.80	266.53 6	150.81 8	271.38 9	220.00 0	0.806	0.199	0.101	1.96	N.L.	4.260
60	14.00	270.43 6	152.75 6	270.52 4	220.00 0	0.800	0.198	0.102	1.94	N.L.	4.393
61	14.20	274.33 6	154.69 5	269.67 3	220.00 0	0.795	0.196	0.102	1.92	N.L.	4.529
62	14.40	278.23 6	156.63 4	268.83 4	220.00 0	0.790	0.194	0.102	1.91	N.L.	4.668

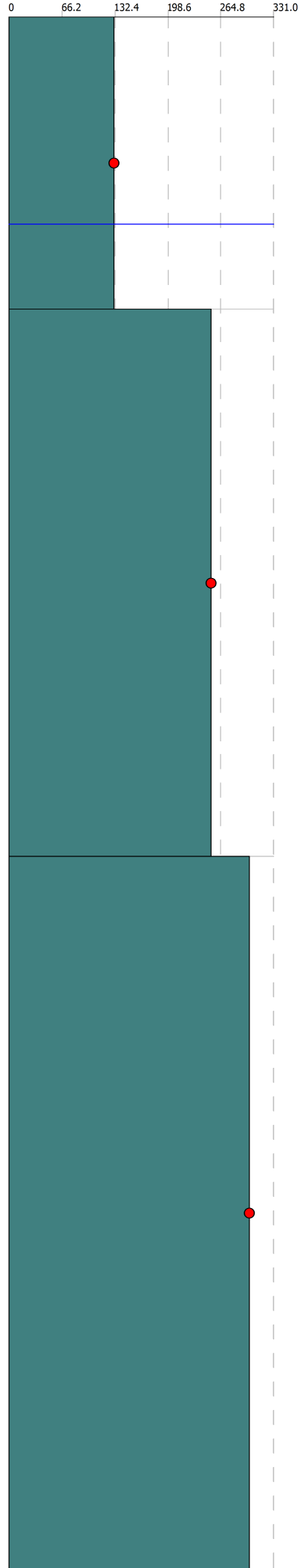
63	14.60	282.13 6	158.57 2	268.00 9	220.00 0	0.784	0.193	0.102	1.89	N.L.	4.809
64	14.80	286.03 6	160.51 1	267.19 6	220.00 0	0.779	0.191	0.102	1.87	N.L.	4.954
65	15.00	289.93 6	162.45 0	266.39 5	220.00 0	0.774	0.189	0.102	1.85	N.L.	5.102

IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso

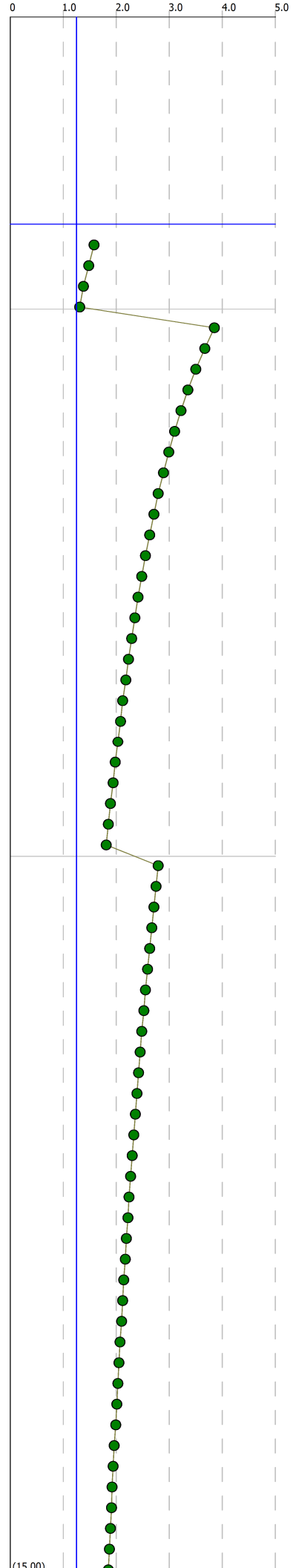
Colonna stratigrafica



Vs (m/s)



Fattore di sicurezza Fs



(15.00)