



Comune di San Giorgio P.no (Provincia di Piacenza)



STUDIO GEOLOGICO

Studio geologico e sismico
a supporto della redazione del
Piano Urbanistico Attuativo dell'area
di nuovo intervento in località
Viustino, denominata "B1" secondo
il PSC del comune di San Giorgio
Piacentino.

Luglio 2015

il Tecnico

Dott. Geol. Roberto Ponzanibbio

Committente

Nettuno srl

Studio:
via Astori, 3 - 29019 San Giorgio P.no (Pc)
cell.: 335.58.52.620 - fax: 0523.18.80.760
email: geologo.ponzanibbio@libero.it
P.E.C.: ponzanibbio@epap.sicurezzapostale.it



Comune di San Giorgio P.no (Provincia di Piacenza)



STUDIO GEOLOGICO

Studio geologico e sismico
a supporto della redazione del
Piano Urbanistico Attuativo dell'area
di nuovo intervento in località
Viustino, denominata "B1" secondo
il PSC del comune di San Giorgio
Piacentino.

Elaborato 0

Relazione geologica

Luglio 2015

il Tecnico

Dott. Geol. Roberto Ponzanibbio

Committente

Nettuno srl

Studio:
via Astori, 3 - 29019 San Giorgio P.no (Pc)
cell.: 335.58.52.620 - fax: 0523.18.80.760
email: geologo.ponzanibbio@libero.it
P.E.C.: ponzanibbio@epap.sicurezzapostale.it

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA

I N D I C E

1	PREMESSA.....	2
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	3
3	GEOLOGIA.....	5
3.1	Quadro geologico di riferimento	5
3.2	Geologia di dettaglio (depositi quaternari)	7
3.3	Assetto strutturale.....	7
4	GEOMORFOLOGIA.....	8
5	IDROGEOLOGIA	9
5.1	Piano tutela acque	9
5.2	Idrogeologia locale.....	10
6	INDAGINI IN SITO.....	11
6.1	Prove penetrometriche statiche (CPT)	11
6.2	Rilievo sismico mediante tromografo	15
7	SISMICITÀ	18
7.1	Zonazione sismica nazionale e regionale	18
7.2	Classificazione sismica del sito	20
7.3	Caratteristiche delle Opere	22
7.4	Coefficienti sismici di progetto.....	23
7.5	Vulnerabilità sismica	24
7.6	Parametri di disaggregazione.....	25
8	CORRELAZIONI UTILIZZATE PER LA STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI	26
8.1	Litostratimetria	26
8.2	Peso di Volume (γ)	26
8.3	Resistenza al taglio non drenata (C_u)	27
8.4	Modulo di deformazione edometrica (M).....	27
8.5	Conversione da qc a Nspt	29
8.6	Determinazione dell'angolo di attrito (ϕ')	29
8.7	Determinazione del modulo di deformazione elastico o di Young (E)	29
9	MODELLO GEOTECNICO DI SOTTOSUOLO	31
10	RISCHIO LIQUEFAZIONE	32
11	CONCLUSIONI	33

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA

1 PREMESSA

Il presente documento rappresenta la Relazione Geologica e Sismica prodotta dallo scrivente Dr Geol. Roberto Ponzanibbio (di seguito indicato come lo "Scrivente") su incarico conferito dalla Nettuno s.r.l. (indicato come il "Committente") a supporto della redazione del Piano Urbanistico Attuativo dell'area di nuovo intervento denominata "B1" secondo il PSC del comune di San Giorgio Piacentino, che si trova in località Viustino.

Codesta relazione ha quindi riguardato la definizione del quadro geologico, geotecnico preliminare e sismico, atti alla fattibilità dell'opera in progetto.

Per la determinazione delle caratteristiche geolitologiche di codesti terreni di fondazione è stata realizzata una campagna di indagini in sito consistita in n° 1 indagine sismica passiva a stazione singola (HVSr) e n° 5 prove penetrometriche statiche (CPT) eseguite in data 28/05/2015.

A corredo della presente Relazione sono stati redatti i seguenti elaborati cartografici tematici e rapporti d'indagine negli allegati di seguito elencati:

Elaborato 1 – Corografia

Elaborato 2 – Carta geolitologica

Elaborato 3 – Carta di ubicazione indagini in sito

Elaborato 4 – Sezione geologica di riferimento

Allegato A – Prove penetrometriche statiche (CPT)

Allegato B – Indagine sismica passiva (HVSr)

Gli studi e i rilievi effettuati in sito sono stati svolti in ottemperanza della seguente normativa di riferimento:

- D.M. 14.01.2008 Testo Unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Delibera di Giunta Regionale Emilia Romagna n° 112/2007;
- D. Lgs. 152/2006 "Norme in materia ambientale";
- Circ. Reg. 11/02/83 n.1288 "Indicazioni metodologiche sulle indagini geologiche da produrre a corredo dei piani urbanistici comunali";
- L. R. 24/03/2000 n.20 e successive modifiche "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio";

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA

- Delibera di Consiglio Regionale n. 173/2001 “Approvazione dell’atto di indirizzo e coordinamento tecnico per l’attuazione della L. R. n. 20 del 24 marzo 2000 sui contenuti conoscitivi e valutativi dei piani”;
- L. R. 25/11/2002, n. 31 e successive modifiche “Disciplina generale dell’edilizia”;
- L. R. 30/11/2009, n. 23 “Norme in materia di tutela e valorizzazione del paesaggio”;
- L. R. 30/03/2008, n. 19 “Norme per la riduzione del rischio sismico”;
- D.P.R. 06/06/2001 n.380 “Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia”;
- Piano Tutela Acque (P.T.A.) approvato dalla Assemblea Legislativa con delibera n. 40 del 20/12/2005;
- Ord. P.C.M. 3274 del 20/03/2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”;
- Ord. P.C.M. 3519 del 28/04/2006 “Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle stesse zone”;
- Del. Ass. Leg. Reg. n. 112 del 02/05/2007 “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”;
- D.M. 14.01.2008 Testo Unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Istruzioni per l’applicazione delle “Norme Tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14. Gennaio 2008. Circolare 2 Febbraio 2009;
- Piano territoriale di coordinamento provinciale (P.T.C.P.) di Piacenza approvato con atto n. 69 del 2 luglio 2010;
- Piano Strutturale Comunale (P.S.C.) del Comune di San Giorgio Piacentino C.C. 55 del 2012;
- Regolamento Urbanistico Edilizio (R.U.E.) del Comune di San Giorgio Piacentino C.C. 54 del 2013.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

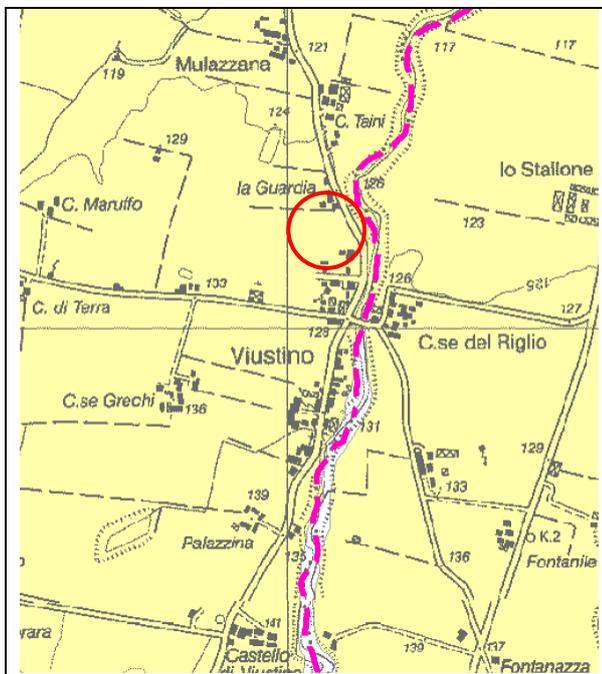
L’area in esame è situata in località Viustino di San Giorgio Piacentino (Pc) ed è ubicata a una quota media di 126 m s.l.m. Dal punto di vista cartografico tale area si trova nell’Elemento 180 063 Carpaneto P.no, Sezione 180 060 Carpaneto P.no, Tavoletta 180 NO Carpaneto P.no e Foglio IGMI 180 Salsomaggiore Terme (V.si Elaborato 1).

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA

Il centro individuato dallo Scrivente e utilizzato per la definizione del successivo quadro sismico dell'area in oggetto è individuato dalle seguenti coordinate geografiche, espresse nel sistema di riferimento WGS84 UTM32N:

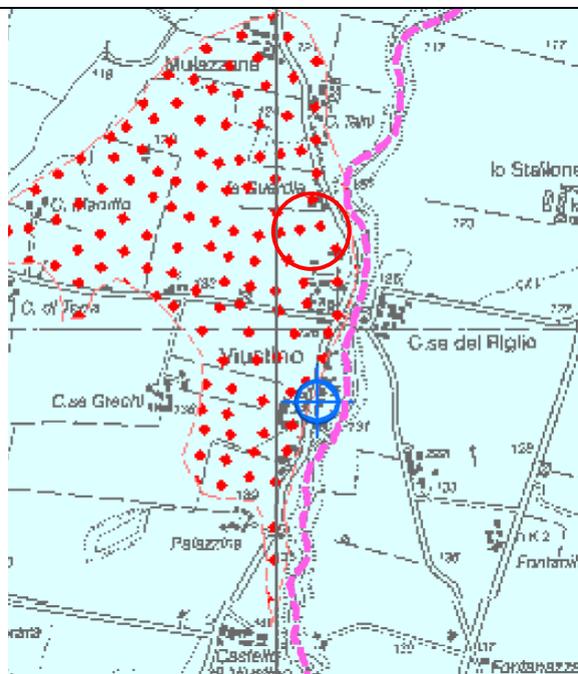
X (Est): 560102.527 Y (Nord): 4973052.2325

L'area in studio, secondo il P.T.C.P. 2007, approvato con atto n. 69 del 2 luglio 2010, risulta essere soggetta ad amplificazione litologica come effetto di sito, secondo la tavola A4_05 Carta delle Aree Suscettibili di Effetti Sismici Locali, e ricade nella zona di ricarica di Tipo B – Ricarica indiretta con vulnerabilità intrinseca alta, elevata ed estremamente elevata dell'acquifero superficiale secondo la tavola A5_1 Tutela della risorse idriche.



Depositi alluvionali con Vs30 < 800 m/s

Figura 1 – Estratto tav. A4_5 del PTCP



Settore di ricarica di tipo B –ricarica indiretta e a vulnerabilità intrinseca alta

Figura 2 – Estratto tav. A5_1 del PTCP

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA

3 GEOLOGIA

3.1 Quadro geologico di riferimento

L'area oggetto di studio si trova nel Bacino Padano la cui evoluzione è connessa all'attivazione dei sovrascorrimenti del basamento e/o a riattivazioni di sovrascorrimenti preesistenti all'interno della copertura (Boccaletti & Sani, 1997).

Durante l'Oligocene la formazione della catena appenninica porta allo sviluppo di bacini di avanfossa profondi e subsidenti caratterizzati dall'accumulo di potenti successioni torbiditiche e depositi di mare basso in bacini marginali di modesta estensione (Ricci Lucchi, et al. 2002). Dall'Oligocene in avanti, dunque, la Pianura Padana diventa un margine continentale attivo legato allo sviluppo di due bacini molassici sinorogenici: il più antico legato alla formazione della catena alpina, il più recente (post-Messiniano) legato al dominio appenninico (Astori, et al. 2002).

A partire dal Messiniano, poi, cessano quasi completamente i movimenti tettonici legati alla strutturazione dell'edificio alpino (Regione Lombardia & ENI-Divisione AGIP, 2002) mentre, dal Messiniano al Quaternario, la tettonica di accrezione dell'Appennino settentrionale, contemporanea all'apertura del Mar Tirreno, interessa le zone esterne della catena e coinvolge l'avampaese padano. Dalla fine del Miocene l'avanzamento delle falde induce sprofondamenti flessurali nell'antistante avampaese padano e determina la formazione di un bacino subsidente, l'avanfossa molassica padano-adriatica (Cremonini & Ricci Lucchi, 1982; Gasperi, et al. 1984; Castellarin, et al. 1985). La sedimentazione durante il Messiniano pre-evaporitico è caratterizzata comunemente da successioni eusiniche con deposizione ciclica, controllata astronomicamente, di coppie carbonato-organiche. In questo periodo gli eventi mediterranei si sovrappongono ad una fase di accelerazione della deformazione tettonica, con sollevamento della catena appenninica e migrazione verso l'esterno (ENE) del fronte deformativo. Durante questa fase deformativa la catena appenninica emerge e per la prima volta si sviluppa un sistema di drenaggio appenninico che va ad alimentare il bacino di avanfossa s.l., mentre le precedenti vie di alimentazione delle Alpi vengono interrotte (Ricci Lucchi, et al. 2002).

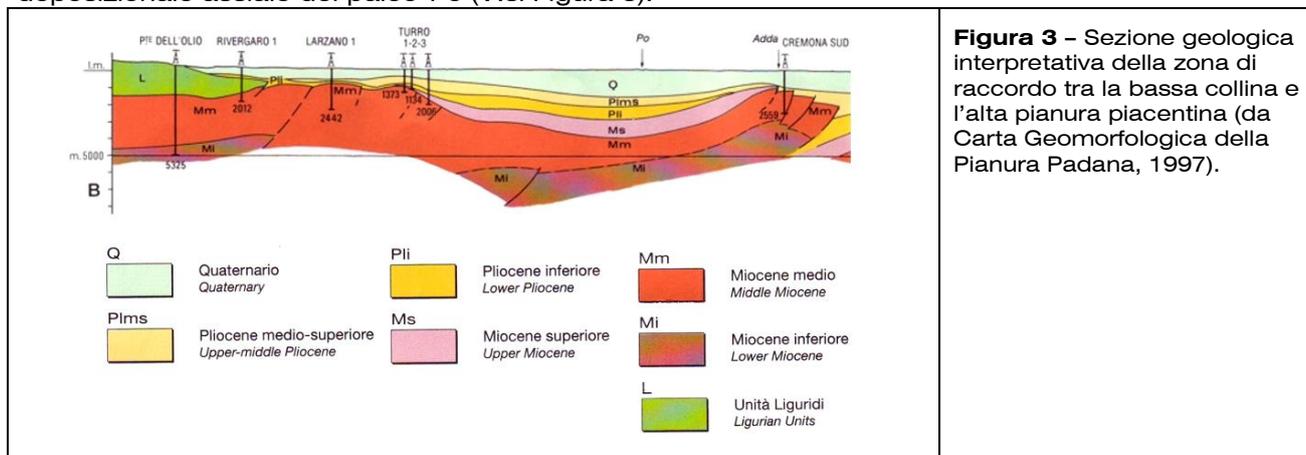
Nel Messiniano termina un ciclo sedimentario complesso per il sommarsi di due eventi di importanza globale: il progressivo avvicinamento della placca africana a quella europea, con conseguente riduzione dell'ampiezza del bacino e il graduale essiccamento del Mediterraneo (Decima & Wezel, 1973; Selli, 1973; Montadert, et al. 1977; Vai & Ricci Lucchi, 1977; Gelati, et al. 1989; Butler et al. 1995; DeCelles & Cavazza, 1995; Vai, 1997; Cavazza & DeCelles, 1998). Questo porta ad una "regressione" generalizzata nell'area bacinale con l'inizio, nelle aree marginali, della deposizione evaporitica che sostituisce quella di mare aperto che caratterizzava il Tortoniano

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA

(Dondi et al. 1982; Roveri et al. 2001). Nella parte centrale del Bacino continua la deposizione di successioni clastiche torbiditiche e si assiste ad una generale diminuzione della salinità delle acque e ad una trasgressione generalizzata (Castellarin, et al. 1985). La ripresa della sedimentazione, prevalentemente terrigena, si svolge per lo più a ridosso del margine settentrionale dell'Appennino, in una fascia che dal Piemonte meridionale si estende sino alle Marche. L'Appennino, ormai emerso, fornisce all'avanfossa abbondante detrito. Il nuovo ciclo sedimentario inizia nel Messiniano superiore, con una sedimentazione per lo più torbiditica, in profondi bacini salmastri divisi da alti strutturali e separati dal resto del Mediterraneo.

Con il Pliocene, una rapida risalita del livello del mare porta poi al ristabilirsi dell'ambiente marino su ampie aree prima emerse e riporta in condizioni marine franche i bacini salmastri messiniani. La deposizione, prevalentemente pelitica, interessa vaste zone, mentre torbiditi arenaceo-pelitiche di conoide sottomarina e di piana bacinale vengono deposte nelle zone più profonde. Durante le fasi tettoniche del Pliocene medio-superiore diversi tratti all'interno dell'avanfossa padana vengono coinvolti nell'orogenesi e vanno in emersione (Dondi & D'Andrea, 1986). In epoca terziaria e quaternaria il Bacino Padano, infine, è sede di un notevole apporto detritico, che ne determina il progressivo riempimento (V.si Figura 3) e il passaggio a condizioni di continentalità.

Il riempimento quaternario del Bacino Padano è rappresentato da un insieme di sequenze deposizionali, con una generale tendenza regressiva, che fa seguito alla sedimentazione pliocenica in ambiente marino. In questo periodo, il delta padano e la linea di costa nell'avampae appenninico si spostano verso ESE, per effetto della propagazione verso nord dei fronti di sovrascorrimento esterni dell'Appennino e sotto il controllo dei cicli climatici glaciali e interglaciali. Nell'area lombarda ed emiliana, a partire dal tardo Pleistocene medio, i sistemi deposizionali alpini e appenninici (da conoidi alluvionali a depositi fluviali meandriformi) si interdigitano con il sistema deposizionale assiale del paleo-Po (V.si Figura 3).



L'assetto del corpo sedimentario in cui si trova l'area in studio è il risultato dell'evoluzione deposizionale dei corsi d'acqua, legata sia alle variazioni climatiche pleistoceniche sia ai recenti

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA

movimenti tettonici della zona di margine, vale a dire di quella fascia interposta tra la Pianura s.l. in abbassamento e l'Appennino in sollevamento.

Dalla bassa collina fino alla bassa pianura emiliana è possibile riconoscere differenti ambienti deposizionali: le conoidi alluvionali sono tipiche della zona pedeappenninica, in cui è ubicata l'area in studio, a cui fa seguito la piana alluvionale, che passa verso la costa alla piana deltizia del fiume Po.

La nomenclatura stratigrafica della zona si basa su quanto riportato in Regione Emilia Romagna & ENI-AGIP (1998) secondo cui i depositi sono raggruppati nel Supersistema Emiliano-Romagnolo a sua volta suddiviso nel Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI) e nel Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES). All'interno di quest'ultimo sono state distinte unità di rango inferiore (subsintemi).

Il Supersistema Emiliano-Romagnolo è l'unità stratigrafica che comprende l'insieme dei depositi quaternari di origine continentale affioranti in corrispondenza del margine appenninico padano ed i sedimenti ad essi correlati della pianura emiliano-romagnola. La superficie topografica coincide con il limite superiore del Supersistema Emiliano-Romagnolo (REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998).

3.2 Geologia di dettaglio (depositi quaternari)

La geologia del sottosuolo dell'area in studio è estesamente rappresentata da depositi appartenenti al Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) (V.si Elaborato 2).

In particolare la principale unità geologica è definita come:

Unità di Vignola (AES7b): è costituita da ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati, localmente con copertura discontinua di limi argillosi: rappresentano depositi di conoide ghiaiosa e depositi intravallivi terrazzati. Il profilo di alterazione presenta uno spessore fino ad 1.5-2.0 m ed è di tipo A/Bw/BC/C e A/Bt/Bck/C. Lo spessore massimo dell'unità è di circa 15 m. *Pleistocene superiore*

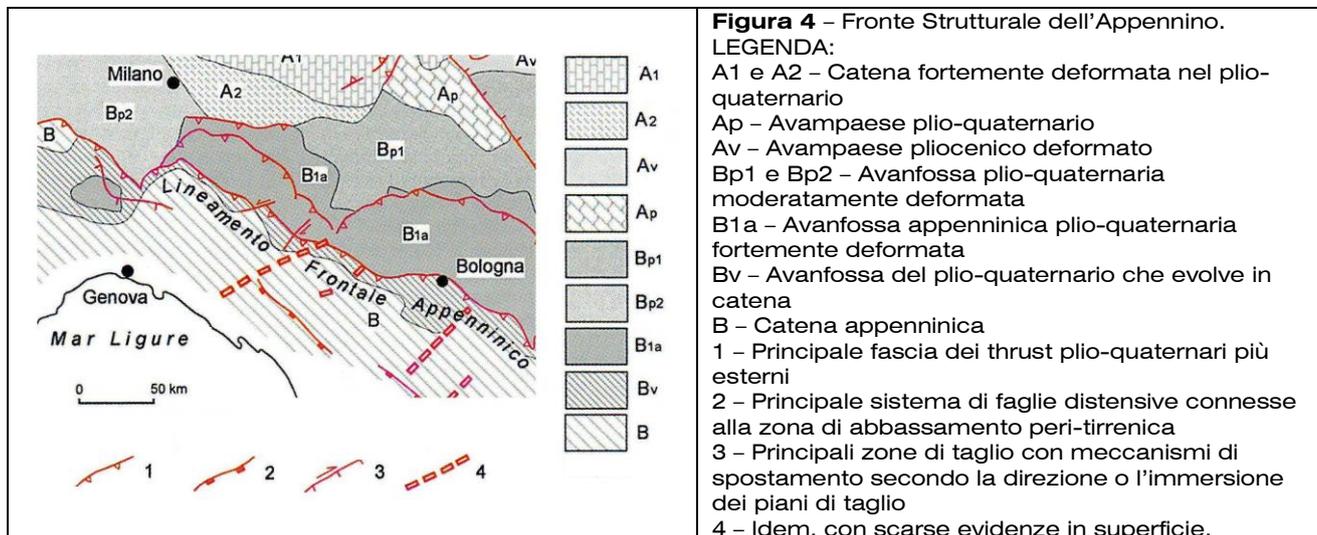
3.3 Assetto strutturale

Dal punto di vista geologico - strutturale, questa fascia dell'alta pianura è stata un bacino sedimentario terziario posto sulla terminazione settentrionale del blocco adriatico-pugliese. L'origine di questa zona è relativamente recente poiché fino a meno di un milione di anni fa l'area era interamente occupata dal mare costituendo l'intera propaggine Nord occidentale del Mare Adriatico; successivamente il mare si ritirò gradualmente dai margini alpini ed appenninici cedendo da Ovest verso Est. La catena appenninica, che costituirà il bacino di sedimentazione della Pianura Padana, si è venuta a formare dal Cretaceo superiore al Plio-Pleistocene ad opera della tettonica di accrezione dei domini paleogeografici meso-cenozoici.

Il fronte della catena, strutturato in una serie di archi, si sviluppa nel Pliocene e nel Pleistocene, contemporaneamente all'arco alpino orientale (V.si Figura 4). La sedimentazione si

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA

sviluppa su tutta la Pianura Padana e lo spessore dei sedimenti plio-quadernari è estremamente variabile essendo legato alla subsidenza differenziale delle strutture in dipendenza dell'attività tettonica.



4 GEOMORFOLOGIA

L'area interessata dal presente studio è situata in località Viustino (comune di San Giorgio Piacentino) a una quota di circa 113 m s.l.m. (riferimento cartografico CTR: Elemento 180 051 Ribera, Sezione 180 050 Vigolzone, Tavoleta 180 NO Vigolzone e Foglio IGMI 180 Salsomaggiore Terme) (V.si Elaborato 1).

La dinamica fluviale è la principale responsabile della formazione di questo settore dell'alta pianura emiliana formatosi ad opera dei sedimenti trasportati dai corsi d'acqua ivi confluenti, pur con i significativi condizionamenti connessi con le subsidenze differenziali e con la neotettonica in ragione dei movimenti delle strutture sepolte.

L'area è caratterizzata da una debole vergenza topografica rivolta verso i quadranti settentrionali; le principali forme rilevabili sono legate a processi dovuti all'azione delle acque superficiali ovvero all'azione di deposito e trasporto dei corsi d'acqua, in particolare del torrente Nure e di alcune canalizzazioni che scorrono parallelamente al torrente stesso.

In particolare l'assetto geomorfologico attuale, su cui poggia l'edificio in oggetto, evidenzia come l'azione di deposito delle acque, abbia ricoperto più volte i depositi alluvionali terrazzati pleistocenici seguendo diversi cicli.

Nel periodo storico si è sovrapposta anche l'attività antropica mirata alla modellazione delle superfici del suolo compatibilmente alle esigenze economiche, produttive e insediative.

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA

5 IDROGEOLOGIA

5.1 Piano tutela acque

Il Piano di Tutela delle Acque approvato dall'Assemblea Legislativa con deliberazione n° 40 del 21 dicembre 2005, costituisce lo strumento di pianificazione a disposizione delle Pubbliche Amministrazioni, e della Regione in particolare, per il raggiungimento degli obiettivi di qualità fissati dalle Direttive Europee e recepite nella norma italiana, attraverso un approccio che deve necessariamente essere integrato considerando adeguatamente gli aspetti quantitativi (minimo deflusso vitale, risparmio idrico, verifica delle concessioni, diversione degli scarichi, etc.) oltre a quelli più tipicamente di carattere qualitativo.

Il P.T.A. della Regione Emilia Romagna si configura come il principale strumento di governo e di tutela della risorsa idrica, e definisce gli obiettivi, gli indirizzi e gli interventi volti a garantire il raggiungimento o il mantenimento degli obiettivi di cui al ex D.Lgs n.152/99 e s.m.i., le misure necessarie alla tutela qualitativa e quantitativa del sistema idrico, che la pianificazione provinciale (P.T.C.P.) deve assumere per l'elaborazione della Variante d'adeguamento, ed individua le modalità operative per conferire maggiore efficacia all'attuazione delle norme vigenti in materia di tutela delle acque.

Relativamente all'ambiente idrico sotterraneo detto Piano distingue le aree di protezione delle acque sotterranee in zone del territorio pedecollina-pianura, collinare-montano.

A vasta area le zone di protezione delle acque sotterranee sono articolate nei seguenti settori (V.si Figura 5):

Settore A: Aree caratterizzate da ricarica diretta della falda, generalmente a ridosso della pedecollina, idrogeologicamente identificabili come sistema monostrato, contenente una falda freatica in continuità con la superficie da cui riceve alimentazione per infiltrazione;

Settore B: Aree caratterizzate da ricarica indiretta della falda, generalmente comprese tra la zona A e la media pianura, idrogeologicamente identificabili come sistema debolmente compartimentato, in cui la falda freatica superficiale segue una falda semiconfinata in collegamento per drenanza verticale;

Settore C: Bacini imbriferi di primaria alimentazione dei settori di Tipo A e B.

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA

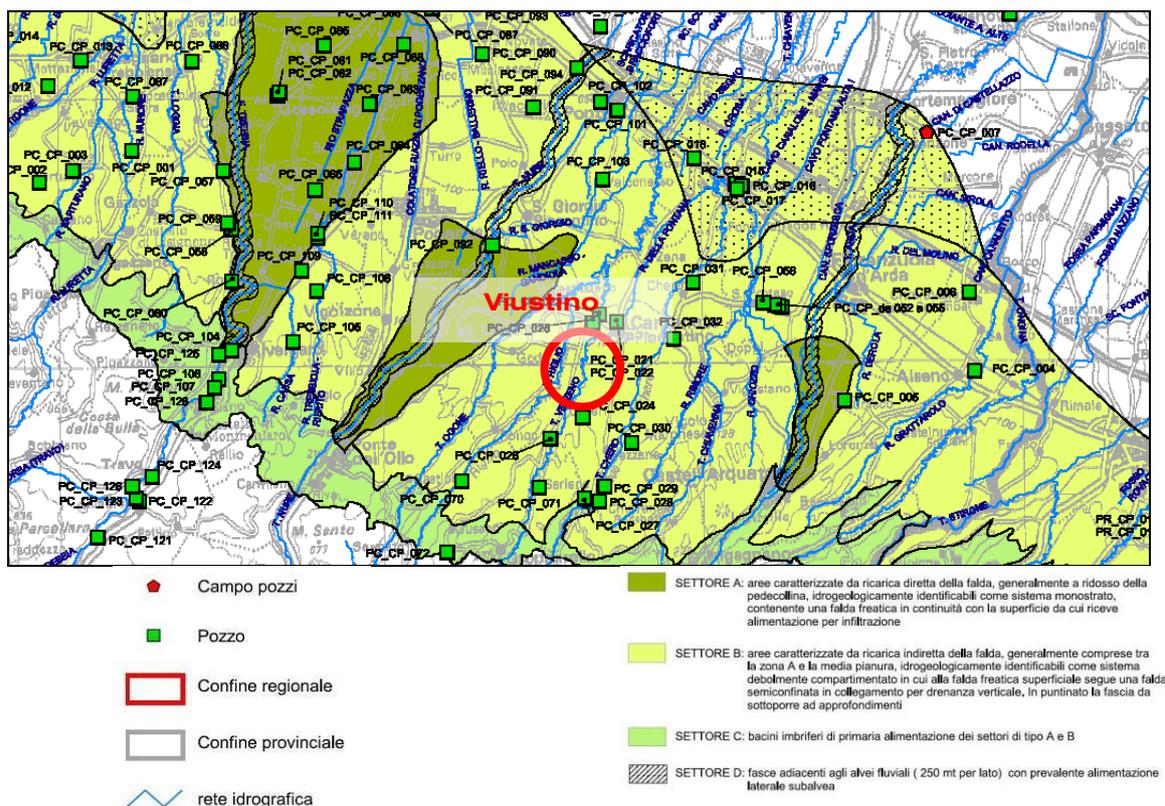


Figura 5- Stralcio della tavola 1 del PTA - Zone di protezione delle acque sotterranee: Aree di ricarica

Nel suo insieme, dunque, l'area in questione ricade integralmente nel Settore B ovvero quello caratterizzato da ricariche indirette della falda.

5.2 Idrogeologia locale

Limitatamente all'area in studio la circolazione delle acque sotterranee è strettamente legata alle caratteristiche delle litologie costituenti il sottosuolo. L'indagine di campagna e i dati bibliografici consultati hanno evidenziato la presenza di un banco di natura prevalentemente coesiva di spessore massimo indagato pari a 3,4 m caratterizzato da valori di permeabilità classificabili come "BB - ovvero molto bassi", secondo quanto proposto da Castany (1988, V.si Tabella 1), mentre tra 3,4 e 9,0 m è presente un livello di ghiaie e sabbie con valori di permeabilità da "E - Elevata" a "Buona". Oltre i 9,0 m la natura del deposito torna ad essere più fine con valori di permeabilità classificabili come "bassi" cioè compresi tra 10^{-6} e 10^{-7} m/s.

Durante l'indagine in sito è stata rilevata la soggiacenza della falda a pelo libero ad - 3,85 m da piano campagna.

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA

K (cm/sec)	10 ²	10 ¹	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
K (m/sec)	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
Classi di permeabilità	EE	E	Buona		Discreta		Bassa		BB		Impermeabile	
Tipi di terreno	Ghiaie pulite	Sabbie grossolane pulite e miscele di sabbie e ghiaie			Sabbie fini	Miscele di sabbie e limi		Limi argillosi e argille limose, fanghi argillosi		Argille omogenee e compatte		

Tabella 1 - Classi di permeabilità (da Castany, 1988).

6 INDAGINI IN SITO

La campagna di indagini geognostiche è consistita in n. 5 prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) con punta meccanica. I risultati delle 5 prove penetrometriche sono riportati nell'Allegato A.

Inoltre, per caratterizzare i terreni presenti da un punto di vista sismico è stata effettuata una prova tomografica per i risultati della quale si rimanda all'Allegato B.

L'ubicazione grafica di tutte le indagini è rappresentata nell'Elaborato 3.

6.1 Prove penetrometriche statiche (CPT)

Le prove penetrometriche statiche con punta meccanica, denominate CPT 01, CPT 02, CPT 03, CPT 04, CPT 05 (V.si dalla Foto 2 alla Foto 5), sono state spinte fino ad una profondità massima di - 15,0 m da piano campagna.

In generale tale prova permette di valutare la resistenza dei terreni e consiste nella misurazione della resistenza alla punta e dell'attrito laterale (ogni 20 cm), durante l'infissione nel terreno (a velocità costante pari a 2 cm/s) di una punta conica di dimensioni standardizzate tramite una serie di aste collegate fra loro; l'avanzamento è applicato staticamente mediante dispositivi idraulici.

La normativa di riferimento seguita è:

- ASTM D3441-86 "Deep, quasi-static, cone and friction cone penetration tests of soil"
- ISSMFE Technical Committee on Penetrating Testing- Cone Penetration Testing (CPT): International Reference Test Procedure.

La suddetta prova è stata eseguita dallo Scrittore Tecnico in qualità di proprietario del penetrometro SP 100 SM Deep Drill.

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA



Foto 1 – C.P.T. 01

Coordinate geografiche
(in WGS84UTM32):
X (easting): 560099.8219
Y (northing): 4973049.2648



Foto 2 – C.P.T. 02

Coordinate geografiche
(in WGS84UTM32):
X (easting): 560093.9192
Y (northing): 4973059.4947



Foto 3 – C.P.T. 03

Coordinate geografiche
(in WGS84UTM32):
X (easting): 560087.2856
Y (northing): 4973046.4428

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA



Foto 4 – C.P.T. 04

Coordinate geografiche
(in WGS84UTM32):
X (easting): 560118.5116
Y (northing): 4973047.4587



Foto 5 – C.P.T. 05

Coordinate geografiche
(in WGS84UTM32):
X (easting): 560113.2968
Y (northing): 4973057.7662

L'ubicazione delle prove è riportata nell'Elaborato 3.

Gli scopi di codesta metodologia d'indagine sono:

- determinare la litologia del deposito e valutare l'eventuale profondità del "tetto delle ghiaie" (V.si Figura 6 e Figura 7);
- redigere la sezione litostratimetrica sul lotto di interesse;
- determinare, sulla base di correlazioni presenti in letteratura, le caratteristiche litotecniche del terreno nei pressi delle opere in progetto.

In Allegato A sono riportati i valori puntuali delle indagini.

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA

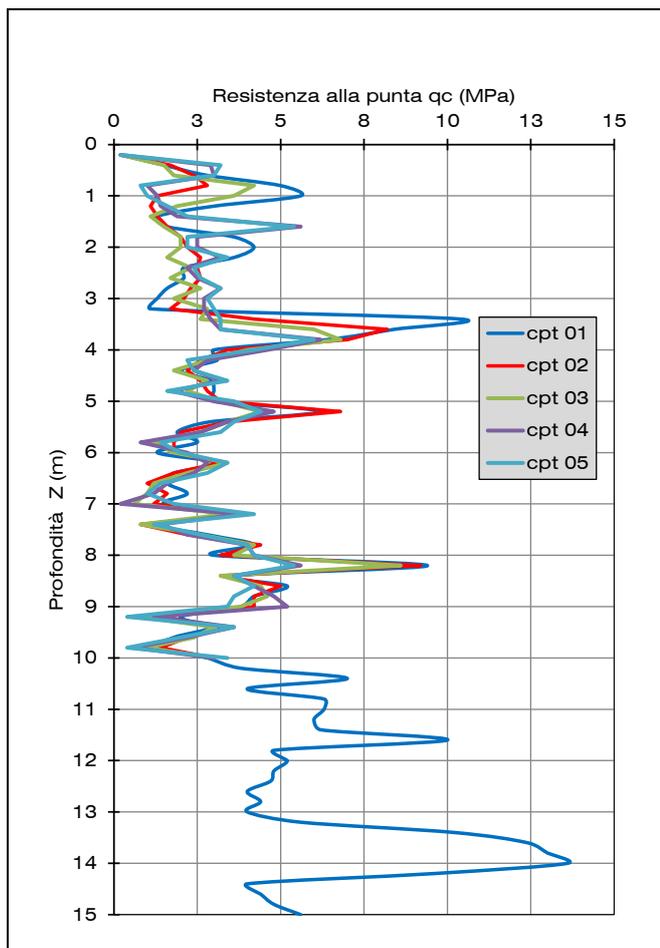


Figura 6 - Variazione della resistenza alla punta (qc) con la profondità (Z).

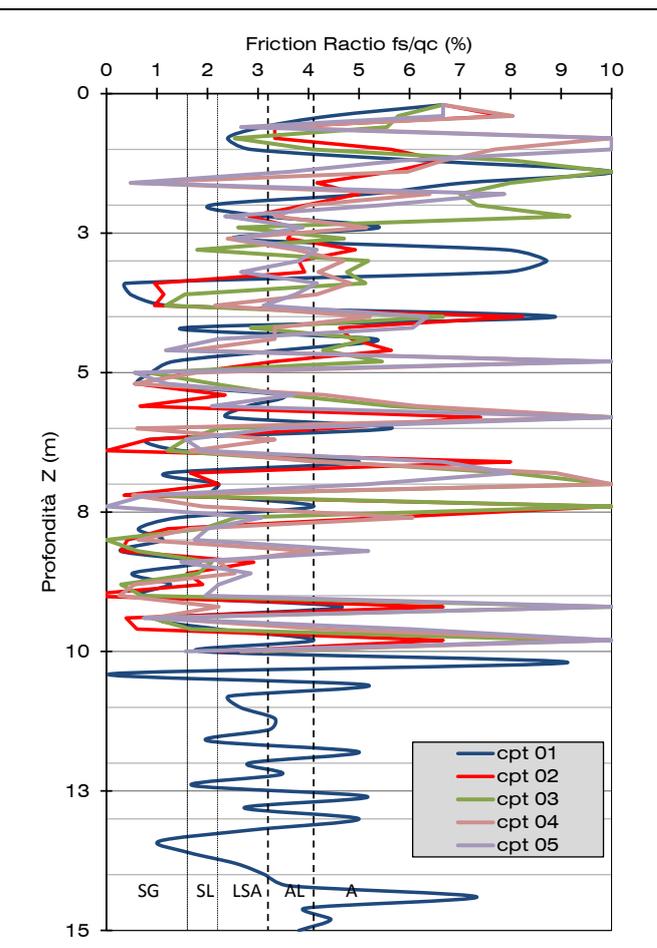


Figura 7 - Variazione dei valori di Friction Ratio F_s/Q_c (%) con la profondità (Z), dove SG = Sabbia e Ghiaia, SL = Sabbia limosa, LSA = Limo sabbioso argilloso, AL = Argilla limosa, A = Argilla.

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA

6.2 Rilievo sismico mediante tromografo

Ai fini della caratterizzazione sismica del sottosuolo di fondazione su cui poggiano gli edifici interessati dal presente studio e in ottemperanza alle indicazioni contenute nel testo unitario "Norme Tecniche per le Costruzioni" (D.M. 14-01-2008) è stata condotta un'indagine geofisica diretta in sito tramite tromografo digitale (GEOFONO Gemini 2 Hz), la cui ubicazione è espressa dalle seguenti coordinate geografiche secondo il sistema WGS84UTM32:

X: 560107.7099, Y: 4973049.8861

La caratterizzazione dei terreni è stata effettuata tramite la tecnica sismica passiva (tecnica dei rapporti spettrali) o **HVSR** (Horizontal to Vertical Spectral Ratio).

La prova è stata condotta utilizzando di un sismometro a stazione singola (tromografo digitale) in grado di registrare i microtremori lungo le due direzioni orizzontali (X, Y) e lungo quella verticale (Z), di un ampio intervallo di frequenze (0.1-100 Hz) e per una durata sufficientemente lunga (mediamente 16 minuti).

Il moto indotto nel terreno è stato misurato dallo strumento in termini di velocità attraverso tre velocimetri, uno per ogni direzione di misura (X, Y e Z). Le misure registrate sono state poi elaborate e restituite graficamente in forma di spettri H/V (rapporto H/V in funzione della frequenza) e spettri delle singole componenti (componente del moto in funzione della frequenza per ognuna delle tre direzioni).

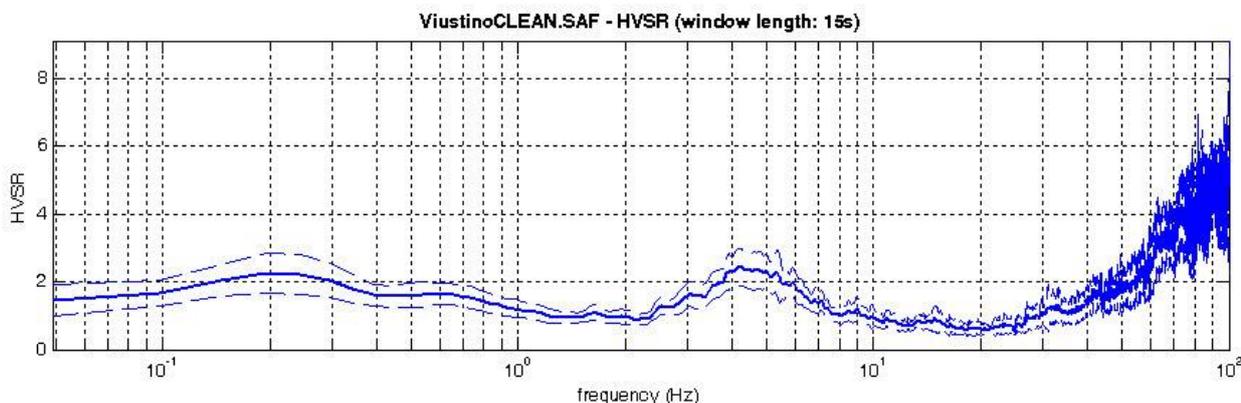


Figura 8 - Rapporto orizzontale su verticale (H/V) rispetto alle frequenze registrate.

I risultati ottenuti, riportati nell'Allegato B, sono:

1. La curva H/V sperimentale vs. la curva H/V sintetica;
2. La velocità media delle onde di taglio Vs.

Per determinare la velocità delle onde di taglio Vs è stata utilizzata l'inversione vincolata dello spettro H/V ricavato attraverso il rilievo tromografico.

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA

La relazione seguente lega la frequenza di risonanza del terreno (f) alla velocità delle onde S (Vs) e alla profondità della base dello strato (H):

$$f(Hz) = \frac{V_s}{4H}$$

Nota la profondità di un singolo livello stratigrafico, ottenuta attraverso l'elaborazione dei dati ricavati da prove penetrometriche e dati bibliografici, è possibile procedere all'inversione dello spettro H/V, modellando la curva sintetica in modo da ottenere la sovrapposizione con quella misurata, per poi ricavare la Vs media per ogni singolo strato. Sulla base di tali elaborazioni è stata ottenuta la curva della Vs con la profondità (V.si Figura 9).

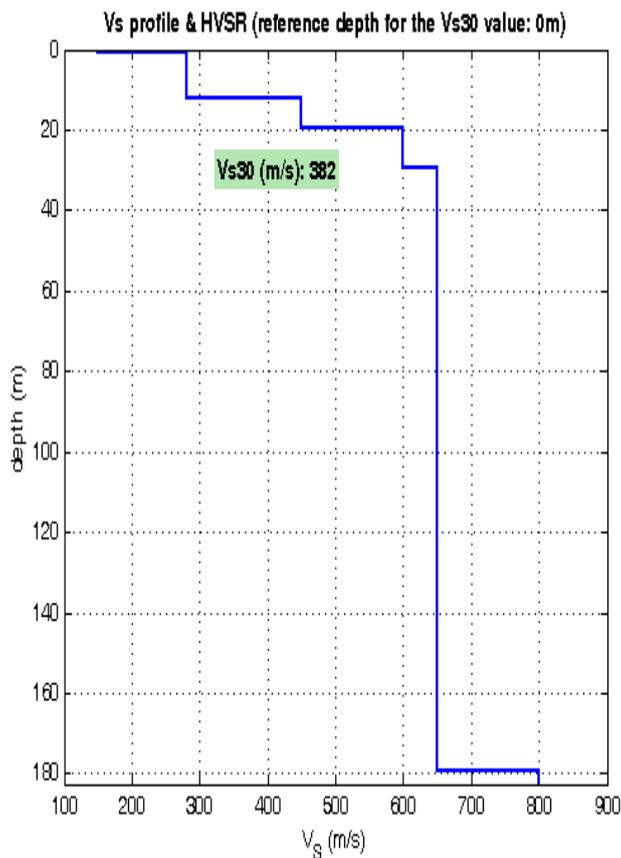


Figura 9 - Andamento della Vs (m/s) nei primi 35 m di sottosuolo da piano campagna.

La velocità equivalente delle onde sismiche di taglio nei primi 30 m (Vs30) è definita come:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{V_i}}$$

In Tabella 2 vengono presentati i valori di Vs calcolati a diversi intervalli di profondità, onde valutare diversi ipotetici piani di posa della fondazione.

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0,5	0,5	150	0.35
12,0	11,5	280	0.35
19,5	7,5	450	0.35
29,5	10,0	600	0.35
179,5	150,0	650	0.40
Semispazio inf.	Semispazio inf.	800	0.4

Tabella 2 – Valori di Vs a diversi intervalli di profondità

Utilizzando i valori di Tabella 2 e considerando cautelativamente i primi 30 m da piano campagna si calcola, per la zona di intervento, una $V_{s30(0,0-30,0)} = 382 \text{ m/s}$.



Foto 6 – Acquisizione sismica a stazione singola (Tromino®).



Foto 7 – Area in oggetto.

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA

7 SISMICITÀ

7.1 Zonazione sismica nazionale e regionale

Negli ultimi anni il punto di riferimento per le valutazioni di pericolosità sismica è stato rappresentato dalla zonazione sismica sismogenetica ZS9 (Scandone et alii, 1996 - 2000) che rappresenta la traduzione operativa del modello sismotettonico riassunto in Meletti et al. (2000). In seguito all'emanazione dell'O.P.C.M. 20.03.2003 n. 3274, è stato redatto a cura del gruppo di lavoro INGV un documento denominato "Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dalla precedente Ordinanza, Rapporto conclusivo per il Dipartimento di Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004.

Sulla base di questi requisiti la zonazione sismogenetica del territorio italiano definisce diverse zone identificate da un numero o da una lettera a seconda del significato.

Il territorio del comune di San Giorgio P.no (V.si Figura 10) ricade nella zona sismogenetica 911, che è costituito dall'unione delle zone 25 e 26 di ZS4, opportunamente ristrette, comprende il cosiddetto "arco di Pavia" e le strutture ad esso relative. Si suppone che la funzione delle strutture comprese all'interno della 911 sia di "svincolo" cinematico del sistema supposto in migrazione.

Lo smembramento di tale zona nelle diverse zone appenniniche longitudinali non avrebbe consentito la corretta valutazione della pericolosità nell'area da essa racchiusa, a fronte di una non trascurabile sismicità dell'area stessa.

Codesta zonazione sismogenetica consente di calcolare per ciascuna area anche la magnitudo massima attesa, che per l'area 911, entro cui ricade il territorio comunale di San Giorgio Piacentino, è stata stimata in rapporto all'intensità sismica dei terremoti verificatisi nella zona. Utilizzando i dati presenti nel database del INGV e la formula suggerita dal Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti è stato ottenuto una magnitudo massima attesa pari a 6,14.

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA

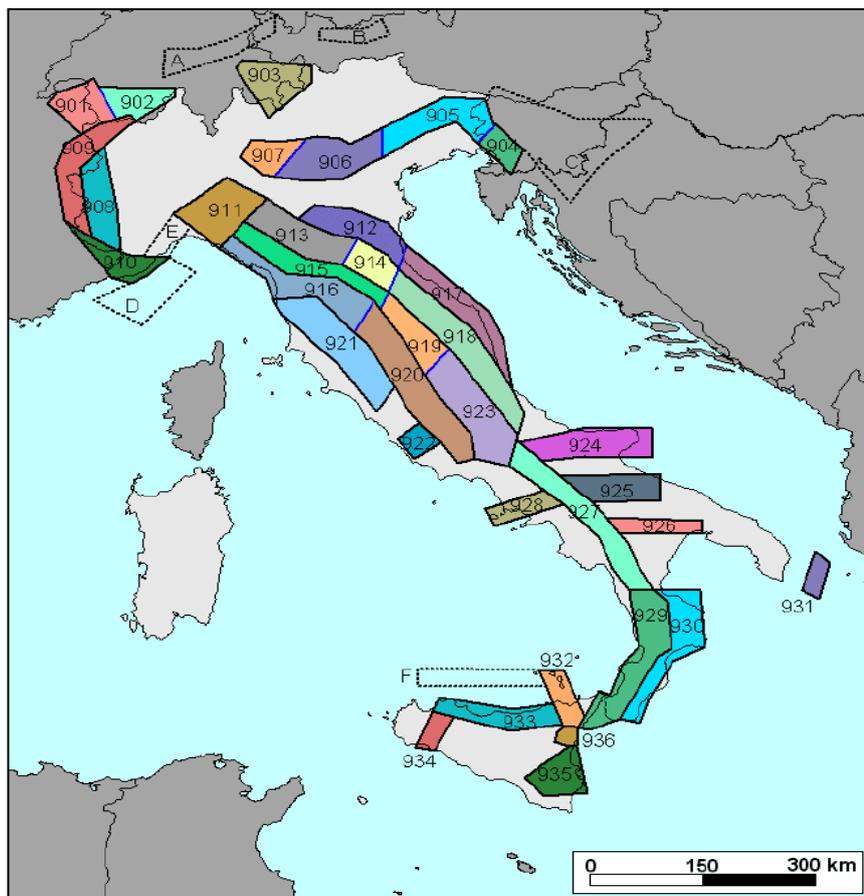


Figura 10 - Zonazione Sismogenetica ZS9

Con l'obiettivo di ridurre il rischio sismico in adempimento agli obblighi della normativa nazionale, la Regione Emilia-Romagna, con Deliberazione dell'Assemblea legislativa n. 112 del 2 maggio 2007, ha approvato l'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito a "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".

Scopo di tale documento è quello di fornire i criteri per la per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica.

In esso si afferma che la componente pericolosità del rischio sismico dipende sia dalle caratteristiche sismiche dell'area, cioè dalle sorgenti sismiche, dall'energia, dal tipo e dalla frequenza dei terremoti (aspetti comunemente indicati come "pericolosità sismica di base") sia dalle caratteristiche geologiche e morfologiche del territorio, in quanto alcuni depositi e forme del paesaggio possono modificare le caratteristiche del moto sismico in superficie e costituire aspetti predisponenti al verificarsi di effetti locali quali fenomeni di amplificazione o di instabilità dei terreni (aspetti comunemente indicati come "pericolosità sismica locale").

Conseguentemente gli studi della pericolosità sismica hanno come obiettivo:

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA

- l'individuazione delle aree dove in occasione dei terremoti attesi possono verificarsi effetti locali;
- la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine ("Analisi della Risposta Sismica Locale", RSL);
- la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale ("Microzonazione Sismica", MZS).

Detti studi vanno condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale.

La prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.). L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta - soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili - in sede di elaborazione del PTCP e del PRG e concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nell'area in oggetto.

7.2 Classificazione sismica del sito

L'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003, suddivide il territorio italiano in 4 zone sismiche con diversi livelli di accelerazione sismica di progetto. Secondo tale ordinanza, come indicato in Figura 11, il comune di San Giorgio Piacentino, che prima risultava in zona "III", nella sopracitata classificazione è stato identificato in zona 3 (a sismicità medio-bassa), cui corrispondono valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, compresi tra $0,05 \cdot g$ e $0,15 \cdot g$ (dove g è l'accelerazione di gravità).

La Delibera 1677/2005 del 24/10/2005 della Giunta Regionale dell'Emilia Romagna stabilisce la corrispondenza tra i livelli di sismicità stabiliti dall'Ordinanza (Zona 1, 2, 3 e 4) e quelli previsti dalla precedente normativa ($S=12$, $S=9$, $S=6$); in particolare la Zona 3 corrisponde ad un grado di sismicità $S=6$.

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA

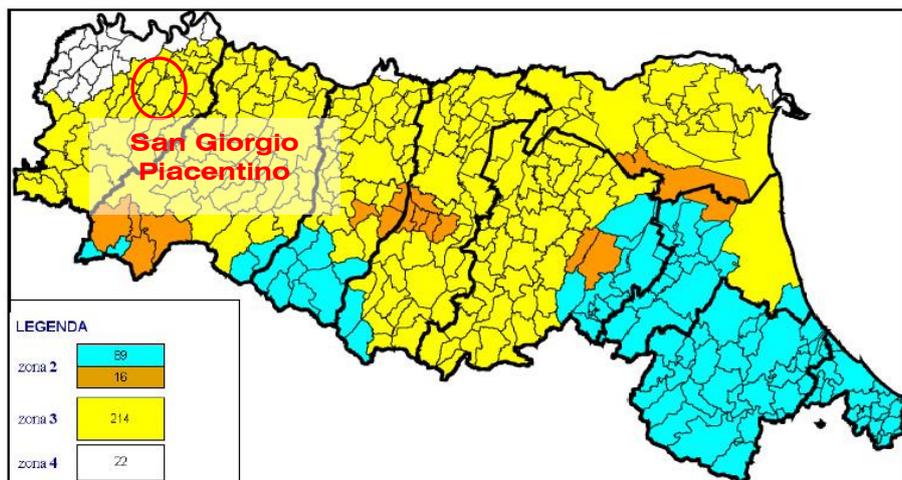


Figura 11- Classificazione sismica dei Comuni della Regione Emilia-Romagna

Alle Norme Tecniche per le costruzioni del D.M. 14-01-2008, è allegato un documento sulla pericolosità sismica (Allegato A), in quanto l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base, più semplicemente chiamata pericolosità sismica che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle N.T.C., dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Questi tre parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento; V.si Figura 12), i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 475 anni).

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA

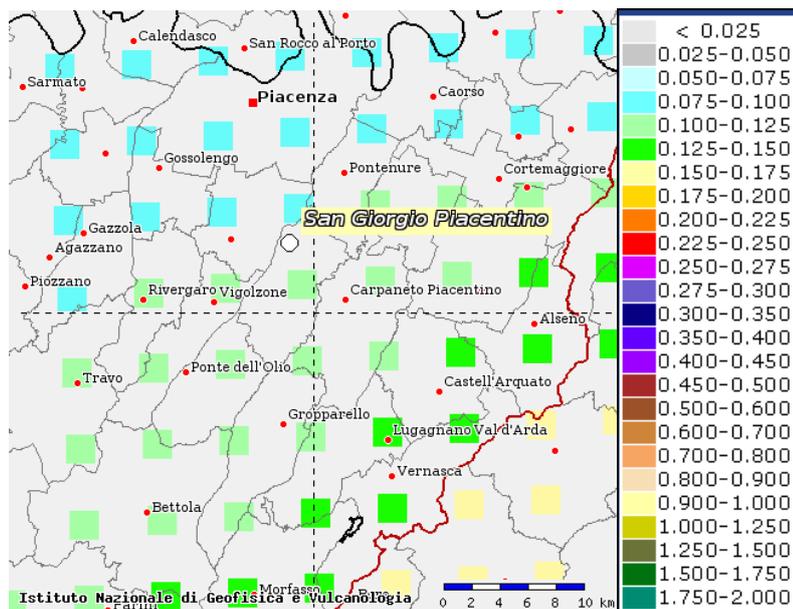


Figura 12 - Mappatura dell'accelerazione orizzontale massima del terreno (ag) con tempi di ritorno di 475 anni, per il territorio di San Giorgio Piacentino.

Per determinare il tempo di ritorno (T_R) si utilizza l'espressione:

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

dove V_R è il periodo di riferimento della costruzione, mentre P_{V_R} è la probabilità di superamento nel periodo di riferimento.

7.3 Caratteristiche delle Opere

Per il calcolo di V_R sono state definite le caratteristiche delle opere in progetto, in particolare nel presente studio preliminarmente sono state assunte le seguenti caratteristiche, in accordo col progettista strutturale:

1. tipo di opera: "Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale" la cui vita nominale è **$V_n \geq 50$ anni** (come definito dalla Tab. 2.4.I delle N.T.C. 01/2008);
2. classe d'uso è la Classe II ovvero: "Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti" (come definito dal paragrafo 2.4.2 delle N.T.C. 01/2008), con conseguente coefficiente d'uso **$C_u=1,0$** (cfr. Tab. 2.4.II delle N.T.C. 01/2008).

Da questi due parametri si ottiene il periodo di riferimento della costruzione che è dato da:

$$V_r = V_n * C_u = 50 * 1,0 = 50 \text{ anni}$$

Quanto alle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{V_R} , sono stati assunti i valori indicati nelle N.T.C. 01/2008 (vedi Tab. 3.2.I del Paragrafo 3.2.1): in particolare, probabilità pari al

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA

10%, per lo stato limite ultimo di Salvaguardia della Vita (**SLV**) e pari al 63%, per lo stato limite di esercizio di Danno (**SLD**).

Il sito in esame (baricentro X (Est): 560102.527 Y (Nord): 4973052.2325) non ricade nei nodi del reticolo di riferimento (V.si Figura 12), e i valori dei parametri a_g , F_0 , T_C^* sono stati ricavati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici. Alla luce dei dati descritti sopra i valori dei tre parametri necessari per la determinazione delle azioni sismiche sono riportati nella Tabella 3 seguente.

Stato Limite	Tempo di ritorno T_R (anni)	a_g (g)	F_0	T_C^* (s)
SLO	30	0,038	2,526	0,213
SLD	50	0,047	2,501	0,241
SLV	475	0,111	2,518	0,290
SLC	975	0,141	2,523	0,298

Tabella 3 - Valori dei parametri a_g , F_0 e T_C^* per i tempi di ritorno associati a ciascun stato limite

7.4 Coefficienti sismici di progetto

Sulla base della categoria di appartenenza del terreno il D.M. 14-01-2008 introduce i coefficienti S_s (coefficiente di amplificazione stratigrafica) e C_c (coefficiente funzione della categoria di sottosuolo) per tener conto dell'amplificazione stratigrafica del valore dell'azione sismica di progetto. Per le categorie B, C, D e E, questi due parametri possono essere calcolati attraverso le espressioni riportate nella seguente tabella, dove i valori di F_0 e T_C^* sono relativi al sottosuolo di categoria A, g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Categoria	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	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T_C^*)^{-0.40}$

Tabella 4 - Espressioni per la determinazione dei parametri S_s e C_c

	S_s	C_c	A_{max} (m/sec ²)	Beta	Kh	Kv
SLO	1,20	1,50	0,444	0,200	0,009	0,005
SLD	1,20	1,46	0,557	0,200	0,011	0,006
SLV	1,20	1,41	1,307	0,240	0,032	0,016
SLC	1,20	1,40	1,659	0,240	0,041	0,020

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA

Un altro parametro introdotto dal D.M. 14-01-2008 è il coefficiente di amplificazione topografica St , per tener conto delle condizioni topografiche del territorio e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico St riportati nella Tab. 3.2.VI, in funzione delle categorie topografiche definite al paragrafo 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Essendo l'intervento in progetto ubicato in una zona pressoché pianeggiante, la categoria topografica corrispondente è la T1 superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$, che corrisponde a un valore del coefficiente St pari a 1,00.

7.5 Vulnerabilità sismica

E' stato dimostrato che la vulnerabilità agli eventi sismici di un edificio di costruzione relativamente recente è solo marginalmente collegabile alle modalità costruttive dello stesso. Molto più gravoso è l'effetto dell'amplificazione sismica locale, che tende ad aumentare in maniera importante l'intensità delle forze sismiche agenti sulla struttura.

In particolare se la frequenza di risonanza dell'edificio è confrontabile con quella dei terreni di fondazione si verifica il fenomeno della risonanza accoppiata che comporta un'amplificazione delle sollecitazioni sismiche sull'opera.

Al fine di valutare tale rischio sarà necessario considerare se la frequenza di risonanza fondamentale dell'edificio in progetto corrisponderà con i picchi di risonanza del terreno di fondazione evidenziati con l'indagine mediante tromografo digitale.

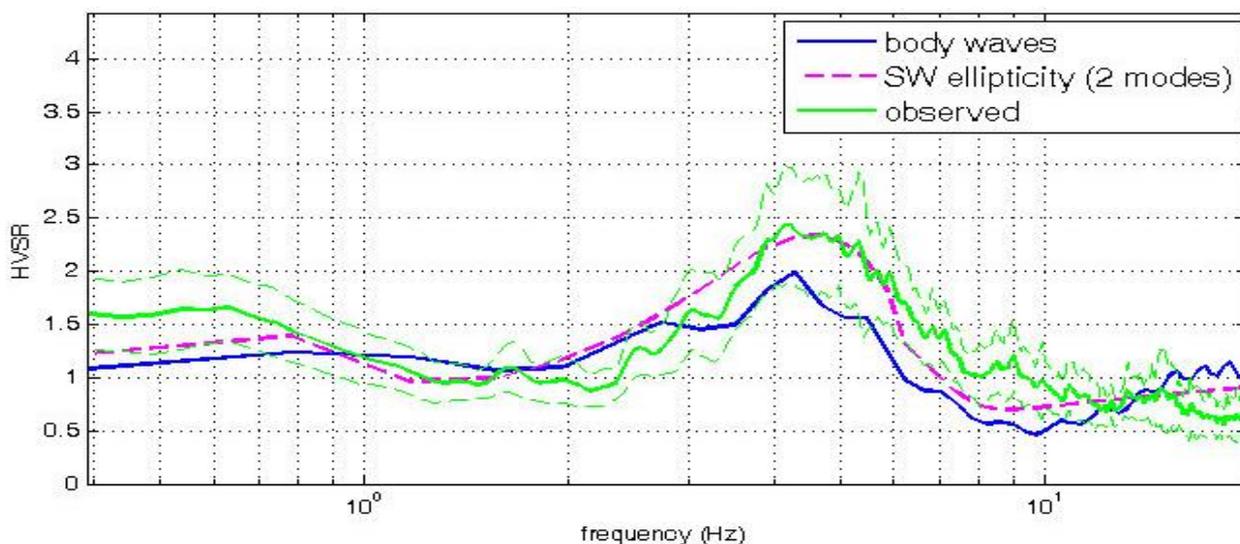


Grafico 1 - Rapporto spettrale e Curva sintetica

Allo stato attuale si può affermare che da una valutazione speditiva della vulnerabilità sismica, effettuata esaminando gli spettri H/V negli intervalli di frequenza propri degli edifici del territorio in oggetto (indicativamente, un intervallo di frequenze comprese tra 2 e 10 Hz, è tipico di strutture

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA

relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre strutture più alte e più flessibili presentano frequenze comprese tra 0,66 e 2 Hz, si evince che è possibile che si verifichi un fenomeno di risonanza in corrispondenza del picco di frequenza circa pari a **4,4 Hz** (V.si Grafico 1).

7.6 Parametri di disaggregazione

Grazie all'elevato numero di accelerometri posti sul territorio nazionale ed europeo, gran parte dei quali ubicati su terreno rigido (che ai sensi dei codici europei e nazionali deve avere $V_s > 800$ m/s) e alla recente emanazione di mappe di hazard, è possibile ottenere informazioni sul contributo alla pericolosità sismica di un sito dalla coppia **magnitudo-distanza epicentrale**.

Questi parametri consentono l'estrazione degli accelegrammi naturali sismo-compatibili con le caratteristiche del sito in esame, i quali costituiscono l'input sismico nelle analisi di risposta sismica locale.

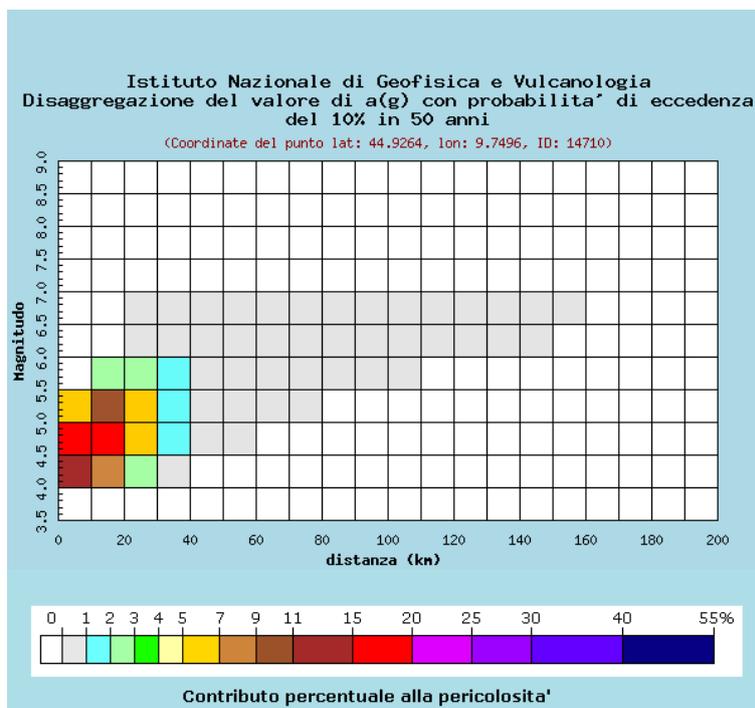


Figura 13 – Dati di disaggregazione

I parametri di disaggregazione ottenuti dimostrano che un evento sismico che si verifichi in questa zona abbia la maggiore probabilità di avere una **magnitudo (M)** media di 4,860, di una **distanza epicentrale (R)** media pari a 15 km e di avere un valore di **epsilon (ε)** medio pari a 0,996.

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA

8 CORRELAZIONI UTILIZZATE PER LA STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI

8.1 Litostratimetria

La campagna geognostica ha consentito di ricostruire l'assetto litostratimetrico e verificare l'uniformità degli orizzonti litologici nei pressi dell'area oggetto di edificazione fino alla profondità massima di - 15,0 metri da piano campagna.

L'assetto litostratimetrico locale è stato ricostruito dall'interpretazione dei dati di campagna, mediante la carta interpretativa proposta da Begemann (1965), che correla q_c in funzione di f_s tramite il "rapporto d'attrito $FR = f_s/q_c$ ", secondo la Tabella 5.

Terreno	f_s/q_c (%)
Sabbia e ghiaia	< 1,6
Sabbia e limo	1,6 - 2,2
Limo sabbioso argilloso	2,2 - 3,2
Argilla e limo	3,2 - 4,1
Argilla	> 4,1

Tabella 5 - Classificazione proposta da Begemann (1965).

La sequenza della litologia è stata ricostruita interpretando i diagrammi penetrometrici. Nell'Elaborato 4 è riportata la sintesi grafica del modello geologico.

La sequenza viene sinteticamente riportata nel seguito:

- Da p.c. a - 1,0 m terreno di riporto;
- Da - 1,0 a - 3,4 m da p.c. argilla e limo;
- Da - 3,4 m a - 9,0 m da p.c. sabbia e ghiaia intervallata da lenti argilloso limose;
- Da - 9,0 m a 15,00 m da p.c. limo sabbioso argilloso.

8.2 Peso di Volume (γ)

Il peso di volume totale può essere stimato dai risultati ottenuti dalle C.P.T. secondo la seguente relazione di Robertson, 2010:

$$\gamma/\gamma_w = 0,27[\log R_f] + 0,36[\log(q_t/p_a)] + 1,36 \text{ espresso in kN/mc}$$

dove $R_f = F_s/Q_c$ (%), γ_w = peso di volume dell'acqua, q_t = resistenza alla punta, p_a = pressione atmosferica.

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA

8.3 Resistenza al taglio non drenata (Cu)

La resistenza al taglio non drenata (Cu o coesione non drenata) è stata valutata attraverso l'interpretazione delle prove penetrometriche statiche C.P.T., mediante la seguente formulazione (Mayne e Kemper, 1988):

$$C_u = (q_c - \sigma_{vo})/N_k, \text{ espressa in kPa (V.si Grafico 2)}$$

dove q_c è la resistenza alla punta (MPa), σ_{vo} è la tensione litostatiche totale in sito ed N_k fattore empirico assunto pari a 20.

8.4 Modulo di deformazione edometrica (M)

Il modulo di deformazione confinato in condizioni di espansione laterale impedita (M) è stato ricavato dai valori di resistenza alla punta q_c ottenuti dalle prove penetrometriche statiche, in accordo alla correlazione di Mitchell e Gardner (1975). Il modulo confinato (o edometrico) può essere quindi stimato utilizzando la seguente espressione:

$$M = \alpha * q_c, \text{ espresso in MPa (V.si Grafico 3),}$$

dove q_c è la resistenza alla punta (MPa), w è l'umidità naturale (%) e α si ricava dalla Tabella 6.

Terreno	Resistenza alla punta q_c (MPa)		α
Argille di bassa plasticità (CL)	<0,7		3 - 8
	0,7 - 2		2 - 5
	>2		1 - 2,5
Limi di bassa plasticità (ML)	<2		1 - 3
	>2		3 - 6
Limi e argille di alta plasticità (MH, CH)	<2		2 - 6
	>2		1 - 2
Torba e argilla organica (PT, OH)	< 0,7	50<w<100	1,5 - 4
		100<w<200	1 - 1.5
		>200	0,4 - 1

Tabella 6 - Correlazione di Mitchell e Gardner (1975)

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA

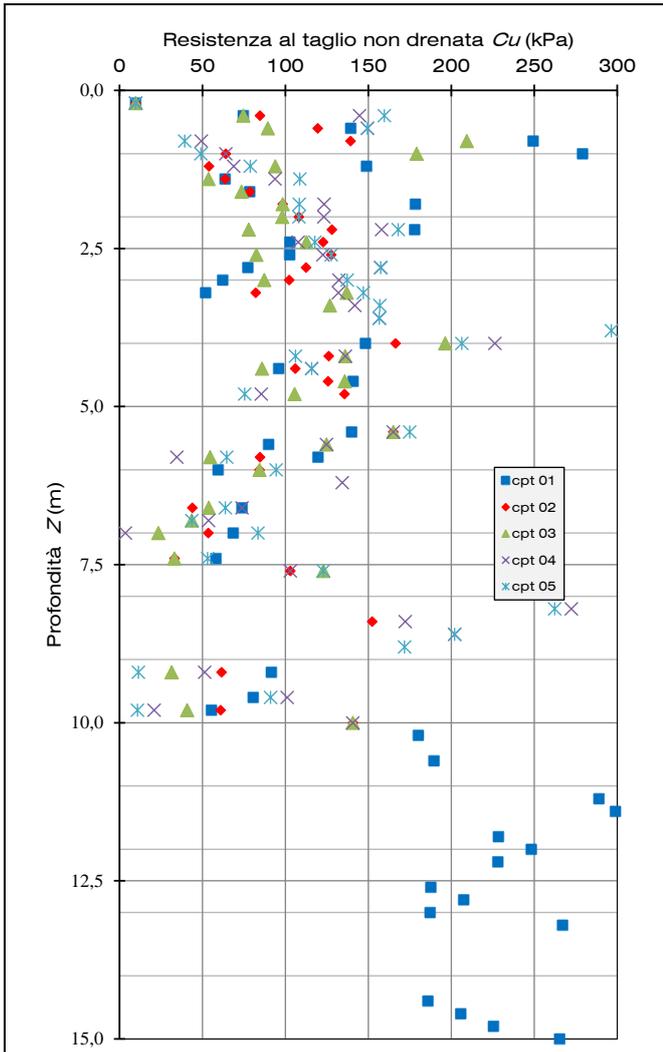


Grafico 2 - Variazione della resistenza al taglio non drenata C_u con la profondità.

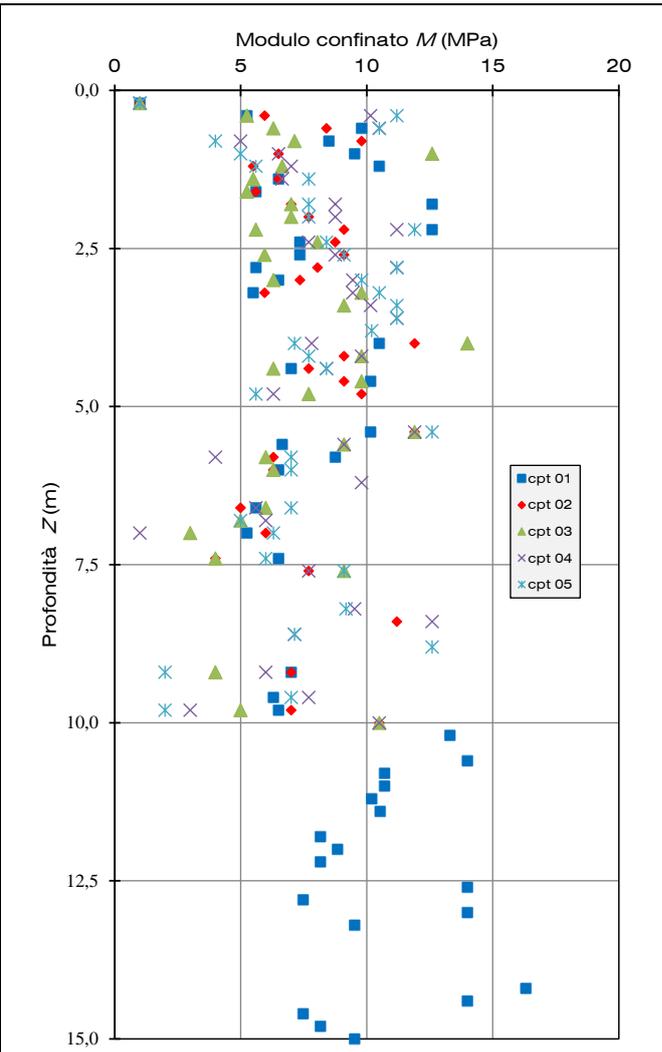


Grafico 3 - Variazione del modulo edometrico M con la profondità.

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA

8.5 Conversione da qc a Nspt

Applicabile a fusi granulometrici ampi, la relazione proposta da Robertson & Campanella (1983) è ottenuta da prove penetrometriche statiche con punta meccanica: $Nspt = qc/0,45$

dove qc è la resistenza alla punta espressa in MPa.

8.6 Determinazione dell'angolo di attrito (ϕ')

L'angolo di resistenza al taglio ϕ' è stato stimato utilizzando la correlazione proposta da Hatanaka e Uchida (1996), ricavata da una serie di prove eseguite in camera di calibrazione:

$$\phi' = 20 + \text{rad}q(Nspt * 15,4), \text{ espresso in } ^\circ \text{ (V.si Grafico 4)}$$

dove Nspt è stato ricavato dalla formula di cui al paragrafo 8.5.

8.7 Determinazione del modulo di deformazione elastico o di Young (E)

Una stima molto indicativa del modulo elastico può ottenersi secondo la formula di Bowles (1987) secondo la relazione riportata di seguito: $E = 7,5 + Nspt * 0,5$, espresso in MPa (V.si Grafico 5), dove Nspt è stato ricavato dalla formula di cui al paragrafo 8.5.

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA

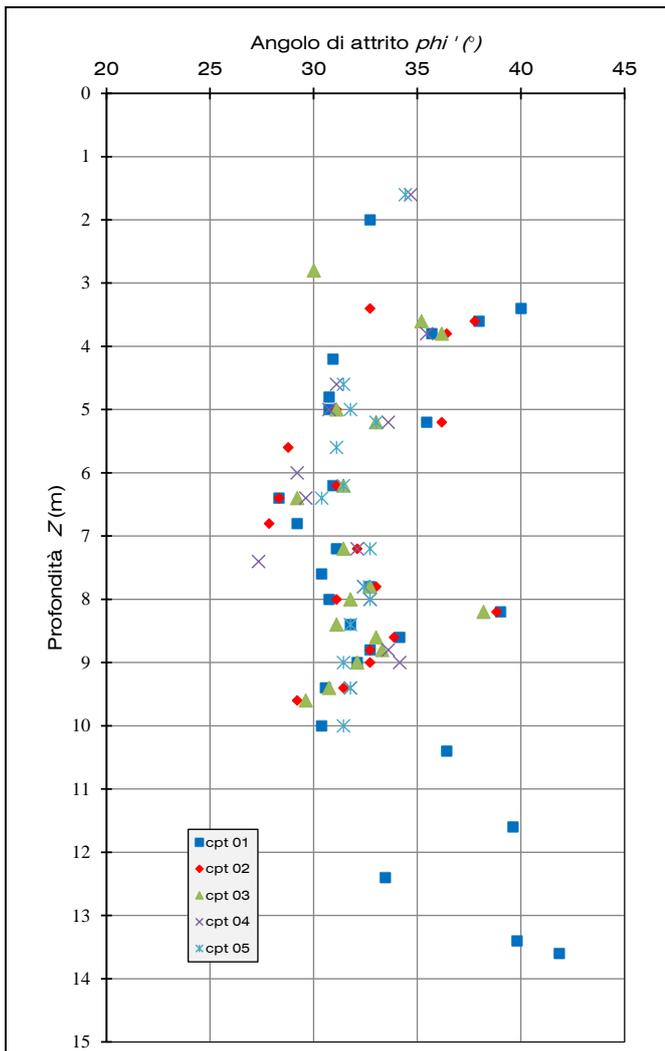


Grafico 4 - Variazione dell'angolo di attrito ϕ' con la profondità.

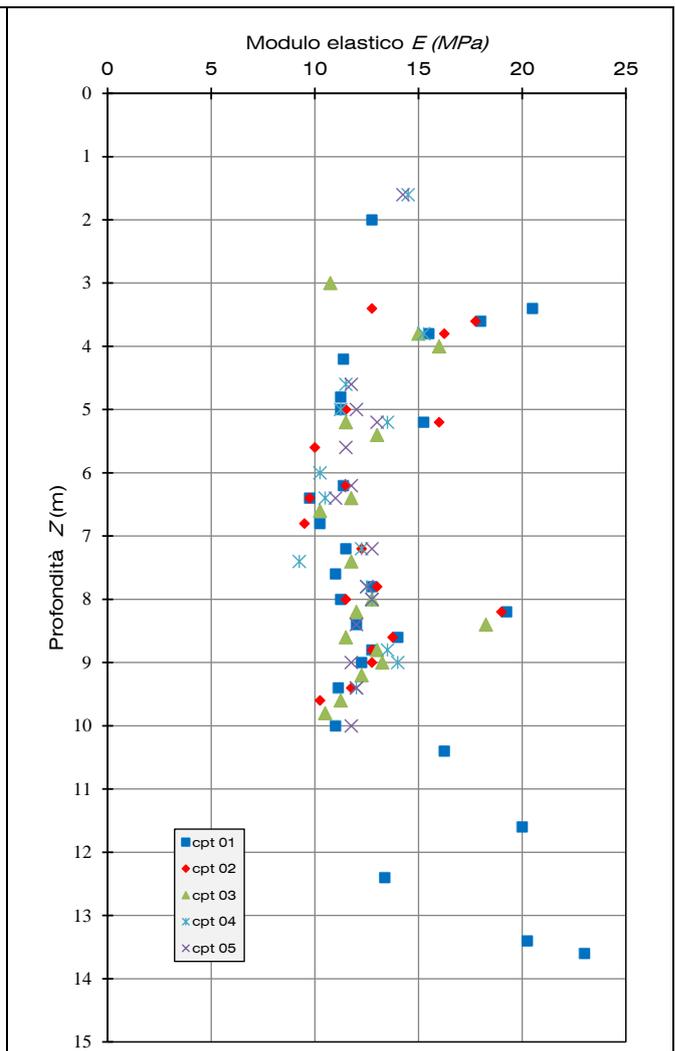


Grafico 5 - Variazione del modulo elastico E con la profondità.

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA

9 MODELLO GEOTECNICO DI SOTTOSUOLO

L'individuazione del modello geotecnico del terreno di fondazione è stato desunto dallo Scrivente dall'interpretazione della stratigrafia dei terreni raffigurata nell'Elaborato 4 e dall'elaborazione delle indagini in sito eseguite.

Le diverse unità litologiche infatti sono state correlate alle caratteristiche geotecniche dei terreni determinate con i metodi descritti nel capitolo 8.

Nel seguente modello geotecnico i parametri di resistenza al taglio drenata e deformabilità elastica vengono espressi dallo Scrivente sia secondo il loro valore medio riscontrato per i vari orizzonti, sia in termini di valori caratteristici, ai sensi delle N.T.C. 01/2008, da utilizzare per valutazioni semiprobabilistiche (stati limite).

Di seguito viene riportata la caratterizzazione di dettaglio delle singole Unità geotecniche:

Unità geotecnica 1 - Argilla e limo	
Profondità Z (m)	Da 1,0 a 3,4
Spessore massimo (m)	2,4
Natura del deposito	coesiva
Peso di volume naturale γ (kN/mc)	19,00
Coesione non drenata C_u (kPa)	50,0 ÷ 150,00
Modulo edometrico M (MPa)	5,00 ÷ 10,00

Unità geotecnica 2 - Sabbia e ghiaia con sottili intercalazioni limo argillose	
Profondità Z (m)	Da 3,4 a 9,0
Spessore massimo (m)	5,4
Natura del deposito	attritiva
Peso di volume naturale γ (kN/mc)	19,5
Angolo di attrito ϕ (°)	27 ÷ 37
Modulo elastico E (MPa) m medio	9,00 ÷ 15,00

Unità geotecnica 3 - Limo sabbioso argilloso	
Profondità Z (m)	Da 9,0 a 15,0
Spessore massimo (m)	6,0
Natura del deposito	coesiva
Peso di volume naturale γ (kN/mc)	20,00
Coesione non drenata C_u (kPa)	200,00
Modulo edometrico M (MPa)	13,00

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA

10 RISCHIO LIQUEFAZIONE

Il termine liquefazione indica tutti i fenomeni che danno luogo alla perdita di resistenza al taglio nei terreni incoerenti saturi. Nell'area in esame il rischio di liquefazione è stato stimato dallo Scrivente lungo tutte le verticali penetrometriche eseguite, considerando anche l'ambiente deposizionale e le condizioni geomorfologiche nell'intorno delle strutture in oggetto.

Il rischio di liquefazione non sussiste nell'area in esame in quanto la classe di suscettibilità alla liquefazione delle sabbie di codesta area ricade, secondo Iwasaki et al., 1982, ricade in classe C ovvero a Liquefazione non probabile. Inoltre anche da dati di bibliografia pubblicati dal SGS RER è emerso che nei primi 15 m di sottosuolo non sono presenti strati sabbiosi (V.si stratigrafia pozzo uso domestico all'Allegato B). Lo Scrivente ha poi eseguito una verifica secondo il criterio empirico di Kuribayashi e Tatsuoka (1975), che verifica la possibilità di fenomeni di liquefazione quando l'intensità della scossa sismica raggiunge una certa soglia, basata sulle osservazioni effettuate in occasione di una moltitudine di terremoti, e che ha fornito un'indicazione sul livello di intensità della scossa sismica da raggiungere, dimostrando che esiste una relazione lineare fra la magnitudo e il logaritmo della distanza entro la quale si possono avere significativi fenomeni di liquefazione. Da questi studi è emerso che, entro un certo raggio R dall'epicentro di un sisma, possono essere sede di fenomeni di liquefazione i depositi alluvionali recenti con falda superficiale.

Il raggio R è dato dall'equazione:

$$\log_{10} R = 0,8 M - 4,5$$

Utilizzando il metodo della distanza epicentrale (R) appena illustrato, il caso in cui si possono avere significativi fenomeni di liquefazione avviene quando un terremoto ha una magnitudo $M = 7,10$ entro un raggio di 15 km dall'area oggetto di edificazione e ciò è in contrasto con le previsioni espresse nel paragrafo 7.6, in cui a parità di distanza epicentrale, la magnitudo massima attesa è 4,860 ovvero inferiore a 7,10.

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA

11 CONCLUSIONI

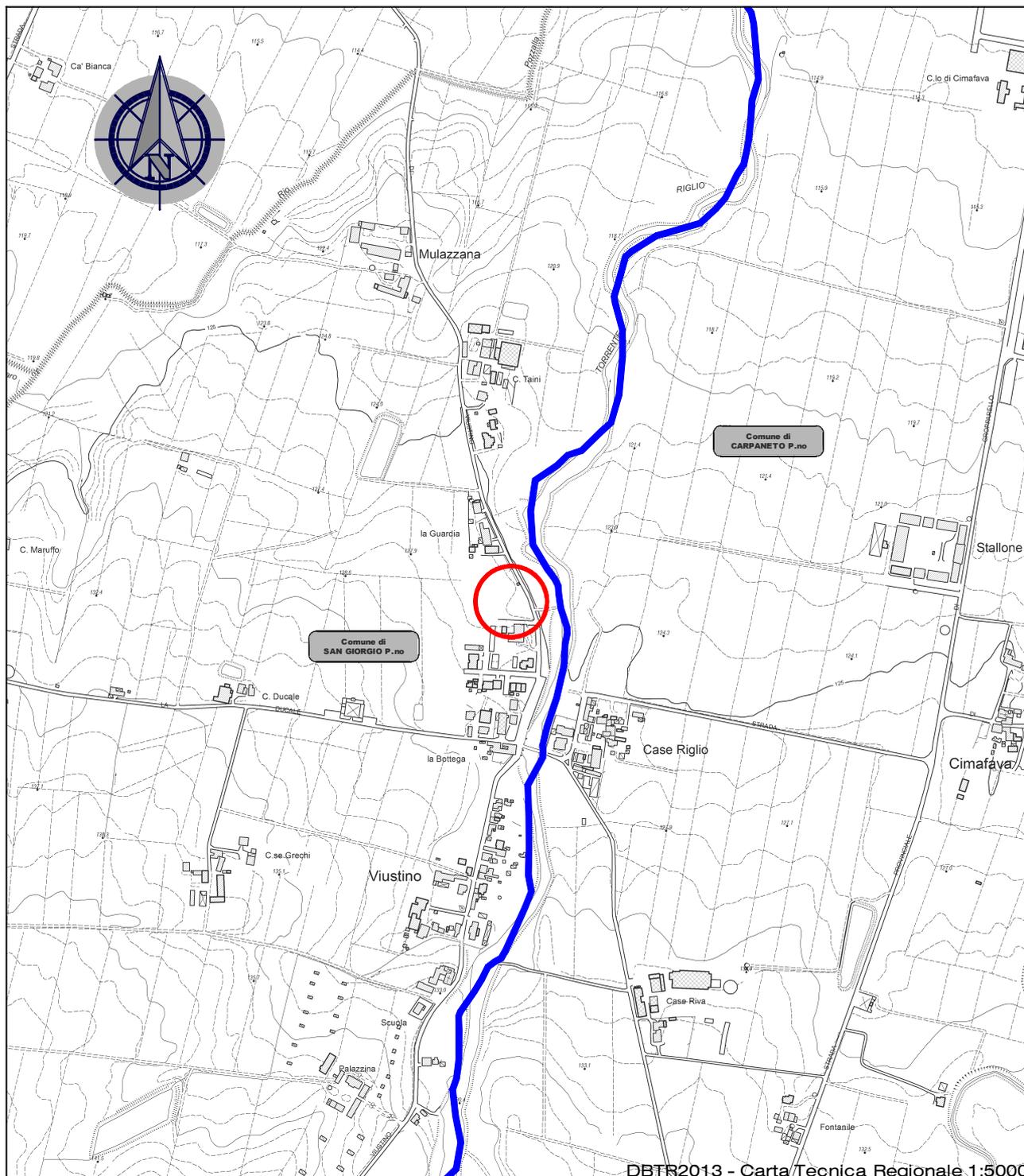
Gli studi e le indagini hanno consentito di trarre le seguenti considerazioni conclusive:

1. L'area in oggetto d'intervento non presenta problematiche di carattere geomorfologico, né sono state rilevate nell'intorno forme di particolare pregio, ed in particolare non risultano vincoli idrogeologici;
2. Nella zona, al momento dell'indagine in sito, è stato rilevato un livello acquifero lungo le verticali penetrometriche indagate ad una quota di -3,85 m da piano campagna;
3. Nelle successive fasi di progettazione dovranno essere eseguiti opportuni studi geologici e sismici, supportati da indagini geognostiche per la caratterizzazione stratigrafica e geotecnica dei terreni di fondazione, secondo la normativa vigente;
4. Assicurare la disciplina delle acque superficiali, di origine meteorica, di pertinenza dell'area interessata dall'intervento, provvedendo alla loro raccolta e convogliamento verso gli appositi recapiti.
5. La velocità media delle onde di taglio Vs nei primi 30 metri da piano campagna è stata pari a 382 m/s.
6. La categoria di sottosuolo in cui ricade l'area in oggetto è la categoria B: "depositi di terreni a grana grossa molto addensati..".
7. L'accelerazione massima attesa in sito è $A_{max} = 1,307 \text{ m/s}^2$.
8. Secondo il rapporto H/V la frequenza fondamentale di sito è 4.4 Hz.
9. Da quanto emerso nel corso della campagna geognostica e dati di bibliografia si può affermare che l'area in esame presenta un rischio alla liquefazione da molto basso a nullo.
10. Sono stati determinati i parametri geotecnici massimi e minimi entro ciascuna unità geotecnica individuata che potranno essere utilizzati successivamente per le verifiche di legge. I valori sono riportati nel capitolo 9.

Per quanto esposto lo Scrivente dichiara che la fattibilità del progetto urbanistico PUA relativa alla scheda d'ambito B1 ritenendo comunque necessario, in fase di progettazione, un approfondimento dello studio eseguito sui singoli lotti di intervento secondo la normativa vigente.

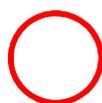
Ponzanibbio Roberto

Geologo



LEGENDA

Scala 1 : 10.000



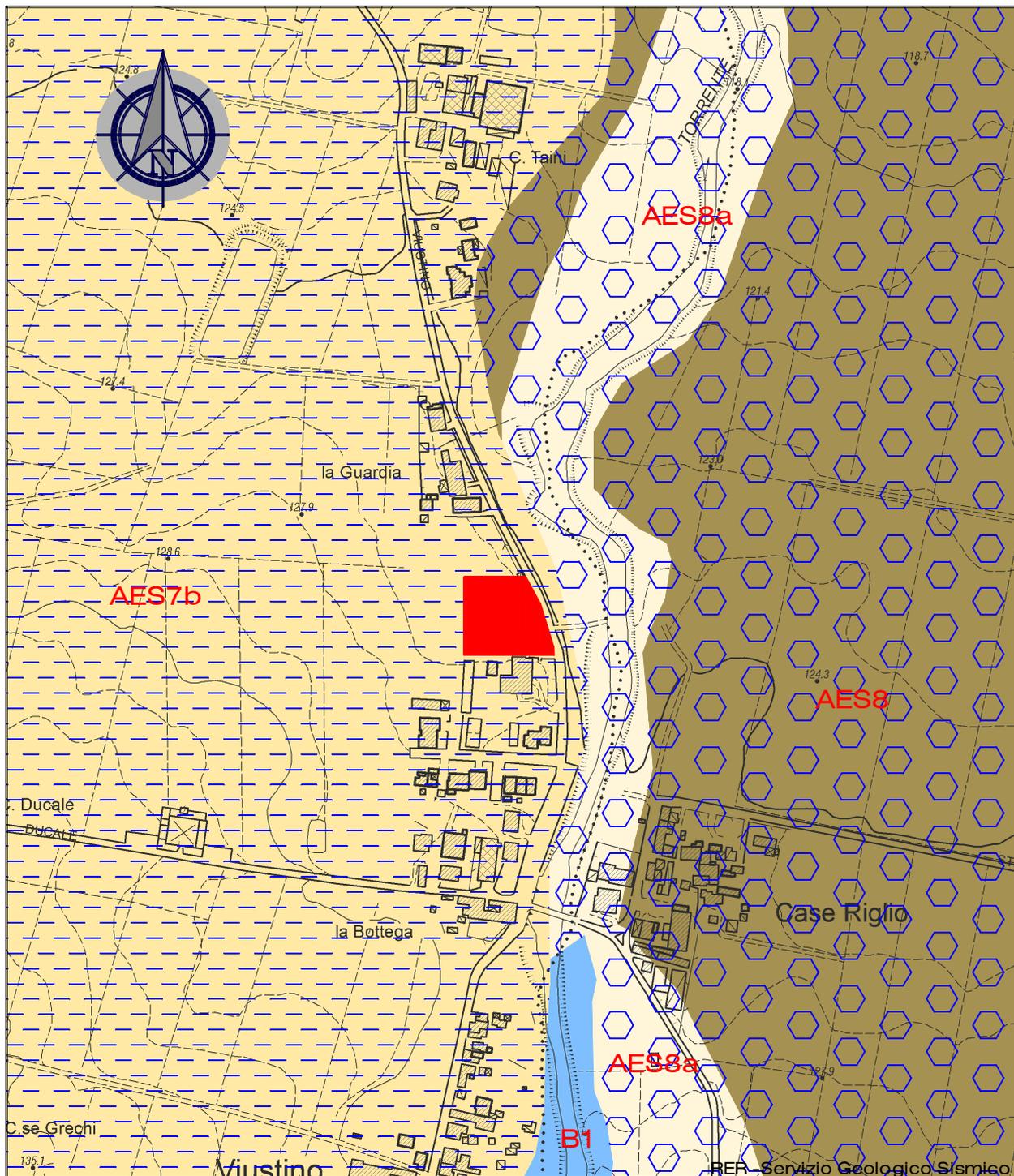
Area oggetto di studio



Confine comunale

Riferimenti cartografici

Foglio IGMI (scala 1:50.000): 180 Salsomaggiore Terme
 C.T.R. Tavoleta (scala 1:25.000): 180 NO Carpaneto P.no
 C.T.R. Sezione (scala 1:10.000): 180 060 Carpaneto P.no
 C.T.R. Elemento (scala 1:5.000): 180 063 Carpaneto P.no



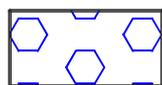
LEGENDA

Scala 1 : 5.000



Area in oggetto

Sovrassegni dei Depositi Continentali



Deposito di canale fluviale



Deposito di piana alluvionale

Successione neogenico - quaternaria del margine appenninico - padano



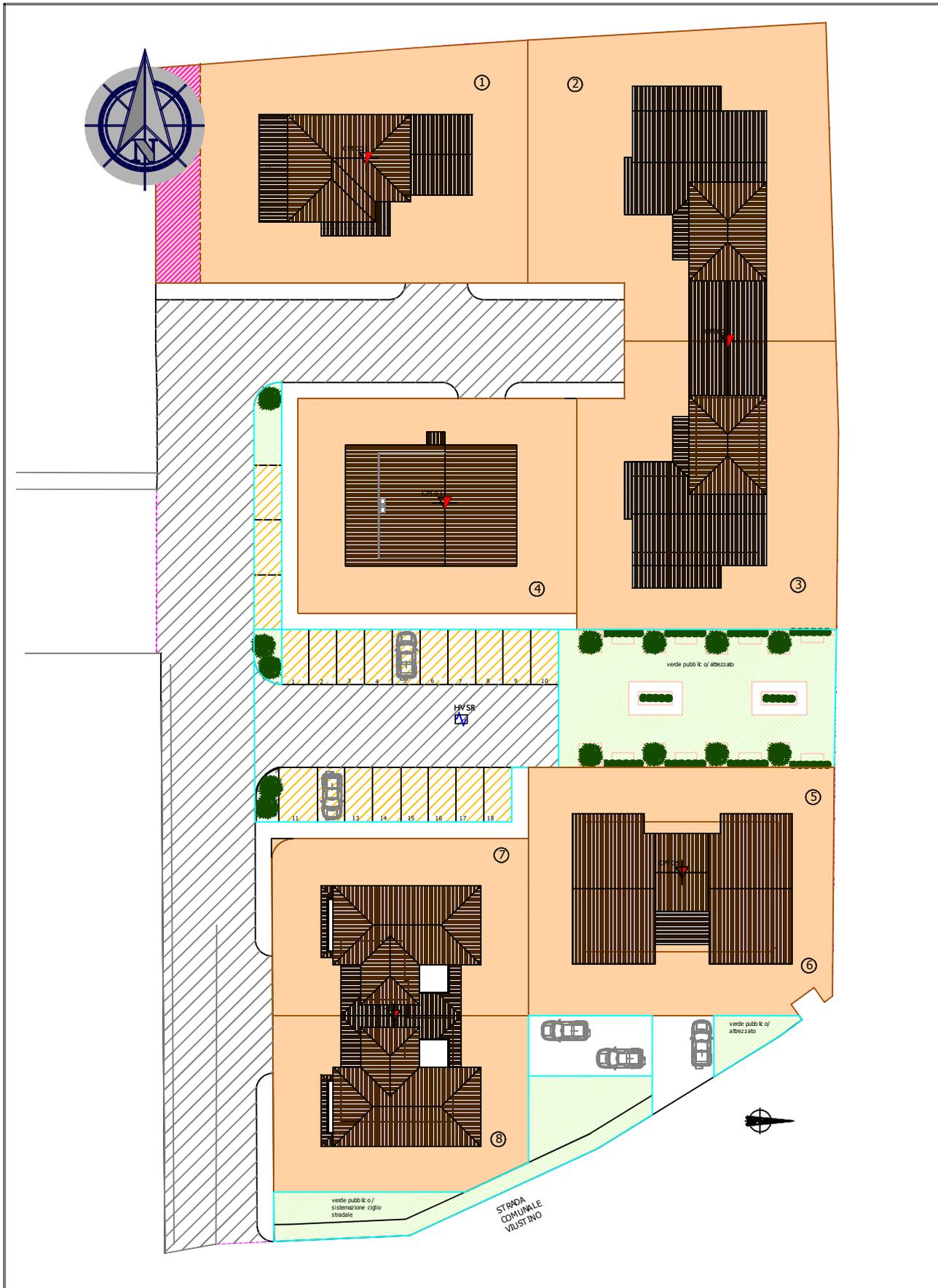
AES8 - Subsistema di Ravenna
(Pleistocene sup. - Olocene)



AES8a - Unità di Modena
(Olocene - post IV - VII sec. d.C.)



AES7b - Unità di Vignola
(Pleistocene sup.)



LEGENDA

Scala 1 : 1.000



CPT - Prova penetrometrica statica con punta meccanica.



HVSr - Stazione microtremore a stazione singola.

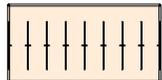
LEGENDA

Scala orizz. 1:1.000

Scala vert. 1:100

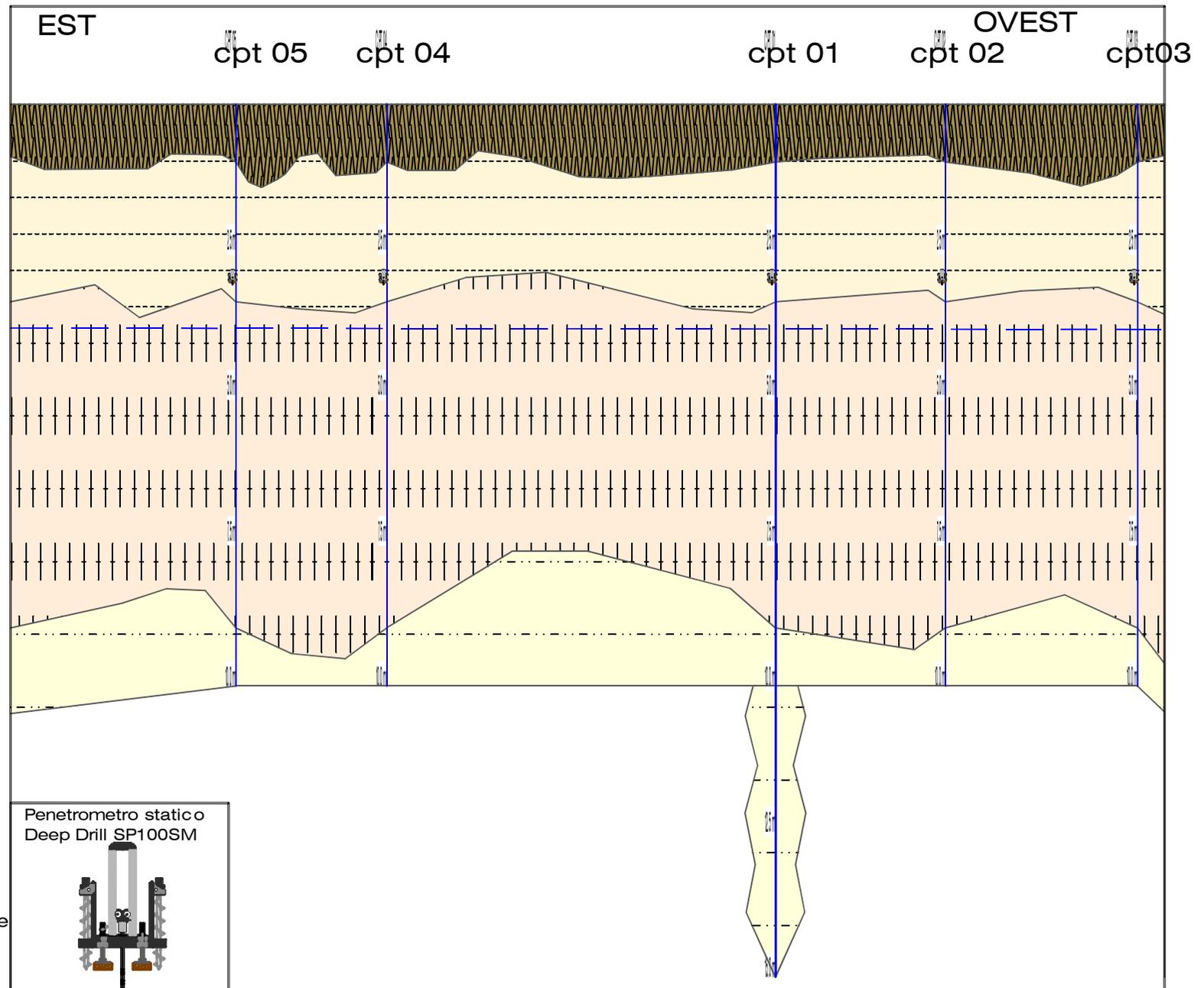
 Terreno di riporto

 Argilla e limo

 Sabbia e ghiaia prevalenti

 Limo sabbioso argilloso

 Soggiacenza falda al 28/05/2015



A termine di legge ci si riserva la proprietà del presente elaborato vietandone la riproduzione e la comunicazione a terzi senza autorizzazione scritta.

ELABORATO 4 - Sezione geologica di riferimento



Comune di San Giorgio P.no (Provincia di Piacenza)



STUDIO GEOLOGICO

Studio geologico e sismico
a supporto della redazione del
Piano Urbanistico Attuativo dell'area
di nuovo intervento in località
Viustino, denominata "B1" secondo
il PSC del comune di San Giorgio
Piacentino.

Allegato A

Prove penetrometriche statiche

Luglio 2015

il Tecnico

Dott. Geol. Roberto Ponzanibbio

Committente

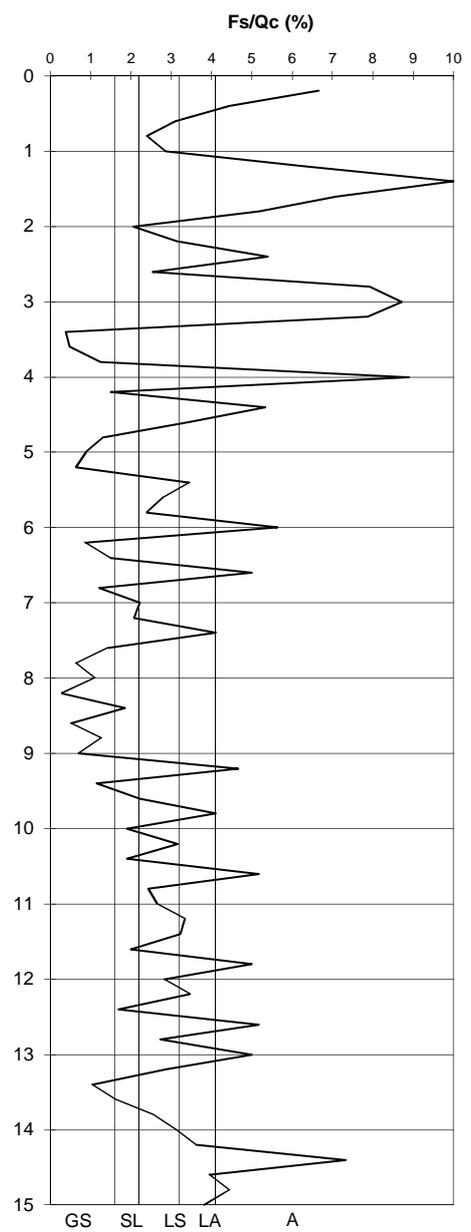
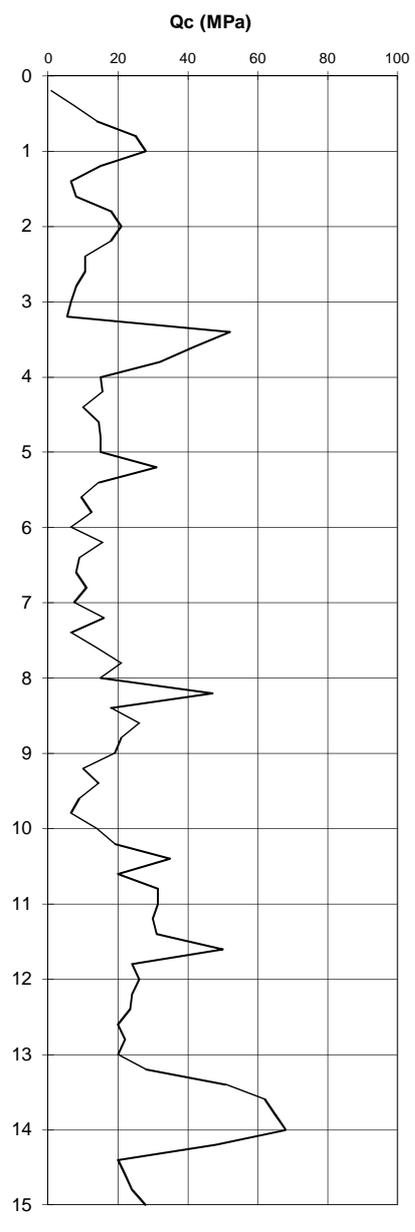
Nettuno srl

Studio:
via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio P.no (Pc)
cell.: 335.58.52.620 - fax: 0523.18.80.760
email: geologo.ponzanibbio@libero.it

P.E.C.: ponzanibbio@epap.sicurezza postale.it

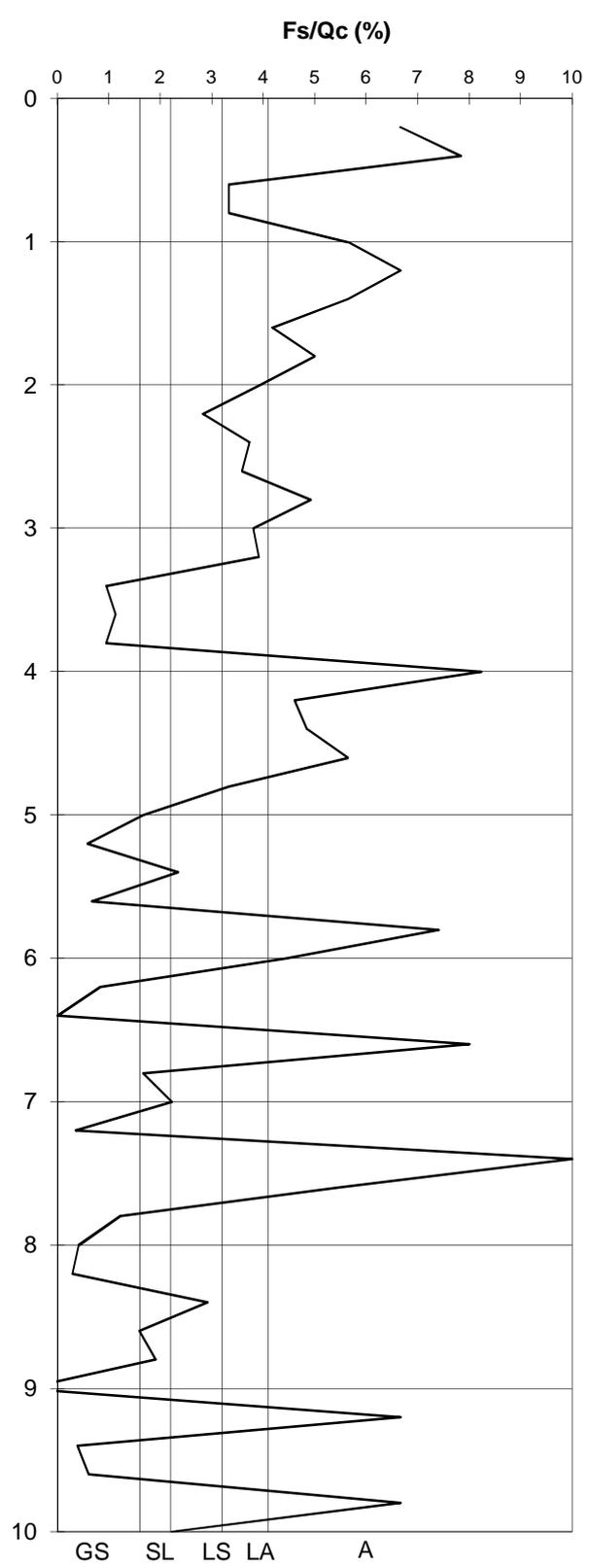
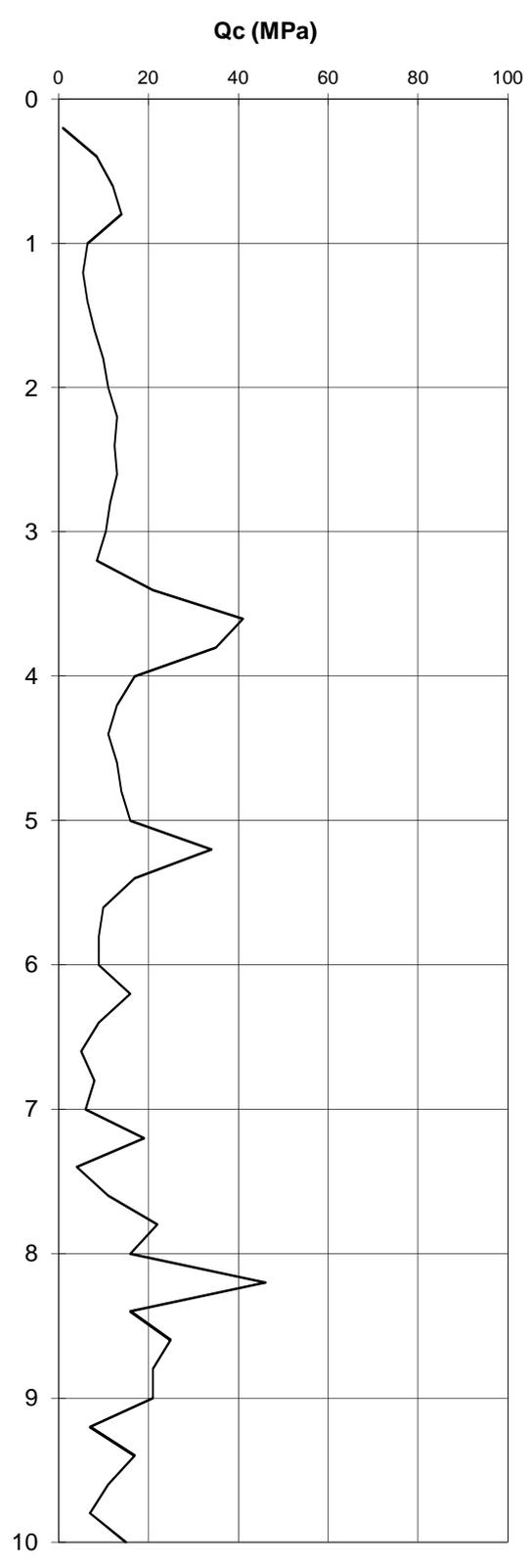
Prova n°		01		Data:		28/05/15		Dott. Geol. Roberto Ponzanibbio	
Committente		Nettuno srl		Quota:		126 m slm		via Astorri, 3	
Comune		San Giorgio P.no		Acqua:		- 3,85 m		29019 - San Giorgio (Pc)	
Cantiere		Viustino						pag. 1	
Prof. m	P Kg/cmq	P+L Kg/cmq	Rt Kg/cmq	Qc Mpa	Fs Mpa	Fs/Qc %	litologia Begemann (1965)		
0,0									
0,2	1,0	2,0		0,2	0,01	6,67	argilla		
0,4	7,5	12,5		1,5	0,07	4,44	argilla		
0,6	14,0	20,5		2,8	0,09	3,10	limo sabbioso argilloso		
0,8	25,0	34,0		5,0	0,12	2,40	limo sabbioso argilloso		
1,0	28,0	40,0		5,6	0,16	2,86	limo sabbioso argilloso		
1,2	15,0	29,0		3,0	0,19	6,22	argilla		
1,4	6,5	20,0		1,3	0,18	13,85	torba		
1,6	8,0	16,5		1,6	0,11	7,08	torba		
1,8	18,0	32,0		3,6	0,19	5,19	argilla		
2,0	21,0	27,5		4,2	0,09	2,06	sabbia limosa		
2,2	18,0	26,5		3,6	0,11	3,15	limo sabbioso argilloso		
2,4	10,5	19,0		2,1	0,11	5,40	argilla		
2,6	10,5	14,5		2,1	0,05	2,54	limo sabbioso argilloso		
2,8	8,0	17,5		1,6	0,13	7,92	torba		
3,0	6,5	15,0		1,3	0,11	8,72	torba		
3,2	5,5	12,0		1,1	0,09	7,88	torba		
3,4	52,0	55,0		10,4	0,04	0,38	sabbia e ghiaia		
3,6	42,0	45,0		8,4	0,04	0,48	sabbia e ghiaia		
3,8	32,0	38,0		6,4	0,08	1,25	sabbia e ghiaia		
4,0	15,0	35,0		3,0	0,27	8,89	torba		
4,2	15,5	19,0		3,1	0,05	1,51	sabbia e ghiaia		
4,4	10,0	18,0		2,0	0,11	5,33	argilla		
4,6	14,5	22,0		2,9	0,10	3,45	argilla e limo		
4,8	15,0	18,0		3,0	0,04	1,33	sabbia e ghiaia		
5,0	15,0	17,0		3,0	0,03	0,89	sabbia e ghiaia		
5,2	31,0	34,0		6,2	0,04	0,65	sabbia e ghiaia		
5,4	14,5	22,0		2,9	0,10	3,45	argilla e limo		
5,6	9,5	13,5		1,9	0,05	2,81	limo sabbioso argilloso		
5,8	12,5	17,0		2,5	0,06	2,40	limo sabbioso argilloso		
6,0	6,5	12,0		1,3	0,07	5,64	argilla		
6,2	15,5	17,5		3,1	0,03	0,86	sabbia e ghiaia		
6,4	9,0	11,0		1,8	0,03	1,48	sabbia e ghiaia		
6,6	8,0	14,0		1,6	0,08	5,00	argilla		
6,8	11,0	13,0		2,2	0,03	1,21	sabbia e ghiaia		
7,0	7,5	10,0		1,5	0,03	2,22	limo sabbioso argilloso		
7,2	16,0	21,0		3,2	0,07	2,08	sabbia limosa		
7,4	6,5	10,5		1,3	0,05	4,10	argilla		
7,6	14,0	17,0		2,8	0,04	1,43	sabbia e ghiaia		
7,8	21,0	23,0		4,2	0,03	0,63	sabbia e ghiaia		
8,0	15,0	17,5		3,0	0,03	1,11	sabbia e ghiaia		
8,2	47,0	49,0		9,4	0,03	0,28	sabbia e ghiaia		
8,4	18,0	23,0		3,6	0,07	1,85	sabbia limosa		
8,6	26,0	28,0		5,2	0,03	0,51	sabbia e ghiaia		
8,8	21,0	25,0		4,2	0,05	1,27	sabbia e ghiaia		
9,0	19,0	21,0		3,8	0,03	0,70	sabbia e ghiaia		
9,2	10,0	17,0		2,0	0,09	4,67	argilla		
9,4	14,5	17,0		2,9	0,03	1,15	sabbia e ghiaia		
9,6	9,0	12,0		1,8	0,04	2,22	limo sabbioso argilloso		
9,8	6,5	10,5		1,3	0,05	4,10	argilla		
10,0	14,0	18,0		2,8	0,05	1,90	sabbia limosa		
10,2	19,0	28,0		3,8	0,12	3,16	limo sabbioso argilloso		
10,4	35,0	45,0		7,0	0,13	1,90	sabbia limosa		
10,6	20,0	35,5		4,0	0,21	5,17	argilla		
10,8	31,5	43,0		6,3	0,15	2,43	limo sabbioso argilloso		
11,0	31,5	44,0		6,3	0,17	2,65	limo sabbioso argilloso		
11,2	30,0	45,0		6,0	0,20	3,33	argilla e limo		
11,4	31,0	46,0		6,2	0,20	3,23	argilla e limo		
11,6	50,0	65,0		10,0	0,20	2,00	sabbia limosa		
11,8	24,0	42,0		4,8	0,24	5,00	argilla		
12,0	26,0	37,0		5,2	0,15	2,82	limo sabbioso argilloso		
12,2	24,0	36,5		4,8	0,17	3,47	argilla e limo		
12,4	23,5	29,5		4,7	0,08	1,70	sabbia limosa		
12,6	20,0	35,5		4,0	0,21	5,17	argilla		
12,8	22,0	31,0		4,4	0,12	2,73	limo sabbioso argilloso		
13,0	20,0	35,0		4,0	0,20	5,00	argilla		
13,2	28,0	40,0		5,6	0,16	2,86	limo sabbioso argilloso		
13,4	51,0	59,0		10,2	0,11	1,05	sabbia e ghiaia		
13,6	62,0	77,0		12,4	0,20	1,61	sabbia limosa		
13,8	65,0	90,0		13,0	0,33	2,56	limo sabbioso argilloso		
14,0	68,0	100,0		13,6	0,43	3,14	limo sabbioso argilloso		
14,2	48,0	74,0		9,6	0,35	3,61	argilla e limo		
14,4	20,0	42,0		4,0	0,29	7,33	torba		
14,6	22,0	35,0		4,4	0,17	3,94	argilla e limo		
14,8	24,0	40,0		4,8	0,21	4,44	argilla		
15,0	28,0	44,0		5,6	0,21	3,81	argilla e limo		

Prova n°	01	Data:	28/05/15	Dott. Geol. Roberto Ponzanibbio
Committente	Nettuno srl			via Astorri, 3
Comune	San Giorgio P.no	Quota:	126 m slm	29019 - San Giorgio (Pc)
Cantiere	Viustino	Acqua:	- 3,85 m	<i>pag. 2</i>



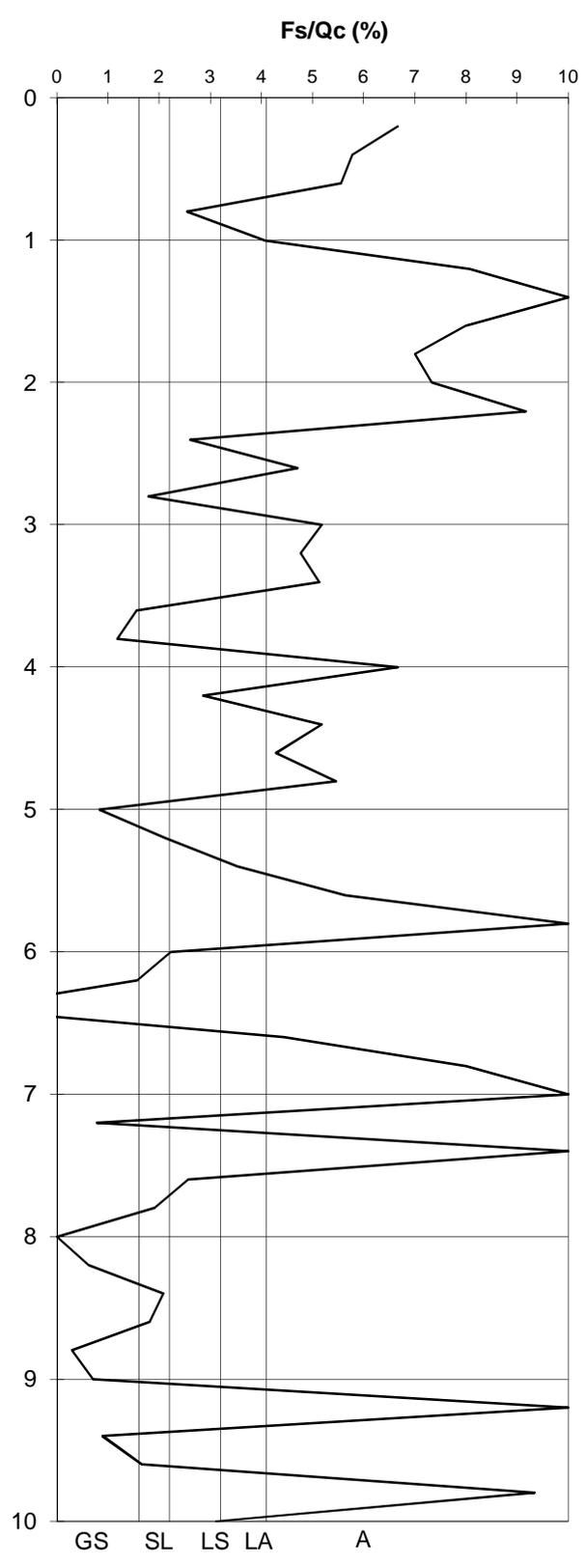
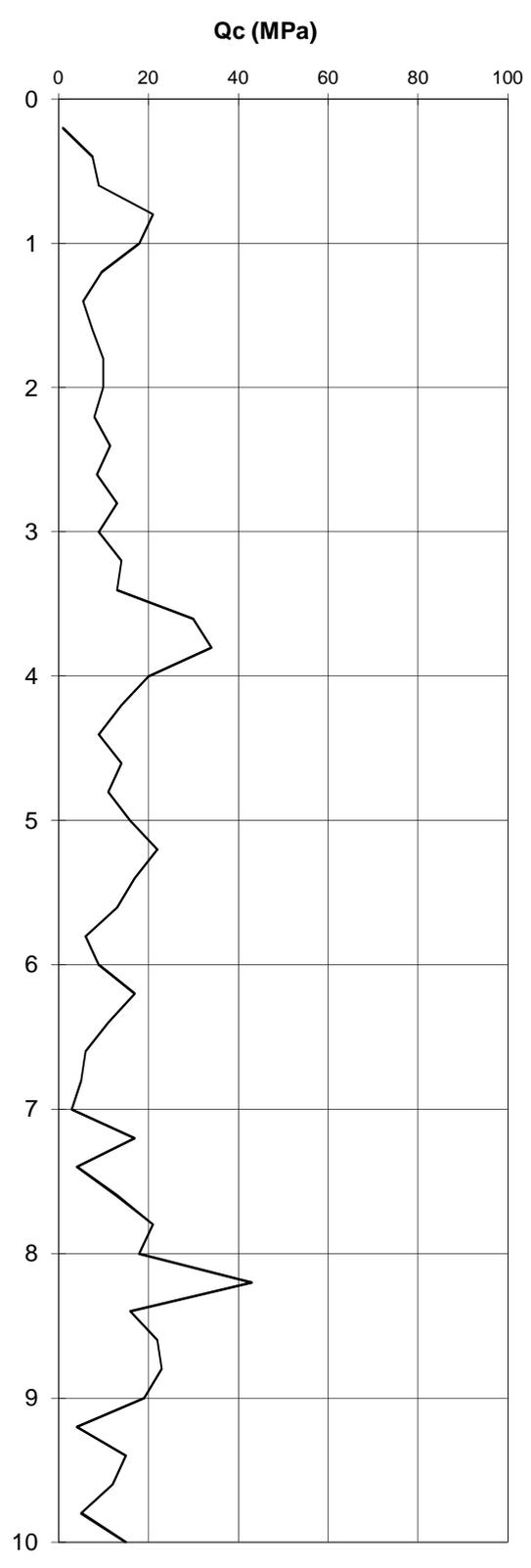
Prova n°		02		Data:		28/05/15		Dott. Geol. Roberto Ponzanibbio	
Committente		Nettuno srl		Quota:		126 m slm		via Astorri, 3	
Comune		San Giorgio P.no		Acqua:		- 3,85 m		29019 - San Giorgio (Pc)	
Cantiere		Viustino						<i>pag. 3</i>	
Prof. m	P Kg/cmq	P+L Kg/cmq	Rt Kg/cmq	Qc Mpa	Fs Mpa	Fs/Qc %	litologia Begemann (1965)		
0,0									
0,2	1,0	2,0		0,2	0,01	6,67	argilla		
0,4	8,5	18,5		1,7	0,13	7,84	torba		
0,6	12,0	18,0		2,4	0,08	3,33	argilla e limo		
0,8	14,0	21,0		2,8	0,09	3,33	argilla e limo		
1,0	6,5	12,0		1,3	0,07	5,64	argilla		
1,2	5,5	11,0		1,1	0,07	6,67	argilla		
1,4	6,5	12,0		1,3	0,07	5,64	argilla		
1,6	8,0	13,0		1,6	0,07	4,17	argilla		
1,8	10,0	17,5		2,0	0,10	5,00	argilla		
2,0	11,0	17,5		2,2	0,09	3,94	argilla e limo		
2,2	13,0	18,5		2,6	0,07	2,82	limo sabbioso argilloso		
2,4	12,5	19,5		2,5	0,09	3,73	argilla e limo		
2,6	13,0	20,0		2,6	0,09	3,59	argilla e limo		
2,8	11,5	20,0		2,3	0,11	4,93	argilla		
3,0	10,5	16,5		2,1	0,08	3,81	argilla e limo		
3,2	8,5	13,5		1,7	0,07	3,92	argilla e limo		
3,4	21,0	24,0		4,2	0,04	0,95	sabbia e ghiaia		
3,6	41,0	48,0		8,2	0,09	1,14	sabbia e ghiaia		
3,8	35,0	40,0		7,0	0,07	0,95	sabbia e ghiaia		
4,0	17,0	38,0		3,4	0,28	8,24	torba		
4,2	13,0	22,0		2,6	0,12	4,62	argilla		
4,4	11,0	19,0		2,2	0,11	4,85	argilla		
4,6	13,0	24,0		2,6	0,15	5,64	argilla		
4,8	14,0	21,0		2,8	0,09	3,33	argilla e limo		
5,0	16,0	20,0		3,2	0,05	1,67	sabbia limosa		
5,2	34,0	37,0		6,8	0,04	0,59	sabbia e ghiaia		
5,4	17,0	23,0		3,4	0,08	2,35	limo sabbioso argilloso		
5,6	10,0	11,0		2,0	0,01	0,67	sabbia e ghiaia		
5,8	9,0	19,0		1,8	0,13	7,41	torba		
6,0	9,0	15,0		1,8	0,08	4,44	argilla		
6,2	16,0	18,0		3,2	0,03	0,83	sabbia e ghiaia		
6,4	9,0	9,0		1,8	0,00	0,00	sabbia e ghiaia		
6,6	5,0	11,0		1,0	0,08	8,00	torba		
6,8	8,0	10,0		1,6	0,03	1,67	sabbia limosa		
7,0	6,0	8,0		1,2	0,03	2,22	limo sabbioso argilloso		
7,2	19,0	20,0		3,8	0,01	0,35	sabbia e ghiaia		
7,4	4,0	11,0		0,8	0,09	11,67	torba		
7,6	11,0	20,0		2,2	0,12	5,45	argilla		
7,8	22,0	26,0		4,4	0,05	1,21	sabbia e ghiaia		
8,0	16,0	17,0		3,2	0,01	0,42	sabbia e ghiaia		
8,2	46,0	48,0		9,2	0,03	0,29	sabbia e ghiaia		
8,4	16,0	23,0		3,2	0,09	2,92	limo sabbioso argilloso		
8,6	25,0	31,0		5,0	0,08	1,60	sabbia limosa		
8,8	21,0	27,0		4,2	0,08	1,90	sabbia limosa		
9,0	21,0	19,0		4,2	-0,03	-0,63	sabbia e ghiaia		
9,2	7,0	14,0		1,4	0,09	6,67	argilla		
9,4	17,0	18,0		3,4	0,01	0,39	sabbia e ghiaia		
9,6	11,0	12,0		2,2	0,01	0,61	sabbia e ghiaia		
9,8	7,0	14,0		1,4	0,09	6,67	argilla		
10,0	15,0	20,0		3,0	0,07	2,22	limo sabbioso argilloso		

Prova n°	02	Data:	28/05/15	Dott. Geol. Roberto Ponzanibbio via Astorri, 3 29019 - San Giorgio (Pc)
Committente	Nettuno srl			
Comune	San Giorgio P.no	Quota:	126 m slm	
Cantiere	Viustino	Acqua:	- 3,85 m	



Prova n°		03		Data:		28/05/15		Dott. Geol. Roberto Ponzanibbio	
Committente		Nettuno srl		Quota:		126 m slm		via Astorri, 3	
Comune		San Giorgio P.no		Acqua:		- 3,85 m		29019 - San Giorgio (Pc)	
Cantiere		Viustino						<i>pag. 5</i>	
Prof. m	P Kg/cmq	P+L Kg/cmq	Rt Kg/cmq	Qc Mpa	Fs Mpa	Fs/Qc %	litologia Begemann (1965)		
0,0									
0,2	1,0	2,0		0,2	0,01	6,67	argilla		
0,4	7,5	14,0		1,5	0,09	5,78	argilla		
0,6	9,0	16,5		1,8	0,10	5,56	argilla		
0,8	21,0	29,0		4,2	0,11	2,54	limo sabbioso argilloso		
1,0	18,0	29,0		3,6	0,15	4,07	argilla e limo		
1,2	9,5	21,0		1,9	0,15	8,07	torba		
1,4	5,5	16,0		1,1	0,14	12,73	torba		
1,6	7,5	16,5		1,5	0,12	8,00	torba		
1,8	10,0	20,5		2,0	0,14	7,00	torba		
2,0	10,0	21,0		2,0	0,15	7,33	torba		
2,2	8,0	19,0		1,6	0,15	9,17	torba		
2,4	11,5	16,0		2,3	0,06	2,61	limo sabbioso argilloso		
2,6	8,5	14,5		1,7	0,08	4,71	argilla		
2,8	13,0	16,5		2,6	0,05	1,79	sabbia limosa		
3,0	9,0	16,0		1,8	0,09	5,19	argilla		
3,2	14,0	24,0		2,8	0,13	4,76	argilla		
3,4	13,0	23,0		2,6	0,13	5,13	argilla		
3,6	30,0	37,0		6,0	0,09	1,56	sabbia e ghiaia		
3,8	34,0	40,0		6,8	0,08	1,18	sabbia e ghiaia		
4,0	20,0	40,0		4,0	0,27	6,67	argilla		
4,2	14,0	20,0		2,8	0,08	2,86	limo sabbioso argilloso		
4,4	9,0	16,0		1,8	0,09	5,19	argilla		
4,6	14,0	23,0		2,8	0,12	4,29	argilla		
4,8	11,0	20,0		2,2	0,12	5,45	argilla		
5,0	16,0	18,0		3,2	0,03	0,83	sabbia e ghiaia		
5,2	22,0	29,0		4,4	0,09	2,12	sabbia limosa		
5,4	17,0	26,0		3,4	0,12	3,53	argilla e limo		
5,6	13,0	24,0		2,6	0,15	5,64	argilla		
5,8	6,0	18,0		1,2	0,16	13,33	torba		
6,0	9,0	12,0		1,8	0,04	2,22	limo sabbioso argilloso		
6,2	17,0	21,0		3,4	0,05	1,57	sabbia e ghiaia		
6,4	11,0	8,0		2,2	-0,04	-1,82	sabbia e ghiaia		
6,6	6,0	10,0		1,2	0,05	4,44	argilla		
6,8	5,0	11,0		1,0	0,08	8,00	torba		
7,0	3,0	11,0		0,6	0,11	17,78	torba		
7,2	17,0	19,0		3,4	0,03	0,78	sabbia e ghiaia		
7,4	4,0	10,0		0,8	0,08	10,00	torba		
7,6	13,0	18,0		2,6	0,07	2,56	limo sabbioso argilloso		
7,8	21,0	27,0		4,2	0,08	1,90	sabbia limosa		
8,0	18,0	18,0		3,6	0,00	0,00	sabbia e ghiaia		
8,2	43,0	47,0		8,6	0,05	0,62	sabbia e ghiaia		
8,4	16,0	21,0		3,2	0,07	2,08	sabbia limosa		
8,6	22,0	28,0		4,4	0,08	1,82	sabbia limosa		
8,8	23,0	24,0		4,6	0,01	0,29	sabbia e ghiaia		
9,0	19,0	21,0		3,8	0,03	0,70	sabbia e ghiaia		
9,2	4,0	11,0		0,8	0,09	11,67	torba		
9,4	15,0	17,0		3,0	0,03	0,89	sabbia e ghiaia		
9,6	12,0	15,0		2,4	0,04	1,67	sabbia limosa		
9,8	5,0	12,0		1,0	0,09	9,33	torba		
10,0	15,0	22,0		3,0	0,09	3,11	limo sabbioso argilloso		

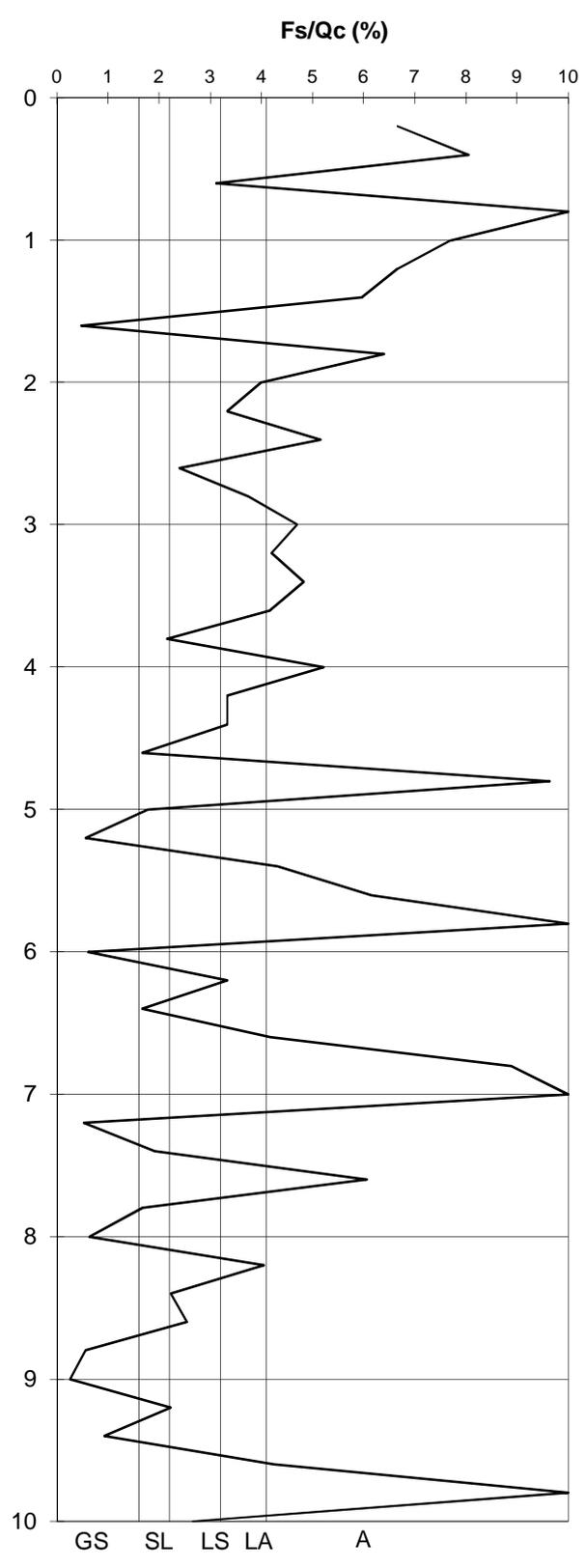
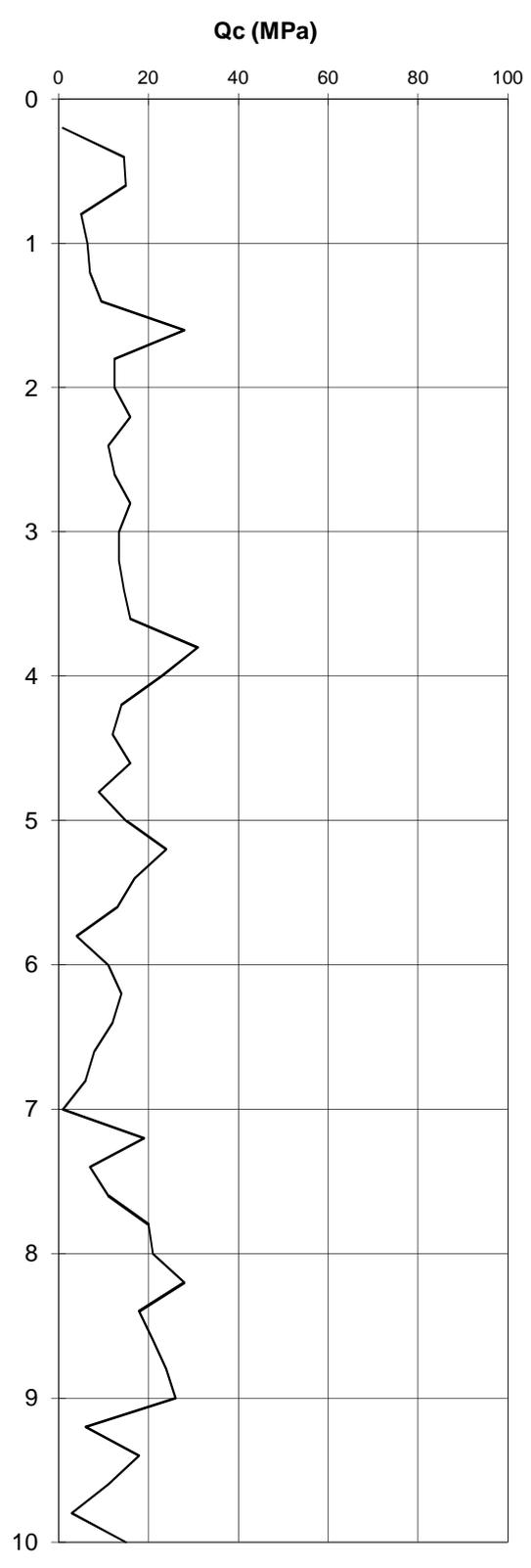
Prova n°	03	Data:	28/05/15	Dott. Geol. Roberto Ponzanibbio via Astorri, 3 29019 - San Giorgio (Pc)
Committente	Nettuno srl			
Comune	San Giorgio P.no	Quota:	126 m slm	
Cantiere	Viustino	Acqua:	- 3,85 m	



GS SL LS LA A

Prova n°		04		Data:		28/05/15		Dott. Geol. Roberto Ponzanibbio	
Committente		Nettuno srl		Quota:		126 m slm		via Astorri, 3	
Comune		San Giorgio P.no		Acqua:		- 3,85 m		29019 - San Giorgio (Pc)	
Cantiere		Viustino						<i>pag. 7</i>	
Prof. m	P Kg/cmq	P+L Kg/cmq	Rt Kg/cmq	Qc Mpa	Fs Mpa	Fs/Qc %	litologia Begemann (1965)		
0,0									
0,2	1,0	2,0		0,2	0,01	6,67	argilla		
0,4	14,5	32,0		2,9	0,23	8,05	torba		
0,6	15,0	22,0		3,0	0,09	3,11	limo sabbioso argilloso		
0,8	5,0	16,0		1,0	0,15	14,67	torba		
1,0	6,5	14,0		1,3	0,10	7,69	torba		
1,2	7,0	14,0		1,4	0,09	6,67	argilla		
1,4	9,5	18,0		1,9	0,11	5,96	argilla		
1,6	28,0	30,0		5,6	0,03	0,48	sabbia e ghiaia		
1,8	12,5	24,5		2,5	0,16	6,40	argilla		
2,0	12,5	20,0		2,5	0,10	4,00	argilla e limo		
2,2	16,0	24,0		3,2	0,11	3,33	argilla e limo		
2,4	11,0	19,5		2,2	0,11	5,15	argilla		
2,6	12,5	17,0		2,5	0,06	2,40	limo sabbioso argilloso		
2,8	16,0	25,0		3,2	0,12	3,75	argilla e limo		
3,0	13,5	23,0		2,7	0,13	4,69	argilla		
3,2	13,5	22,0		2,7	0,11	4,20	argilla		
3,4	14,5	25,0		2,9	0,14	4,83	argilla		
3,6	16,0	26,0		3,2	0,13	4,17	argilla		
3,8	31,0	41,0		6,2	0,13	2,15	sabbia limosa		
4,0	23,0	41,0		4,6	0,24	5,22	argilla		
4,2	14,0	21,0		2,8	0,09	3,33	argilla e limo		
4,4	12,0	18,0		2,4	0,08	3,33	argilla e limo		
4,6	16,0	20,0		3,2	0,05	1,67	sabbia limosa		
4,8	9,0	22,0		1,8	0,17	9,63	torba		
5,0	15,0	19,0		3,0	0,05	1,78	sabbia limosa		
5,2	24,0	26,0		4,8	0,03	0,56	sabbia e ghiaia		
5,4	17,0	28,0		3,4	0,15	4,31	argilla		
5,6	13,0	25,0		2,6	0,16	6,15	argilla		
5,8	4,0	17,0		0,8	0,17	21,67	torba		
6,0	11,0	12,0		2,2	0,01	0,61	sabbia e ghiaia		
6,2	14,0	21,0		2,8	0,09	3,33	argilla e limo		
6,4	12,0	15,0		2,4	0,04	1,67	sabbia limosa		
6,6	8,0	13,0		1,6	0,07	4,17	argilla		
6,8	6,0	14,0		1,2	0,11	8,89	torba		
7,0	1,0	3,0		0,2	0,03	13,33	torba		
7,2	19,0	20,5		3,8	0,02	0,53	sabbia e ghiaia		
7,4	7,0	9,0		1,4	0,03	1,90	sabbia limosa		
7,6	11,0	21,0		2,2	0,13	6,06	argilla		
7,8	20,0	25,0		4,0	0,07	1,67	sabbia limosa		
8,0	21,0	23,0		4,2	0,03	0,63	sabbia e ghiaia		
8,2	28,0	45,0		5,6	0,23	4,05	argilla e limo		
8,4	18,0	24,0		3,6	0,08	2,22	limo sabbioso argilloso		
8,6	21,0	29,0		4,2	0,11	2,54	limo sabbioso argilloso		
8,8	24,0	26,0		4,8	0,03	0,56	sabbia e ghiaia		
9,0	26,0	27,0		5,2	0,01	0,26	sabbia e ghiaia		
9,2	6,0	8,0		1,2	0,03	2,22	limo sabbioso argilloso		
9,4	18,0	20,5		3,6	0,03	0,93	sabbia e ghiaia		
9,6	11,0	18,0		2,2	0,09	4,24	argilla		
9,8	3,0	11,0		0,6	0,11	17,78	torba		
10,0	15,0	21,0		3,0	0,08	2,67	limo sabbioso argilloso		

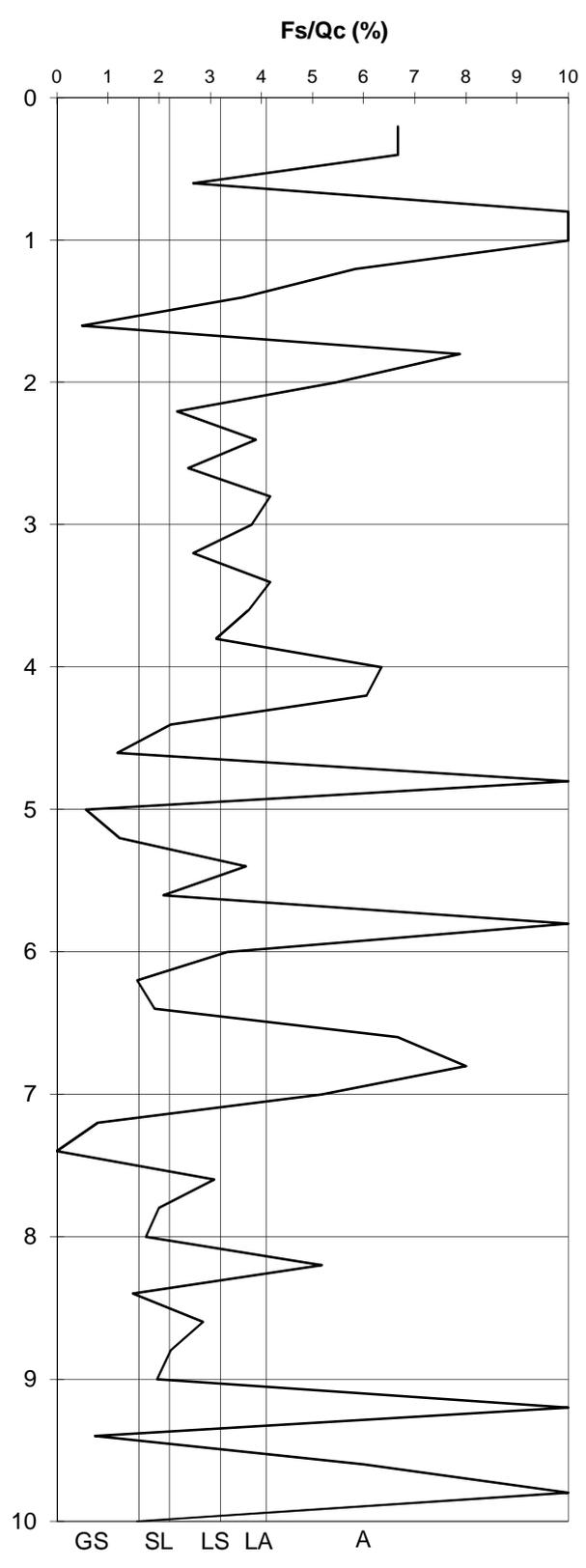
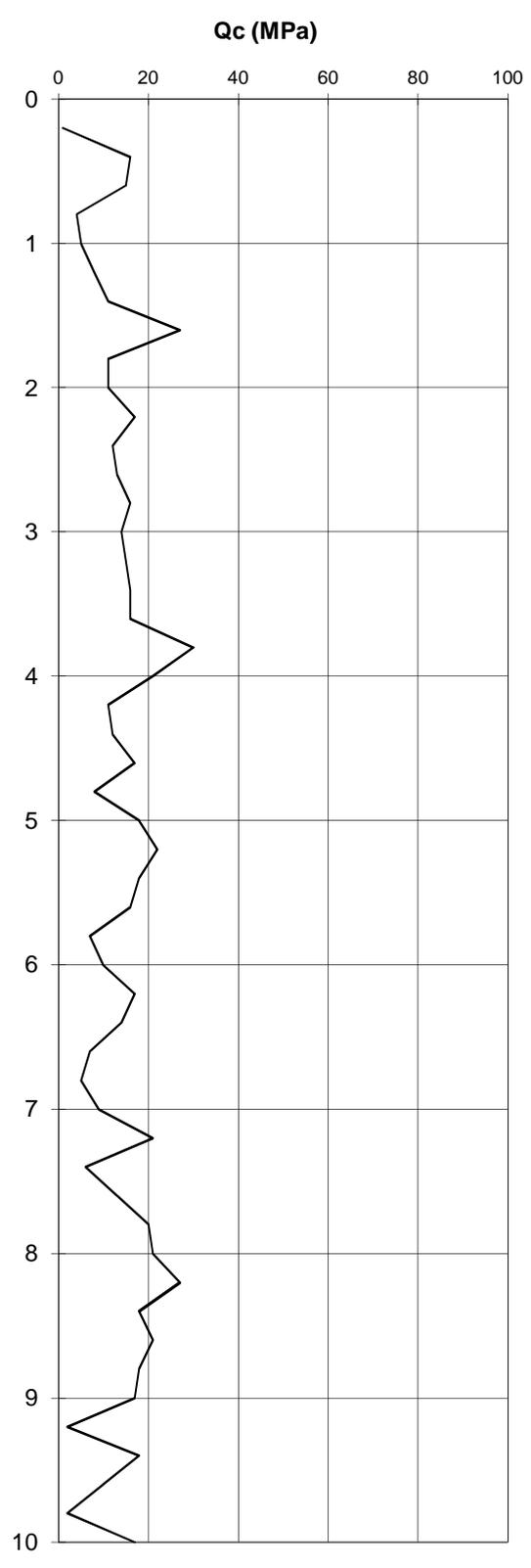
Prova n°	04	Data:	28/05/15	Dott. Geol. Roberto Ponzanibbio via Astorri, 3 29019 - San Giorgio (Pc)
Committente	Nettuno srl			
Comune	San Giorgio P.no	Quota:	126 m slm	
Cantiere	Viustino	Acqua:	- 3,85 m	



GS SL LS LA A

Prova n°		05		Data:		28/05/15		Dott. Geol. Roberto Ponzanibbio	
Committente		Nettuno srl		Quota:		126 m slm		via Astorri, 3	
Comune		San Giorgio P.no		Acqua:		- 3,85 m		29019 - San Giorgio (Pc)	
Cantiere		Viustino						<i>pag. 9</i>	
Prof. m	P Kg/cmq	P+L Kg/cmq	Rt Kg/cmq	Qc Mpa	Fs Mpa	Fs/Qc %	litologia Begemann (1965)		
0,0									
0,2	1,0	2,0		0,2	0,01	6,67	argilla		
0,4	16,0	32,0		3,2	0,21	6,67	argilla		
0,6	15,0	21,0		3,0	0,08	2,67	limo sabbioso argilloso		
0,8	4,0	17,0		0,8	0,17	21,67	torba		
1,0	5,0	15,0		1,0	0,13	13,33	torba		
1,2	8,0	15,0		1,6	0,09	5,83	argilla		
1,4	11,0	17,0		2,2	0,08	3,64	argilla e limo		
1,6	27,0	29,0		5,4	0,03	0,49	sabbia e ghiaia		
1,8	11,0	24,0		2,2	0,17	7,88	torba		
2,0	11,0	20,0		2,2	0,12	5,45	argilla		
2,2	17,0	23,0		3,4	0,08	2,35	limo sabbioso argilloso		
2,4	12,0	19,0		2,4	0,09	3,89	argilla e limo		
2,6	13,0	18,0		2,6	0,07	2,56	limo sabbioso argilloso		
2,8	16,0	26,0		3,2	0,13	4,17	argilla		
3,0	14,0	22,0		2,8	0,11	3,81	argilla e limo		
3,2	15,0	21,0		3,0	0,08	2,67	limo sabbioso argilloso		
3,4	16,0	26,0		3,2	0,13	4,17	argilla		
3,6	16,0	25,0		3,2	0,12	3,75	argilla e limo		
3,8	30,0	44,0		6,0	0,19	3,11	limo sabbioso argilloso		
4,0	21,0	41,0		4,2	0,27	6,35	argilla		
4,2	11,0	21,0		2,2	0,13	6,06	argilla		
4,4	12,0	16,0		2,4	0,05	2,22	limo sabbioso argilloso		
4,6	17,0	20,0		3,4	0,04	1,18	sabbia e ghiaia		
4,8	8,0	24,0		1,6	0,21	13,33	torba		
5,0	18,0	19,5		3,6	0,02	0,56	sabbia e ghiaia		
5,2	22,0	26,0		4,4	0,05	1,21	sabbia e ghiaia		
5,4	18,0	28,0		3,6	0,13	3,70	argilla e limo		
5,6	16,0	21,0		3,2	0,07	2,08	sabbia limosa		
5,8	7,0	19,0		1,4	0,16	11,43	torba		
6,0	10,0	15,0		2,0	0,07	3,33	argilla e limo		
6,2	17,0	21,0		3,4	0,05	1,57	sabbia e ghiaia		
6,4	14,0	18,0		2,8	0,05	1,90	sabbia limosa		
6,6	7,0	14,0		1,4	0,09	6,67	argilla		
6,8	5,0	11,0		1,0	0,08	8,00	torba		
7,0	9,0	16,0		1,8	0,09	5,19	argilla		
7,2	21,0	23,5		4,2	0,03	0,79	sabbia e ghiaia		
7,4	6,0	6,0		1,2	0,00	0,00	sabbia e ghiaia		
7,6	13,0	19,0		2,6	0,08	3,08	limo sabbioso argilloso		
7,8	20,0	26,0		4,0	0,08	2,00	sabbia limosa		
8,0	21,0	26,5		4,2	0,07	1,75	sabbia limosa		
8,2	27,0	48,0		5,4	0,28	5,19	argilla		
8,4	18,0	22,0		3,6	0,05	1,48	sabbia e ghiaia		
8,6	21,0	30,0		4,2	0,12	2,86	limo sabbioso argilloso		
8,8	18,0	24,0		3,6	0,08	2,22	limo sabbioso argilloso		
9,0	17,0	22,0		3,4	0,07	1,96	sabbia limosa		
9,2	2,0	10,0		0,4	0,11	26,67	torba		
9,4	18,0	20,0		3,6	0,03	0,74	sabbia e ghiaia		
9,6	10,0	19,0		2,0	0,12	6,00	argilla		
9,8	2,0	11,0		0,4	0,12	30,00	torba		
10,0	17,0	21,0		3,4	0,05	1,57	sabbia e ghiaia		

Prova n°	05	Data:	28/05/15	Dott. Geol. Roberto Ponzanibbio via Astorri, 3 29019 - San Giorgio (Pc)
Committente	Nettuno srl			
Comune	San Giorgio P.no	Quota:	126 m slm	
Cantiere	Viustino	Acqua:	- 3,85 m	





Comune di San Giorgio P.no (Provincia di Piacenza)



STUDIO GEOLOGICO

Studio geologico e sismico
a supporto della redazione del
Piano Urbanistico Attuativo dell'area
di nuovo intervento in località
Viustino, denominata "B1" secondo
il PSC del comune di San Giorgio
Piacentino.

Allegato B **Prova tromografica (HVSr)**

Luglio 2015

il Tecnico

Committente

Dott. Geol. Roberto Ponzanibbio

Nettuno srl

Studio:
via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio P.no (Pc)
cell.: 335.58.52.620 - fax: 0523.18.80.760
email: geologo.ponzanibbio@libero.it
P.E.C.: ponzanibbio@epap.sicurezzapostale.it

PROVA TROMOGRAFICA (HVSR)

SAN GIORGIO P.no, località Viustino

Strumento: Gemini 2 Hz

Inizio registrazione: 13/05/15 10:47:01 Fine registrazione: 13/05/15 11:17:02

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h30'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.

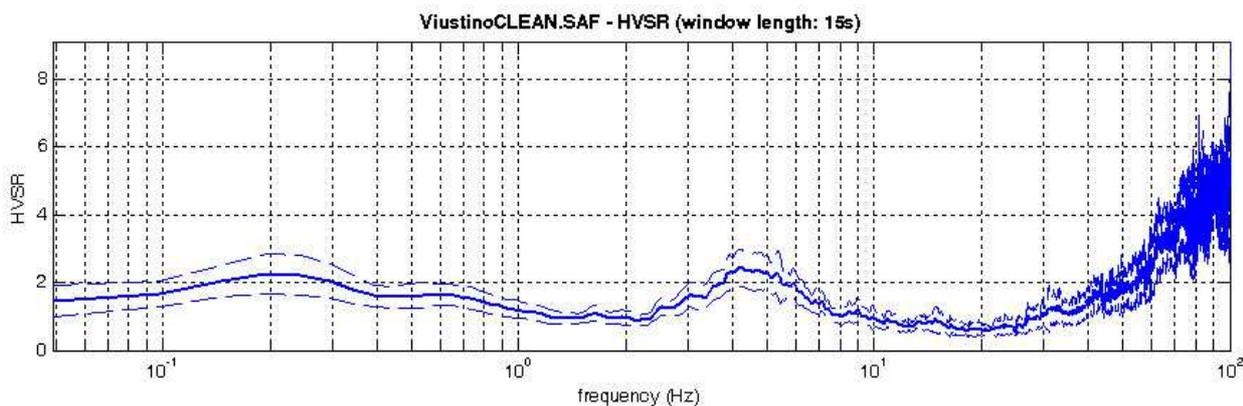
Freq. campionamento: 64 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

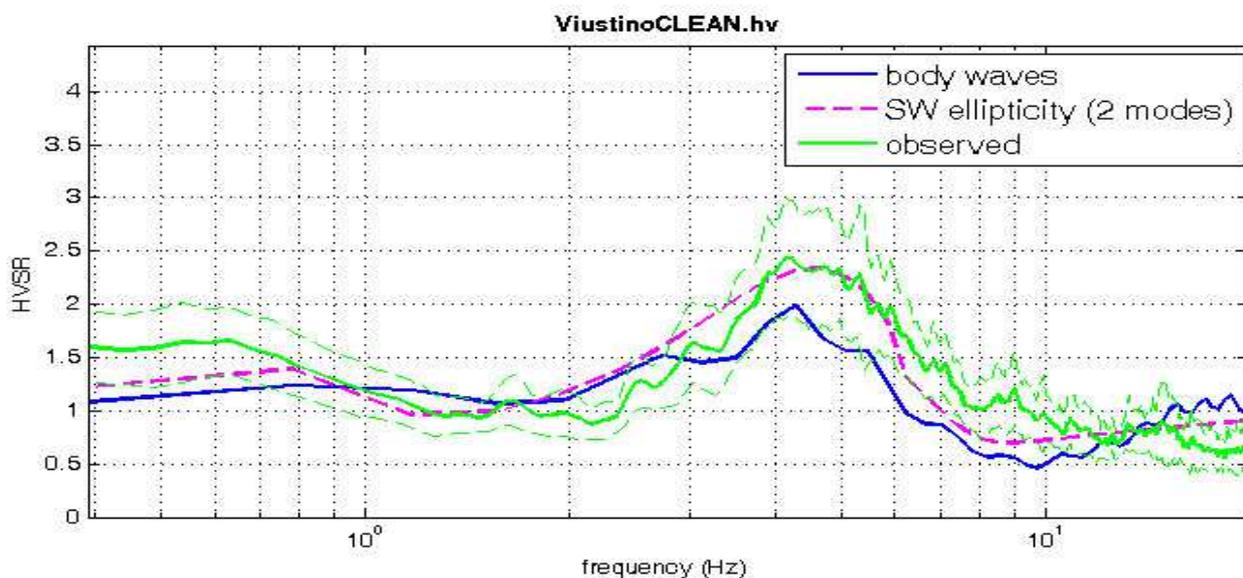
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



PROVA TROMOGRAFICA (HVSR)

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

Picco H/V a 4.4 ± 2.8 Hz (nell'intervallo 0.5 - 20.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$4.4 > 0.66667$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$14672 > 200$	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 96	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.8 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	7.3 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.5 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0486 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$2.786 < 0.19688$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.614 < 1.78$	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

Ponzanibbio Roberto

GEOLOGO

via Astorri, 3 - 29019 San Giorgio P.no (Pc) - cell.: 335.58.52.620
fax: 0523.18.80.760 - email: geologo.ponzanibbio@libero.it

CODICE INT.: 06.PUAV.1015

DATA EMISSIONE: 02/07/2015

COMMITTENTE: Nettuno s.r.l.

COMUNE: San Giorgio Piacentino

LOCALITA': Viustino

Studio geologico e sismico a corredo del progetto di redazione del Piano Urbanistico Attuativo di un'area di nuova realizzazione denominata "B1" in località Viustino nel territorio comunale di San Giorgio P.no (Provincia di Piacenza).

ELABORATO	DESCRIZIONE	SCALA	File
0	Relazione geologica	-	06.PUAV.1015.00
1	Corografia	1:10.000	06.PUAV.1015.01
2	Carta geolitologica	1:5.000	06.PUAV.1015.02
3	Carta di ubicazione indagini in sito	1:1.000	06.PUAV.1015.03
4	Sezione geologica di riferimento	varie	06.PUAV.1015.04
ALLEGATO	DESCRIZIONE	SCALA	FILE
A	Prove penetrometriche statiche (CPT)	-	06.PUAV.1015.05
B	Prova tomografica (HVSR)	-	06.PUAV.1015.06