

RELAZIONE GEOLOGICA
AMBITO DI PSC NU3
IN COMUNE DI SORBOLO MEZZANI

RELAZIONE GEOLOGICA

ESTENSORI:

COMMITTENTE:



Geode srl

Via Botteri,9/A - 43122- PARMA
tel 0521257057 - fax 0521/921910
e-mail: geologia@geodeonline.it
pec: geode@pec.it

Dott. Geol. Giancarlo Bonini

INDICE

A. Premessa	3
A.1 Normative di riferimento	3
A.2 Localizzazione del sito e descrizione sintetica del progetto	4
B. Inquadramento geologico ed idrogeologico	6
B.1 Quadro geologico	6
B.2 Stratigrafia	6
B.2.1 Subsistema di Ravenna (AES8)	9
B.3 Aspetti geomorfologici e rischio idrogeologico	10
B.4 Idrogeologia e vulnerabilità degli acquiferi	13
B.4.1 La piezometria	13
B.4.2 La vulnerabilità e pozzi idropotabili	14
C. Dati geognostici	15
C.1 Dati stratigrafici bibliografici	15
C.2 La campagna geognostica del gennaio 2020	17
C.2.1 Prova penetrometrica statica	17
C.2.2 Misure di rumore sismico con tecnica a stazione singola (HV)	21
D. Modello geologico e schema litologico	22
D.1 Parametri meccanici	23
D.1.1 Resistenza alla punta (qc) nella prova penetrometrica statica	23
D.1.2 Coesione non drenata (Cu)	24
D.1.3 Modulo Edometrico (M)	25
D.1.4 Resistenza al taglio	26
E. Modellazione sismica concernente la "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione	27
E.1 Sismicità	27
E.1.1 Zonazione sismica e pericolosità	27
E.1.2 Classificazione sismica	28
E.2 Elementi di microzonazione sismica	30
E.2.1 Rischio sismico da PTCP Parma	30
E.2.2 Microzonazione sismica del Comune di Sorbolo	31
E.3 Azioni sismiche ai sensi NTC2018	34
E.3.1 Categorie di sottosuolo	34
E.3.2 Categorie topografiche	34
E.3.3 Parametri sismici di calcolo	35
F. Requisiti di sicurezza del terreno di fondazione e stabilità globale	37
F.1 Stabilità nei confronti della liquefazione	37
F.1.1 Verifica della suscettività dei terreni alla liquefazione	37
G. Considerazioni finali	41
Allegato 1 INDAGINI SISMICHE	44
Allegato 2 PROVE PENETROMETRICHE	57
Allegato 3 TAVOLA A	64

A. PREMESSA

Il presente studio geologico-tecnico è finalizzato a ricavare le caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dell'ambito interessato dalla previsione di PSC denominata **Nu3**, posta nel centro abitato di Sorbolo, in comune di Sorbolo Mezzani (PR), nella porzione nord orientale del centro abitato, destinata ad interventi di edificazione ad uso residenziale.

Lo studio svolto ha contemplato:

- ✓ Inquadramento geologico e geomorfologico: in esso vengono descritte le formazioni e le litologie presenti nell'area.
- ✓ Sintesi delle indagini geognostiche eseguite.
- ✓ Ricostruzione stratigrafica ed idrogeologica alla luce delle indagini geognostiche eseguite e reperite.
- ✓ Caratterizzazione meccanica del sottosuolo.
- ✓ Modellazione sismica di base del sito in esame.
- ✓ Analisi di fattibilità geologica e sismica.

A.1 Normative di riferimento

- O.P.C.M. 3274 del 20.03.2003 *Costruzioni in zona sismica*
- D.M. 14 Gennaio 2008. *Nuove Norme Tecniche per le costruzioni*
- D.M 17 gennaio 2018. *Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"*.
- D.A.L. 112/2007. Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16, c.1 della L.R. 20/2000 per *"Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"*
- L.R. 19 del 30.10.2008. *Norme per la riduzione del rischio sismico.*
- D.G.R. 1373/2011. *Atto di indirizzo recante l'individuazione della documentazione attinente alla riduzione del rischio sismico necessaria per il rilascio del permesso di costruire e per gli altri titoli edilizi, alla individuazione degli elaborati costitutivi e dei contenuti del progetto esecutivo riguardante le strutture e alla definizione delle modalità di controllo degli stessi ai sensi dell'art. 12, comma 1 e dell'art. 4, comma 1 della L.R. 19 del 2008 e smi per la riduzione del rischio sismico.*
- DGR.2193/2015 *"Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" di cui alla DAL 2/05/2007 n.112"*.
- D.G.R. n°1164 del 23/07/2018 *"Aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei comuni dell'Emilia-Romagna"*
- D.G.R. n.630 del 29/04/2019 *"Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (Artt.22 e 49, L.R. 24/2017)"*.

A.2 Localizzazione del sito e descrizione sintetica del progetto

L'area è ubicata nella Carta Tecnica Regionale elemento 182103 "Frassinara" alla scala 1:5.000; la zona è posta ad una quota di circa 32.5 m s.l.m. con latitudine e longitudine (ED50) di un punto centrale rispetto all'area che valgono rispettivamente 44.853076° e 10.453482°.

In particolare la zona oggetto di intervento è ubicata nel settore nord orientale del centro abitato di Sorbolo, ad est della SP60, ed è identificata dalle norme del PSC in "ambito per nuovo insediamento NU.3".

Trattasi di un terreno pianeggiante non edificato in adiacenza ad un'area edificata, con obiettivo di completare l'insediamento residenziale esistente su Via Matteotti. Il progetto, recependo gli indirizzi della pianificazione urbanistica, prevede la realizzazione di un piccolo complesso residenziale di 14 ville mono o bifamiliari, per la maggior parte realizzate su unico piano ed alcune su due piani fuori terra.

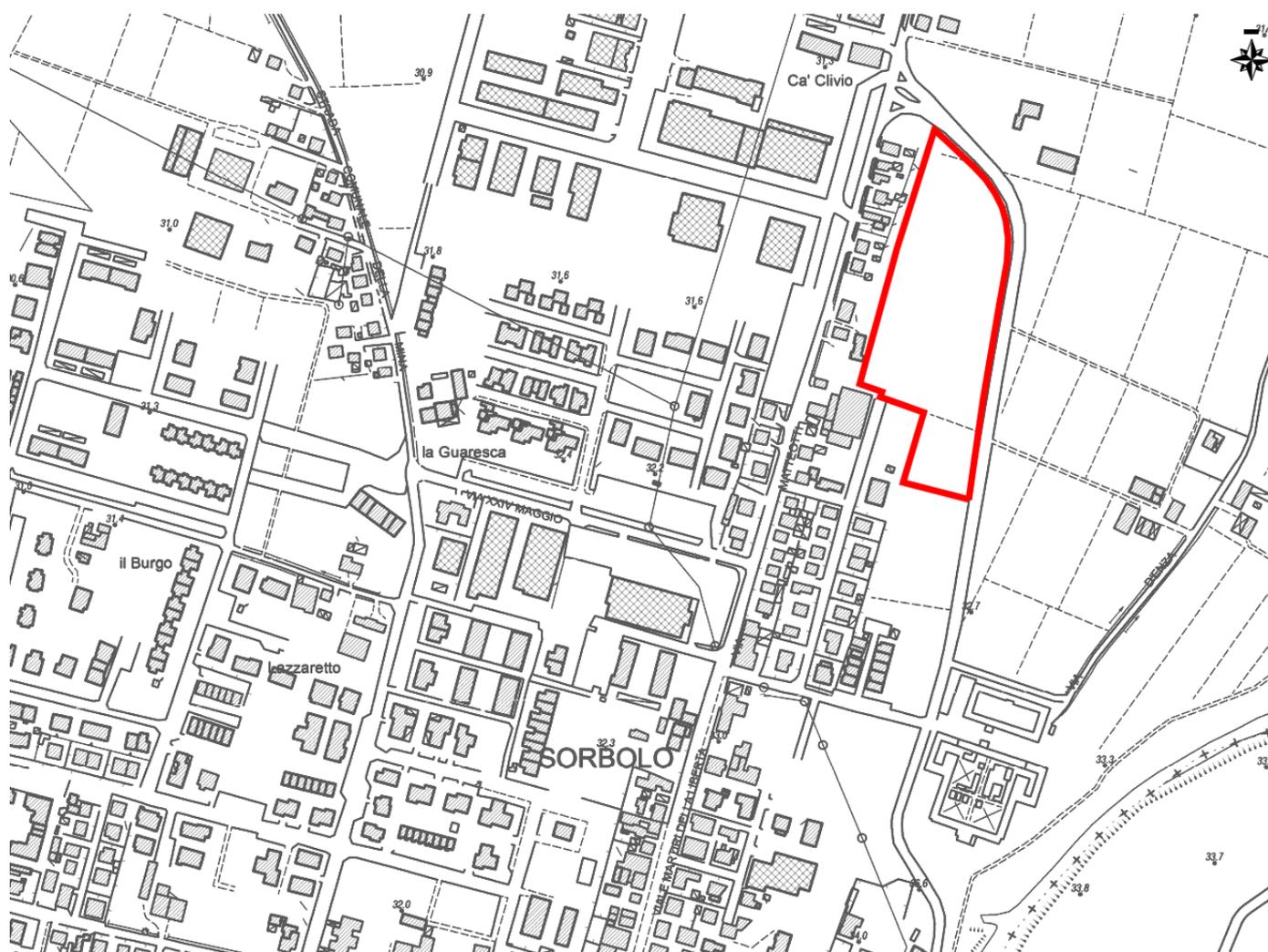


Figura 1. Ubicazione dell'area su CTR non in scala con indicazione dell'area in esame, ambito NU3.



Figura 2 Individuazione area dell'intervento su ortofoto Google Earth.



Figura 3. Rendering dell'area in esame. (nord a est in figura)

B. INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

B.1 Quadro geologico

La zona in esame rientra nel Foglio 182 "GUASTALLA" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 ed è caratterizzata dalla presenza di depositi di piana alluvionale del subsistema di Ravenna – Unità di Modena (AES8a).

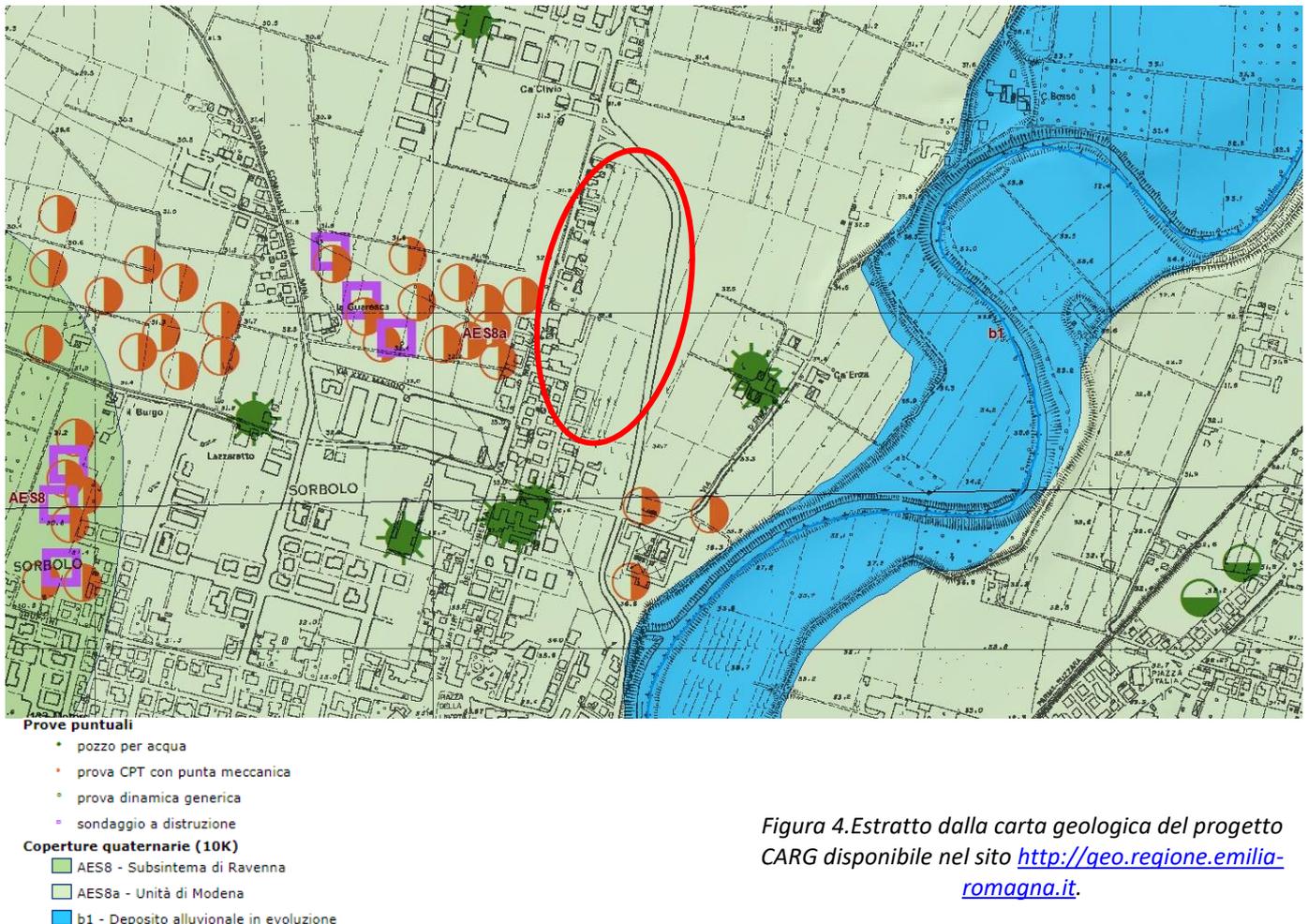


Figura 4. Estratto dalla carta geologica del progetto CARG disponibile nel sito <http://geo.regione.emilia-romagna.it>.

B.2 Stratigrafia

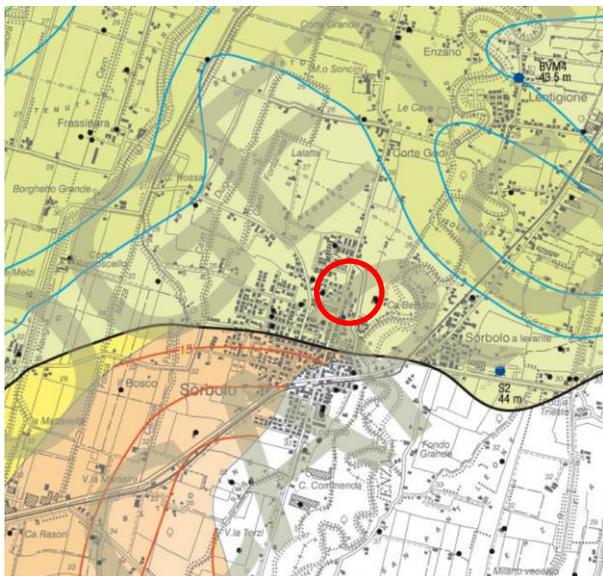
Le unità geologiche affioranti nell'area in esame possono essere raggruppate all'interno del ciclo Quaternario Continentale, denominato Supersistema Emiliano-Romagnolo (equivalente all'Allogruppo Emiliano-Romagnolo di R.E.R., ENI-AGIP, 1998¹) nel quale sono state individuate due unità principali: un'unità inferiore, detta Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI - equivalente all'Alloformazione Emiliano-Romagnola Inferiore della pubblicazione citata) ed un'unità superiore, detta Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES - equivalente all'Alloformazione Emiliano-Romagnola Superiore della pubblicazione citata). Nell'area in esame affiorano i depositi del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore.

Il Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (Pleistocene medio-Olocene) è stato suddiviso in cinque subsistemi identificabili in affioramento mediante caratteristiche morfo-pedostratigrafiche: si tratta infatti di conoidi alluvionali terrazzate, le cui superfici deposizionali relitte, poste a quote diverse e separate da scarpate erosive, presentano un'evoluzione pedostratigrafica differente; in ordine crescente di età si trova: Subsistema di

¹ REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP (1998) - Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna. A cura di G. Di Dio. S.EL.CA., Firenze, 120 pp..

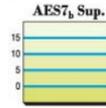
Ravenna (AES8), Subsistema di Villa Verucchio (AES7), Subsistema di Agazzano (AES3), Subsistema di Maiatico (AES2), Subsistema di Monterlinzana (AES1).

Si riporta un estratto, nella figura seguente, della Cartografia “Tetto delle ghiaie e delle sabbie–Subsistemi di Ravenna (AES8) e di Villa Verucchio (AES7)” allegata al Foglio 182 “Guastalla” del progetto CARG, nel quale si evidenzia come l’isobata del tetto delle sabbie di riempimento di canale fluviale AES7b sia compresa tra 5-10 m s.l.m. L’area è posta a nord del limite dominio padano/appenninico.



Sabbie di riempimento di canale fluviale

Sabbie da fini a grossolane con rare intercalazioni ghiaiose; strati da spessi a molto spessi e generalmente amalgamati. Sono cartografabili nel settore centrale del Foglio.



Isobata del tetto delle sabbie di AES7_b Sup. (in metri s.l.m.)

Figura 5. Estratto dalla Carta “Tetto delle ghiaie e delle sabbie–Subsistemi di Ravenna (AES8) e di Villa Verucchio (AES7)” del Foglio 182 “Guastalla”.

Nella Tavola A2-3 “Carta del tetto delle ghiaie” del QC del PSC di Sorbolo l’area in esame è caratterizzata prevalentemente da una profondità del tetto delle ghiaie compresa tra 10-20 m da p.c.. Nel settore sud occidentale del sito il tetto delle ghiaie è indicato a profondità superiori a 30 m. All’interno di questa cartografia il limite del dominio delle alluvioni del fiume Po è posto a nord rispetto al sito in esame.

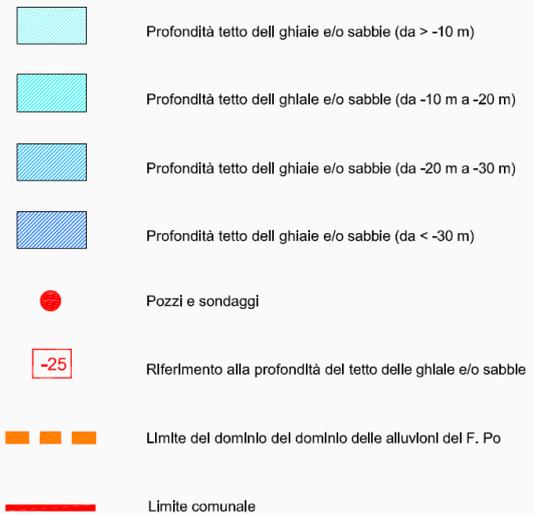
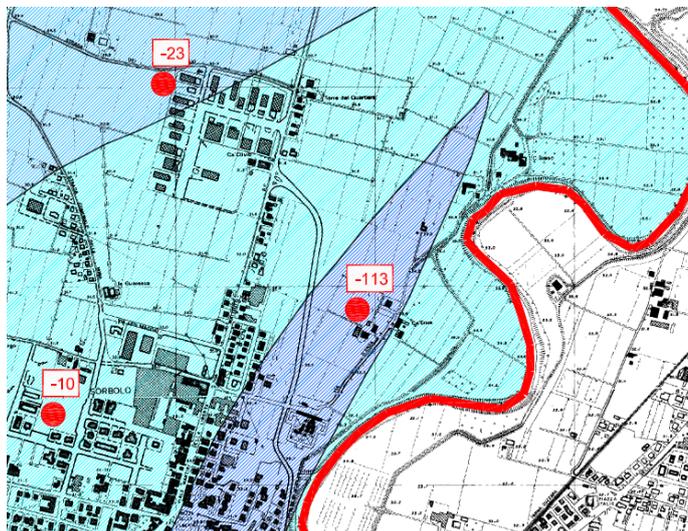
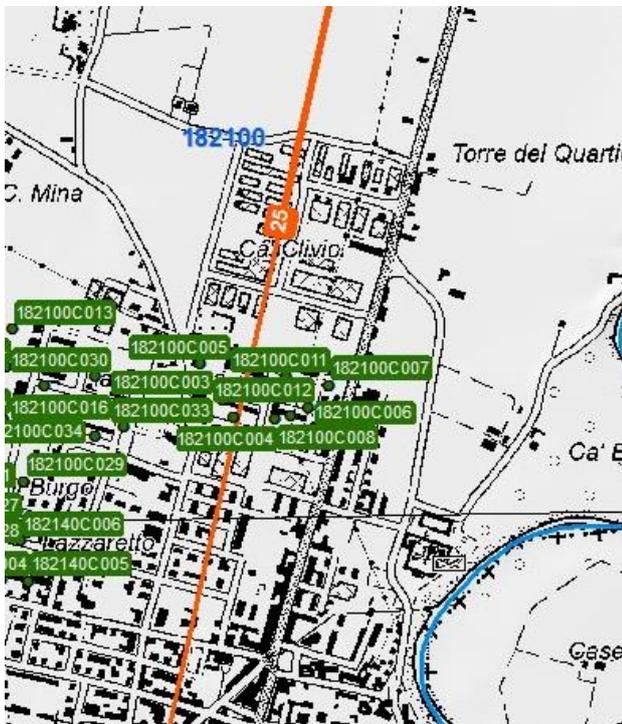
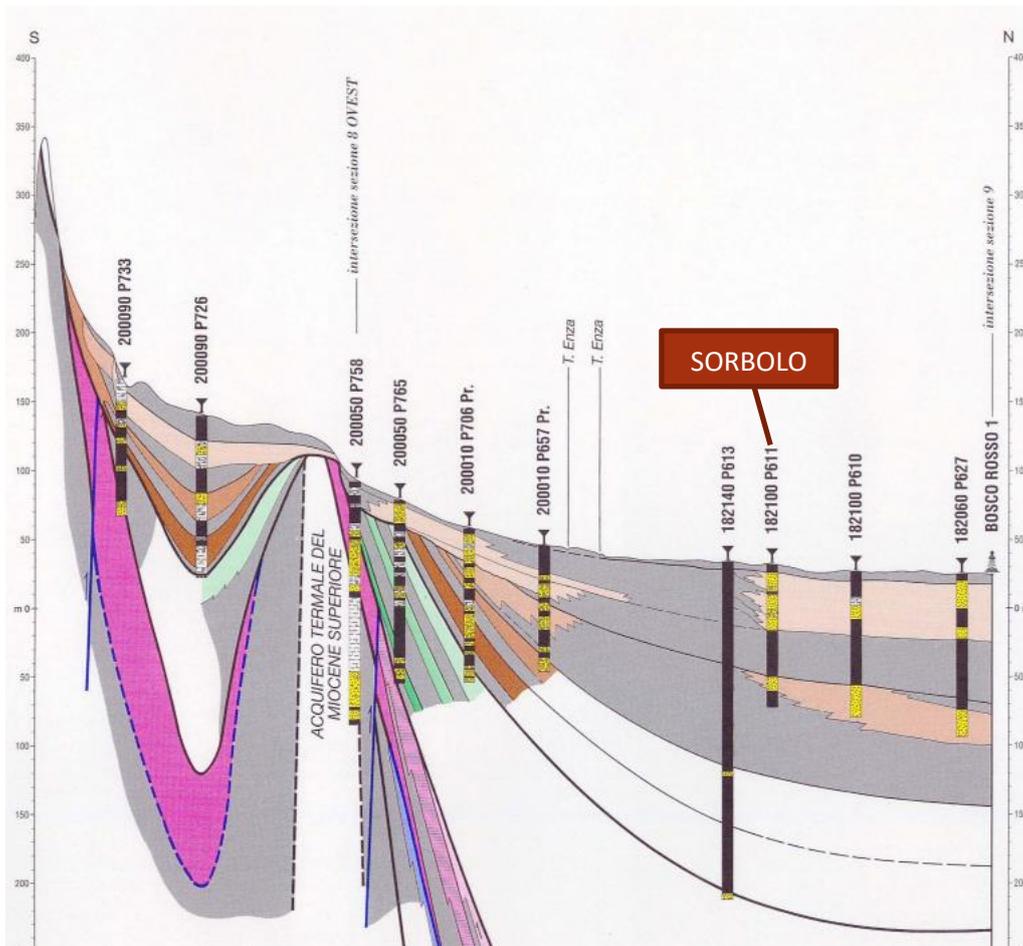


Figura 6. Tavola A2-3 “Carta del tetto delle Ghiaie” del QC del PSC di Sorbolo.

All’interno del sito “Sezioni geologiche e prove geognostiche della pianura emiliano-romagnola” è indicata una traccia di sezione con andamento circa SW-NE, che attraversa il centro abitato di Sorbolo parallelamente al sito in esame. Si tratta della sezione 25, proveniente dal progetto riserve idriche sotterranee. Se ne riporta di seguito un estratto indicativo della stratigrafia individuata all’altezza dell’area in esame.



UNITÀ IDROSTRATIGRAFICHE				ETÀ (milioni di anni)	SCALA CRONO- STRATIGRAFICA (milioni di anni)	
GRUPPO ACQUIFERO	COMPLESSO ACQUIFERO	SISTEMA ACQUIFERO	SISTEMA ACQUITARDO			
A	A1			- 0.12	PLEISTOCENE SUPERIORE 0.125	
	A2					
	A3					
	A4					
B	B1			- 0.35-0.45		PLEISTOCENE MEDIO
	B2					
	B3					
	B4					
C	C1			- 0.65		PLEISTOCENE INFERIORE 0.89 1.72 PLIOCENE MEDIO-SUPERIORE 3.55 PLIOCENE INF. MIOCENE
	C2			- 0.8		
	C3			- 1.0		
	C4			- 2.2		
	C5			- 3.9		
ACQUITARDO BASALE						

SISTEMA ACQUIFERO saturo d'acqua salmastra/salata

Figura 7. Estratti dal sito "Sezioni geologiche e prove geognostiche della pianura emiliano-romagnola" (<http://geo.regione.emilia-romagna.it>). La verticale 182100P611 ricade nel centro abitato di Sorbolo a ovest del sito in esame.

In corrispondenza dell'area in studio affiora il Subsistema Ravenna – Unità di Modena (AES8a); nel paragrafo successivo si riportano le descrizioni tratte dalle note illustrative della Cartografia Geologica della Regione Emilia Romagna disponibili al sito: <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/cartografia/webgis-banchedati/webgis> e dalle Note illustrative della cartografia del Progetto Carg (ISPRA).

B.2.1 *Subsistema di Ravenna (AES8)*

Tutti i depositi affioranti nel Foglio 182 appartengono al subsistema di Ravenna. Nell'area tipo è caratterizzato da una superficie di discontinuità marcata da un netto contrasto di facies (depositi di ambiente paralico e marino marginale poggianti sui depositi alluvionali pleistocenici del subsistema sottostante di Villa Verucchio) legati all'ultimo ciclo trasgressivo-regressivo di età olocenica. Il subsistema di Ravenna si sviluppa in questo settore della pianura in condizioni di piana alluvionale e rappresenta lo spessore dei sedimenti depositi nell'ultimo postglaciale. Come è caratteristico della cartografia geologica di pianura in contesti di piana alluvionale, si nota una distribuzione superficiale di classi granulometriche, derivanti dall'ambiente deposizionale, che permette il riconoscimento e la mappatura dei diversi sottambienti del sistema fluviale. Nel Foglio 182 l'unità è costituita da alternanze di sabbie, limi sabbiosi, limi ed argille di canale, argine e rotta fluviale e da argille e limi di piana inondabile, legati allo sviluppo dei reticoli idrografici appenninici nella parte centro meridionale del Foglio e del fiume Po nella parte centro settentrionale. Il tetto del subsistema è una superficie deposizionale, frequentemente relitta, coincidente con il piano topografico attuale che mostra suoli con diverso grado di alterazione. Gli orizzonti superiori dei suoli variano da non calcarei a calcarei, discriminando l'appartenenza all'unità di Modena (AES8a). La superficie topografica coincide in gran parte con il piano di frequentazione romano (tranne per AES8a) come testimoniano i reperti archeologici relativi ad insediamenti e tracce della centuriazione romana. L'organizzazione interna del subsistema ed i suoi rapporti con il subsistema sottostante (AES7) sono stati ricostruiti attraverso analisi dei dati geognostici di sottosuolo.

All'interno del foglio si riconoscono i seguenti depositi:

- ghiaie e sabbie di conoide distale e di riempimento di canale fluviale, legate allo sviluppo della piana alluvionale dei fiumi appenninici. Le ghiaie sono da molto grossolane a fini con matrice sabbiosa in strati da spessi a molto spessi di solito amalgamati. Questi depositi sono presenti nella porzione sud-occidentale del Foglio e si rastremano, fino a raggiungere pochi metri di spessore procedendo verso nord:

- sabbie di riempimento di canale fluviale appartenenti a depositi di piana a meandri del fiume Po. La granulometria varia da fine a grossolana, gli strati sono da spessi a molto spessi prevalentemente amalgamati. Questi depositi sono ben rappresentati nella porzione settentrionale del Foglio dove hanno massimo spessore mentre si assottigliano procedendo verso sud. Nell'area del Foglio il subsistema di Ravenna raggiunge lo spessore massimo di circa 23 m. Eta: Pleistocene superiore-Olocene. La base dell'unità è datata a circa 14.000 anni B.P. secondo dati radiometrici e geoarcheologici ottenuti in aree adiacenti. All'interno del Subintema di Ravenna viene distinta, su base archeologica e pedostratigrafica, l'unità di Modena (AES8a).

Unità di Modena (AES8a)

Questa unità di rango inferiore comprende i depositi più recenti e superficiali presenti del Foglio ed affiora estesamente lungo il corso del Fiume Po, nel settore centrale del Foglio, e lungo il corso dei torrenti Parma, Enza e Crostolo. È stata definita e datata da Cremaschi e Gasperi (1989) nell'area tipo (unità Alluvione). Concettualmente questa unità comprenderebbe i depositi fluviali attualmente in evoluzione (b1) che però vengono cartografati separatamente in accordo con la tradizione della cartografia geologica preesistente.

Consiste in depositi di riempimento di canale fluviale (sabbie fini e finissime) e di argine lungo il fiume Po (limi sabbiosi prevalenti) e da depositi di piana inondabile (argille e limi), di argine, canale e rotta fluviale (alternanze di sabbie e limi) lungo il corso dei fiumi appenninici. Gli affioramenti di questa unità che consentano osservazioni stratigrafiche sono estremamente limitati (scavi occasionali, fronti di cava). nella sua descrizione si è fatto pertanto riferimento prevalentemente ai dati ricavati dai carotaggi e trivellate realizzati appositamente per il Foglio. Questa unità è definita dalla presenza a tetto di un suolo a bassissimo grado di alterazione, non decarbonatato. Il limite inferiore di AES8a è dato dal contatto, in discontinuità, dei suoi depositi sul suolo non calcareo o scarsamente calcareo presente al tetto di AES8. Dati di letteratura, archeologici e storici, indicano che l'unità si è deposta a partire dal IV-VI secolo d.C.

I depositi dell'unità di Modena sono stati attribuiti da Cremaschi e Gasperi (1989), in aree del foglio 200, alla crisi climatica altomedievale. Nell'area del Foglio 182 sono presenti ritrovamenti archeologici (strutture abitative, fornaci) di età romana da essi sepolti.

All'interno dell'unità, ulteriormente suddivisa in carta in base alla granulometria dei depositi affioranti e all'ambiente deposizionale, sono stati distinti alcuni elementi morfologici quali ventagli di rotta, paleoalvei ed argini artificiali utili alla ricostruzione dell'evoluzione idrografica dell'area. In sottosuolo l'unità AES8a si

presenta sia con depositi di argille e limi di piana inondabile, che con alternanze di limi, argille e sabbie fini di argine ed infine di sabbie di canale fluviale (nelle aree più vicine al corso del fiume Po). Talora sui depositi di piana inondabile aggradano limi e sabbie di canale argine. Datazioni radiometriche con il metodo del ^{14}C , effettuate su materiale organico presente in suoli intercettati in sondaggio, confrontano il posizionamento della base di questa unità di sottosuolo. Lo spessore dell'unità AES8a varia da pochi metri nel settore centro meridionale del Foglio, fino a superare 10 m spostandosi verso il corso del fiume Po. Età: Olocene (IV-VI sec. D.C-attuale).

Di seguito si riporta anche la descrizione sintetica dell'unità contenuta nella legenda della cartografia geologica scala 1:10.000 della Regione Emilia-Romagna:

“Ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua: depositi alluvionali intravallivi. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di cm) e di tipo A/C, localmente A/Bw/C. Lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri. (Olocene)”

B.3 Aspetti geomorfologici e rischio idrogeologico

Dal punto di vista morfologico l'area, a morfologia pianeggiante (pendenze comprese tra 0.2-0.4%, come indicato nella tavola A2-6 del Qc del PSC), è in prevalenza, il risultato dell'azione prodotta dalle acque di scorrimento superficiale e dall'attività antropica. L'area è posta in sinistra idrografica del torrente Enza che scorre con alveo meandriforme in direzione circa sud-ovest nord-est.

Nella Tavola A2 “Carta geologico-geomorfologica” del QC del PSC di Sorbolo, il sito in esame ricade all'interno delle zone di “alto morfologico” costituito da depositi di argine naturale recenti e medio recenti che caratterizzano la fascia che corre parallelamente al t. Enza.

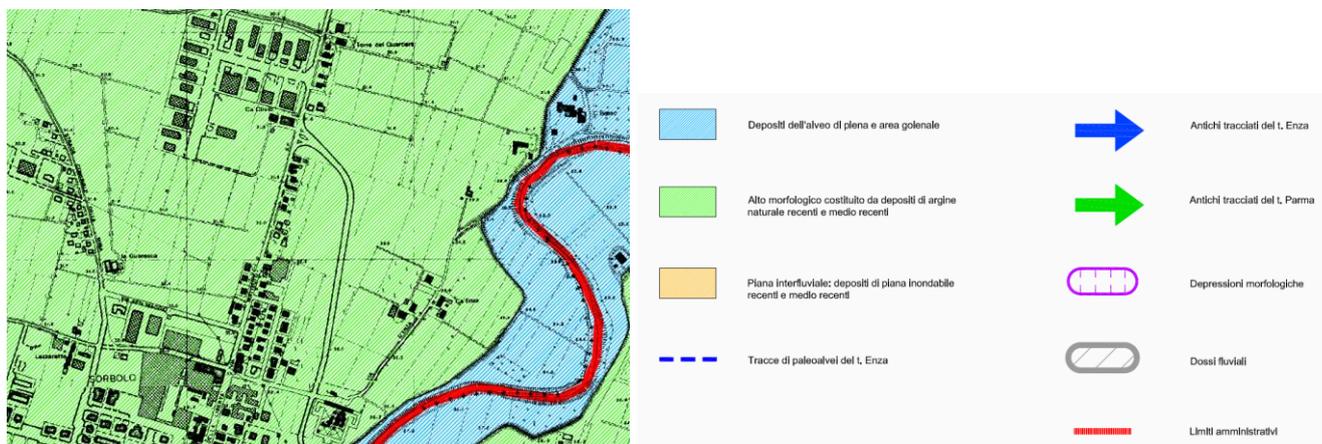


Figura 8. Estratto da Tavola A2-1 “Carta geologico-geomorfologica” del QC del PSC di Sorbolo.

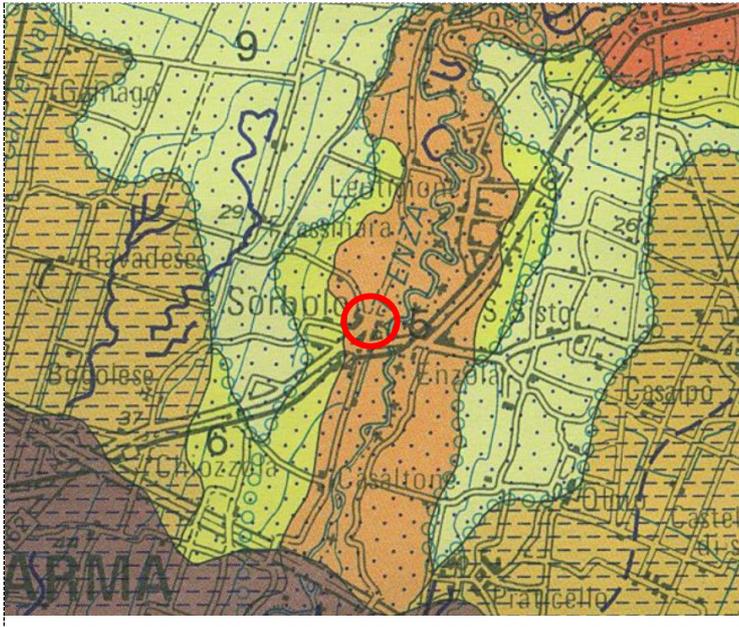
Nella tavola C.1.7 del PTCP di Parma “Tutela ambientale, paesistica e storico culturale” il sito in esame ricade all'interno di un dosso, con andamento sud ovest – nord est che interessa tutta l'area del centro abitato di Sorbolo.

Nella Carta Geologica di Pianura dell'Emilia-Romagna (1999)² l'area in studio è contraddistinta dalla presenza di sedimenti di “Conoidi e terrazzi alluvionali”, in particolare, è caratterizzata dalla presenza di “Sabbie medie e fini in strati di spessore decimetrico passanti lateralmente ed intercalate a sabbie fini e finissime limose, subordinatamente limi argillosi. Depositi di canale e argine prossimale. Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione”.

Dal punto di vista pedostratigrafico l'area è caratterizzata da depositi ai primi stadi di alterazione, fronte di alterazione <1m (50-100 cm). Al tetto suoli calcarei con differenziazione del profilo in orizzonti A-C, A-Bw-C; Hue

² Carta Geologica di Pianura dell'Emilia-Romagna (1999) SELCA Firenze

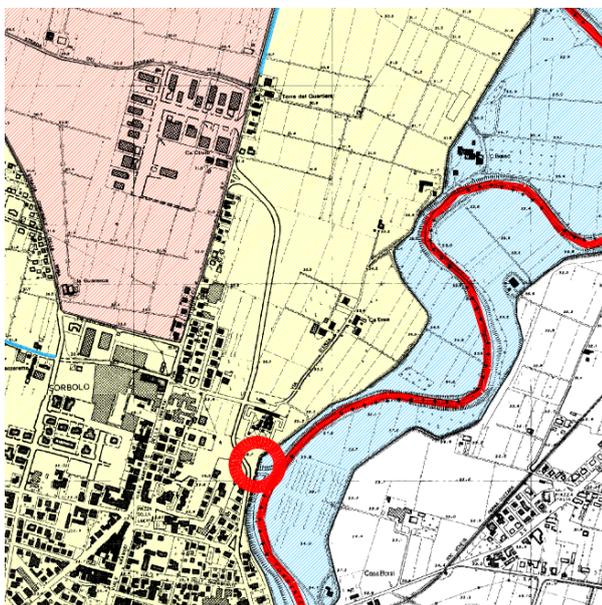
degli orizzonti B 2.5Y-10YR. Al tetto e all'interno reperti di Età Medievale e di Età Moderna (Olocene tardo antico-Età Moderna).



- 1 Ghiaie e sabbie in corpi canalizzati e lenticolari amalgamati, intercalate a sabbie e sabbie limose in strati di spessore decimetrico. Depositi di conoide e di terrazzo. Al tetto all'interno suoli a diverso grado di evoluzione.
- 3 Limi e limi argillosi in strati di spessore decimetrico, subordinatamente ghiaie e ghiaie sabbiose in corpi canalizzati e lenticolari. Depositi di conoide e di terrazzo. Al tetto e all'interno suoli a diverso grado di evoluzione.
- 4 Ghiaie, sabbie, limi e limi argillosi. Depositi alluvionali indifferenziati.
- 5 Sabbie medie e fini in strati di spessore decimetrico passanti lateralmente ed intercalate a sabbie fini e finissime limose, subordinatamente limi argillosi. Depositi di canale e argine prossimale. Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione.
- 6 Limi sabbiosi, sabbie fini e finissime, argille limose e subordinatamente sabbie limoso-argillose intercalate in strati di spessore decimetrico. Depositi di argine distale. Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione.
- 9 Argille limose, argille e limi argillosi laminati, localmente concentrazioni di materiali organici parzialmente decomposti. Area interfluviale e depositi di palude.

Figura 9 Estratto dalla Carta Geologica di Pianura dell'Emilia-Romagna.

Nella tavola A2-4 "Carta della rete idrografica minore e delle aree esondate su base storica" del QC del PSC di Sorbolo, il sito in esame, posto in sinistra idrografica rispetto al T. Enza, ricade all'interno delle aree non inondate su base storica. Nel tratto immediatamente a sud è indicata la presenza di un'opera di regimazione idraulica principale. Nella "Carta del rischio idraulico", tavola B2, sempre del QC del PSC il sito risulta ricadere nelle aree in sicurezza idraulica. Nella "Carta dei limiti" (tavola B5) l'area in esame è esterna alle fasce fluviali A e B.



- LEGENDA
- | | | | |
|--------------------------|--|--|---|
| | Area golenale | | Impianto idrovoro esistente |
| | Area non inondata su base storica | | Impianto idrovoro in fase di realizzazione |
| | Area Interessata da locali fenomeni di ristagno, connessi a tracciazioni del reticolo idrografico secondario | | Impianto idrovoro in progetto |
| | Somma delle aree inondate dal Torrente Enza in occasione delle massime piene storiche registrate | | Opere di regimazione idraulica principali (chiviche) |
| | Area Inondata in occasione della piena del Fiume Po del 1951 | | Opere di regimazione idraulica secondario (bascule, saracinesche) |
| IDROGRAFIA MINORE | | | |
| | Canali principali | | Punto di tracciamento del T. Enza |
| | Fossi secondari | | Lavori di difesa spondale |
| | Acque pubbliche | | Limite comunale |
| | Acque pubbliche soggette a vincolo paesistico | | |

Figura 10. Estratto dalla tavola A2-4 "Carta della rete idrografica minore e delle aree esondate su base storica" del QC del PSC di Sorbolo.

Nella "Carta dei limiti" (tavola B5) l'area in esame è esterna alle fasce fluviali A e B. Tale situazione è confermata anche dall'"Atlante dei Piani in webgis", a cura dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, riportato in estratto in figura seguente, nel quale si osserva come il sito in esame ricade internamente alla fascia C.

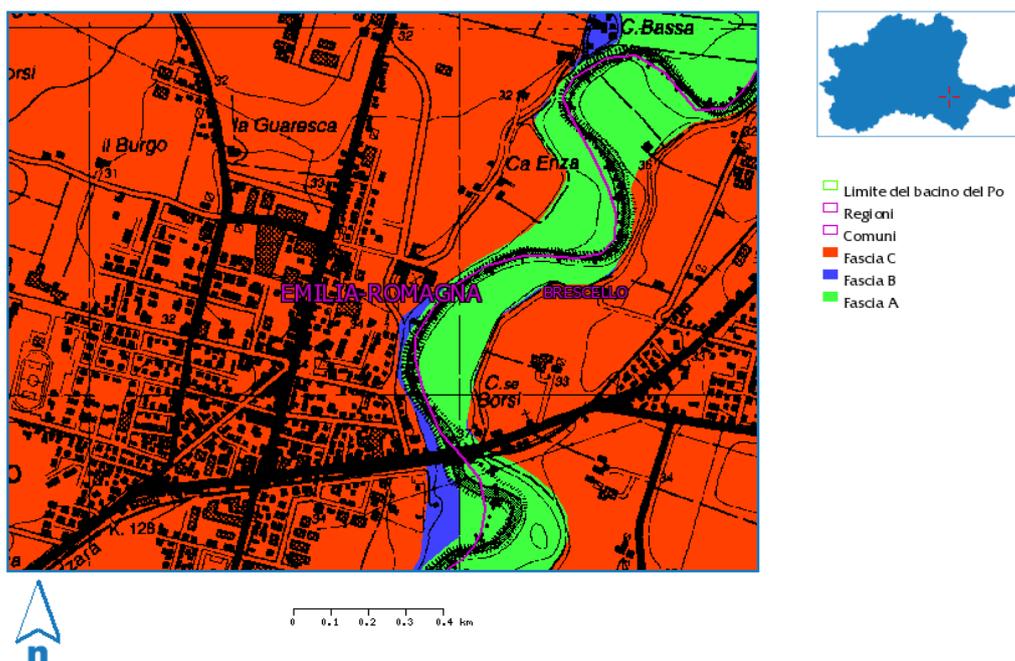


Figura 11. Estratto dall'atlante dei Piani in webgis, a cura dall'Autorità di Bacino del Fiume Po

Nella Tavola C.4.1. "Carta del Rischio Ambientale e dei principali interventi di difesa" del PTCP della provincia di Parma, l'area in esame risulta interna alle aree di inondazione per piena catastrofica del Po e per inadeguatezza rete scolante di pianura. Il tratto del torrente Enza nei pressi dell'area in esame è segnalato come nodo critico della rete idrografica principale.

Il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) del Bacino del Fiume Po (approvato nel marzo 2016) perimetra le aree allagabili in riferimento ai tre scenari di piena previsti dalla Direttiva 2007/60/CE e dal D.lgs n.49/2010 così come sintetizzati nella figura seguente.

Tabella riepilogativa scenari di inondazione

Scenario	Direttiva Alluvioni TR (anni)	Pericolosità	Tempo di ritorno individuato per ciascun ambito territoriale (anni)				
			RP	RSCM (legenda PAI)	RSP	ACL	ACM
Elevata probabilità di alluvioni (H = high)	20-50 (frequente)	P3 elevata	10-20	Ee, Ca RME per conoide ed esondazione	Fino a 50 anni	15 anni	10 anni
Media probabilità di alluvioni (M = medium)	100-200 (poco frequente)	P2 media	100-200	Eb, Cp	50-200 anni	100 anni	100 anni
Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi (L = low)	Maggiore di 500 anni, o massimo storico registrato (raro)	P1 bassa	500	Em, Cn		Massimo storico registrato	>> 100 anni

Tabella 1. Estratto dalla Relazione IIA. "Mappatura della pericolosità e valutazione del rischio" del PGRA.

Nel Piano di Gestione delle Alluvioni l'area risulta interna rispetto agli scenari di pericolosità evidenziati sia per quello che riguarda il reticolo principale che per quanto riguarda il reticolo secondario di pianura; in particolare l'area è indicata come interessata da "alluvioni poco rare (L)" e pericolosità bassa P1 legate al reticolo principale, rappresentato dal Fiume Po. Risulta invece interessata da alluvioni poco frequenti (M-P2) per quanto concerne il reticolo secondario di Pianura (RSP).

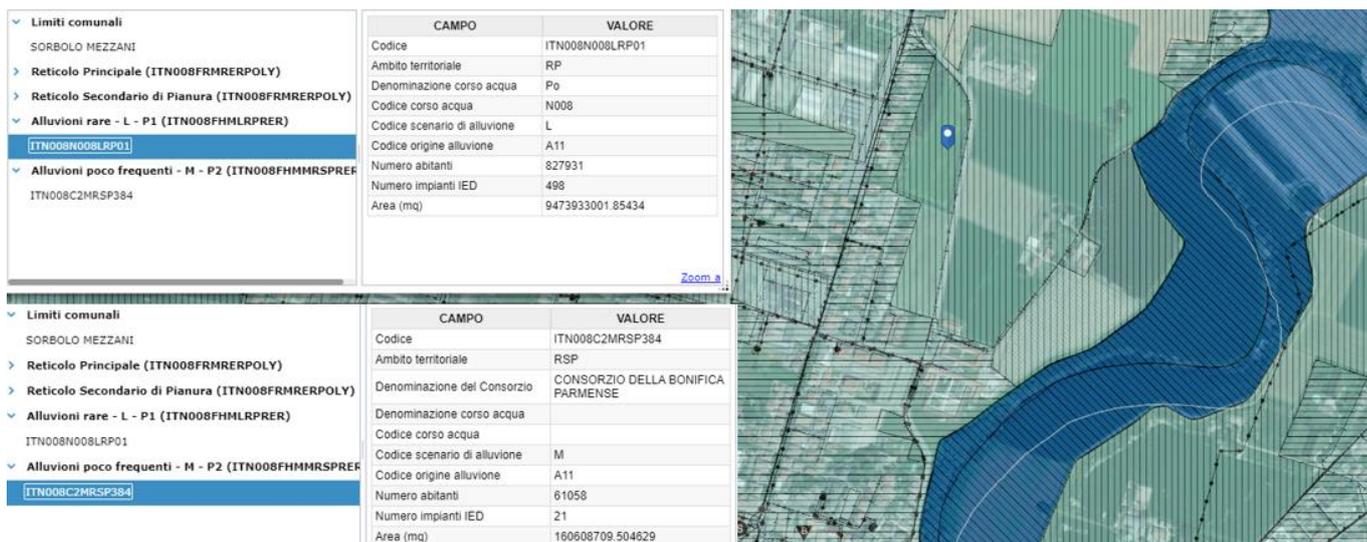


Figura 12 Piano di Gestione Alluvioni [estratto dal sito <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/suolo-bacino/sezioni/piano-di-gestione-del-rischio-alluvioni/cartografia.>]

B.4 Idrogeologia e vulnerabilità degli acquiferi

Dal punto di vista idrogeologico il sito in esame è ubicato in una zona con uno spessore cumulativo dei depositi porosi permeabili del gruppo acquifero A tra 40 e 80 m e con una profondità del limite basale tra -200 e -250 m s.l.m.

B.4.1 La piezometria

I dati forniti dalla Carta Idrogeologica del QC del PSC di Sorbolo (TAV.A2-2), riportata in estratto in figura seguente, indicano per l'area di interesse un livello piezometrico compreso tra 28-30 m s.l.m. nel giugno 1994 e tra 28-32 m s.l.m. nel marzo 2001. La direzione del flusso idrico è SE-NW.

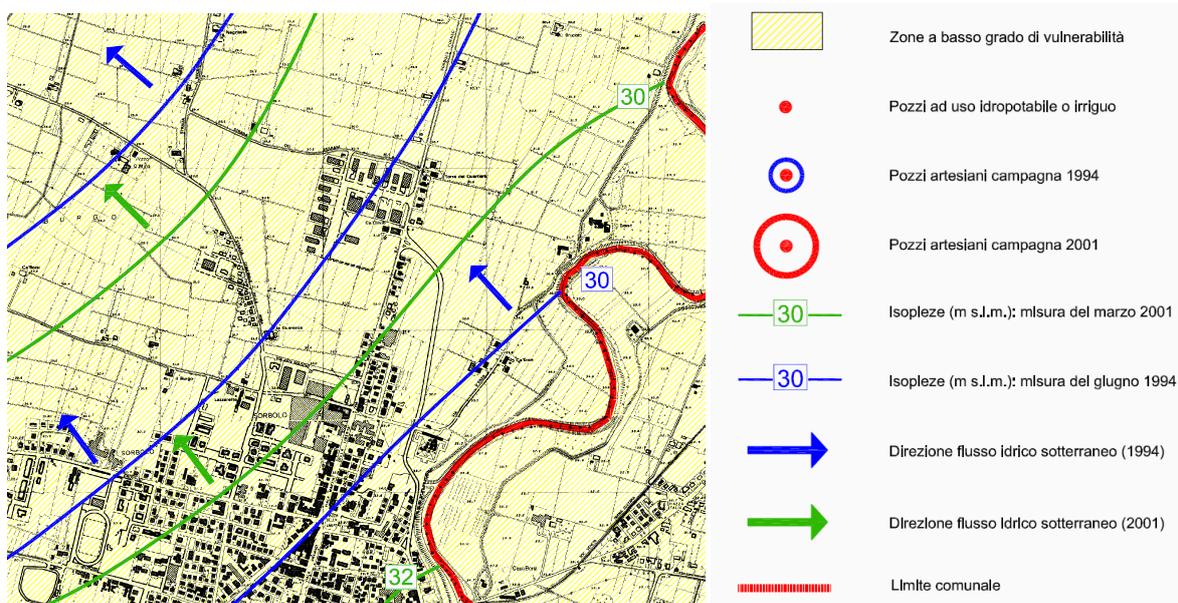


Figura 13. Estratto della Carta Idrogeologia (TAV.A2-2) del Quadro Conoscitivo del PSC di Sorbolo.

Nel corso dell'esecuzione delle prove penetrometriche statiche, spinte fino ad una profondità di 17.4 m dal piano campagna ed eseguite in data 30/01/2020, è stata reperita la falda a profondità variabili tra 1.10-1.35 m da p.c. quindi prossima al piano campagna.

B.4.2 La vulnerabilità e pozzi idropotabili

Nella Tavola 6 del PPTA della Provincia di Parma il sito in esame si trova in una zona a vulnerabilità a **poco vulnerabile**.

All'interno dello studio geologico del PSC di Sorbolo, il territorio comunale è stato suddiviso in classi di vulnerabilità sulla base della metodologia proposta dal GNDICI-CNR (AA.VV. 1988) che indica cinque diversi gradi di suscettibilità all'inquinamento, derivanti dalle possibili combinazioni tra litologia di superficie, profondità delle ghiaie e caratteristiche strutturali dell'acquifero. In seguito, analizzando nel dettaglio lo spessore della copertura argillosa superficiale, è stato osservato come l'intero territorio comunale, caratterizzato da un grado di vulnerabilità basso, evidenziasse aree fortemente selettive dinanzi al rischio di inquinamento degli acquiferi. Per tanto per la redazione della carta della vulnerabilità, sulla base della granulometria e dello spessore dei sedimenti argillosi superficiali, il grado di vulnerabilità è stato suddiviso in tre sottoclassi "nulla", "estremamente bassa" e "bassa".

Nella Tavola B1 "Carta della vulnerabilità" del QC del PSC di Sorbolo, riportata in estratto in figura seguente, la zona è indicata a vulnerabilità bassa, come tutta la fascia di argine naturale che corre parallela al Torrente Enza, caratterizzata da alluvioni più grossolane.

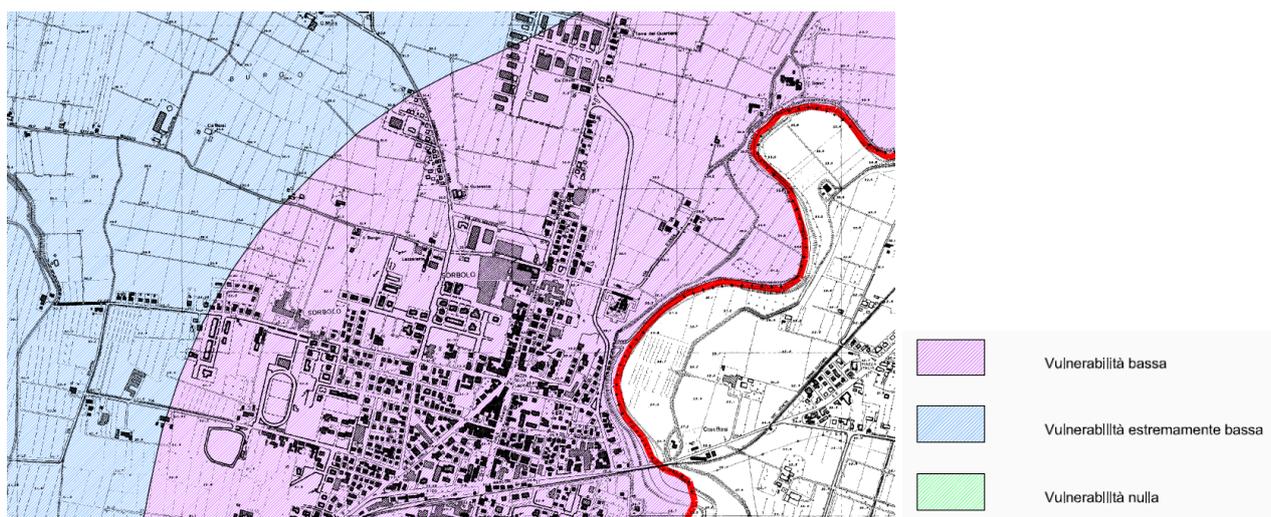


Figura 14 Estratto dalla Tavola B1 "Carta della vulnerabilità" del QC del PSC di Sorbolo.

Nella tavola 15 del PPTA della Provincia di Parma, non vi sono segnalazioni di rilievo per l'area in esame, che ricade esternamente alle zone di rispetto dei pozzi idropotabili e dalle altre zone di protezione e tutela degli acquiferi individuate.

C. DATI GEOGNOSTICI

C.1 Dati stratigrafici bibliografici

Si riportano di seguito alcuni dati relativi alle indagini reperite sul sito della cartografia geologica della Regione Emilia-Romagna.



Figura 15. Ubicazione indagini reperite sul sito della cartografia geologica della Regione Emilia Romagna.

Sigla	Quota p.c. (m)	Profondità raggiunta (m)	Data di esecuzione	Prof tetto ghiaie (m)	Tipo di prova
182100C001	31.4	10	16/03/1993		prova CPT con punta meccanica
182100C002	31.6	10	16/03/1993		prova CPT con punta meccanica
182100C003	31.9	10	16/03/1993		prova CPT con punta meccanica
182100C004	31.9	10	16/03/1993		prova CPT con punta meccanica
182100C005	31.2	10	16/03/1993		prova CPT con punta meccanica
182100C006	31.9	8	23/03/1993		prova CPT con punta meccanica
182100C007	32	9	23/03/1993		prova CPT con punta meccanica
182100C008	31.8	9	23/03/1993		prova CPT con punta meccanica
182100C009	32	8	23/03/1993		prova CPT con punta meccanica
182100C010	31.6	8	23/03/1993		prova CPT con punta meccanica
182100C011	31.8	10	23/03/1993		prova CPT con punta meccanica

Sigla	Quota p.c. (m)	Profondità raggiunta (m)	Data di esecuzione	Prof tetto ghiaie (m)	Tipo di prova
182100C012	31.6	8	23/03/1993		prova CPT con punta meccanica
182100P035	31.3	2.8	25/12/1993		sondaggio a distruzione
182100P036	32	2.9	25/12/1993		sondaggio a distruzione
182100P037	31.3	3	25/12/1993		sondaggio a distruzione
182100P606	31.9	105	09/10/1979		pozzo per acqua
182100P608	29.9	38.5	25/12/1981		pozzo per acqua
182100P621	32	113	25/12/1977		pozzo per acqua
182140C001	32.8	12	12/11/1981		prova CPT con punta meccanica
182140C002	33	12	12/11/1981		prova CPT con punta meccanica
182140C003	33	12	12/11/1981		prova CPT con punta meccanica
182140P619	32.5	30	27/02/1981		pozzo per acqua
182140P621	32.4	31.5	01/07/1973	25	pozzo per acqua
182140P622	32.4	26			pozzo per acqua
182140P628	32.4	121	25/12/1977		pozzo per acqua

Di seguito si riportano le stratigrafie dei principali pozzi per acqua reperiti nei pressi dell'area in esame.

<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">182100P606</th> </tr> <tr> <th>Profondità m da p.c.</th> <th>Litologia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.0-25.0</td> <td>Argilla</td> </tr> <tr> <td>25.0-38</td> <td>Sabbia mista</td> </tr> <tr> <td>38.0-102.5</td> <td>Argilla</td> </tr> <tr> <td>102.5-105.0</td> <td>Sabbia grossa</td> </tr> <tr> <td>Note</td> <td>Livello statico: 6 m</td> </tr> </tbody> </table>	182100P606		Profondità m da p.c.	Litologia	0.0-25.0	Argilla	25.0-38	Sabbia mista	38.0-102.5	Argilla	102.5-105.0	Sabbia grossa	Note	Livello statico: 6 m	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">182100P608</th> </tr> <tr> <th>Profondità m da p.c.</th> <th>Litologia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.0-23.0</td> <td>Argilla</td> </tr> <tr> <td>23.0-38.5</td> <td>Sabbia fine</td> </tr> </tbody> </table>	182100P608		Profondità m da p.c.	Litologia	0.0-23.0	Argilla	23.0-38.5	Sabbia fine																										
182100P606																																																	
Profondità m da p.c.	Litologia																																																
0.0-25.0	Argilla																																																
25.0-38	Sabbia mista																																																
38.0-102.5	Argilla																																																
102.5-105.0	Sabbia grossa																																																
Note	Livello statico: 6 m																																																
182100P608																																																	
Profondità m da p.c.	Litologia																																																
0.0-23.0	Argilla																																																
23.0-38.5	Sabbia fine																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">182100P621</th> </tr> <tr> <th>Profondità m da p.c.</th> <th>Litologia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.0-110.0</td> <td>Argilla plastica</td> </tr> <tr> <td>110.0-113.0</td> <td>Sabbia mista</td> </tr> </tbody> </table>	182100P621		Profondità m da p.c.	Litologia	0.0-110.0	Argilla plastica	110.0-113.0	Sabbia mista	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">182140P621</th> </tr> <tr> <th>Profondità m da p.c.</th> <th>Litologia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.0-2.0</td> <td>Terreno coltivato</td> </tr> <tr> <td>2.0-16.0</td> <td>Sabbia fine argillosa</td> </tr> <tr> <td>16.0-18.0</td> <td>Sabbia fine con torba</td> </tr> <tr> <td>25.0-29.0</td> <td>Sabbia media con ghiaietto</td> </tr> <tr> <td>29.0-31.50</td> <td>Ghiaietto con sabbia</td> </tr> <tr> <td>Nota</td> <td>Livello statico 5 m circa</td> </tr> </tbody> </table>	182140P621		Profondità m da p.c.	Litologia	0.0-2.0	Terreno coltivato	2.0-16.0	Sabbia fine argillosa	16.0-18.0	Sabbia fine con torba	25.0-29.0	Sabbia media con ghiaietto	29.0-31.50	Ghiaietto con sabbia	Nota	Livello statico 5 m circa																								
182100P621																																																	
Profondità m da p.c.	Litologia																																																
0.0-110.0	Argilla plastica																																																
110.0-113.0	Sabbia mista																																																
182140P621																																																	
Profondità m da p.c.	Litologia																																																
0.0-2.0	Terreno coltivato																																																
2.0-16.0	Sabbia fine argillosa																																																
16.0-18.0	Sabbia fine con torba																																																
25.0-29.0	Sabbia media con ghiaietto																																																
29.0-31.50	Ghiaietto con sabbia																																																
Nota	Livello statico 5 m circa																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">182140P628</th> </tr> <tr> <th>Profondità m da p.c.</th> <th>Litologia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.0-4.5</td> <td>Argilla gialla</td> </tr> <tr> <td>4.5-7.0</td> <td>Terra nera</td> </tr> <tr> <td>7.0-8.0</td> <td>Terra sabbiosa</td> </tr> <tr> <td>8.0-14.0</td> <td>Terra nera</td> </tr> <tr> <td>14.0-17.0</td> <td>Argilla sabbiosa</td> </tr> <tr> <td>17.0-28.0</td> <td>Sabbia e terra</td> </tr> <tr> <td>28.0-31.0</td> <td>Sabbia</td> </tr> <tr> <td>31.0-105.0</td> <td>Argilla</td> </tr> <tr> <td>105.0-109.0</td> <td>Sabbia</td> </tr> <tr> <td>109.0-116.0</td> <td>Argilla sabbiosa</td> </tr> <tr> <td>116.0-116.5</td> <td>Sabbia</td> </tr> <tr> <td>116.5-121.0</td> <td>Argilla</td> </tr> </tbody> </table>	182140P628		Profondità m da p.c.	Litologia	0.0-4.5	Argilla gialla	4.5-7.0	Terra nera	7.0-8.0	Terra sabbiosa	8.0-14.0	Terra nera	14.0-17.0	Argilla sabbiosa	17.0-28.0	Sabbia e terra	28.0-31.0	Sabbia	31.0-105.0	Argilla	105.0-109.0	Sabbia	109.0-116.0	Argilla sabbiosa	116.0-116.5	Sabbia	116.5-121.0	Argilla	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">182140P622</th> </tr> <tr> <th>Profondità m da p.c.</th> <th>Litologia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.0-4.5</td> <td>Argilla gialla</td> </tr> <tr> <td>4.5-7.0</td> <td>Terra nera</td> </tr> <tr> <td>7.0-8.0</td> <td>Terra sabbiosa</td> </tr> <tr> <td>8.0-14.0</td> <td>Terra nera</td> </tr> <tr> <td>14.0-17.0</td> <td>Argilla sabbiosa</td> </tr> <tr> <td>17.0-20.0</td> <td>Terra gialla</td> </tr> <tr> <td>20.0-23.0</td> <td>Argilla dura</td> </tr> <tr> <td>23.0-26.0</td> <td>Argilla sabbiosa</td> </tr> </tbody> </table>	182140P622		Profondità m da p.c.	Litologia	0.0-4.5	Argilla gialla	4.5-7.0	Terra nera	7.0-8.0	Terra sabbiosa	8.0-14.0	Terra nera	14.0-17.0	Argilla sabbiosa	17.0-20.0	Terra gialla	20.0-23.0	Argilla dura	23.0-26.0	Argilla sabbiosa
182140P628																																																	
Profondità m da p.c.	Litologia																																																
0.0-4.5	Argilla gialla																																																
4.5-7.0	Terra nera																																																
7.0-8.0	Terra sabbiosa																																																
8.0-14.0	Terra nera																																																
14.0-17.0	Argilla sabbiosa																																																
17.0-28.0	Sabbia e terra																																																
28.0-31.0	Sabbia																																																
31.0-105.0	Argilla																																																
105.0-109.0	Sabbia																																																
109.0-116.0	Argilla sabbiosa																																																
116.0-116.5	Sabbia																																																
116.5-121.0	Argilla																																																
182140P622																																																	
Profondità m da p.c.	Litologia																																																
0.0-4.5	Argilla gialla																																																
4.5-7.0	Terra nera																																																
7.0-8.0	Terra sabbiosa																																																
8.0-14.0	Terra nera																																																
14.0-17.0	Argilla sabbiosa																																																
17.0-20.0	Terra gialla																																																
20.0-23.0	Argilla dura																																																
23.0-26.0	Argilla sabbiosa																																																

C.2 La campagna geognostica del gennaio 2020

In data 30 gennaio 2020 sono state eseguite tre prove penetrometriche statiche e n° 3 misure di rumore sismico passivo (HVSr) la cui ubicazione è riportata nella figura seguente.

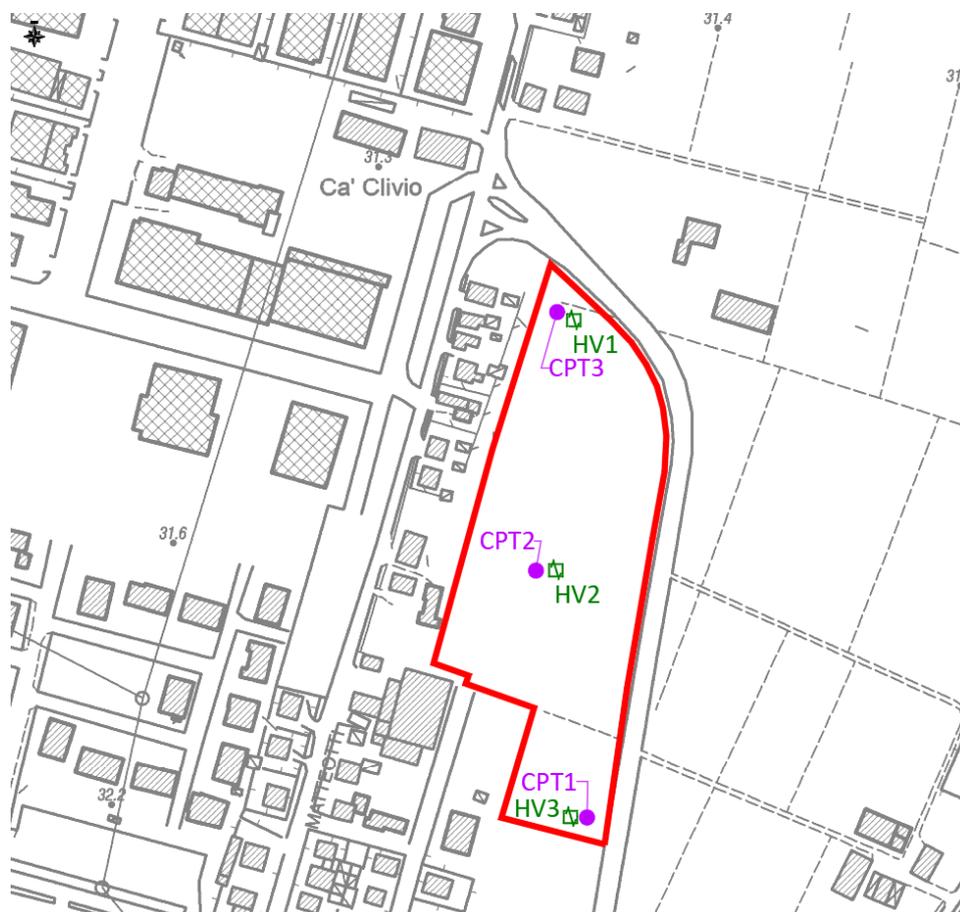


Figura 16. Ubicazione prove relative alla campagna di indagini geognostiche eseguita nel gennaio 2020.

Nella tabella sottostante si riporta la profondità dal piano campagna raggiunta da ciascuna prova.

Sigla	Tipo	Profondità (m dal p.c.)	Soggiacenza falda (m dal p.c.)	Tetto delle ghiaie [m dal p.c.]	Data di esecuzione
CPT1	Prova penetrometrica statica	17.40	1.35	-	30/01/2020
CPT2	Prova penetrometrica statica	16.00	1.10	-	30/01/2020
CPT3	Prova penetrometrica statica	16.00	1.30	-	30/01/2020
HVSr1	Prova sismica tipo HVSr	>30	-	-	30/01/2020
HVSr2	Prova sismica tipo HVSr	>30	-	-	30/01/2020
HVSr3	Prova sismica tipo HVSr	>30	-	-	30/01/2020

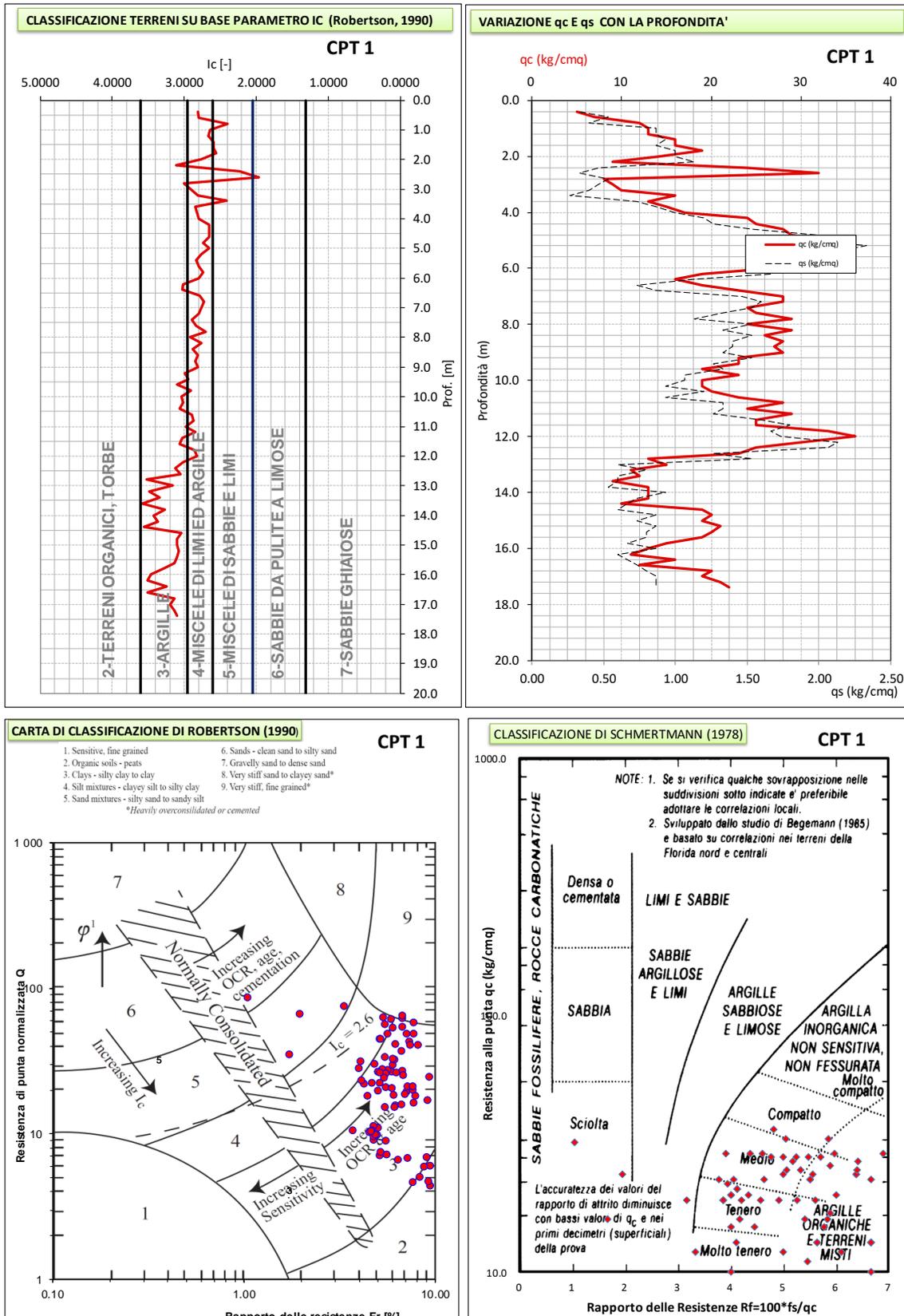
Tabella 2. Indagini eseguite nell'area in esame.

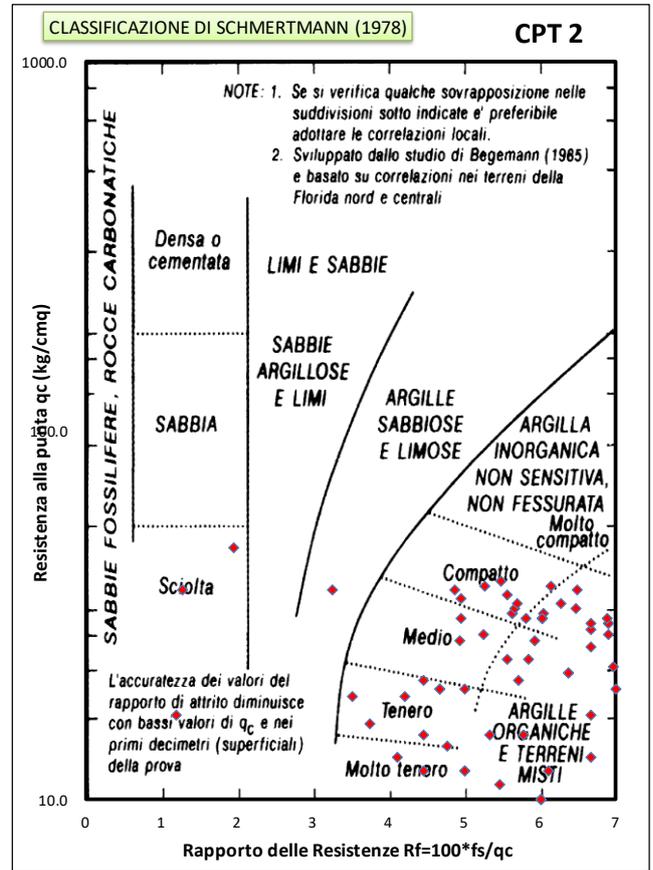
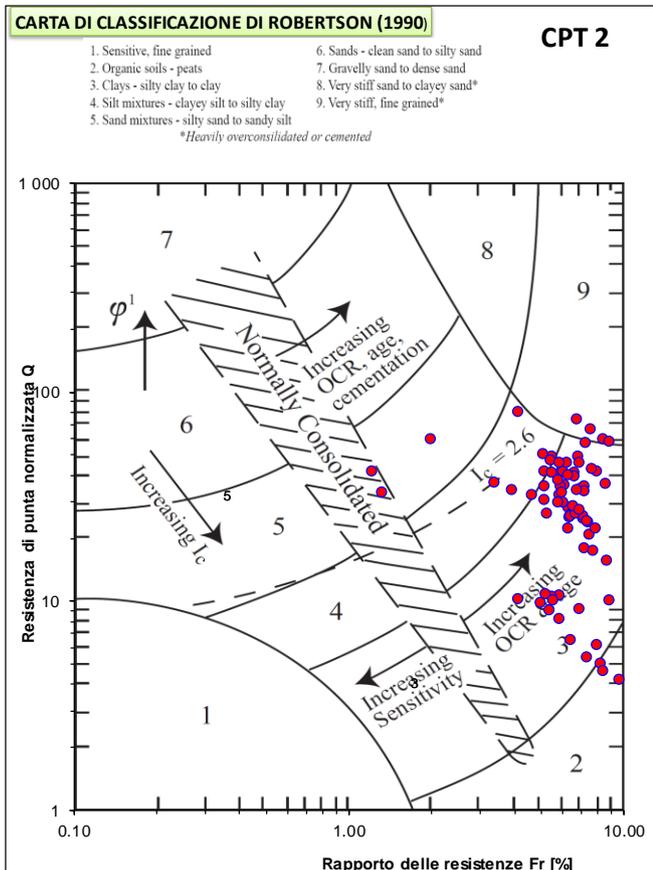
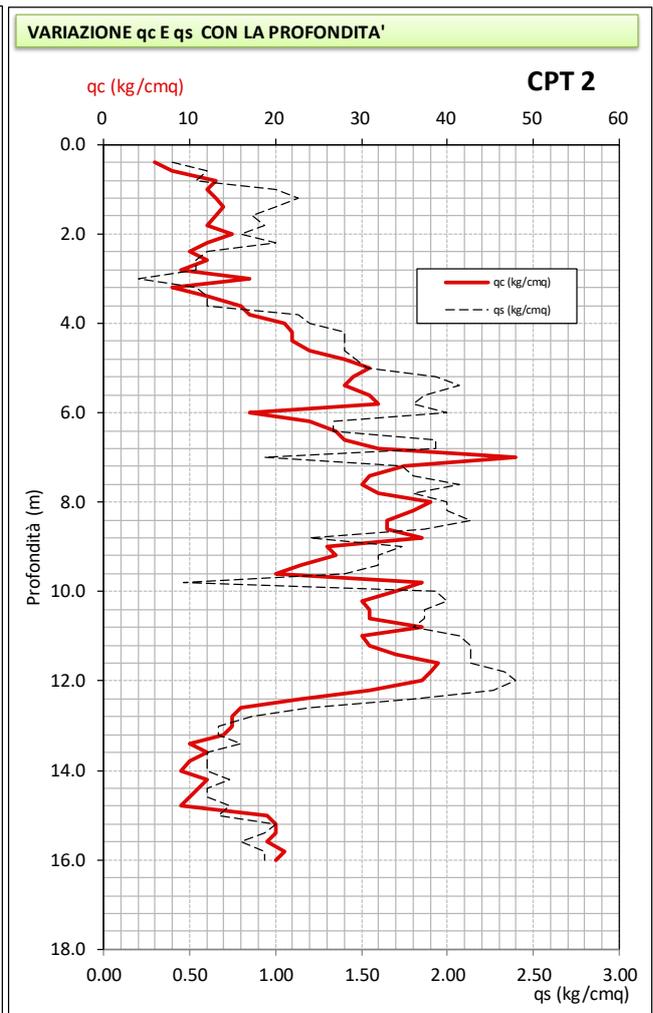
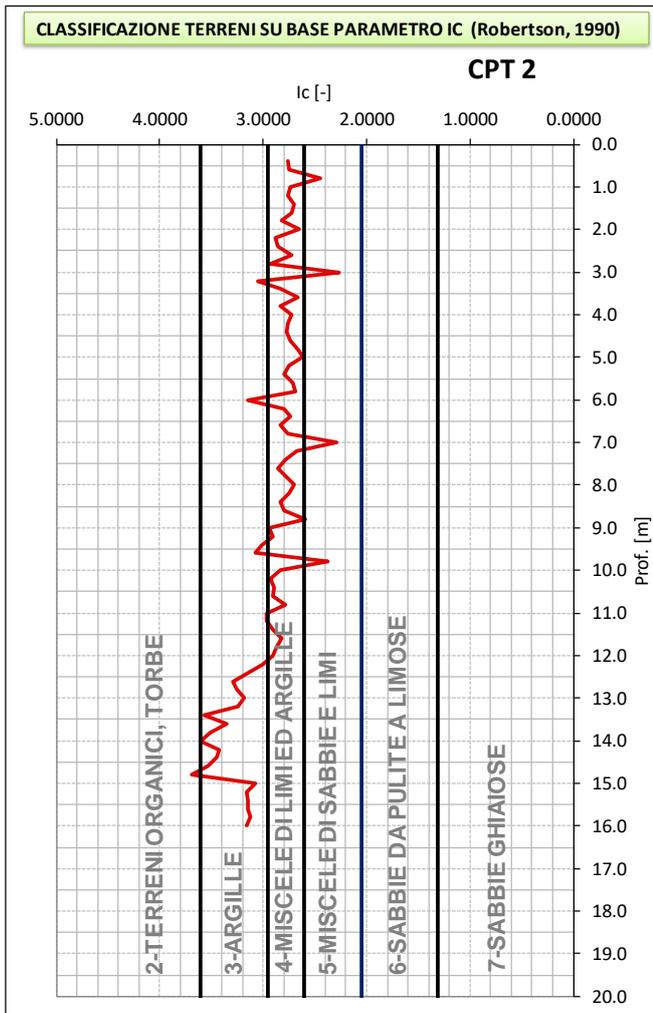
Come si osserva dalla tabella soprastante, nell'area è stata reperita la falda a profondità Variabili da 1.10-1.35 m da p.c. Nei paragrafi seguenti sono riportate le risultanze complessive della campagna di indagini eseguita.

C.2.1 Prova penetrometrica statica

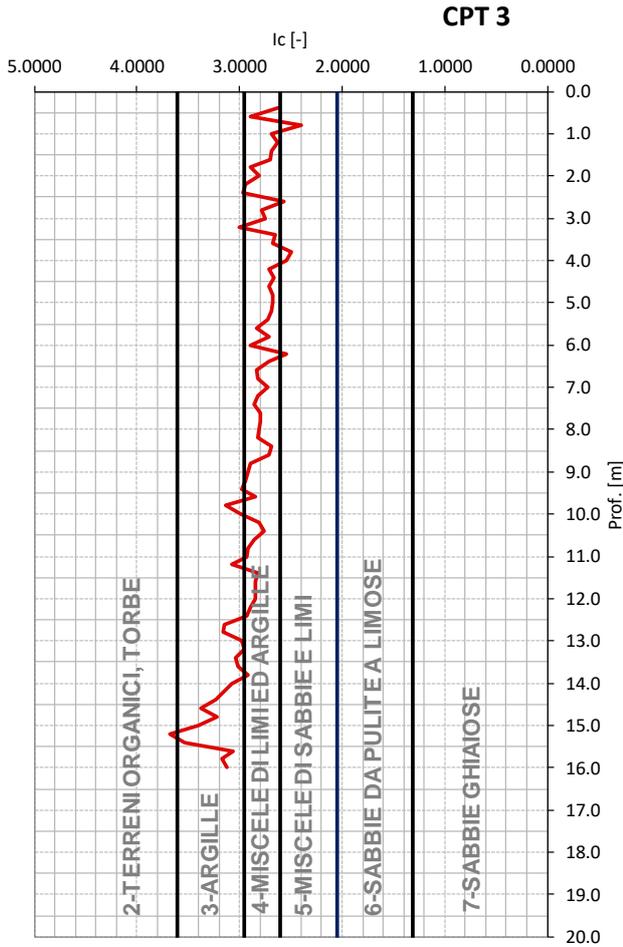
La prova penetrometrica statica è stata eseguita con un penetrometro statico dinamico Pagani TG63-200. Le prove penetrometriche statiche consistono nell'infiggere nel terreno la punta, precedentemente descritta e misurare la resistenza che oppone il terreno alla penetrazione. È opportuno sottolineare che le prove

penetrometriche, così come sono state eseguite, permettono di ottenere la resistenza di punta (q_c o R_p) e la resistenza laterale (q_s o RI). Tramite i valori di q_c e q_s è possibile ricavare informazioni sulla stratigrafia e sulle caratteristiche meccaniche del terreno. I valori di resistenza alla punta q_c e di resistenza laterale q_s delle prove penetrometriche statiche hanno permesso di eseguire una interpretazione litologica puntuale ogni 20 cm di spessore del terreno. Tramite i valori di q_c e q_s è possibile ricavare informazioni sulla stratigrafia e sulle caratteristiche meccaniche del terreno.

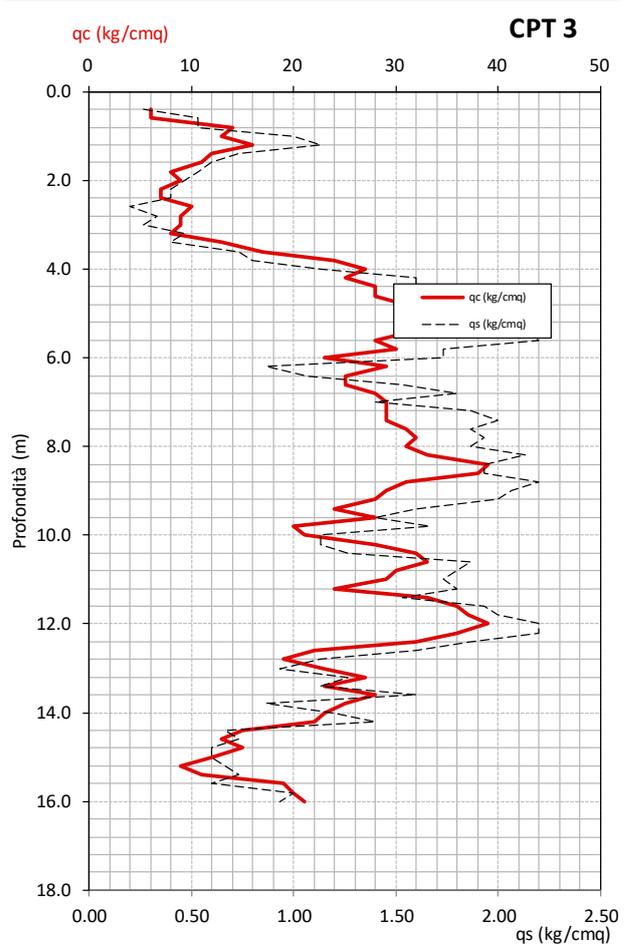




CLASSIFICAZIONE TERRENI SU BASE PARAMETRO IC (Robertson, 1990)

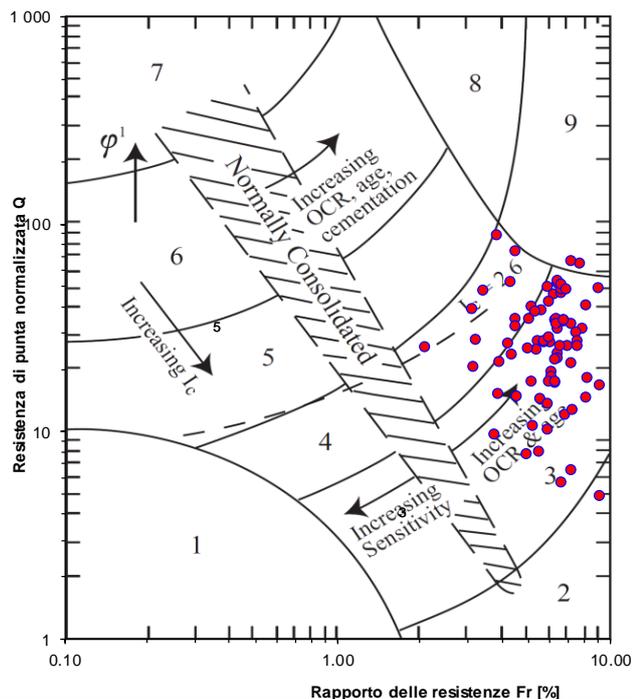


VARIAZIONE q_c E q_s CON LA PROFONDITA'

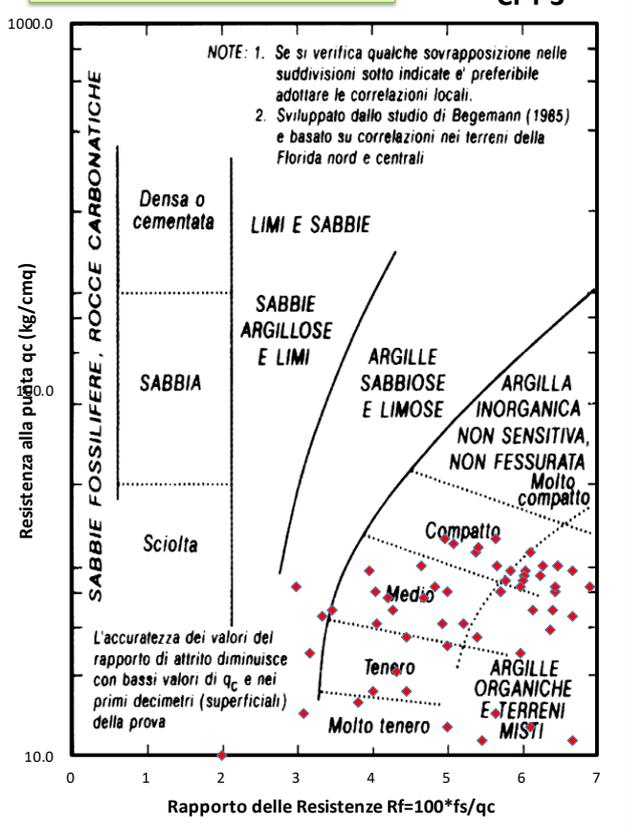


CARTA DI CLASSIFICAZIONE DI ROBERTSON (1990)

- CPT 3**
1. Sensitive, fine grained
 2. Organic soils - peats
 3. Clays - silty clay to clay
 4. Silt mixtures - clayey silt to silty clay
 5. Sand mixtures - silty sand to sandy silt
**Heavily overconsolidated or cemented*
 6. Sands - clean sand to silty sand
 7. Gravelly sand to dense sand
 8. Very stiff sand to clayey sand*
 9. Very stiff, fine grained*



CLASSIFICAZIONE DI SCHMERTMANN (1978)



C.2.2 *Misure di rumore sismico con tecnica a stazione singola (HV)*

Lo strumento è costituito da una terna di geofoni (due orizzontali disposti perpendicolarmente ed il terzo verticale) in grado di rispondere allo stesso modo a una medesima sollecitazione.

Misurando il rapporto H/V (con H componente orizzontale e V componente verticale) determinabile dai microtremori (le oscillazioni del suolo indotte da una serie di fattori sia naturali che antropici) si cerca di determinare il profilo verticale delle Vs.

Il rapporto spettrale H/V è sensibile ai contrasti di Vs, ma può identificarne la profondità solo una volta che siano note le Vs o, viceversa, può identificare le Vs una volta note le profondità.

La trattazione classica di Nakamura prevedrebbe il coinvolgimento delle onde di corpo (S e P) mentre le evidenze teoriche e sperimentali più recenti portano a concludere che il fattore determinante per la curva H/V sperimentale sia rappresentato dalle onde di superficie (più specificatamente dall'ellitticità, cioè appunto dal rapporto che sussiste tra le componenti orizzontali e quella verticale).

Nell'area in esame sono state eseguite n. 3 misurazioni denominate HV1, Hv2 ed HV3.

Le acquisizioni hanno avuto una durata di 20 minuti. Le frequenze che interessano l'ambito geologico-ingegneristico sono comprese nell'intervallo tra i 0.5 e i 20 Hz. Il report completo è riportato in allegato.

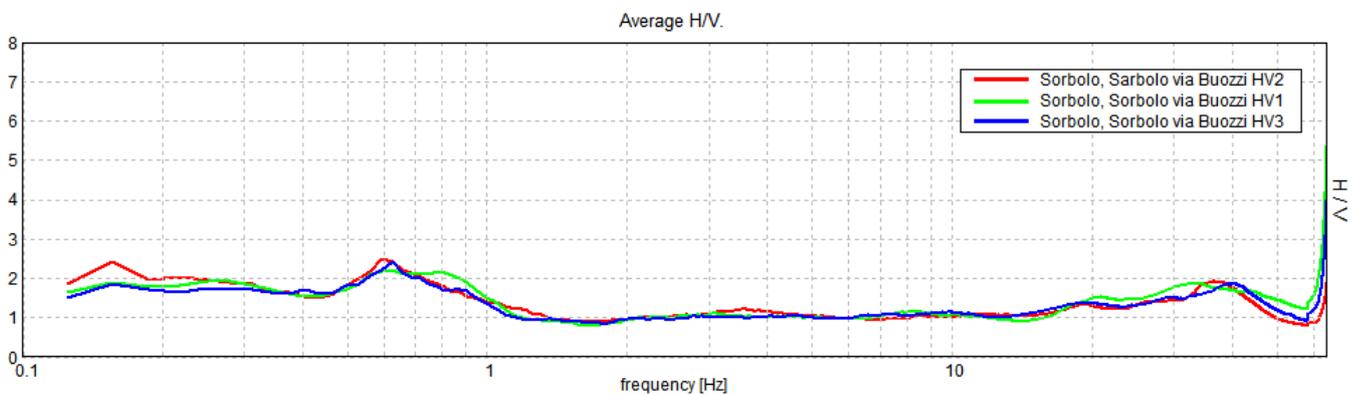


Figura 17. Rapporto Hv per le prove eseguite.

L'analisi del grafico precedente ha permesso di individuare il picco presente a circa 0.59-0.63 Hz che è risultato rispondente ai criteri Sesame di affidabilità, con ampiezza A variabile da 2.22 a 2.48 indicando un forte contrasto di impedenza.

Sulla base delle stratigrafie dell'area è stata eseguita l'inversione per ottenere le velocità (vs) dei terreni presenti nell'area ottenendo una Vs₃₀ variabile tra 270-274 m/s.

HV01			
Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.80	1.80	145	0.40
3.30	1.50	280	0.40
9.30	6.00	260	0.40
39.30	30.00	300	0.40
79.30	40.00	330	0.40
119.30	40.00	360	0.40
inf.	inf.	630	0.40
Vs(0.0-30.0)=273 m/s			

HV02			
Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
2.00	2.00	150	0.40
3.60	1.60	280	0.40

9.60	6.00	250	0.40
39.60	30.00	300	0.40
79.60	40.00	330	0.40
119.60	40.00	360	0.40
inf.	inf.	600	0.42
Vs(0.0-30.0)=270 m/s			

HV03			
Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.80	1.80	150	0.40
3.60	1.80	280	0.40
9.60	6.00	260	0.40
39.60	30.00	300	0.40
69.60	30.00	330	0.40
114.60	45.00	360	0.40
inf.	inf.	600	0.42
Vs(0.0-30.0)=274 m/s			

Il valore medio delle due prove eseguite ha permesso di individuare un valore Vs₃₀ pari a 272 m/s.

D. MODELLO GEOLOGICO E SCHEMA LITOLOGICO

Per ottenere informazioni relative alla situazione del sottosuolo sono state considerate le risultanze delle indagini eseguite e reperite. Sulla base di queste informazioni è possibile definire il seguente schema litologico e geotecnico:

- **Livello L1:** Al di sotto di un primo orizzonte superficiale di suolo dello spessore di circa 40 cm, sono presenti fino alle profondità indagate argille, argille limose e limi argillosi, piuttosto omogenee, pur presentando livelli a diversa consistenza. Tale orizzonte è stato rinvenuto fino alle massime profondità indagate, pari a 17.4 m da p.c. nella prova CPT1.

Dati caratterizzanti per il livello sono: $q_c=5^\circ$ percentile 9 Kg/cmq. Bayesiano=17.6 kg/cmq

Di seguito si riporta la caratterizzazione meccanica dei terreni indagati:

Profondità m dal pc	Sigla/Unità geologica	Comportamento prevalente	Litologia	Parametri	
0.0-17.4	L1	Coesivo	Argille, argille limose e limi argillosi. Da consistenti a molto consistenti	Parametri totali $\gamma_k = 18-20$ KN/m ³ $Cu_k = 88.9-123.5$ kPa $\Phi_u = 0^\circ$ $M_k = 6.3-7.3$ MPa	Parametri efficaci $\gamma'_k = 18-19$ KN/m ³ $c'_k = 0-5$ kPa $\Phi'_k = 31.9-32.8^\circ$

Dove: γ = peso di volume naturale; Cu = Resistenza al taglio in condizioni non drenate desunte dalle prove penetrometriche; M = Modulo Edometrico, ϕ' = angolo di attrito efficace; c' = coesione efficace.

Durante l'esecuzione delle indagini geognostiche (gennaio 2020) è stata reperita acqua nel foro di sondaggio a profondità comprese tra -1.10 e -1.35 m da p.c. Non si esclude comunque che in corrispondenza di periodi piovosi o eventi intensi la quota della falda possa risalire a quote più elevate.

D.1 Parametri meccanici

D.1.1 Resistenza alla punta (q_c) nella prova penetrometrica statica

Il valore di resistenza alla punta del penetrometro statico (q_c) è indicativa sulla litologia e sulla resistenza alla rottura del terreno attraversato.

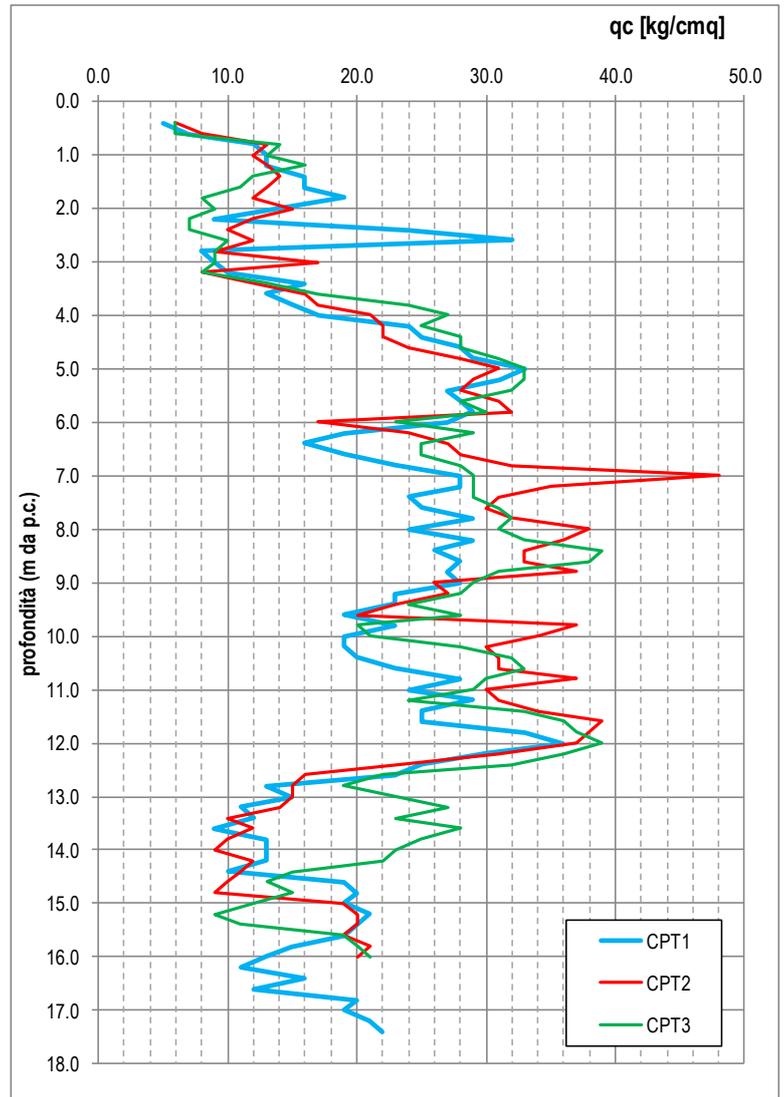
A lato è portato il diagramma del valore di q_c in funzione della profondità.

Di seguito si riporta un'elaborazione dei valori medi e statistici per i livelli individuati:

	L1
media	22.0
5° percentile	9.0
minimo	5.0
massimo	48.0
Dev stad	8.9
COV	0.4
Bayesiano	17.6
16° percentile	12.0

Parametri espressi in kg/cm²

Come valori caratteristici del livello sono considerati il 5° percentile e il Bayesiano.



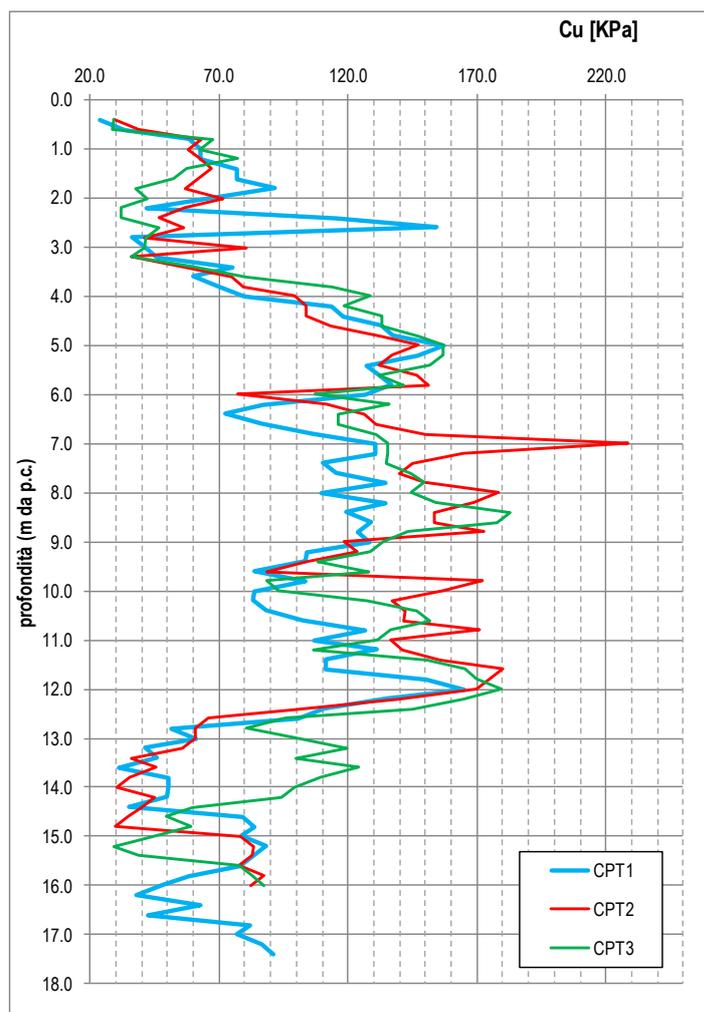
D.1.2 Coesione non drenata (Cu)

Per la valutazione della coesione non drenata (Cu), tipica dei terreni coesivi, è stata utilizzata la relazione proposta da Schmertmann (1975)³, espressa in funzione della resistenza alla punta qc (o Rp) del penetrometro statico e della pressione geostatica σ_v ; $Cu = R_p - \sigma_v / N_c$; dove N_c è una costante dipendente dal tipo di terreno in esame.

Il valore di Cu è stato discretizzato per i livelli individuati, di seguito si riportano i valori ottenuti.

Per la determinazione dei parametri caratteristici dei livelli coesivi è stato riportato il range tra il valore del 5°percentile ed il valore Bayesiano.

	L1
media	99.6
5° percentile	35.2
minimo	24.1
massimo	228.6
Dev stad	43.0
COV	0.4
Bayesiano	78.1
16° percentile	49.4



Valori di Cu (kPa)

³ Schmertmann, J. H. 1975. "Measurement of In-Situ Strength," Proceedings of the Conference on In-Situ Measurement of Soil Properties, American Society of Civil Engineers, pp 55-138.

D.1.3 Modulo Edometrico (M)

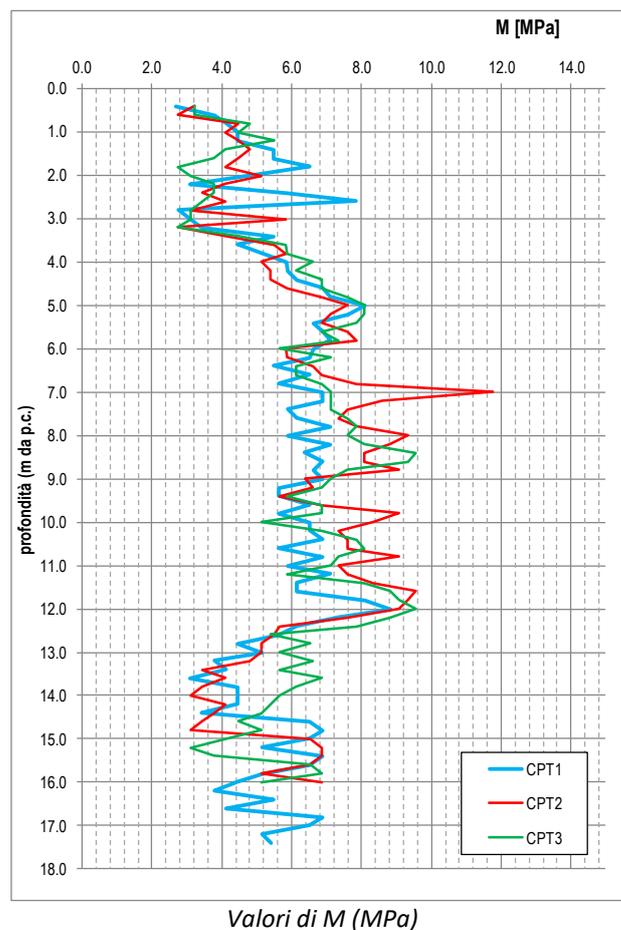
Per la valutazione del modulo edometrico (M) dalle prove statiche è stata impiegata la correlazione proposta da Mitchell & Gardner (1975)⁴:

$$M = \alpha qc \quad \text{Mitchell \& Gardner (1975)}$$

dove α è una costante dipendente dalle caratteristiche del terreno esaminato.

Per la determinazione dei parametri caratteristici è stato riportato il range tra il valore del 5°percentile ed il valore Bayesiano.

	L1
media	6.0
5° percentile	3.1
minimo	2.7
massimo	11.8
Dev stad	1.7
COV	0.3
Bayesiano	5.2
16° percentile	4.1



⁴ Mitchell J.K. & Gardner W.S. (1975) "In situ measurement of volume change characteristics" Proceeding of the ASCE specialty conference In situ, Volume II, Raleigh, NC, ASCE, pp 279-345.

D.1.4 Resistenza al taglio

I valori caratteristici della resistenza al taglio drenata (τ) sono rappresentati dalla coesione drenata c' e dall'angolo di attrito ϕ' . Questo ultimo parametro è stato determinato dalle prove penetrometriche statiche in cui partendo dai valori q_c , si ricava o in modo diretto (equazioni che correlano q_c con ϕ) o in modo indiretto (es. equazioni che correlano parametri tipo D_r con ϕ – i parametri tipo D_r sono ricavati da q_c). Le relazioni dirette utilizzate sono le seguenti:

$$\Phi = 9.8 + 4.96 \cdot \ln(q_c / \sigma'_v)$$

$$\Phi = 14.4 + 4.8 \cdot \ln q_c - 4.5 \cdot \ln \sigma'_v$$

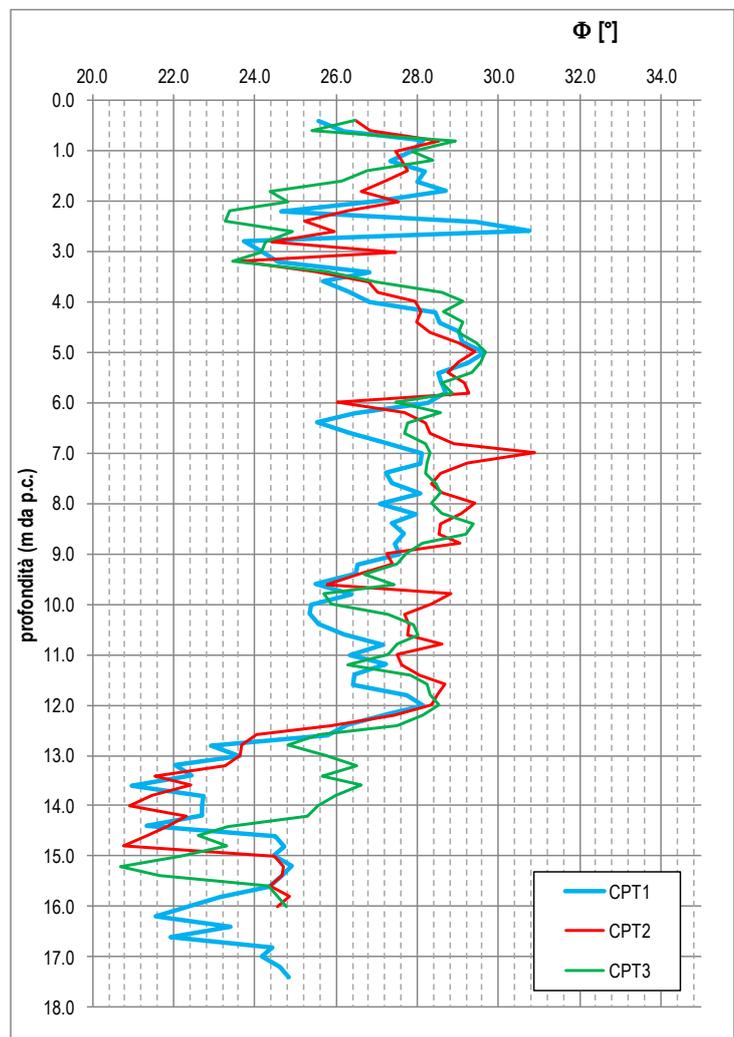
$$\Phi = 5.8 + 5.21 \cdot \ln(q_c / \sigma'_v)$$

$$\Phi = 17.6 + 11 \cdot \log(Q_{c1n})$$

Caquot
 Durgunoglu-Mitchell (1975)⁵
 Koppejan et al. (1948)⁶
 Kulhawy & Mayne (1990)⁷

Per la determinazione dei parametri caratteristici è stato riportato il range tra il valore del 5°percentile ed il valore Bayesiano.

	L1
media	26.5
5° percentile	22.0
minimo	20.7
massimo	30.9
Dev stad	2.2
COV	0.1
Bayesiano	25.4
16° percentile	24.2



Per quanto riguarda la coesione efficace c' nel livello L1 si può assumere uguale a 0-5 kPa.

5 Durgunoglu, H. T., and Mitchell, J. K. (1975). "Static Penetration Resistance of Soils, Evaluation of Theory and Implication for Practice." Proceedings of the In-situ Measurement of Soil Properties, Raleigh, NC, American Society of Civil Engineers, New York, NY.

6 Koppejan, A.W., van Wamelen, B.M., Weinberg, L.J.H. (1948): "Coastal flow slides in the Dutch province of Zeeland." In Proceeding of the 1st Int. Conf. Of Int. Soc. of Soil Mechanics and Foundation Engineer, Rotterdam, Vol.4.

7 Kulhawy, FH & Mayne, PW (1990). "Manual on estimating soil properties for foundation design", Rpt. EL-6800, Electric Power Research Inst., Palo Alto, 306 p"

E. MODELLAZIONE SISMICA CONCERNENTE LA "PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE" DEL SITO DI COSTRUZIONE

E.1 Sismicità

E.1.1 Zonazione sismica e pericolosità

L'area in esame, nella zonazione sismogenetica pubblicata sul sito <http://zonesismiche.mi.ingv.it/> (G.d L., 2004⁸), ricade all'esterno delle zone individuate, a nord della zona sismogenetica 913 e ad ovest della zona 912. Le zone sismogenetiche 913, 914 e 918 risultano dalla scomposizione della fascia che da Parma si estende fino all'Abruzzo. In questa fascia si verificano terremoti prevalentemente compressivi nella porzione nord-occidentale e probabilmente distensivi nella porzione più sud-orientale; si possono altresì avere meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo che dissecano la continuità longitudinale delle strutture. L'intera fascia è caratterizzata da terremoti storici che raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo. Le profondità ipocentrali sono mediamente maggiori in questa fascia di quanto non siano nella fascia più esterna. Le zone 912 e 917 rappresentano la porzione più esterna della fascia di compressione dell'arco appenninico settentrionale. Nella zona 912 la sismicità sembra evidenziare l'andamento del fronte compressivo sepolto più avanzato (a ridosso del Po).

GENERAL INFORMATION

DISS-ID	ITCS009
Name	Busseto-Caviago
Compiler(s)	Burrato P.(1)
Contributor(s)	Burrato P.(1), D'Ambrogi C.(2), Maesano F.E.(1), Toscani G.(3)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy 2) Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale; Servizio Geologico d'Italia; Via Vitaliano Brancati, 48, 00144 Roma, Italy 3) Universit di Pavia; Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente; Via Ferrata, 1, 27100 Pavia, Italy
Created	17-Oct-2013
Updated	19-Jun-2015
Display map ...	
Related sources	

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE
Min depth [km]	2.0	OD Based on geological data from various authors.
Max depth [km]	8.0	OD Based on geological data from various authors.
Strike [deg] min... max	120...140	OD Based on geological data from various authors.
Dip [deg] min... max	20...40	OD Based on geological data from various authors.
Rake [deg] min... max	90...120	EJ Inferred from geological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.16...0.53	OD Based on geological data from Maesano et al. (2015).
Max Magnitude [Mw]	5.6	LD Derived from the strongest earthquake occurred in the region.

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

ACTIVE FAULTS

ACTIVE FOLDS

Nel "Database of individual seismogenic sources - DISS"⁹ disponibile al sito www.ingv.it l'area in esame ricade esternamente alle sorgenti sismogenetiche individuate.

Nel "Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani" (Gruppo di lavoro CPTI15, 2016¹⁰) per un intorno significativo dell'area in esame (un rettangolo di 30 Km di lato con centro nell'area in esame) sono stati identificati i seguenti eventi significativi dei quali si riportano alcuni dati nella tabella successiva.

N	Sect	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	EpicentralArea	MainRef	TLDef	LatDef	LonDef	DepDef	IoDef	TioDef	MwDef	ErMwDef	TMwDef
52	MA	1280	01	25				Pianura emiliana	BOSGU003	MM	44.814	10.683		5-6	bx	4.40	0.46	Mdm
84	MA	1344	11	11				Parma	CFTI4med	MM	44.801	10.330		5	bx	4.16	0.46	Mdm
85	MA	1345	01	31				Pianura emiliana	ENEL985	MM	44.810	10.564		5-6	bx	4.40	0.46	Mdm
114	MA	1383	07	24	20			Parma	ENEL985	MM	44.801	10.330		4-5	bx	3.93	0.46	Mdm
140	MA	1409	11	15	11	15		Parma	CFTI4med	MM	44.801	10.330		7	bx	5.10	0.46	Mdm
159	MA	1438	06	11	02			Parmense	CFTI4med	MM	44.844	10.239		8	bx	5.56	0.46	Mdm
183	MA	1465	04	07	15	30		Pianura emiliana	CFTI4med	MM	44.698	10.631		5-6	bx	4.40	0.46	Mdm

⁸ Gruppo di Lavoro (2004): Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma.

⁹ Basili R., G. Valensise, P. Vannoli, P. Burrato, U. Fracassi, S. Mariano, M.M. Tiberti, E. Boschi (2008), The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology, Tectonophysics

¹⁰ Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>

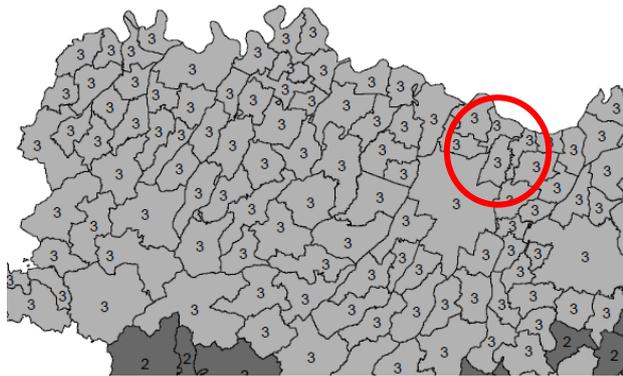
N	Sect	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	EpicentralArea	MainRef	TLDef	LatDef	LonDef	DepDef	IoDef	TloDef	MwDef	ErMwDef	TMwDef
209	MA	1481	02	07	22	45		Pianura emiliana	CFTI4med	MM	44.724	10.628		5	bx	4.16	0.46	Mdm
216	MA	1485						Reggio nell'Emilia	CFTI4med	MM	44.698	10.631		5	bx	4.16	0.46	Mdm
327	MA	1547	02	10	13	20		Reggiano	CFTI4med	MM	44.698	10.631		7	bx	5.10	0.46	Mdm
328	MA	1547	03	24				Reggiano	CFTI4med	MM	44.698	10.631		5-6	bx	4.40	0.46	Mdm
363	MA	1572	06	04	22			Parmense	ENEL985	MM	44.850	10.422		6	bx	4.63	0.46	Mdm
383	MA	1591	05	24				Reggio nell'Emilia	ENEL985	MM	44.698	10.631		6	bx	4.63	0.46	Mdm
400	MA	1600	10	28				Reggio nell'Emilia	CAMAL011b	MM	44.698	10.631		7-8	bx	5.33	0.46	Mdm
406	MA	1607	12	31				Reggio nell'Emilia	CFTI4med	MM	44.698	10.631		5	bx	4.16	0.46	Mdm
407	MA	1608	01	06	22	20		Reggio nell'Emilia	CFTI4med	MM	44.698	10.631		5-6	bx	4.40	0.46	Mdm
443	MA	1628	11	04	15	40		Parma	CFTI4med	MM	44.801	10.330		6-7	bx	4.86	0.46	Mdm
480	MA	1653	04	19	04	15		Reggiano	CAMAL011b	MM	44.814	10.504		5-6	bx	4.40	0.46	Mdm
688	MA	1732	02	04	18	20		Parma	CFTI4med	MM	44.871	10.468		5-6	bx	4.65	0.35	Mdm
834	MA	1774	03	04				Parma	AMGNDT995	MM	44.801	10.330		5	bx	4.16	0.46	Mdm
997	MA	1806	02	12				Reggiano	ENEL985	MM	44.862	10.671		7	bx	5.21	0.26	Mdm
1017	MA	1810	12	25	00	45		Pianura emiliana	ENEL985	MM	44.900	10.719		6	bx	5.06	0.20	Mdm
1044	MA	1818	12	09	18	55		Parmense	CFTI4med	MM	44.696	10.296		7	bx	5.24	0.38	Mdm
1096	MA	1831	07	14	15	30		Reggiano	CFTI4med	MM	44.749	10.480		5-6	bx	4.60	0.37	Mdm
1097	MA	1831	09	11	18	15		Pianura emiliana	CFTI4med	MM	44.753	10.544		7-8	bx	5.48	0.26	Mdm
1111	MA	1832	03	13	03	30		Reggiano	CFTI4med	MM	44.765	10.494		7-8	bx	5.51	0.12	Mdm
1262	MA	1857	02	01				Parmense-Reggiano	AMGNDT995	MM	44.749	10.480		6-7	bx	5.11	0.21	Mdm
1358	MA	1873	05	16	19	35		Reggiano	ENEL985	MM	44.612	10.701		6-7	bx	5.01	0.45	Mdm
1521	MA	1886	10	15	02	20		Collecchio	ENEL985	MM	44.750	10.306		6	bx	4.70	0.20	Mdm
1652	MA	1895	05	12	20	29		Reggiano	CFTI4med	MM	44.745	10.605		4-5	bx	3.98	0.38	Mdm
1726	MA	1898	03	04	21	05		Parmense	CFTI4med	MM	44.655	10.260		7-8	bx	5.37	0.10	Mdm
2137	MA	1915	10	10	23	10		Reggiano	ENEL985	MM	44.733	10.470		6	bx	4.87	0.11	Wmim
2218	MA	1918	05	06	08	05		Reggiano	CFTI4med	MM	44.691	10.630		5-6	bx	4.41	0.56	Mdm
2425	MA	1930	09	24	19	10	55.00	Reggiano	ISS	II	44.600	10.600						
2531	MA	1937	09	17	12	19	05.00	Parmense	CFTI4med	MI	44.764	10.338		7	bx	4.77	0.28	Mdm
2559	MA	1940	01	24	23	32	16.00	Appennino emiliano	ISS	II	44.800	10.300						
2674	MA	1950	05	06	03	43		Reggiano	AMGNDT995	MI	44.731	10.671		4	bx	4.41	0.20	Wmim
2838	MA	1961	08	13	22	34	18.00	Parmense	CFTI4med	MM	44.739	10.229		5-6	bx	4.37	0.25	Mdm
2919	MA	1967	04	03	16	36	18.00	Reggiano	MOLAL008	MI	44.730	10.602		5	bx	4.44	0.18	Wmim
2964	MA	1968	06	07	09	34	46.00	Parmense	ISC	II	44.750	10.320	25.0					
3003	MA	1970	05	03	04	17	41.00	Parmense	MOLAL008	MI	44.707	10.299		4	bx	4.08	0.32	Wmim
3038	MA	1971	07	15	01	33	23.00	Parmense	CFTI4med	MI	44.814	10.345		8	bx	5.51	0.08	Wmim
3057	MA	1972	06	25	17	10	47.87	Parmense	ISC	II	44.638	10.303	49.6			4.01	0.23	InsC
3319	MA	1981	05	26	09	27	56.00	Reggiano	CFTI4med	MI	44.655	10.434		5	bx	3.75	0.21	Wmim
3380	MA	1983	11	09	16	29	52.00	Parmense	CFTI4med	MI	44.755	10.265		6-7	bx	5.04	0.10	InsO
3519	MA	1987	04	24	02	30	27.04	Reggiano	CSTI1.1	IM	44.812	10.691	0.1	6	bx	4.64	0.12	Wmim
3520	MA	1987	05	02	20	43	53.32	Reggiano	CSTI1.1	IM	44.810	10.694	0.1	6	bx	4.71	0.10	InsO
3815	MA	1996	10	15	09	55	59.95	Pianura emiliana	CSTI1.1	IM	44.798	10.678	1.3	7	bx	5.38	0.10	InsO
3816	MA	1996	10	15	10	19	44.10	Pianura emiliana	CSTI1.1	II	44.815	10.691	0.1			4.10	0.12	InsC
3817	MA	1996	10	15	12	18	24.22	Pianura emiliana	CSTI1.1	II	44.803	10.677	0.5			4.38	0.10	InsO
3818	MA	1996	10	16	00	24	29.10	Pianura emiliana	CSTI1.1	II	44.826	10.700	0.1			4.16	0.12	InsC
3820	MA	1996	10	26	04	56	54.10	Pianura emiliana	CSTI1.1	IM	44.853	10.699		5-6	bx	3.94	0.10	Wmim
3825	MA	1996	11	25	19	47	53.85	Pianura emiliana	CSTI1.1	IM	44.787	10.715	10.0	5-6	bx	4.29	0.18	Mdm
3828	MA	1996	12	16	09	09	53.08	Pianura emiliana	CSTI1.1	IM	44.814	10.693		5-6	bx	4.06	0.10	Wmim
3836	MA	1997	05	12	22	13	52.50	Pianura emiliana	CS11.1	IM	44.781	10.630	7.2	4-5	bx	3.68	0.13	Wmim
3931	MA	1998	02	21	02	21	13.30	Pianura emiliana	CS11.1	IM	44.777	10.723	19.8	5	bx	3.93	0.10	Wmim
4033	MA	2000	06	18	08	14	23.95	Pianura emiliana	CS11.1	II	44.693	10.633	12.1			4.88	0.30	InsC
4315	MA	2007	05	09	06	03	49.66	Pianura emiliana	BSINGV	II	44.801	10.478	9.7			4.21	0.07	InsO
4467	MA	2012	01	25	08	06	37.09	Pianura emiliana	BSINGV	IM	44.871	10.510	29.0	5-6	bx	4.98	0.07	InsO

Field	Description	TLDef	Type of default location:
N	Record number (in chronological order)		- MI = macroseismic (alternative to instrumental)
Sect	Catalogue section, related to a specific seismological context MA = main NV = Phlegraean volcanic area EV = Etna volcanic area CA = Calabrian arc (subduction)		- IM = instrumental (alternative to macroseismic) - II = instrumental (only choice) - MM = macroseismic (only choice) - PC = from parametric catalogue - NP = location not defined
Year	Origin time: year	LatDef	Default epicentral latitude (WGS84)
Mo	Origin time: month	LonDef	Default epicentral longitude (WGS84)
Da	Origin time: day	DepDef	Default depth in km (instrumental; only when TLDef = II or IM)
Ho	Origin time: hour	IoDef	Default epicentral intensity
Mi	Origin time: minutes	TloDef	Source of the default epicentral intensity:
Se	Origin time: seconds		- bx = from macroseismic data, determined using Boxer - pc = from parametric catalogue - dm = from macroseismic data according to the referenced study (RefM)
EpicentralArea	Epicentral area or area of the largest macroseismic effects	MwDef	Default moment magnitude
MainRef	Main bibliographical reference: - equal to RefM when TLDef = MM, MI, ND - equal to RefIns when TLDef = II o IM - code of the reference parametric catalogue when TLDef = PC	ErMwDef	Error associated to the default moment magnitude
		TMwDef	Default moment magnitude determination code: - InsO = instrumental, recorded - InsC = instrumental, converted from other magnitude scales - Mdm = macroseismic, from intensity data - Mlo = macroseismic, converted from epicentral intensity - Mpc = from the source parametric catalogue - Wmim = mean of MwIns and MwM, weighted with the inverse of the related variances

Tabella 3. Estratto dal Catalogo Parametrico dei Terremoti italiani.

E.1.2 Classificazione sismica

Nell' "Aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei comuni dell'Emilia-Romagna" (DGR n.1164/2018) il territorio che indentificava il comune di **Sorbolo** viene classificato in **zona 3**. Nella figura seguente viene riportata la classificazione sismica a scala regionale.



- Zona 2
- Zona 3

Figura 18. Estratto dall'allegato B della DGR n.1164/2018.

Nel D.M 17 gennaio 2018. "Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" per il calcolo della pericolosità si fa riferimento agli allegati delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" (G.U. n°29 del 04/02/08) in cui in particolare è fornita la pericolosità sismica su reticolo di riferimento per diversi intervalli di riferimento (sito <http://esse1.mi.ingv.it/>). Poiché l'area in esame non ricade precisamente su uno di tali punti, i valori dei parametri di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento attraverso la seguente espressione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

dove p è il valore del parametro di interesse nel punto in esame; p_i è il valore del parametro di interesse nell'iesimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame; d è la distanza del punto in esame dall'iesimo punto della maglia suddetta.

Di seguito si riportano i parametri a_g, F₀ e T_c' per diversi periodi di ritorno TR ottenuti con il programma "Spettri-NTC ver 1.3" disponibile sul sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici <http://www.cslp.it/cslp/>.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate
 LONGITUDINE: 10.45348 LATITUDINE: 44.85308

Ricerca per comune
 REGIONE: Emilia-Romagna PROVINCIA: COMUNE:

Elaborazioni grafiche:
 Grafici spettri di risposta
 Variabilità dei parametri

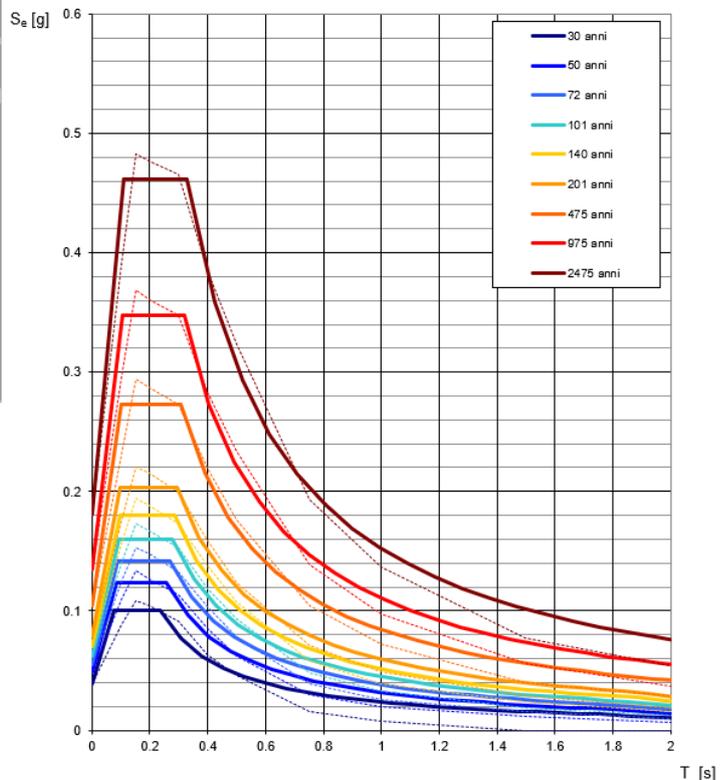
Elaborazioni:
 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Controllo sul reticolo:
 Sito esterno al reticolo
 Interpolazione su 3 nodi
 Interpolazione corretta

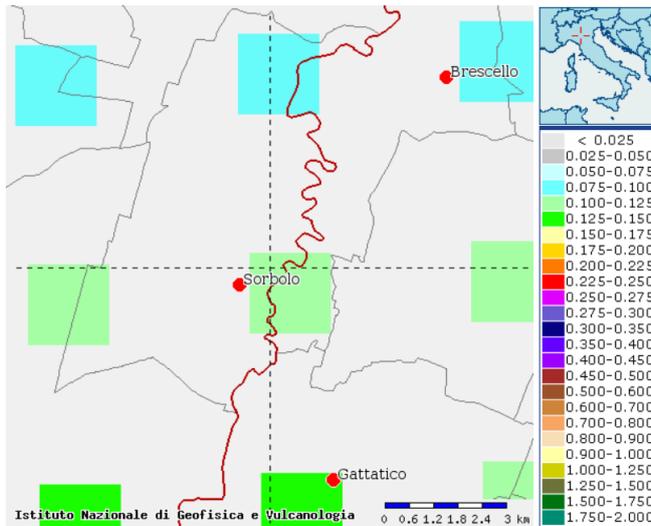
Interpolazione: media ponderata

La "Ricerca per comune" utilizza le ... coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".



T _R [anni]	a _g [g]	F ₀ [-]	T _c ' [s]
30	0.039	2.558	0.235
50	0.049	2.536	0.257
72	0.055	2.559	0.271
101	0.062	2.570	0.280
140	0.070	2.565	0.286
201	0.079	2.581	0.293
475	0.105	2.601	0.309
975	0.135	2.575	0.318
2475	0.182	2.544	0.330

I dati di disaggregazione riportati nel sito <http://esse1.mi.ingv.it/> per i vertici identificati riferiscono valori di magnitudo (M) per a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni media comprese tra 4-6 e distanze (D) comprese tra 0-30 km.



	14941	14942	15163	15164
M	4.980	5.040	4.900	4.970
D	21.100	26.100	14.00	18.900
Epsilon	1.260	1.430	0.965	1.220

Figura 19. Dati di disaggregazione estratti dal sito <http://esse1.mi.ingv.it/> per i nodi relativi all'area in esame per una probabilità del 10% in 50 anni.

E.2 Elementi di microzonazione sismica

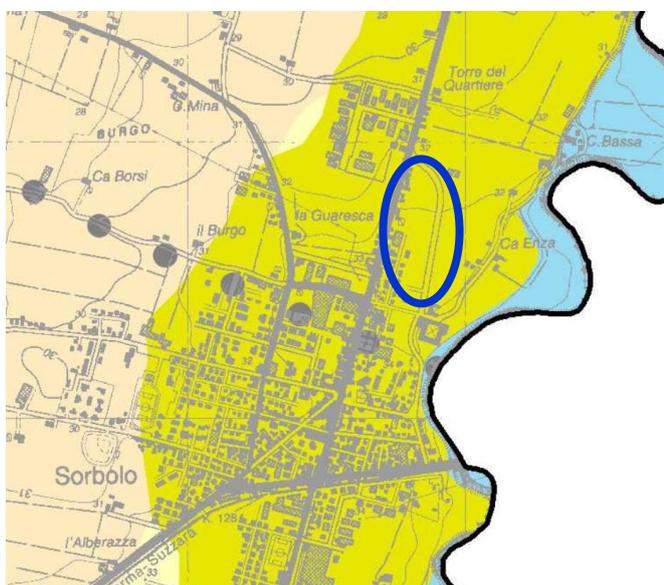
E.2.1 Rischio sismico da PTCP Parma

Con delibera di Consiglio Provinciale n. 23 del 17.04.2013, è stata approvata la Variante al PTCP di adeguamento alla normativa sismica regionale, elaborata in accordo con gli Indirizzi Regionali e Nazionali disponibili in materia di riduzione del rischio sismico.

Nella tavola "Dati del sottosuolo utili alla definizione della Pericolosità Sismica Locale", il sito in esame risulta caratterizzato dalla presenza di depositi sabbiosi dell'apparato del F. Po, sepolti. Il tetto dei depositi ghiaiosi/sabbiosi appenninici e padani è posto a quote comprese tra 0e 25 m slm. La base del ciclo alluvionale superiore è posta a quote comprese tra -200 e -250 m slm. La base dei depositi alluvionali/tetto substrato marino è posta a profondità superiori a -550 m slm.

La "Carta della Pericolosità sismica locale" per il sito in esame indica la presenza di un dosso fluviale in un'area interessata prevalentemente da depositi ghiaiosi o limosi o misti.

All'interno della "Carta provinciale delle aree suscettibili di effetti locali" l'area in esame risulta caratterizzata dalla possibile presenza di depositi sabbiosi [PDS]: gli effetti attesi per tale zona sono l'amplificazione per caratteristiche litologiche e la possibile liquefazione ed è richiesto un livello di approfondimento III (II se si esclude il rischio di liquefazione).



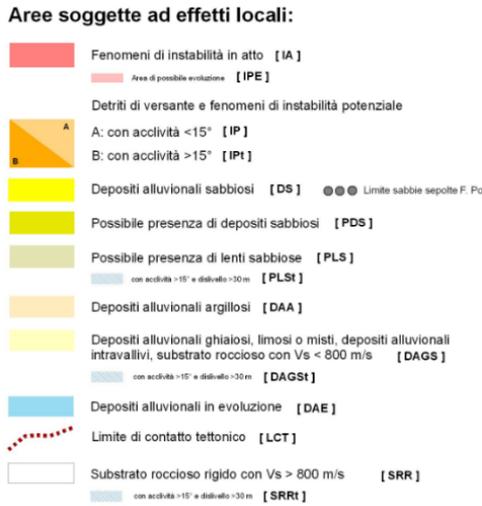


Figura 20. Estratto dalla “Carta provinciale delle aree suscettibili di effetti locali” del PTCP di Parma.

Forme e depositi superficiali che possono influenzare il moto sismico in superficie:



Figura 21. Estratto dalla “Carta della pericolosità sismica locale” del PTCP di Parma.

E.2.2 Microzonazione sismica del Comune di Sorbolo

Il comune di Sorbolo è dotato di Studio di Microzonazione Sismica di III livello (MS3) da cui sono tratti gli elaborati seguenti.

Nella “Carta geologico tecnica”, i terreni copertura presenti nell’area sono classificati come MLes “limi organici, farina di roccia, sabbie fini, limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità”, il cui ambiente genetico deposizionale corrisponde ad “argini/barre/canali”. La falda misurata in aree limitrofe è posta alla profondità di 1.0-1.3 m.

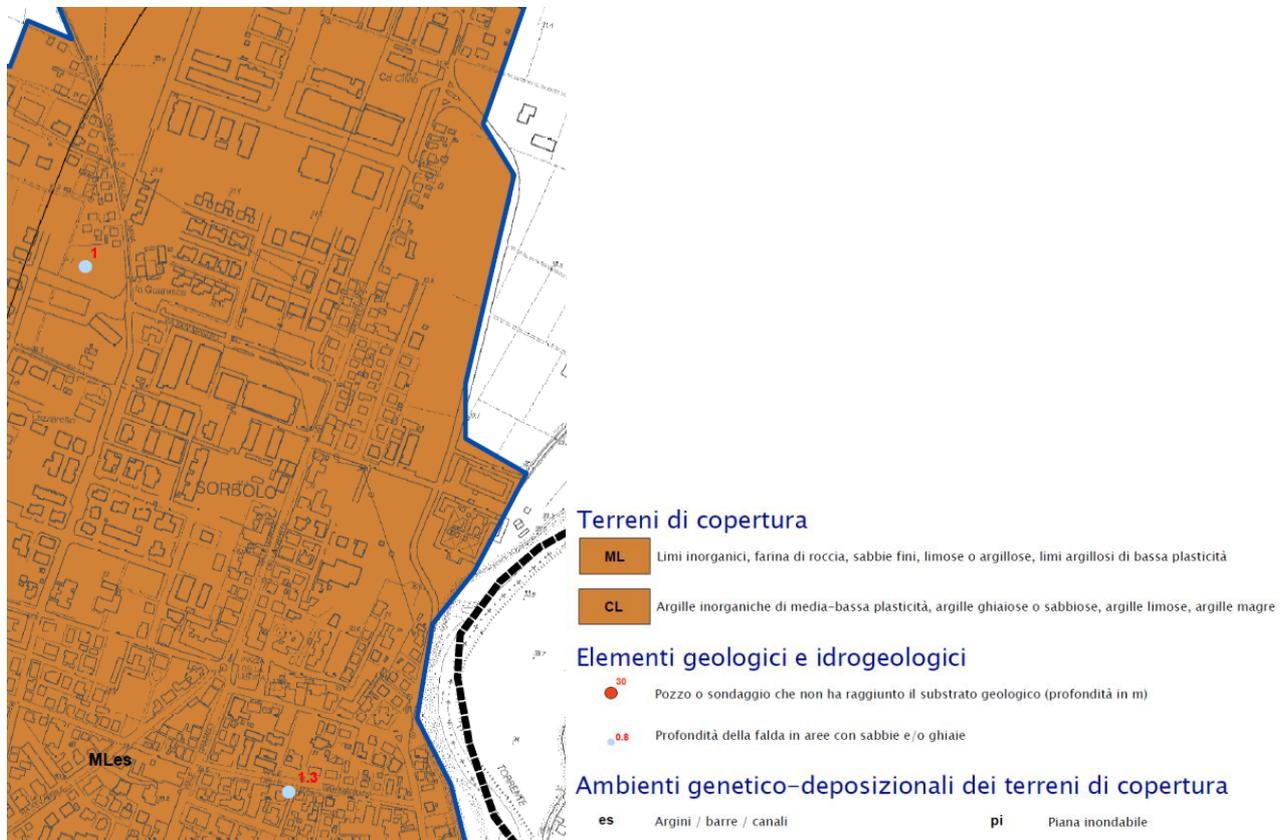


Figura 22. Estratto dalla “Carta geologico tecnica” della Microzonazione sismica del comune di Sorbolo.

La “Carta delle indagini” riportata in estratto in figura seguente evidenzia l’assenza di prove eseguite nel sito in esame. È comunque presente un’indagine sismica HVSR posta immediatamente a nord-ovest dello stesso ed altre indagini sismiche poste ad ovest e a sud dell’area oggetto del presente studio. Nei pressi sono indicate anche alcune prove penetrometriche statiche, di cui una eseguita con piezocono.

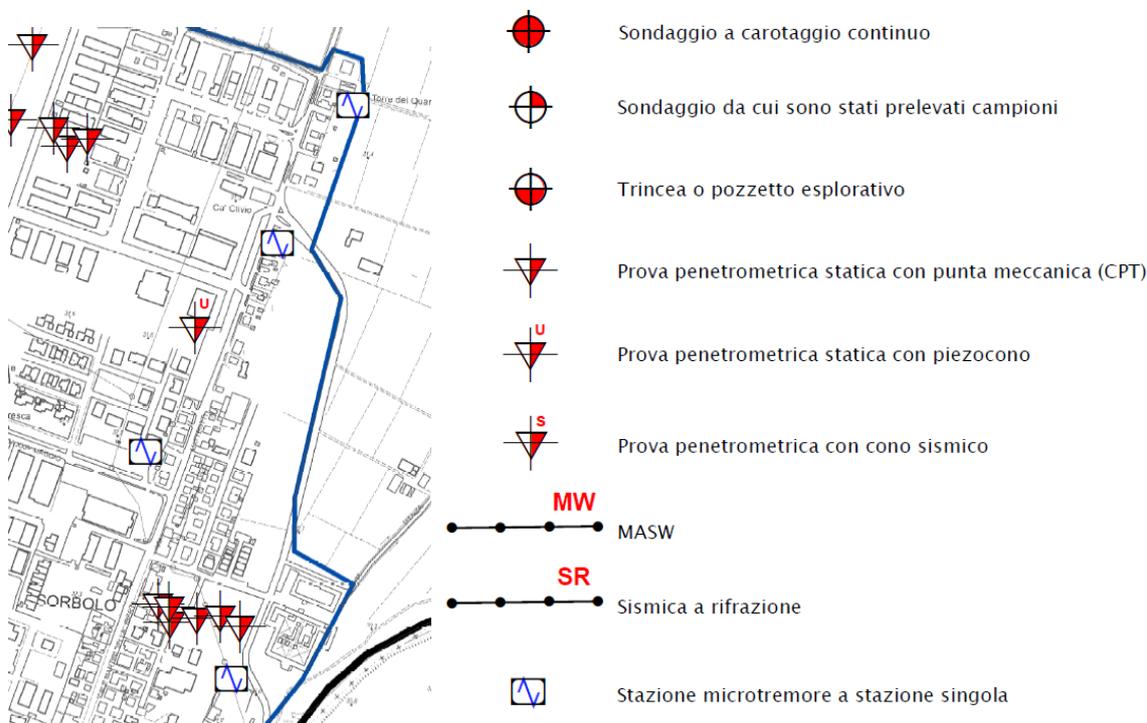
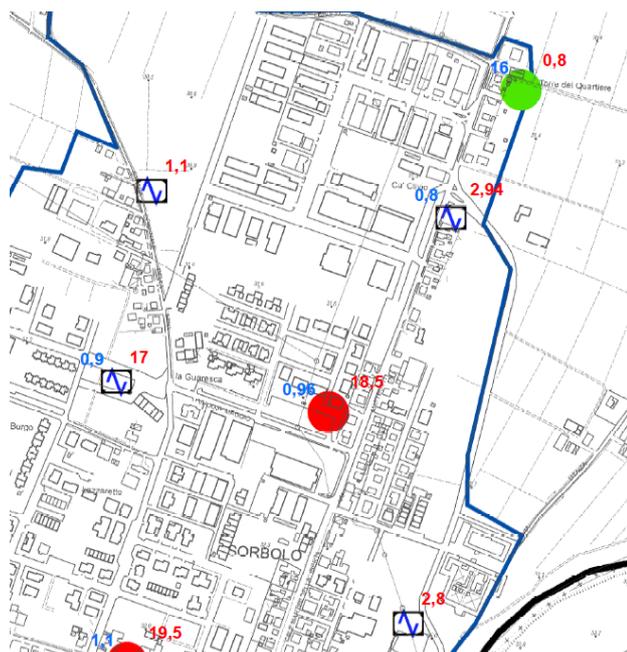


Figura 23. Estratto dalla Carta delle indagini della MZS del Comune di Sorbolo

Nella “Carta delle frequenze naturali dei terreni” si segnalano le principali frequenze naturali rilevate nell’intorno dell’area di interesse: le indagini sismiche HVSR poste a nord ovest e a sud del sito, si caratterizzano per ampiezza dei picchi inferiore a 1.5 ed indicano una frequenza del primo picco significativo pari rispettivamente a $f_0 = 2.94$ Hz $f_0 = 2.8$ Hz. L’indagine sismica HVSR posta ad ovest si caratterizza per un’ampiezza del picco compresa tra 1.5 e 2.0 e una frequenza relativa al primo picco pari a 18.5 Hz.



FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI

Frequenza picco significativo (hz)	Ampiezza picco		
	$1,5 \leq \text{HVSR} < 2$	$2 \leq \text{HVSR} < 3$	$\text{HVSR} \geq 3$
$f_0 \leq 0,6$	●	●	●
$0,6 < f_0 \leq 1$	●	●	●
$1 < f_0 \leq 2$	●	●	●
$2 < f_0 \leq 8$	●	●	●
$f_0 > 8$ Hz	●	●	●
Assenza picchi significativi HVSR < 1,5	□		

A lato del simbolo sono riportate le frequenze relative al primo picco significativo (in rosso) e al secondo picco (in blu) se presente

Figura 24. Estratto dalla Carta delle frequenze naturali dei terreni della MZS del Comune di Sorbolo

Nella “Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica”, il sito in esame ricade all’interno della zona stabile suscettibile di amplificazioni locali “2001” o “zona 1” caratterizzata da una “successione stratigrafica costituita da prevalenti depositi argilloso-limosi con locali intercalazioni lenticolari sabbiose e sabbioso limose”. Per l’area in esame nella “Carta delle velocità delle onde di taglio (Vs)” non è indicato nessun valore di Vs. I valori rilevati tramite le indagini eseguite presso il centro abitato di Sorbolo indicano valori di Vs30 compresi tra 198-215 m/s.

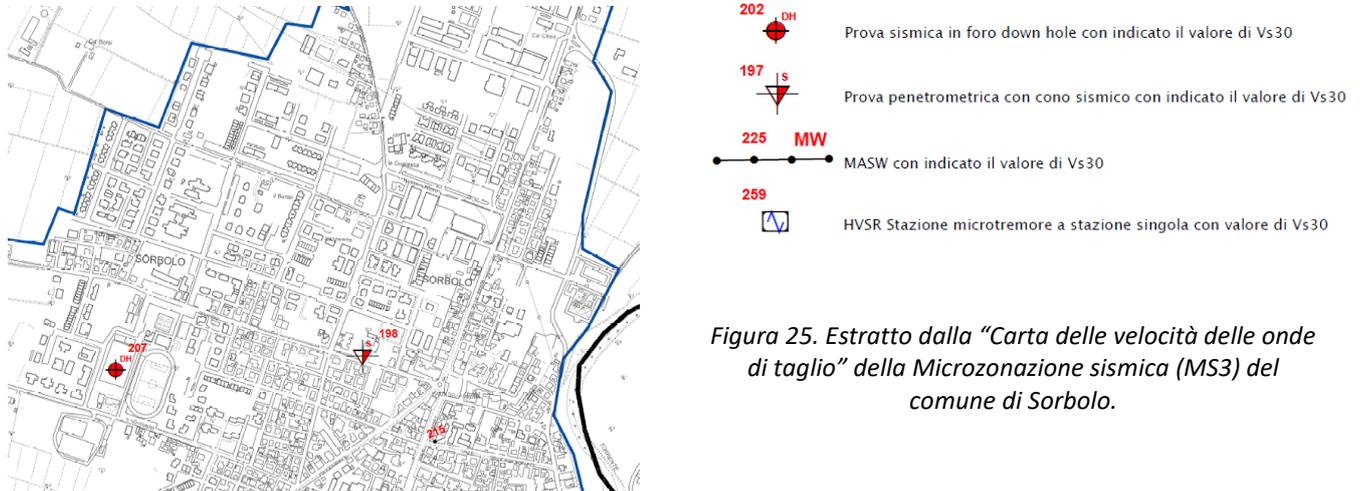


Figura 25. Estratto dalla “Carta delle velocità delle onde di taglio” della Microzonazione sismica (MS3) del comune di Sorbolo.

Come si osserva dall’estratto della “Carta di microzonazione sismica FA PGA” riportato di seguito (e dalle altre carte di microzonazione sismica) il sito in esame ricade nell’area oggetto di microzonazione sismica di 3° livello, all’interno delle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzate da un FA di PGA con valori compresi tra 1.5 e 1.6; $FA_{IS\ 0.1-0.5} = 1.3-1.4$, $FA_{IS\ 0.5-1.0} = 1.7-1.8$ e $FA_{IS\ 0.5-1.5} = 1.5-1.6$. Nella verticale di verifica alla liquefazione, posta in corrispondenza dell’indagine CPTU ubicata ad ovest del sito in esame l’indice di liquefazione IL è risultato pari a 0.01.

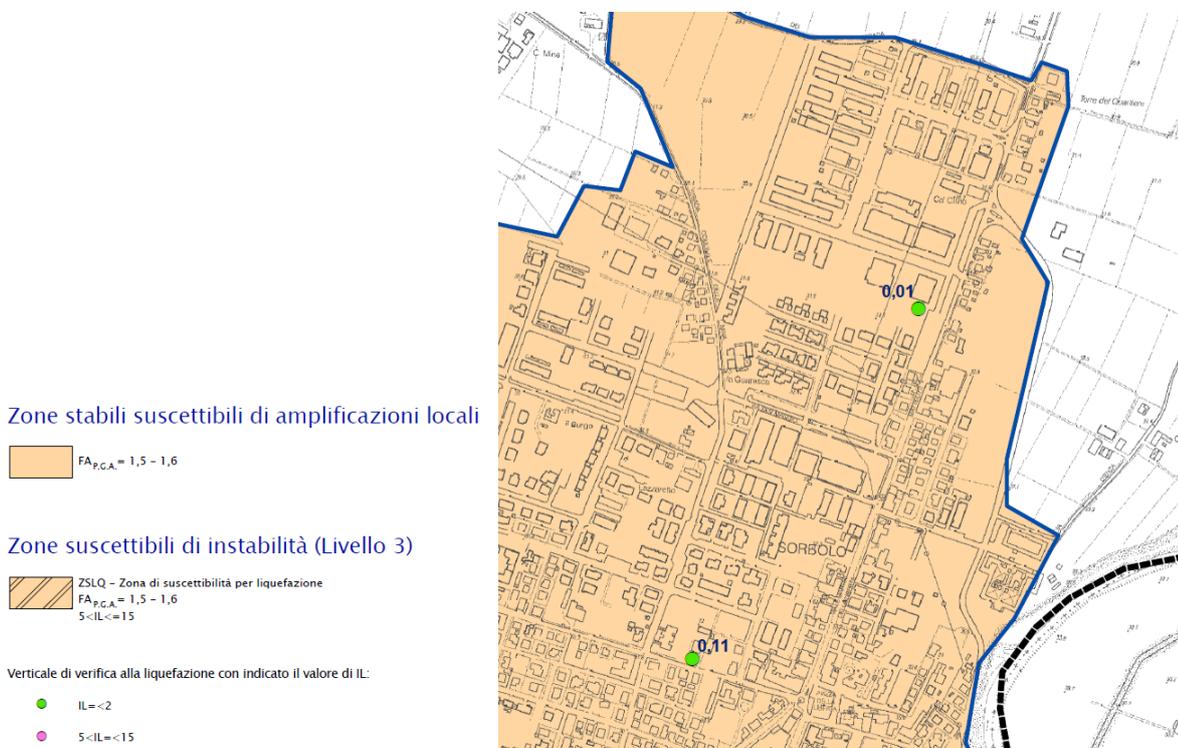


Figura 26. Estratto dalla “Carta di microzonazione sismica FA PGA” della Microzonazione sismica (MS3) del Comune di Sorbolo.

E.3 Azioni sismiche ai sensi NTC2018

E.3.1 Categorie di sottosuolo

Per la definizione dell'azione sismica si è fatto riferimento all'approccio semplificato riportato nelle **NTC2018**. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

Dove h_i =spessore dell' i -esimo strato; $V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato; N numero di strati; H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

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

Sulla base dei valori di V_s ricavati dalle indagini sismiche (3 prove sismiche tipo HVSR) eseguite presso il sito in esame e poiché il substrato è presente a profondità $\gg 30$ m, si individua una categoria di sottosuolo tipo **C** al piano campagna sulla base dei valori di V_{s30} ottenuti (272 m/s).

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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
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.
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.
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.
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.
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.

E.3.2 Categorie topografiche

Per la definizione delle categorie topografiche si è anche fatto riferimento all'approccio semplificato riportato nelle **NTC2018** che si basa sull'individuazione di categorie topografiche di riferimento così come riportate nelle tabelle 3.2.III. e 3.2.V.

Le categorie topografiche si riferiscono a configurazioni topografiche bidimensionali e devono essere considerate per altezza maggiore a 30m.

Si evidenzia come ai sensi delle NTC la variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica sia definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove S_T assume valore unitario. Gli effetti della topografia possono essere trascurati per pendii con inclinazione media inferiore a 15° e devono essere calcolati nel caso di configurazioni geometriche bidimensionali e tridimensionali di altezza superiore a 30m.

Per quello che riguarda le categorie topografiche l'area di intervento si presenta pianeggiante per cui è possibile classificare l'area come T1 "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ".

Pertanto nel caso in esame il coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1.0$.

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

E.3.3 Parametri sismici di calcolo

A titolo esemplificativo l'opera è definita con Vita Nominale $V_N \geq 50$ (vedasi tabella 2.4.1 delle NTC 2018), Classe d'uso II, da cui deriva un coefficiente $C_u = 1.0$ (vedasi tabella 2.4.II delle NTC 2018).

Sulla base delle definizioni precedenti le azioni sismiche si possono calcolare in relazione ad un periodo di riferimento V_R , che si ricava moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_u secondo la relazione riportata nella formula 2.4.1 delle NTC 2018 e di seguito riportata.

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Per l'opera in esame il valore di V_R risulta pari a 50 anni.

Come parametro caratterizzante della pericolosità sismica è utilizzato il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R espresso in anni e calcolato secondo la formula (1) dell'allegato A delle NTC 2008, riportata di seguito:

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

Il valore di probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{V_R} cui riferirsi per individuare l'azione sismica in ciascuno degli stati limite è riportato nella tabella 3.2.I delle NTC2018.

Tab. 3.2.I – Probabilità di superamento P_{V_R} in funzione dello stato limite considerato

Stati Limite	P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Il valore del tempo di ritorno T_R in anni per l'opera in esame è risultato pari a **475 anni**.

Di seguito, a titolo esemplificativo, si riportano i dati relativi all'area di interesse per una costruzione con Vita Nominale 50 anni e coefficiente d'uso $C_u = 1.0$ ottenuti con il programma "Spettri-NTC ver 1.3" disponibile sul sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici <http://www.cslp.it/cslp/>.

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

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

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

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_k info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE

- SLO - $P_{VR} = 81\%$
- SLD - $P_{VR} = 63\%$

Stati limite ultimi - SLU

- SLV - $P_{VR} = 10\%$
- SLC - $P_{VR} = 5\%$

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	30	0.039	2.558	0.235
SLD	50	0.049	2.536	0.258
SLV	475	0.105	2.601	0.309
SLC	975	0.135	2.575	0.318

L'accelerazione orizzontale massima attesa al sito a_{max} è stata determinata con la seguente relazione:

$$a_{max} = S_s \times S_t \times a_g$$

dove: a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido; S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica; S_t = coefficiente di amplificazione topografica. Il prodotto $S_s \cdot S_t = S$ = coefficiente di amplificazione locale. Nelle seguenti tabelle si riportano i valori dei coefficienti di amplificazione topografica e stratigrafica, rispettivamente in funzione della categoria topografica e del tipo di terreno.

In sintesi si riportano i dati:

Tab. 3.2.IV - Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Stato Limite Ultimo		SLV	
accelerazione di progetto	a_g	0.105	g
Parametro spettrale	F_0	2.601	-
Parametro spettrale	T_c'	0.309	s
Stato Limite di Esercizio		SLD	
accelerazione di progetto	a_g	0.049	g
Parametro spettrale	F_0	2.536	-
Parametro spettrale	T_c'	0.258	s
Stato Limite Ultimo		SLV	
Coefficiente di amplificazione dipendente dal tipo di sottosuolo	S_s	1.500	di progetto
Categoria topografica		T_1	
Coefficiente di amplificazione topografica	S_t	1.00	
Coefficiente di amplificazione sismica locale	$S = S_t \cdot S_s$	1.500	
A_{max}	$A_{max} = A_g \cdot S$	0.1575	g
Stato Limite di Esercizio		SLD	
Coefficiente di amplificazione dipendente dal tipo di sottosuolo	S_s	1.50	di progetto
Categoria topografica		T_1	
Coefficiente di amplificazione topografica	S_t	1.00	
Coefficiente di amplificazione sismica locale	$S = S_t \cdot S_s$	1.50	

Tab. 7.11.I - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

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

F. REQUISITI DI SICUREZZA DEL TERRENO DI FONDAZIONE E STABILITÀ GLOBALE

F.1 Stabilità nei confronti della liquefazione

Durante l'esecuzione delle prove penetrometriche statiche, eseguite in data 30 gennaio 2020, è stata reperita la falda nei fori di sondaggio a profondità comprese tra -1.10-1.35 m da p.c.. Non potendo escludere comunque che in corrispondenza di periodi piovosi o eventi intensi la quota della falda possa risalire a quote più elevate in funzione della verifica alla liquefazione viene considerata cautelativamente una profondità di 1 m dal piano campagna. Sulla base di quanto riportato al paragrafo 7.11.4.3.2. delle NTC2018 l'area in esame non può quindi essere esclusa dalla verifica a liquefazione.

	Condizione e quesito	Risposta	Motivazione	Verifica liquefazione si o no
	eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;	No	$M_w = 6.14$	Si
1	accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;	No	$a_{g \max} = 0.1575g$	Si
2	profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;	No	Falda a -1.10 m da p.c.	Si
3	depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;	-	-	-
4	distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.	-	-	-

F.1.1 Verifica della suscettività dei terreni alla liquefazione

Al fine di verificare la possibilità dell'occorrenza del fenomeno della liquefazione nei terreni indagati sono state verificate le verticali indagate attraverso l'utilizzo di metodi semplificati.

L'analisi è stata eseguita come verifica allo stato limite ultimo (SLU) considerando lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per la determinazione dell'accelerazione massima.

Per la verifica della suscettibilità alla liquefazione è necessario il calcolo di due variabili: il carico sismico, espresso tramite il carico tensionale ciclico CSR e la capacità del terreno a resistere alla liquefazione, espressa attraverso il rapporto di resistenza ciclica CRR.

Il metodo semplificato permette di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un coefficiente di sicurezza, dato dal rapporto tra la resistenza ciclica (CRR) ed il carico tensionale ciclico (CSR) $FSL = CRR/CSR$. Un deposito dovrà essere considerato suscettibile di liquefazione se il coefficiente di sicurezza è minore di **1.00**.

La verifica a liquefazione è stata eseguita sulle prove CPT eseguite nell'area tramite l'utilizzo del software Cliq v.2 - CPT Liquefaction Assessment Software della ditta GeoLogismiki Geotechnical Software con il metodo proposto da Idriss & Boulanger (2008)¹¹.

L'analisi è stata condotta imponendo una profondità della falda pari a **1.0 m dal p.c.** ed un valore di magnitudo di momento (M) pari **6.14**. Il valore di a_{\max} utilizzato è stato quello ottenuto con il metodo semplificato delle NTC 2018 che è risultato pari a **0.1575**.

È stato inoltre calcolato l'indice del potenziale di liquefazione I_L secondo il metodo di Iwasaki et al. (1982)¹².

¹¹ Idriss, I. M., and Boulanger, R. W. (2008) "Soil Liquefaction during Earthquakes." MNO-12, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA.

$$I_L = \int_0^{20} F(z)w(z) dz$$

Dove z è la profondità dal piano campagna in metri
 $W(z) = 10 - 0.5z$
 $F = 1 - FL$ se $FSL \leq 1.0$
 $F = 0$ se $FSL > 1.0$

Le prove penetrometriche eseguite sono state innanzitutto classificate secondo i criteri adottati nella Relazione illustrativa della “Microzonazione sismica e analisi della condizione limite per l’emergenza delle aree epicentrali dei terremoti della pianura emiliana di maggio-giugno 2012” (2013) per cui

- L1: presenza di orizzonti liquefacibili spessi almeno 30-40cm, sotto falda, nei primi 5m;
- L2: presenza di orizzonti liquefacibili spessi almeno 1m nei primi 5-10 m
- L3: presenza di orizzonti liquefacibili spessi almeno 2m nei primi 10-15 m
- L4: presenza di orizzonti liquefacibili spessi almeno 2m nei primi 15-20 m
- N: assenza di orizzonti liquefacibili
- X: non interpretabile

Nella tabella seguente si riporta quanto ottenuto dalle prove penetrometriche statiche eseguite con il metodo di Idriss & Boulanger (2014). In generale è possibile osservare come la prova eseguita evidenzi una sostanziale assenza di livelli potenzialmente liquefacibili di spessore significativo per tutto l’intervallo esaminato.

È stato inoltre eseguito un calcolo dei possibili cedimenti post sismici secondo il metodo proposto da Zhang et. al. (2002)¹³. Nella tabella seguente si riportano i dati ottenuti

	PROFONDITÀ DELLA PROVA [M]	Metodo Idriss & Boulanger (2014) <small>I_L (Iwasaki et al 1982)</small>	SPESSORE LIVELLI LIQUEFACIBILI [0-5m]	SPESSORE LIVELLI LIQUEFACIBILI [5-10m]	CLASSIFICAZIONE	Cedimenti [cm]
CPT1	17.40	0.17	0.2	0.0	N	1.03
CPT2	16.00	0.22	0.2	0.6	N	1.93
CPT3	16.00	0.09	0	0.2	N	0.80

In conclusione si ritiene che l’area indagata si possa ritenere stabile nei confronti della liquefazione.

¹² Iwasaki T., Tokida K., Tatsuoka F., Watanabe S. Yasuda S., Sato H. (1983) “Microzonation for soil liquefaction potential using simplified methods”, III Int. Conf. In Microzon., San Francisco

¹³ Zhang H., Robertson P.K., Brachman R.W.I. “Estimating liquefaction-induced ground settlements from CPT for level ground” Can. Geotech. J. 39:1168-1180.

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

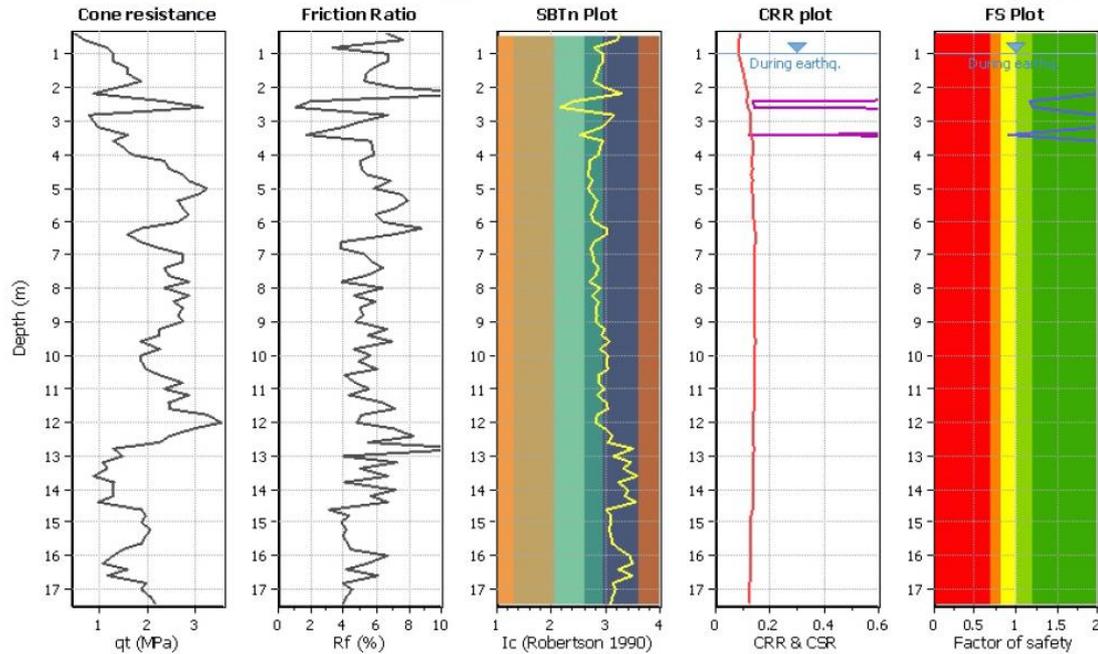
Project title : Sorbolo

Location :

CPT file : CPT1

Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	1.10 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	1.00 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	1	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	No
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	Limit depth:	N/A
Peak ground acceleration:	0.16	Unit weight calculation:	19.00 kN/m ³	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method



LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

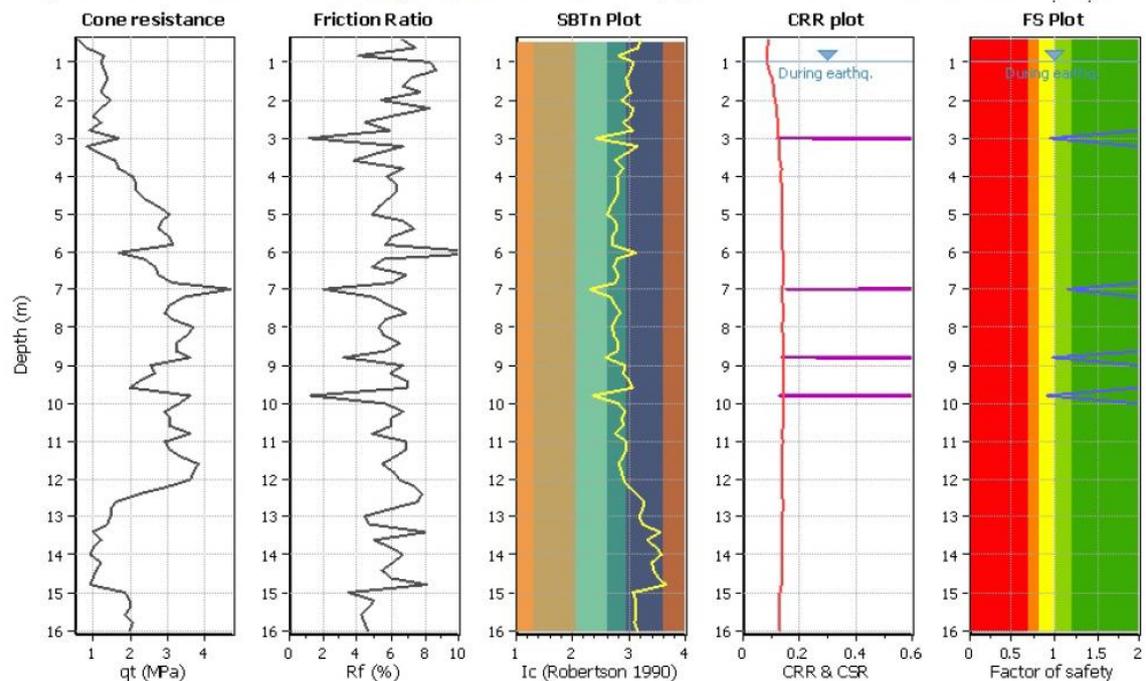
Project title : Sorbolo

Location :

CPT file : CPT2

Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	1.10 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	1.00 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	1	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	No
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	Limit depth:	N/A
Peak ground acceleration:	0.16	Unit weight calculation:	19.00 kN/m ³	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method



LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

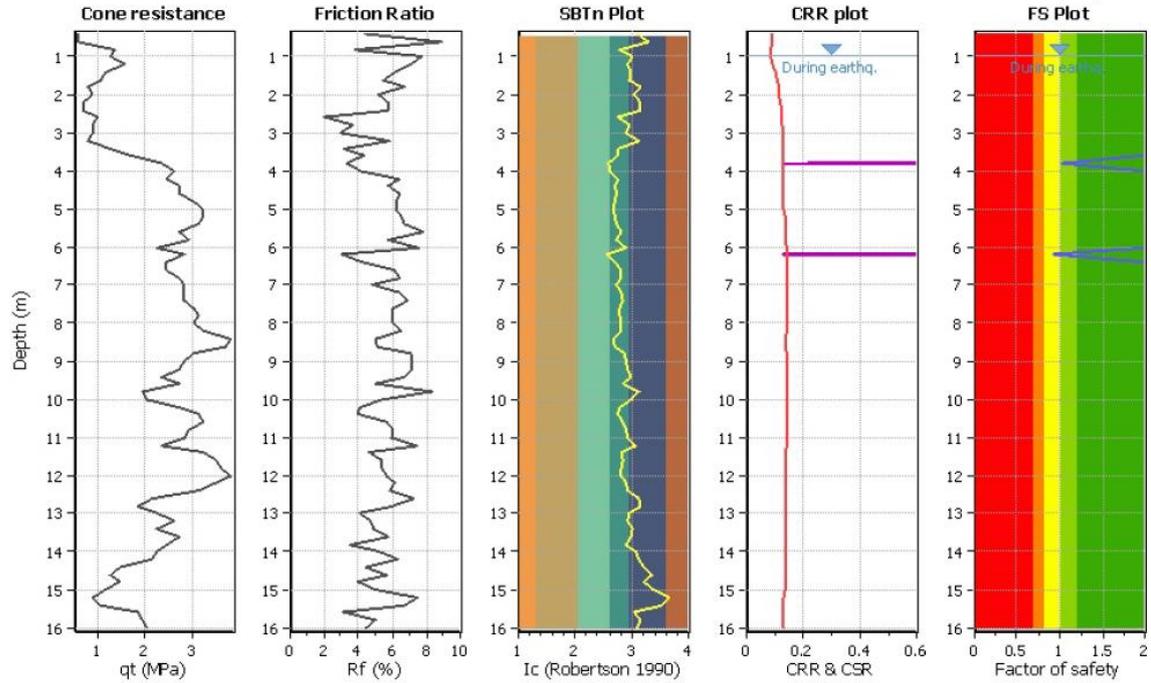
Project title : Sorbolo

Location :

CPT file : CPT3

Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	1.10 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	1.00 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	1	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	No
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	Limit depth:	N/A
Peak ground acceleration:	0.16	Unit weight calculation:	19.00 kN/m ³	K_0 applied:	Yes	MSF method:	Method



G. CONSIDERAZIONI FINALI

Il presente studio geologico-tecnico è finalizzato a ricavare le caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dell'ambito interessato dalla previsione di PSC denominata **Nu3**, posta nella porzione nord orientale del centro abitato di Sorbolo, in comune di Sorbolo Mezzani (PR), e destinata ad interventi di edificazione ad uso residenziale; lo studio evidenzia le condizioni di fattibilità geologica, idrogeologica e sismica nonché descrive e caratterizza la condizione geotecnica locale.

Lo studio e le indagini eseguite hanno permesso di evidenziare quanto segue.

⇒ L'area è ubicata in una zona in cui è affiorante l'unità geologica AES8a, Subsistema di Ravenna – Unità di Modena che in bibliografia è descritta come costituita da ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua: si tratta di depositi alluvionali intravallivi. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di cm) e di tipo A/C, localmente A/Bw/C. Lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri. (Olocene)''

⇒ Dal punto di vista morfologico l'area, pianeggiante (pendenze comprese tra 0.2-0.4%), è posta ad una quota di circa 32.5 m s.l.m.. Latitudine e longitudine (ED50) valgono rispettivamente 44.853076° e 10.453482°. Morfologicamente è in prevalenza, il risultato dell'azione prodotta dalle acque di scorrimento superficiale e dall'attività antropica. Nella Tavola A2 "Carta geologico-geomorfologica" del QC del PSC del Comune di Sorbolo, il sito in esame ricade all'interno delle zone di "alto morfologico" costituito da depositi di argine naturale recenti e medio recenti che caratterizzano la fascia che corre parallelamente al t. Enza. Nella tavola C.1.7 del PTCP di Parma il sito in esame ricade all'interno di un dosso.

⇒ Nella cartografia del QC del PSC di Sorbolo il sito in esame ricade all'interno delle aree non inondate su base storica e nelle aree in sicurezza idraulica. L'area, posta in sinistra idrografica rispetto al T. Enza, risulta interna alla fascia C di PAI. Nel Piano di Gestione delle Alluvioni l'area risulta interna rispetto agli scenari di pericolosità evidenziati sia per quello che riguarda il reticolo principale che per quanto riguarda il reticolo secondario di pianura; in particolare l'area è indicata come interessata da "alluvioni poco rare (L)" e pericolosità bassa P1 legate al reticolo principale, rappresentato dal Fiume Po. Risulta invece interessata da alluvioni poco frequenti (M-P2) per quanto concerne il reticolo secondario di Pianura (RSP).

⇒ Per la caratterizzazione dei terreni dell'area in esame sono state eseguite le seguenti prove geognostiche: n.3 prova penetrometriche statiche spinte fino alla profondità massima di 17.40 m dal p.c. e n° 3 prove HVSR. Nella tabella seguente è schematizzato l'elenco delle indagini geognostiche effettuate.

Sigla	Tipo	Profondità (m dal p.c.)	Soggiacenza falda (m dal p.c.)	Data di esecuzione
CPT1	Prova penetrometrica statica	17.40	1.35	30/01/2020
CPT2	Prova penetrometrica statica	16.00	1.10	30/01/2020
CPT3	Prova penetrometrica statica	16.00	1.30	30/01/2020
HVSR1	Prova sismica tipo HVSR	>30	-	30/01/2020
HVSR2	Prova sismica tipo HVSR	>30	-	30/01/2020
HVSR3	Prova sismica tipo HVSR	>30	-	30/01/2020

⇒ Le prove hanno consentito di individuare le seguenti unità geologiche e litotecniche:

- **Livello L1:** Al di sotto di un primo orizzonte superficiale di suolo dello spessore di circa 40 cm, sono presenti fino alle profondità indagate argille, argille limose e limi argillosi, piuttosto omogenee, pur presentando livelli a diversa consistenza. Tale orizzonte è stato rinvenuto fino alle massime profondità indagate, pari a 17.4 m da p.c. nella prova CPT1.

Dati caratterizzanti per il livello sono: qc=5° percentile 9 Kg/cmq. Bayesiano=17.6 kg/cmq

⇒ Le indagini in sito hanno permesso di caratterizzare meccanicamente i terreni indagati. Di seguito una tabella di sintesi:

Profondità m dal pc	Sigla/Unità geologica	Comportamento prevalente	Litologia	Parametri	
0.0-17.4	L1	Coesivo	Argille, argille limose e limi argillosi. Da consistenti a molto consistenti	Parametri totali $\gamma_k = 18-20 \text{ KN/m}^3$ $Cu_k = 88.9-123.5 \text{ kPa}$ $\Phi_u = 0^\circ$ $M_k = 6.3-7.3 \text{ MPa}$	Parametri efficaci $\gamma_k = 18-19 \text{ KN/m}^3$ $c'_k = 0-5 \text{ kPa}$ $\Phi'_k = 31.9-32.8^\circ$

⇒ Nel corso delle indagini geognostiche eseguite è stata reperita la falda a profondità comprese tra -1.1 e 1.35 m da p.c. quindi prossima al piano campagna.

⇒ Nell' "Aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei comuni dell'Emilia-Romagna" (DGR n.1164/2018) il Comune di Sorbolo viene classificato in zona 3.

⇒ Nella "Carta Provinciale delle aree suscettibili di effetti locali" del PTCP della Provincia di Parma (variante in adeguamento alla normativa sismica regionale -L.R.19/2008) l'area in esame è classificata all'interno della "zona PDS", caratterizzata dalla possibile presenza di depositi sabbiosi. gli effetti attesi per tale zona sono l'amplificazione per caratteristiche litologiche e la possibile liquefazione ed è richiesto un livello di approfondimento III (II se si esclude il rischio di liquefazione).

⇒ Nella Microzonazione sismica di III livello del Comune di Sorbolo si osserva come il sito in esame ricada all'interno della zona stabile suscettibile di amplificazioni locali "2001" o zona 1 caratterizzata da "successione stratigrafica costituita da prevalenti depositi argilloso-limosi con locali intercalazioni lenticolari sabbiose e sabbioso limose" ed è caratterizzata da un FA di PGA con valori compresi tra **1.5 e 1.6**; $FA_{IS\ 0.1-0.5} = 1.3-1.4$, $FA_{IS\ 0.5-1.0} = 1.7-1.8$ e $FA_{IS\ 0.5-1.5} = 1.5-1.6$. Nella verticale di verifica alla liquefazione, posta in corrispondenza dell'indagine CPTU ubicata ad ovest del sito in esame l'indice di liquefazione **IL** è risultato pari a **0.01**.

⇒ Le indagini sismiche reperite nell'intorno dell'area di interesse consentono di individuare la presenza di un sottosuolo di tipo C con $V_{S30} = 272 \text{ m/s}$.

⇒ Sono state determinate le azioni sismiche ai sensi delle NTC 2018, che hanno permesso di ricavare quanto segue:

Stato Limite Ultimo		SLV	
accelerazione di progetto	ag	0.105	g
Parametro spettrale	F0	2.601	-
Parametro spettrale	Tc'	0.309	s
Stato Limite di Esercizio		SLD	
accelerazione di progetto	ag	0.049	g
Parametro spettrale	F0	2.536	-
Parametro spettrale	Tc'	0.258	s
Stato Limite Ultimo		SLV	
Coefficiente di amplificazione dipendente dal tipo di sottosuolo	Ss	1.500	di progetto
Categoria topografica		T1	
Coefficiente di amplificazione topografica	St	1.00	
Coefficiente di amplificazione sismica locale	S = St*Ss	1.500	
Amax	Amax=Ag*S	0.1575	g
Stato Limite di Esercizio		SLD	
Coefficiente di amplificazione dipendente dal tipo di sottosuolo	Ss	1.50	di progetto
Categoria topografica		T1	
Coefficiente di amplificazione topografica	St	1.00	
Coefficiente di amplificazione sismica locale	S = St*Ss	1.50	

⇒ Sulla base di quanto riportato al paragrafo 7.11.4.3.2. delle NTC2018 l'area in esame non può essere esclusa da una verifica alla liquefazione. La verifica alla liquefazione ai sensi delle NTC 2018 è stata eseguita sulla verticale della prova penetrometrica. Come magnitudo di momento (M) è stato assunto il valore di **6,14**, come valore di accelerazione è stato utilizzato a_{gmax} .0.1575 g. Le analisi sono state eseguite con falda posta a -1.0 m dal pc; i risultati evidenziano un indice di potenziale liquefazione (IL) compreso tra 0.09 e 0.22. I risultati delle verifiche alla liquefazione sono sintetizzati nella tabella seguente.

	PROFONDITÀ DELLA PROVA [M]	Metodo Idriss & Boulanger (2014) I_L [Iwasaki et al 1982]	SPESORE LIVELLI LIQUEFACIBILI [0-5m]	SPESORE LIVELLI LIQUEFACIBILI [5-10m]	CLASSIFICAZIONE	Cedimenti [cm]
CPT1	17.40	0.17	0.2	0.0	N	1.03
CPT2	16.00	0.22	0.2	0.6	N	1.93
CPT3	16.00	0.09	0	0.2	N	0.80

Si ritiene che l'area indagata si possa ritenere stabile nei confronti della liquefazione.

In considerazione di quanto sopra esposto si ritiene l'opera geologicamente e sismicamente compatibile purché vengano rispettate le indicazioni e prescrizioni contenute nella presente relazione.

Parma, gennaio 2020

Dott. Geol. Giancarlo Bonini

ALLEGATO 1 INDAGINI SISMICHE

Premessa

La prova H/V valuta sperimentalmente i rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno.

Le vibrazioni ambientali sono movimenti del terreno caratterizzati da ampiezze $10^{-4} - 10^{-2}$ mm dovute a diverse sorgenti quali ad esempio onde marine e perturbazioni atmosferiche (campo d'onda a frequenze inferiori a 0.5Hz), vento, traffico veicolare e attività industriali (campo d'onda a frequenze superiori a 0.5Hz).

La struttura del campo d'onde presente sul terreno (microtremore) è pertanto condizionata dalle caratteristiche delle sorgenti ma anche dalle proprietà dei terreni attraversati, infatti in presenza di campo d'onde diffuso (sorgenti distribuite in modo statisticamente omogeneo) la struttura media del segnale risulterà statisticamente indipendente dalla natura e posizione delle sorgenti, ma rifletterà la struttura del sottosuolo. La struttura del segnale registrato in superficie è potenzialmente in grado di fornire informazioni sul mezzo attraversato dalle onde.

Misurando il rapporto H/V (con H componente orizzontale e V componente verticale) determinabile dai microtremori (le oscillazioni del suolo indotte da una serie di fattori sia naturali che antropici) si può identificare in maniera passiva la frequenza di risonanza del sottosuolo, che risulta in relazione diretta con l'amplificazione sismica.

La trattazione classica di Nakamura prevedrebbe il coinvolgimento delle onde di corpo (S e P) mentre le evidenze teoriche e sperimentali più recenti portano a concludere che il fattore principale che determina la curva H/V sperimentale sia dato invece dalle onde di superficie (più specificatamente dall'ellitticità, cioè appunto dal rapporto che sussiste tra le componenti orizzontali e quella verticale).

Strumentazione

Lo strumento è costituito da una terna di geofoni (due orizzontali disposti perpendicolarmente, il terzo verticale) in grado di rispondere allo stesso modo ad una medesima sollecitazione.

Le acquisizioni durano normalmente 10-20 minuti. Le frequenze che interessano l'ambito geologico-ingegneristico sono comprese nell'intervallo tra i 0.5 e i 20 Hz.

Per la campagna di indagine è stato utilizzato un sismografo Micromed Tromino Zero 3G con una frequenza di campionamento di 128Hz ed un tempo di registrazione di 20 minuti. L'elaborazione dei dati è stata eseguita con il software Grilla della Micromed, impostando la lunghezza delle finestre a 20s e lisciamento con finestra rettangolare di ampiezza 10%.



SORBOLO, SORBOLO VIA BUOZZI HV1

Strumento: TZ3-0013/01-13

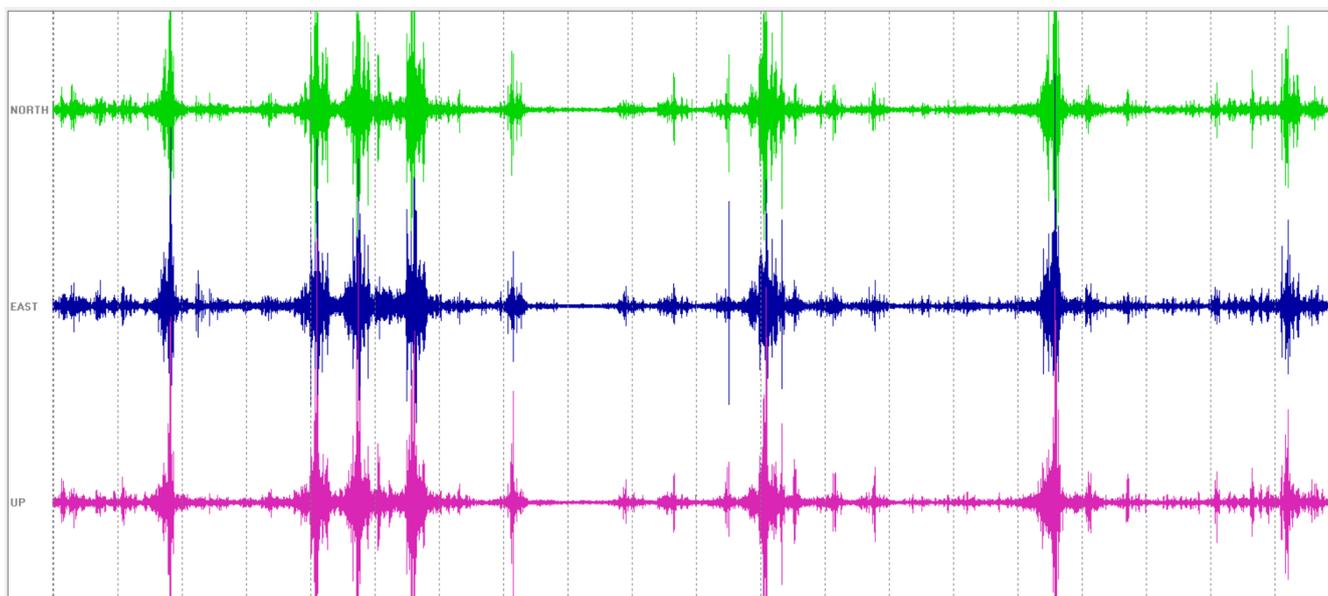
Formato dati: 32 byte

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 30/01/20 15:44:38 Fine registrazione: 30/01/20 16:04:38

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile



Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 65% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

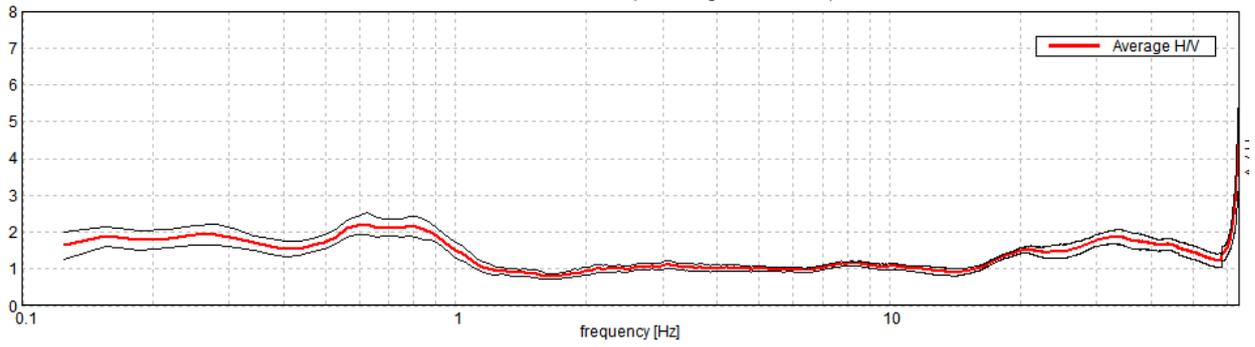
Tipo di lisciamento: Rectangular window

Lisciamento: 10%

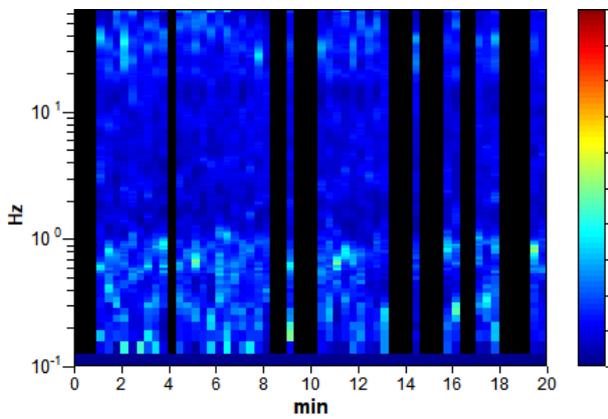


RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

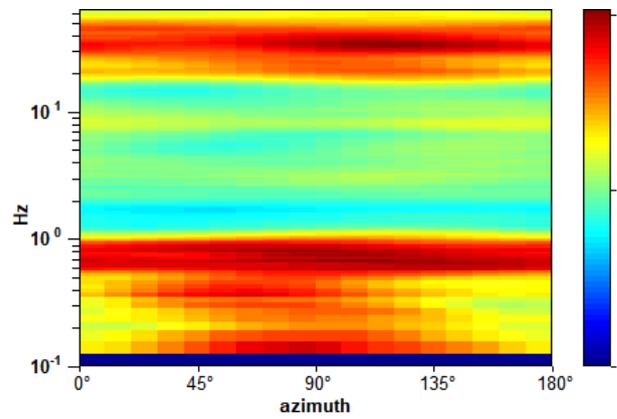
Max. H/V at 0.63 ± 5.3 Hz. (In the range 0.0 - 50.0 Hz).



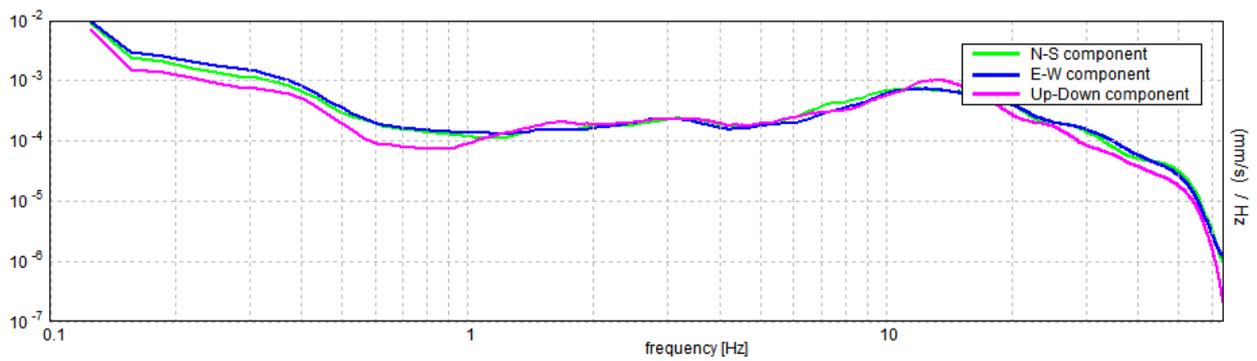
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V

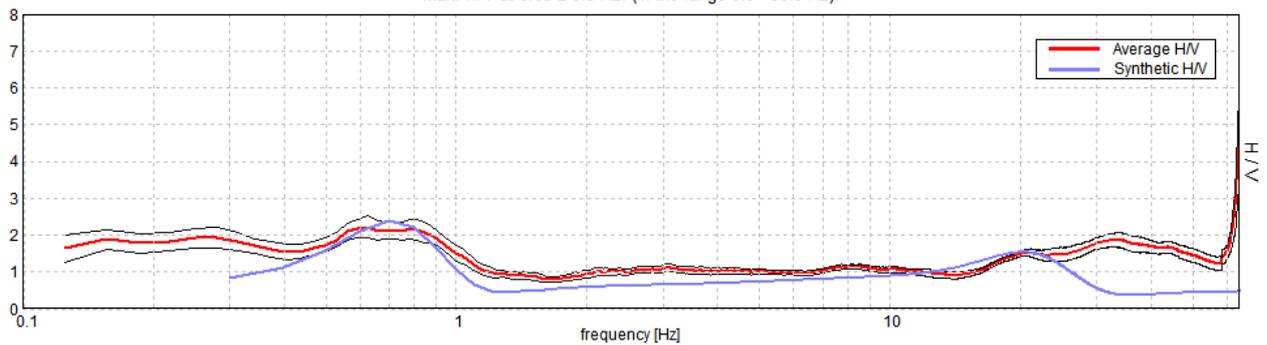


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



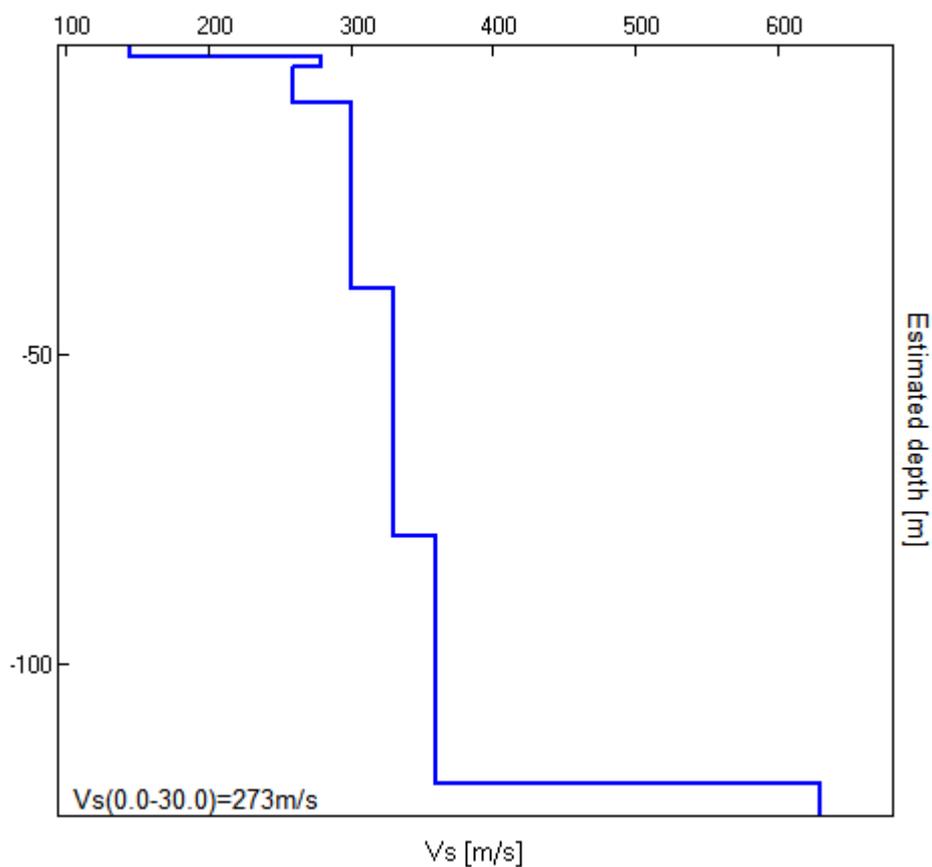
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 0.63 ± 5.3 Hz. (In the range 0.0 - 50.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.80	1.80	145	0.40
3.30	1.50	280	0.40
9.30	6.00	260	0.40
39.30	30.00	300	0.40
79.30	40.00	330	0.40
119.30	40.00	360	0.40
inf.	inf.	630	0.40

Vs(0.0-30.0)=273m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 0.63 ± 5.3 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.63 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$487.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 31	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.156 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.22 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 8.48695 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$5.30434 < 0.09375$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2965 < 2.0$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

SORBOLO, SARBOLO VIA BUOZZI HV2

Strumento: TZ3-0013/01-13

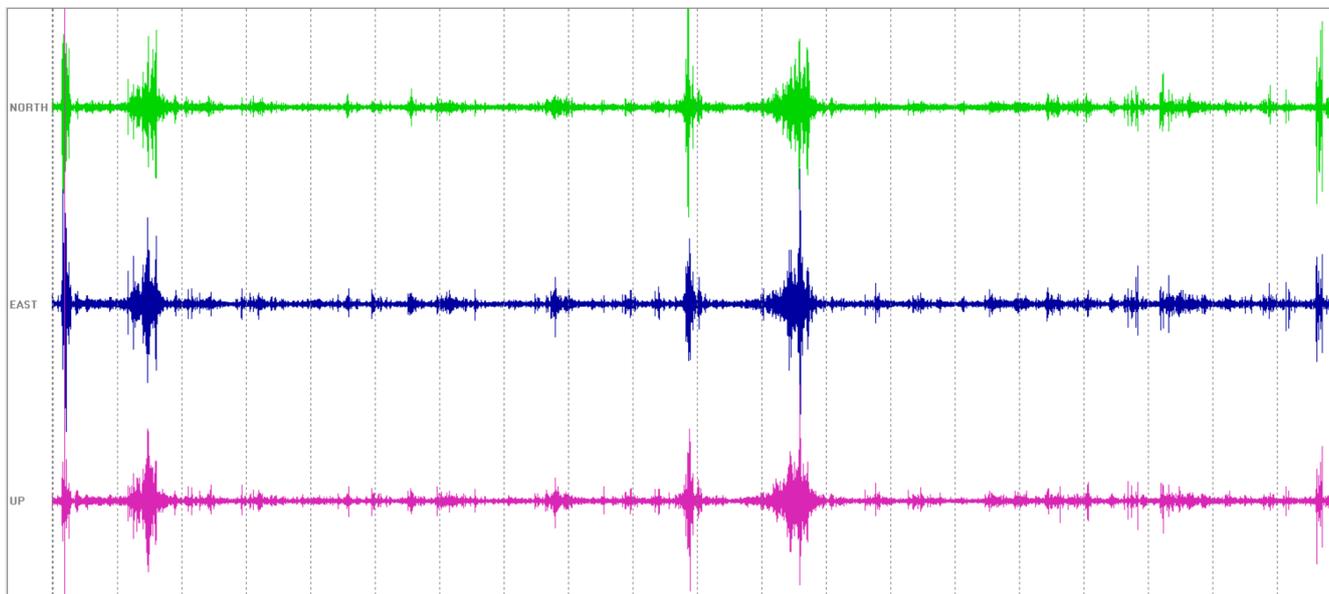
Formato dati: 32 byte

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 30/01/20 16:10:29 Fine registrazione: 30/01/20 16:30:29

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile



Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 53% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

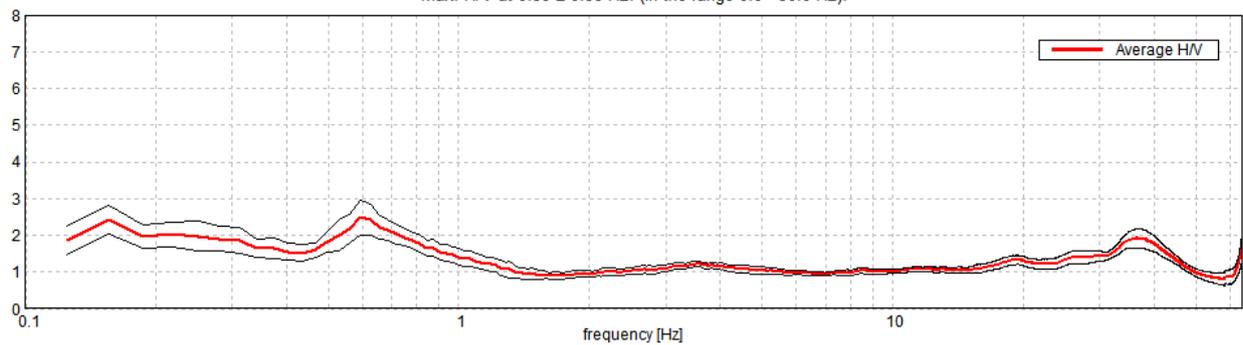
Tipo di lisciamento: Rectangular window

Lisciamento: 10%

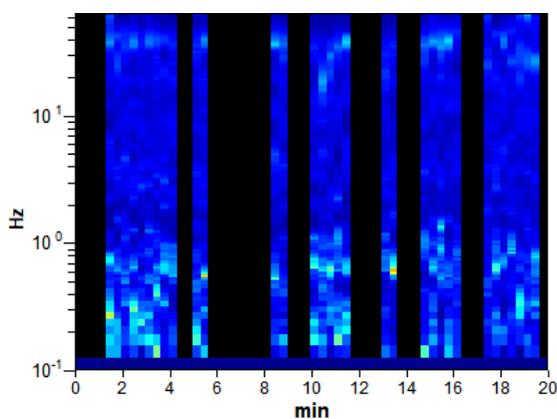


RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

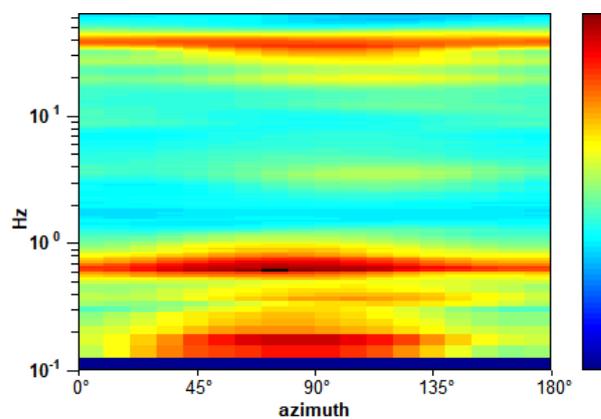
Max. H/V at 0.59 ± 0.38 Hz. (In the range 0.0 - 50.0 Hz).



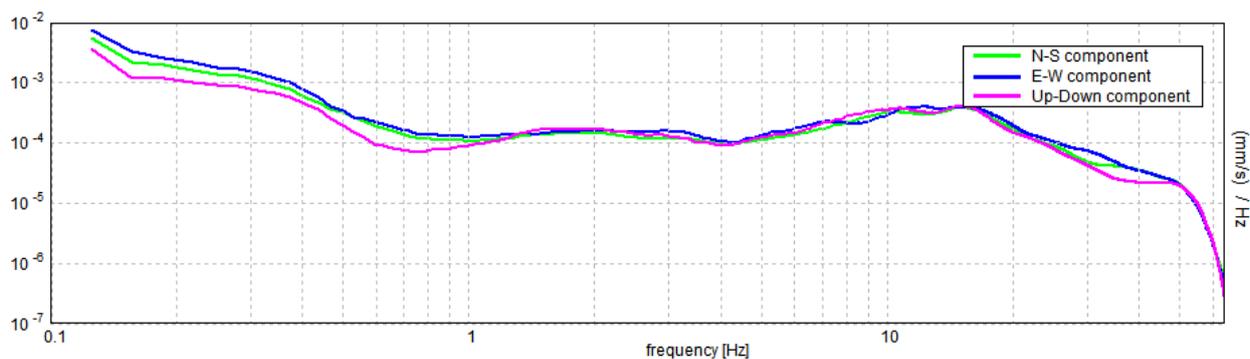
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V

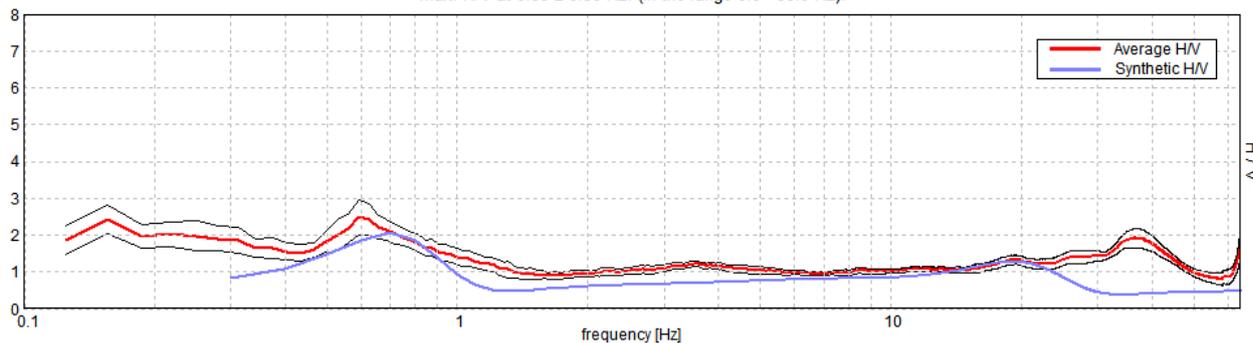


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



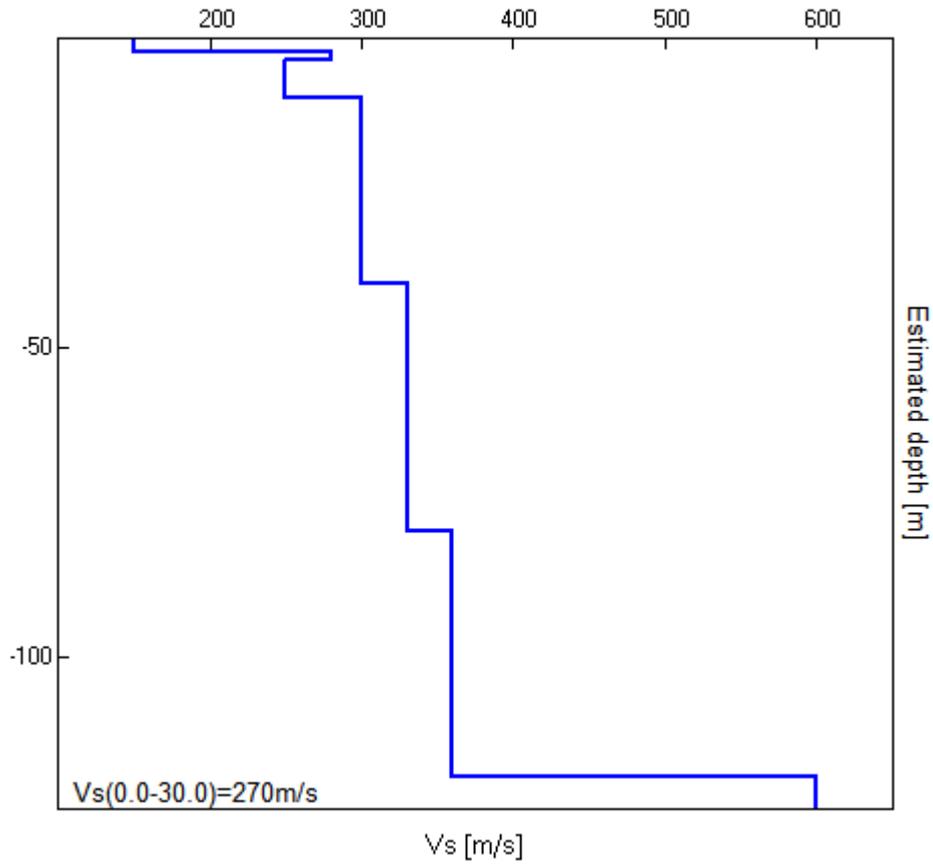
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 0.59 ± 0.38 Hz. (In the range 0.0 - 50.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
2.00	2.00	150	0.40
3.60	1.60	280	0.40
9.60	6.00	250	0.40
39.60	30.00	300	0.40
79.60	40.00	330	0.40
119.60	40.00	360	0.40
inf.	inf.	600	0.42

Vs(0.0-30.0)=270m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 0.59 ± 0.38 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.59 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$380.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 30	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.156 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.48 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.63575 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.37747 < 0.08906$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4693 < 2.0$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

SORBOLO, SORBOLO VIA BUOZZI HV3

Strumento: TZ3-0013/01-13

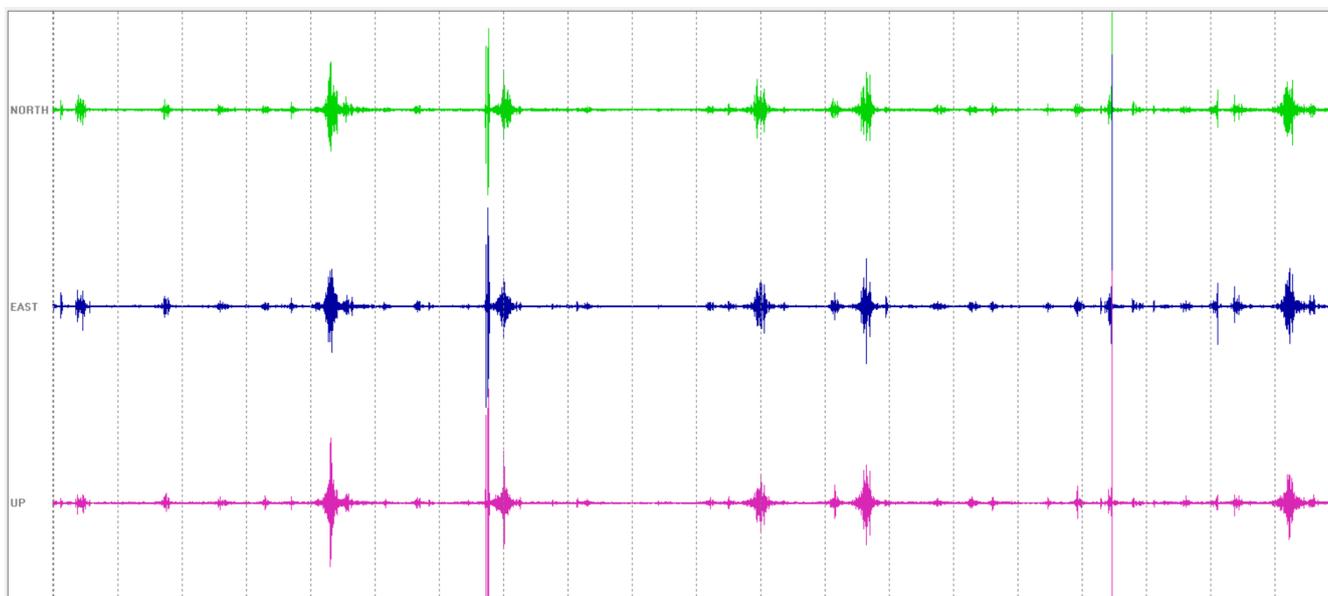
Formato dati: 32 byte

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 30/01/20 16:34:41 Fine registrazione: 30/01/20 16:54:41

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile



Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 65% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

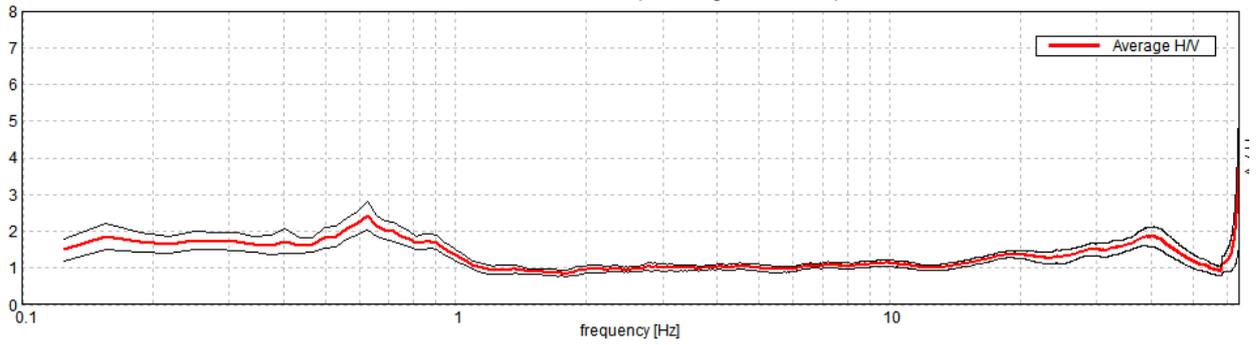
Tipo di lisciamento: Rectangular window

Lisciamento: 10%

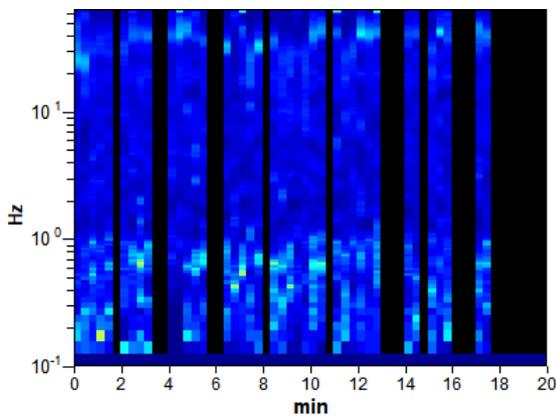


RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

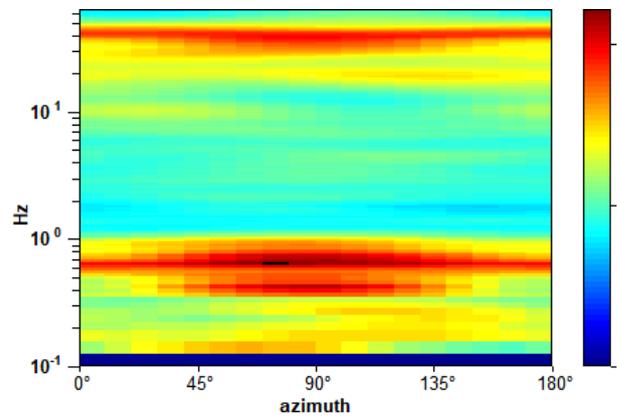
Max. H/V at 0.63 ± 5.55 Hz. (In the range 0.0 - 50.0 Hz).



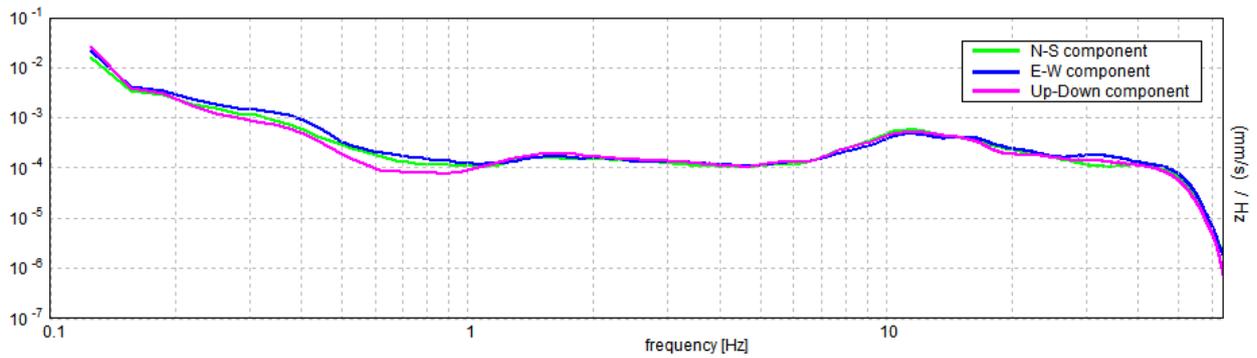
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V

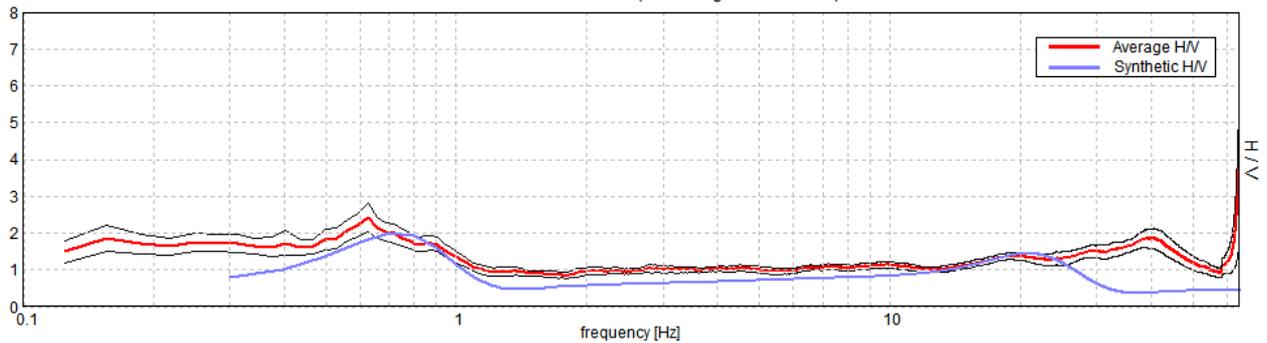


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



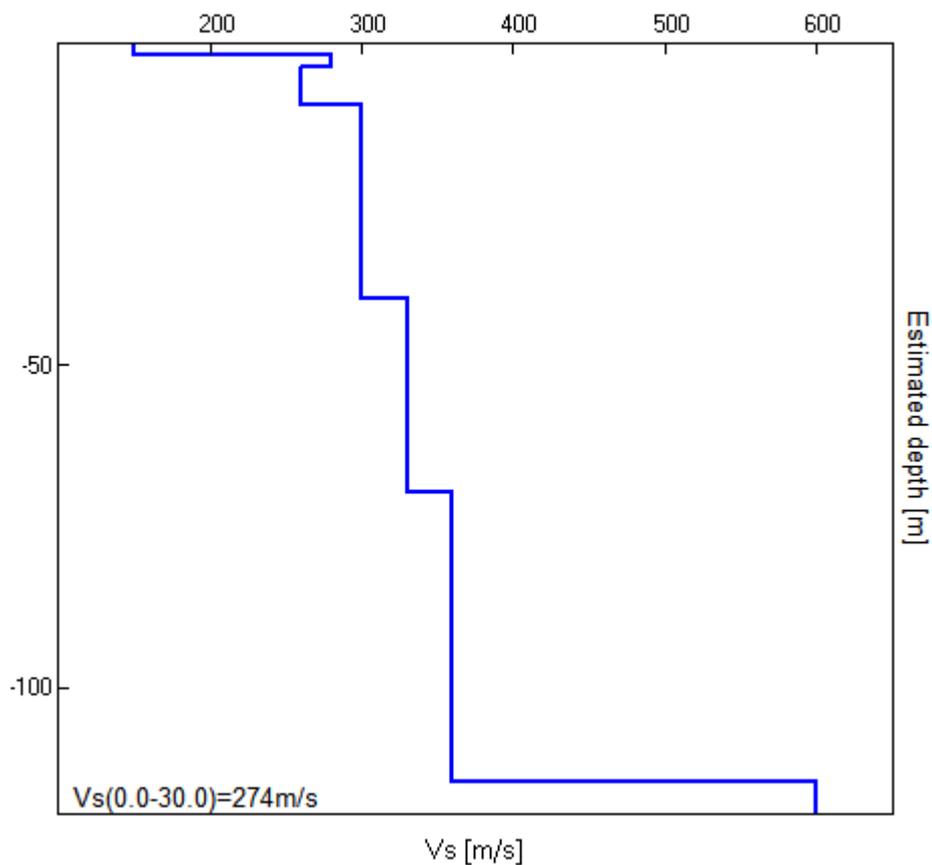
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 0.63 ± 5.55 Hz. (In the range 0.0 - 50.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.80	1.80	150	0.40
3.60	1.80	280	0.40
9.60	6.00	260	0.40
39.60	30.00	300	0.40
69.60	30.00	330	0.40
114.60	45.00	360	0.40
inf.	inf.	600	0.42

Vs(0.0-30.0)=274m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 0.63 ± 5.55 Hz (nell'intervallo 0.0 - 50.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.63 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$487.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 31	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.063 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.41 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 8.88199 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$5.55124 < 0.09375$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3911 < 2.0$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

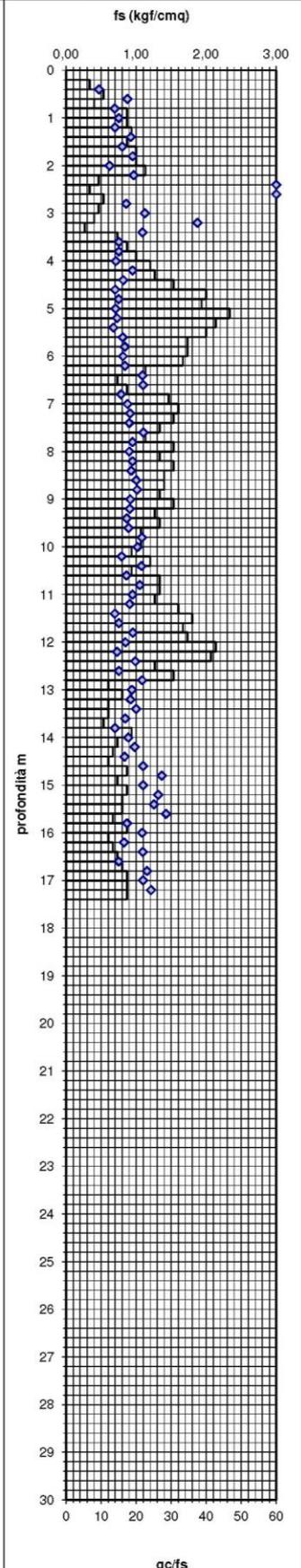
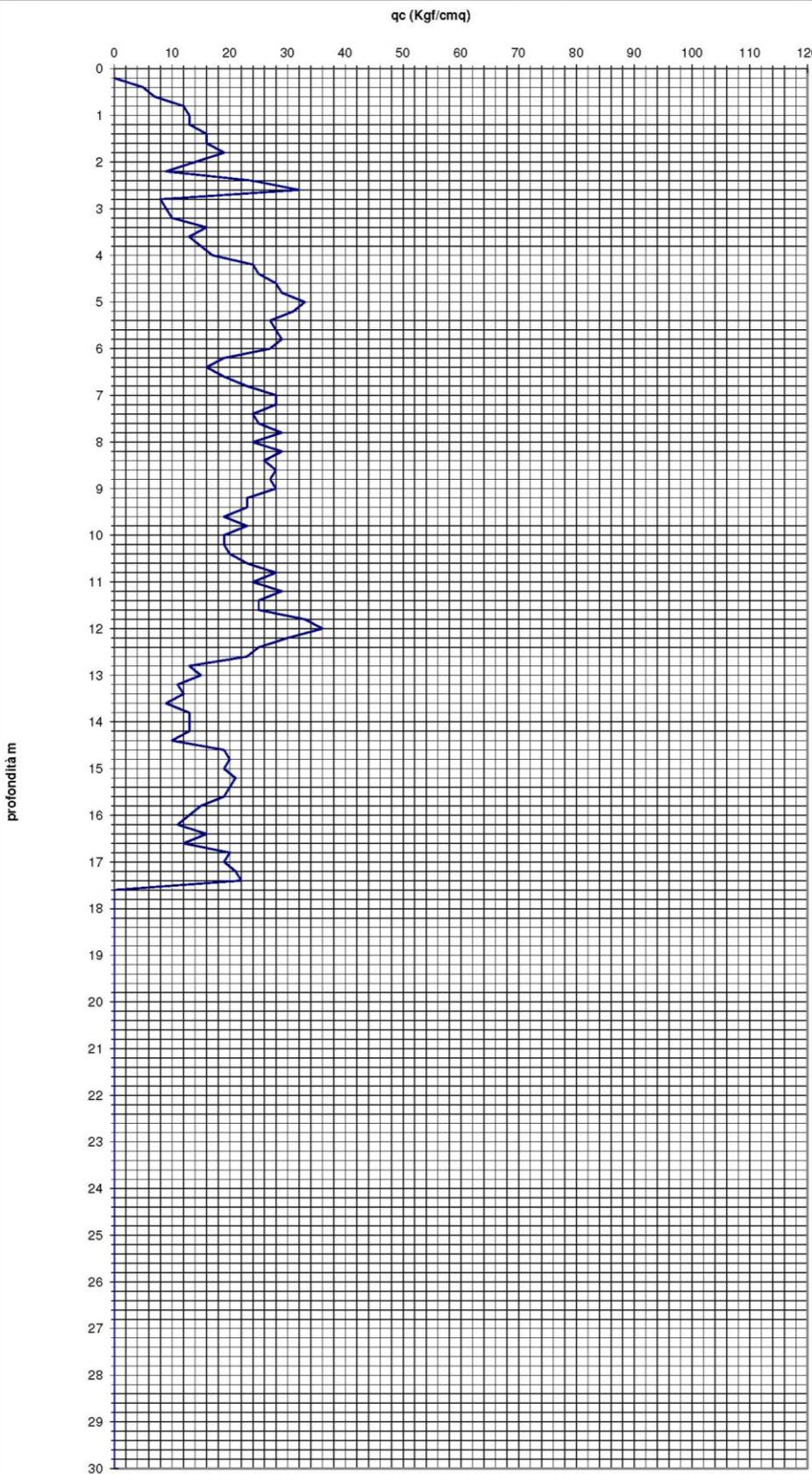
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

ALLEGATO 2 PROVE PENETROMETRICHE

Dott. Geol. Paolo Beretti		Prova penetrometrica statica				COMMITTENTE: Geode srl								
<i>Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali</i>		CPT 1				CANTIERE: Sorbolo (PR)								
Via De Gasperi 2/1 - Quattro Castella (RE)		ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200		Data: 30/01/2020										
Tel. 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell. 348 6902667		OPERATORE: Dott. P. Beretti		Profondità falda: -1,35 m p.c.										
Letture di campagna e elaborazioni Pag. 1														
PROF.	qc kgf/cm ²	RI kgf/cm ²	fs kgf/cm ²	qc/fs	PROF.	qc kgf/cm ²	RI kgf/cm ²	fs kgf/cm ²	qc/fs	PROF.	qc kgf/cm ²	RI kgf/cm ²	fs kgf/cm ²	qc/fs
0,2	0	0	0,00	0,00	5,2	31	66	2,33	14,53	10,2	19	33	0,93	15,83
0,4	5	10	0,33	9,38	5,4	27	59	2,13	13,50	10,4	20	38	1,20	21,43
0,6	7	15	0,53	17,50	5,6	28	58	2,00	16,15	10,6	23	37	0,93	17,25
0,8	12	18	0,40	13,85	5,8	29	55	1,73	16,73	10,8	28	48	1,33	21,00
1,0	13	26	0,87	15,00	6,0	27	53	1,73	16,20	11,0	24	44	1,33	18,95
1,2	13	26	0,87	13,93	6,2	19	44	1,67	16,76	11,2	29	48	1,27	18,13
1,4	16	30	0,93	18,46	6,4	16	33	1,13	21,82	11,4	25	49	1,60	13,89
1,6	16	29	0,87	16,00	6,6	19	30	0,73	21,92	11,6	25	52	1,80	15,00
1,8	19	34	1,00	19,00	6,8	23	36	0,87	15,68	11,8	33	58	1,67	19,04
2,0	14	29	1,00	12,35	7,0	28	50	1,47	17,50	12,0	36	62	1,73	16,88
2,2	9	26	1,13	19,29	7,2	28	52	1,60	18,26	12,2	30	62	2,13	14,52
2,4	24	31	0,47	72,00	7,4	24	47	1,53	18,00	12,4	25	56	2,07	19,74
2,6	32	37	0,33	60,00	7,6	25	45	1,33	22,06	12,6	23	42	1,27	15,00
2,8	8	16	0,53	17,14	7,8	29	46	1,13	18,91	12,8	13	36	1,53	21,67
3,0	9	16	0,47	22,50	8,0	24	47	1,53	18,00	13,0	15	24	0,60	18,75
3,2	10	16	0,40	37,50	8,2	29	49	1,33	18,91	13,2	11	23	0,80	18,33
3,4	16	20	0,27	21,82	8,4	26	49	1,53	18,57	13,4	12	21	0,60	20,00
3,6	13	24	0,73	15,00	8,6	28	49	1,40	20,00	13,6	9	18	0,60	16,88
3,8	15	28	0,87	15,00	8,8	27	48	1,40	20,25	13,8	13	21	0,53	13,93
4,0	17	32	1,00	14,17	9,0	28	48	1,33	18,26	14,0	13	27	0,93	17,73
4,2	24	42	1,20	18,95	9,2	23	46	1,53	18,16	14,2	13	24	0,73	19,50
4,4	25	44	1,27	16,30	9,4	23	42	1,27	17,25	14,4	10	20	0,67	16,67
4,6	28	51	1,53	14,00	9,6	19	39	1,33	17,81	14,6	19	28	0,60	21,92
4,8	29	59	2,00	15,00	9,8	23	39	1,07	21,56	14,8	20	33	0,87	27,27
5,0	33	62	1,93	14,14	10,0	19	35	1,07	20,36	15,0	19	30	0,73	21,92

LEGENDA: qc = resistenza alla punta; RI = resistenza laterale; fs = resistenza ad attrito laterale locale; qc/fs = rapporto di Begemann

Dott. Geol. Paolo Beretti Via De Gasperi 2/1 - Quattro Castella (RE) Tel. 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell. 348 6902667	PROVA PENETROMETRICA C.P.T. N° 1	COMMITTENTE: Geode srl
	ATTREZZO: Pen. statico dinamico TG63- 200	CANTIERE: Sorbolo (PR)
QUOTA: p.c.	Profondità falda: -1,35 m p.c.	DATA: 30/01/2020

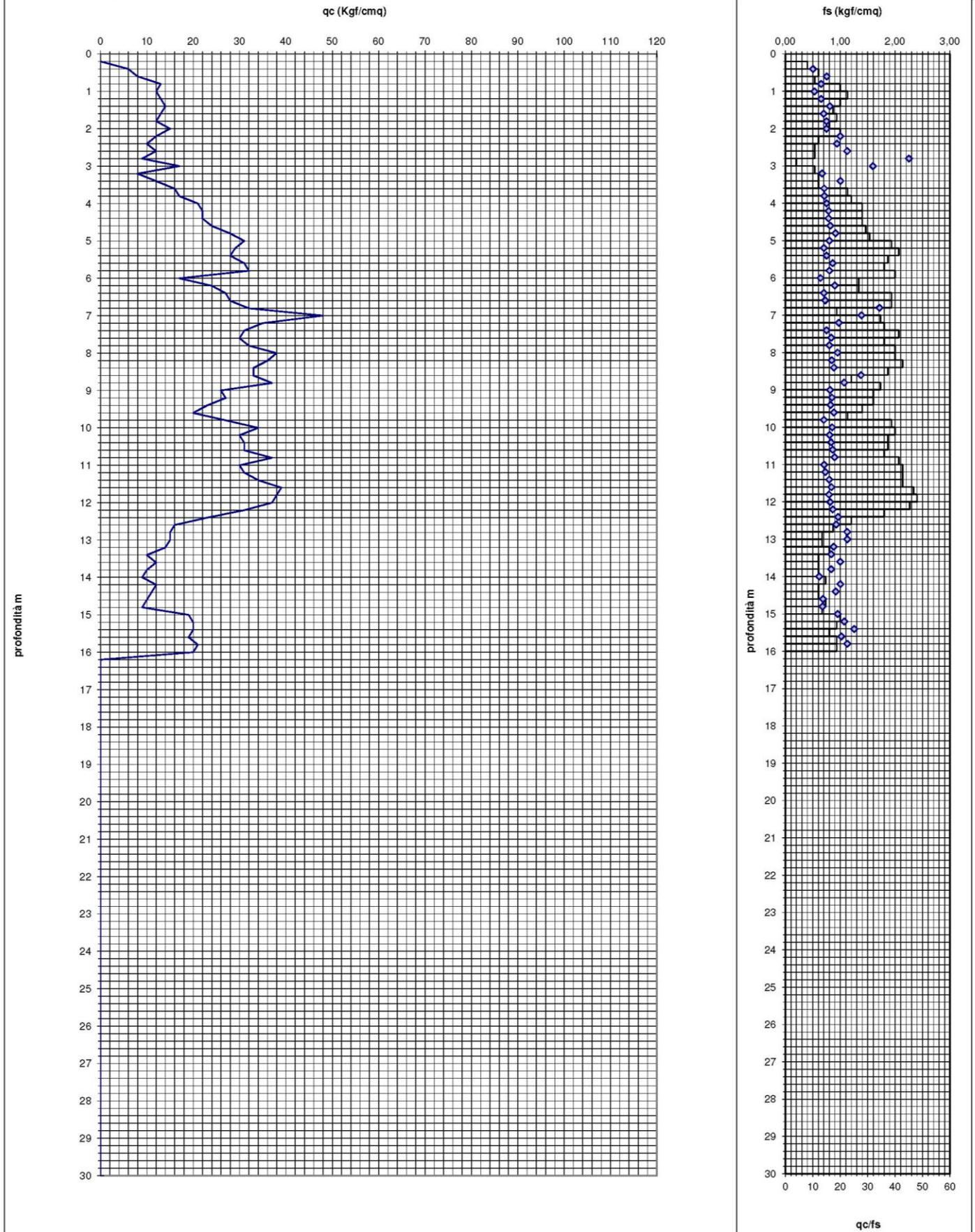


Dott. Geol. Paolo Beretti <i>Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali</i> Via De Gasperi 2/1 - Quattro Castella (RE) Tel. 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell. 348 6902667		Prova penetrometrica statica CPT 2				COMMITTENTE: Geode scrl			
ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200		CANTIERE: Sorbolo (PR)				Data: 30/01/2020			
OPERATORE: Dott. P. Beretti		Profondità falda: -1,10 m p.c.							
PROF.	qc kgf/cm ²	RI kgf/cm ²	fs kgf/cm ²	qc/fs	PROF.	qc kgf/cm ²	RI kgf/cm ²	fs kgf/cm ²	qc/fs
0,2	0	0	0,00	0,00	5,2	29	58	1,93	14,03
0,4	6	12	0,40	10,00	5,4	28	59	2,07	15,00
0,6	8	17	0,60	15,00	5,6	31	59	1,87	17,22
0,8	13	21	0,53	13,00	5,8	32	59	1,80	16,00
1,0	12	27	1,00	10,59	6,0	17	47	2,00	12,75
1,2	13	30	1,13	13,00	6,2	24	44	1,33	18,00
1,4	14	29	1,00	16,15	6,4	27	47	1,33	13,97
1,6	13	26	0,87	13,93	6,6	28	57	1,93	14,48
1,8	12	26	0,93	15,00	6,8	32	61	1,93	34,29
2,0	15	27	0,80	15,00	7,0	48	62	0,93	27,69
2,2	12	27	1,00	20,00	7,2	35	61	1,73	19,44
2,4	10	19	0,60	18,75	7,4	31	58	1,80	15,00
2,6	12	20	0,53	22,50	7,6	30	61	2,07	16,67
2,8	9	17	0,53	45,00	7,8	32	59	1,80	16,00
3,0	17	20	0,20	31,88	8,0	38	68	2,00	19,00
3,2	8	16	0,53	13,33	8,2	36	66	2,00	16,88
3,4	12	21	0,60	20,00	8,4	33	65	2,13	17,68
3,6	16	25	0,60	14,12	8,6	33	61	1,87	27,50
3,8	17	34	1,13	14,17	8,8	37	55	1,20	21,35
4,0	21	39	1,20	15,00	9,0	26	52	1,73	16,25
4,2	22	43	1,40	15,71	9,2	27	51	1,60	16,88
4,4	22	43	1,40	15,71	9,4	23	47	1,60	16,43
4,6	24	45	1,40	16,36	9,6	20	41	1,40	17,65
4,8	28	50	1,47	18,26	9,8	27	44	1,13	13,97
5,0	31	54	1,53	16,03	10,0	34	63	1,93	17,00

Letture di campagna e elaborazioni Pag. 1

LEGENDA: qc = resistenza alla punta; RI = resistenza laterale; fs = resistenza ad attrito laterale locale; qc/fs = rapporto di Begemann

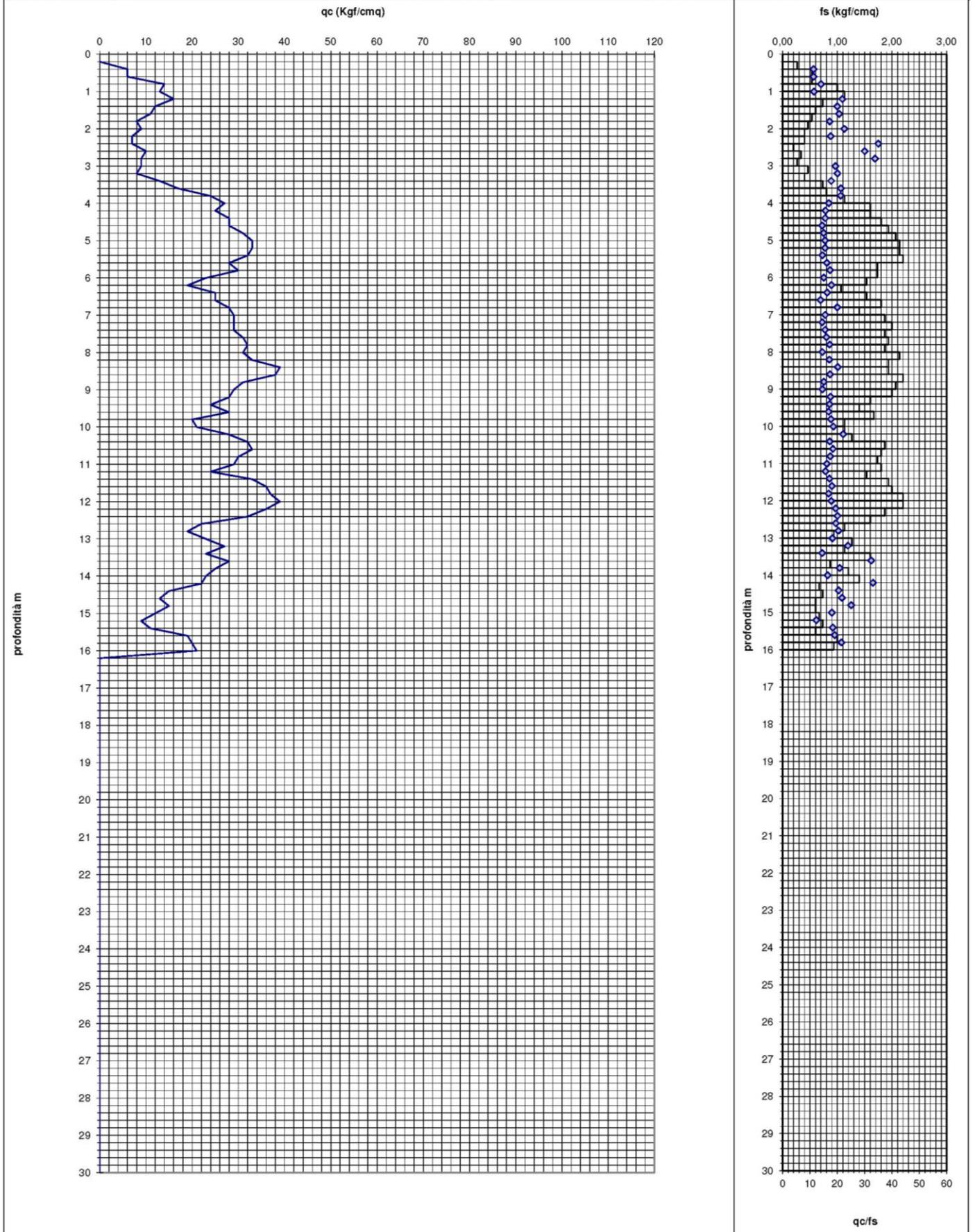
Dott. Geol. Paolo Beretti Via De Gasperi 2/1 - Quattro Castella (RE) Tel. 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell. 348 6902667	PROVA PENETROMETRICA C.P.T. N° 2	COMMITTENTE: Geode srl
	ATTREZZO: Pen. statico dinamico TG63- 200	CANTIERE: Sorbolo (PR)
QUOTA: p.c.	Profondità falda: -1,10 m p.c.	DATA: 30/01/2020



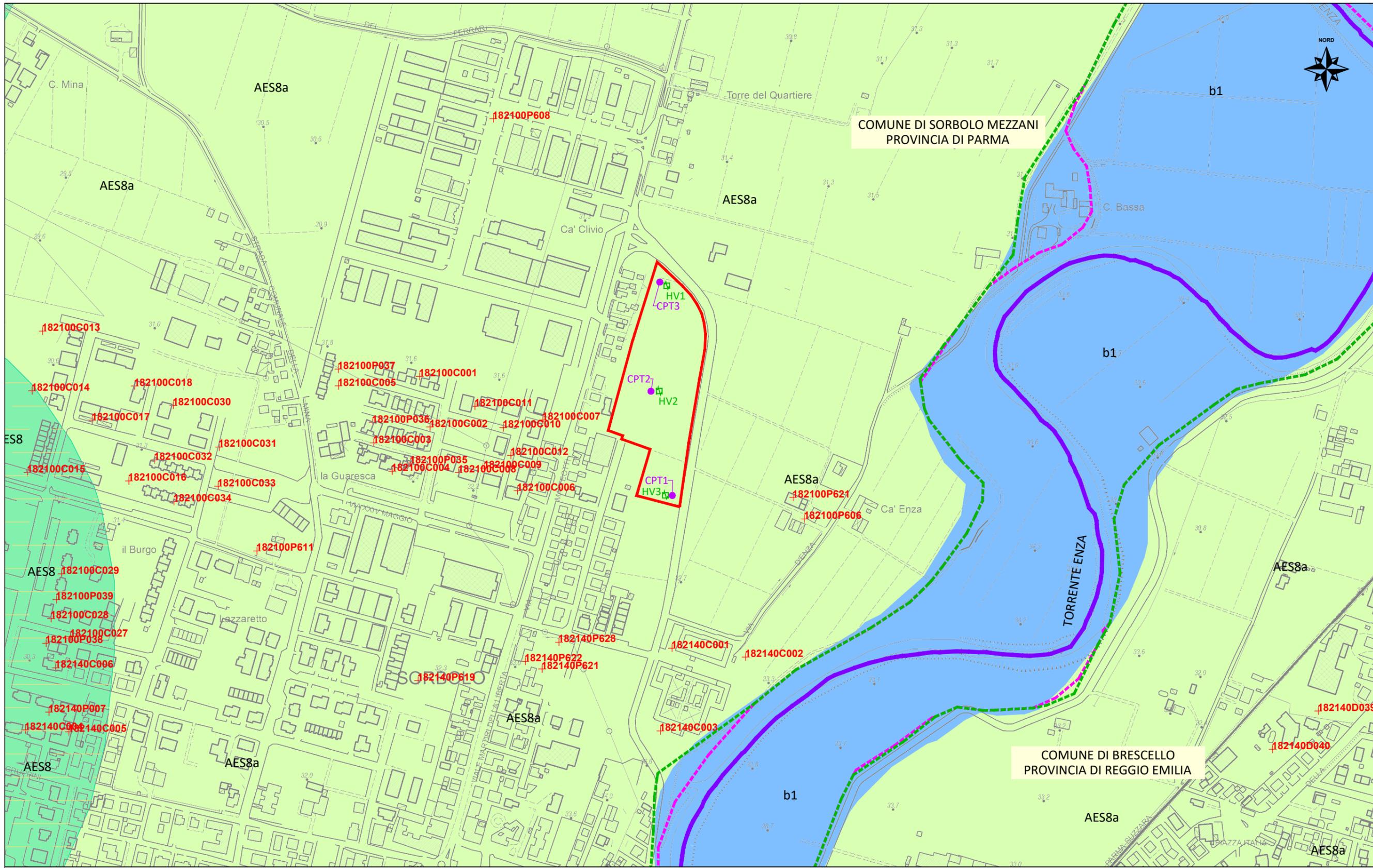
Dott. Geol. Paolo Beretti		Prova penetrometrica statica			COMMITTENTE: Geode scrI									
<i>Geologia applicata e Geotecnica. Consulenze Ambientali</i>		CPT			CANTIERE: Sorbolo (PR)									
Via De Gasperi 2/1 – Quattro Castella (RE)		3			Data: 30/01/2020									
Tel. 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell. 348 6902667		Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200			Profondità falda: -1,30 m p.c.									
OPERATORE: Dott. P. Beretti														
Letture di campagna e elaborazioni Pag. 1														
PROF.	qc kgf/cm ²	RI kgf/cm ²	fs kgf/cm ²	qc/fs	PROF.	qc kgf/cm ²	RI kgf/cm ²	fs kgf/cm ²	qc/fs	PROF.	qc kgf/cm ²	RI kgf/cm ²	fs kgf/cm ²	qc/fs
0,2	0	0	0,00	0,00	5,2	33	65	2,13	15,47	10,2	28	45	1,13	22,11
0,4	6	10	0,27	11,25	5,4	32	64	2,13	14,55	10,4	32	51	1,27	17,14
0,6	6	14	0,53	11,25	5,6	28	61	2,20	16,15	10,6	33	61	1,87	18,33
0,8	14	22	0,53	14,00	5,8	30	56	1,73	17,31	10,8	30	57	1,80	17,31
1,0	13	28	1,00	11,47	6,0	23	49	1,73	15,00	11,0	29	55	1,73	16,11
1,2	16	33	1,13	21,82	6,2	19	42	1,53	17,81	11,2	24	51	1,80	15,65
1,4	12	23	0,73	20,00	6,4	25	41	1,07	16,30	11,4	33	56	1,53	17,07
1,6	11	20	0,60	20,63	6,6	25	48	1,53	13,89	11,6	36	65	1,93	18,00
1,8	8	16	0,53	17,14	6,8	28	55	1,80	20,00	11,8	37	67	2,00	16,82
2,0	9	16	0,47	22,50	7,0	29	50	1,40	15,54	12,0	39	72	2,20	17,73
2,2	7	13	0,40	17,50	7,2	29	57	1,87	14,50	12,2	36	69	2,20	19,29
2,4	7	13	0,40	35,00	7,4	29	59	2,00	15,54	12,4	32	60	1,87	20,00
2,6	10	13	0,20	30,00	7,6	31	59	1,87	16,03	12,6	22	46	1,60	19,41
2,8	9	14	0,33	33,75	7,8	32	61	1,93	17,14	12,8	19	36	1,13	20,36
3,0	9	13	0,27	19,29	8,0	31	59	1,87	14,53	13,0	23	37	0,93	18,16
3,2	8	15	0,47	20,00	8,2	33	65	2,13	17,07	13,2	27	46	1,27	23,82
3,4	13	19	0,40	17,73	8,4	39	68	1,93	20,17	13,4	23	40	1,13	14,38
3,6	17	28	0,73	21,25	8,6	38	67	1,93	17,27	13,6	28	52	1,60	32,31
3,8	24	36	0,80	21,18	8,8	31	64	2,20	15,00	13,8	25	38	0,87	20,83
4,0	27	44	1,13	16,88	9,0	29	60	2,07	14,50	14,0	23	41	1,20	16,43
4,2	25	49	1,60	15,63	9,2	28	58	2,00	17,50	14,2	22	43	1,40	33,00
4,4	28	52	1,60	15,56	9,4	24	48	1,60	17,14	14,4	15	25	0,67	20,45
4,6	28	55	1,80	14,48	9,6	28	49	1,40	16,80	14,6	13	24	0,73	21,67
4,8	31	60	1,93	15,00	9,8	20	45	1,67	17,65	14,8	15	24	0,60	25,00
5,0	33	64	2,07	15,47	10,0	21	38	1,13	18,53	15,0	12	21	0,60	18,00

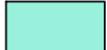
LEGENDA: qc = resistenza alla punta; RI = resistenza laterale; fs = resistenza ad attrito laterale locale; qc/fs = rapporto di Begemann

Dott. Geol. Paolo Beretti Via De Gasperi 2/1 – Quattro Castella (RE) Tel. 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell. 348 6902667	PROVA PENETROMETRICA C.P.T. N° 3	COMMITTENTE: Geode srl
	ATTREZZO: Pen. statico dinamico TG63- 200	CANTIERE: Sorbolo (PR)
QUOTA: p.c.	Profondità falda: -1.30 m p.c.	DATA: 30/01/2020



ALLEGATO 3 TAVOLA A



 Area in esame	 Deposito alluvionale in evoluzione b1	 Indagini geognostiche da database regionale	INDAGINI GEOGNOSTICHE - gennaio 2020
 Limiti amministrativi	<i>Successione neogenico-quadernaria del margine appenninico padano</i>	 Tessitura: limi	
 Limite FASCIA A di PAI	 AES8 Subsistema di Ravenna	 Tessitura: limi argillosi	 Prova penetrometrica statica
 Limite FASCIA B di PAI	 AES8a Unità di Modena		

TITOLO	 ESTENSORI: GEODE Via Botteri, 9/A 43122 Parma COMMESSA: G19_099	DATA: GENNAIO 2020
	RELAZIONE GEOLOGICA AMBITO NU3 - COMUNE DI SORBOLO MEZZANI (PR) TAV.A - CARTA GEOLOGICA-GEOMORFOLOGICA IDROGEOLOGICA	