PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

REGIONE LOMBARDIA

PROVINCIA DI BRESCIA

COMUNE DI TORBOLE CASAGLIA

IL SINDACO
Dott.ssa Roberta Sisti

IL SEGRETARIO GENERALE
Dott. Antonio Tommaselli

IL RESPONSABILE
DEL SERVIZIO URBANISTICO
Ing. Andrea Beltrami

ADOZIONE
CON DELIBERAZIONE C.C.
n. 3 del 12/02/2020..

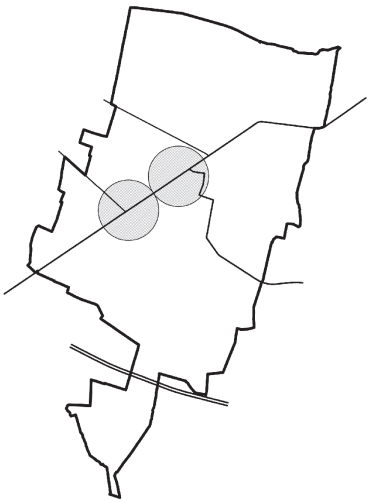
PUBBLICAZIONE
dal 04/03/2020 al 15/06/2020.

PARERE DI COMPATIBILITA'
AL P.T.C.P.
n. 6190 del 03/09/2020

APPROVAZIONE
CON DELIBERAZIONE C.C.
n. 11 del 12/09/2020

PUBBLICAZIONE SUL B.U.R.L.
n. .....del.....

II VARIANTE



DOCUMENTO DI PIANO

QUADRO CONOSCITIVO E INTERPRETATIVO

G00 - ALLEGATO

Relazione illustrativa di Microzonazione Sismica secondo gli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica

Geolab srl

via cernaia, 24
25124 Brescia

Geologi
Dott. Geol. Paolo Ferrari
Dott. Geol. Giacomo Bonometti

DATA: settembre 2020

PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile

CONFERENZA DELLE REGIONI E DELLE PROVINCE AUTONOME

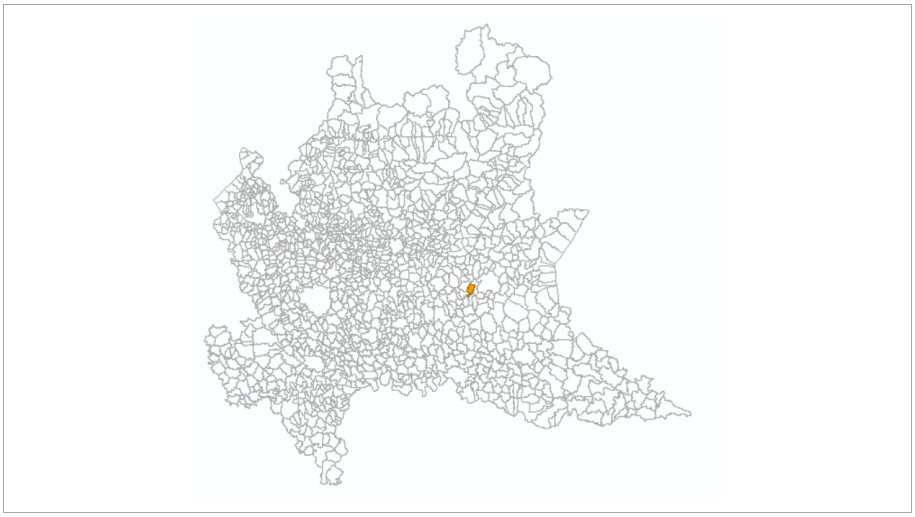
Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009 n.77
Conforma alla DGR Lombardia 2616/11

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Illustrativa

Regione Lombardia

Comune di Torbole Casaglia (BS)



COMUNE DI TORBOLE CASAGLIA	GEOLAB SRL *Dott. Geol. Paolo Ferrari* *Dott. Giacomo Bonometti*	
		Brescia, febbraio 2019

Sommario

1 Premessa 3
2 Introduzione 3
3 Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento 5
3.1 Tettonica attiva, le sorgenti sismiche 7
3.2 Sismologia 8
4 Assetto geologico e geomorfologico dell'area 10
4.1 Elementi litologici, litologia di superficie 12
4.1.1 Origine ed elaborazione Dati 12
4.1.2 Litologie presenti 12
4.2 Geomorfologia 14
4.3 Caratterizzazione geologico tecnica 15
5 Campagna di indagine geofisica 15
5.1 SCOPO DELL'INDAGINE E NORMATIVA DI RIFERIMENTO 15
5.2 CENNI TEORICI SULLA METODOLOGIA MASW 19
5.3 METODICA DI INDAGINE PER PROVE MASW 20
5.4 Acquisizione dati di campagna 21
5.5 ELABORAZIONE DATI 22
5.6 RISULTATI 22
5.6.1 017186L1MASW1- CENTRO POLISPORTIVO COMUNALE 23
5.6.2 017186L2MASW2 - VIA DONATORI DI SANGUE 24
5.6.3 017186L3MASW3 - BOSCO DIDATTICO – VIA GORIZIA 25
5.6.4 017186L4MASW4 - VIA CAVALLERA - LOC. PERSELLO 26
5.7 Acquisizione dei dati esistenti 27
5.7.1 017186L5REMI7 - INDAGINE GEOFISICA "PGT-008" 27
5.7.2 017186P2HVSR2 - INDAGINE GEOFISICA "PGT-010" 28

5.7.3 017186L6MASW6 - INDAGINE GEOFISICA "PGT-016" 29
5.7.4 017186P55HVSR56 - INDAGINE GEOFISICA "PGT-017" 30
6 Campagna di indagine geognostica 31
6.1 RISULTANZE DELLE INDAGINI 32
6.1.1 Sondaggio geognostico 33
6.1.2 Prova di permeabilità Lefranc 34
6.1.3 SPT in foro di sondaggio 34
6.1.4 Installazione del tubo piezometrico 35
6.1.5 Prove penetrometriche dinamiche SCPT 37
6.1.6 Prove geotecniche di Laboratorio 38
7 Modello del sottosuolo 40
8 Interpretazioni e incertezze 41
9 Metodologie di elaborazione e risultati 41
10 Elaborati cartografici 42
10.1 Carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL) 42
10.2 Carta delle indagini 42
10.3 Carta Geologico Tecnica per la microzonazione sismica (CGT_MS) 46
10.3.1 Analisi dei dati geologici litologici e geotecnici 46
10.3.2 Applicazione dei criteri ICMS StandardMS_4.0b. 53
10.4 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (Carta delle MOPS) 54
10.5 Carta di Microzonazione Sismica (Carta di MS) 54
11 Conclusioni 57
Allegati 59

1 Premessa

Il presente elaborato si colloca all'interno del progetto di aggiornamento della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio del Comune di Torbole Casaglia.

L'aggiudicazione è avvenuta con determinazione n.362 RG del 28/12/2017, successivamente in data 05/11/2018 è stata effettuata un'integrazione a tale incarico professionale.

Le indagini geofisiche si sono svolte nell'aprile 2018 mentre le indagini geognostiche sono state condotte nel novembre 2018.

Le indagini specifiche condotte hanno portato alla costruzione di un censimento delle indagini effettuate sul territorio e all'interpretazione di un modello geologico del sottosuolo finalizzato all'approfondimento dei fenomeni di amplificazione litologica che si possono verificare sul territorio.

2 Introduzione

I criteri per la realizzazione di studi di microzonazione sismica sono contenuti nell'Ordinanza C.D.P.C. n. 344 del 9 maggio 2016 e Decreto C.D.P.C. 21 giugno 2016.

I criteri regionali in base ai quali realizzare studi di microzonazione sismica in Regione Lombardia sono contenuti D.G.R. n. IX/2616 del 30 novembre 2011 (Allegato n. 5: "Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei P.G.T."). Essi prevedono 3 livelli di approfondimento: in fase di pianificazione sono previsti un livello 1, qualitativo, tramite la redazione della carta di Pericolosità Sismica Locale (PSL), ove sono individuate le aree soggette ad instabilità sismica e le aree soggette a fenomeni di amplificazione e un livello 2, semiquantitativo, finalizzato alla determinazione dei fattori di amplificazione attesi, mediante l'utilizzo di abachi regionalizzati; in fase di progettazione è previsto un livello 3, quantitativo, eventualmente prescritto nelle norme allegate alla carta di fattibilità geologica.

L'C.D.P.C. 344/2016 prevede l'utilizzo della procedura indicata negli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" (ICMS - Conferenza delle Regioni e Province Autonome – Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 Vol. e DVD, Gruppo di Lavoro MS, 2008) e successive Linee Guida e degli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica degli studi di microzonazione sismica (vers. 4.0b – ottobre 2015). La procedura prevista negli ICMS 2008 è anch'essa articolata in 3 livelli di approfondimento. Il livello 1 prevede la realizzazione della carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), redatta con filosofia analoga a quella della carta PSL prescritta dai criteri regionali. Le differenze sostanziali tra le due carte sono:

- nella carta MOPS vengono indicate anche le aree stabili non suscettibili di amplificazione/instabilità;

- nella legenda della carta MOPS ad ogni area è associata una stratigrafia tipo di riferimento e sono previsti simbolismi per indicare forme di superficie e forme sepolte;

- per la stesura della carta MOPS è prevista la redazione della carta delle Indagini e della carta Geologico Tecnica.

Vengono quindi aggiornati il primo e il secondo livello di approfondimento sismico ai sensi dei criteri regionali e il livello 1 previsto dagli ICMS, seguendo la seguente procedura:

1. sulla base dei dati geologici e geomorfologici di superficie disponibili è stata redatta la carta PSL a scala non inferiore a 1:10.000;
2. è stata effettuata una campagna di indagine, finalizzata alla raccolta dei dati richiesti per l'applicazione del livello 2 previsto dai criteri regionali, il quale permette di individuare aree omogenee dal punto di vista delle amplificazioni attese e le relative sismostratigrafie di riferimento;
3. sulla base dei dati pregressi e delle indagini raccolte ed eseguite come descritto al punto 2 è stata redatta la carta delle Indagini prevista dagli ICMS (a scala non inferiore a 1:10.000), nella quale sono ubicate e distinte per tipologia tutte le indagini puntuali e lineari disponibili;
4. sulla base delle conoscenze geologiche e geomorfologiche disponibili e dei dati ottenuti dalle indagini è stata redatta la carta Geologico Tecnica (a scala 1:10.000), nella quale sono riportate tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche ed idrogeologiche) necessarie alla definizione del modello di sottosuolo e funzionale alla realizzazione della carta MOPS;
5. è stata redatta la carta MOPS, nella quale sono delimitate le zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali e le zone suscettibili di instabilità, utilizzando le informazioni raccolte nella campagna d'indagine come riportato al punto 2;
6. sulla base dei risultati ottenuti dall'applicazione del livello 2 dei criteri regionali vengono individuate e delimitate le zone nelle quali il valore di soglia comunale riferita al livello di sicurezza prescritto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni risulta inferiore al valore del fattore di amplificazione atteso;

I criteri prevedono un'eventuale campagna di indagine integrativa finalizzata alla miglior delimitazione e definizione delle aree di cui al punto 6, tramite l'applicazione del livello 2 dei criteri regionali, che nel caso in esame non è stata necessaria.

Sono stati quindi prodotti i seguenti elaborati

- Lista di controllo per il monitoraggio degli studi MS (ver.3.0) scaricabile dal sito internet del Dipartimento della Protezione Civile (http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/verbali.wp).
- Carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL) ai sensi dei criteri regionali (scala 1:10.000);
- Carta delle Indagini ai sensi degli ICMS (scala 1:10.000);
- Carta Geologico Tecnica ai sensi degli ICMS (scala non inferiore a 1:10.000);
- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) ai sensi degli ICMS (scala non inferiore a 1:10.000);
- Carta dei Fattori di Amplificazione derivante dall'applicazione del livello 2 ai sensi dei criteri regionali (scala non inferiore a 1:10.000);

- Note illustrative della carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) ai sensi degli ICMS.

La nuova classificazione sismica del 2014[1], entrata in vigore nell'aprile 2016, conferma che il territorio comunale di Torbole Casaglia (BS) ricade in zona sismica 3.

La suddivisione del territorio in zone sismiche (ai sensi dell'OPCM 3274/03) individua unicamente l'ambito di applicazione dei vari livelli di approfondimento in fase pianificatoria, mentre le azioni sismiche in fase di progettazione sono valutate sito per sito secondo i valori riportati nell'Allegato B al D.M. 14 gennaio 2008.

Lo studio geologico del PGT di Torbole Casaglia contiene il secondo livello di approfondimento, ma è stato effettuato prima dell'emanazione della DGR 2616/11 pertanto è necessario un aggiornamento finalizzato ad un adeguamento alla DGR vigente.

La relazione illustra gli aspetti relativi agli elaborati cartografici ed alla verifica delle caratteristiche fisico-meccaniche e delle geometrie sepolte sulla base dei risultati delle indagini geofisiche e geotecniche.

La relazione descrive la cartografia prodotta e contiene il confrontato e la verifica tra il rilievo di superficie e la sezione geologica con i risultati delle indagini geofisiche e geotecniche di esplorazione del sottosuolo.

I contenuti della presente sono conformi alla normativa nazionale e regionale vigente e integrati rispetto a essa secondo le indicazioni tecniche degli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica e dell'allegato 5 alla DGR 2616/11.

Nella relazione illustrativa vengono riportati tutti i dati base distinti dalle interpretazioni dei vari professionisti esperti che hanno contribuito alle indagini e le informazioni utili per l'analisi della risposta sismica locale.

3 Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento

Dal punto di vista strutturale l'area padana qui interessata è interpretata come una monoclinale che si immerge verso sud. Gli strati mesozoici e cenozoici, infatti, si immergono prima dolcemente poi sempre più rapidamente dal settore alpino verso sud.

La monoclinale è interessata da faglie, con direzione est-ovest, che attraversano il Mesozoico e il Cenozoico con segni di attività nel quaternario, censite dall'APAT nell'ambito del progetto ITHACA[2] (ITaly HAzard from CApable faults).

[1] Con D.G.R.11 luglio 2014, n.2129 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R.1/2000, art.3, comma 108, lett.d)" la Giunta Regionale ha approvato la nuova classificazione sismica dei comuni lombardi.

[2] APAT Servizio Geologico d'Italia (T.Vittori, L.Serva)

L'evoluzione del bacino padano è documentata da attività tettonica durante il Pliocene medio, con fenomeni di sollevamento e compressione. Con l'inizio del pliocene superiore il mare ricopre ancora l'area dell'attuale pianura e la sedimentazione continua, controllata dalla subsidenza, mentre appaiono attive numerose faglie. Durante il Quaternario persiste la subsidenza a cui succede un periodo di regressione marina che porta progressivamente alla colmata del bacino da ovest verso est.

La porzione di pianura alla quale appartiene il territorio comunale di Torbole Casaglia, è interessata dal sistema tettonico Verona-Brescia, che si sviluppa lungo il margine pedoalpino (Figura 1).

Figura 1 - Sistema tettonico della pianura a piccola scala

In particolare il comune di Torbole Casaglia è ubicato in prossimità della linea tettonica che attraversa la media pianura bresciana da Ciliverghe a Capriano del Colle. La disposizione del colle di Capriano, del colle di Castenedolo e del colle di Ciliverghe, rappresentati in Figura 2 con un'amplificazione delle quote pari a 30 volte, è dovuta alla presenza sia di strutture tettoniche *Fault related fold*, sia di un *Trust Sud-vergente* che di un *Backtrust Nord-vergente*.

Figura 2 - allineamento dei colli di Capriano del colle, Castenedolo e Ciliverghe

3.1 Tettonica attiva, le sorgenti sismiche

Dall'assetto strutturale dell'area analizzata è possibile individuare quali possono essere le sorgenti sismiche legate all'attività tettonica in corso.

Le strutture seguono macroscopicamente il fascio Giudicariense e la struttura di Soncino, come indicato in figura 13, e possono essere idealmente racchiuse tra le seguenti strutture tettoniche: a nord ovest la linea delle Giudicare e a sud la struttura di Piadena.

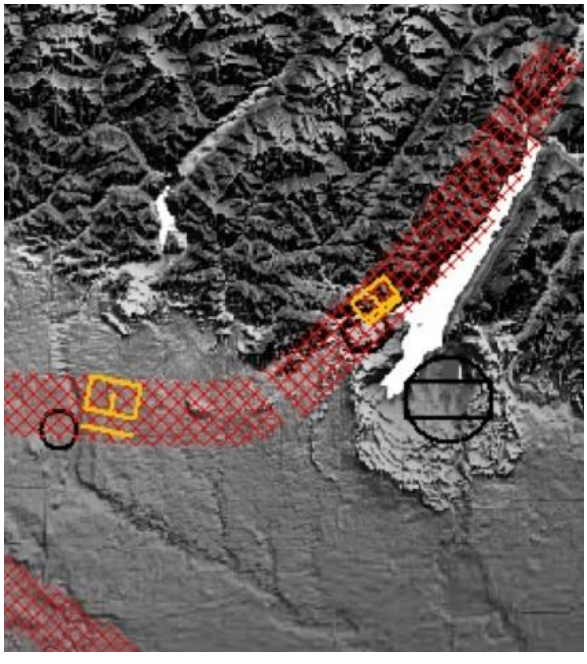
Tali considerazioni sono supportate dalle osservazioni sull'attività neotettonica recente individuata in alcuni depositi quaternari di questo tratto della pianura.

A tale proposito si riporta l'estratto dello studio intitolato "Holocene coseismic surface faulting at Monte Netto, Brescia, and the Christmas 1222 earthquake in the Po Plain, Italy." e redatto da A.M. Michetti, A. Berlusconi, F. Livio, G. Sileo, A. Zerboni , M. Cremaschi, L. Trombino, K. Mueller , E. Vittori , C. Carcano , S. Rogledi, nel quale «la reinterpretazione dei profili sismici a riflessione ha consentito di confermare che la serie di rilievi isolati (Colli di Castenedolo e Ciliverghe, Monte Netto di Capriano del Colle) rappresentano la culminazione di anticlinali di crescita di età tardo quaternaria, confermando quanto intuito da Desio già 40 anni fa (Desio, 1965).

Queste strutture sono controllate da retroscorrimenti fuori sequenza con andamento medio circa E-W. In corrispondenza dell'anticlinale di Monte Netto, lavori di cava (Cava Danesi) hanno permesso di osservare su pareti di altezza media 7 m, lunghe complessivamente ca. 150 m, ed orientate in senso N-S ed E-W, due anticlinali secondarie decametriche che coinvolgono una sequenza di depositi fluviali, lacustri, suoli e loess, la cui età, sulla base dei primi rilievi e del ritrovamento di materiale paleolitico, dovrebbe essere compresa fra il Pleistocene medio-superiore e l'Olocene. Nuovi scavi condotti durante il presente progetto di ricerca hanno dimostrato come la più settentrionale delle due anticlinali sia interessata da "bending-moment faults" che dislocano tutta la parte superiore della sequenza esposta, fino a tagliare il suolo più recente, certamente olocenico, con la formazione di un graben gravitativo.

La geometria dei depositi all'interno del graben indica una formazione improvvisa di questa struttura tettonica secondaria. Ad essa è associata anche una deformazione dei depositi per liquefazione cosismica; il materiale liquefatto include sabbie e ghiaie. I caratteri dei fenomeni di fagliazione superficiale e liquefazione indica chiaramente l'associazione con forti terremoti locali, documentando per la prima volta nell'Avanfossa Padana chiare evidenze di fagliazione superficiale cosismica connessa ad una tipica struttura compressiva. Difatti, il confronto di queste evidenze con l'interpretazione della linea sismica di Capriano del Colle, peraltro passante in corrispondenza della Cava Danesi, mette in luce come tali deformazioni e fagliazioni superficiali siano legate al piegamento anticlinalico dovuto alla propagazione della faglia indicata come CCBFSF. Tale faglia rappresenta una flexural slip fault, connessa al movimento, più profondo, del retroscorrimento di Capriano del Colle (CCB).

Figura 3 - Database of Italian Seismic Sources (D. Slejko, Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale – OGS)



Dal punto di vista macrosismico, strutture simili sono compatibili con effetti ambientali in aree epicentrali di terremoti crostali di intensità ESI IX o superiori (per l'Italia, intensità MCS IX o superiori; Michetti et al., 2007). Un simile livello di sismicità è storicamente documentato nella parte meridionale della Provincia di Brescia dal terremoto del Natale 1222 (Magri e Molin, 1986; Guidoboni e Comastri, 2005). I dati disponibili nel settore bresciano dimostrano che le strutture compressive quaternarie identificate nel Dominio Sudalpino Lombardo possono generare forti terremoti con Mw compresa fra 6.0 e 6.5. Tali valori di magnitudo devono essere ritenuti "caratteristici" nell'ambito del paesaggio sismico dell'Avanfossa Padana lombarda (Serva, 1990; Sileo et al., 2007); e le strutture causative sono quindi definibili come faglie capaci. Anche per le strutture dell'Avanfossa Padana, quindi, come per quelle distensive dell'Appennino, il termine "faglia cieca" risulta di difficile applicazione, quando non del tutto fuorviante.»

3.2 Sismologia

Si riporta in figura 15 uno stralcio della carta delle "Massime intensità macrosismiche" osservate nei comuni italiani valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA.

Tale carta è stata elaborata nel marzo 1996, per il Dipartimento della Protezione Civile, da D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise con la collaborazione di C. Meletti, S. Mirenna, G. Monachesi, G. Morelli, L. Peruzza, A. Zerga.

Nella pianura bresciana sono state individuate tre faglie capaci che vengono indicate nella sottostante Figura 4, dalla quale si può osservare la dislocazione lungo le direttrici già citate dei rilievi isolati della pianura bresciana. Le faglie capaci sono la porzione di faglie attive in grado di deformare, dislocare la parte sommatale della crosta terrestre. Non si esclude la possibilità che si verifichino simultaneamente sia

fenomeni deformativi che traslazionali. Tali faglie costituiscono, quindi, un elemento di interesse geologico e di importanza primaria per l'analisi dei rischi.

Figura 4 - faglie capaci individuate nella pianura bresciana

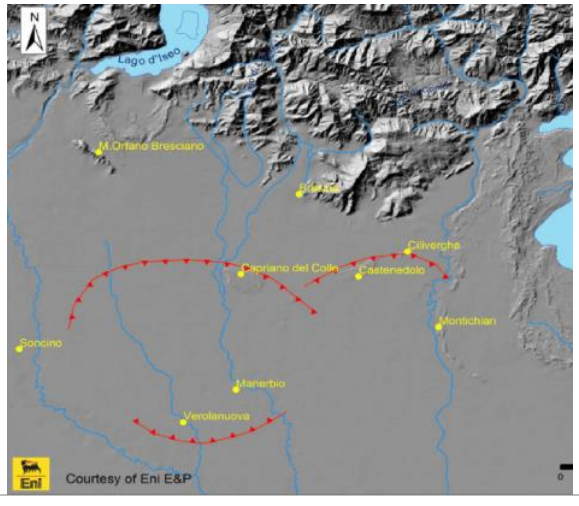
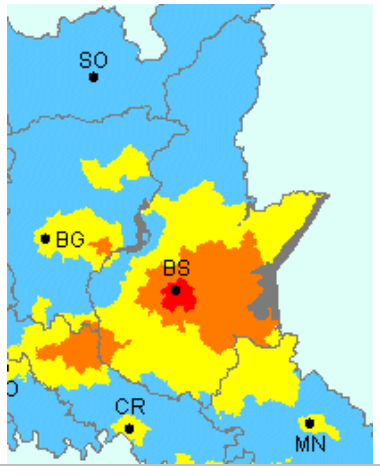


Figura 5 - Massime intensità macrosismiche (D. Molin, M. Stucchi E G. Valensise, 1996).



All'interno di tale quadro sismo tettonico si inseriscono anche i recenti eventi sismici che hanno caratterizzato il territorio bresciano negli ultimi anni. In particolare in questa sede si ricordano tre episodi. In data 24 novembre 2004 nell'area Gardesana occidentale ed epicentro il comune di Salò, si è verificato un sisma di Magnitudo 5.2 della scala Richter. In data 22 luglio 2006 si è verificato un sisma in Val Trompia, con magnitudo non registrata; mentre il 20 ottobre del medesimo anno si verificò, sempre in Val Trompia un sisma con Magnitudo 3.8 della scala Richter.

Per il comune di Torbole Casaglia (Latitudine: 45.51238, Longitudine: 10.11922), l'intensità massima prevista è pari a 8 gradi MCS, soprattutto per effetto dei sismi con epicentro nell'area gardesana-bresciana, per i quali è stimata un'intensità massima di 6,8 Richter come riportato nella Tabella 1.

Tabella 1 - tabella delle intensità sismiche attese nell'area in oggetto

	CARATTERI SISMICI DELLE STRUTTURE					CARATTERI SISMICI AL SITO		
Strutture sismogenetiche rilevanti	Imax epic. storica (MCS)	Imax epic. potenziale (MCS)	Campi macrosismici di riferimento (terremoti)	Profondità ipoc. max e più gravos. ril.energia (km)	Magnitudo potenziale (sec. Karnik) (*)	Imax storica (MCS)	Imax epic. potenziale (MCS)	Distanza min. Imax potenziale (km)
Margine pedealpino (o Sistema Verona-Brescia)	IX-X (1117) IX-X (1222)	X	1117 1222	10	6,8	VII (1117) VII (1222)	VIII	50
Margine pedeappenninico (Fascia sismotettonica di Parma-Reggio Emilia)	VIII (1438) VIII (1547) VII-VIII (1832)	IX	1832 1971	15	6,3	VII p.p. (1832) VII p.p. (1971)	VIII	30
avanfossa e alto strutturale di Cavone	VII-VIII (1832) VII (1806) VII (1810) VII (1928)	VIII	1806	8 - 10	5,3	VII p.p. (1806) VII p.p. (1832)	VIII	15
Sito di Viadana		terremoto	near - field:	M = 4.3		VII	VII	5

* M = 0,66 Io + 1,4 log h - 1,25

4 Assetto geologico e geomorfologico dell'area

La geologia del territorio comunale di Torbole Casaglia è strettamente legata all'origine geologica della Pianura Padana che è stata caratterizzata, durante il Pliocene e il Pleistocene inferiore, dal graduale riempimento del vasto golfo tra i rilievi alpini e quelli dell'Appennino Tosco Emiliano, generato dall'orogenesi alpina.

Con il Pleistocene medio-superiore la Pianura Padana emerge e si imposta su di essa un reticolo drenante. L'aspetto attuale della Pianura Padana è però soprattutto il risultato dell'azione dei ghiacci durante il susseguirsi delle fasi glaciali e dei successivi post-glaciali.

Nella zona di Pianura in cui ricade il territorio sono presenti depositi glaciali connessi alle varie fasi glaciali (Gunz, Mindel, Riss, Würm) che si sono susseguite a partire da 600 mila fino a 10 mila anni fa.

Tabella 2 - dettaglio dei periodi glaciali e interglaciali

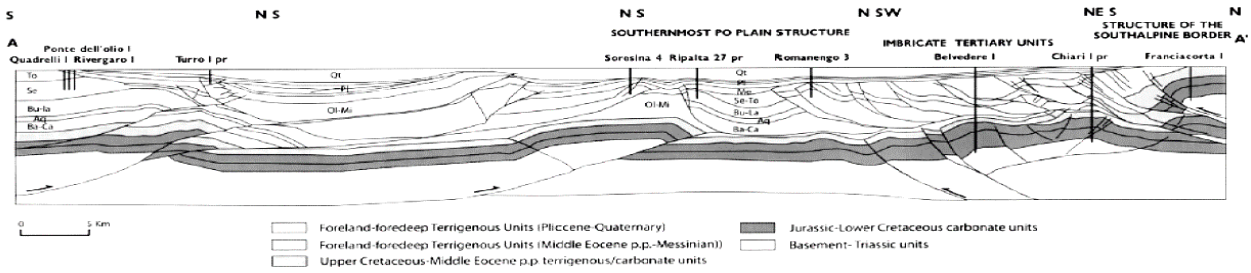
FASI GLACIALI	ANNI B.P.	CARATTERI CLIMATICI
WURM IV	20.000 - 10.000	SECCO, FREDDO; UMIDO, TEMPERATO
Interstadiale WURM III -WURM IV	40.000 - 20.000	UMIDO, TEMPERATO
WURM III		SECCO, FREDDO
Interstadiale WURM II - WURM III	60.000 - 40.000	TEMPERATO, FRESCO
WURM II		SECCO, FREDDO
Interstadiale WURM I - WURM II	80.000 - 60.000	UMIDO, CALDO
WURM I		TEMPERATO
Interglaciale RISS-WURM	130.000 - 80.000	MOLTO UMIDO; CALDO
RISS III	200.000 - 130.000	SECCO, FREDDO; UMIDO, FREDDO

Per l'ultima fase glaciale il massimo avanzamento si verifica circa 30-40 mila anni fa e l'ampia estensione viene a coprire, quasi sempre, anche i depositi legati alle glaciazioni precedenti.

La porzione meridionale del territorio comunale di Torbole Casaglia è interessata dagli estesi livelli fluvio-glaciali collegati al postglaciale würmiano nel quale si verificò il ritiro dei ghiacci in maniera marcata (circa 10-15 mila anni fa). È in questo periodo che si formano gli attuali bacini idrografici che trasportano verso valle i prodotti dello smantellamento delle catene montuose. Si tratta di ampie conoidi formate dai depositi più grossolani nelle aree più vicine ai rilievi e più fini man mano che il pendio dell'alveo diminuisce e ci si avvicina al grande collettore di acque che è il fiume Po. I fiumi divagavano nell'ampia pianura da loro stessi originata, spostandosi spesso, formando nuovi alvei, abbandonando meandri, modificando continuamente il proprio letto.

Il versante settentrionale della pianura padana è, in linea di massima, formato dal succedersi di un'area collinare con presenza di ampi depositi glaciali (Anfiteatro del Sebino) cui segue la fascia dell'Alta pianura per poi passare alla Bassa pianura che degrada lentamente verso il fiume Po. Su questo versante della valle del Po è esteso e continuo il fenomeno delle risorgive.

Figura 6 - FIGURA 10 – STRUTTURA DELLA PIANURA BRESCIANA (FANTONI ET AL. 2004)



Il quadro cronostratigrafico dei depositi superficiali della zona è riferibile al Pleistocene e all'Olocene (era quaternaria).

Nel territorio in esame sono presenti le seguenti Unità Cronostratigrafiche, tratte dalla carta geologica d'Italia (scala 1:100'000): le alluvioni fluvio-glaciali e fluviali del Würm f_g^w e le alluvioni fluvio-glaciali f_g.

Nella zona meridionale del territorio, grossomodo a sud della strada statale 235, sono presenti *Alluvioni Fluvio-Glaciali e Fluviali*, prevalentemente sabbiose e limose, con strato di alterazione brunastro di spessore limitato. Nella cartografia alla quale ci si sta riferendo, sono indicate con la sigla f_g^w e costituiscono la media pianura a valle della zona delle risorgive.

La loro formazione, risale al pleistocene inferiore, ovvero durante la fase postglaciale Würmiana successiva alla fase glaciale Würm IV avvenuta tra 20'000 e 10'000 anni. In questo periodo avvenne un consistente e progressivo ritiro dei ghiacciai Gardesano e Sebino. Il ritiro fu governato dallo scioglimento del ghiaccio che diede origine ad un ricco reticolo torrentizio alimentato da acque cariche di detriti glaciali prodotti dall'azione erosiva del ghiaccio stesso. L'elevato trasporto solido ha permesso, in fase deposizionale, la formazione dei potenti depositi terrigeni che hanno dato luogo al livello fondamentale della pianura.

Sulla rimanente porzione di territorio, a nord del limite settentrionale delle *Alluvioni Fluvio-Glaciali e Fluviali*, affiorano le alluvioni *Fluvio-Glaciali*. Si presentano come depositi a frazione da molto grossolana a ghiaiosa, con strato di alterazione superficiale argilloso, giallo rossiccio, di ridotto spessore, localmente ricoperte da limi più recenti. Tali terreni, che nella cartografia di riferimento sono indicati con la sigla f_g, occupano, nella pianura bresciana, l'alta pianura a monte della zona delle risorgive e si raccordano con le cerchie moreniche più alte degli anfiteatri sebino e benacese. Secondo alcuni autori sono sottoposte ed anteriori alla formazione precedentemente descritta, secondo altri rappresentano una variazione granulometrica verso monte della medesima formazione.

Il Fluvio-Glaciale ha origine dallo smantellamento delle morene frontali del ghiacciaio del Sebino e ha dato luogo alla pianura ciottolosa denominata "Sander". Tale pianura è suddivisibile in due unità. La settentrionale formata esclusivamente da ciottoli e ghiaie priva di sabbia e la meridionale costituita da sabbia mista a ghiaia.

Successivamente alla fase Glaciale del Würm è succeduta la fase Cataglaciale del Würm durante la quale le precedenti alluvioni sono state incise, in parte smantellate e rideposte altimetricamente al di sotto del livello fondamentale della pianura; i depositi corrispondenti a questa fase sono presenti nelle valli

fluviali dei principali fiumi della pianura (Oglio, Mella, Chiese, ecc.). Le Alluvioni antiche, nell'area d'indagine, sono pertanto assenti.

4.1 Elementi litologici, litologia di superficie

4.1.1 Origine ed elaborazione Dati

Per la definizione delle aree a composizione litologica omogenea è stata assunta come riferimento la carta litologica redatta dalla Regione Lombardia[3]. Le informazioni riportate in tale elaborato derivano dall'interpretazione delle caratteristiche litologiche del substrato pedologico, rilevate con sondaggi effettuati fino alla profondità di 2 metri.

4.1.2 Litologie presenti

A piccola scala la litologia rispetta la competenza dell'acqua per cui la granulometria dei depositi diminuisce andando da nord verso sud. A grande scala la litologia prevalente è ghiaiosa o ghiaioso-sabbiosa. Localmente si hanno depositi più fini costituiti da sabbie limoso-argillose dove probabilmente l'energia delle acque durante episodi di piena era inferiore. Tutti i depositi sono ricoperti da un suolo di spessore variabile tra 1,0 a 2,0 m costituito da argille brunastre talora rossicce, dovute al rimaneggiamento dei suoli più antichi appartenenti alla formazione denominata *Fluvio–Glaciale*.

In particolare, come si può facilmente osservare consultando la tabella 4, sul territorio comunale risultano affioranti le seguenti unità litologiche.

L'unità G1, definita *"Unità a ghiaie dominanti"*, ricopre quasi il 60% del territorio ed è costituita da *"Ghiaie poco gradate"* (G1P N 1 e G1P P 3) e da *"Ghiaie ben gradate con sabbia"* (G1WS C 3).

Le unità G2 *"Unita' a ghiaie frammiste a locali depositi fini (sabbie, limi, argille)"* e G3 *"Unita' a ghiaie e depositi fini (sabbie, limi, argille)"* occupano all'incirca il 15% della superficie complessiva. Nel territorio comunale di Torbole Casaglia sono rappresentate entrambe da una sola litologia, rispettivamente *"Ghiaie ben gradate con argilla e sabbia"* (G2) e *"Ghiaie limose con sabbia, Ghiaie poco gradate"* (G3).

Complessivamente ¾ degli strati superficiali del sottosuolo dell'area in esame sono caratterizzati dalla presenza di unità prevalentemente Ghiaiose.

L'unità S2, denominata *"Unità a sabbie frammiste a locali depositi fini (limi e argille), e ghiaie"* rappresenta poco più del 4% del territorio ed è costituita da *"Sabbie poco gradate con limo e ghiaia e Ghiaie ben gradate con sabbia"* (S2PLG C 2/G1WS C 3) e da *"Sabbie poco gradate con limo e ghiaia"* (S2PLG C 3).

Figura 7 – Carta della litologia di superficie

[3] disponibile sul sito internet del Sistema Informativo Territoriale della Regione Lombardia: http://www.cartografia.regione.lombardia.it/portale/

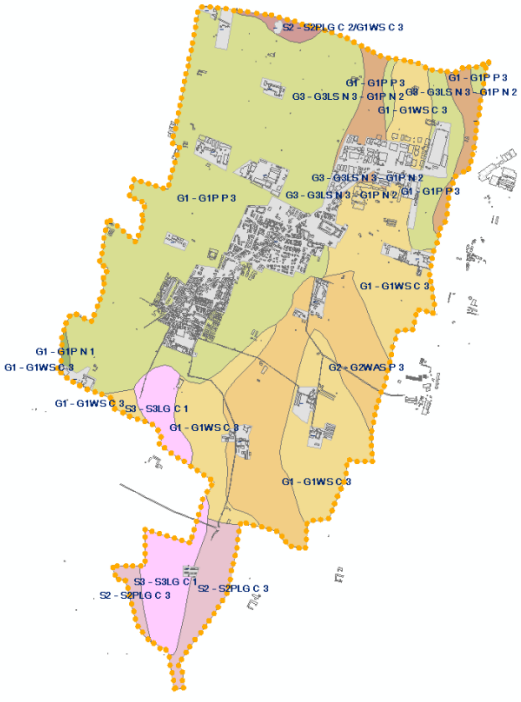
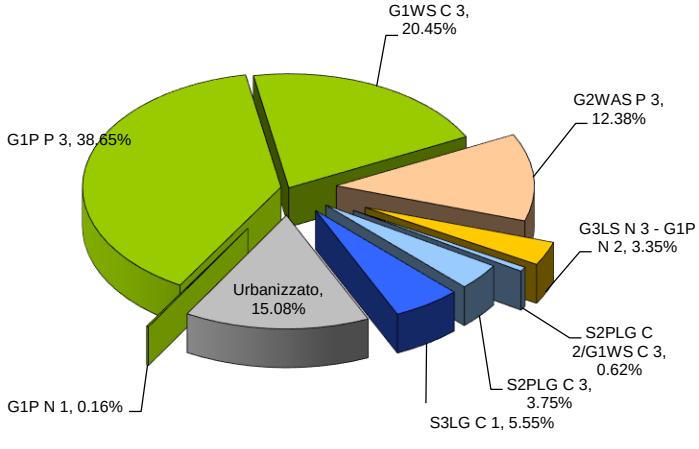


Tabella 3 – distribuzione areale assoluta e percentuale delle unità litologiche e delle litologie presenti sul territorio comunale di Torbole Casaglia

Unità litologica	Litologia	Superficie	Percentuale del Totale
G1	G1P N 1	21'390	0,16%
	G1P P 3	5'173'647	38,65%
	G1WS C 3	2'737'620	20,45%
	TOTALE UNITÀ G1	**7'932'658**	**59,26%**
G2	G2WAS P 3	1'657'674	12,38%
G3	G3LS N 3 - G1P N 2	448'607	3,35%
S2	S2PLG C 2/G1WS C 3	83'580	0,62%
	S2PLG C 3	501'479	3,75%
	TOTALE UNITÀ S2	**585'060**	**4,37%**
S3	S3LG C 1	742'771	5,55%
URBANIZZATO		2'018'414	15,08%
		13'385'185	100,00%

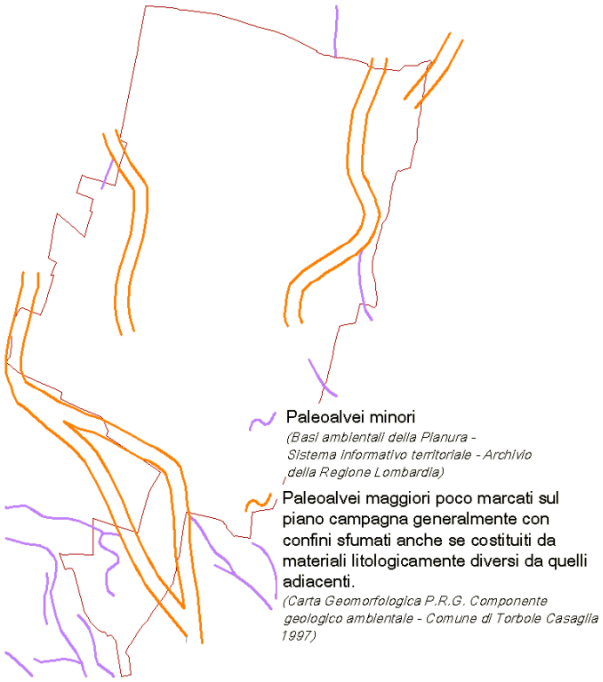


4.2 Geomorfologia

«La pianura quale ambito territoriale naturale al quale appartiene il comune di Torbole Casaglia, presenta un carattere complessivamente unitario nel quale si fondono i vari elementi che ne determinano la struttura. Tali significativi elementi sono la rete idrografica, la scansione degli appoderamenti e gli orientamenti che ne guidano la disposizione sul territorio, il connettivo interaziendale, le colture, gli edifici rurali e i nuclei storici.

La pianura si è delineata in seguito agli effetti delle alluvioni quaternarie e dei fenomeni deposizionali prodotti dagli antichi scaricatori glaciali nell'alternarsi di periodi glaciali e interglaciali, oltre che per i movimenti tettonici ascensionali che hanno interessato alcune delle aree di pianura» (PTCP Provincia di Brescia, Quaderno 1) tra le quali la zona di Capriano del Colle, prossima al territorio comunale in esame.

Figura 8 - Principali paleoalvei



I terreni dell'area analizzata si collocano al margine dell'alta pianura, nella zona di raccordo con la bassa pianura che si concretizza con la fascia dei fontanili. Il territorio comunale risulta diviso in due porzioni, l'area a Nord-Ovest appartenente all'Alta Pianura e l'area Sud-Est inserita nella Media Pianura Idromorfa.

La fascia delle risorgive si manifesta in corrispondenza di una diminuzione clinometrica che porta la falda acquifera ad avvicinarsi alla superficie del suolo, segnando il passaggio dai depositi fluvio-glaciali, grossolani e quindi fortemente permeabili, ai sedimenti più fini ed impermeabili. Da questa zona si origina quasi tutto il reticolo idrico che caratterizza il territorio meridionale della bassa pianura. Le acque dei fontanili, che oggi si presentano quasi sempre incanalate artificialmente, in passato scorrevano liberamente sulla pianura, creando fenomeni erosivi o di impaludamento come le lame. (PTCP Quaderno 1).

Si osserva che non sono presenti dislivelli accentuati e variazioni della quota topografica legati a terrazzi fluviali o di origine torrentizia. Gli antichi solchi fluvio-torrentizi, difficilmente individuabili dal terreno, e i paleoalvei sono anche evidenziati da una maggiore presenza di frazioni fini negli strati superficiali dei depositi fluvio-glaciali. Si segnalano, tuttavia, aree depresse in corrispondenza dell'alveo del Vaso Mandolossa a nord del territorio comunale e lungo il corso del Torrente Gandovere.

4.3 Caratterizzazione geologico tecnica

5 Campagna di indagine geofisica

Nella presente fase di indagine è stata effettuata una verifica del profilo di velocità delle onde di taglio (Vs) in quattro punti del territorio comunale mediante esecuzione di n°4 indagini MASW associata alla sismica a rifrazione. Questo consente di determinare la categoria sismica del sottosuolo di fondazione e il fattore di amplificazione secondo la DGR 2616/11. Inoltre si recepiscono i dati esistenti disponibili presso gli archivi comunali che vengono sintetizzati ed elaborati per il calcolo del fattore di amplificazione.

Il presente rapporto contiene l'elaborazione dell'indagine MASW finalizzato a definire la risposta sismica locale per la definizione del profilo delle velocità delle Velocità delle onde S nel sottosuolo mediante l'analisi delle onde di superficie.

Nella presente relazione si riportano i cenni teorici le metodiche utilizzate per l'acquisizione e l'inversione dei dati ed i risultati dell'indagine.

5.1 SCOPO DELL'INDAGINE E NORMATIVA DI RIFERIMENTO

In base all'analisi preventiva geologica e geomorfologica del sito è stata scelta come tecnica d'indagine più opportuna la metodologia MASW, per quanto riguarda le indagini pregresse sono state reperite informazioni relative a MASW, rifrazione e HVRS.

Nello specifico, sono state registrate diverse prove seguendo la pratica di tale tecnica (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999).

Le prove sono utili a definire il profilo verticale della velocità di propagazione delle onde di taglio (Vs). Queste, in buona misura, fanno risalire la stima dell'effetto di sito alle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio Vs, ricavate analizzando il comportamento delle onde superficiali.

La scelta della Categoria di Suolo, Classificazione sismica dei terreni di progetto, si basa sul valore medio della velocità delle onde di taglio dall'intradosso dell'elemento fondazione fino alla profondità del substrato. Essa è definita dalla seguente relazione:

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

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 le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse.

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.

Tabella 4 - Categorie di sottosuolo NTC/2018

Categoria	Profilo stratigrafico	$V_{S,eq}$ (m/s)
A	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.	> 800
B	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.	360÷800
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.	180÷360
D	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.	100÷180
E	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.	

L'applicazione dell'allegato 5 della DGR 2616/11 si colloca all'interno dell'approfondimento di 2° livello per la pianificazione.

La procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- stratigrafia del sito;
- andamento delle Vs con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s. La conoscenza degli spessori e delle Vs è ottenuta sia mediante il recepimento delle indagini effettuate con metodi

diretti che indiretti, in questo modo è stato possibile fornire un modello geologico e geofisico del sottosuolo attendibile in relazione alla situazione geologica del sito e il più dettagliato possibile nella parte più superficiale per una corretta individuazione dello strato superficiale. Quando le indagini non raggiungono il bedrock geofisico (Vs ≥ 800 m/s) viene ipotizzato un opportuno gradiente di Vs con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da raggiungere il valore di 800 m/s;

- spessore e velocità di ciascun strato;
- sezioni geologiche, conseguente modello geofisico - geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

Sulla base di intervalli indicativi di alcuni parametri geotecnici, quali curva granulometrica, parametri indice, numero di colpi della prova SPT, è stata individua la litologia prevalente presente nel sito e quindi è stata scelta la relativa scheda di valutazione di riferimento.

Una volta individuata la scheda di riferimento è stata verificata la validità in base all'andamento dei valori di Vs con la profondità tenendo conto dei seguenti aspetti:

- in presenza di una litologia non contemplata dalle schede di valutazione proposte dalla regione si può utilizzare la scheda di valutazione che presenta l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine;
- nel caso esista la scheda di valutazione per la litologia esaminata ma l'andamento delle Vs con la profondità non ricade nel campo di validità della scheda potrà essere scelta un'altra scheda che presenti l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine;
- nel caso di presenza di alternanze litologiche, che non presentano inversioni di velocità con la profondità, si potranno utilizzare le schede a disposizione solo se l'andamento dei valori di Vs con la profondità, nel caso da esaminare, risulta compatibile con le schede proposte;
- In presenza di alternanze litologiche con inversioni di velocità con la profondità si potrà utilizzare la scheda di valutazione che presenta l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine e si accetteranno anche i casi in cui i valori di Vs escano dal campo di validità solo a causa dell'inversione.

All'interno della scheda di valutazione è stata scelta la curva più appropriata, in funzione della profondità e della velocità Vs dello strato superficiale, per la valutazione del valore di Fa nell'intervallo 0.1-0.5 s e nell'intervallo 0.5-1.5 s, in base al valore del periodo proprio del sito T2.

Quando lo strato superficiale è stato riscontato con spessore inferiore ai 4 m è stata calcolata la velocità Vs come media pesata del valore di Vs degli strati superficiali la cui somma supera i 4 m di spessore.

Il periodo proprio del sito T necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione è calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità Vs è uguale o superiore a 800 m/s ed utilizzando la seguente equazione:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^{n} h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^{n} Vs_i \times h_i}{\sum_{i=1}^{n} h_i} \right)}$$

ove hi e Vsi sono lo spessore e la velocità dello strato i-esimo del modello.

Il valore di Fa determinato è stato approssimato alla prima cifra decimale e dovrà essere utilizzato per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente.

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di Fa ottenuto dalle schede di valutazione con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune e per le diverse categorie di suolo (Norme Tecniche per le Costruzioni) soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s.

Il parametro calcolato per ciascun Comune della Regione Lombardia è riportato nella banca dati in formato .xls (soglie_lomb. xls) e rappresenta il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

La procedura prevede pertanto di valutare il valore di Fa con le schede di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di + 0.1 che tiene in conto la variabilità del valore di Fa ottenuto.

Si possono presentare quindi due situazioni:

- il valore di *Fa* è inferiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;

- il valore di *Fa* è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario, in fase di progettazione edilizia, o effettuare analisi più approfondite (3° livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema:
  - anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
  - anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
  - anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

5.2 CENNI TEORICI SULLA METODOLOGIA MASW

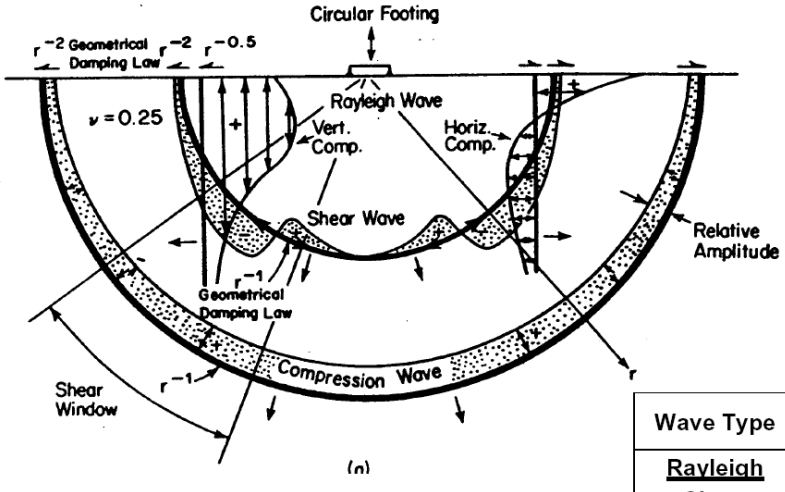
La prova MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine indiretta che permette di determinare il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sul calcolo delle velocità delle onde superficiali.

La determinazione delle velocità delle onde superficiali avviene anzitutto tramite la raccolta delle tracce sismiche sul terreno, grazie all'utilizzo di sensori posizionati con interdistanza regolare lungo un allineamento sulla superficie del suolo da indagare.

Da queste velocità superficiali è poi possibile ricavare le velocità delle onde di taglio verticali Vs.

Come si può osservare dalla figura seguente circa 2/3 dell'energia totale rilasciata da una sorgente puntiforme armonica verticale si propaga nel sottosuolo come onde di superficie. Tale valore è significativamente maggiore rispetto a quello relativo alle onde P ed S che equivale rispettivamente a circa 1/4 e circa 1/10.

Figura 9 - schema di propagazione delle onde sismiche nel terreno (Woods, '68)



Wave Type	% of total energy
Rayleigh	67
Shear	26
Compression	7

(After Woods, 1968)

In un mezzo omogeneo lineare elastico la velocità di propagazione delle onde di Rayleigh è pari a circa 0.9*Vs e non dipende dalla frequenza, mentre in mezzi stratificati sono dispersive, ovvero la velocità di fase è funzione della frequenza.

Tali onde sono facilmente generate e rilevabili in superficie, in particolare hanno un moto verticale prevalente rispetto alla componente orizzontale che le rende registrabili con sensori verticali.

Sono caratterizzate da un ridotto spreading geometrico rispetto ad altri tipi di onde P ed S e la propagazione è limitata in profondità, all'incirca una lunghezza d'onda.

Il metodo adottato è di tipo attivo, ovvero necessita di un'energizzazione che viene effettuata attraverso una massa battente. Il metodo attivo permette una migliore classificazione sismica dei suoli

perché fornisce con un dettaglio migliore nella registrazione dei segnali nelle frequenze che attraversano gli strati superficiali del suolo.

5.3 METODICA DI INDAGINE PER PROVE MASW

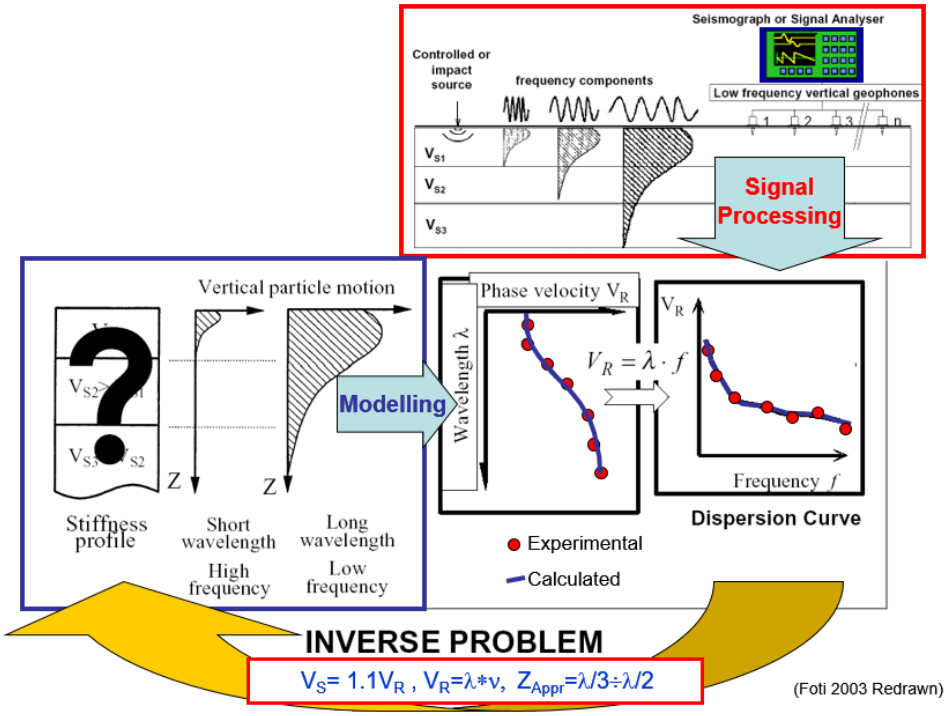
La procedura di elaborazione è principalmente basata sull'analisi spettrale delle onde di Rayleigh e consiste di tre fasi:

1) acquisizione delle onde superficiali di Rayleigh;

2) costruzione della curva di dispersione (velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza o lunghezza d'onda);

3) calcolo della velocità delle onde S mediante inversione della curva di dispersione delle onde di Rayleigh.

Figura 10 - schema generale della prospezione con onde di Rayleigh (Foti, 2003 - ridisegnato).



L'inversione quantitativa delle curve di dispersione viene effettuata con metodi manuali di prova ed errore e metodi automatici di minimizzazione, linearizzati e non linearizzati.

In generale, definito un modello stratificato orizzontalmente, la velocità di fase di propagazione delle onde di superficie per una data frequenza è una funzione non lineare dei seguenti quattro parametri che vengono definiti in ogni strato:

- spessore;
- densità;
- velocità delle onde P;
- velocità delle onde S.

Poiché la velocità delle P e la densità hanno una influenza trascurabile sul calcolo della velocità delle onde di Rayleigh il problema può essere semplificato considerando solo gli spessori e le velocità S di strato.

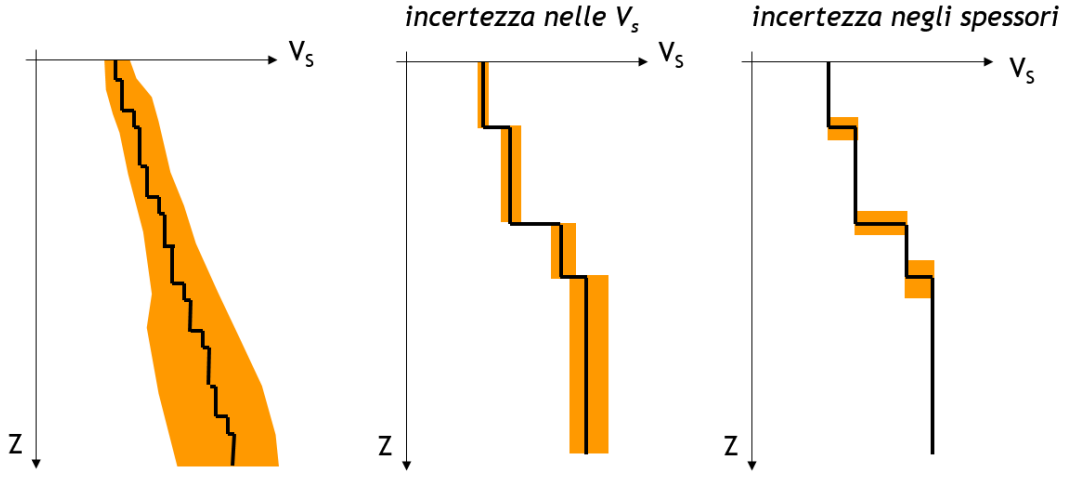
L'inversione della curva di dispersione può essere ottenuta fissando gli spessori e facendo variare le velocità delle onde S o viceversa.

L'algoritmo di inversione perturba i valori di V_S e gli spessori definiti in un modello iniziale fino a quando i residui tra curva di dispersione calcolata e curva di dispersione sperimentale sono minimi.

La realtà è spesso data da una variazione quasi continua della velocità S con la profondità. Questa realtà può essere variamente parametrizzata.

Per esempio, il sottosuolo può essere discretizzato a strati, e conseguentemente le incognite dell'inversione risultano gli spessori degli strati e le corrispondenti velocità di onde S.

Il numero di strati nel modello è un aspetto cruciale nell'inversione.

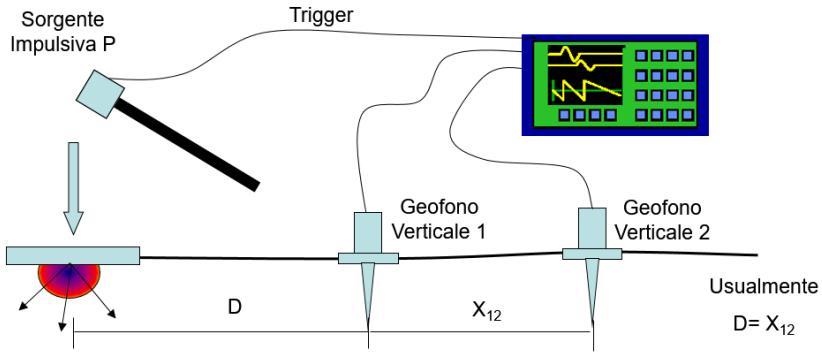


Non ci sono limitazioni intrinseche sul tipo di modello, possono essere investigate anche inversioni di velocità (principale limite del metodo a rifrazione), ma fisicamente si possono avere alcune difficoltà nell'interpretazione delle variazioni laterali e la risoluzione effettiva dei segnali può rendere difficoltosa l'identificazione degli strati sottili.

5.4 Acquisizione dati di campagna

Per l'acquisizione dei dati in campagna è stato utilizzato un sismografo 24 canali collegato a n°12 sensori velocimetrici monocomponente verticali a 4.5 hz di frequenza propria. Come sorgente è stata utilizzato l'impatto di una mazza battente da 8 kg di massa su una piastra in acciaio. Lo schema adottato per l'acquisizione è illustrato nella seguente immagine

Figura 11 – schema di acquisizione



5.5 ELABORAZIONE DATI

L'elaborazione prevede la seguente procedura:

- preprocessamento del dato limitato al filtraggio;
- processamento del dato nel dominio delle frequenze
- calcolo dell'immagine di dispersione di tutte le velocità di fase contenute nei segnali;
- unione mediante metodi statistici dei diversi tratti della curva di dispersione derivanti dalle diverse misure.
- inversione della curva di dispersione mediante metodi di ottimizzazione
- definizione del modello sismo-stratigrafico

Il modello di suolo e il relativo profilo di velocità delle onde di taglio verticali vengono individuati utilizzando una procedura combinata automatica e manuale.

Nella procedura automatica si utilizza, per la ricerca del profilo di velocità ottimale, un algoritmo globale o locale che minimizza i residui tra le curve sperimentali del picking effettuato dall'utente e quelle numeriche associate ad un grande numero di modelli, entro uno spazio di ricerca definito sempre dall'utente.

La riduzione progressiva della percentuale di errore durante il calcolo garantisce la validità della soluzione finale proposta e di conseguenza una corretta assegnazione della categoria di suolo simico secondo la normativa.

I software utilizzati per l'interpretazione sono WinMASW 4.3 Pro della Eliosoft e Geopsy prodotto nell'ambito del progetto europeo SESAME, in particolare per l'inversione delle curve di dispersione è stata ottenuta utilizzando il modulo Dinver.

5.6 RISULTATI

Nelle immagini seguenti si riportano i profili di velocità risultanti dalle elaborazioni descritte.

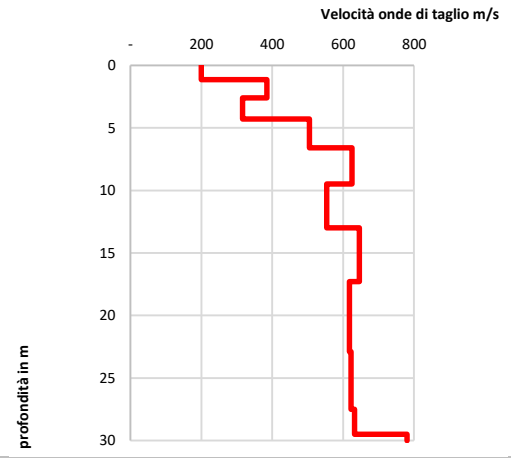
I calcoli sono stati effettuati tenendo conto che il bedrock geofisico non va portato in conto nel calcolo del Fa e che nei casi in cui le indagini non raggiungono il bedrock geofisico (Vs ≥ 800 m/s) viene ipotizzato un opportuno gradiente di Vs con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da raggiungere il valore di 800 m/s.

5.6.1 017186L1MASW1- CENTRO POLISPORTIVO COMUNALE

sismo strato	Profondità	Spessori a 30 m	Velocità onde di taglio
	(z – m)	(h – m)	(Vs - m/s)
1	1.15	1.15	200
2	2.60	1.45	385
3	4.30	1.70	316
4	6.60	2.30	505
5	9.50	2.90	625
6	13.00	3.50	554
7	17.30	4.30	646
8	22.90	5.60	618
9	27.50	4.60	622
10	29.50	2.00	632
11	30.00	0.50	780

$V_{S,30}$ = 523 m/s (B)

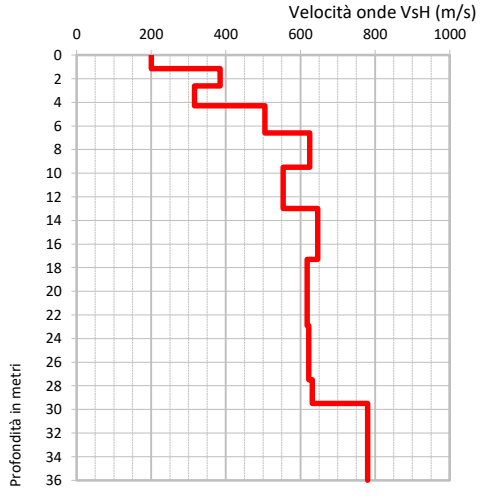
Profilo sismo stratigrafico per il calcolo delle Vs30



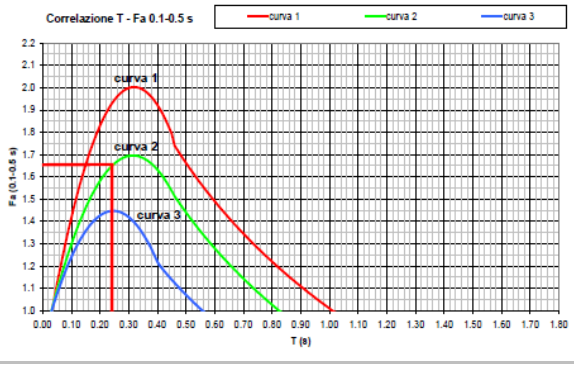
sismo strato	Profondità	Spessori a 30 m	Velocità onde di taglio
	(z – m)	(h – m)	(Vs - m/s)
1	1.15	1.15	200
2	2.60	1.45	385
3	4.30	1.70	316
4	6.60	2.30	505
5	9.50	2.90	625
6	13.00	3.50	554
7	17.30	4.30	646
8	22.90	5.60	618
9	27.50	4.60	622
10	29.50	2.00	632
11	36.00	6.50	780
12	40.00	4.00	810
13	45.00	5.00	850

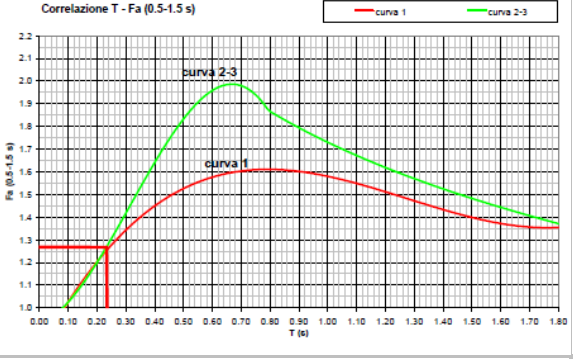
V_S strato 1 = 307.66 m/s
T = 0.239 s

Profilo sismo stratigrafico per il calcolo del Fa



Litologia Sabbiosa



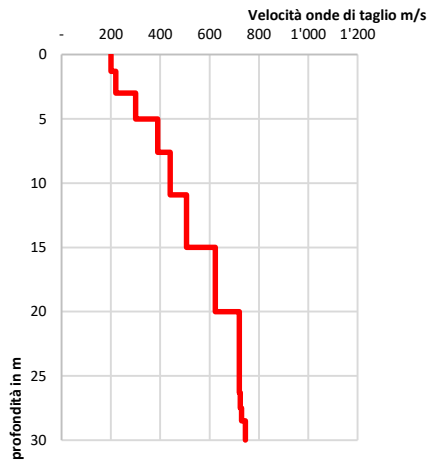


Fa $_{0.1-0.5}$ = 1.6	Fa $_{0.5-1.5}$ = 1.3
FaS $_{0.1-0.5}$ (B) = 1.4	FaS $_{0.1-0.5}$ (B) = 1.7
FaS $_{0.1-0.5}$ (C) = 1.8	FaS $_{0.1-0.5}$ (C) = 2.4

5.6.2 017186L2MASW2 - VIA DONATORI DI SANGUE

sismo strato	Profondità	Spessori a 30 m	Velocità onde di taglio
	(z – m)	(h – m)	(Vs - m/s)
1	1.30	1.30	200
2	3.00	1.70	220
3	5.00	2.00	300
4	7.60	2.60	390
5	10.90	3.30	440
6	15.00	4.10	507
7	20.00	5.00	623
8	26.30	6.30	720
9	27.50	1.20	725
10	28.50	1.00	730
11	30.00	1.50	745
$V_{S,30}$ = 461.8 m/s (B)			

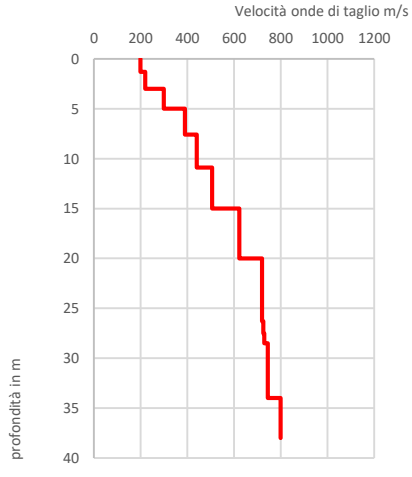
Profilo sismo stratigrafico per il calcolo delle Vs30



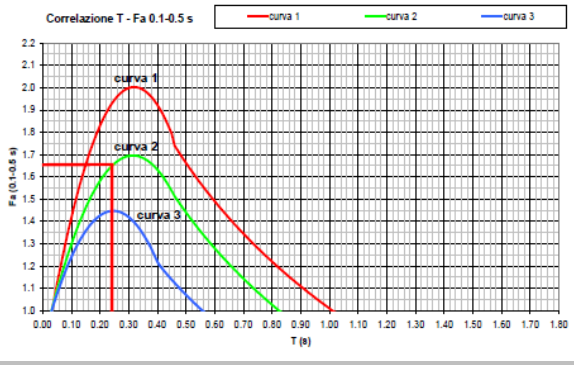
sismo strato	Profondità	Spessori m	Velocità onde di taglio
	(z – m)	(h – m)	(Vs - m/s)
1	1.30	1.30	200
2	3.00	1.70	220
3	5.00	2.00	300
4	7.60	2.60	390
5	10.90	3.30	440
6	15.00	4.10	507
7	20.00	5.00	623
8	26.30	6.30	720
9	27.50	1.20	725
10	28.50	1.00	730
11	34.00	5.50	745

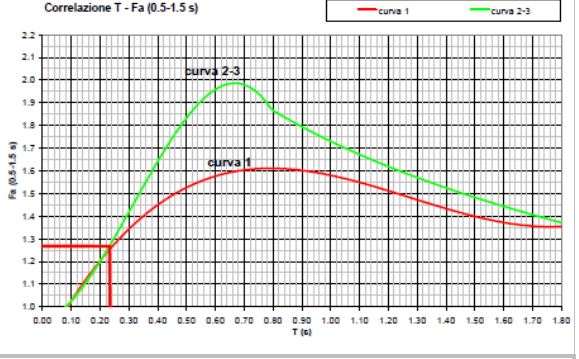
V_S strato 1 = 233.5 m/s
T = 0.242 s

Profilo sismo stratigrafico per il calcolo del Fa



Litologia Sabbiosa



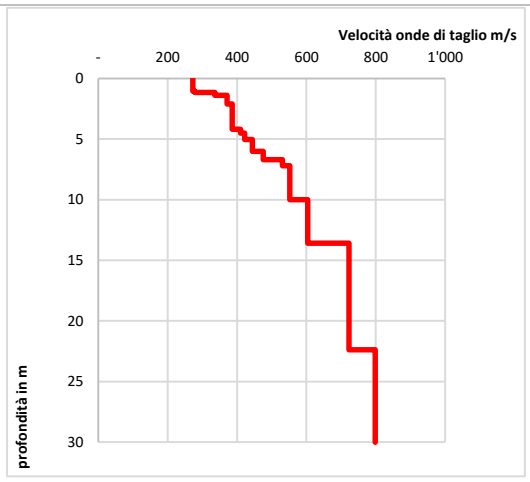


Fa $_{0.1-0.5}$ = 1.6	Fa $_{0.5-1.5}$ = 1.3
FaS $_{0.1-0.5}$ (B) = 1.4	FaS $_{0.1-0.5}$ (B) = 1.7
FaS $_{0.1-0.5}$ (C) = 1.8	FaS $_{0.1-0.5}$ (C) = 2.4

5.6.3 017186L3MASW3 - BOSCO DIDATTICO – VIA GORIZIA

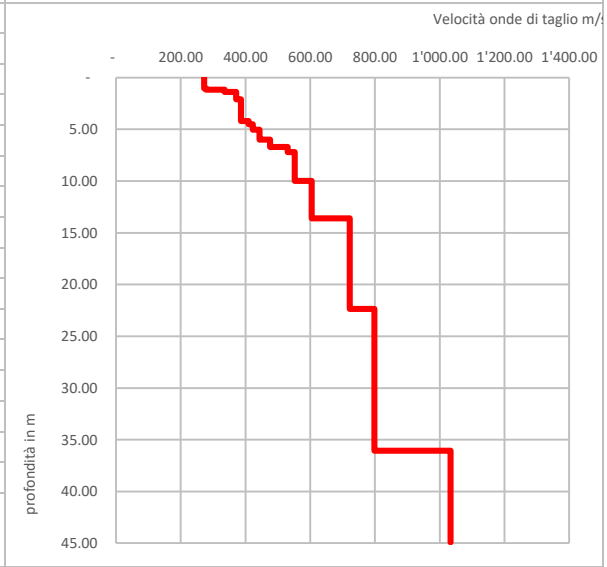
sismo strato	Profondità	Spessori a 30 m	Velocità onde di taglio
	(z – m)	1.12	(Vs - m/s)
1	1.12	1.26	246.69
2	1.26	2.38	259.28
3	2.38	9.48	264.49
4	9.48	10.17	272.50
5	10.17	11.02	289.27
6	11.02	13.18	304.02
7	13.18	15.15	422.20
8	15.15	18.50	439.34
9	18.50	27.00	490.16
10	27.00	30.00	505.01
$V_{S,30}$ = 581.44 m/s (B)			

Profilo sismo stratigrafico per il calcolo delle Vs30

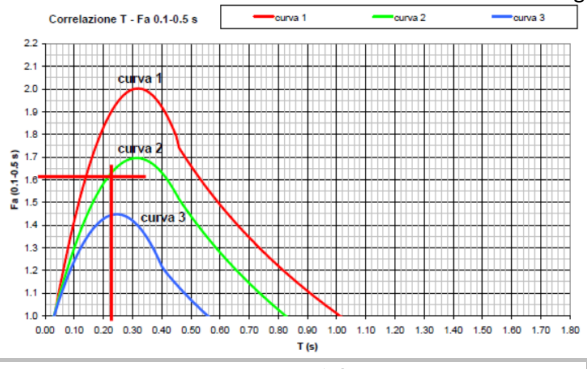


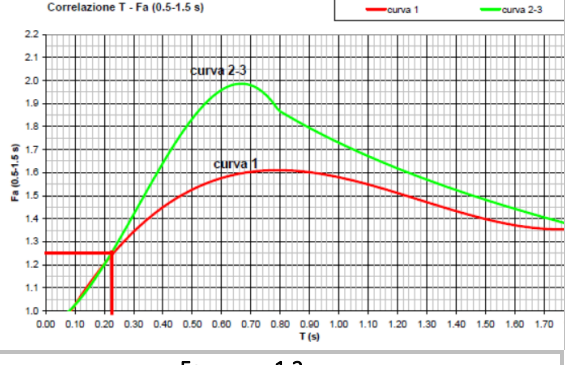
sismo strato	Profondità	Spessori m	Velocità onde di taglio
	(z – m)	(h – m)	(Vs - m/s)
1.12	1.12	1.1	246.69
1.26	1.26	0.1	259.28
2.38	2.38	1.1	264.49
9.48	9.48	7.1	272.50
10.17	10.17	0.7	289.27
11.02	11.02	0.8	304.02
13.18	13.18	2.2	422.20
15.15	15.15	2.0	439.34
18.50	18.50	3.3	490.16
27.00	27.00	8.5	505.01
33.95	33.95	7.0	667.26
37.52	37.52	3.6	694.36
50.08	50.08	12.6	798.15
54.78	54.78	4.7	973.89
66.20	66.20	11.4	1274.05
V_S strato 1 = 351.37 m/s T = 0.218 s			

Profilo sismo stratigrafico per il calcolo del Fa



Litologia Sabbiosa



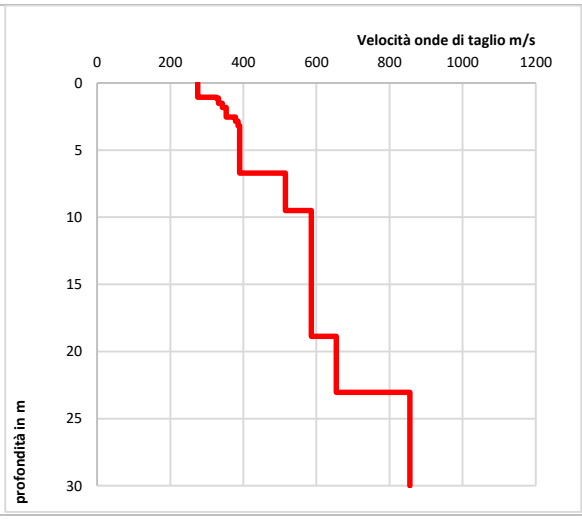


Fa $_{0.1-0.5}$ = 1.6	Fa $_{0.5-1.5}$ = 1.2
FaS $_{0.1-0.5}$ (B) = 1.4	FaS $_{0.1-0.5}$ (B) = 1.7
FaS $_{0.1-0.5}$ (C) = 1.8	FaS $_{0.1-0.5}$ (C) = 2.4

5.6.4 017186L4MASW4 - VIA CAVALLERA - LOC. PERSELLO

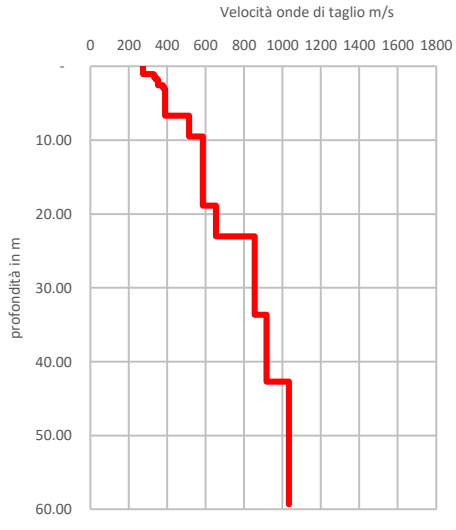
sismo strato	Profondità	Spessori a 30 m	Velocità onde di taglio
	(z – m)	(h-m)	(Vs - m/s)
1	1.06	1.06	275.23
2	1.13	1.13	325.96
3	1.52	1.52	332.51
4	1.82	1.82	342.58
5	2.55	2.55	352.96
6	2.85	2.85	378.42
7	3.18	3.18	386.03
8	6.70	6.70	389.89
9	9.50	9.50	515.16
10	18.87	18.87	586.30
11	23.03	23.03	654.12
12	30.00	30.00	855.72
$V_{S,30}$ = 547.62 m/s (B)			

Profilo sismo stratigrafico per il calcolo delle Vs30

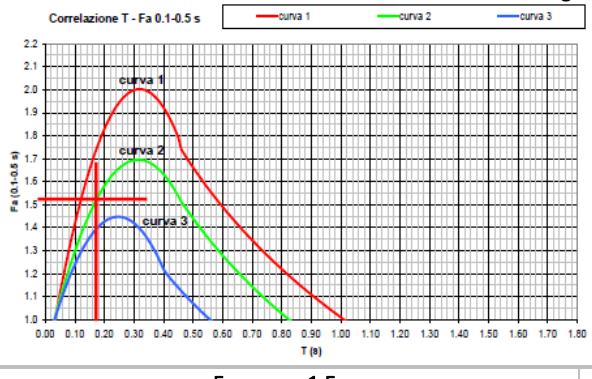


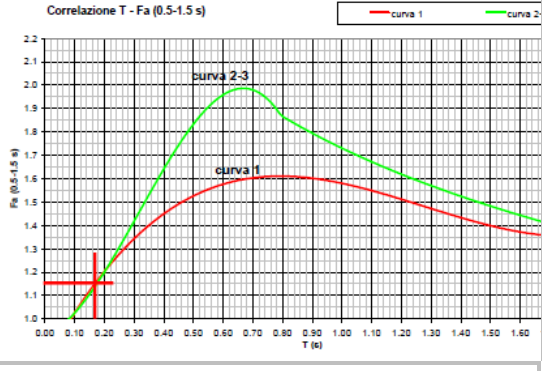
sismo strato	Profondità	Spessori m	Velocità onde di taglio
	(z – m)	(h – m)	(Vs - m/s)
1	1.06	1.1	246.69
2	1.13	0.1	259.28
3	1.52	1.1	264.49
4	1.82	7.1	272.50
5	2.55	0.7	289.27
6	2.85	0.8	304.02
7	3.18	2.2	422.20
8	6.70	2.0	439.34
9	9.50	3.3	490.16
10	18.87	8.5	505.01
11	23.03	7.0	667.26
12	33.63	10.59	694.36
13	42.71	9.08	917.4476
14	59.32	16.62	1033.803
V_S strato 1 = 345.82 m/s T = 0.176 s			

Profilo sismo stratigrafico per il calcolo del Fa



Litologia Sabbiosa





Fa $_{0.1\text{-}0.5}$ = 1.5	Fa $_{0.5\text{-}1.5}$ = 1.2
FaS $_{0.1\text{-}0.5}$ (B) = 1.4	FaS $_{0.1\text{-}0.5}$ (B) = 1.7
FaS $_{0.1\text{-}0.5}$ (C) = 1.8	FaS $_{0.1\text{-}0.5}$ (C) = 2.4

5.7 Acquisizione dei dati esistenti

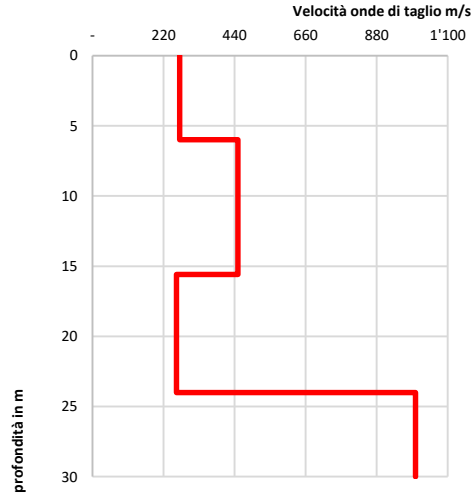
5.7.1 017186L5REMI7 - INDAGINE GEOFISICA "PGT-008"

Il profilo di velocità è stato ottenuto da indagine REMI

sismo strato	Profondità	Spessori a 30 m	Velocità onde di taglio
	(z – m)	(h – m)	(Vs - m/s)
1	0.80	0.80	125.00
2	2.80	2.00	240.00
3	7.60	4.80	280.00
4	12.60	5.00	300.00
5	16.60	4.00	350.00
6	30.00	13.40	500.00

$V_{S,30}$ = 366.46 m/s (B)

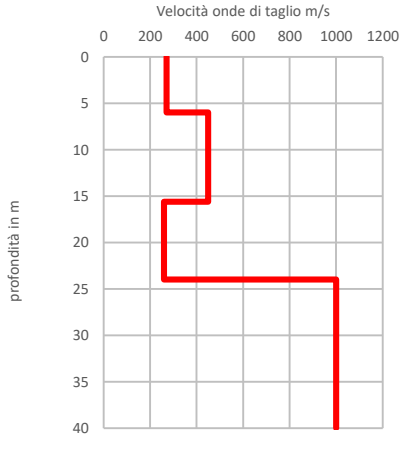
Profilo sismo stratigrafico per il calcolo delle Vs30



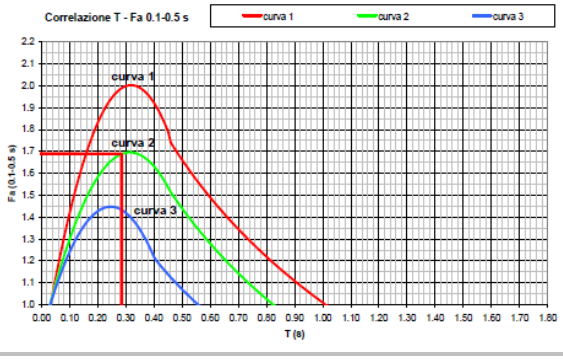
sismo strato	Profondità	Spessori a 30 m	Velocità onde di taglio
	(z – m)	(h – m)	(Vs - m/s)
1	6.00	6.00	270
2	15.60	9.60	450
3	24.00	8.40	260
4	40.00	16.00	1000

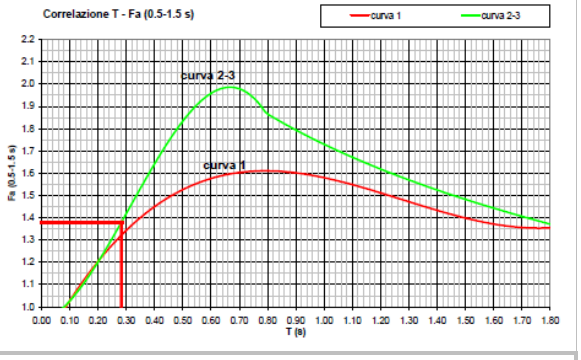
V_S strato 1 = 270 m/s
T = 0.284 s

Profilo sismo stratigrafico per il calcolo del Fa



Litologia Sabbiosa





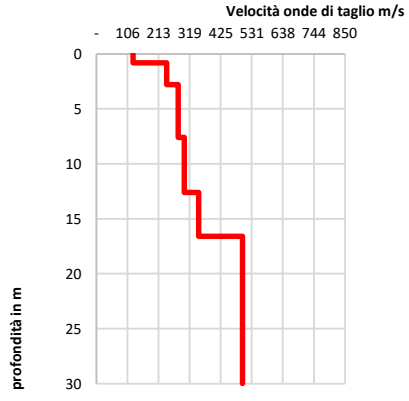
Fa $_{0.1-0.5}$ = 1.7	Fa $_{0.5-1.5}$ = 1.4
FaS $_{0.1-0.5}$ (B) = 1.4	FaS $_{0.1-0.5}$ (B) = 1.7
FaS $_{0.1-0.5}$ (C) = 1.8	FaS $_{0.1-0.5}$ (C) = 2.4

5.7.2 017186P2HVSR2 - INDAGINE GEOFISICA "PGT-010"

sismo strato	Profondità	Spessori a 30 m	Velocità onde di taglio
	(z – m)	(h – m)	(Vs - m/s)
1	0.80	0.80	125.00
2	2.80	2.00	240.00
3	7.60	4.80	280.00
4	12.60	5.00	300.00
5	16.60	4.00	350.00
6	30.00	13.40	500.00

$V_{S,30}$ = 345.74 m/s (C)

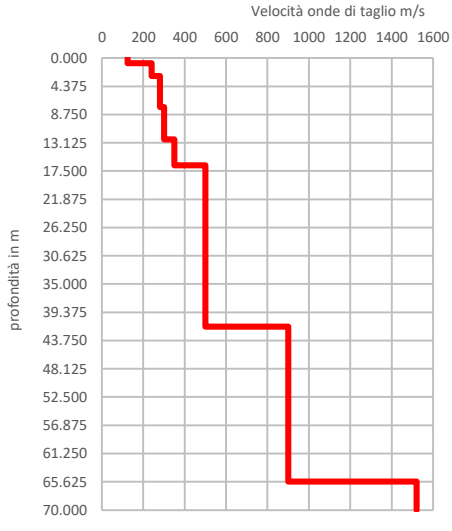
Profilo sismo stratigrafico per il calcolo delle Vs30



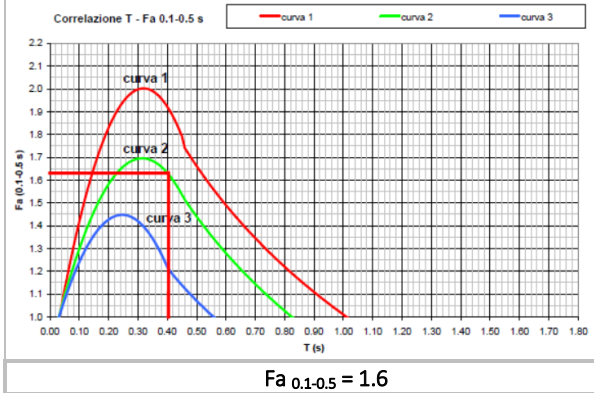
sismo strato	Profondità	Spessori a 30 m	Velocità onde di taglio
	(z – m)	(h – m)	(Vs - m/s)
1	0.80	0.80	125
2	2.80	2.00	240
3	7.60	4.80	280
4	12.60	5.00	300
5	16.60	4.00	350
6	41.60	25.00	500
7	65.60	24.00	900
8	70.00	4.40	1520

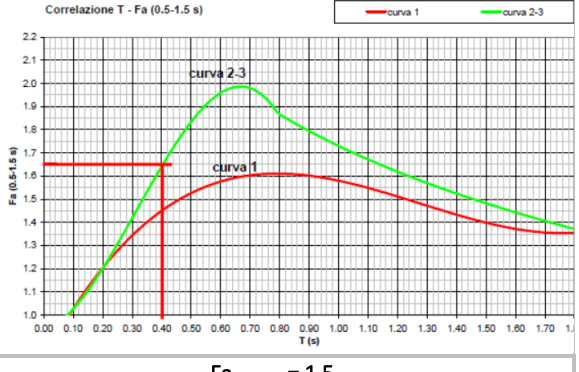
V_S strato 1 = 239.2 m/s
T = 0.400 s

Profilo sismo stratigrafico per il calcolo del Fa



Litologia Sabbiosa





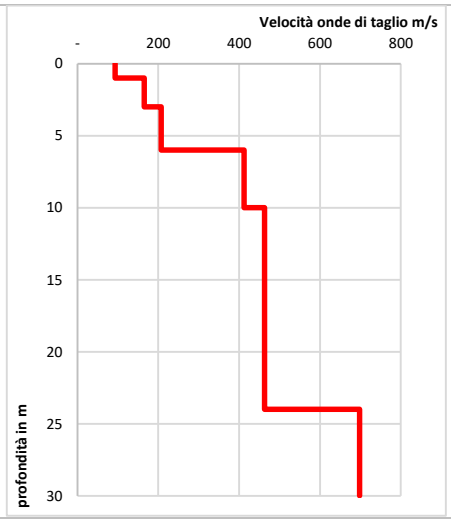
Fa $_{0.1\text{-}0.5}$ = 1.6	Fa $_{0.5\text{-}1.5}$ = 1.5
FaS $_{0.1\text{-}0.5}$ (B) = 1.4	FaS $_{0.1\text{-}0.5}$ (B) = 1.7
FaS $_{0.1\text{-}0.5}$ (C) = 1.8	FaS $_{0.1\text{-}0.5}$ (C) = 2.4

5.7.3 017186L6MASW6 - INDAGINE GEOFISICA "PGT-016"

sismo strato	Profondità	Spessori a 30 m	Velocità onde di taglio
	(z – m)	(h – m)	(Vs - m/s)
1	1.00	1.00	93.00
2	3.00	2.00	165.00
3	6.00	3.00	207.00
4	10.00	4.00	412.00
5	24.00	14.00	463.00
6	30.00	6.00	698.00

$V_{S,30}$ = 349.21 m/s (C)

Profilo sismo stratigrafico per il calcolo delle Vs30

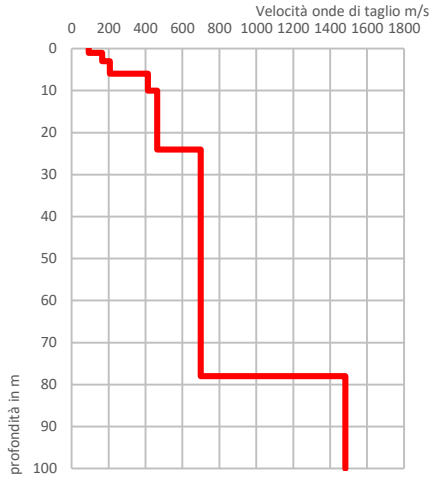


sismo strato	Profondità	Spessori a 30 m	Velocità onde di taglio
	(z – m)	(h – m)	(Vs - m/s)
1	1.00	1.00	93
2	3.00	2.00	165
3	6.00	3.00	207
4	10.00	4.00	412
5	24.00	14.00	463
6	78.00	54.00	698
7	100.00	22.00	1482

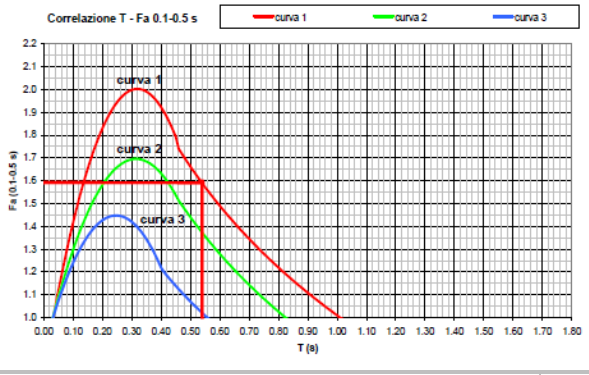
V_S strato 1 = 167.4 m/s

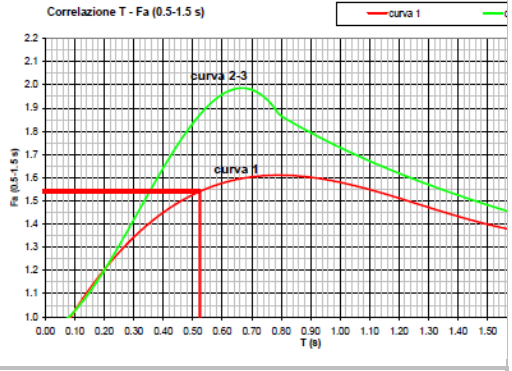
T = 0.519 s

Profilo sismo stratigrafico per il calcolo del Fa



Litologia Sabbiosa





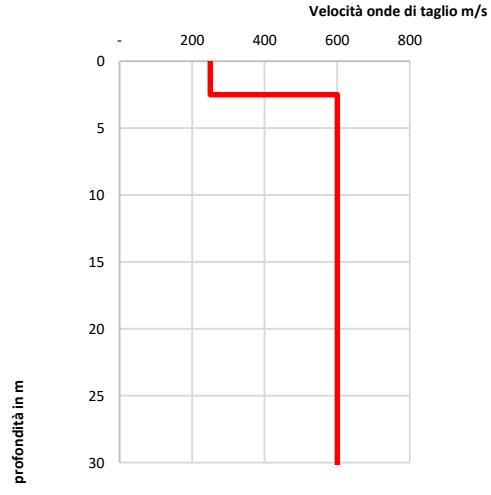
Fa $_{0.1-0.5}$ = 1.6	Fa $_{0.5-1.5}$ = 1.5
FaS $_{0.1-0.5}$ (B) = 1.4	FaS $_{0.1-0.5}$ (B) = 1.7
FaS $_{0.1-0.5}$ (C) = 1.8	FaS $_{0.1-0.5}$ (C) = 2.4

5.7.4 017186P55HVSR56 - INDAGINE GEOFISICA "PGT-017"

sismo strato	Profondità	Spessori a 30 m	Velocità onde di taglio
	(z – m)	(h – m)	(Vs - m/s)
1	2.50	2.50	250.00
2	30.00	27.50	600.00

$V_{S,30}$ = 537.31 m/s (B)

Profilo sismo stratigrafico per il calcolo delle Vs30

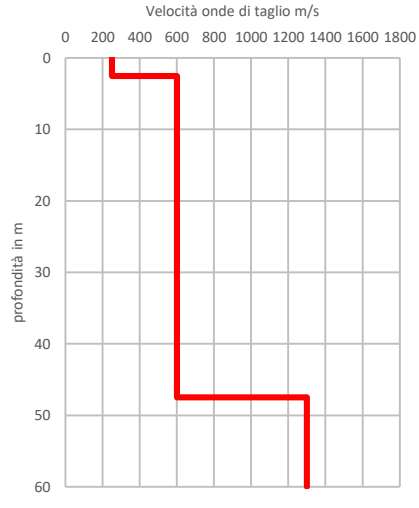


sismo strato	Profondità	Spessori a 30 m	Velocità onde di taglio
	(z – m)	(h – m)	(Vs - m/s)
1	2.50	2.50	250
2	47.50	45.00	600
3	60.00	12.5	1300

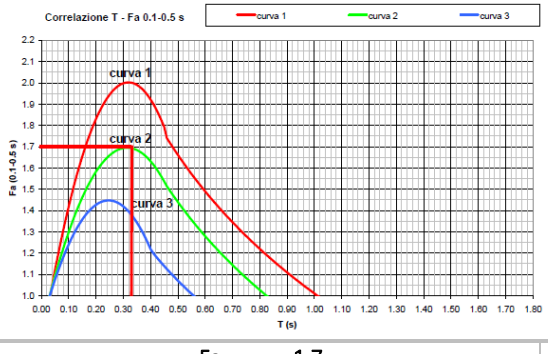
V_S strato 1 = 381.25 m/s

T = 0.327 s

Profilo sismo stratigrafico per il calcolo del Fa



Litologia Sabbiosa



Fa $_{0.1\text{-}0.5}$ = 1.7	Fa $_{0.5\text{-}1.5}$ = 1.5
FaS $_{0.1\text{-}0.5}$ (B) = 1.4	FaS $_{0.1\text{-}0.5}$ (B) = 1.7
FaS $_{0.1\text{-}0.5}$ (C) = 1.8	FaS $_{0.1\text{-}0.5}$ (C) = 2.4

Sintesi dei fattori di amplificazione calcolati come descritto in precedenza.

$FaS_{0.1\text{-}0.5}$ (B) = 1.4	$FaS_{0.1\text{-}0.5}$ (B) = 1.7
$FaS_{0.1\text{-}0.5}$ (C) = 1.8	$FaS_{0.1\text{-}0.5}$ (C) = 2.4
$Fa_{0.1\text{-}0.5}$ = 1.6	$Fa_{0.5\text{-}1.5}$ = 1.3
$Fa_{0.1\text{-}0.5}$ = 1.6	$Fa_{0.5\text{-}1.5}$ = 1.3
$Fa_{0.1\text{-}0.5}$ = 1.6	$Fa_{0.5\text{-}1.5}$ = 1.2
$Fa_{0.1\text{-}0.5}$ = 1.5	$Fa_{0.5\text{-}1.5}$ = 1.2
$Fa_{0.1\text{-}0.5}$ = 1.7	$Fa_{0.5\text{-}1.5}$ = 1.4
$Fa_{0.1\text{-}0.5}$ = 1.6	$Fa_{0.5\text{-}1.5}$ = 1.5
$Fa_{0.1\text{-}0.5}$ = 1.6	$Fa_{0.5\text{-}1.5}$ = 1.5
$Fa_{0.1\text{-}0.5}$ = 1.7	$Fa_{0.5\text{-}1.5}$ = 1.5
Valore medio $Fa_{0.1\text{-}0.5}$ = 1.6	**Valore medio** $Fa_{0.5\text{-}1.5}$ = 1.4

Si evince che il fattore di amplificazione caratteristico del sottosuolo del territorio di Torbole Casaglia è corrispondente al valore che si ottiene dalla media dei fattori di amplificazione calcolati nelle singole indagini, ovvero 1.6 per l'intervallo di periodo 0.1 – 0.5 secondi e 1.4 per l'intervallo 0.5 – 1.5 secondi. Tali valori sono da ritenersi significativi in quanto si ottengono risultati convergenti indipendentemente dall'ubicazione e dalla metodologia di prova.

6 Campagna di indagine geognostica

Nell'ambito della progettazione di nuove opere all'interno del centro sportivo Comunale è stata pianificata una campagna geognostica sia in adempimento delle Norme tecniche per le costruzioni sia in ottica di integrazione di informazioni geologiche dirette ai fini pianificatori.

La campagna ha quindi comportato l'esecuzione di un sondaggio a carotaggio continuo con la determinazione della conducibilità idraulica del terreno saturo e la anche in ottica di integrazione, all'ambito geologico, geomorfologico e sismico di appartenenza, le prescrizioni delle NTA della componente geologica del PGT Comunale e le indagini pregresse disponibili nell'ambito dell'aggiornamento della componente geologica idrogeologica e sismica del PGT comunale, è stato definito un piano prove finalizzato ad individuare sia le caratteristiche geotecniche, idrogeologiche e sismiche dell'area, pertanto è stata pianificata l'esecuzione di un sondaggio geognostico per la verifica diretta della stratigrafia e l'installazione di un piezometro, le prove penetrometriche per la determinazione delle caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione e un'indagine geofisica per la caratterizzazione sismica del terreno di fondazione.

La finalità delle indagini è di identificare le caratteristiche strutturali del terreno con particolare riguardo alla natura litologica dei primi metri di sottosuolo interessati dalle opere di progetto e la sua interazione con il substrato roccioso per fornire gli esaustivi elementi conoscitivi e di parametrizzazione necessari alla corretta progettazione geotecnica.

Il piano d'indagine e l'esecuzione delle prove in sito è conforme alle norme di riferimento ed in particolare alle Raccomandazioni AGI del 1977 ed alle NTC '18.

- N° 1 Sondaggio geognostico spinto fino a profondità di 12 m dal p.c. effettuato con carotiere semplice per il completo recupero dei terreni attraversati e inserimento in apposite cassette catalogatrici per

l'ispezione ed il campionamento. In fase di avanzamento è prevista l'esecuzione di n°4 prove SPT in foro per la determinazione indiretta delle caratteristiche meccaniche dei terreni e di una prova di permeabilità mediante infiltrazione all'interno dello strato acquifero che ospita la falda libera. Dalle cassette catalogatrici vengono prelevati campioni rappresentativi per l'esecuzione di prove geotecniche di laboratorio.

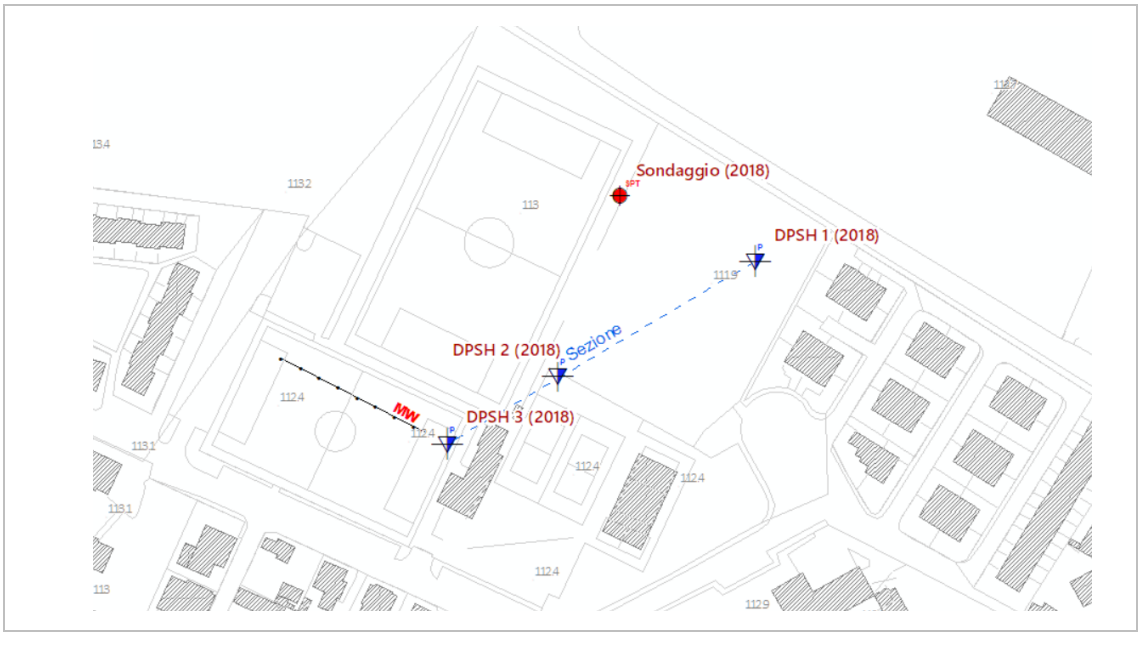
- N° 3 prove penetrometriche dinamiche per determinare le caratteristiche meccaniche del terreno necessarie alla progettazione delle strutture di progetto mediante prove DPSH SCPT (Dynamic Penetrometer Super Heavy - Standard Cone Penetration Test) che consistono nell'infissione nel terreno di una punta conica (diametro = 51 mm, angolo di apertura = 60°) tramite un maglio avente massa di 73 kg e altezza di caduta pari a 0,75 m (penetrometro DPSH), viene registrato il numero di colpi necessari per un avanzamento di 30 cm (valore di NSCPT (N30)).
- N° 1 indagine geofisica effettuata con tecnica combinata rifrazione e MASW (Multichannel Analysis Of Surface Waves) in modo da ottenere informazioni sulla variabilità stratigrafica (rifrazione) e sulla velocità di propagazione delle onde S (MASW) e quindi poter calcolare la categoria sismica del terreno di fondazione e il valore del fattore di amplificazione.
- Prelievo di N° 4 campioni dalle cassette catalogatrici per la caratterizzazione geotecnica dei terreni e per la verifica della potenziale liquefacibilità dei terreni.

6.1 RISULTANZE DELLE INDAGINI

In Figura 12 si riporta l'ubicazione e il repertorio fotografico delle indagini effettuate in data 13/11/2018 (sondaggio con SPT in foro e pemeabilità) e il 20/11/2018 (SCPT).

La struttura locale del sottosuolo può essere descritta associando le risultanze delle diverse tecniche d'indagine impiegate. Lo schema della struttura del sottosuolo viene riportata nel modello geologico e la parametrizzazione delle caratteristiche meccaniche nel modello geotecnico.

Figura 12 - ubicazione indagini geognostiche



6.1.1 Sondaggio geognostico

Il sondaggio è stato eseguito come da piano d'indagine ed è stato ubicato in una posizione che potesse consentire il mantenimento in attività di un piezometro per permettere la misurazione dell'andamento del livello piezometrico nel tempo.

Figura 13 - sonda autocarrata

Figura 14 - cassette catalogatrici: 0-5 m (sx) 5-10 m (dx) in basso da 10 a 12 m

La stratigrafia del sondaggio è riportata nella cartella "TorboleCasaglia_S401\Indagini\Documenti\" dell'archivio MS comunale e identificata con il nome "0170186P70SP125.pdf" la litologia predominante è costituita da un'unità ghiaioso sabbiosa con scarsa presenza di fine che non presenta caratteristiche di plasticità.

Il terreno è di natura alluvionale pertanto è intrinsecamente caratterizzato da frequenti alternanze nelle frazioni costituite che, alla scala dell'osservazione, non consentono di individuare un preciso schema strutturale ma soltanto la configurazione a livelli sovrapposti e intersecati, talvolta a braided. Ad ogni modo

si evidenziano due livelli con presenza di frazione sabbiosa più marcata ed individuabili all'interno della stratigrafia in spessori non superiori al metro.

6.1.2 Prova di permeabilità Lefranc

La prova di infiltrazione con la tecnica di Lefranc per la determinazione della conducibilità idraulica del terreno saturo è stata effettuata ad una quota di 4.0 m andando a determinare la capacità di assorbimento di un input esterno da parte del sistema acquifero superficiale.

L'esito e la descrizione della configurazione di prova sono riportati nella cartella "TorboleCasaglia_S401\Indagini\Documenti\" dell'archivio MS comunale, il documento è identificato con il nome "017186P70LF130.pdf.

Figura 15 - relizzazione della tasca con ghiaietto (sx) ed esecuzione della prova a carico costante con contalitri a mulinello tipo Woltmann (dx)

6.1.3 SPT in foro di sondaggio

Le prove sono state effettuate a quota 1.5 m, 3 m, 6 m e 12 m da p.c. i risultati ottenuti sono stati elaborati e riportati nella cartella "TorboleCasaglia_S401\Indagini\Documenti\" dell'archivio MS comunale e identificata con il nome "017186P70-SPT Sondaggio.pdf". Le elaborazioni sono state ottenute dall'applicazione di formule empiriche di comprovata validità per la tipologia di terreno in oggetto.

La prova SPT 1 ha un valore N_{SPT} pari a 14, tuttavia le evidenze stratigrafiche mostrano la presenza di terreno ghiaioso sabbioso senza fine plastico, pertanto il valore è dovuto allo scarso addensamento del terreno.

In corrispondenza delle prove SPT 1, SPT 2 e SPT 3 sono stati prelevati campioni di terreno per le analisi di laboratorio, si rimanda al capitolo specificatamente dedicato alle prove di laboratorio per la trattazione delle prove e dei risultati.

6.1.4 Installazione del tubo piezometrico

A seguito dell'ultimazione del foro di sondaggio è stato posizionata, all'interno del foro, la tubazione in PVC atossico che costituisce la colonna definitiva del pozzo piezometrico. È stato posizionato un tratto microfessurato per una lunghezza di 10 metri da fondo foro, gli ultimi 2 metri sono stati completati con un tratto di tubazione cieca. L'intercapedine tra foro di sondaggio e tubazione è stata riempita con ghiaietto monogranulare di pezzatura idonea a fluire nell'intercapedine e di consentire il corretto drenaggio a tergo della tubazione. Le informazioni relative al completamento del piezometro sono incorporate nella stratigrafia riportata nella cartella "TorboleCasaglia_S401\Indagini\Documenti\" dell'archivio MS comunale e identificata con il nome "0170186P70SP125.pdf".

Di seguito si riporta il repertorio fotografico delle attività svolte.

Figura 16 - tubazioni in PVC microfessurae e cieche

Figura 17 - inserimento tubazione nel foro

Figura 18 - estrazione del rivestimento

Figura 19 - riempimento intercapedine con ghiaietto

Figura 20 – cementazione superficiale

Figura 21 – inserimento pompa per spurgo

Figura 22 – sigillatura del tubo testa 50 cm fuori erra

Figura 23 – cementazione protezione con tappo lucchettabile

L'installazione del tubo piezometrico consente la misura della soggiacenza della falda e l'eventuale campionamento delle acque sotterranee per eventuali controlli di carattere ambientale, pertanto può essere effettuato un monitoraggio sai quantitativo che qualitativo delle acque sotterranee.

Sono state effettuate le misurazioni di soggiacenza al momento della realizzazione del piezometro, ovvero il 20/11/2018 e successivamente il 31/01/2019. La soggiacenza misurata il 20/11/2018 è pari a - 2.15 m da piano campagna, ovvero - 2.45 m dalla testa del tubo camicia del piezometro. La misura del 31/01/2019 indica una soggiacenza di - 3.08 m dalla testa del tubo camicia.

Le misure sono sicuramente insufficienti per descrivere correttamente l'andamento della soggiacenza della falda e dovranno essere implementate nel tempo, tuttavia indicano che alla scala stagionale si possono avere fluttuazioni nell'ordine dei 50 cm.

6.1.5 Prove penetrometriche dinamiche SCPT

La descrizione e l'esito delle prove effettuate ed il commento all'elaborazione dei dati è riportata nella cartella "TorboleCasaglia_S401\Indagini\Documenti\" dell'archivio MS comunale e identificata con il nome "017186P70-DPSH.pdf"

La comparazione delle 3 prove evidenzia un generale incremento della resistenza alla punta con la profondità comportamento compatibile con la regolare presenza di un potente strato di terreno ghiaioso sabbioso con comportamento prevalentemente frizionale. Tra i 3 metri e i 3.6 m si osserva, in tutte le prove, la presenza un plateau che rappresenta un incremento delle resistenza che si mantiene su valori

generalmente superiori ai 30 colpi/piede. Tale in corrispondenza della prova 3 nella quale si riscontra, attorno ai 7 m, un abbassamento della resistenza alla punta attorno a valori compatibili con la possibile presenza di livelli sabbiosi medio fini con scarso addensamento.

Al di sopra del plateau i valori di resistenza sono inferiori a 20 in analogia con i valori ottenuti dalla SPT in foro eseguita nel sondaggio S1 nella quale si ottiene un valore Nspt = 14 e la granulometria è smaccatamente ghiaioso sabbiosa. Pertanto è possibile supporre che i bassi valori di resistenza che caratterizzano lo strato superficiale siano potenzialmente legati alla presenza di materiali granulari con comportamento frizionale ma con scarso addensamento. In corrispondenza della prova 3 si ha la presenza di un picco a circa 1.8-2.0 m che potrebbe essere dovuto ad una locale variazione granulometrica o ad una locale compattazione del terreno.

6.1.6 Prove geotecniche di Laboratorio

La finalità delle prove di Laboratorio effettate in questa sede è di attribuire la denominazione al terreno secondo la nomenclatura geotecnica proposta dalla norma ASTM D2487 a campioni di terreno rappresentativi del contesto litotecnico prevalente, ovvero quello ghiaioso sabbioso. Inoltre in fase di indagine geognostica sono state condotte osservazioni sulla granulometria di alcuni strati, sono stati quindi individuati due livelli con granulometrie con maggiore abbondanza di frazione fine, pertanto su campioni prelevati da tali livelli sono state effettuate prove per la determinazione della distribuzione granulometrica. Si tratta di due livelli sabbiosi posti a quota 3 m e 10 m di spessore non superiore al metro.

Nella tabella seguente si riporta la corrispondenza identificativa tra la denominazione dei campioni prelevati dalle cassette catalogatrici ed i numeri di protocollo attribuiti in fase di accettazione ed emissione dallo scrivente laboratorio geotecnico autorizzato.

Nella tabella vengono riportate anche le profondità di prelievo dei campioni (conformemente a quanto riportato nella stratigrafia in allegato 10) la tipologia di prove effettuate.

Protocollo	Identificativo campione	Profondità prelievo	Prove effettuate
183794	S1-C1	1.5 m	Classifica
183795	S1-C2	3 m	Sedimentometria
183796	S1-C3	6 m	Classifica
183797	S1-C4	9.5 m	Sedimentometria

Dove:

- classifica= prove di laboratorio necessarie a formulare la classifica dei materiali e classificazione ASTM

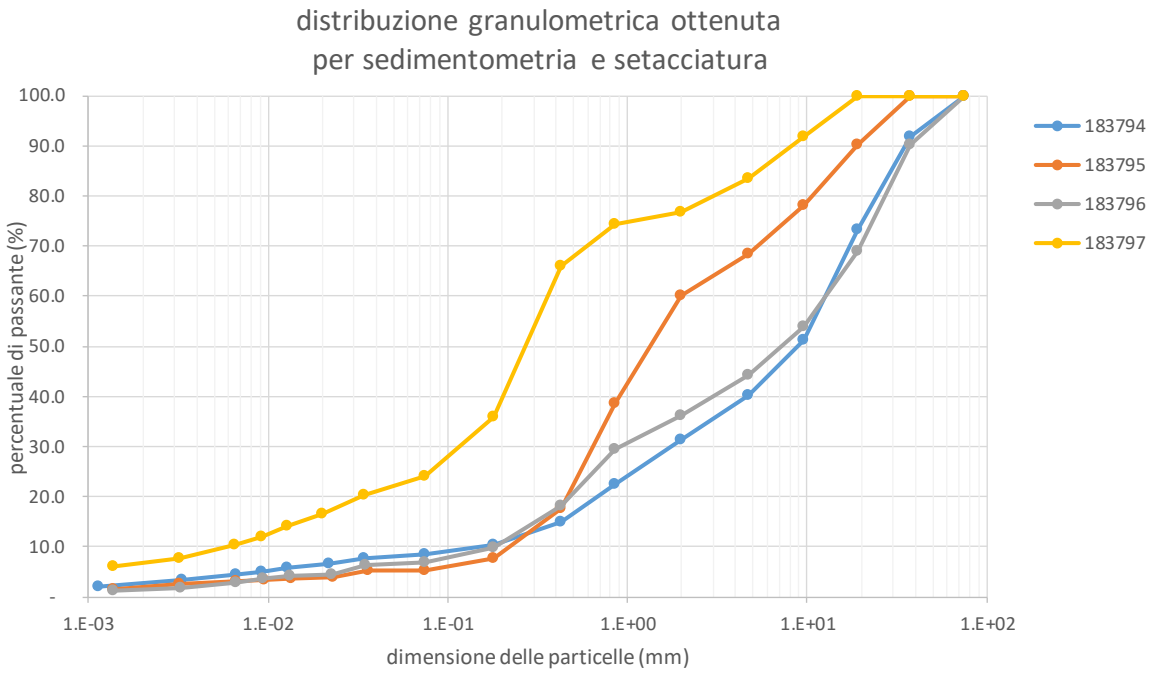
- sedimentometria = prove di laboratorio finalizzate a determinare la distribuzione granulometrica delle particelle che costituiscono il terreno.

Sui campioni S1-C1 (183794) S1-C3 (183796) e la classificazione dei terreni indica che a profondità di 1.5 m si ha presenza di ghiaia ben assortita con limo e sabbia (GW-GM).

Di seguito si riporta grafico semilogaritmico contenente le curve di distribuzione granulometrica caratteristiche dei campioni analizzati in laboratorio, ottenute mediante sedimentazione e setacciatura.

Le distribuzioni granulometriche dei campioni 183794-183796 sono estremamente sovrapposte e sono da ritenersi rappresentative della litologia predominante mentre i campioni 183795 e 183797 sono stati campionati per analizzare la distribuzione granulometrica di due livelli di limitato spessore (inferiore ai 3 metri) con granulometria diversa dal contesto prevalente e caratterizzata dall'assenza delle frazioni più grossolane.

Figura 24 – distribuzioni granulometriche dei campioni analizzati.



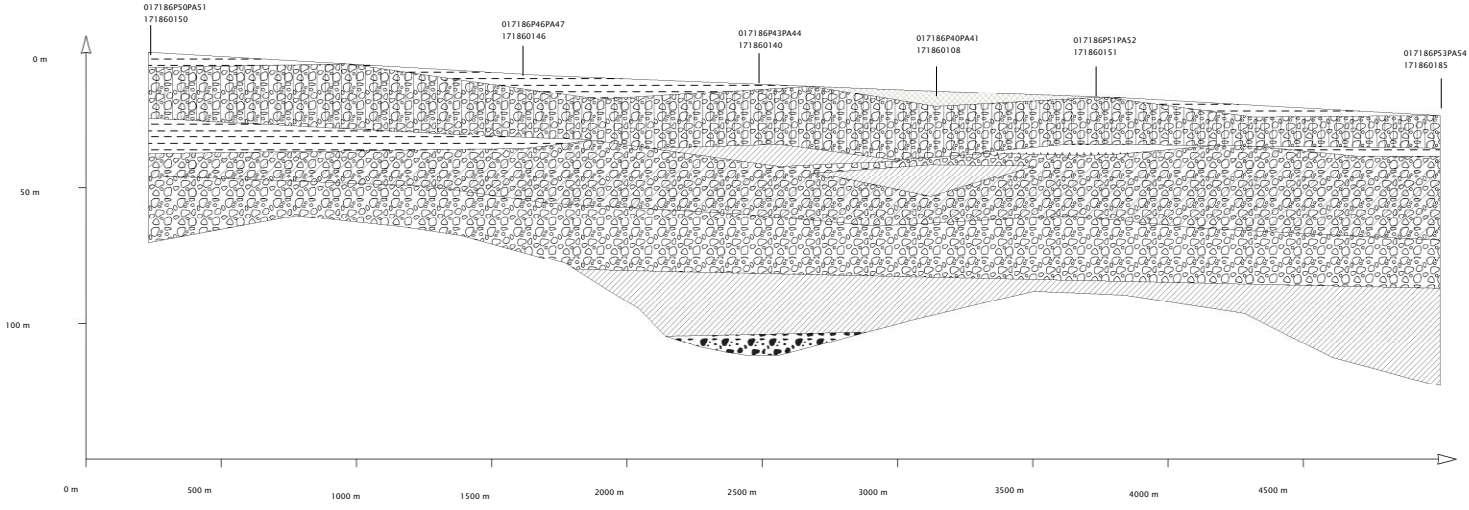
L'esito completo delle prove geotecniche di laboratorio viene riportato nei rapporti di prova allegati nella cartella "TorboleCasaglia_S401\Indagini\Documenti\" dell'archivio MS comunale e identificati con i nomi:

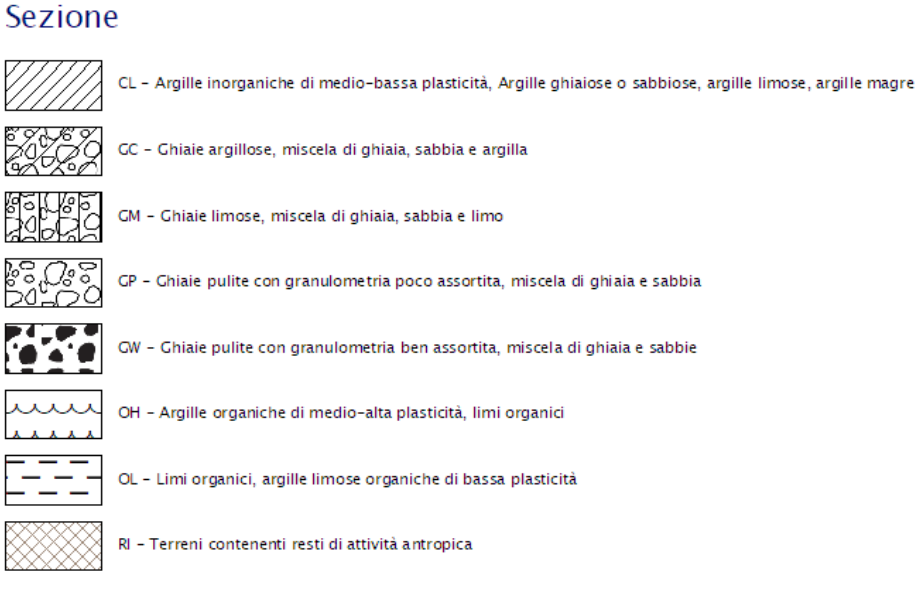
- "017186P70SM131-RP 183794.pdf"
- "017186P70SM132-RP 183795.pdf"
- "017186P70SM133-RP 183796.pdf"
- "017186P70SM134-RP 183797.pdf"

7 Modello del sottosuolo

Il sottosuolo è costituito da un deposito alluvionale a granulometria mista o indistinta. Comprende una sequenza litostratigrafica costituita dall'alternanza di diverse tipologie di terreni granulari che coprono un ampio spettro di variazione granulometrica. In particolare le litologie prevalenti sono ghiaioso sabbiose con contenuti molto variabili di fini, a tal punto che le intercalazioni argillose limose talvolta non hanno un netto contrasto con i materiali granulari ma sono il risultato della progressiva diminuzione delle frazioni grossolane e dell'aumento delle frazioni fini.

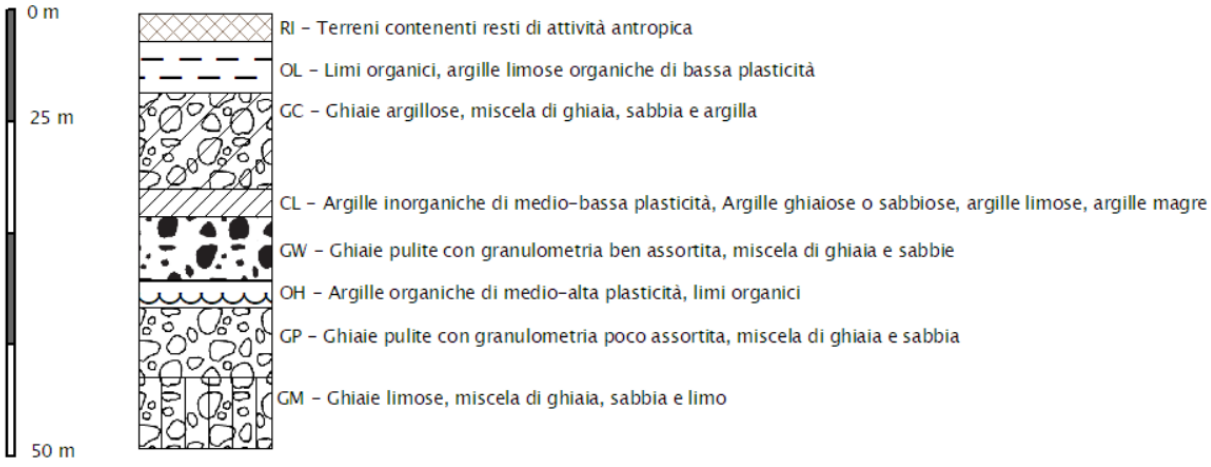
Si riporta la sezione geologico tecnica ottenuta dalla sovrapposizione dei dati geologici e geotecnici. Lo sviluppo della sezione è sostanzialmente Nord-Sud.





Sulla base dei dati litostratigrafici a diposizione è stato possibile riconoscere, all'interno dei primi 50 m di profondità dal piano campagna, l'assenza di una ritmicità della sequenza litostratigrafica. Pertanto gli

spessori della colonna stratigrafica non sono riportati e la successione riportata è puramente indicativa. Normalmente gli spessori degli strati fini-coesivi sono orientativamente inferiori a 3-5 m.



8 Interpretazioni e incertezze

La scelta dei dati stratigrafici, geotecnici e geofisici, in termini di valori di Vs, utilizzati nella procedura di 2° livello viene di seguito motivata e a ciascun parametro utilizzato viene assegnato un grado di attendibilità, secondo la seguente Tabella 2.

Figura 25 - livelli di attendibilità da assegnare ai risultati ottenuti dall'analisi

Dati	*Attendibilità*	*Tipologia*
Litologici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito
Stratigrafici (spessori)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)
	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)
Geofisici (Vs)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette e relazioni empiriche
	Alta	Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)

9 Metodologie di elaborazione e risultati

Nella tabella seguente sono riportati i valori soglia del fattore di amplificazione per le diverse categorie sismiche di sottosuolo e per i due diversi intervalli di periodo proprio dell'edificio.

PR	CM	COMUNE	INTERVALLO	Valori soglia			
				B	C	D	E
17	186	TORBOLE CASAGLIA	0.1 - 0.5	1.4	1.8	2.2	2.0
17	186		0.5 - 1.5	1.7	2.4	4.2	3.1

10 Elaborati cartografici

- Carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL) ai sensi dei criteri regionali (scala 1:10.000);
- Carta delle Indagini ai sensi degli ICMS (scala 1:10.000);
- Carta Geologico Tecnica ai sensi degli ICMS (scala 1:10.000);
- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) ai sensi degli ICMS (scala 1:10.000);
- Carta dei Fattori di Amplificazione derivante dall'applicazione del livello 2 ai sensi dei criteri regionali (scala 1:10.000);

10.1 Carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL)

La carta della pericolosità sismica locale è stata redatta ai sensi dei criteri regionali a scala 1:10.000 e costituisce una riedizione senza sostanziali modifiche ai contenuti.

La tavola è identificata con la stessa numerazione utilizzata nella precedente redazione della componente geologica del PGT, ovvero *G07 - Carta della pericolosità sismica locale Revisione 2019 nell'ambito dello studio di Microzonazione Siscmica secondo ICMS.*

L'intero territorio comunale risulta ascrivibile a potenziali fenomeni di amplificazione litologica e pertanto viene cartografata un'unica area appartenente allo scenario Z4a - Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi.

10.2 Carta delle indagini

La carta delle indagini contiene l'ubicazione delle indagini effettuate sul territorio comunale di Torbole Casaglia che sono state reperite presso l'ufficio tecnico comunale ed utilizzate nello studio di microzonazione per la definizione delle microzone omogenee e per il calcolo dei fattori di amplificazione.

Le indagini sono identificate secondo il seguente criterio.

Identificativo	Intervento	Anno	Autore
PGT_001	PREFEDIL snc dei F.lli Scuri nuovo capannone destinato alla produzione di manufatti in calcestruzzo.	1997	Geolab
PGT_002	Componente Geologico ambientale del nuovo P.R.G. del Comune di Torbole Casaglia	1997	Dott. Geol. Oneda
PGT_003	Bentivoglio S.r.l. Loc c.na Santa Maria - fondazioni nuovo capannone	1999	Geolab
PGT_004	Studio Tecnico Toninelli Piano Industriale Produttivo lotti 11-12-13 - 15-16-17 - 18-19-20	2000	Geolab
PGT_005	Bentivoglio S.r.l.	2001	Geolab

Identificativo	Intervento	Anno	Autore
	Loc c.na Santa Maria - fondazioni nuovo capannone		
PGT_006	Studio Tecnico Toninelli Lottizzazione Produttiva Nuova Cavallera Comparto C.I.S. 10.	2003	Geolab
PGT_007	Indagine geognostica per la realizzazione di un impianto di depurazione e collettamento delle acque reflue a servizio dell'area Gandovere in Comune di Torbole Casaglia	2008	Dott. Geol. G.Fasser
PGT_008	Relazione geologica e di prima caratterizzazione geotecnica.	2008	Dott. Geol.Bassi
PGT_009	Commerciale siderurgica Bresciana – Ampliamento fabbricato industriale via martiri della libertà.	2011	Dott. Geol.Carraro
PGT_010	Realizzazione di nuovo edificio residenziale in loc. via San Filastrio s.n. – per Privati (Barbisoni e Pace)	2013	Dott. Geol.Larocchi
PGT_011	Indagine geologico tecnica per Nuova Abitazione Rurale (Coccoli)	2014	Ing. Bettoni
PGT_012	Relazione geologica e geotecnica per Impianto a Biogas presso l'azienda Agricola Chiappini	2014	Dott. Geol. Coluzzi
PGT_013	Commerciale Siderurgica Bresciana – nuovo edificio (magazzino automatizzato) presso via Cristoforo Colombo – Relazione geologica – sismica - geotecnica	2014	Dott. Geol. Carraro
PGT_014	Relazione geologica, sulla pericolosità sismica e e geotecnica sulle indagini per nuovo edificio residenziale in via S. Filastro per privati (Colombi)	2015	Dott. Geol. Marella
PGT_015	Fr.lli Toninelli srl Relazione geologica, sismica e geotecnica per ampliamento della sede di via Travagliato.	2016	Dott. Geol. Marella
PGT_016	Fonderia di Torbole Indagini geologica e geotecnica sui terreni di fondazione di nuove vie di corsa di carro ponte e tunnel.	2016	Dott. Geol. C.Fasser
PGT_017	Ampliamento capannone industriale in via Mattei – relazione geologica e geotecnica . ditta Acos	2017	Dott. Geol. Martello
PGT_018	Relazione geologica geotecnica per realizzazione di un nuovo portico per privato (Mussio)	2017	Dott. Geol. De Pascalis
PGT_019	Saldolombarda sas Costruzione di nuovo capannone industriale – indagine geologica	1999	Geolab
PGT_020	Polisportiva Comune di Torbole Casaglia Indagine geologico geotecnica a supporto della progettazione di strutture sportive presso il centro polisportivo comunale.	2018	Geolab

La cartografia specifica delle indagini fatta secondo i criteri degli ICMS deve essere riferita alle schede di censimento dei siti di indagine puntuale e lineare per essere correlata alle relazioni indicate nella precedente tabella si riporta l'identificazione geografica di tali indagini sul territorio comunale nella seguente cartografia.

Rientrano tra le indagini puntuali anche i pozzi, le informazioni stratigrafiche sono state reperite presso gli uffici della Provincia di Brescia, la quale identifica le opere di captazione mediante un codice numerico composto dal codice ISTAT del comune nel quale ricadono (017186 nel caso di Torbole Casaglia) e da un numero progressivo.

Le stratigrafie dei pozzi sono disponibili all'interno della cartella "TorboleCasaglia_S401\Indagini\Documenti\" in file pdf denominati come di seguito:

- 0171860101.pdf
- 0171860001.pdf
- 0171860105.pdf
- 0171860106.pdf
- 0171860108.pdf
- 0171860109.pdf
- 0171860110.pdf
- 0171860140.pdf
- 0171860143.pdf
- 0171860145.pdf
- 0171860146.pdf
- 0171860147.pdf
- 0171860148.pdf
- 0171860149.pdf
- 0171860150.pdf
- 0171860151.pdf
- 0171860183.pdf
- 0171860185.pdf
- 0171860186.pdf

Nella seguente tabella si riportano le indagini puntuali censite secondo il criterio esplicitato dagli ICMS, in allegato si riportano le schede generate mediante il software SoftMS_v.4.1

Tabella 5 - elenco delle indagini puntuali

Pkey _spu	ID_SPU	indirizzo	coord_X	coord_Y	quota_slm	data_sito	note_sito	FALDA
1	017186P1	Via S. Filastrio s.n.	117750	5050510	109.5	01/12/2013	PGT_010	
2	017186P2	Via S. Filastrio s.n.	117779	5050484	109.5	01/12/2013	PGT_010	
3	017186P3	Via S. Filastrio s.n.	117748	5050522	109.5	01/12/2013	PGT_010	
4	017186P4	Via S.Filastrio s.n.	117769	5050482	109.5	20/11/2013	PGT_010	
5	017186P5	Via S. Filastrio s.n.	117759	5050459	109.5	01/12/2013	PGT_010	
6	017186P6	Via Artigianato	119709	5052218	116	13/03/2000	PGT_004	
7	017186P7	Via Artigianato	119661	5052237	116	13/03/2000	PGT_004	

Pkey _spu	ID_SPU	indirizzo	coord_X	coord_Y	quota_slm	data_sito	note_sito	FALDA
8	017186P8	Via Artigianato	119841	5052213	116	13/03/2000	PGT_004	
9	017186P9	Via Artigianato	119803	5052180	116	13/03/2000	PGT_004	
10	017186P10	Via Artigianato	119896	5052118	116	13/03/2000	PGT_004	
11	017186P11	Via Artigianato	119844	5052103	116	13/03/2000	PGT_004	
12	017186P12	Via Papa Giovanni XXIII	117378	5051376	113.7	17/02/2014	PGT_012	
13	017186P13	Via Papa Giovanni XXIII	117344	5051366	113.7	17/02/2014	PGT_012	
14	017186P14	Via Cristoforo Colombo	119133	5052137	114.3	28/12/2014	PGT_013	
15	017186P15	Via Cristoforo Colombo	119125	5052095	114.3	28/12/2014	PGT_013	
16	017186P16	Via per Travagliato	118183	5051984	114.4	01/03/2016	PGT_015	2.00
17	017186P17	Via per Travagliato	118186	5051990	114.4	01/03/2016	PGT_015	2.00
18	017186P18	Via Artigianato	119732	5052243	116	13/03/2000	PGT_004	4.40
19	017186P19	Via Artigianato	119674	5052203	116	13/03/2000	PGT_004	4.30
20	017186P20	Via Artigianato	119654	5052267	116	13/03/2000	PGT_004	4.60
21	017186P21	Via Industria	119658	5052340	117.5	31/01/2003	PGT_006	3.30
22	017186P22	Via Industria	119586	5052351	117.5	31/01/2003	PGT_006	
23	017186P23	Via Industria	119498	5052362	117.5	31/01/2003	PGT_006	3.30
24	017186P24	Via Industria	119503	5052299	117.5	31/01/2003	PGT_006	
25	017186P25	Via Industria	119478	5052239	117.5	31/01/2003	PGT_006	3.00
26	017186P26	Via Industria	119495	5052178	117.5	31/01/2003	PGT_006	
27	017186P27	Via Industria	119492	5052151	117.5	31/01/2003	PGT_006	
28	017186P28	Via S.Filastrio	117783	5050513	109.3	30/07/2015	PGT_014	
29	017186P29	Via S.Filastrio	117782	5050513	109.3	30/07/2015	PGT_014	
31	017186P31	Via E.Mattei	119048	5051797	113.6	28/04/2017	PGT_017	
33	017186P33	Via Gorizia	117411	5051130	113	25/07/2014	PGT_011	
34	017186P34	Via Verdi	116465	5050222	112.4	14/07/1999	PGT_003	3.60
35	017186P35	Via Verdi	116591	5050159	112.4	14/07/1999	PGT_005	3.30
36	017186P36	P.ZZA DELLA REPUBBLICA N. 15	117495	5050354	115.1	01/01/1900	171860001	
37	017186P37	VIA PIEMONTE N. 15	119264	5051898	114.2	01/01/1900	171860101	
38	017186P38	VIA DONATORI DI SANGUE, 23/25	118055	5050439	109.3	01/01/1900	171860105	
39	017186P39	VIA TRAVAGLIATO	117919	5052212	116.8	01/01/1900	171860106	
40	017186P40	VIA GIOBERTI N. 9	117941	5050572	109.1	01/01/1900	171860108	
41	017186P41	P.ZZA REPUBBLICA 2	116922	5051614	115.1	01/01/1900	171860109	
42	017186P42	Via Martiri Libertà 31	119910	5051915	116.3	01/01/1900	171860110	
43	017186P43	VIA PETRARCA 42	118059	5051117	111.2	01/01/1900	171860140	
44	017186P44	VIA CAVALLERA 10	119003	5051874	113.5	01/01/1900	171860143	
45	017186P45	C.NA CIZZANELLO	119107	5048494	106.2	01/01/1900	171860145	
46	017186P46	P.ZZA REPUBBLICA 2	118359	5052073	114.4	01/01/1900	171860146	
47	017186P47	VIA SALVONI 40	116924	5048674	105.1	01/01/1900	171860147	
48	017186P48	VIA MARTINENGO 2	119526	5051142	111.3	01/01/1900	171860148	
49	017186P49	VIA CEFALONIA, 70	119641	5051884	117	01/01/1900	171860149	
50	017186P50	VIA CASTELMELLA 5	118537	5053443	121.9	01/01/1900	171860150	
51	017186P51	VIA BATTISTI 27	118109	5050073	107.8	01/01/1900	171860151	
52	017186P52	VIA VERDI 40/C	117426	5051136	113.1	01/01/1900	171860183	
53	017186P53	VIA XXV APRILE, 18	118364	5048687	100.8	01/01/1900	171860185	
54	017186P54	VIA XXV APRILE, 18	118386	5048494	100.2	01/01/1900	171860186	
55	017186P55	Via E.Mattei	119075	5051834	113.6	28/04/2017	PGT_017	
56	017186P56	Via Einaudi	119292	5051707	112.9	29/08/1997	PGT_001	3.10
57	017186P57	Via Martiri della libertà	120162	5052286	114.3	26/09/1997	PGT_002-1	1.00
58	017186P58	Via Travagliato	117974	5052064	116	26/09/1997	PGT_002-2	0.00
59	017186P59	Via Travagliato	118475	5051692	111	26/09/1997	PGT_002-3	1.10
60	017186P60	Via Travagliato	118522	5051705	112.4	26/09/1997	PGT_002-4	1.10
61	017186P61	Via Rasega	118795	5051000	109.35	26/09/1997	PGT_002-5	0.80
62	017186P62	Via G Garibaldi	118417	5051043	110.69	26/09/1997	PGT_002-6	1.30
63	017186P63	Via Pace	117711	5050868	110.83	26/09/1997	PGT_002-7	1.00
64	017186P64	Via passere	117742	5050454	109.15	26/09/1997	PGT_002-8	1.30
65	017186P65	Via don Salvoni	118399	5048450	100.6	30/09/2008	PGT_007	1.70
66	017186P66	Via G. Garibaldi	118222	5051078	101.8	30/11/2008	PGT_008	2.00
67	017186P67	Via Travagliato	118464	5051899	114.5	30/06/2016	PGT_016	4.10
68	017186P68	via travagliato, 8	118265	5051956	114	01/06/2016	PGT_016	
69	017186P69	Via travagliato, 8	118240	5052004	114	01/06/2016	PGT_016	
70	017186P70	Via mazzocchi	118451	5051686	112	20/11/2018	PGT_020	2.70
71	017186P71	Via mazzocchi	118501	5051662	112	20/11/2018	PGT_020	
72	017186P72	Via mazzocchi	118427	5051619	112	20/11/2018	PGT_020	

Pkey _spu	ID_SPU	indirizzo	coord_X	coord_Y	quota_slm	data_sito	note_sito	FALDA
73	017186P73	Via mazzocchi	118386	5051594	112	20/11/2018	PGT_020	
74	017186P74	via angelo canossi	119513	5051736	113	01/10/1999	PGT_019 Salsolombarda	2.6
75	017186P75	via angelo canossi	119486	5051649	113	01/10/1999	PGT_019 Salsolombarda	
76	017186P76	via angelo canossi	119537	5051630	113	01/10/1999	PGT_019 Salsolombarda	3.2
77	017186P77	via angelo canossi	119537	5051630	113	01/10/1999	PGT_019 Salsolombarda	
78	017186P78	via angelo canossi	119521	5051719	113	01/10/1999	PGT_019 Salsolombarda	
79	017186P79	via angelo canossi	119524	5051674	113	01/10/1999	PGT_019 Salsolombarda	
80	017186P80	via angelo canossi	119533	5051647	113	01/10/1999	PGT_019 Salsolombarda	

Le indagini lineari riportate nella carta delle indagini sono essenzialmente indagini geofisiche effettuate sul territorio comunale per indagare la risposta sismica locale attraverso metodi semi-quantitativi. In particolare 4 delle indagini riportate sono quelle effettuate nell'ambio del presente incarico e posizionate in modo da ricoprire l'intero territorio comunale. Nella pianificazione dell'ubicazione dei punti di indagine si è in considerazione che l'approfondimento sismico di secondo livello, secondo i criteri regionali DGR 26/16/2011, va effettuato in funzione delle possibili aree di espansione urbanistica, pertanto le indagini sono state eseguite in prossimità del nucleo urbano e in corrispondenza delle aree su cui sono già previsti interventi edificatori. Dalle indagini pregresse disponibili dalla bibliografia tecnica comunale sono state estratte n° 2 indagini una posizionate a nord del territorio comunale (Fonderie di Torbole) e una nella zona centrale del territorio (scuole medie).

Di seguito si riporta l'elenco e il criterio identificativo delle indagini secondo gli ICMS.

pkey_sln	ID_SLN	Acoord_X	Acoord_Y	Aquota	Bquota	data_sito	note_sito
1	017186L1	118319	5051625	112.5	112.5	14/03/2018	MASW 1 Geolab - Campo sportivo Torbole Casaglia
2	017186L2	118186	5050854	109.5	109.5	14/03/2018	MASW 2 Geolab - Campo presso scuola elementare e strada LD
3	017186L3	117153	5051125	113.28	113.28	14/03/2018	MASW 3 Geolab - Presso Bosco Didattico
4	017186L4	119185	5052418	114.4	114.4	14/03/2018	MASW 4 - Presso loc., Persello
5	017186L5	118215	5051076	111.67	111.67	25/11/2008	PGT_008_Scuole
6	017186L6	118441	5051878	114.53	114.53	30/06/2016	PGT_016_Fonderia

10.3 Carta Geologico Tecnica per la microzonazione sismica (CGT_MS)

Le informazioni acquisite dalla bibliografia tecnica comunale e dalle indagini specifiche effettuate nell'ambito del presente incarico sono state elaborate allo scopo di identificare le caratteristiche del litologiche del sottosuolo e successivamente sono state utilizzate per applicare la caratterizzazione proposta dagli ICMS con l'attribuzione dei simboli, sigle e legende.

10.3.1 Analisi dei dati geologici litologici e geotecnici

Per l'ambito geologico in oggetto si ritiene che l'approfondimento della conoscenza della struttura del terreno e del suo comportamento meccanico possa derivare da una comparazione e da un'analisi dei dati relativi alla sequenza stratigrafica, alla distribuzione granulometrica e dei dati penetrometrici, ovvero di resistenza del terreno in termini di colpi necessaria avanzamento della punta nel terreno.

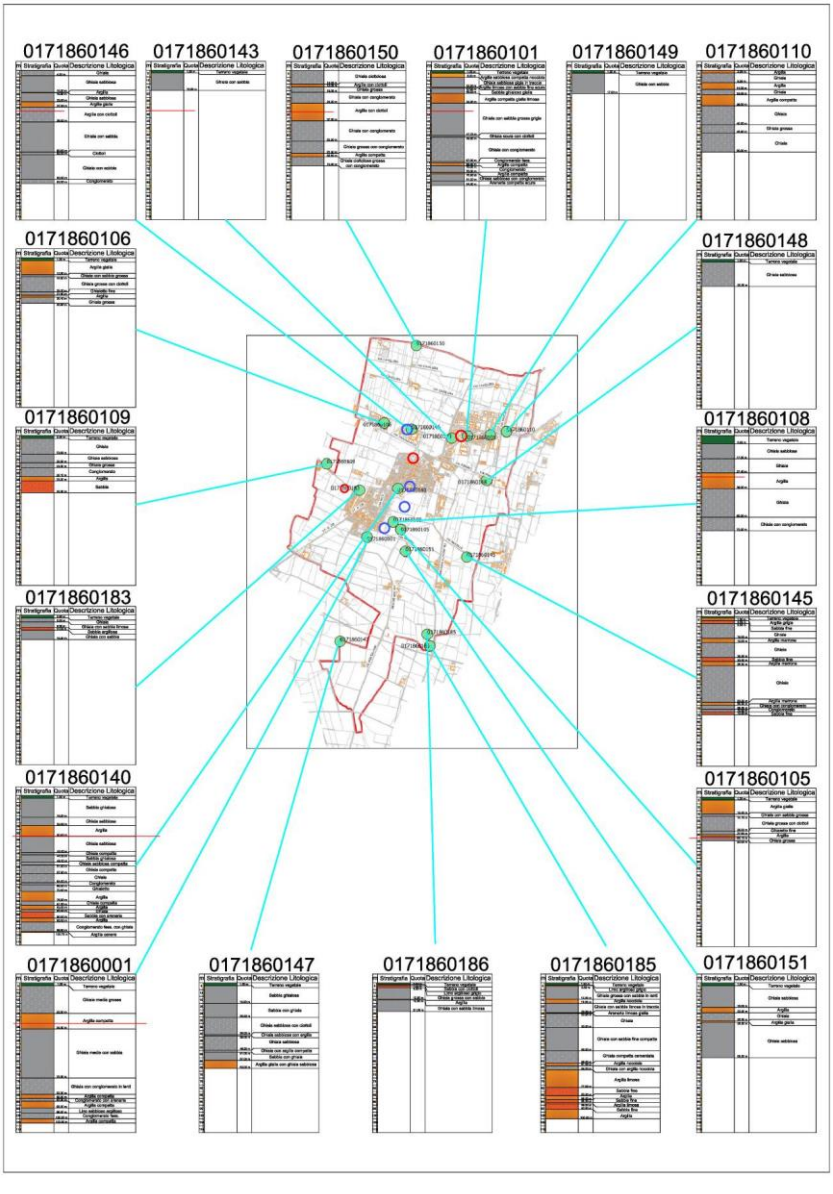
10.3.1.1 Analisi della stratigrafia

Le stratigrafie dei pozzi riportate nella cartella "TorboleCasaglia_S401\Indagini\Documenti\" sono state riportate in modo da poter comparare sull'intero territorio le sequenze litologiche e gli spessori al fine di ricostruire le geometrie dei corpi geologici che costituiscono il sottosuolo.

L'immagine riportata in Figura 26 mostra che la litologia prevalente è quella sabbioso ghiaiosa (colorazione grigia) e vi è la presenza di strati costituiti da terreni con granulometria fine compresa nel campo dei limi e delle argille. Tali livelli assumono una configurazione discontinua e si intercalano all'interno del deposito alluvionale senza definire una geometria orizzontalmente continua che permetta una differenziazione significativa di porzioni del territorio con caratteristiche litologiche distinguibili.

Pertanto si ritiene coerente definire che il sottosuolo è costituito da un deposito alluvionale a granulometria mista o indistinta. Comprende una sequenza litostratigrafica costituita dall'alternanza di diverse tipologie di terreni granulari che coprono un ampio spettro di variazione granulometrica. In particolare le litologie prevalenti sono ghiaioso sabbiose con contenuti molto variabili di fini, a tal punto che le intercalazioni argillose limose talvolta non hanno un netto contrasto con i materiali granulari ma sono il risultato della progressiva diminuzione delle frazioni grossolane e dell'aumento delle frazioni fini.

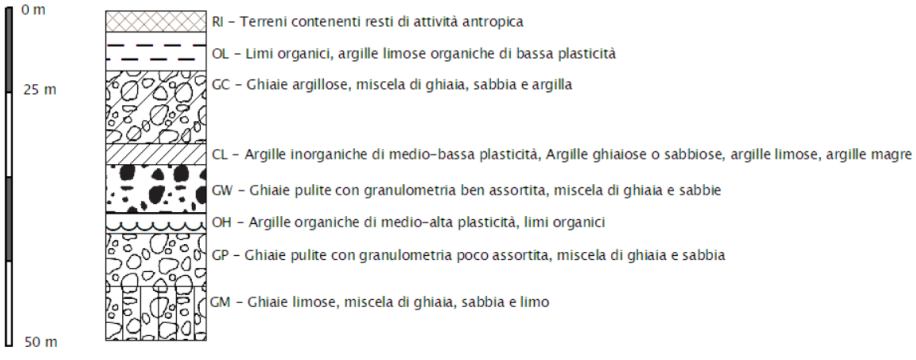
Figura 26 - comparazione stratigrafie pozzi per acqua



La descrizione della struttura del sottosuolo viene riportata nella carta geologica tramite la sezione cha ha un andamento Nord Sud e nella quale vengono riportati i riferimenti utilizzati per la sua costruzione.

Sulla base dei dati litostratigrafici a diposizione è stato possibile riconoscere, all'interno dei primi 50 m di profondità dal piano campagna, l'assenza di una ritmicità della sequenza litostratigrafica. Pertanto gli spessori della colonna stratigrafica non sono riportati e la successione riportata è puramente indicativa. Normalmente gli spessori degli strati fini-coesivi sono orientativamente inferiori a 3-5 m.

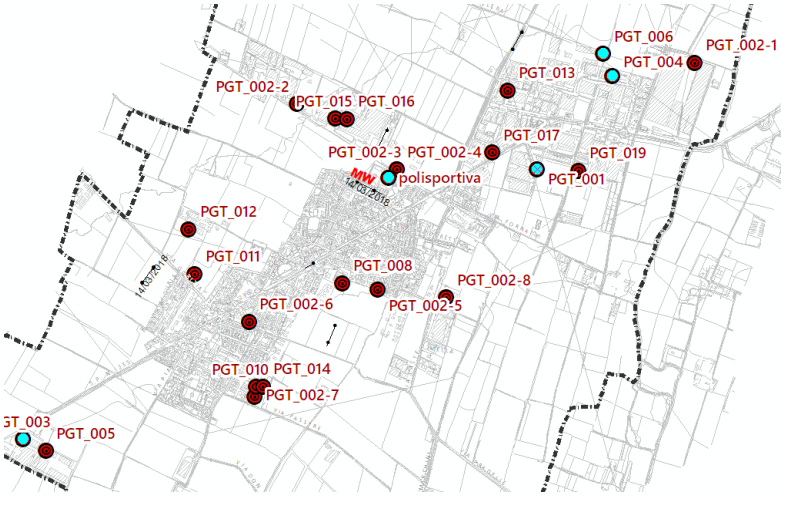
Figura 27 - colonna litostratigrafica sintetica rappresentativa della struttura del sottosuolo



10.3.1.2 Analisi della distribuzione granulometrica

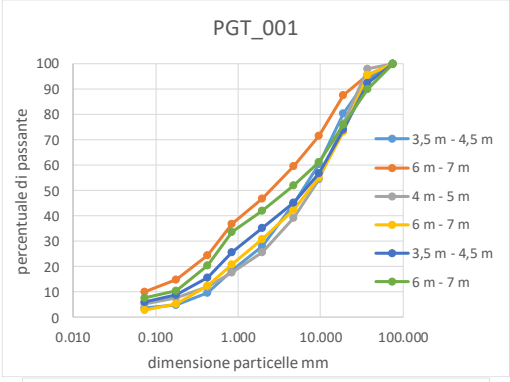
Sono state analizzate le distribuzioni granulometriche determinate su diversi campioni prelevati in diversi punti del territorio e a diverse profondità. L'immagine riportata in Figura 28 riporta l'ubicazione dei punti del territorio per i quali sono disponibili dati granulometrici di laboratorio (punti azzurri).

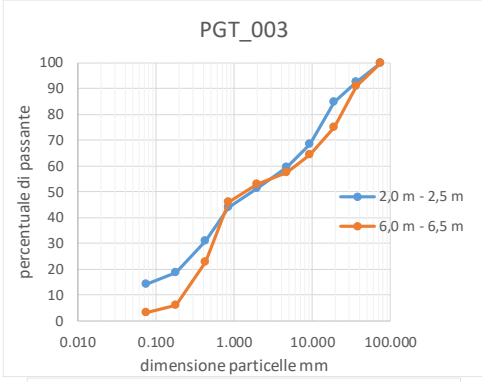
Figura 28 – identificazione in azzurro dei punti di indagini comprendenti prove di laboratorio

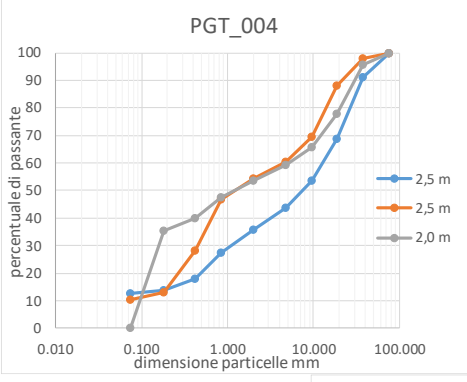


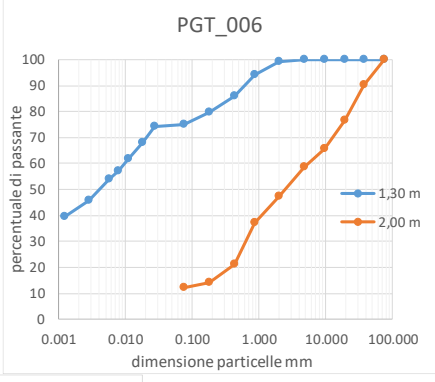
Di seguito si riportano i grafici delle distribuzioni granulometriche per un'analisi comparativa, dalla quale si osserva che all'interno di un medesimo punto di indagine i campioni prelevati da differenti quote, presentano distribuzioni granulometriche comparabili, evidenziando una notevole continuità verticale della granulometria. Si evidenziano campioni con distribuzioni granulometriche ben distinguibili e sono riferire a particolari livelli, nell'indagine PGT_006 la distribuzione granulometrica del terreno posto a 1.3 m

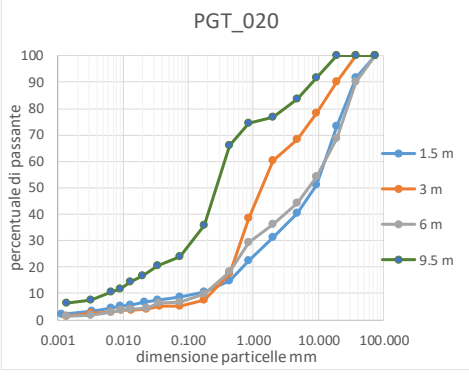
da p.c. è relativa ad uno strato superficiale argilloso, mentre nell'indagine PGT_020 la curva granulometrica del terreno posto a quota 9.5 m da p.c. è riferita ad un sottile livello sabbioso saturo. Si ritiene che la limitata significatività volumetrica di terreni di questo tipo, non rilevata nelle stratigrafie di sondaggio e non identificata mediante altre curve granulometriche, sia da considerare una conferma della non significatività della potenziale insorgenza di fenomeni di liquefazione all'interno del territorio in esame. Si dovrà, tuttavia, indagare approfonditamente la potenziale liquefacibilità del terreno nel caso localmente si individuino significativi spessori di tali materiali.





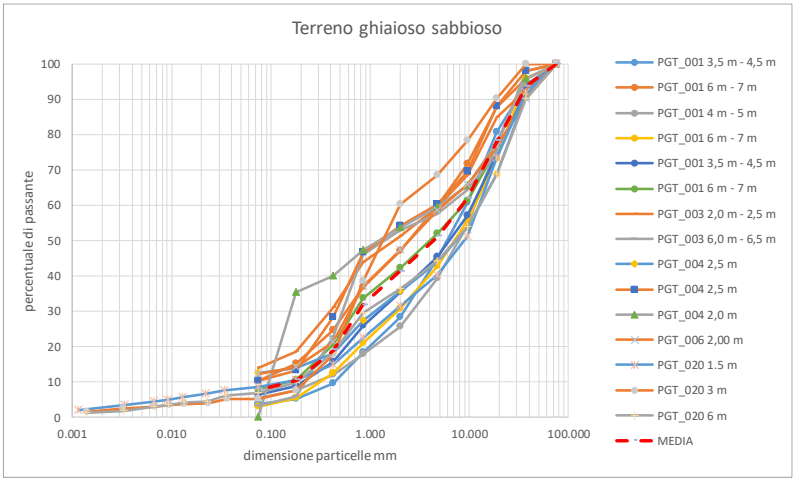






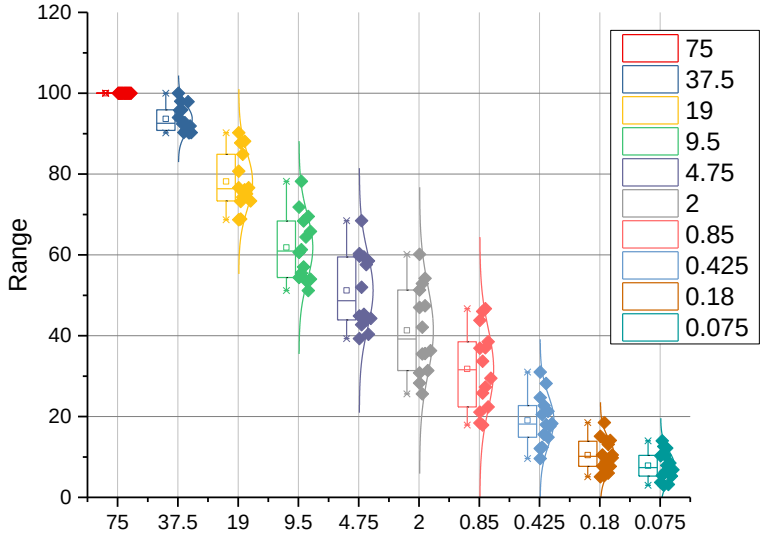
Si nota che la confrontabilità delle distribuzioni granulometriche non è limitata soltanto alla dimensione verticale, ma riguarda anche campioni provenienti da zone diverse del territorio comunale e posti a diverse profondità. Pertanto si osserva una continuità anche laterale che suggerisce di plottare in un unico grafico semilogaritmico le distribuzioni granulometriche di tutti i campioni prelevati all'interno dei depositi con litologia ghiaioso sabbiosa, ovvero l'85% dei campioni. Da tale grafico emerge la possibilità di determinare una media rappresentativa della distribuzione granulometrica della litologia prevalente che viene riportata con una curva rossa tratteggiata.

Figura 29 - sovrapposizione distribuzioni granulometriche della litologia prevalente e distribuzione granulometrica media



In Figura 30 si riporta l'analisi statistica della distribuzione dei valori di passante per singolo setaccio per messo di box-plot e curve di densità di probabilità.

Figura 30 - analisi statistica per singolo setaccio, analisi della distribuzione dei dati con Box-Plot e densità di probabilità



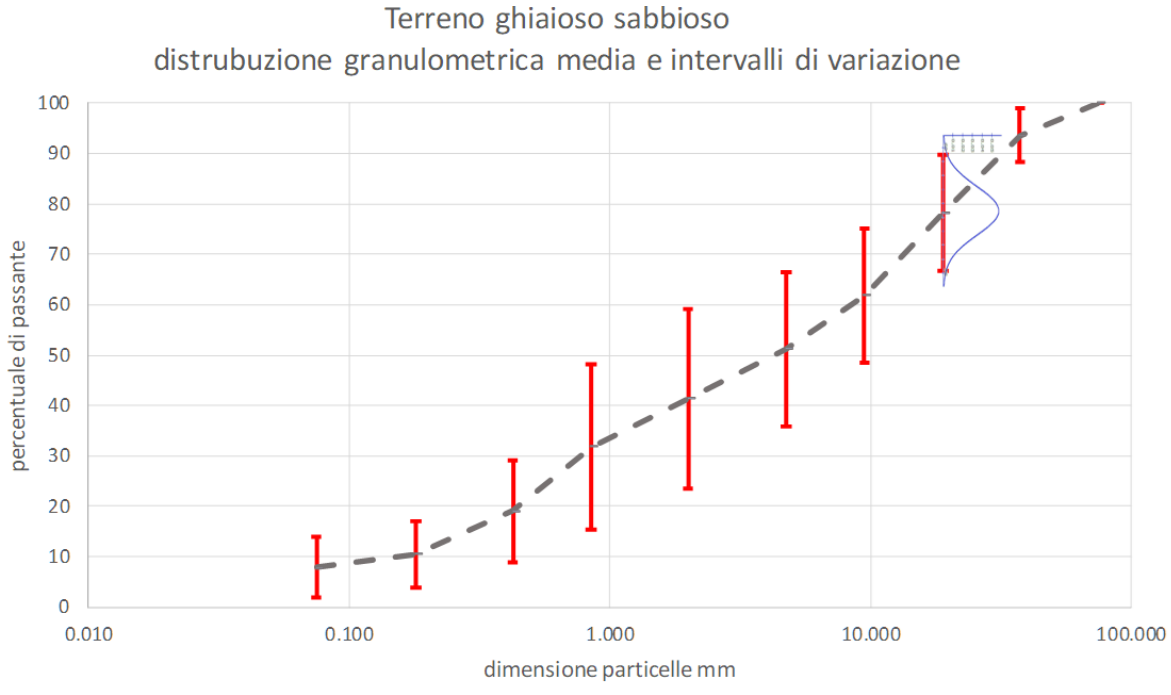
Dalla distribuzione dei valori di passante ad ogni setaccio indicata dal grafico precedente si osserva che è possibile descrivere correttamente la dispersione dei dati con una funzione di densità di probabilità di tipo normale gaussiana ($f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$) centrata sulla media aritmetica dei valori del campione.

I limiti dell'intervallo in grado di descrivere correttamente la fluttuazione dei valori della percentuale di passante possono essere determinati come 5° (limite inferiore) e 95° (limite superiore) percentile della distribuzione normale standard. Tali valori sono tabulati per ciascun passante nella seguente tabella e graficati come barre d'errore nel grafico seguente. Tale procedimento è in grado di descrivere la distribuzione granulometrica come una regione del piano di probabilità cumulativa e non con un singolo valore di passante per ogni dimensione delle particelle.

Tabella 6 - dati di distribuzione granulometrica e relativi intervalli

Apertura crivelli [mm]	Valore medio aritmetico % passante	Deviazione standard	Limite inferiore intervallo	Limite superiore intervallo
75.000	100	0.00	100.00	100.00
37.500	94	3.31	88.22	99.10
19.000	78	7.04	66.60	89.75
9.500	62	8.10	48.52	75.16
4.750	51	9.30	35.90	66.50
2.000	41	10.89	23.41	59.23
0.850	32	10.03	15.29	48.27
0.425	19	6.16	8.92	29.20
0.180	10	4.03	3.82	17.07
0.075	7.8	3.62	1.87	13.79

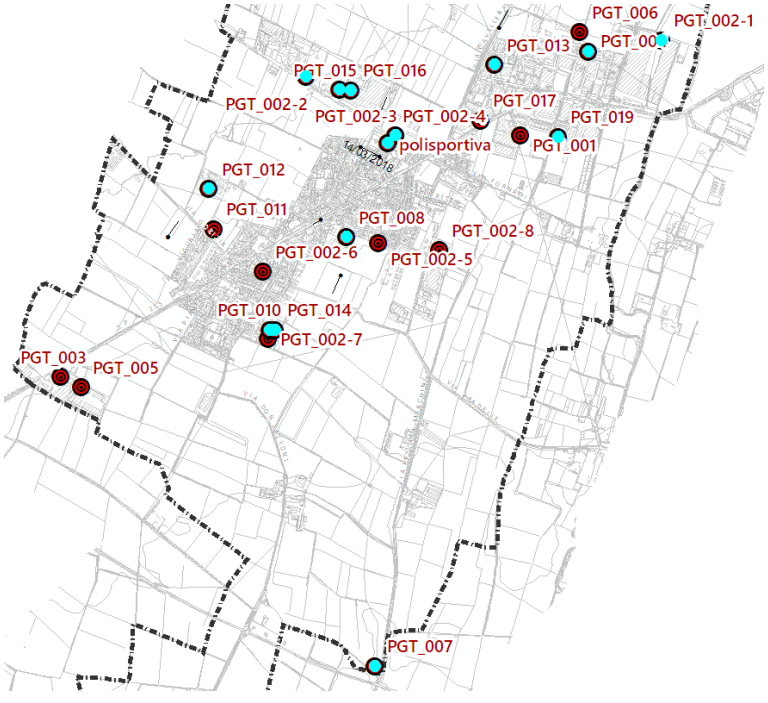
Figura 31 – distribuzione granulometrica del terreno ghiaioso sabbioso e intervalli di possibile variazione



10.3.1.3 Analisi delle prove penetrometriche

In Figura 32 si riportano le indagini contenenti prove penetrometriche. La finalità dell'analisi è di individuare, nell'ambito dello spessore di terreno interessato dalle indagini, la presenza di particolari condizioni di addensamento o di livelli particolarmente deboli e la loro continuità spaziale.

Figura 32 – ubicazione punti di indagine contenenti prove penetrometriche (punti azzurri)



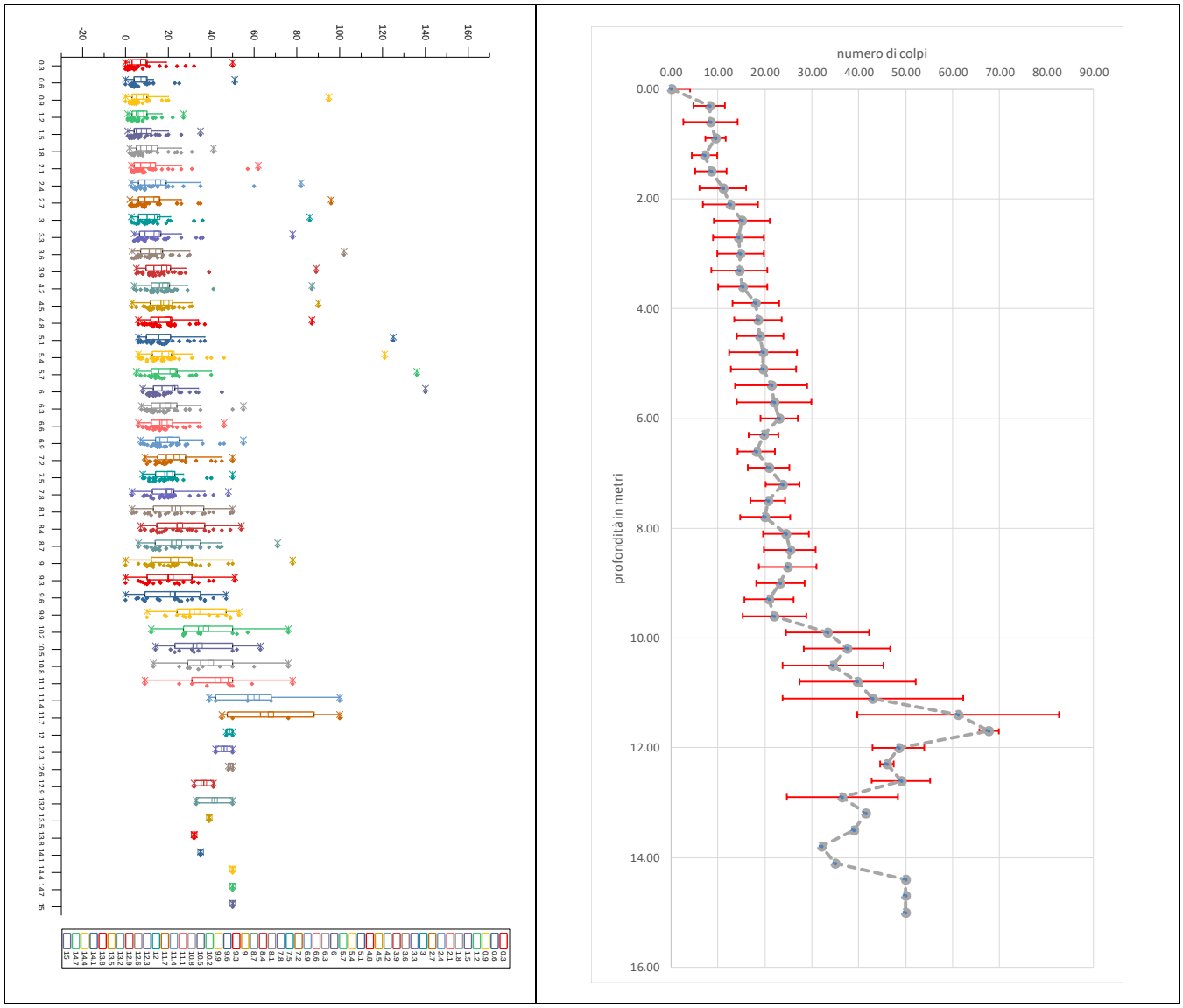
In modo analogo al metodo di analisi dei valori di passante della distribuzione granulometrica, anche i valori del numero di colpi ottenuto per ogni singolo intervallo di profondità (per successivi spessori di 30 cm) viene analizzato per mezzo di box-plot. Dalla distribuzione dei valori si osserva che è possibile descrivere correttamente la dispersione dei dati con una funzione di densità di probabilità di tipo normale gaussianacentrata sulla media aritmetica dei valori del campione, come di seguito indicata.

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Di seguito si riporta il profilo verticale della resistenza del terreno ottenuto dal valore medio Nspt per ciascuna quota al quale viene applicato dell'intervallo di confidenza al 95% intorno alla media. L'intervallo di confidenza è calcolato secondo il seguente criterio.

$$\Pr\left\{\overline{X} - 1.96 * \sigma/\sqrt{n} \leq \alpha \leq \overline{X} + 1.96 * \sigma/\sqrt{n}\right\} = 0.95$$

Figura 33 - analisi box-plot dei valori di Nspt per singola profondità e profilo verticale della resistenza del terreno con intervalli di confidenza



10.3.2 Applicazione dei criteri ICMS StandardMS_4.0b.

In base a tali valutazioni si considera che sull'intero territorio comunale affiorano terreni di copertura ed il substrato che non viene mai raggiunto dalle indagini sia dirette che indirette. Le considerazioni relative alle alternanze stratigrafiche sono state effettuate tenendo in considerazione che ai fini della presente valutazione risultano significativi i livelli con spessori superiori a 3 m.

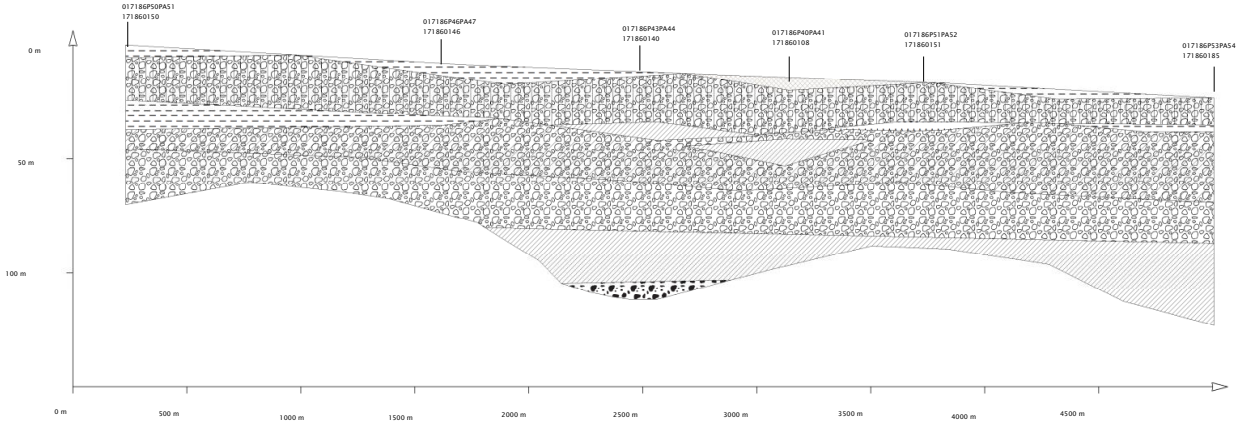
La suddivisione dei litotipi è stata effettuata applicando le classi predefinite dagli ICMS che incorporano la classificazione USCS per i suoli associato all'identificazione degli ambienti genetico deposizionali.

Pertanto nel caso in esame l'identificazione del terreni di copertura che costituiscono il substrato è "GC" ovvero Ghiaie argillose miscela di ghiaia sabbia e limio, mentre l'ambiente deposizionale è identificato con la sigla "fg" ovvero deposito fluvio glaciale.

Nella cartografia geologico tecnica si identificano le tracce dei paleoalvei riconosciute negli studi geologici precedenti.

Nella cartografia si riporta la traccia della sezione geologica e viene riportata la sezione stessa basata sui dati stratigrafici a disposizione di cui si riporta il riferimento all'interno della sezione.

Figura 34 - sezione litostratigrafica



10.4 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (Carta delle MOPS)

La Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (Carta delle MOPS) è costruita sulla base degli elementi predisponenti alle amplificazioni e alle instabilità sismiche già riportati nella CGT_MS. La carta è redatta alla scala 1:10.000 .

L'intero territorio comunale ricade all'interno delle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, trattandosi di un'unica zona è stata denominata Zona 1 con il codice di simbolo 2001.

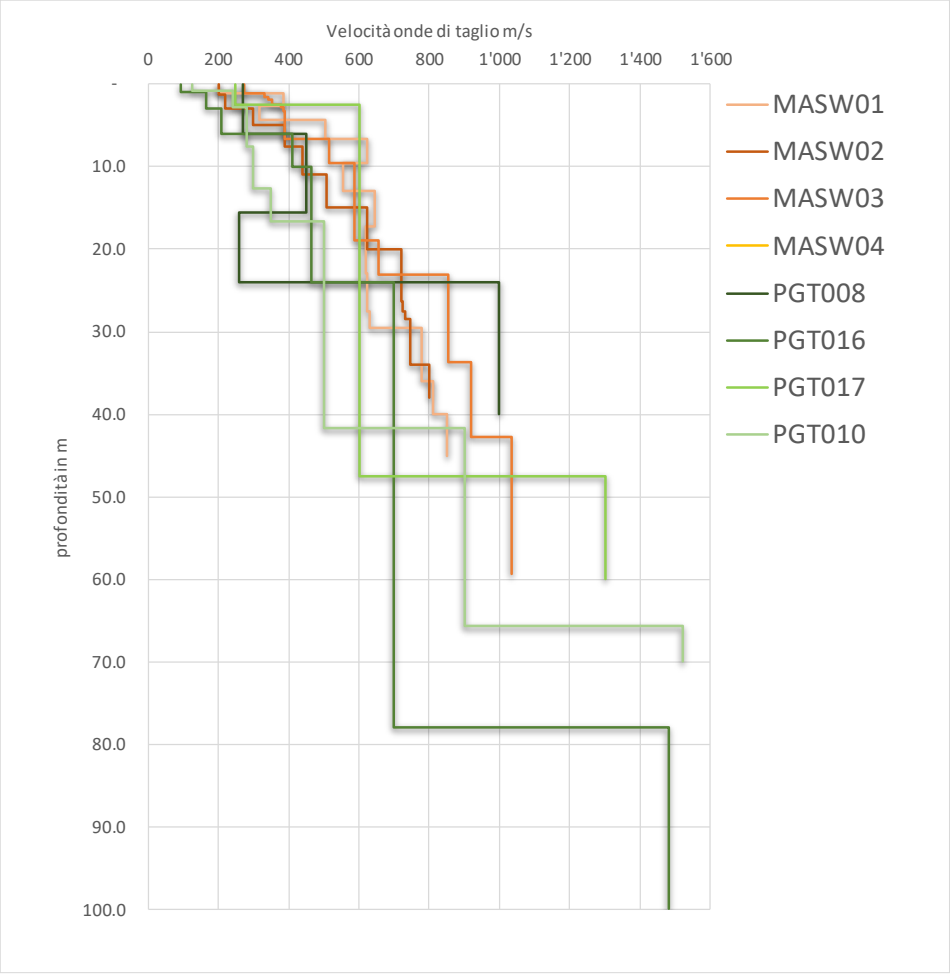
La zona suscettibile di amplificazioni locali viene dettagliata con la colonna stratigrafica riportata in Figura 27 che fa riferimento alla tabella di classificazione terreni e substrato riportata nel capitolo 2.1.8.1 degli ICMS.

La legenda contiene una sezione relativa alla tipologia di scenario nel quale ricade il territorio comunale e una sezione che riporta i punti di misura disponibili e utilizzati per la verifica sismica.

10.5 Carta di Microzonazione Sismica (Carta di MS)

Dalla sovrapposizione delle sismostratigrafie riportata di seguito si osserva che il profilo sismostratigafico del sottosuolo individuato con le prove MASW risulta confrontabile nell'ambito della variabilità della metodica d'indagine e delle naturale variabilità del terreno.

Figura 35 - sovrapposizione delle sismostratigrafie



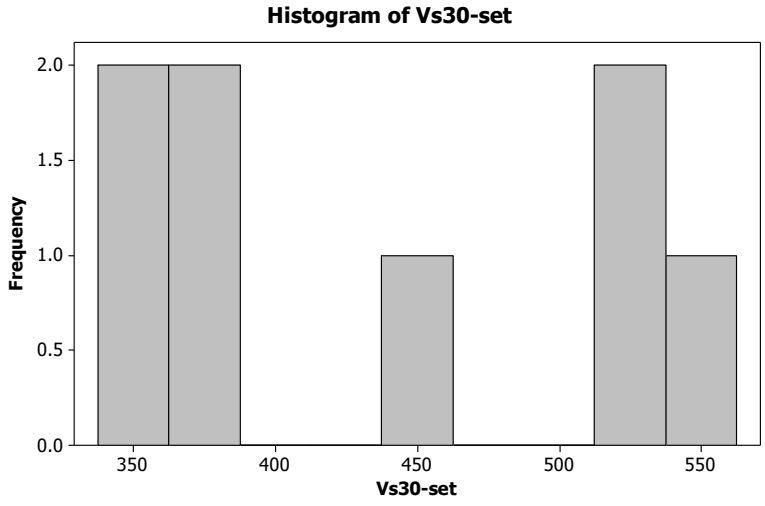
È stata effettuata una raccolta dei dati stratigrafici contenuti nelle pratiche autorizzative dei pozzi e nelle pratiche depositate presso l'ufficio tecnico comunale, con la finalità di descrivere la struttura del sottosuolo nel volume compreso tra la superficie topografica e la quota di soggiacenza del bedrock geofisico.

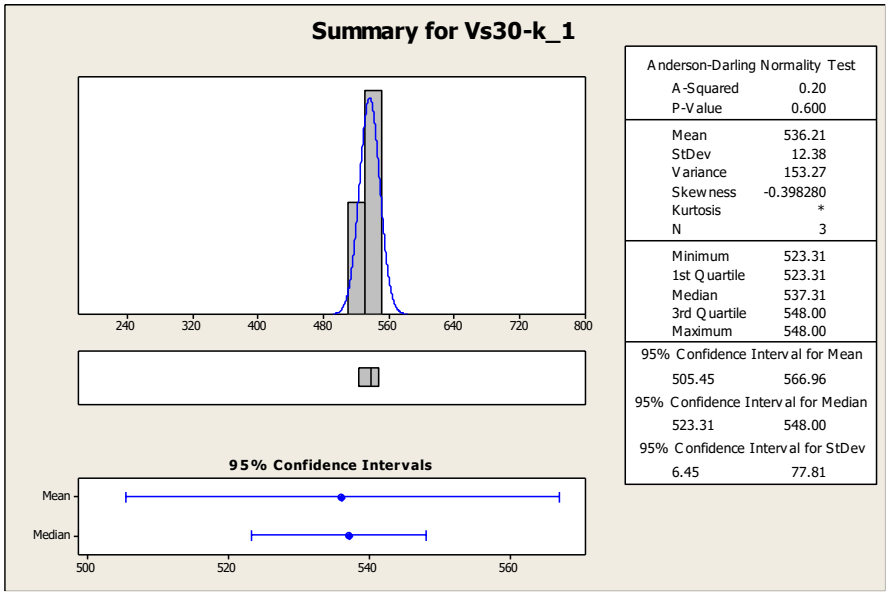
Le osservazioni condotte in base ai dati disponibili mostrano che la struttura del sottosuolo del territorio comunale è caratterizzata fino ad una profondità di circa 30 m dal p.c. da terreni prevalentemente sabbioso ghiaiosi o ghiaioso sabbiosi con intercalazioni di terreno fine, talvolta argilloso. La ripartizione modale tra le tessiture risulta sostanzialmente omogenea nell'ambito della variabilità che contraddistingue i depositi originati da processi deposizionali alluvionali, come quelli in oggetto. Pertanto l'andamento sismostratigrafico descritto nel grafico di sintesi si può considerare sostanzialmente compatibile con la struttura del sottosuolo.

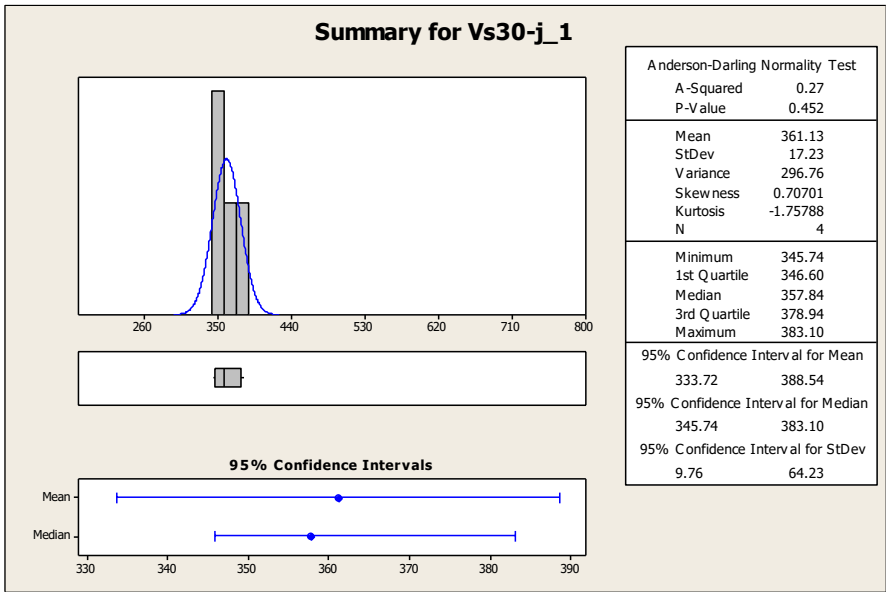
La tabella seguente riporta una sintesi dei parametri ottenuti in particolare il valore di $V_{S,30}$, il valore di V_S del primo stato, il valore del periodo proprio di vibrazione del terreno, i valori ottenuti dal calcolo del Fattore di Amplificazione per i due intervalli di periodo di vibrazione dell'edifico previsti da DGR 2616/11.

cod	nome	T	Fa01_05	Fa05_15	Vv	VS_30	Cat. Sis
MASW 01	Polisportiva	0.2	1.6	1.3	308.0	523.3	B
MASW 02	Via donatori sangue	0.2	1.6	1.3	234.0	461.8	B
MASW 03	Bosco didattico	0.2	1.6	1.2	351.0	548.0	B
MASW 04	Via cavallera	0.2	1.5	1.2	345.8	547.6	B
PGT_008	Scuole	0.3	1.7	1.4	270.0	366.5	B
PGT_010	Barbisoni-Pace	0.4	1.6	1.5	239.0	345.7	C
PGT_016	Fonderia di Torbole	0.5	1.6	1.5	167.0	349.2	C
PGT_017	ACOS	0.3	1.7	1.5	381.0	537.3	B

Si osserva una distribuzione bimodale dei valori di $V_{S,30}$ con un valore centrale che sembra essere un out-of-sequence sia della distribuzione con media







Analizzando i risultati secondo la discretizzazione normativa si osserva che 6 indagini su 8 classificano i rispettivi siti come appartenenti alla Categoria sismica B [(4)], i restanti due siti rientrano nella categoria sismica C. Nei casi ricadenti in Categoria Sismica B si hanno sempre fattori di amplificazione calcolato superiore al fattore di amplificazione soglia, mentre nei casi ricadenti in Categoria Sismica C i fattori di amplificazione calcolati risultano inferiori al fattore di amplificazione soglia. Ovvero tutti i fattori di amplificazione calcolati sono compatibili al fattore di amplificazione soglia per la categoria C per i territorio comunale di Torbole Casaglia.

11 Conclusioni

Il presente lavoro si colloca all'interno del progetto di aggiornamento della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del PGT del Comune di Torbole Casaglia.

In particolare l'elaborato in oggetto contiene una sintesi delle osservazioni in base alle indagini geofisiche ed in base ai dati stratigrafici raccolti.

Il principio delle considerazioni formulate ricade all'interno delle indicazioni contenute negli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica emessi dalla presidenza del consiglio dei ministri dipartimento della protezione civile e dalla conferenza delle regioni e delle provincie autonome Commissione protezione civile sottocommissione 8 in attuazione della normativa sismica.

In particolare sono state effettuate indagini geofisiche ad hoc, in aggiunta a quelle esistenti sul territorio comunale, per applicare il 2° livello di approfondimento sismico che prevede un'analisi di tipo semiqualitativo.

[4] Sia applicando le NTC '08 che le NTC '18

L'analisi delle onde di Rayleigh a partire dai dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale delle velocità Vs e, di conseguenza, del parametro $V_{S,30}$ secondo le NTC e del Fattore di amplificazione secondo l'allegato 5 della DGR 2616/11, come sinteticamente riportato nella tabella seguente.

cod	nome	T	Fa01_05	Fa05_15	Vv	VS_30	Cat. Sis
MASW 01	Polisportiva	0.2	1.6	1.3	308.0	523.3	B
MASW 02	Via donatori sangue	0.2	1.6	1.3	234.0	461.8	B
MASW 03	Bosco didattico	0.2	1.6	1.2	351.0	548.0	B
MASW 04	Via cavallera	0.2	1.5	1.2	345.8	547.6	B
PGT_008	Scuole	0.3	1.7	1.4	270.0	366.5	B
PGT_010	Barbisoni-Pace	0.4	1.6	1.5	239.0	345.7	C
PGT_016	Fonderia di Torbole	0.5	1.6	1.5	167.0	349.2	C
PGT_017	ACOS	0.3	1.7	1.5	381.0	537.3	B

Per quanto riguarda le strutture con periodo proprio compreso nell'intervallo 0.1 - 0.5 s dal punto di vista modale il contesto dell'amplificazione litologica per il territorio comunale di Torbole Casaglia è descritto dalla categoria sismica B e dal superamento del fattore di amplificazione soglia previsto per la categoria sismica per il territorio comunale. Nei casi in cui la categoria sismica risulta C il valore del Fattore di amplificazione calcolato non supera quello di soglia. Inoltre sia nel caso di categoria sismica B che di categoria sismica C i fattori di amplificazione sono simili e convergenti a 1.6.

Pertanto, poiché tutti i fattori di amplificazione calcolati sono compatibili al fattore di amplificazione soglia per la categoria C per i territorio comunale di Torbole Casaglia si ritiene che l'applicazione degli spettri elastici previsti dalla normativa per la categoria C per il territorio comunale, possano descrivere in maniera sufficientemente cautelativa gli effetti locali dell'amplificazione litologica.

Per quanto riguarda le strutture con periodo proprio compreso nell'intervallo 0.5 - 1.5 s si hanno fattori di amplificazione che convalidano sempre la categoria di suolo ottenuta e risultano sempre compatibili con il fattore di amplificazione soglia per la categoria C.

Si dovrà tenere in considerazione che le fluttuazioni litologiche dei depositi alluvionali fluvioglaciali, possano far ricadere la distribuzione il terreno all'interno del campo di liquefacibilità indicato dagli abachi, pertanto se localmente si individuano significativi spessori di materiali con tale caratteristiche, la verifica alla liquefacibilità dovrà essere approfondita.

Poiché questa valutazione riveste una valenza rappresentativa dal punto di vista pianificatorio, si ritine opportuno, in ambito progettuale, procedere con specifiche indagini puntuali relative al sito in esame.

Brescia, lì 23/02/2019

GEOLAB SRL

Tecnico Responsabile

Elaborazione dati: Dott. Giacomo Bonometti

ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA
FERRARI PAOLO
n° 777

Allegati

- Lista di controllo per il monitoraggio degli studi MS (ver.3.0)
- Carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL) ai sensi dei criteri regionali (scala 1:8.000);
- Carta delle Indagini (scala 1:10.000);
- Carta Geologico Tecnica (scala 1:10.000);
- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) (scala 1:10.000);
- Carta dei Fattori di Amplificazione derivante dall'applicazione del livello 2 (scala 1:10.000);
- La documentazione citata è riportata nell'archivio "TorboleCasaglia_S401\Indagini\Documenti\"

Commissione Tecnica
per il supporto e il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica
(articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n. 3907)

LISTA DI CONTROLLO PER IL MONITORAGGIO DEGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA E DELLE ANALISI DELLA CLE

VERSIONE 3.0

COMUNE DI TORBOLE CASAGLIA

ROMA, OTTOBRE 2013

La presente lista di controllo, compilata in tutte le sue parti dal referente regionale, deve essere allegata al materiale inviato alla Commissione tecnica per il supporto e il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica (CTMS).
I documenti di riferimento per le informazioni richieste sono:

- *Microzonazione sismica. Standard di rappresentazione e archiviazione informatica. Versione 2.0. Roma, giugno 2012*
- *Analisi della CLE. Standard di rappresentazione e archiviazione informatica. Versione 1.0. Roma, giugno 2012*
- *Microzonazione sismica. Standard di rappresentazione e archiviazione informatica. Versione 3.0. Roma, ottobre 2013*
- *Analisi della CLE. Standard di rappresentazione e archiviazione informatica. Versione 2.0. Roma, ottobre 2013.*

La compilazione della lista di controllo ha lo scopo di agevolare la verifica degli elaborati presentati dai soggetti realizzatori delle microzonazioni sismiche e delle analisi della CLE e l'obiettivo di fornire elementi di valutazione circa l'attendibilità dei risultati.
Nel caso di informazioni non disponibili è possibile fornire specifiche note in fondo alla lista.

REGIONE	Lombardia
PROVINCIA	Brescia
COMUNE	Torbole Casaglia
ABITANTI	
NUMERO DI LOCALITÀ ABITATE(1) (escluso il centro abitato capoluogo(2); fare riferimento al censimento ISTAT 2011)	

COMPILATORE DELLA LISTA		
UFFICIO DI APPARTENENZA		
NUMERI DI TELEFONO	Uff.	Cell.
INDIRIZZO E-MAIL		
DATA DI COMPILAZIONE DELLA LISTA		

Si evidenzia che la struttura di archiviazione dei file, le denominazioni di campi e cartelle non possono essere modificati per le consegne previste nell'ambito dei finanziamenti delle ordinanze di attuazione dell'articolo 11 della legge 77/2009 (vedi Appendice 1). Eventuali modifiche impediranno l'espletamento delle fasi di verifica e congruità con gli Standard.

	Aspetti generali		
ID		**SI**	**NO**
1.	È stata rispettata la struttura di file e cartelle prevista dagli standard?	x	
2.	Nella cartella "Plot\MS" è presente la relazione illustrativa della MS?	x	
3.	Nella cartella "Plot\CLE" è presente la relazione illustrativa della CLE?		
4.	Sono presenti nella cartella "BasiDati" le basi CTR (*raster* o vettoriali) georeferenziate[3]?	x	

	Carta geologico-tecnica[4]			
ID			**SI**	**NO**
5.	È presente nella cartella "Plot\MS" il file in *pdf* (o raster) della carta geologico-tecnica?		x	
6.	Nella cartella "GeoTec" sono presenti:			
	a	il raster georefenziato[3] della carta geologico-tecnica		
	b	il file legenda associato alla carta geologico-tecnica		
	c	lo shapefile "Elineari"	x	
	d	lo shapefile "Epuntuali"	x	
	e	lo shapefile "Forme"	x	
	f	lo shapefile "Geoidr"	x	
	g	lo shapefile "Geotec"	x	
7.	Tutti gli shapefile elencati in ID6 sono georefenziati[3]?		x	
8.	Negli shapefile elencati in ID6 i campi "*tipo_el", "tipo_ep", "tipo_f", "tipo_gi", "tipo_gt"* sono sempre compilati?		x	
9.	Qual è la scala di rappresentazione originaria della base topografica?		1:10.000	
10.	Qual è la scala di rilevamento della carta?		1:10.000	

	Carta delle indagini			
ID			**SI**	**NO**
11.	È presente nella cartella "Plot\MS" il file in *pdf* della carta delle indagini?		x	
12.	Nella cartella "Indagini" sono presenti:			
	a	il database "Cdi_tabelle.mdb"	x	
	b	lo shapefile "Ind_ln"	x	
	c	lo shapefile "Ind_pu"	x	
	d	la cartella "Documenti" contenente i report delle indagini effettuate	x	
13.	Tutti gli shapefile elencati in ID12 sono georefenziati[3]?		x	
14.	Nel database "Cdi_tabelle":			
	a	sono popolate le tabelle *Sito*[5] (puntuale/lineare)?	x	
		i è sempre compilato il campo "*ID_SPU*"/ "*ID_SLN*"?	x	
	b	sono popolate le tabelle *Indagini* (puntuali/lineari)?	x	
		i è sempre compilato il campo "*ID_INDPU*"/"*ID_INDLN*"?	x	
		ii sono sempre inseriti i codici nel campo "*tipo_ind*"?	x	
	c	sono popolate le tabelle *Parametri* (puntuali/lineari)?	x	
		i è sempre compilato il campo "*ID_PARPU*"/ "*ID_PARLN*"?	x	
		ii sono sempre inseriti i codici nel campo "*tipo_parpu*" / "*tipo_parln*"?	x	
		iii è sempre compilato il campo "*valore*"?	x	

	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (livello 1)				
ID				**SI**	**NO**
15.	È presente nella cartella "Plot\MS" il file in *pdf* della carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (livello 1)?			x	
16.	Qual è il numero delle località abitate coperte da MOPS[(6)]?			1	
17.	Nella cartella "MS1" sono presenti:				
	a	lo shapefile "Instab"			
		i	lo shapefile è georeferenziato[(3)]?		
		ii	è sempre compilato il campo "*tipo_i*"?		
	b	lo shapefile "Isosub"			
		i	lo shapefile è georeferenziato[(3)]?		
		ii	è sempre compilato il campo "*quota*"?		
	c	lo shapefile "Stab"		x	
		i	lo shapefile è georeferenziato[(3)]?	x	
		ii	è sempre compilato il campo "*tipo_z*"?	x	
18.	A quale profondità si ipotizza che sia mediamente il substrato geologico?			400 m	
19.	Quanti sondaggi raggiungono il substrato geologico sepolto?			0	
20.	Per predisporre la carta sono stati utilizzati dati di rumore ambientale, anche pregressi?			x	
21.	Quante misure sono state effettuate *ex-novo*?			4	

	Carta di Microzonazione Sismica di livello 2				
ID				**SI**	**NO**
22.	È presente nella cartella "Plot\MS" il file in *pdf* della carta di Microzonazione Sismica di livello 2?			x	
23.	Nella cartella "MS2" sono presenti:				
	a	lo shapefile "Instab"			
		i	lo shapefile è georeferenziato[(3)]?		
		ii	è sempre compilato il campo "*tipo_i*"?		
		iii	Sono state quantificate le instabilità (campi "*FRT*", "*FRR*", "*LI*")[7]?		
	b	lo shapefile "Isosub"			
		i	lo shapefile è georeferenziato[(3)]?		
		ii	è sempre compilato il campo "*quota*"?		
	c	lo shapefile "Stab"		x	
		i	lo shapefile è georeferenziato[(3)]?	x	
		ii	è sempre compilato il campo "*tipo_z*"?	x	
		iii	sono presenti i valori dei fattori di amplificazione calcolati?	x	
24.	Quante sono le indagini che definiscono i profili di Vs?			5	
25.	Quante sono le misure che definiscono le frequenze fondamentali?			3	
26.	Quali abachi sono stati utilizzati per calcolare:				
	a	i fattori di amplificazione		x Reg	ICMS
	b	gli indici delle aree con instabilità permanenti[7]		Reg	ICMS

	Carta di Microzonazione Sismica di livello 3				
ID				**SI**	**NO**
27.	È presente nella cartella “Plot\MS” il file in *pdf* della carta di Microzonazione Sismica di livello 3?				XS
28.	Nella cartella “MS3” sono presenti:				
	a	lo shapefile “Instab”			
		i	lo shapefile è georeferenziato[3]?		
		ii	è sempre compilato il campo “*tipo_i*”?		
		iii	sono state quantificate le instabilità (campi “*FRT*”, “*FRR*”, “*LI*”, “*DISL*”[8])		
		iv	sono presenti i valori dei fattori di amplificazione calcolati?[9]		
	b	lo shapefile “Isosub”			
		i	lo shapefile è georeferenziato[3]?		
		ii	è sempre presente l’attributo del campo “*quota*”?		
	c	lo shapefile “Stab”			
		i	lo shapefile è georeferenziato[3]?		
		ii	è sempre compilato il campo “*tipo_z*”?		
		iii	sono presenti i valori dei fattori di amplificazione calcolati?		
		iv	È sempre presente l’attributo del campo “*spettri*”?[9]		
29.	Quante sono le indagini che definiscono i profili di Vs?			_____	
30.	Quante sono le misure che definiscono le frequenze fondamentali?			_____	
31.	Per calcolare i fattori di amplificazione sono state effettuate simulazioni numeriche?				
	a	numero di simulazioni 1D		_____	
	b	numero di simulazioni 2D		_____	
32.	Per calcolare i fattori di amplificazione sono state utilizzate misure *strong* e/o *weak motion*?				
	a	numero di stazioni		_____	
33.	Sono presenti nella cartella “MS3/Spettri” gli spettri elastici di risposta in input e output per ogni microzona?[9]				
34.	Sono state effettuate misure e analisi numeriche per caratterizzare i fenomeni di instabilità permanenti?				

	Carta degli elementi per l’analisi della CLE			
ID			**SI**	**NO**
35.	Nella cartella “Plot\CLE” sono presenti:			
	a	Il file in *pdf* della carta degli elementi per l’analisi della CLE		
	b	Il file in *pdf* degli stralci della carta degli elementi per l’analisi della CLE		
36.	Nella cartella “CLE” sono presenti:			
	a	lo shapefile “CL_AC”		
	b	lo shapefile “CL_AE”		
	c	lo shapefile “CL_AS”		
	d	lo shapefile “CL_ES”		
	e	lo shapefile “CL_US”		
	f	il database “CLE_db.mdb”		
37.	Tutti gli shapefile elencati in ID36 sono georeferenziati[3]?			
38.	Gli shapefile elencati in ID36 hanno sempre i campi “*ID_AC*”, “*ID_AE*”, “*ID_AS*”, “*ID_ES*”, “*ID_US*” correttamente compilati?			
39.	A ciascun elemento degli shapefile elencati in ID36 corrisponde un record nel database “CLE_db.mdb”?			

(1) Per “località abitata” si intende l'area più o meno vasta di territorio sulla quale sono situate una o più case raggruppate. Le località abitate sono classificate in centri abitati e nuclei abitati.
Per “centro abitato” si intende la località abitata caratterizzata dalla presenza di case contigue o vicine con interposte strade, piazze e simili, o comunque brevi soluzioni di continuità, caratterizzato dall'esistenza di servizi o esercizi pubblici costituenti la condizione di una forma autonoma di vita sociale.
Per “nucleo abitato” si intende la località abitata caratterizzata dalla presenza di case contigue o vicine con almeno cinque famiglie e con interposte strade, sentieri, spiazzi, aie, piccoli orti, piccoli incolti e simili, purché l'intervallo tra casa e casa non superi i 30 metri e sia in ogni modo inferiore a quello intercorrente tra il nucleo stesso e la più vicina delle case sparse e purché sia priva del luogo di raccolta che caratterizza il centro abitato.
(fonte: Istat)

(2) Per “centro abitato capoluogo” si intende il centro abitato nel quale è localizzato il municipio.

(3) Si ricorda che tutti gli shapefile e il raster della carta geologico-tecnica devono essere georefenziati in sistema WGS84, proiezione UTM fuso 33N.

(4) Raccomandazione della Commissione tecnica nella seduta del 21.12.2011: “Si raccomanda alle amministrazioni committenti che nelle aree in cui saranno effettuati gli studi di MS di livello 1, siano eseguite verifiche preliminari sulla disponibilità di dati di investigazione del sottosuolo in quantità e qualità sufficienti per poter realizzare gli studi suddetti, così come raccomandato dagli ICMS 2008.”

(5) Non necessariamente per un Comune devono essere presenti “siti puntuali” e “siti lineari” con associate le relative “indagini” e “parametri”.

(6) Raccomandazione della Commissione tecnica nella seduta del 21.12.2011: “Il soggetto attuatore riceve dall’amministrazione comunale interessata il perimetro delle località abitate sulle quali effettuare gli studi di MS, inclusive delle aree soggette a previsione di trasformazione ed escluse le aree di cui all’art. 5 dell’OPCM 3907/2010.”

(7) Voce da compilare solo qualora fosse stata utilizzata la versione v.2.0 degli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica”.

(8) Il campo “*DISL*” è previsto solo nella versione v.3.0 degli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica”.

(9) Voce da compilare solo qualora fosse stata utilizzata la versione v.3.0 degli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica”.

NOTE

(ID___)_____

_____

_____

(ID____)_____

_____

_____

(ID____)_____

_____

_____

(ID____)_____

_____

_____

ID____)_____

_____

_____