
RELAZIONE GEOLOGICA

ai sensi del D.M. 17/01/2018 (R1) e della DGR IX/2616/2011 (R3)

- Caratterizzazione e modellazione geologica del sito
- Sismicità
- Indagini geognostiche
- Risposta sismica del sito
- Compatibilità dell'intervento di progetto con le risultanze dello Studio Geologico Comunale e con le normative geologiche di fattibilità, di vincolo e di Pericolosità sismica.

“Stazione di rilancio dal serbatoio Montanina di Manerba alla frazione Raffa di Puegnago del Garda” da realizzarsi in loc. Montanina.

COMUNE DI MANERBA DEL GARDA
Provincia di Brescia

Committente: ACQUE BRESCIANE S.p.A.

Il Tecnico
Dott. Geol. Damiano Scalvini

(RELAZIONE FIRMATA DIGITALMENTE)

Lonato del Garda, 04/05/2022

INDICE

1	PREMESSA – Riferimenti progettuali e Normativi	3
2	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO	9
2.1	Inquadramento Geologico.....	9
2.2	Inquadramento strutturale	11
2.3	Assetto geologico locale - Successione stratigrafica	13
2.4	Assetto Geomorfologico Locale - Stato dei luoghi.....	14
2.5	Inquadramento Idrogeologico.....	15
2.6	Idrografia	17
3	SISMICITA'	19
3.1	Sismicità storica	24
3.2	Sismicità recente	35
3.3	Normative Sismiche – Valori di a_g	38
4	CAMPAGNA DI INDAGINE GEOGNOSTICA E RACCOLTA DATI– Approfondimento sulle caratteristiche Geotecniche-Geofisiche e Idrogeologiche dei Terreni	41
4.1	Campagna di indagine in <i>Via Campagnola</i> (Dicembre 2018) - Ciclopedonale.....	41
4.2	Campagna di indagine in <i>Via Campagnola</i> (Aprile 2015)	45
4.3	Piezometri Ex Cava Campagnola (2014).....	51
4.4	Correlabilità dei dati dei siti 2015-2018 con il sito di attuale progetto.....	52
5	PROPOSTA DI MODELLO GEOTECNICO – GEOFISICO	53
6	RISPOSTA SISMICA DEL SITO	55
6.1	Categoria di Sottosuolo e Categoria Topografica - Approfondimento Sismico Analisi di 2° Livello (All.5 D.G.R. 9/2616/2011).....	55
6.2	Pericolosità Sismica del Sito – Parametri sismici di riferimento	58
6.3	Amplificazione Stratigrafica (S_s) e Topografica (S_t)	59
6.4	Stabilità del sito nei confronti della liquefazione – Verifica a liquefazione – Analisi di III livello (All. 5 della D.G.R. 9/2616 del 30/11/2011 E D.M. 17/01/18).....	61
7	INTERVENTO DI PROGETTO – PROBLEMATICHE REALIZZATIVE - PRESCRIZIONI	64
8	OPERAZIONI DI SCAVO	66
8.1	Modalità esecutive degli scavi in condizioni di sicurezza	66
8.2	Linee guida generali di utilizzo del materiale escavato	66
9	COMPATIBILITA' DELL'INTERVENTO DI PROGETTO CON LE RISULTANZE DELLO STUDIO GEOLOGICO E CON LE NORMATIVE GEOLOGICHE DI FATTIBILITA', DI VINCOLO E DI PERICOLOSITA' SISMICA - CONCLUSIONI	73

1 PREMESSA – Riferimenti progettuali e Normativi

Per conto di Acque Bresciane S.P.A (O.d.A. 1095704269 del 6/04/2022) è stato eseguito uno studio Geologico per il progetto di realizzazione di una “*Stazione di rilancio dal serbatoio Montanina di Manerba alla frazione Raffa di Puegnago del Garda*” da realizzarsi in loc. Montanina.

Nel D.M. 14/01/2008, nel D.M 17/01/2018 e nell’**Ordinanza P.C.M. n. 3519 del 27/04/2006** il Comune di Manerba d/G è stato classificato in zona sismica 2 ed in particolare nella sottozona con valori di a_g compresi tra 0.150 e 0.175 (accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni). L’Ordinanza P.C.M. 3274/2003 includeva il territorio comunale di Manerba del Garda in zona simica 3; la Regione Lombardia con **D.G.R. X/2129 del 11/07/14** ha approvato un “**Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia** (L.R. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)”, che recepisce definitivamente, ed anche dal punto di vista amministrativo, la classificazione dell’OPCM 3519/2006 e che, sulla base della successiva D.G.R. 8 ottobre 2015 - n. X/4144, è entrato in vigore a partire dal 10 Aprile 2016.

E’ stata pertanto confermata per il Comune di Manerba d/G (BS) la zona sismica 2 con valore di a_{gmax} 0,163042 anche a livello regionale e pertanto ai fini pianificatori/amministrativi. Ciò ha di fatto sanato una difformità di classificazione nazionale/regionale che creava non pochi problemi tecnico-progettuali.

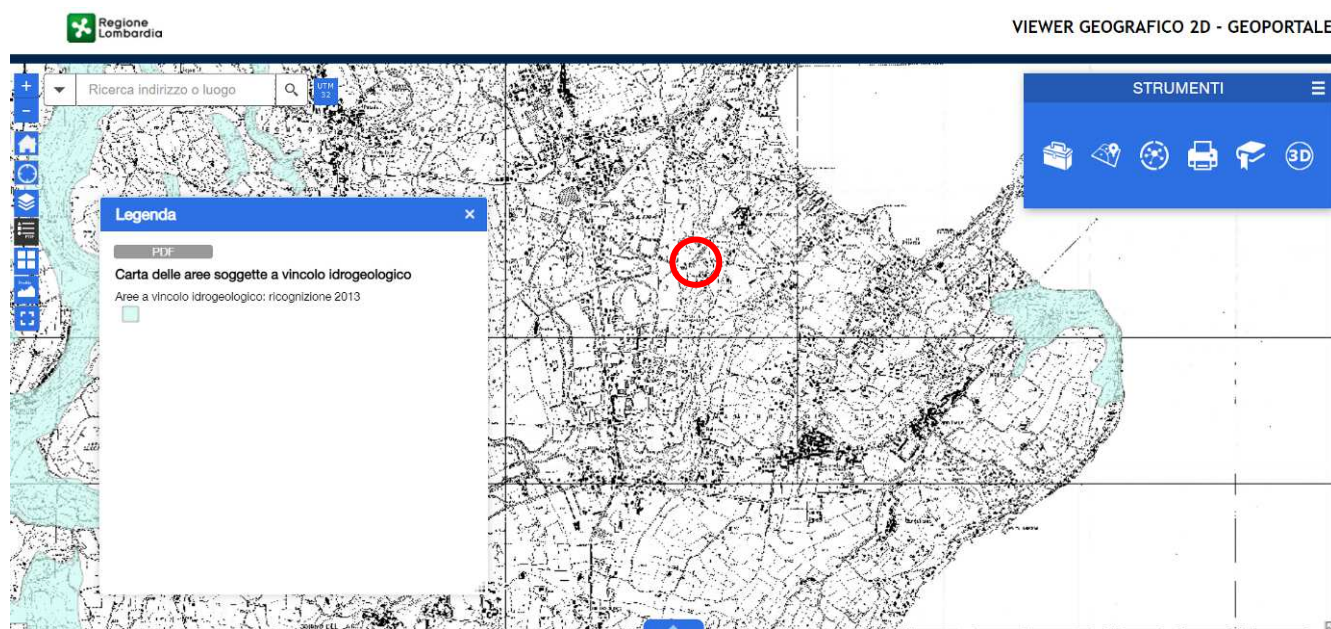
La recente **L.R. 33 del 12/10/2015** definisce le “**Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche**” e di fatto trasferisce ai comuni, singoli o associati, numerose funzioni prima assegnate alla Regione (di cui agli art. 61, 90 comma 2, 93 comma 1, 94 comma 1, 96, 97, 99, 100 e 104 del D.P.R. 380/2001) ed in particolare inerenti le “*Norme per le costruzioni in zone sismiche*” e “*Vigilanza sulle costruzioni in zone sismiche*”; essa è definitivamente entrata in vigore con la pubblicazione della **D.G.R. 10/5001 del 30/03/2016** “**Approvazione delle Linee di indirizzo e coordinamento per l’esercizio delle funzioni trasferite ai Comuni in materia sismica (artt.3, comma 1 e 13, comma 1, della l.r. 33/2015)**”, sul B.U. di Regione Lombardia del 07 Aprile 2016.

Ciò comporta, tra l’altro, specifiche prescrizioni nella redazione degli elaborati tecnici a corredo dei progetti e, in zona sismica 2, l’obbligo di acquisire l’**Autorizzazione Sismica di cui all’Art.8 comma 1 della L.R. 33/2015**, da rilasciare a carico dei Comuni o della Regione entro 60 gg dalla data di protocollo (fatto salvo il ricorso da parte del comune al parere regionale).

Si segnala infine l’entrata in vigore della **D.G.R. X/6738 del 19 Giugno 2017** “**Disposizioni regionali concernenti l’attuazione del piano gestione dei rischi di alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell’emergenza ai sensi dell’art.58 delle norme di attuazione del piano stralcio per l’assetto idrogeologico (PAI) del bacino del fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7 Dicembre 2016 con deliberazione n.5 del comitato istituzionale di bacino del Fiume Po**”, che integra la D.G.R. 9/2616/2011 con particolare riferimento all’introduzione del nuovo Titolo V delle Norme di Attuazione (N.D.A.) del PAI ed alle disposizioni relative all’attuazione della variante normativa PAI nel settore urbanistico alla scala comunale. Tali disposizioni e le norme correlate sono vigenti a partire dalla data di pubblicazione della D.G.R. e pertanto dal 19 Giugno 2017.

Con l'entrata in vigore della L.R. 19 del 08/07/2014, che apporta sostanziali modifiche alla L.R. 31 del 05/12/2008 è divenuto a carico dei Comuni (commi 2 e 3 dell'Art. 44 della L.R. 31/2008 come modificato dalla L.R.19/2014), autorizzare la trasformazione d'uso del suolo dei terreni soggetti a vincolo idrogeologico di cui all'Art. 1 del R.D. 3267 del 30/12/1923, in conformità alle indicazioni ed alle informazioni idrogeologiche contenute negli studi geologici comunali, nei piani territoriali e nei piani forestali di cui all'art.47 della L.R.31/2008. In particolare, ai sensi del comma 2 Art. 44 della L.R. 31/2008 come modificato dalla L.R.19/2014, per i comuni dotati di piano di governo del territorio (PGT) i titoli abitativi edilizi devono essere provvisti di tale autorizzazione che va rilasciata previa verifica di conformità delle trasformazioni d'uso del suolo rispetto alla componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT prevista dall'art. 57 comma 1 lettera b) della L.R. 12/2005.

L'area in esame non risulta inserita in aree sottoposte a Vincolo Idrogeologico.



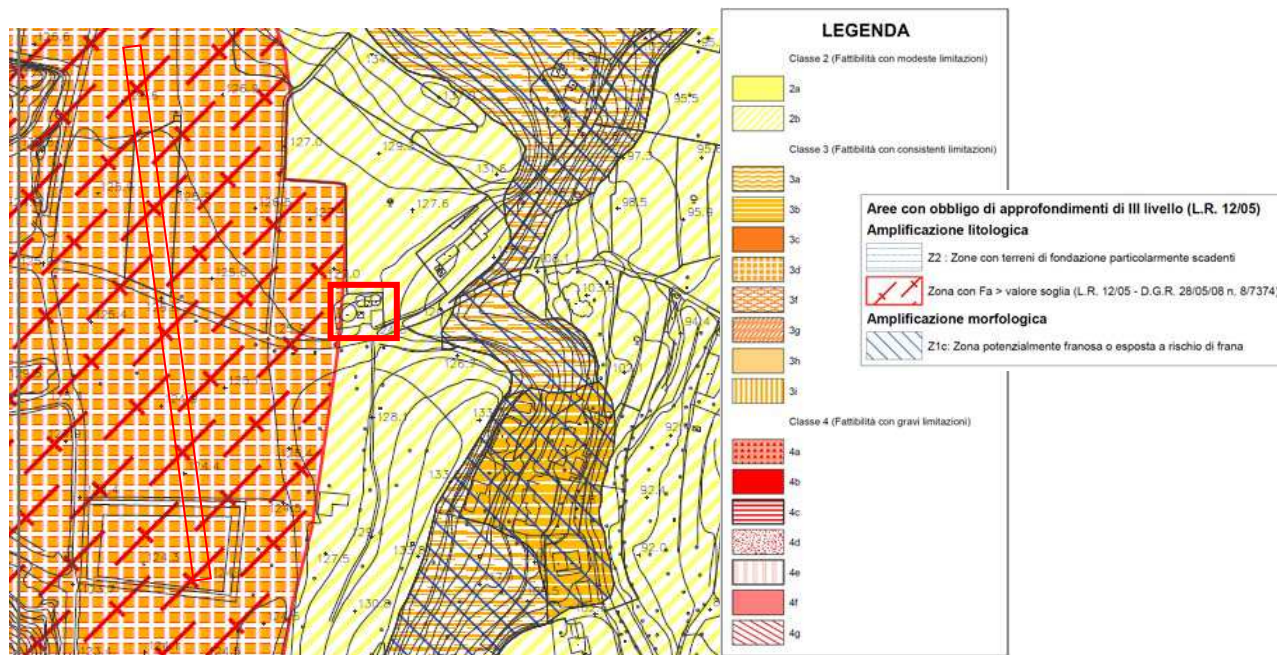
Estrate da: SIT Regione Lombardia

Dovrà pertanto essere predisposta, per la realizzazione del nuovo intervento di progetto e per lo svolgimento delle procedure e l'acquisizione dei necessari permessi normativi, una **relazione geologica-sismica**, in ottemperanza alle vigenti normative nazionali, alle norme comunali di fattibilità/vincolo/pericolosità sismica ed alle normative regionali e sovracomunali individuate per il sito di progetto (§6.1.2 e §6.2.1 NTC 2018; PGT vigente; D.G.R. 9/2616/2011 e D.G.R. 10/6739/2017)

In relazione ad una **maggiore organicità nella trattazione delle tematiche geologiche-geotecniche e di pericolosità sismica** è stata predisposta un'**unica relazione** che sviluppa tutti i temi richiesti dalle normative vigenti come esemplificato nella copertina riepilogativa predisposta per il presente studio.

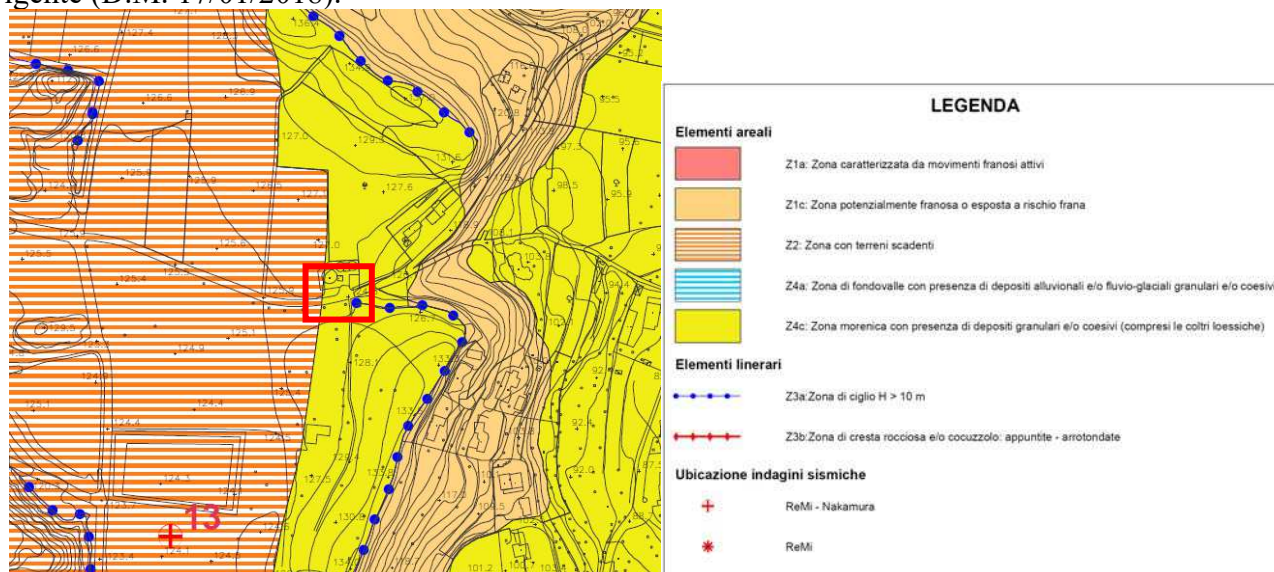
Pertanto, in ottemperanza alla D.G.R. 9/2616/2011, alla D.G.R. 10/6738/2017 ed alla D.G.R. 10/5001/2016 è stata presa preliminare visione della Classe di Fattibilità, di Vincolo e di Pericolosità Sismica vigenti per l'area di progetto in relazione alle Norme di PGT del territorio Comunale di Manerba d/G, nonché delle aree di pericolosità e rischio individuate dal PGRA.

Il sito di progetto ricade entro la **Classe di Fattibilità 2b con modeste limitazioni** definita come “Aree caratterizzate dall’affioramento di terreni dotati di discrete caratteristiche fisico-meccaniche” (Carta di Fattibilità - Tav. 13 N - Documento di Piano – Aggiornamento della componente geologica, idrogeologica e sismica ai sensi della L.R. 12/05 e s.m.i.” - Dott. Geol. M. Conti e Dott. Geol. A. Conti - Marzo 2009 – Rev. Giugno 2011).



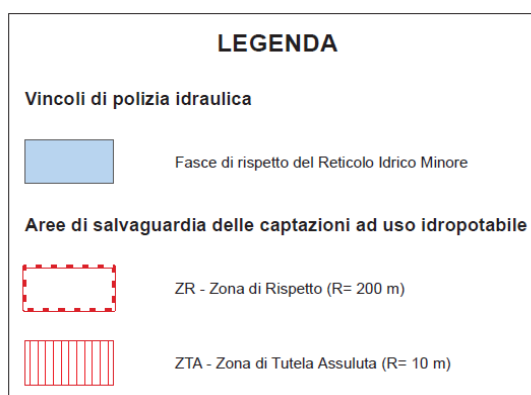
Estratto da: T13 “Carta della Fattibilità_Nord_Rev.1” – Dott. Geol. A. Conti – Giugno 2011

Dal punto di vista della **Pericolosità Sismica Locale** l’area è stata classificata nell’Aggiornamento della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio – Giugno 2011- Dott. Geol. A. Conti entro lo scenario **Z4c** “Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche) con potenziali fenomeni di amplificazione sismica tali da rendere sufficiente l’utilizzo dei parametri sismici definiti in base alla normativa vigente (D.M. 17/01/2018).



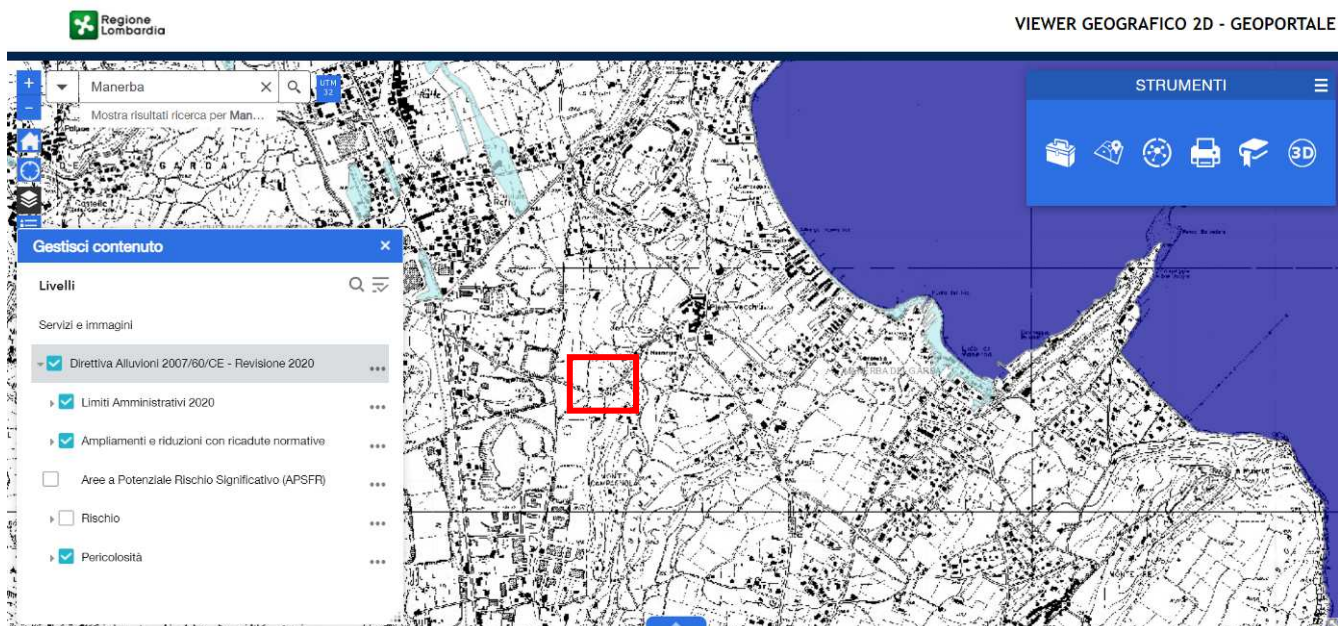
Estratto da: T11 “Carta della Pericolosità sismica locale_Nord_Rev.1” – Dott. Geol. A. Conti – Giugno 2011

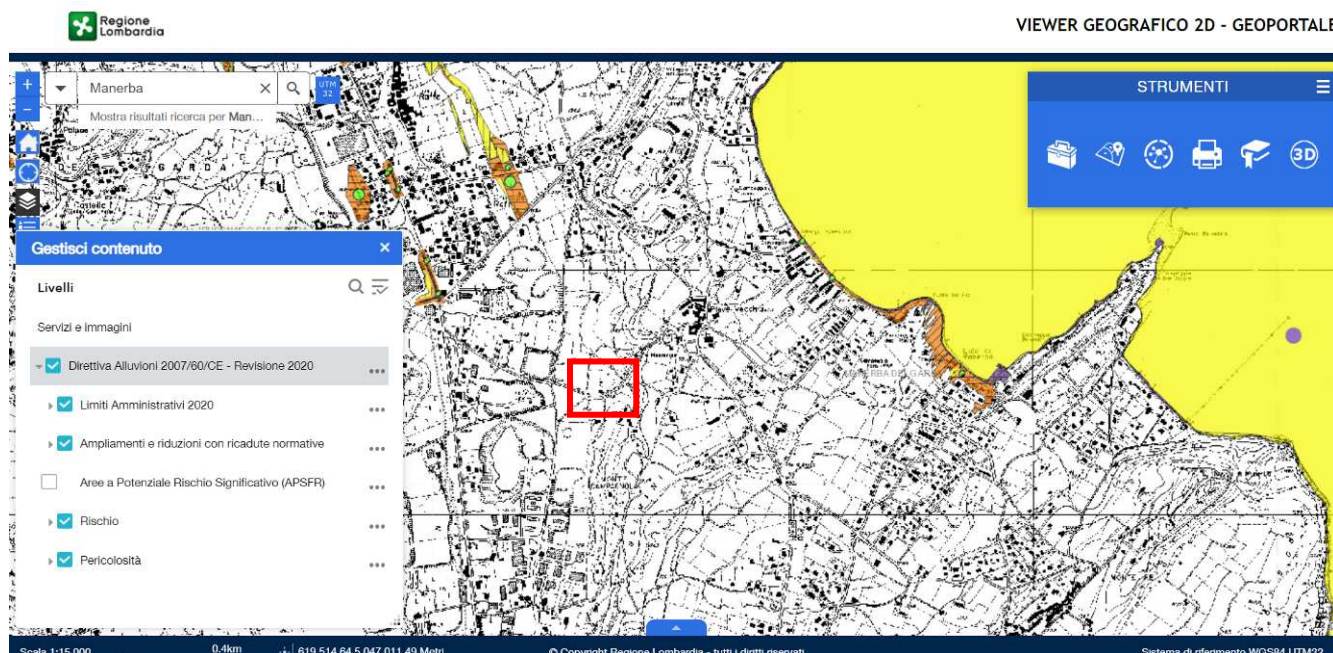
Nello stesso studio non si segnala la presenza, presso l'area d'interesse, di **normative di vincolo** correlate agli elementi idrografici appartenenti al Reticolo Idrico Minore o ad altre problematiche geologiche-idrogeologiche-geomorfologiche (*Carta dei Vincoli - Tav. 7 N - Documento di Piano – Aggiornamento della componente geologica, idrogeologica e sismica ai sensi della L.R. 12/05 e s.m.i.* - Dott. Geol. M. Conti e Dott. Geol. A. Conti - Marzo 2009- Giugno 2011).



Estratto da: T 7 N "Carta dei vincoli _Nord_Rev.0" – Dott. Geol. A. Conti – Giugno 2011

In adempimento alla D.G.R. X/6738/2017 nell'ambito del PGRA è stato verificato che l'area di interesse non risulta inclusa entro aree a pericolosità e rischio alluvione.





Estratte da: <http://www.cartografia.regione.lombardia.it/viewer25> - Viewer Geografico - Geoportale – Regione Lombardia

Tenuto conto di quanto sopra verificato relativamente alle Norme di PGT e sovracomunali vigenti, la **relazione geologica** sarà redatta sulla base di tutti i dati geognostici raccolti e con particolare riguardo alla valutazione del **Modello Geologico** (D.M. 17/01/18) e **Geofisico** (D.M. 16/01/96, Ord. 3274/2003, Ord. 3519/2006, D.M. 17/01/18, D.G.R. 9/2616/2011 e D.G.R. 10/5001/2016) del sito di progetto ed alla verifica della **compatibilità dell'intervento con le normative vigenti** ed all'individuazione **di eventuali prescrizioni/interventi necessari per la sua realizzazione**.

Essa prevedrà l'inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area nonché l'inquadramento della sismicità regionale e la determinazione dei parametri relativi alla Pericolosità Sismica di Sito (Categoria di sottosuolo-Categoria Topografica, Amplificazione Stratigrafica e Topografica, Parametri Sismici Normativi $-a_g$, F_0 e T_c^* - stimati per varie frequenze annuali di superamento, ecc.) con applicazione dei livelli di approfondimento richiesti dalla normativa regionale (D.G.R. 9/2616/2011 e D.G.R. 10/5001/2016), tenuto conto delle Norme di PGT vigenti.

Si prevede il rilascio del **“Modulo 9 – Dichiarazione/Asseverazione della congruità della Relazione Geologica ai requisiti richiesti dal punto 6.2.1 delle NTC DM 17/01/18 e/o dalla D.G.R. 9/2616/2011”**.

Dal punto di vista metodologico è stato dapprima eseguito il **rilievo geolitologico e geomorfologico** dell'area in oggetto e di quelle ad essa limitrofe.

Per la caratterizzazione geologica-geotecnica dei terreni, in adempimento alle norme di fattibilità geologica previste per la classe di fattibilità 2b e per gli scenari di PSL Z4c e quale **approfondimento relativo alle caratteristiche geotecniche dei terreni**, sono state reperite numerose indagini geotecniche e scavi esplorativi derivanti da alcune campagne d'indagine eseguite presso siti prossimi all'area in esame ed in particolare quelli relativi alle indagini geognostiche di *Via Case sparse Serraglie (Aprile 2017)* e di *Via Campagnola (Aprile 2015 e dicembre 2018)* eseguite mediante **prove penetrometriche dinamiche standard (SCPT) e scavi esplorativi** (vedi per ubicazione *Corografia con ubicazione dei pozzi e di precedenti indagini* in allegato).

Per la valutazione delle velocità V_{seq} di sito sono stati utilizzati i dati riferiti ad uno stendimento di sismica attiva con analisi delle onde superficiali ed elaborazione di tipo MASW eseguito in *Via Campagnola, 55* nell'Aprile 2015; per correlabilità vedi ubicazione Carta Geologica con elementi geomorfologici e del reticolo idrografico, in allegato e § 4.7).

Si specifica che in adempimento alla normativa vigente (D.M. 17/01/18, D.G.R. 10/5001/2016) la presente relazione geologica può essere utilizzata solo per i siti indicati ed in riferimento ai progetti come definiti nelle tavole cartografiche e nei paragrafi illustrativi. Si diffida qualsiasi differente utilizzo, che sarà perseguibile a norma di legge.

Si allegano:

- Corografia con ubicazione di precedenti indagini e pozzi (scala 1:10.000);
- Carta Geologica con elementi geomorfologici e del reticolo idrografico (scala 1:5.000);
- Estratti da precedenti indagini;
- Stratigrafie dei pozzi.

2 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

L'area oggetto d'intervento è ubicata in *Via Montanina*, ai margini di una settore morfologicamente sub-pianeggiante posta a quota variabile e dolcemente crescente in direzione Nord-Salò (da circa 119,7 m a 125,0/126,0 m s.l.m.). L'area interessata dalla realizzazione del manufatto è individuata dai mapp.le 5534, del Fg. 9.

Nella presente relazione viene fornito, sulla base di tutti i dati raccolti, un inquadramento geologico generale e vengono descritte le unità litologiche, presenti nell'area oggetto di intervento ed in un intorno significativo.

Lo studio delle caratteristiche geomorfologiche ed idrografiche del territorio d'interesse e delle caratteristiche geotecniche dei terreni, si è articolato mediante una prima fase di acquisizione dei dati reperibili in letteratura e, in aggiunta, di quelli relativi a studi geologici ed indagini geognostiche eseguiti dalla scrivente in contesti omologhi al sito d'intervento.

In particolare si è tenuto conto di indagini geognostiche fornite dallo *Studio di Geologia tecnica ed Ambientale Dott. Geol. Rosanna Lentin* ed eseguite presso *Via Campagnola* e *Via Case Sparse Serraglie*.

Quindi si è proceduto alla fase di analisi mediante i rilievi geomorfologici di campagna estesi per un intorno significativo rispetto all'area di progetto.

2.1 Inquadramento Geologico

Il territorio di Manerba del Garda è inserito all'interno del **Medio-Basso Garda Bresciano** e si estende tra le cerchie moreniche originate nel Quaternario a seguito del ritiro dei ghiacciai alpini canalizzati nel solco strutturale gardesano preesistente e con andamento giudicariense.

La geologia del territorio di Manerba d/G è rappresentata da depositi di origine glaciale, fluvioglaciale-alluvionale e lacustre contraddistinti da una accentuata variabilità laterale, sovrastanti localmente il substrato roccioso (F.ne di Manerba).

Le cerchie moreniche, con andamento circa concentrico rispetto alla linea di costa del lago, segnano le diverse fasi di espansione dei ghiacciai. Da un punto di vista cronostratigrafico le cerchie collinari possiedono in linea generale età crescente allontanandosi dalla linea di riva.

Durante lo scioglimento delle masse glaciali si originavano torrenti fluvioglaciali che smantellavano i cordoni morenici già formati e deponevano il materiale nelle depressioni rimaste entro le diverse cerchie (**depositi fluvioglaciali**).

Tra i rilievi morenici sono talora presenti ampi ripiani, delimitati da scarpate, che corrispondono a terrazzi di *kame* e/o piane di ritiro e di fondo formati durante le fasi di ritiro del ghiacciaio. Il dilavamento del fronte dei ghiacciai ad opera delle acque di fusione, ha determinato altresì l'accumulo di materiali a contatto con le stesse masse glaciali (**depositi di contatto glaciale/morene di ritiro e di fondo**).

Talora le cerchie moreniche appaiono discontinue a seguito dell'azione di sfondamento praticata dagli stessi corsi d'acqua fluvioglaciali.

Alcune depressioni o conche presenti sul territorio corrispondono a strutture relitte, formate nei pressi del fronte glaciale (**depositi di piana intramorenica e/o glaciolacustri**).

In letteratura le cerchie più interne sono riferite per lo più alla fase glaciale Würmiana mentre quelle più esterne sono attribuite al Riss, anche se non esiste uniformità di classificazione delle cerchie moreniche alle singole glaciazioni da parte dei diversi Autori.

Va in ogni caso sottolineato come possono essere distinte oscillazioni del ghiacciaio di ordine minore nell'ambito delle singole fasi Würm e Riss sia per i periodi glaciali che per quelli interglaciali.

Un punto di riferimento e/o di partenza per la cartografia geologica relativa a questo settore è la “*Carta Geologica dell’anfiteatro morenico del Garda – Tratto occidentale*”, redatta da Venzo nel 1957. Le unità litostratigrafiche riconosciute a suo tempo da Venzo per il territorio di interesse comprendono limitati lembi di depositi glaciali e fluvioglaciali attribuiti al Wurm e quindi diffusamente nel territorio depositi glaciali e fluvioglaciali del Riss.

Studi stratigrafici recenti (“*Paleosols and vetusols in the central Po plain -Northern Italy- a study in quaternary Geology and Soil Development*”; Cremaschi M., Ed. Unicopli, Milano, 1987) attribuiscono i depositi morenici e fluvioglaciali affioranti nell’area di Lonato all’Unità di Sedena del Pleistocene Medio e Medio-Superiore e all’Unità di Solferino del Pleistocene Superiore.

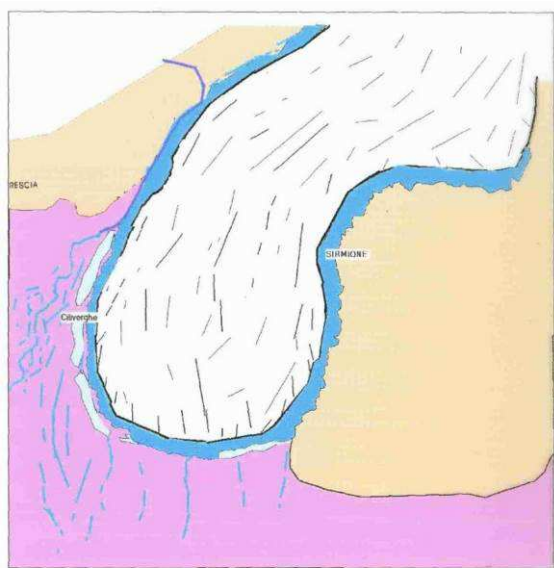


Fig. 17 - Fase morenica di Faia

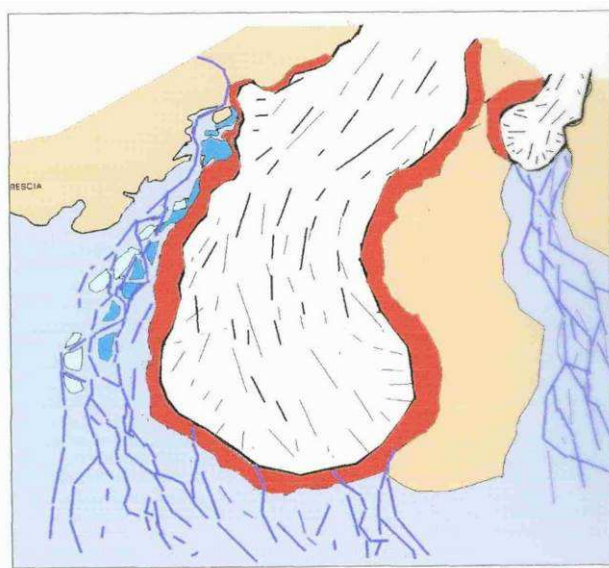


Fig. 19 - Fase morenica di Carpenedolo

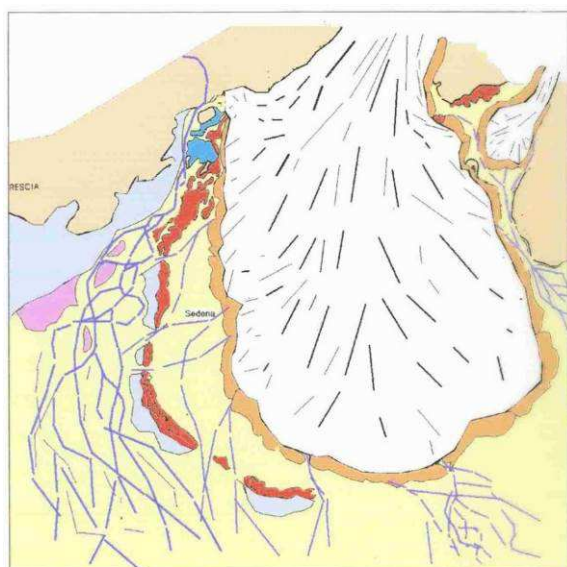


Fig. 20 - Fase morenica di Sedena.

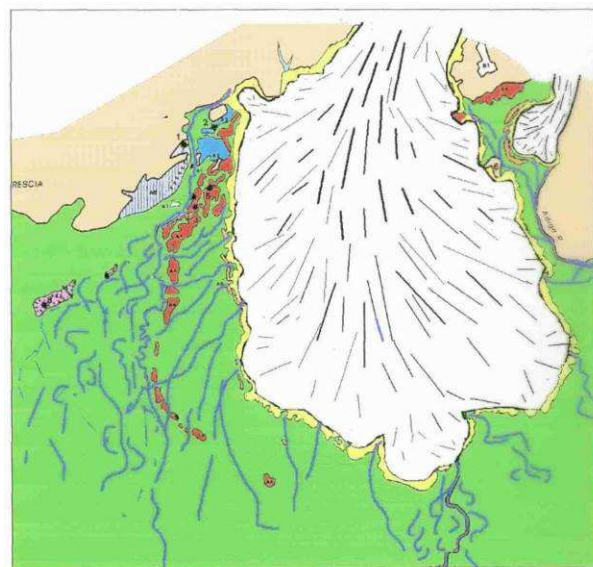


Fig. 21 - Fase morenica di Solferino

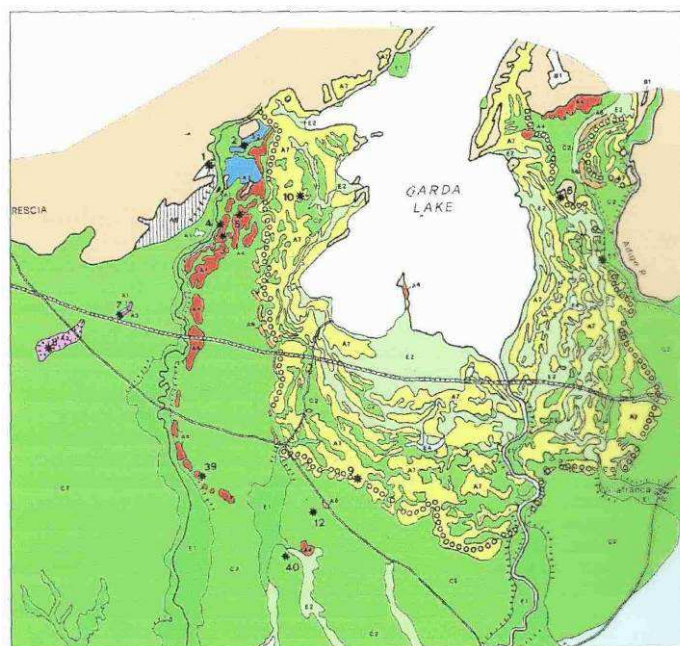


Fig. 23 - Disposizione attuale delle morene

Figure tratte da *“Paleosols and vetusols in the central Po plain -Northern Italy- a study in quaternary Geology and Soil Development”* (Cremaschi M., Ed. Unicopli, Milano, 1987) e modificate dal Dott. Geol. Damiano Scalvini.

Anche nella *“Carta Geologica delle Prealpi Bresciane tra Val Vrenda e il M.te Pizzoccolo 1/25.000”* (Baroni, Bissolati e Vercesi, 1995), vengono applicati i moderni sistemi stratigrafici. I rilievi cartografici di questi Autori non comprendono il territorio comunale di Manerba del Garda, interessando aree poste in territorio di Salò e Roè Volciano. Tuttavia si ritiene che l'apparato glaciale riferito all'Unità di Solferino (Unità di Solferino di Cremaschi M., 1987) possa essere correlata all'Unità di Roè Volciano di Baroni et Al. (1995) ed all'Unità di San Felice d/B (Studio Geologico del Territorio Comunale di San Felice del Benaco - Maggio 2008).

L'attuale revisione stratigrafica del quaternario mediante nuove interpretazioni e metodologie potrà introdurre, anche a breve termine, nuove e più precise interpretazioni.

Con il passaggio verso le attuali condizioni climatiche i fenomeni geomorfici legati all'idrografia superficiale ed alla gravità si sostituirono a quelli glaciali, apportando modifiche al paesaggio. Si è così impostata gradualmente la rete idrografica diretta, limitatamente, verso il lago e più in generale verso il fronte esterno delle cerchie moreniche.

Le piane intermoreniche, più o meno estese, modellate dapprima dai corsi d'acqua fluvio-glaciali, vengono successivamente riprese da quelli olocenici; essi solcano le aree di pianura e di valle intramoreniche, sfruttando in gran parte i lineamenti morfologici ereditati e scorrono talvolta ai margini o entro piane fluvio-glaciali ben più ampie dell'attuale alveo.

In corrispondenza delle depressioni intermoreniche maggiormente sviluppate e talora lungo la fascia costiera si formarono in epoca post-glaciale aree palustri.

Infine l'azione antropica di modellamento della superficie topografica, dapprima essenzialmente legata alle pratiche agricole e successivamente alla progressiva urbanizzazione, ha portato nel tempo il territorio all'attuale configurazione.

2.2 Inquadramento strutturale

Dal punto di vista strutturale la grande depressione del Lago di Garda rappresenta un'area “chiave” per l'interpretazione dell'assetto strutturale e dell'evoluzione tettonica di gran parte della regione alpina. Il territorio montano dell'Alto Garda, compreso nel settore prealpino bresciano orientale, è caratterizzato da una successione stratigrafica con formazioni di età compresa tra il Trias ed il Miocene, sovrapposte stratigraficamente e tettonicamente, costituendo sistemi di *thrust* embricati riconducibili strutturalmente alle direttrici regionali, identificabili con il Sistema Orobico o della Val Trompia, il Sistema Giudicariense e il Sistema Dinarico.

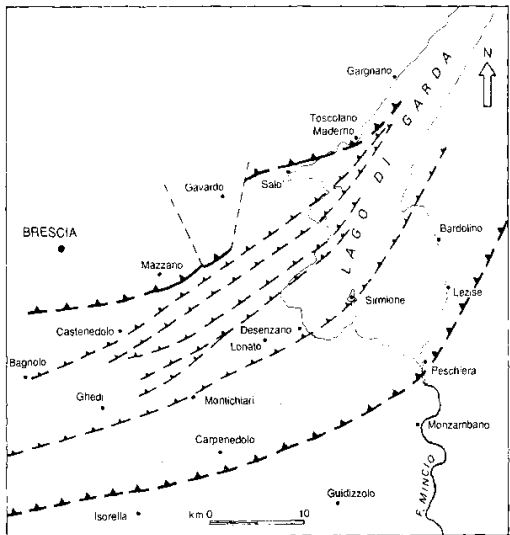
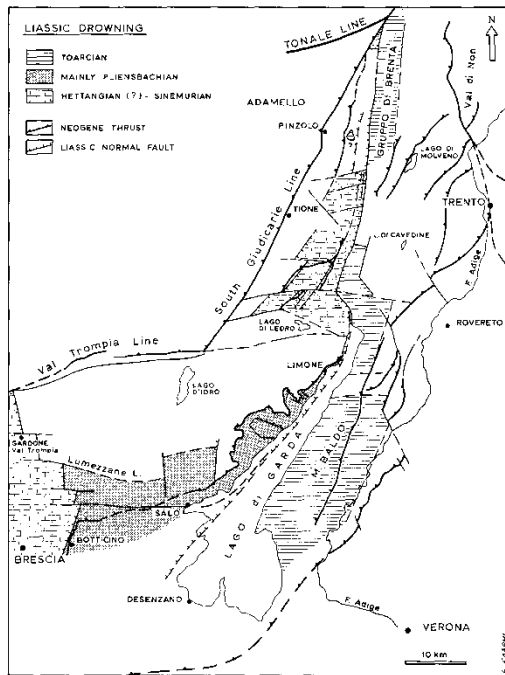


Fig. 7 - Sistema di embricazione nell'area del sottosuolo attorno alla sponda meridionale del Garda.

La fascia strutturale arcuata definita da questi sistemi rappresenta una cintura tettonica molto pronunciata determinatasi a seguito di meccanismi di inversione strutturale degli elementi tettonici distensivi del *rifting* mesozoico ad opera delle intense compressioni neogeniche. Tale cintura si sviluppa sui margini Est e Sud del massiccio dell'Adamello e si propaga ampiamente sia verso Sud che verso Est, incorporando al suo interno la regione del Lago di Garda.

L'orientazione delle strutture risulta in primo luogo secondo la direzione NNE-SSW e NE-SW (Sistema Giudicariense) ed in subordine E-W (Linea della Val Trompia).

Il sistema giudicariense è dominato da accavallamenti a vergenza orientale e sud-orientale, con presenza diffusa di faglie trasversali di trasferimento. Ciò determina un assetto irregolare di *tipo en echelon*.

In particolare gli affioramenti del substrato roccioso nel Medio e Basso Garda sono da mettere in relazione ad un pronunciato sistema di *trhust*.

Tutti gli affioramenti delle formazioni paleogeniche presenti lungo la sponda occidentale del lago (Rocca di Manerba, Isola del Garda, Scogli dell'Altare, Isola dei Conigli e Punta San Sivino, Penisola di Sirmione) presentano un rigido controllo strutturale collegato a questo sistema frontale.

Sebbene il sistema tettonico individuato per l'area a Sud di Salò sia correlabile a fasi compressive essenzialmente neogeniche va sottolineato che il carattere di attività persiste anche durante il Plio-Pleistocene e l'Olocene. L'attività tettonica lungo tali strutture è documentata dalla sismicità storica e recente dell'area (vedi paragrafi successivi). La presenza di lineamenti tettonici profondi che raggiungono localmente la superficie o che sono posti a breve profondità fenomeni termali correlati a risalita naturale, attraverso fratture e al gradiente geotermico (termalismo di Sirmione e Lazise).

2.3 Assetto geologico locale - Successione stratigrafica

Per la classificazione e datazione delle unità delle coperture quaternarie e neogeniche, si è fatto riferimento allo studio “*Paleosols and vetusols in the central Po plain -Northern Italy- a study in quaternary Geology and Soil Development*” (Cremaschi M., Ed. Unicopli, Milano, 1987). Tali studi attribuiscono i depositi glaciali, fluvioglaciali e di contatto glaciale/morena di fondo affioranti nell’area di studio all’**Unità di Solferino** del Pleistocene Superiore.

Viene di seguito elencata la successione delle unità stratigrafiche presenti, dalle più antiche alle più recenti, con una descrizione delle principali caratteristiche litologiche:

COPERTURE QUATERNARIE

UNITÀ GLACIALE

Unità di Solferino – Usf (Pleistocene Superiore)

A questa unità sono riconducibili depositi glaciali e fluvioglaciali. L’Unità di Solferino risulta piuttosto estesa ed articolata e presenta diverse Unità Morena intervallate da piane fluvioglaciali o di contatto glaciale.

All’Unità di Solferino può essere riferita la cerchia principale dell’anfiteatro morenico gardesano, riferibile alla fase di massima espansione del ghiacciaio solferinese; ad essa afferiscono infatti i rilievi posti alle quote più elevate più o meno discontinui. Le fasi di ritiro delle masse glaciali sono testimoniate invece dai cordoni morenici minori talora piuttosto discontinui, con rilievo topografico progressivamente più blando spostandosi verso il Lago. Il ritiro del ghiacciaio doveva quindi avvenire lentamente e secondo pulsazioni ripetute e fasi di stazionamento successive. A questa unità sono riconducibili infatti numerose cerchie moreniche, cui si interpongono piane fluvioglaciali, ad andamento per lo più meandriforme, piane di contatto glaciale e piane di ritiro, allungate a tergo dei cordoni morenici, e/o depressioni intramoreniche, interposte con andamento irregolare tra i cordoni morenici.

Depositi Glaciali (Usf 1)

I depositi morenici di cordone formano l'ossatura delle cerchie moreniche delineando per le avanzate delle masse glaciali i fronti di massima espansione in corrispondenza dei quali si aveva l'accumulo caotico dei materiali glaciali. Sono costituiti da diamicton massivi per lo più a supporto clastico (Dcm) ma talora a supporto di matrice (Dmm). Risultano frequentemente presenti anche grossi trovanti poligenici con dimensioni fino a vari m³.

Nell'ambito del complesso modello deposizionale morenico sono previste eterogeneità litologiche con variazioni nel contenuto di frazione fine che risultano talora molto accentuate anche in zone contigue. Così si possono ritrovare settori con litologia più francamente limoso-sabbiosa prevalente sullo scheletro granulare (Dmm). In questi casi i depositi glaciali assumono tipica colorazione grigia (più argillosa) o color ocra-nocciola (più limosa).

Questi depositi appaiono organizzati in cordoni morenici per lo più discontinui raggruppabili in cerchie principali disposte in genere ad andamento arcuato o più raramente rettilineo.

Depositi Fluvioglaciali delle cerchie interne (Uslf4a)

Presentano un minore assortimento granulometrico rispetto ai depositi morenici; la presenza di termini grossolani, quali ghiaie e sabbie, è da mettere in relazione alla selezione idraulica operata dall'ambiente deposizionale di tipo fluvioglaciale contraddistinto generalmente da corsi d'acqua competenti la cui genesi è connessa allo scioglimento delle masse glaciali. Affiorano estesamente entro il sito d'intervento.

UNITA' POST-GLACIALE

Materiali di riporto (r)

Si tratta di materiali di riporto eterogenei per granulometria, accumulati in corrispondenza del polo estrattivo. Su estese aree già oggetto di coltivazione di inerti (ghiaia e sabbia) sono stati successivamente riportati potenti accumuli di materiali eterogenei.

Successione stratigrafica locale:

L'area di progetto si colloca ai margini orientali della piana fluvioglaciale che si estende con continuità tra Raffa-Cunettone-Villa, seguendo l'allineamento dei principali cordoni morenici; essa è caratterizzata da depositi fluvioglaciali grossolani (Uslf4a); localmente sono presenti coltri di materiali di riporto, riferibili agli interventi antropici di rimodellamento della superficie topografica in seguito ad attività estrattiva e realizzazione della rete viaria.

2.4 Assetto Geomorfologico Locale - Stato dei luoghi

L'area in esame è situata entro la piana fluvioglaciale estesa da *Loc. Cunettone*, in territorio comunale di Salò, fino a *Loc. Raffa*, in territorio di Puegnago d/G e *Loc. Crociale*, in comune di Manerba d/G; seppure con caratteristiche peculiari tale piana prosegue più a Sud entro i limitrofi territori comunali di Moniga d/G e Padenghe s/G.

In particolare essa è posta entro la fascia pianeggiante allungata in direzione N-S e delimitata, ad Est, dai rilievi collinari di Balbiana e Monte Campagnolo e, ad Ovest, da rilievi collinari di Monte Acuto-Monte Mondero-Monte Boccale. Questa piana risulta localmente modellata ed incisa dai corsi d'acqua, che scorrono più ad Ovest dell'area di progetto.

Il sito di progetto, collocato al margine Est della piana, risulta nel complesso debolmente inclinata verso S; esso si colloca a E di aree che sono state in passato interessate dalla realizzazione di fronti di escavazione di ghiaia e sabbia e da successive colmature mediante materiali di riporto (vedi *classe di fattibilità 3i* e *Carta Geologica con elementi geomorfologici e del reticolo idrografico*, in allegato).

Nell'area, parzialmente urbanizzata, non sussistono fenomeni di instabilità, né si hanno sostanziali fenomeni geomorfici in atto e risulta pertanto stabile.

2.5 Inquadramento Idrogeologico

La complessa **struttura idrogeologica** del territorio di Manerba del Garda è rappresentata da acquiferi superficiali, cui corrispondono **falde freatiche** circolanti nei depositi di contatto glaciale e fluvioglaciali o glacio-lacustri di depressione intermorenica superficiali. La falda freatica è per lo più delimitata verso il basso dai depositi morenici che fungono da livello impermeabile o semipermeabile.

Entro i depositi glaciali e di contatto glaciale si possono altresì rinvenire, a scarsa profondità dal p.c., **falde sospese** discontinue e di scarsa produttività e, più in profondità, **acquiferi multistrato semiartesiani**.

Falde freatiche o confinate/semiconfinite

Presso alcuni dei settori pianeggianti e/o depressi morfologicamente si hanno di norma falde freatiche circolanti entro i depositi fluvioglaciali, di spessore variabile.

Nei settori con spessori maggiormente significativi di depositi fluvioglaciali, quali la Piana di Cunettone-Raffa, le falde possono essere suddivise, talora solo localmente, in un sistema multistrato, con presenza di una falda freatica cui seguono più in profondità falde da confinate a semiconfinite. Questi acquiferi trovano circolazione per lo più entro livelli litologicamente grossolani (ghiaie e sabbie) talora con presenza di livelli limosi e/o limoso-argillosi che fungono da locali ripartitori.

L'alimentazione è legata agli apporti delle acque di diretta infiltrazione, di corsi d'acqua, delle acque raccolte dai versanti delle cerchie moreniche e/o provenienti dalle falde sospese circolanti nei depositi glaciali dei settori collinari. La direzione di flusso segue per lo più l'andamento della piana ed ha una notevole componente diretta dal bordo collinare verso l'asse della piana.

Falde sospese

Nei depositi glaciali sono presenti, in relazione alle condizioni morfologiche ed idrogeologiche locali, acquiferi discontinui e poco produttivi circolanti al tetto di livelli limoso-argillosi impermeabili, generalmente di bassa potenzialità, alimentati prevalentemente dalle precipitazioni.

Tali falde possono dare origine, al piede delle colline moreniche a manifestazioni sorgentizie di portata per lo più trascurabile ma talora significativa (Sorgente Pieve) e possono alimentare le falde freatiche e confinate/semiconfinite circolanti nelle piane intermoreniche/fluvioglaciali.

Falde profonde: acquiferi multistrato semiartesiani

Entro i depositi morenici, a profondità differenti e di norma di alcune decine di m dal p.c., sono presenti **falde profonde confinate o semiconfinite** che rappresentano gli acquiferi più sviluppati e di maggiore produttività nell'area del Basso Garda. I sistemi acquiferi multistrato risultano separati tra loro da intervalli argilloso-limosi ripartitori (*aquitard*). Si tratta di falde normalmente dotate di un certo grado di artesianesimo, non direttamente influenzate dall'andamento delle precipitazioni e collegate ad alimentazioni distali. Nella zona di Manerba del Garda la presenza del substrato roccioso, ritenuto pressoché sterile da un punto di vista idroproduttivo, per la zona in esame costituisce un limite per l'estensione in profondità degli acquiferi multistrato.

2.5.1 Idrogeologia Locale

Nella piana fluvioglaciale d'interesse è presente la falda freatica, che risulta confinata entro i depositi fluvioglaciali grossolani e costituisce un acquifero la cui alimentazione è legata agli apporti delle acque di diretta infiltrazione, di quelle raccolte dai versanti delle cerchie moreniche e dalle falde sospese circolanti nei depositi morenici.

Nella piana fluvioglaciale che si allunga in direzione circa N-S, da Raffa al Crociale, la soggiacenza della falda freatica è di vari metri dal p.c. (vedi stratigrafie dei pozzi in allegato), in relazione al maggiore spessore raggiunto dai depositi fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi. Il livello piezometrico subisce in ogni caso delle naturali oscillazioni stagionali in funzione della piovosità.

Il deflusso sotterraneo della falda freatica segue in generale un debole gradiente topografico in direzione degli elementi idrografici drenanti ed orientato decisamente dai bordi collinari verso le aree centrali della pianura.

Nella Piana d'interesse la soggiacenza sembra aumentare spostandosi da Nord (Loc. Raffa – Piezometri stabilimenti Sogefi (2005), soggiacenza pari a circa 9-10 m con spessore dei depositi fluvioglaciali pari a 10-13 m) verso Sud e Sud-Est (pozzo Cepal - 112), in relazione ad un incremento degli spessori dei depositi fluvioglaciali.

Il Pozzo Cepal (112) ed il Pozzo Garda Trans s.a.s. (116, non esattamente ubicato in cartografia) mettono in rilievo l'esistenza di un **orizzonte riferibile ad Unità Fluvioglaciali, prevalentemente ghiaioso-sabbioso con ciottoli e grossi blocchi presente fino a circa 47/48 m dal p.c.**, solo subordinatamente sabbioso e con livelli limoso-argillosi (intorno ai -32 m dal p.c.) e conglomeratici (da -35 a 41 m dal p.c., in Pozzo Cepal); questo livello argilloso-conglomeratico, sembra separare, almeno localmente, il sistema di falde più superficiali (freatico o da confinato a semiconfinato) dalla falda più profonda circolante sempre nei depositi fluvioglaciali (indicata come “*seconda falda*”, nel Pozzo Cepal, e come “*ghiaia grossolana sabbiosa con ciottoli, pulita, acquifera*” nel Pozzo Garda Trans S.a.s.).

Il pozzo più profondo (Pozzo CEPAL) si spinge a 72 m dal p.c. e oltre circa 47 m dal p.c. (coincidente con circa 116 m s.l.m.), al di sotto delle Unità Fluvioglaciali prevalentemente ghiaioso-sabbiose, attraversa Depositi Glaciali, affioranti nei rilievi collinari circostanti e costituiti dalle classiche sequenze prevalentemente argillose, fortemente sovraconsolidate, con intercalati livelli ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi entro cui circolano le falde acquifere ascrivibili all'acquifero morenico profondo multistrato (indicate come “*terza e quarta falda*”, nel Pozzo Cepal).

2.6 Idrografia

2.6.1 Aspetti climatici e pluviometrici

Per quanto concerne gli aspetti climatici e pluviometrici, all'area denominata "Morenico Gardesano", sono riferibili condizioni climatiche differenti nelle sue diverse parti. La porzione circumlacuale, a cui l'area d'interesse appartiene, fa riferimento alla zona climatica dei laghi prealpini, peculiare in ambito padano per il clima rivierasco (sublitoraneo padano).

Si tratta di un clima mite com'è evidenziato dai parametri termici rilevati dalla stazione climatica di Desenzano del Garda.

Per quanto concerne la piovosità del medio-basso Garda, avendo come riferimento, la stazione climatica di Desenzano, si rilevano valori medi annui di circa 895 mm/anno. Le precipitazioni di maggiore entità avvengono nelle stagioni primaverili ed autunnali, con valori di picco nel mese di Maggio (circa 98 mm); il minimo pluviometrico si raggiunge invece in Gennaio con valori di circa 52 mm.

2.6.2 Reticolo idrografico minore

La **rete idrografica superficiale** nelle aree moreniche è di norma poco sviluppata, con presenza di rari impluvi, in ogni caso poco accentuati, che convogliano essenzialmente le acque meteoriche. I corsi d'acqua di maggiore importanza possiedono andamento irregolare, prendono origine dalla base dei versanti collinari e raggiungono la costa lacustre con tratti a caratteristiche idrauliche talora molto differenti.

L'area d'intervento è compresa entro il bacino idrografico del **Rio d'Avigo**. Il Rio D'Avigo costituisce il tratto terminale di un bacino piuttosto ampio (14 km²) e ben gerarchizzato che si estende dall'entroterra gardesano, nelle alture collinari dei territori comunali di Soiano del Lago, Polpenazze e Puegnago del Garda, fino alla linea di costa del Lago di Garda.

Il bacino idrografico comprende numerosi impluvi e corsi d'acqua con regime perenne che confluendo danno origine al Rio d'Avigo che attraversa il territorio di Manerba del Garda e sfocia a lago presso P.ta del Rio.








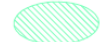
Nell'area pedecollinare di Manerba del Garda il Rio d'Avigo possiede una lunghezza di circa 4 km ed un dislivello massimo di circa 57 m. Il bacino idrografico nel complesso, presenta un dislivello massimo di circa 300 m lungo uno sviluppo lineare dell'asta fluviale di circa 8 km.






Il Rio d'Avigo possiede andamento sinuoso e talora meandriforme. Un primo tratto a direzione circa E-W attraversa la piana fluvioglaciale di Raffa-Crociale e quindi taglia il cordone morenico di Monte Campagnola-Balbiana con un tratto di raccordo a direzione circa N-S. La parte terminale a direzione circa NE-SW segue inizialmente l'andamento del versante collinare di Monte Campagnola per poi attraversare la piana costiera fino alla Loc. *Punta del Rio*.

Non sono segnalate per l'area d'interesse interferenze dirette con elementi idrografici afferenti al RIM; il deflusso superficiale avviene per spaglio superficiale.









RETICOLO IDROGRAFICO

-  Reticolo Idrografico Minore di competenza Comunale (Allegato B - D.G.R. 7/7868)
-  Reticolo Idrografico Minore di competenza Comunale (Allegato B - D.G.R. 7/7868) con alveo e/o sponde artificiali
-  Reticolo Idrografico Minore di competenza Comunale (Allegato B - D.G.R. 7/7868) poco marcato.
-  Traccia di corso d'acqua riportata nella cartografia ufficiale e/o catastale e non più rilevata sul terreno.
-  Trattti di corso d'acqua Intubati (tratteggiato; trattti di rete fognaria)
-  Laghetti e/o Zone Umide.
-  Laghetto di cava
-  Sorgenti
-  Aree esondabili

-  Punto critico della rete idrografica per insufficienza della sezione dell'alveo e/o dei trattti Intubati
-  Tratto di corso d'acqua critico per insufficienza della sezione dell'alveo.
-  Tratto di corso d'acqua con situazioni di degrado dell'alveo e/o delle sponde per mancanza di manutenzione.
-  Punto critico della rete Idrografica per accumulo di materiale lungo le sponde e/o in alveo che può ostacolare il deflusso delle acque di piena.
-  Materiali di riporto accumulati in prossimità dei corsi d'acqua.

FENOMENI EROSIVI CONNESSI ALLE ACQUE SUPERFICIALI

-  Erosione Lineare
-  Erosione laterale
-  Fenomeni di trasporto in alveo
-  Scarpata d'erosione fluviale
-  Decorticamento
-  Frana

Estratto da: Tav. 1/2 "Carta di individuazione del Reticolo Idrico Minore con elementi geomorfologici" – Dott. Geol. G. Crestana e Dott. Geol. R. Lentini - Luglio 2003

3 SISMICITA'

In questo settore, che ricade nell'area gardesana e lungo il bordo sudalpino centrale, i lineamenti tettonici sono riconducibili a diversi sistemi regionali che generano complessi campi tensionali.

Nel settore settentrionale della pianura è presente il sistema di sovrascorrimenti S-vergenti che costituiscono la continuazione in pianura delle Prealpi Lombarde. Nella fascia meridionale si ha invece un pronunciato sistema di embricazione N-vergente che costituisce l'avanfossa essenzialmente pliocenica dell'Appennino settentrionale.

I due sistemi entrano in collisione nella parte mediana della pianura; il fronte settentrionale è inquadrabile all'interno dei sistemi di deformazione del Miocene medio-superiore, quello meridionale è essenzialmente pliocenico. A partire dalla fine del Pleistocene inf. entrambi i margini del Bacino Padano sono in sollevamento in seguito alla formazione di un bacino flessurale più simmetrico.

Il margine meridionale del bacino padano, a ridosso del fronte appenninico risente di tali movimenti in modo maggiormente consistente rispetto al margine settentrionale.

Per quanto concerne l'evoluzione tettonica della pianura meridionale a partire dal Pliocene inferiore fino a tutto il Pleistocene si evidenzia una lenta subsidenza generalizzata non compensata dalla sedimentazione (Baraldi et al., 1980). Nell'intervallo successivo (fino a 18.000 anni fa) si assiste ad un progressivo riempimento del bacino ed il motivo tettonico predominante continua ad essere l'abbassamento generalizzato di tutta l'area; tale movimento è stato dedotto dagli Autori in relazione al notevole spessore dei sedimenti continentali.

Pertanto attraverso alcuni milioni di anni il progressivo moto di avvicinamento della Placca Africana e della Placca Europea ha determinato prima **la nascita delle Alpi e degli Appennini** e poi ne ha sollevato le porzioni assiali creando il paesaggio montuoso che oggi conosciamo, secondo un meccanismo ancora attivo alla velocità di 1-3 metri per millennio. **L'avvicinamento di Alpi e Appennini secondo una direttrice circa N-S, e quindi il raccorciamento della Pianura Padana, è tuttora in atto**, come mostrano i dati geodetici satellitari. **In profondità questo raccorciamento si trasforma in uno sforzo di caricamento di faglie di tipo compressivo localizzate sia al piede delle Alpi Meridionali, sia al piede dell'Appennino Settentrionale.**

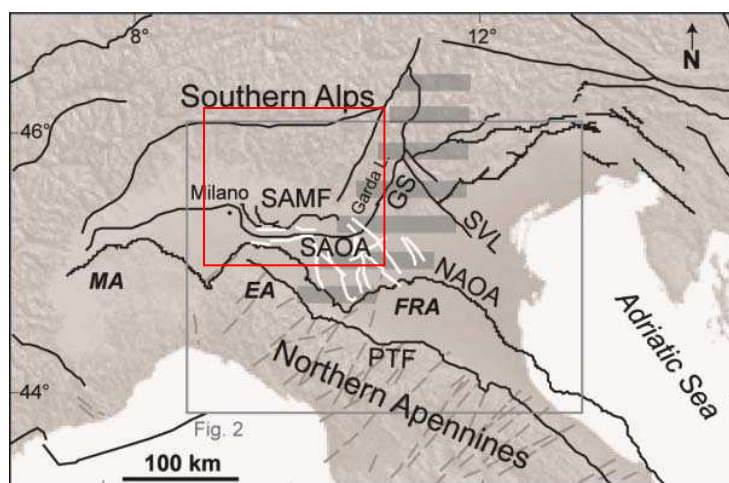


Figura 1 bis (tratta da *The Seismotectonics of the Po Plain (Northern Italy): Tectonic Diversity in a Blind Faulting Domain*- Paola Vannoli, Pierfrancesco Burrato, Gianluca Valensise): Mappa strutturale semplificata della Pianura Padana. Linee nere: principali elementi tettonici; linee bianche: faglie ereditate; **SAMF: fronte montuoso delle Alpi Meridionali**; **SAOA: arco esterno delle Alpi Meridionali**; **GS: Sistema delle Giudicarie**; **SVL: Schio-Vicenza**; **NAOA: arco esterno dell'Appennino Settentrionale**; **PTF: fronte pedeappenninico**; **MA: arco del Monferrato**; **EA: arco Emiliano**; **FRA: arco Ferrarese-Romagnolo**.

Nel bresciano, dalla sponda occidentale del Garda fino ai dintorni di Brescia, le strutture di maggiore risalto morfo-strutturale sono quelle NNE-SSW del Sistema delle Giudicarie (GS), nonché le più antiche linee ad orientamento dinarico (NW-SE) e valsuganese/valtriumplino (circa E-W - SAOA), talora riattivate. Le strutture distensive più recenti sembrano essere attribuibili in ogni caso alle fasi di sollevamento plio-pleistocenico, con direzioni prevalenti NE-SW e NW-SE.

A livello strutturale la zona di Brescia, localizzata all'interno della cintura di deformazione dei sistemi della Valsugana e Val Trompia (circa E-W) e delle Giudicarie (NNE-SSW), si differenzia nettamente dall'area veronese, collocata all'esterno della stessa cintura sul bordo di una zona più rigida, tabulare e omoclinale.

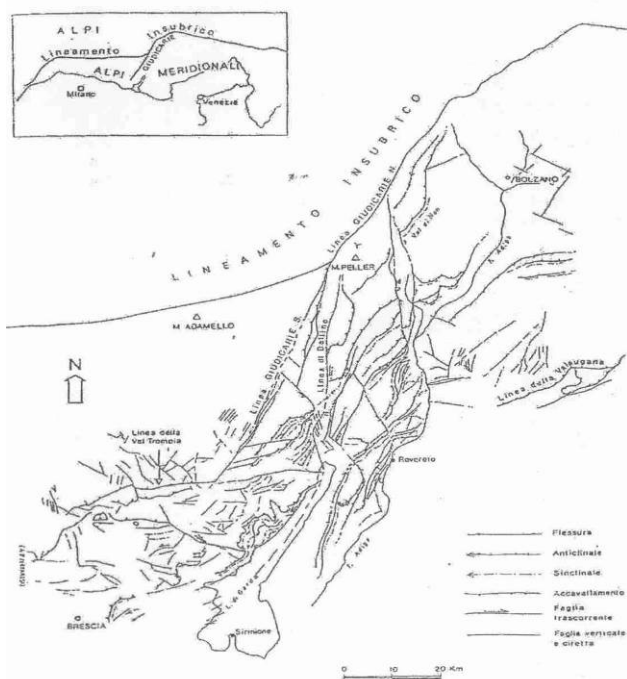


Figura 1 – “Strutture del Sistema delle Giudicarie e Val Trompia a S del Lineamento Insubrico” Schema semplificato da numerosi Autori in Castellarin (1981).

Tuttavia sebbene siano aree inserite in un contesto “strutturale” differente, l’attività sismica storica sia attorno a Verona che a Brescia documenta un legame tra i due settori, in quanto afferente ad una contesto “sismotettonico” maggiormente omogeneo.

La localizzazione dell’attività sismica nelle Prealpi si concentra infatti lungo il margine della pianura e nelle fasce immediatamente adiacenti la zona pedemontana (vedi Figura 2).

Al contrario, la zona del nucleo della catena, del massiccio dell’Adamello, la zona del Lineamento Insubrico sono totalmente prive di attività sismica significativa e ancor meno sono attivi i nuclei strutturali più interni della catena nordalpina adiacente.

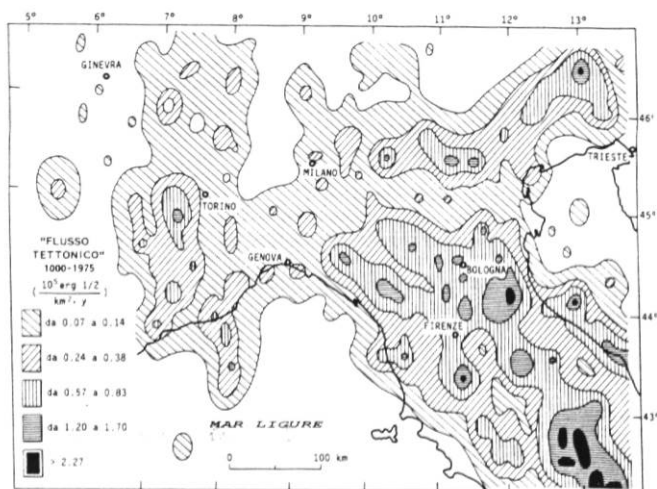


Figura 2 – “Flusso tettonico” medio (energia prodotta dai terremoti che attraversa l’unità di superficie nell’unità di tempo), valutato per gli ultimi 1000 anni nell’Italia settentrionale e in Lombardia (Cattaneo et al., 1978).

La più importante area tettonica “sorgente” è rappresentata dall’area tirrenica e dalla zona appenninica interna, che sono state sottoposte a processi

distensivi dal Miocene superiore in poi. A questa si associa lo spostamento della placca africana verso N al ritmo di circa 1 cm/anno.

L'effetto di questi due meccanismi si esprime soprattutto lungo i limiti dei grandi domini morfostrutturali, come la zona pedemontana compresa tra la Pianura Padana e le Prealpi ed anche la giunzione Alpi-Dinaridi (sistema Friulano).

Secondo alcuni autori la localizzazione comune dell'area di Verona e di Brescia, e più in generale di questa porzione dell'area padana, rispetto al campo tensionale residuo in atto sarebbe dunque la causa principale della loro sismicità.

Più recentemente la relativamente elevata sismicità del territorio bresciano è stata interpretata come indicativa di una consistente attività neotettonica nella zona. Pur mancando uno studio che ricostruisca su vasta scala e in maniera soddisfacente i movimenti neotettonici nell'area bresciana, alcuni lavori di dettaglio ed il recente studio pubblicato su *Pure and Applied Geophysics* (03 Jul 2014 - ***The Seismotectonics of the Po Plain (Northern Italy): Tectonic Diversity in a Blind Faulting Domain***- Paola Vannoli, Pierfrancesco Burrato, Gianluca Valensise) permettono di delineare un primo quadro interpretativo. In particolare la corrispondenza e la connessione tra le strutture geologiche e le zone sismicamente attive dimostrerebbero come siano ancora in atto movimenti tettonici connessi all'orogenesi alpina. Molti autori ritengono infatti che la maggior parte delle superfici tettoniche segnalate nella letteratura geologica rivestano un'elevata e significativa importanza nel quadro sismotettonico generale. Ciò è confermato dall'ubicazione degli ipocentri sismici del bresciano, posti in corrispondenza della parte più pellicolare della crosta (tra i 5 e i 15 km). Oltre ai movimenti lineari che si possono verificare lungo superfici di discontinuità preesistenti e che portano a classificare le faglie e le superfici tettoniche come attive, si sviluppano anche movimenti areali di carattere neotettonico. A tal proposito le strutture delineatesi a partire dal Pleistocene inf. possono costituire una sorgente sismogenetica, lungo le più recenti direzioni NE-SW e NW-SE o riattivando i sistemi già delineatisi nel neogene (E-W), riutilizzando le antiche superfici di sovrascorrimento e i loro frequenti svincoli trasversali.

Identificare e parametrizzare le faglie responsabili dei principali terremoti della Pianura Padana – ossia le sorgenti sismogenetiche – richiede che si prenda in dovuta considerazione la loro profondità, geometria e cinematica, sia rispetto all'assetto delle due catene montuose attualmente “in avvicinamento” (le Alpi e gli Appennini), sia rispetto all'assetto paleogeografico preesistente. L'avvicinamento delle due catene è infatti fortemente condizionato dalla presenza di un contesto geologico “ereditato”, caratterizzato da antiche piattaforme carbonatiche e depositi di bacini marini profondi separati da faglie estensionali sviluppatesi durante l'apertura della Tetide. Questa articolata paleogeografia controlla fortemente lo sviluppo, l'evoluzione e la forma dei fronti montuosi sepolti al di sotto dei depositi della pianura. La conoscenza della paleogeografia dell'area oggi occupata dalla Pianura Padana è quindi molto importante per individuarne e caratterizzarne le sorgenti sismogenetiche.

I dati di letteratura attribuiscono ai sistemi distensivi descritti una valenza superficiale, non superando i 10 km di profondità. E' possibile che a livelli strutturali più profondi l'edificio della catena sia ancora influenzato da processi collisionali subduttivi. Sebbene sia ritenuta possibile la coesistenza di eventi sismici con caratteri compressivi in profondità che passino a sismi legati a distensione in superficie, non è stato tuttora elaborato un modello geodinamico che tenga conto in modo soddisfacente della coesistenza tra contrazione e distensione.

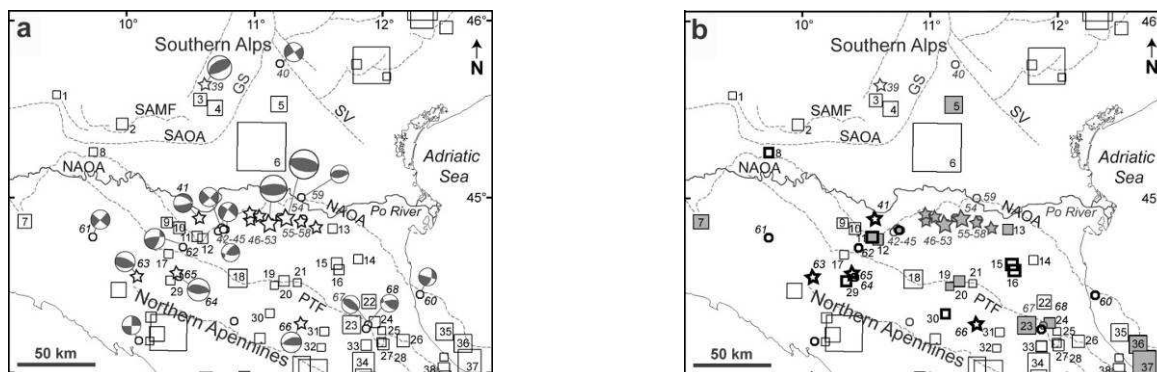


Figura 4 bis (tratta da *The Seismotectonics of the Po Plain (Northern Italy): Tectonic Diversity in a Blind Faulting Domain*- Paola Vannoli, Pierfrancesco Burrato, Gianluca Valensise): Terremoti storici e strumentali (CPTI11, Bollettino Sismico Italiano e ISIDE). I terremoti storici con $M \geq 5.3$ sono rappresentati con quadrati. I terremoti strumentali con $M \geq 5.0$ sono rappresentati con stelle; quelli con $4.5 \leq M \leq 4.9$ sono rappresentati con pallini. Tutti i terremoti sono collegati alle tabelle 1 e 2 attraverso il loro ID. a) Sismicità e meccanismi focali disponibili (Pondrelli et al., 2006; TDMT database). b) Terremoti multipli e terremoti profondi (i terremoti multipli sono rappresentati con pattern grigio; i terremoti profondi in grassetto).

Al di sotto dei sedimenti della Pianura Padana esistono quindi strutture tettoniche attive e capaci di generare terremoti, come testimonia sia la sismicità strumentale dell'area, sia il verificarsi di importanti terremoti storici (Figura 4 bis). Recentemente, i *thrust* sepolti dell'Appennino Settentrionale si sono attivati durante la sequenza dell'Emilia del 2012. Una caratteristica comune delle sequenze emiliane del 1570, 1929 e 2012 è quella di essere costituite da più terremoti potenzialmente distruttivi, anche con magnitudo simile, che si susseguono nell'arco di giorni, settimane o mesi. Ma il più forte terremoto di cui si ha notizia nell'area padana è quello che il 3 gennaio del 1117 ha duramente colpito Verona e le aree poste a sud di essa (magnitudo stimata 6.7). La precisazione “di cui si ha notizia” è doverosa perché per molti secoli la Pianura Padana è stata sede di ampie aree paludose e di fitte e impraticabili foreste con sporadici nuclei abitati; esiste quindi la possibilità che altri forti terremoti accaduti nell'area siano stati poco risentiti dall'uomo o non siano stati risentiti affatto, e quindi che non siano stati adeguatamente documentati, apparendo come terremoti minori o scomparendo del tutto dalle fonti storiche.

Si vuole infine sottolineare come la distribuzione dell'intensità sismica (Figura 2) e l'andamento delle “zone sismiche” (Figura 3 – “Mappa di Pericolosità Sismica – Ord. P.C.M. 3519/2006) e “sismogenetiche” (Fig. 4 tratta da App. 2 al “Rapporto Conclusivo” – Marzo 2004” a cura di C. Meletti e G. Valensise; Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica - OPCM 3274/2003 - INGV) testimoniano un legame tra l'attività sismotettonica del margine prealpino ed il settore di giunzione Alpi-Dinaridi.

L'andamento delle aree sismiche cui afferisce il territorio gardesano pur seguendo l'andamento del margine prealpino, possiede infatti massima intensità in corrispondenza del Sistema Friulano.

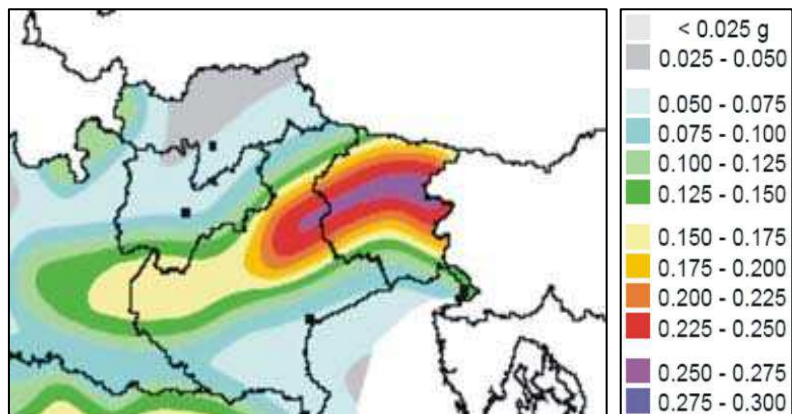


Figura 3 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (Ordinanza P.C.M. n° 3519 del 27/04/06).

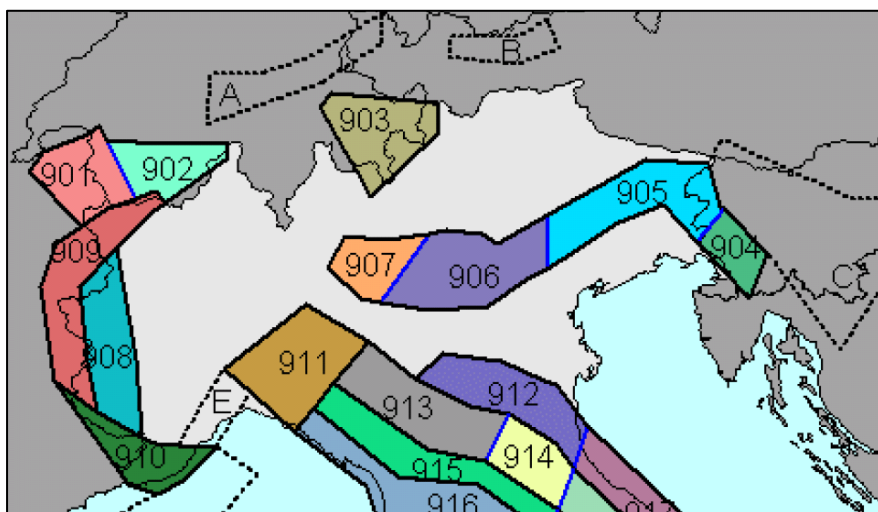


Figura 4 – Schema Zonazione Sismogenetica ZS9 tratta da "App. 2 al Rapporto Conclusivo - Marzo 2004" a cura di C. Meletti e G. Valensise (Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (OPCM 3274/2003 - INGV).

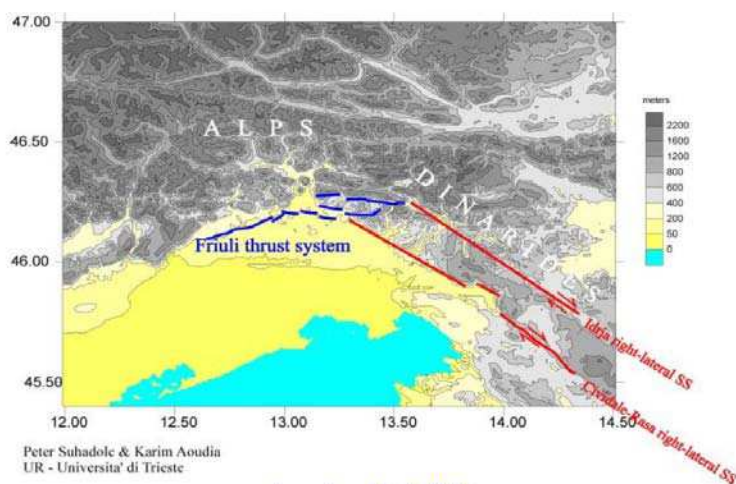


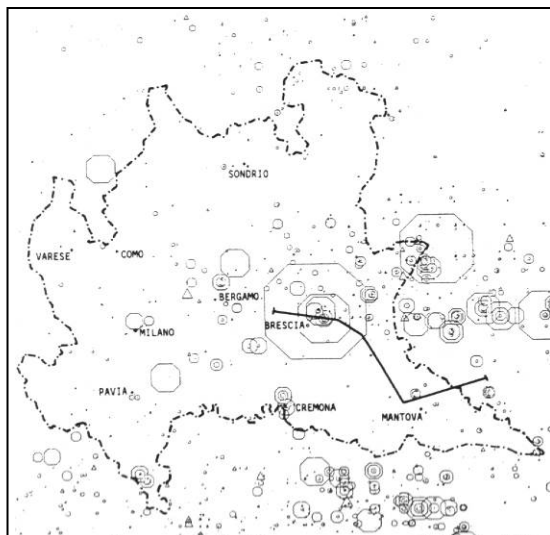
Figura 5 – Schema strutturale della giunzione Alpi-Dinaridi.

Si rileva inoltre una sostanziale continuità tra le aree sismogenetiche del Sistema Dinarico-

Friulano (zone ZS9 904-905) e quelle del margine prealpino veronese-bresciano-bergamasco (Zone ZS9 906-907) (Figura 4).

Alla giunzione Alpi-Dinaridi le deformazioni quaternarie e recenti riflettono il trasferimento delle deformazioni dal sistema di faglie trascorrenti destre, ad andamento dinarico, verso i sovrascorrimenti del sistema di *thrust* friulano, S-vergente (Figura 5).

3.1 Sismicità storica



L'area bresciana è stata interessata in epoca storica a partire dall'anno 1000 da eventi sismici inseriti già nel Catalogo CNR (Figura 6) e quindi nel "Catalogo Parametrico dei terremoti italiani" a cura del Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) (Tabella 1).

Figura 6 – Terremoti segnalati in Lombardia dall'anno 1000 al 1984. La dimensione dei poligono è proporzionale alla magnitudo dei sismi. (tratto da A.A.V.V. "Guide Geologiche Regionali -Alpi e Prealpi Lombarde-11 itinerari", 1990).

Tabella 1 – Eventi sismici con Magnitudo > 4, inclusi nel "Catalogo Parametrico dei terremoti italiani" avvenuti entro il 2002 nel raggio di **100 km da Desenzano del Garda**. *Msp: Magnitudo; ZS9: zona sorgente*

N	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Lat	Lon	Msp	ZS9
5	-91						MODENA-REGGIO EMILIA	44.65	10.78	5.53	913
27	1065	3	27	6			BRESCIA	45.55	10.22	4.99	907
30	1117	1	3	13			VERONESE	45.33	11.2	6.49	906
43	1197						BRESCIA	45.55	10.22	4.8	907
47	1222	12	25	11			BASSO BRESCIANO	45.48	10.68	6.05	906
53	1249	9		16	30		MODENA	44.65	10.93	4.8	912
59	1276	7	28	18	30		ITALIA SETTENT.	45.08	9.55	4.91	911
74	1303	3	22	23			PIACENZA	45.052	9.693	4.25	911
89	1334	12	4				VERONA	45.43	11	4.25	906
90	1345	1	31				CASTELNUOVO	44.81	10.564	4.25	912
93	1346	2	22	11			FERRARA	44.92	11.02	5.75	912

N	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Lat	Lon	Msp	ZS9
107	1365	9	21	5	45		VERONA	45.43	11	4.25	906
113	1383	7	24	20			PARMA	45.058	9.915	4.25	911
121	1396	11	26				MONZA	45.58	9.27	5.27	907
125	1402						VERONA	45.438	10.994	4.53	906
126	1403	1	17				VERONA	45.8	11.6	4.53	906
130	1409	11	15	11	15		PARMA	44.8	10.33	4.53	913
132	1410	6	10	21			VERONA	45.47	11.8	4.37	
144	1438	6	11	20			PARMENSE	44.85	10.23	5.61	913
146	1445	3	21	13	30		VERONA	45.438	10.994	4.25	906
159	1465	4	6	21	30		VERONA	45.12	10.661	4.25	
160	1465	4	15	14	40		REGGIO EMILIA	44.7	10.63	4.8	913
165	1471						BRESCIA	45.544	10.214	4.25	907
171	1474	3	11	20	30		MODENA	44.647	10.925	4.61	912
181	1485	9	1				PADOVA	45.355	11.722	4.32	
185	1491	1	24	23	30		VERONA	45.42	11.43	5.27	906
219	1521	1	26	10	30		BRESCIANO	45.55	10.217	4.53	907
221	1522	10	5	8			CREMONA	45.136	10.024	4.25	
235	1540	9	1				BRESCIA	45.533	10.217	4.53	907
242	1547	2	10	13	20		REGGIO EMILIA	44.7	10.63	5.05	913
264	1572	6	4	22			PARMA	44.851	10.422	4.93	913
266	1574	3	17	3	40		FINALE EMILIA	44.833	11.294	4.92	912
271	1576	9	26	6			BERGAMO	45.667	9.667	4.53	907
281	1591	5	24				REGGIO EMILIA	44.697	10.631	4.53	913
284	1593	3	8				BERGAMO	45.694	9.67	4.8	907
302	1606	8	22				BERGAMO	45.694	9.67	4.8	907
304	1608	1	6				REGGIO EMILIA	44.697	10.631	4.53	913
333	1628	11	4	15	15		PARMA	44.801	10.329	4.99	913
346	1642	6	13	22			BERGAMO	45.694	9.67	4.8	907
362	1660						MODENA	44.647	10.925	4.25	912
365	1661	3	12				MONTECCHIO	45.73	10.07	4.99	907
374	1671	6	20				RUBIERA	44.709	10.814	5.23	912
383	1683	5	25				V. GIUDICARIE	46.024	10.864	4.76	
411	1693	7	6	9	15		GOITO	45.28	10.644	5.13	906
501	1732	2	27				PARMA	44.801	10.329	4.53	913
511	1738	11	5		30		PARMA	44.906	10.028	5.31	913
550	1756	2	25	21			ROSE'	45.75	11.75	4.25	906
583	1771	8	15				SARNICO	45.667	10	4.53	907
589	1774	3	4				PARMA	44.801	10.329	4.53	913
620	1781	9	10				CARAVAGGIO	45.497	9.644	4.8	907
631	1783	7	28				VAL DI LEDRO	45.878	10.808	4.8	906

N	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Lat	Lon	Msp	ZS9
647	1786	4	7				PIACENZA	45.298	9.595	5.18	911
686	1799	5	29	19			CASTENEDOLO	45.403	10.271	4.84	906
694	1802	5	12	9	30		VALLE DELL'OGGIO	45.42	9.85	5.54	907
703	1806	2	12				NOVELLARA	44.862	10.671	5.11	912
714	1810	5	1				MALCESINE	45.764	10.809	4.53	906
717	1810	12	25		45		NOVELLARA	44.898	10.712	5.15	912
730	1815	2	26	6			SCHIO	45.7	11.383	4.25	906
740	1818	12	9	18	52		LANGHIRANO	44.668	10.286	5.55	913
761	1826	6	24	12	15		SALO'	45.6	10.517	4.4	906
780	1829	9	6	19	30		CREMONA	45.136	10.024	4.8	
791	1831	9	11	18	15		REGGIANO	44.75	10.55	5.43	912
798	1832	3	13	3	30		REGGIANO	44.77	10.47	5.57	913
827	1839	8	9	8	45		BAGNOLO MELLA	45.5	10.167	4.53	907
840	1841	10	15	22			SANGUINETTO	45.167	11.11	4.53	
877	1851	8	3				GIUDICARIE	45.938	10.561	4.7	
906	1857	2	1				PARMENSE	44.749	10.48	5.12	913
950	1866	8	11	23			MONTE BALDO	45.727	10.783	4.99	906
956	1868	2	20	20			GARDA OR.	45.709	10.774	4.53	906
957	1868	5	22	21			ROVERETO	45.888	10.869	4.25	
984	1873	5	16	19	35		REGGIANO	44.612	10.701	4.93	913
1005	1876	4	29	10	49		MONTE BALDO	45.75	10.78	4.74	906
1021	1877	10	1	7	27		MALCESINE	45.764	10.809	4.8	906
1040	1879	2	14				GARGNANO	45.607	10.536	4.25	906
1076	1882	2	27	6	30		ROVETTA	45.878	9.926	4.7	907
1082	1882	9	18	19	25		MONTE BALDO	45.72	10.77	4.99	906
1099	1884	9	12				PONTOGLIO	45.57	9.856	4.53	907
1103	1885	2	26	20	48		SCANDIANO	45.208	10.169	5.06	
1124	1886	10	15	2	20		COLLECCHIO	44.75	10.306	4.53	913
1131	1887	5	20	4	12		OGGIONO	45.833	9.4	4.25	
1170	1891	6	7	1	6	14	VALLE D'ILLASI	45.57	11.17	5.61	906
1171	1891	6	15				PESCHIERA	45.43	10.767	4.53	906
1180	1891	12	22				SONDRIO	46.139	9.829	4.25	903
1181	1892	1	5				GARDA OCC.	45.591	10.482	4.7	906
1196	1892	8	9	7	58		TREGNAGO	45.567	11.167	4.99	906
1209	1894	2	9	12	48	5	TREGNAGO	45.567	11.15	4.99	906
1217	1894	11	27				FRANCIACORTA	45.568	10.192	4.69	907
1241	1895	10	12	1	45		M. ALTISSIMO NAGO	45.767	10.833	4.53	906
1262	1897	1	27	1	35		RECOARO	45.748	11.202	4.25	906
1305	1898	11	16				SALO'	45.636	10.458	4.25	906
1337	1901	1	20	6	30		POGGIO RUSCO	45	11.1	4.53	

N	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Lat	Lon	Msp	ZS9
1353	1901	10	30	14	49	58	SALO'	45.58	10.5	5.55	906
1455	1907	4	25	4	52		BOVOLONE	45.318	11.073	4.67	906
1474	1908	3	15	7	50		CRESPADORO	45.623	11.207	4.77	906
1482	1908	6	28	3	19	58	FINALE EMILIA SUD	44.8	11.3	4.53	912
1523	1910	1	23	1	50		PONTE DELL'OLIO	44.9	9.633	4.25	911
1590	1913	11	25	20	55		VAL DI TARO	44.597	10.279	4.55	913
1622	1915	10	10	23	10		REGGIO EMILIA	44.732	10.469	4.78	913
1664	1918	1	13	12			LODI	45.333	9.5	4.56	911
1672	1918	4	24	14	21		LECCESE	45.778	9.631	4.86	907
1674	1918	7	19	19	3		SALO'	45.326	10.438	4.17	906
1696	1919	11	23	1	50		BRESCIANO	45.656	10.245	4.46	907
1739	1923	6	28	15	12		FORMIGINE	44.595	10.799	5.05	913
1808	1928	6	13	8			CARPI	44.797	10.872	4.54	912
1843	1930	9	24	19	10	55	SCANDIANO	44.6	10.6	4.53	913
1854	1931	4	14	22	13		GIUDICARIE	45.973	10.665	4.6	
1872	1932	2	19	12	57	11	MONTE BALDO	45.63	10.73	4.77	906
1889	1934	3	23	1	46	50	PISOGNE	45.8	10.1	4.25	907
1916	1936	6	22	3	44	55	CASTELNUOVO	45.5	10.767	4.53	906
1928	1937	6	7	22	2		PEJO	46.343	10.551	4.36	
1931	1937	9	17	12	19	5	PARMA OVEST	44.8	10.3	4.15	913
1960	1940	5	1	9	36	5	NOCETO	44.8	10.183	4.61	913
1981	1942	6	20	14	42		ARCO	45.916	10.882	4.09	906
2013	1947	12	25	20	42	34	GARDONE TROMPIA	45.7	10.2	4.46	907
2017	1948	7	17	19	34	3	BAZENA	45.9	10.4	4.69	907
2047	1950	5	6	3	43		REGGIANO	44.731	10.67	4.01	912
2054	1951	5	15	22	54		LODIGIANO	45.254	9.55	5.09	911
2144	1960	2	19	2	30		GIUDICARIE	45.806	10.625	4.53	906
2169	1961	11	23	1	12	5	CAPRINO BERGAMASCO	45.717	9.567	4.53	907
2230	1967	4	3	16	36	18	CORREGGIO	44.8	10.75	4.36	912
2231	1967	5	15	10	3	34	S. POLO	44.6	10.4	4.53	913
2255	1968	6	22	12	21	37	POSINA	45.8	11.3	4.53	906
2277	1970	4	19	18	16	32	GAVARDO	45.65	10.45	4.16	906
2278	1970	5	3	4	17	41	S. POLO	44.633	10.383	4.49	913
2303	1971	7	15	1	33	23	PARMENSE	44.82	10.35	5.59	913
2313	1972	6	25	17	10	49	CALESTANO	44.6	10.2	4.29	913
2351	1975	1	11	15	54		GARDA OR.	45.621	10.733	4.18	906
2357	1975	6	1	13	25	56	CIMA BRENTA	46.2	10.9	4.25	
2372	1976	12	13	5	24		RIVA DEL GARDA	45.894	10.799	4.6	906
2437	1983	11	9	16	29	52	PARMENSE	44.765	10.27	5.16	913
2455	1986	12	6	17	7	19	BONDENO	44.879	11.334	4.53	912

N	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Lat	Lon	Msp	ZS9
2456	1987	5	2	20	43	53	REGGIANO	44.797	10.697	4.98	912
2458	1987	5	24	10	23	25	GARDA	45.722	10.661	4.47	906
2470	1989	9	13	21	53	60	PASUBIO	45.87	11.172	4.88	906
2503	1995	10	29	13		28	BRESCIA-BERGAMO	45.709	9.927	4.39	907
2509	1996	10	15	9	55	60	CORREGGIO	44.782	10.683	5.26	912

Per quanto concerne le denominazioni delle zone sorgente si fa riferimento a “Zonazione sismogenetica ZS9 – App. 2 al Rapporto Conclusivo – Marzo 2004” a cura di C. Meletti e G. Valensise (Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (OPCM 3274/2003 - INGV).

Per la zona sismogenetica di riferimento (ZS9 906) i terremoti di magnitudo più elevata ($M > 5$), avvenuti in epoca antica, sono segnalati nel 1117 ($M=6.49$) con epicentro nel veronese, nel 1222 ($M=6.05$) con epicentro nel Basso Bresciano, nel 1491 ($M=5.27$) con epicentro a Verona, nel 1693 ($M=5.13$) con epicentro a Goito e nel 1891 ($M=5.61$) con epicentro in Valle d’Illasi.

Nel secolo scorso per l’area gardesana sono i terremoti con epicentro a Salò e Monte Baldo che hanno fatto segnare i valori di magnitudo più elevati (1901 $M=5.55$ e 1932 $M=4.77$) e più recentemente si segnalano i sismi del 1976 ($M=4.60$) e del 1987 ($M=4.47$) rispettivamente con epicentro a Riva del Garda e nell’area del Garda. Nel veronese si segnalano nel 1907 e nel 1908 i sismi di Bovolone e Crespadoro ($M=4.67$ e $M=4.77$) e nel 1989 di Pasubio ($M=4.88$).

Anche l’evento sismico localizzato in Friuli ($M=5.8$ e 6.6 del 1976) ed i sismi di magnitudo maggiore avvenuti nel recente passato nella Regione Dinarica hanno prodotto un certo risentimento nell’area bresciana e bergamasca.

Successivamente al 2002 (anno di riferimento della tabella in allegato) si sono verificati altri eventi, seppure di magnitudo non elevata, con epicentro nel Bresciano (area sebina e area gardesana meridionale). Si segnala invece per intensità l’evento sismico verificatosi il 24/11/04, con magnitudo 5.2 e con epicentro nell’immediato entroterra di Salò (Figura 7).



Figura 7: Area epicentrale del sisma del 24/11/2004

L'epicentro del sisma si colloca in corrispondenza dei *thrust* del Sistema delle Giudicarie (Figura 8), affioranti nel settore montano prealpino (dove generano i sismi gardesani) e sepolti in corrispondenza della Pianura Padana (dove generano i sismi di Brescia, nel 1222, e della Valle dell'Oglio, nel 1802). Si noti il generale accordo tra la localizzazione degli eventi sismici e l'andamento delle strutture tettoniche.

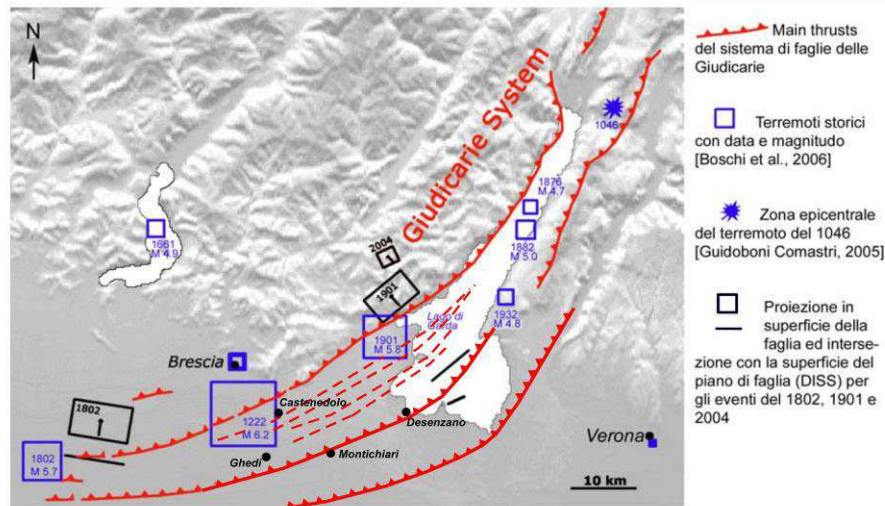


Figura 8: Schema sismotettonico dell'area Gardesana con proiezione dei principali sismi storici dell'area (modificato da "Progetto S3 - Scenari di scuotimento in aree di interesse prioritario e/o strategico - F. Pacor e M. Mucciarelli - Luglio 2007)

Si segnala un **recente terremoto di Magnitudo 4.0** avvenuto il giorno **28 Agosto 2014** e localizzato nel distretto sismico **Zona Lago di Garda**, a circa 2,6 km di profondità e pochi chilometri di distanza dalle coste di **Gargnano** (Figura 9); è seguita nella stessa area e nella medesima giornata (h. 19.52) un ulteriore evento sismico di magnitudo 2.6 registrato a circa 9,2 km di profondità.

Un terremoto di **magnitudo 2.7** è stato rilevato nei giorni seguenti nel distretto sismico *Prealpi Lombarde* e più precisamente in *Val Sabbia* il **giorno 4 Settembre 2014** alle ore 4.56 (Figura 10).



Figura 9: Area epicentrale del sisma del 28/08/2014 ore 19:49 (M= 4.0)



Figura 10: Area epicentrale del sisma del 04/09/2014 ore 4:56 (M= 2.7)

Anche in questo caso l'epicentro dei sismi si colloca in corrispondenza dei *thrust* del Sistema delle Giudicarie (Figura 8) confermando l'accordo tra la localizzazione degli eventi sismici gardesani

e prealpini e l'andamento delle medesime strutture tettoniche.

Si segnalano infine nel 2011 e nel 2012 due “crisi sismiche” che hanno interessato il nord Italia con terremoti che hanno quasi raggiunto o superato magnitudo 5.



Figura 11: Localizzazione del sisma principale dello sciame sismico dell'estate 2011 (stella rossa) e della serie di sismi verificatisi nell'inverno 2012 (stelle bianche)

Lo **sciame sismico dell'estate 2011** ha avuto come scossa più significativa il terremoto del 17 Luglio 2011 di magnitudo 4.7, con area epicentrale a ridosso dei confini provinciali di Mantova e Rovigo (come si evince dalla Figura 11), nel distretto sismico denominato *Pianura Padana Lombarda* dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.).

Tali sismi così come quelli con le massime intensità storiche riscontrate nei comuni del sud-ovest della Provincia di Mantova, sono da collegarsi con la vicinanza all'area sismogenetica del Reggiano-Ferrarese - Parmense (zone sismogenetiche ZS9 → 912-913, Figura 4) e con la presenza dell'edificio appenninico (*thrust* nord-vergenti) sepolto al di sotto delle coltri quaternarie dei depositi di pianura.

Lo **sciame sismico dell'inverno-primavera 2012** è stato caratterizzato da una serie di sismi (Figura 11) le cui scosse più intense sono avvenute con il terremoto del 25 Gennaio 2012 di magnitudo 4.2 (area epicentrale posta a circa 10 km dalla città di Verona nel distretto sismico *Prealpi Venete*) e con i terremoti del 25 e 27 Gennaio 2012 rispettivamente di magnitudo 4.9 e 5.0 (area epicentrale tra Parma e Reggio Emilia nel distretto sismico denominato *Pianura Padana Emiliana* il primo e nel distretto sismico denominato *Frignano* il secondo). Il 18 Marzo è stato registrato il sisma di magnitudo inferiore (M=3.1), che ha avuto luogo con area epicentrale nei pressi di Ala (TN), nel distretto sismico denominato *Lago di Garda*.

In primavera si è attivata la **sequenza sismica di Modena-Ferrara del Maggio 2012** che ha compreso il terremoto del 20 Maggio 2012 di magnitudo 5.9, avvenuto alle ore 04:03:52 italiane, con area epicentrale posta presso Finale Emilia-Mirandola (MO) (Figura 12), nel distretto sismico *Pianura Padana Emiliana*. Seguono nella stessa area, nelle giornate del 20-21 Maggio, oltre 190 repliche tra cui un sisma di magnitudo 5.1 (Figura 13) e ben dieci sismi con magnitudo compresa tra 4 e 5 (Figura 14).

Figura 12: Area epicentrale del sisma del
20/05/2012 ore 4:03 (M= 5.9)

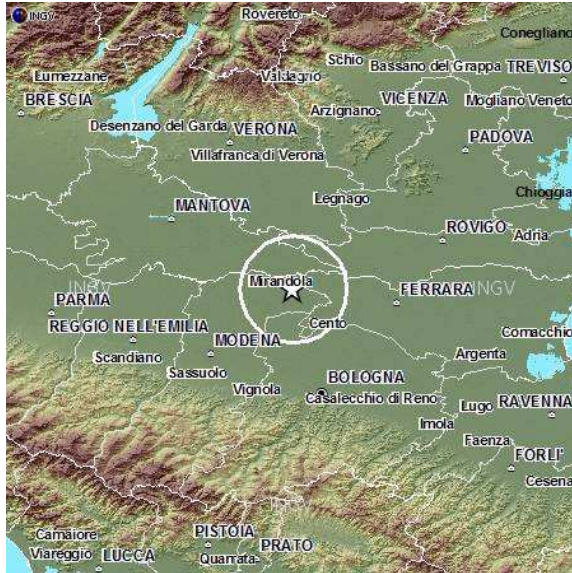


Figura 13: Area epicentrale del sisma del
20/05/2012 ore 15:18 (M= 5.1)

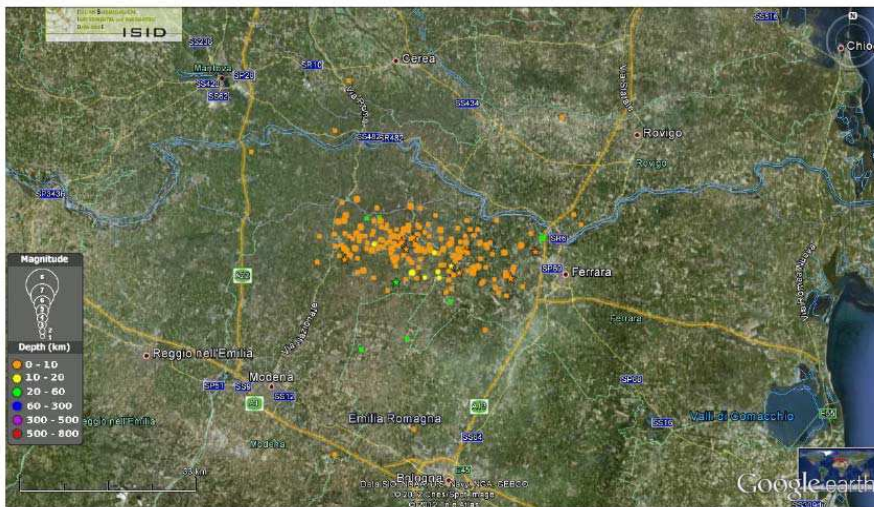


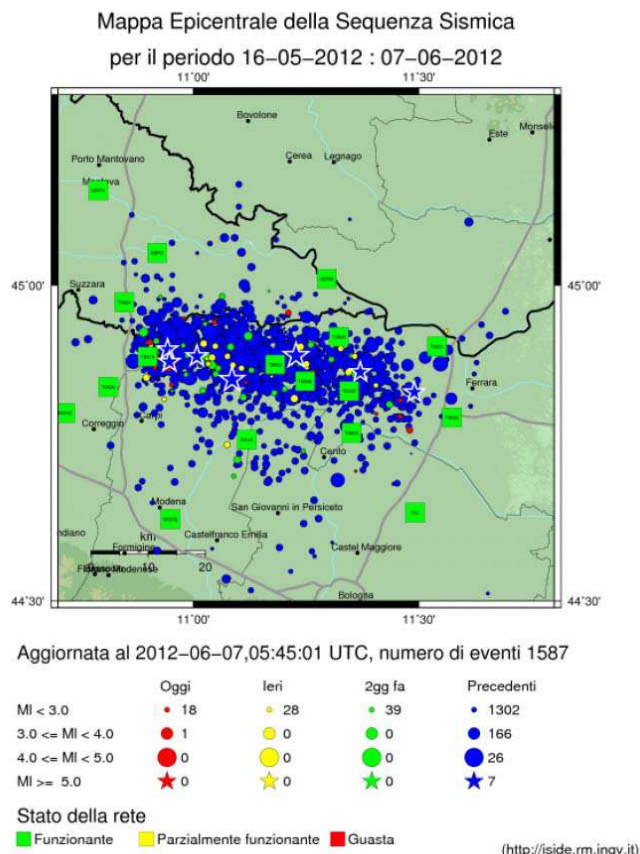
Figura 14: Mappa epicentrale
aggiornata alle 19 del 21 Maggio
2012. Le stelle indicano i terremoti
di magnitudo maggiore di 4.
L'intera struttura delineata dalle
repliche si estende per quasi 40 km
in senso Est-Ovest tra la bassa
modenese e la periferia Ovest di
Ferrara (fonte: *Istituto Nazionale di
Geofisica e Vulcanologia –
Comunicato del 21/05/2012*).

La distribuzione degli epicentri mostra chiaramente che tutte le scosse siano riferibili ad un'articolata e complessa struttura tettonica compressiva a direzione circa E-W appartenente alla porzione frontale, sepolta, dell'Appennino settentrionale (arco sepolto ferrarese).

La serie sismica è proseguita intensamente fino alla data del 07 Giugno 2012 con un numero complessivo di 1587 eventi.

Nella mappa epicentrale della sequenza sismica elaborata da INGV (Figura 15) si evidenzia la progressiva attivazione di un'area sempre più ampia della struttura tettonica con spostamento dell'attività verso Ovest; la sequenza ha compreso un ulteriore terremoto di magnitudo molto elevata ($M=5.8$) avvenuto alle ore 9 del giorno 29 Maggio e, in totale, ben 7 scosse sismiche con magnitudo $M > 5$.

Figura 15 – (fonte: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – Comunicato del 07/06/2012).



Durante la stagione estiva ed autunnale 2012 l'attività sismica in queste aree ha proseguito seppure con sismi di intensità minore, con un numero complessivo di eventi registrati alla data del 1 Ottobre pari a 2466 sismi (di cui 2241 con $M < 3$, 189 con $3 < M < 4$; 27 con $4 < M < 5$, e 7 con $M > 5$); si segnala un terremoto avvenuto il giorno 3 Ottobre c.a. di Magnitudo pari a 4.5, avvenuto alle ore 16:41 italiane, con area epicentrale posta in prossimità dei Comuni Bettola-Farini-Morfasso (PC), nel distretto sismico denominato *Valle del Trebbia*, alle medesime latitudini dei terremoti parmensi-ferraresi ma verso quadranti più occidentali; le strutture tettoniche attivate mostrano meccanismi di attivazione trascorrenti.

Nel comunicato di aggiornamento *Terremoti in Pianura Padana* redatto il 5 Novembre 2012 dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e consultabile sul sito internet <http://terremoti.ingv.it/it/ultimi-eventi/842-terremoti-in-pianura-padana-emiliana.html> si evidenzia come non vi sia stato negli ultimi mesi dell'anno 2012 un incremento significativo sia per intensità che per numero degli eventi sismici (il numero di eventi registrati tra 1 Ottobre 2012 e 5 Novembre 2012 è pari a 28 sismi con $M < 3$ – Figura 16). Potrebbe pertanto essere in fase di esaurimento la "crisi sismica" iniziata nel Gennaio 2012; si rileva altresì che contestualmente alla diminuzione di questa attività si siano attivati altri distretti sismici italiani seppure con magnitudo massime di minore entità.

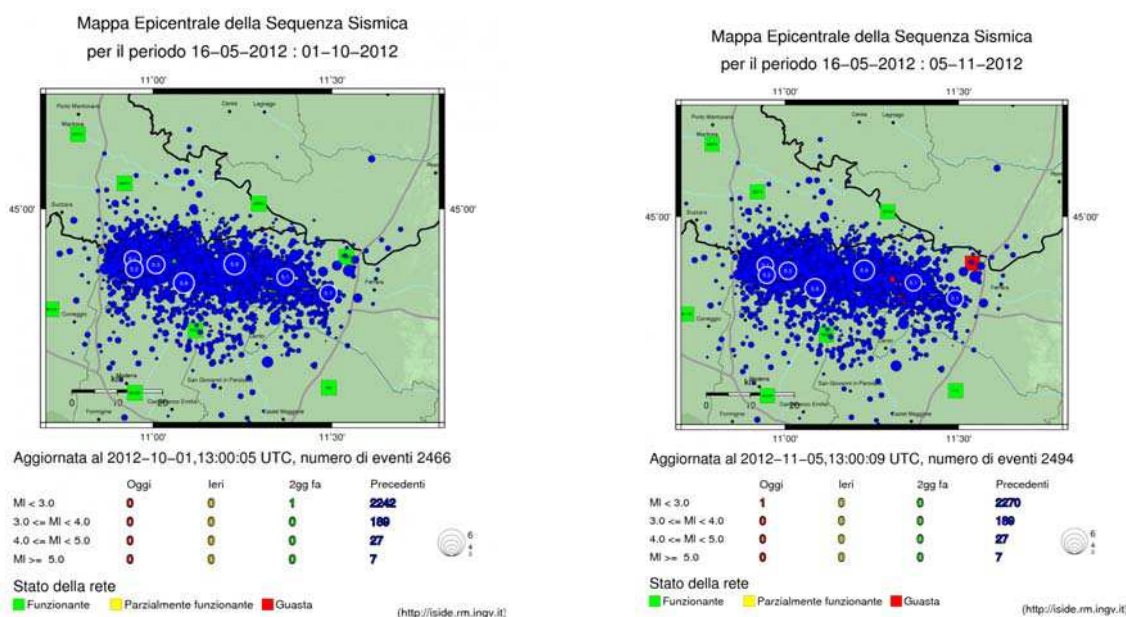


Figura 16 – (fonte: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – Comunicato del 01/10/2012 e Comunicato del 05/11/2012).

Appare in ogni caso plausibile che i recenti sismi italiani, seppure ubicati in zone sismogenetiche diverse e caratterizzati da profondità ipocentrali e meccanismi focali differenziati e peculiari di sistemi di faglie differenti, siano riferibili ad un unico scenario “geodinamico” a larga scala. Infatti l’intera regione mediterranea è stata interessata, nello stesso periodo, da una fase di marcata attività sismica lungo i margini delle placche tettoniche ed in particolare della microplacca adriatica, come esemplificato dalla mappa dei sismi di seguito riportata e relativa al giorno 1 Febbraio 2012 e 30 Maggio 2012 (Figura 17).

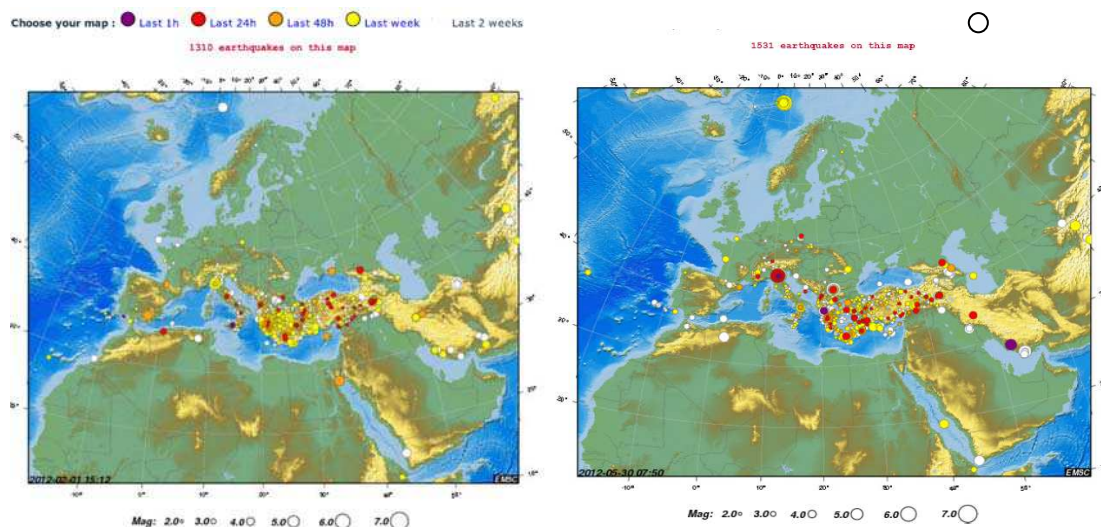


Figura 17 – Mappe dei sismi del 1 Febbraio e del 30 Maggio 2012 (European Mediterranean Seismological Centre).

Peraltro la mappa dei sismi del giorno 12/02/2013 (Figura 18) mostra una significativa e generalizzata diminuzione di attività tellurica nell’area mediterranea rispetto all’anno 2012.

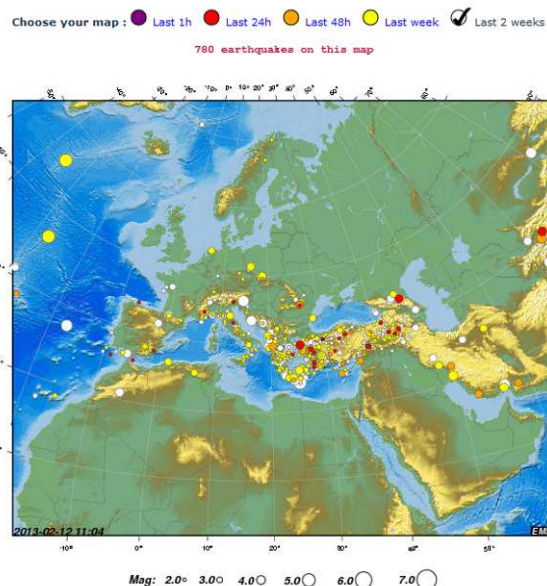


Figura 18 – Mappe dei sismi del 12 Febbraio 2013 (European Mediterranean Seismological Centre).

Una sostanziale conferma della ricostruzione sopraproposta dei recenti eventi sismici che hanno interessato l’area padana viene dalla lettura dello studio *The Seismotectonics of the Po Plain (Northern Italy): Tectonic Diversity in a Blind Faulting Domain* (Paola Vannoli, Pierfrancesco Burrato, Gianluca Valensise, Luglio 2014).

3.2 Sismicità recente

L'area bresciana/gardesana è stata interessata negli **ultimi anni** da numerosi eventi sismici di **Magnitudo $M > 2$** , con aree epicentrali tra le provincie di Brescia, Trento e Verona.

Una recente serie di sismi sono avvenuti tra i comuni di Tignale e Gargnano nella mattinata del 03 Settembre 2017, di Magnitudo compresa tra 2.2 e 3.4, nel medesimo distretto sismico della *Zona Lago di Garda*, e localizzati a circa 3-5 km di profondità (Fig. 19a-b).

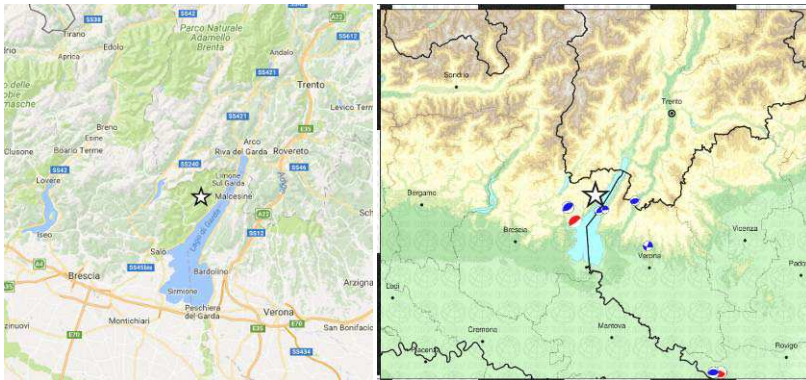


Figura 19a: Area epicentrale del sisma del 03/09/2017 ore 11:15 ($M=3.4$) e ore 11:18 ($M=2.3$) - Meccanismo Focale

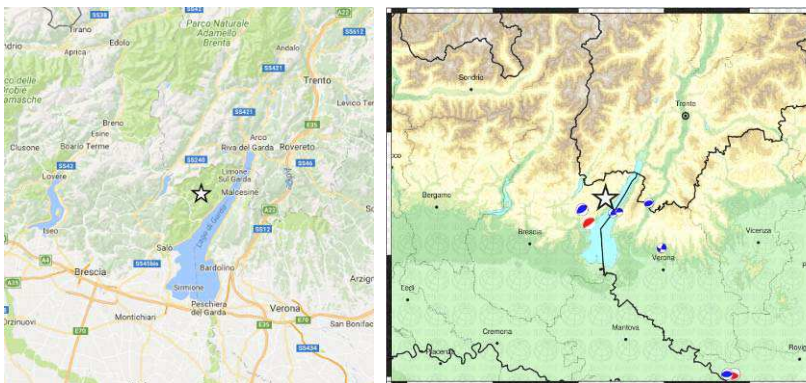


Figura 19b: Area epicentrale del sisma del 03/09/2017 ore 11:22 ($M=2.2$) - Meccanismo Focale

Un terremoto di Magnitudo 2.5 è avvenuto, nel medesimo distretto sismico della *Zona Lago di Garda* il giorno **23 Luglio 2017**, localizzato a circa 2 km SW di Vallio Terme (BS) a circa 4 km di profondità (Fig. 19c).

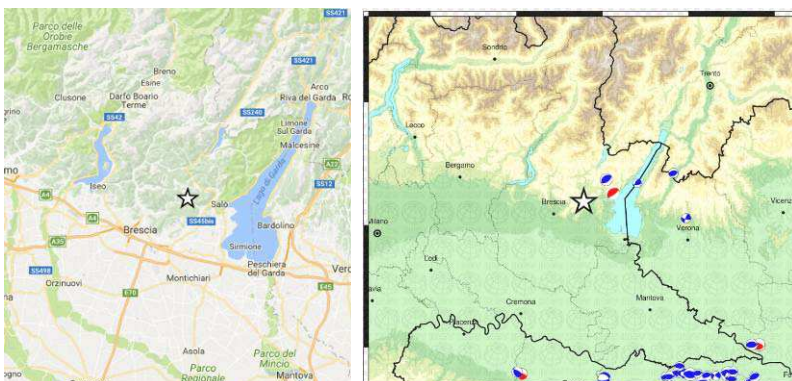


Figura 19c: Area epicentrale del sisma del 23/07/2017 ore 20:07 ($M=2.5$) - Meccanismo Focale

Si segnalano inoltre nel distretto sismico *Zona Lago di Garda* due **sismi entrambi di Magnitudo 3.6** avvenuti il giorno **21 Luglio 2017** e il giorno **04 Giugno 2017** e localizzati rispettivamente a circa 4 km e 10 km di profondità entro il bacino lacustre a circa 4-7 Km dai comuni di Gargnano (BS), San Zeno di Montagna (VR), Torri del Benaco (VR) e Toscolano-Maderno (BS).

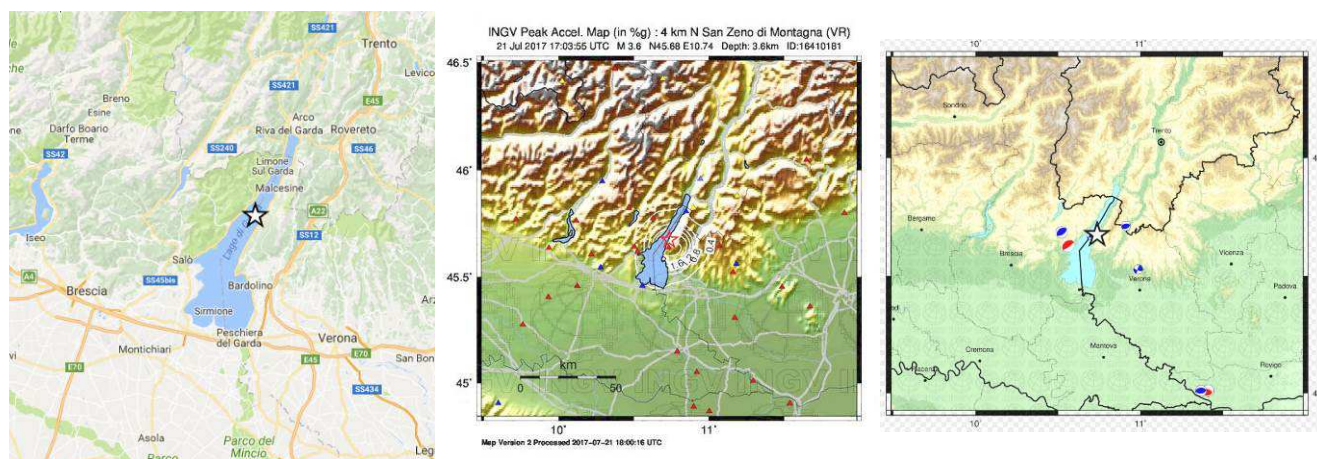


Figura 19d: Area epicentrale del sisma del 21/07/2017 ore 19:03 ($M= 3.6$) - Mappa di scuotimento – Meccanismo Focale

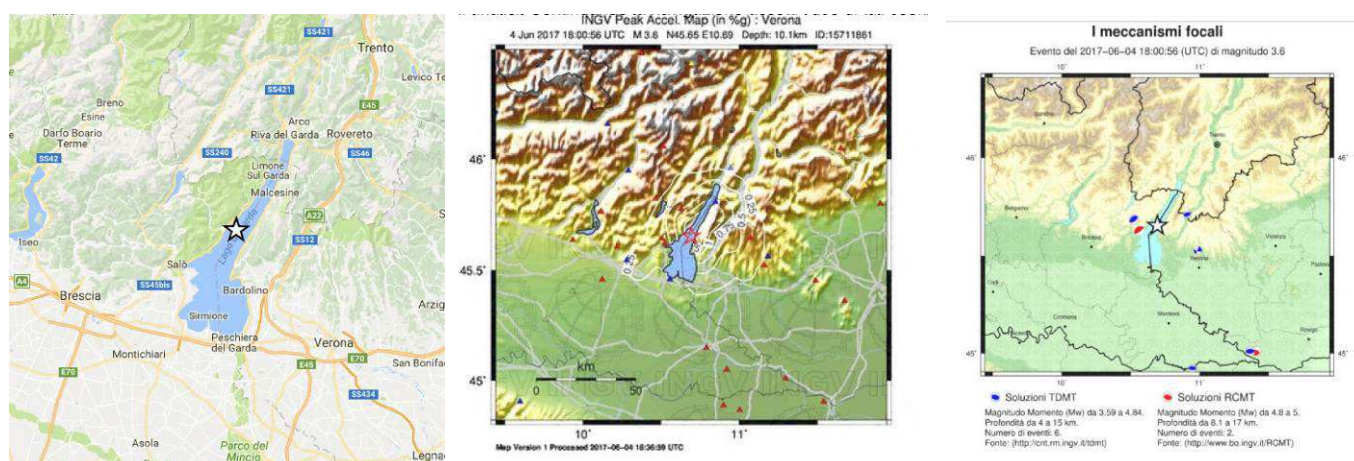


Figura 19e: Area epicentrale del sisma del 04/06/2017 ore 20:00 ($M= 3.6$) - Mappa di scuotimento – Meccanismo Focale

Sismi di Magnitudo 2.5 (Fig. 19f) e **3.00** (Fig. 19g) sono avvenuti, nel medesimo distretto sismico della *Zona Lago di Garda* il giorno **15 Aprile 2016**, localizzato in Rovereto/Brentonico (TN) a circa 4-6 km di profondità e pochi chilometri di distanza dalle coste di **Riva del Garda** (circa 15 km), ed il giorno **03 Febbraio 2016**, a circa 13 km di profondità e pochi chilometri di distanza dalle coste di **Tremosine/Limone** (Fig. 19g); è seguito nella stessa area e nella medesima giornata del 03 Febbraio 2016 (h. 23.59) un ulteriore evento sismico di magnitudo 2.0 registrato a circa 14 km di

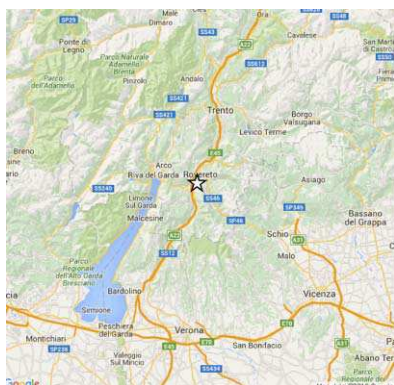


Figura 19f: Area epicentrale del sisma del 15/04/2016 ore 05:18 ($M=2.5$)

profondità.

In provincia di Brescia è stato registrato in Dicembre 2015 un sisma di **Magnitudo 2.9** con area epicentrale in **Sarezzo/Villa Carcina (Val Trompia)** ed a circa 3 km di profondità (Fig. 20).

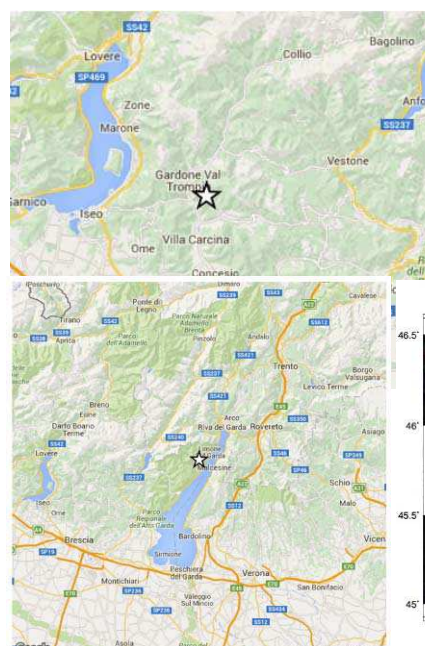


Figura 20: Area epicentrale del sisma del 15/12/2015 ore 01:15 ($M=2.9$) (fonte INGV)

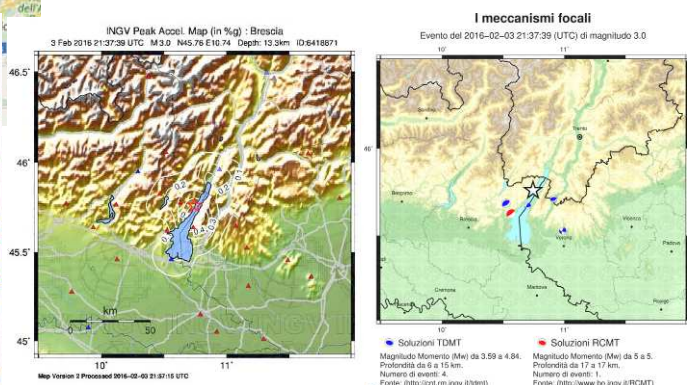


Figura 19g: Area epicentrale del sisma del 03/02/2016 ore 22:37 ($M=3.0$) - Mappa di scuotimento – Meccanismo Focale

Per l'interpretazione strutturale e sismotettonica dei sismi sopradescritti si rimanda al paragrafo precedente (§3.1) ed in particolare allo schema sismotettonico dell'area Gardesana e Bresciana (Fig. 8).

3.3 Normative Sismiche – Valori di a_g

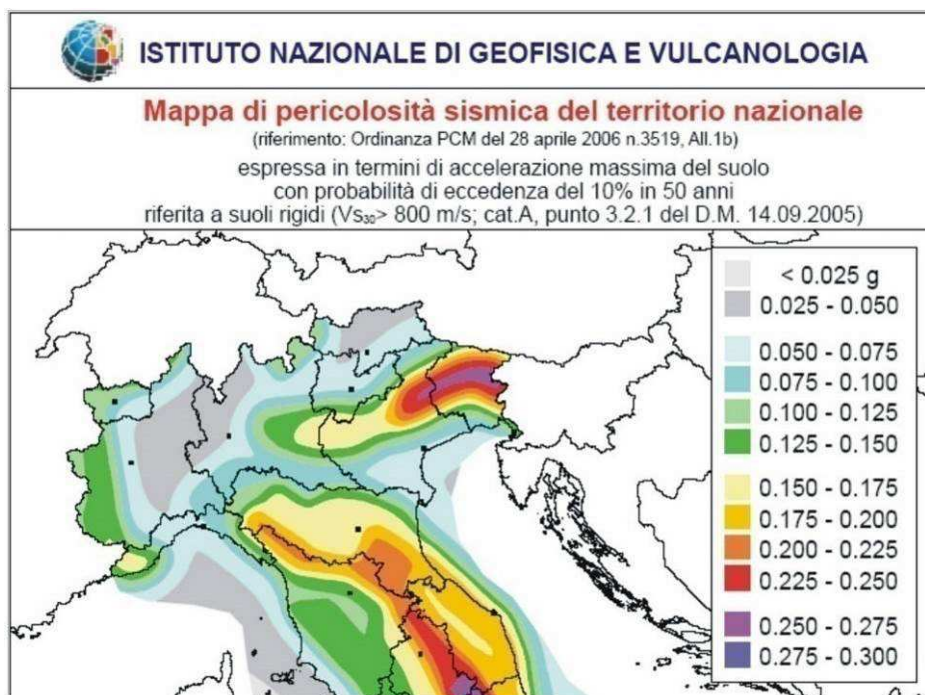
La normativa sismica (D.M. 16 Gennaio 1996) in Italia, anteriormente al Marzo 2003, suddivideva il territorio nazionale in tre categorie di pericolosità (elevata, media e bassa). Per ciascuna categoria sono assegnati un grado di sismicità (S) ed un coefficiente di intensità sismica ($C=(S-2)/100$). Lo spettro di progetto $S_a(T)$ si ottiene moltiplicando il coefficiente C (pari a 0.10g - 0.07g - 0.04g in ordine decrescente di pericolosità sismica) per una forma spettrale $R(T)$ indipendente dalle condizioni del sottosuolo. Queste normative sismiche non tengono conto del ruolo del terreno sulla modifica di forme ed ordinate spettrali, se non con la moltiplicazione dello spettro per il coefficiente di fondazione ε che di regola è unitario, salvo che per “terreni particolarmente compressibili” per i quali si consiglia di incrementare ε fino a 1.3.

L’Ordinanza PCM n° 3274 del 20/03/03 e Norme Tecniche allegate, che inserisce il territorio di **Manerba del Garda in zona sismica 3**, fa riferimento a metodologie più recenti in cui il moto sismico è caratterizzato anche in relazione alle condizioni locali. In tale direzione si è già mosso l’Eurocodice 8 (EC8) che stabilisce le regole per il progetto e la costruzione di strutture in zona sismica per i paesi membri della Comunità Europea. Secondo l’EC8, come anche secondo l’OPCM 3274/03, i territori nazionali vengono suddivisi in zone sismiche in funzione della pericolosità locale, descritta in termini di accelerazione orizzontale massima attesa alla superficie di un sito rigido di riferimento (a_g). I valori di accelerazione massima fissati nella nuova ordinanza per le zone 1, 2, 3 e 4 (rispettivamente 0.35g - 0.25g - 0.15g – 0.05g) recepiscono la proposta del G.N.D.T. (1985) e risultano maggiori di quelli della precedente normativa. La normativa allegata all’OPCM 3274/03 richiede alle Regioni di eseguire la valutazione di a_g sul proprio territorio e quindi di assegnarli ad una delle zone della nuova classificazione.

La Regione Lombardia con D.G.R. 7/14964 del 7/11/03 ha fornito alcune disposizioni preliminari per l’attuazione dell’OPCM 3274/03, confermando la classificazione dei territori comunali lombardi riportata nell’Ordinanza e l’adeguamento alle norme tecniche allegate.

In ogni caso la normativa sismica ed i parametri relativi a ciascun territorio risultano in veloce e continua revisione, soprattutto nell’ambito della convenzione tra INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) e DPC (Dipartimento Protezione Civile) che prevede l’assistenza per il completamento e la gestione della “mappa di pericolosità sismica” prevista dall’OPCM 3274.

Già l'**Ordinanza P.C.M. 3519 del 28/04/06** fornisce una revisione dei valori di a_g sul territorio nazionale ed inserisce il territorio di **Manerba del Garda in zona sismica 2**, ed in particolare nella sottozona caratterizzata da valori di a_g compresi tra 0.150 e 0.175 (accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni)



Nell'ambito della revisione 2008 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008) sono state adottate le stime di pericolosità sismica del progetto S1, concludendo il percorso iniziato nel 2003. Tali stime superano il concetto di classificazione a scala comunale e sulla base di 4 zone sismiche. Tuttavia le 4 zone sismiche mantengono una funzione prevalentemente amministrativa.

La Regione Lombardia ha stabilito nella D.G.R. n° 9/2616 del 30/11/2011 (punto 1.4.3) che ***“la suddivisione del territorio in zone sismiche (ai sensi dell’OPCM 3274/03) individua unicamente l’ambito di applicazione dei vari livelli di approfondimento in fase pianificatoria”*** e specifica altresì che ***“ai sensi del D.M. 14/01/2008, la determinazione delle azioni sismiche in fase di progettazione non è più valutata riferendosi ad una zona sismica territorialmente definita, bensì sito per sito, secondo i valori riportati nell’All. B al citato D.M.”***.

I dati riportati nell’All. B del D.M. 14/01/2008, la cui applicazione è confermata al §3.2 delle NTC 2018, coincidono con quelli riportati nell’Ord. 3519/2006, e sono in ogni caso determinabili mediante le coordinate geografiche e l’utilizzo di programmi applicativi, quali “Spettri-NTC ver.1.0.3” (vedi paragrafi successivi).

Di recente la Regione Lombardia con D.G.R. n. X/2129 del 11/07/14 ha approvato un ***“Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)”***, che recepisce definitivamente la classificazione dell’OPCM 3519/2006 e che, sulla base della successiva D.G.R. 10 ottobre 2014 - n. X/2489, è entrato in vigore il 10 Aprile 2016.

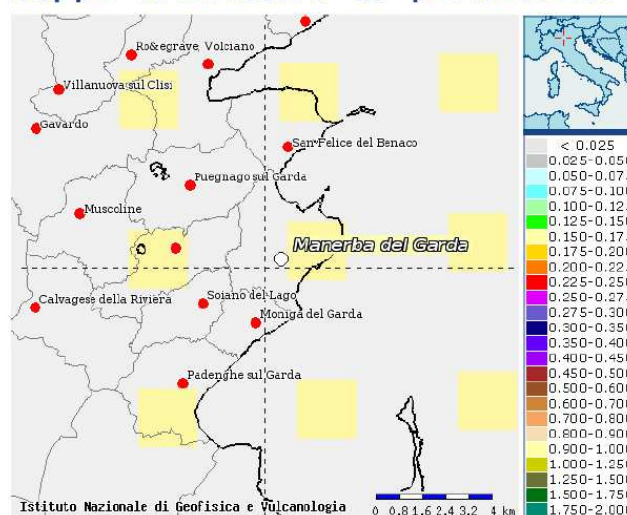
La nuova D.G.R. ha pertanto confermato per il **Comune di Manerba d/G (BS)** la **zona sismica 2** con valore di a_{gmax} **0,163042** anche a livello regionale e pertanto ai fini amministrativi pianificatori. Ciò ha di fatto sanato una difformità di classificazione nazionale/regionale che creava non pochi problemi tecnico-progettuali.

Si forniscono in proposito i dati di pericolosità sismica riportati sul link <http://zonesismiche.mi.ingv.it> relative al sito d'interesse:

Già con l'entrata in vigore del Testo Unico 2008, che definisce con D.M. 14/01/08 le “*Norme Tecniche per le Costruzioni*”, è divenuto vigente l'obbligo di eseguire la progettazione in prospettiva sismica in tutte le aree classificate in zona sismica; tale obbligo risulta reiterato dal nuovo Testo Unico 2018 (D.M. 17/01/2018).

Le NTC 2018 non ammettono in nessun caso metodi di calcolo previsti dalle normative precedenti

Mappe interattive di pericolosità



alle NTC 2008 (Verifiche alle Tensioni Ammissibili secondo il D.M. 14/02/92, il D.M. 20/11/87 ed il D.M. 11/03/88).

La recente L.R. 33 del 12/10/2015 definisce le “*Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche*” e di fatto trasferisce ai comuni, singoli o associati, numerose funzioni prima assegnate alla Regione (di cui agli art. 61, 90 comma 2, 93 comma 1, 94 comma 1, 96, 97, 99, 100 e 104 del D.P.R. 380/2001) ed in particolare inerenti “*Norme per le costruzioni in zone sismiche*” e “*Vigilanza sulle costruzioni in zone sismiche*”; essa è definitivamente entrata in vigore con la pubblicazione della D.G.R. 10/5001 del 30/03/2016 “*Approvazione delle Linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai Comuni in materia sismica (artt.3, comma 1 e 13, comma 1, della L.R. 33/2015)*”, sul B.U. di Regione Lombardia del 07 Aprile 2016.

Ciò comporta, tra l'altro, specifiche prescrizioni nella redazione degli elaborati tecnici a corredo dei progetti e, in zona sismica 2, l'obbligo di acquisire l'Autorizzazione Sismica di cui all'Art.8 comma 1 della L.R. 33/2015, da rilasciare a carico dei Comuni entro 60 gg dalla data di protocollo (fatto salvo il ricorso da parte del Comune al parere regionale).

Spetta in ogni caso al Progettista la definizione delle normativa cui risulta assoggettato l'intervento di progetto.

4 CAMPAGNA DI INDAGINE GEOGNOSTICA E RACCOLTA DATI– Approfondimento sulle caratteristiche Geotecniche-Geofisiche e Idrogeologiche dei Terreni

Vengono di seguito esposti i risultati delle indagini geognostiche e geofisiche reperite nei pressi dell'area in esame e/o ubicati in contesti omologhi, finalizzate alla definizione dei seguenti punti:

- ricostruzione stratigrafica e sismostratigrafica dei terreni presenti;
- caratterizzazione geotecnica e geofisica dei terreni di fondazione;
- verifica della presenza di eventuali falde acquifere superficiali ed eventuale misura della soggiacenza.

Tutte le indagini raccolte sono state eseguite secondo le *Prescrizioni e gli oneri contenuti nelle Raccomandazioni A.G.I. (1977)* ed alla presenza costante del geologo. Per la correlabilità di queste indagini si veda §4.4).

I risultati delle indagini reperite possono essere considerati idonei ad ottemperare a quanto richiesto dal contesto geologico come descritto nei precedenti capitoli di inquadramento (Cap. 2), con riferimento alla caratterizzazione geotecnica-geofisica-idrogeologica del sito di progetto, ed in ogni caso in relazione a quanto richiesto dalle norme di invarianza idraulica e dalle norme di Classe di Fattibilità 2b, cui si correlano consistenti limitazioni d'uso ascrivibili a possibile presenza di materiali di riporto.

E' stato inoltre previsto l'utilizzo di dati geofisici acquisiti in contesto omologo e prossimo all'area di progetto nel 2015 e 2017 (per correlabilità vedi §4.4) in funzione degli scenari *PSL Z4c* e dell'applicazione delle normative vigenti (D.M. 17/01/2018) seppure in assenza di obbligo di approfondimento sismico (Fa di sito < Fa di soglia comunale).

4.1 Campagna di indagine in Via Campagnola (Dicembre 2018) - Ciclopedonale

4.1.1 Scavi – Prove di permeabilità

In data 10/12/18 sono stati eseguiti **n. 3 scavi esplorativi** spinti fino ad una profondità di **-1,10/-1,40 m da p.c.** mediante escavatore cingolato permettendo il riconoscimento della litologia dei depositi superficiali e l'esecuzione di prove di permeabilità.

Gli scavi sono stati realizzati in adiacenza o entro la sede della nuova ciclopedonale e distribuiti omogeneamente al fine di caratterizzarne tutti i tratti: gli scavi SC3 ed SC2 nel tratti terminali Sud e Nord e lo scavo SC1 nel tratto mediano.

4.1.1.1 Stratigrafia dei terreni

La stratigrafia riscontrata presso gli scavi risulta correlabile con i risultati delle altre indagini eseguite in corrispondenza del sito in oggetto e di aree limitrofe e pertanto con il quadro geologico ricostruito per l'ambito di riferimento.

In tutti gli scavi si evidenzia la presenza dapprima di una coltre vegetale di spessore limitato (circa 0,20/0,40 m) costituita da limo-sabbioso-ghiaioso con ciottoli e localmente con frammenti di calcestruzzo (*"fondazioni"* di dismessa cartellonistica stradale), asciutto e di colore marrone; a seguire sono presenti terreni naturali e/o rimaneggiati da operazioni di scavo relative alla posa di sottoservizi (acquedotto, gas, elettricità), costituiti da ghiaia medio-grossolana e sabbia da limosa a debolmente limosa e con ciottoli, asciutta, di colore grigio-beige.

In corrispondenza dello scavo SC3, a profondità compresa tra -0,20 m e -1,20 m dal p.c. è stato rinvenuto del materiale di riporto sabbioso limoso con ghiaia e con rari frammenti plastici e metallici, asciutto, di colore grigio-beige e correlabile alla presenza della tubazione acquedottistica a servizio delle attività commerciali presenti immediatamente a Est del percorso ciclopedonale.

Si rimanda alla stratigrafia in allegato per ogni maggiore dettaglio.

4.1.1.2 Prove di permeabilità in situ – Metodologia e risultati

La permeabilità di un terreno è essenzialmente funzione della porosità efficace e viene espressa dal coefficiente di permeabilità (k) che ha la dimensione di una velocità. Di conseguenza la permeabilità dipende dalla granulometria dei terreni risultando maggiore per i terreni grossolani rispetto a quelli con caratteristiche granulometriche fini.

L'eterogeneità granulometrica di un terreno riduce sensibilmente il valore della permeabilità poiché la presenza di matrice fine (limo e argilla), anche se subordinata in percentuale allo scheletro granulare, ostacola la filtrazione.

Le prove di permeabilità sono state ubicate in corrispondenza dei tratti di progetto della ciclopedonale che potranno essere interessati dalla realizzazione di sistemi di dispersione nel sottosuolo.

I terreni presenti possono essere riferiti a depositi fluvioglaciali con frazione medio-grossolana significativa e possibile locale rimaneggiamento antropico.

La permeabilità dei terreni è stata stimata mediante **prove di permeabilità a carico variabile** eseguite all'interno degli scavi SC2 e SC3 ed a **carico costante entro lo scavo SC1**, con sezione circa 0,70 m x 0,70 m. Le prove sono state realizzate al fondo scavo di ciascun pozzetto.

Nella prova a carico variabile il terreno del pozzetto (di dimensioni note) è stato portato a saturazione fino ad ottenere un battente d'acqua di **0,28 m (SC2) e 0,17 (SC3)** (vd. tabulati in allegato), e provvedendo quindi a misurare la velocità di abbassamento del livello dell'acqua in funzione del tempo.

La stima del coefficiente di permeabilità (k) viene ricavata utilizzando le seguenti formule:

Prova a Carico variabile in pozzetto a base quadrata

$$k \text{ (m s}^{-1}\text{)} = \frac{\Delta h}{\Delta t} \frac{1 + (2 h_m/b)}{(27 h_m/b) + 3}$$

in cui :

b = lato della base del pozzo a forma quadrata equivalente

Δt = intervallo di tempo

Δh = variazione del livello dell'acqua nell'intervallo di tempo t

h_m = altezza media dell'acqua nel pozzetto

Prova a Carico costante in pozzetto a base quadrata

$$k \text{ (m s}^{-1}\text{)} = \frac{q}{b^2 (27 h/b + 3)}$$

in cui :

q = portata assorbita a livello costante

h = altezza dell'acqua nel pozzetto ($H > d/4$)

b = lato della base del pozzo a forma quadrata equivalente

Il valore del coefficiente di permeabilità (k) attribuibile ai terreni presenti nel sito d'interesse è di seguito riportato:

Denominazione Prova di Permeabilità (profondità in m dal p.c.)	Scavo	Natura litologica	Permeabilità (m/s)
SC1-P (-1,40)	SC1	<u>Depositi fluvioglaciali presumibilmente rimaneggiati</u> Ghiaia medio-grossolana e sabbia debolmente limosa e con ciottoli.	$k = 3,31 \times 10^{-4}$
SC2-P (-1,10)	SC2	<u>Depositi fluvioglaciali presumibilmente rimaneggiati</u> Ghiaia medio-grossolana sabbioso limosa con ciottoli.	$k = 7,20 \times 10^{-5}$
SC3-P (-1,40)	SC3	<u>Depositi fluvioglaciali presumibilmente rimaneggiati</u> Ghiaia e sabbia medio-grossolana da debolmente limosa a limosa e rari ciottoli.	$k = 1,71 \times 10^{-4}$

I depositi fluvioglaciali talora rimaneggiati in superficie, presenti nell'area d'interesse, possiedono, in relazione all'abbondante frazione ghiaioso-sabbiosa, un **grado di permeabilità complessivamente medio ed un buon drenaggio**.

4.1.2 Prove penetrometriche dinamiche standard (SCPT)

Entro l'area di intervento del progetto sono state eseguite **n. 2 prove penetrometriche dinamiche standard**, mediante penetrometro DPHS "Pagani" TG 63/200, con avanzamento delle aste ogni 30 cm.

La prova penetrometrica dinamica, DPSH-SCPT, è una prova puntuale che consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno una punta conica metallica posta all'estremità di un'asta di acciaio prolungabile ad una batteria di aste di diametro di 36 mm le quali possono scorrere all'interno ed alternativamente ad un rivestimento esterno, anch'esso di acciaio, avente un diametro di 48 mm. L'energia di infissione è fornita da un maglio del peso di 73,0 kg che cade da un'altezza costante di 75,0 cm, per mezzo di un dispositivo di sganciamento automatico compiendo per ogni battuta un lavoro specifico pari a 234 kJ/mq. Nel corso della prova si rileva il numero di colpi necessari per la penetrazione di 30 cm della punta ed alternativamente del rivestimento. La diffusione di questo tipo di prova e la sua standardizzazione consentono di ottenere una soddisfacente caratterizzazione dei terreni indagati ed un'interpretazione dei fondamentali parametri geotecnici, attraverso l'utilizzo delle

principali correlazioni presenti in bibliografia (vedi Cap. 5)

Dal valore di N_{SCPT} (numero di colpi per 30 cm di infissione delle aste) può essere ricavato il corrispondente valore di $N_{S.P.T.}$ mediante la relazione:

$$N_{DPSH} = 0.6 N_{S.P.T.}$$

L'andamento delle prove è riferito al p.c. attuale ed è riassunto nei diagrammi e nelle tabelle allegati; esse sono state spinte fino alla profondità di -1,50 m (P1 bis)/-3,60 m (P2) rispetto al p.c..

4.1.3 Interpretazione dati

L'interpretazione dei dati ha previsto l'osservazione diretta dei terreni indagati oltreché le risultanze di prove indirette, quali le prove penetrometriche, e pertanto ha permesso di definire in maniera puntuale la stratigrafia e la litologica dei terreni stessi.

Il grado di affidabilità dei dati è pertanto ritenuto compatibile con la dettagliata conoscenza dei luoghi della scrivente (vedi *Corografia con ubicazione di precedenti indagini* in allegato), l'assetto geologico dell'area e con la tipologia ed entità delle opere di progetto.

Schematicamente, in relazione ai risultati di tutte le indagini esperite entro il sito di progetto (scavi e prove penetrometriche) possono essere distinte le seguenti unità:

**UNITA' VEG/RIM/RIP – Coltre vegetale/materiale di riporto/terreno rimaneggiato
da 0,00 m a -0,30/-0,60 m dal p.c. e localmente (prova P2 - scavo SC3) fino a -1,20/-1,50 m dal p.c.**

Si ha il terreno vegetale/rimaneggiato limo-sabbioso-ghiaioso con ciottoli e localmente con frammenti di calcestruzzo (riferibile presumibilmente a “fondazioni” della dismessa cartellonistica stradale) e/o frammenti metallici e plastici, asciutto e di colore marrone; tale unità presenta un grado di addensamento variabile da scarso a medio; il rimaneggiamento è riferibile in ogni caso alla presenza di sottoservizi e/o della sede stradale.

**UNITÀ FG – Depositi fluvioglaciali (in parte anch'essi presumibilmente rimaneggiati)
oltre -0,30/-0,60 m dal p.c. e localmente oltre -1,20/1,50 m dal p.c.**

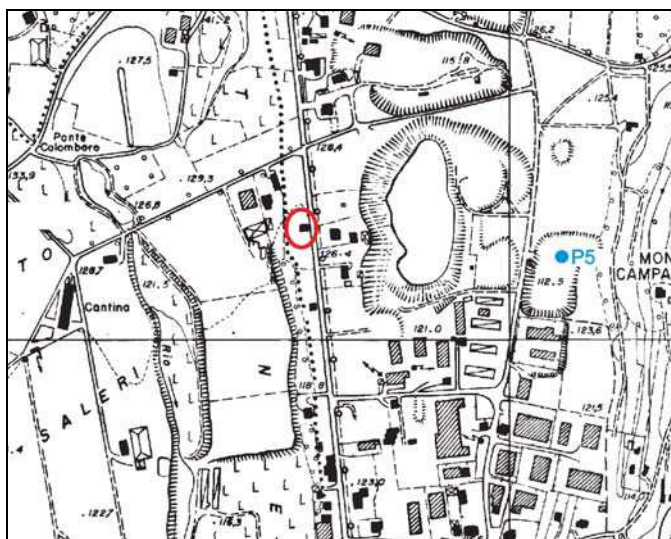
Al di sotto della coltre superficiale rimaneggiata è stata riscontrata la presenza di un'unità correlabile ai **depositi fluvioglaciali (FG1)** e rappresentata da ghiaia medio-grossolana e sabbia da limosa a debolmente limosa e con ciottoli, asciutta, di colore grigio-beige, da mediamente addensata ad addensata (N_{spt} caratteristico \rightarrow 35-45 e $>45-60$ colpi).

In accordo con l'assetto idrogeologico dell'area, durante l'esecuzione delle prove non è stata riscontrata la presenza di fenomeni di umidità lungo le aste.

Sulla base delle indagini eseguite l'area di progetto risulta esterna a possibili aree di ex-cava e/o di accumulo di materiali di riporto con spessori significativi.

4.2 Campagna di indagine in Via Campagnola (Aprile 2015)

Nell'ambito dello studio geologico-geotecnico per un progetto di ristrutturazione in *Via Campagnola* in territorio di Manerba d/G (vedi stralcio a seguire e allegata “*Corografia con ubicazione di pozzi e di precedenti indagini*”), si è proceduto al rilievo geologico e riconoscimento della natura litologica dei terreni esistenti presso l'area d'intervento. A tal fine, entro il sito di progetto, sono state eseguite **n. 8 prove penetrometriche dinamiche standard**, mediante penetrometro DPHS “Pagani” TG 63/200, **n. 3 scavi esplorativi** e **n. 1 stendimento di sismica multicanale** (tipo Masw).



Stralcio da tavole allegate alla relazione di Via Campagnola – Aprile 2015 – Dott. Geol. R. Lentini

Le indagini geofisiche predisposte entro questo sito sono state utilizzate per ricostruire la sismostratigrafia dell'area di attuale interesse progettuale; nei paragrafi a seguire verrà illustrato il contesto geologico del sito che testimonia della correlabilità geologica tra le due aree.

4.2.1 Prove penetrometriche dinamiche standard (DPHS-SCPT) - Piezometri

In data 02/04/2015 sono state eseguite **n. 8 prove penetrometriche dinamiche standard**, mediante penetrometro DPHS “Pagani” TG 63/200, con avanzamento delle aste ogni 30 cm.

Le prove ubicate entro o immediatamente in fregio all'ingombro dell'edificio di progetto tenendo conto dell'attuale accessibilità dei luoghi e sono state spinte a rifiuto a profondità variabili da -1,80/-2,70 m dal p.c. (P1tris-P2-P5-P6-P8) a -4,20 m dal p.c. (P3-P4-P7).

Durante l'esecuzione delle prove non è stata evidenziata umidità lungo le aste; tuttavia si è ritenuto opportuno attrezzare i fori di prova con piezometro da ½” (rimossi al termine della campagna di indagine); le misure di soggiacenza hanno evidenziato costantemente condizioni di asciutto.

Le misure eseguite confermano l'assetto idrogeologico dell'area che prevede la presenza di falde acquifere oltre almeno una decina di metri dal p.c..

4.2.2 Scavi esplorativi

Per il riconoscimento della litologia dei terreni superficiali e dei materiali di riporto/rimaneggiati superficiali sono stati eseguiti in data 23/04/2015 **n. 3 scavi esplorativi** in corrispondenza di alcune delle prove penetrometriche.

Gli scavi sono stati eseguiti mediante pala meccanica in adiacenza all'edificio esistente ed hanno raggiunto la profondità minima di -0,80 m dal p.c. (Sc3) e massima di -3,10 m dal p.c. (Sc1).

Tutte le operazioni di escavazione sono avvenute alla presenza costante del geologo che ha provveduto a rilevare la stratigrafia dei terreni ed a predisporre la documentazione fotografica.

Tali informazioni sono state riportate nelle stratigrafie degli scavi e nelle tavole fotografiche.

4.2.3 Indagini Sismiche – Dati Sismostratigrafici

Al fine di verificare il comportamento sismico dei terreni di fondazione presenti entro l'area di studio del 2015 è stata condotta una specifica indagine per determinare la velocità di propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo. In particolare è stato eseguito **n. 1 stendimento di sismica multicanale** con acquisizione delle onde superficiali, anche a bassa frequenza, ed analisi dei dati mediante metodologia MASW, finalizzato alla definizione della velocità di propagazione delle onde s nei primi metri di profondità dal p.c..

Metodologia - Acquisizione dati

L'acquisizione dei dati è avvenuta secondo le modalità “*common-shot gathers*”, utilizzando strumentazione “*Ambrogeo*” costituita da un sismografo multicanale ECHO 24/2010 a 24+1 canali, con collegati 24 geofoni verticali OYO GEOSPACE con frequenza di 4,5 Hz. L'energizzazione è stata ottenuta mediante massa battente manovrata a mano (mazza da 8 kg – mod. SIS-020-000) agente a percussione su una piastra quadrata, collocata all'esterno dello stendimento dei geofoni.

E' stata quindi utilizzata la procedura di analisi MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*); i dati acquisiti sono stati elaborati mediante il software winMASW (creato dalla EliaSoft-Università degli Studi di Trieste).

Il risultato finale è la determinazione, in corrispondenza di ciascuno stendimento sismico del **profilo verticale medio della V_s** (velocità delle onde di taglio).

La procedura di analisi MASW utilizza la propagazione nel sottosuolo delle onde di superficie. Infatti le onde di Rayleigh (o di superficie) in un mezzo non stratificato si propagano in maniera lineare in funzione della distanza del geofono, al contrario in un mezzo stratificato subiscono il fenomeno della dispersione.

La curva di dispersione permette quindi di determinare le caratteristiche del sottosuolo. La velocità di propagazione per una certa lunghezza d'onda (λ), quindi frequenza, è infatti influenzata dalle proprietà che il mezzo possiede fino ad una profondità di $\lambda\text{-}\lambda/2$.

La velocità delle onde di Rayleigh (V_R) è correlabile alla V_s , essendo pari a circa il 90% della velocità delle onde di taglio (V_s).

Particolare attenzione nell'interpretazione dei dati deriva dalla considerazione che gli spostamenti indotti dalle onde di superficie sono correlabili a diversi *modi* (frequenze diverse), che possono sovrapporsi, soprattutto nel dominio f-k, in funzione dei seguenti fattori:

- distribuzione dell'energia tra i vari modi
- particolari conformazioni geologiche
- *array* utilizzato in fase di acquisizione.

Se avviene tale sovrapposizione, può generarsi una curva di dispersione apparente, che può risultare fuorviante in fase di interpretazione e quindi nella successiva inversione. Al fine di

individuare i *modi* non correlabili alla successione stratigrafica si eseguono numerosi scoppi a distanze variabili rispetto allo stendimento. Tutte le curve di dispersione vengono quindi visionate prima di procedere al processing del *dataset* prescelto. I modi superiori, se correttamente riconosciuti, concorrono ad elaborare un modello maggiormente vincolato e non costituiscono un “disturbo”.

Tenuto conto di quanto richiesto per l'applicazione della normativa relativa alla progettazione geotecnica, si ritiene che la metodologia di analisi MASW, la cui validità tecnica e scientifica risulta oramai consolidata, risulti pienamente idonea alla definizione dei dati richiesti.

Tale scelta risulta avvalorata dalle seguenti considerazioni:

1. La percentuale di energia convertita in onde Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%).
2. L'ampiezza delle *Surface Waves* dipende da \sqrt{r} e non da r come per le *Body Waves*.
3. Il metodo MASW non è limitato, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità.
4. Il metodo MASW è contraddistinto da una buona risoluzione, a differenza del metodo a riflessione.
5. La propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione innanzitutto della V_s , parametro di fondamentale importanza nella caratterizzazione geotecnica di un sito (categoria di suolo in base al Testo Unico).

La stima dell'andamento in profondità delle velocità V_s , mediante acquisizione sismica multicanale, viene ottenuta tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh.

La procedura prevede la possibilità di considerare tanto il modo fondamentale che quelli superiori e consta di due fasi operative principali:

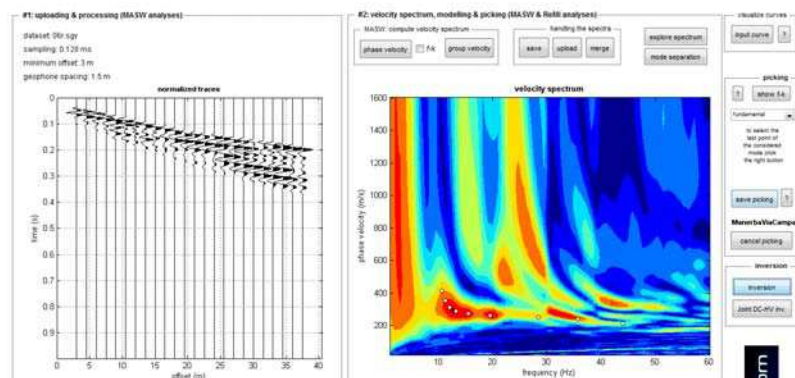
- Determinazione dello spettro di velocità - Individuazione delle curve di dispersione
- Determinazione dell'andamento della velocità delle onde di taglio (V_s) sulla verticale - Inversione e/o *modelling* diretto della curva di dispersione

Sismostratigrafia

Vengono qui di seguito riportati i dati, le procedure ed i risultati relativi allo stendimento sismico predisposto all'interno dell'area di progetto. L'allineamento ha previsto una distanza tra geofoni pari a 1,5 m; lo shot 3 utilizzato per l'analisi MASW, è stato ubicato 3 m all'esterno rispetto all'ultimo geofono.

Fase 1 - Determinazione spettro di velocità e picking della curva di dispersione

La prima operazione eseguita è la lettura del file acquisito in campagna (common-shot gather 06.dat). Una volta caricati i dati si procede con il calcolo dello spettro di velocità. Viene indicato come unico vincolo le massime e minime velocità e frequenze (in altri termini i limiti dello spettro di velocità).



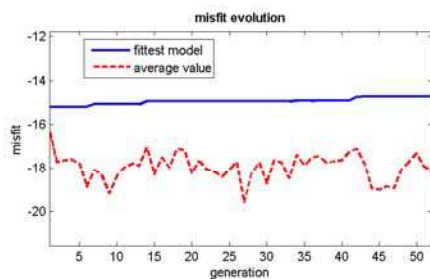
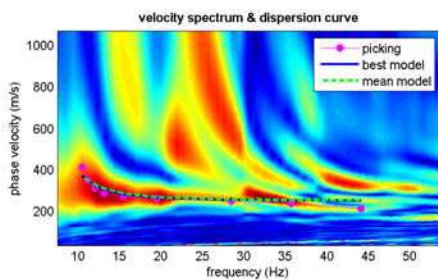
Nel caso in esame è stato individuato mediante modellazione diretta, un modo fondamentale, utilizzato per la successiva inversione della curva di dispersione.

Fase 2 - Inversione della curva di dispersione

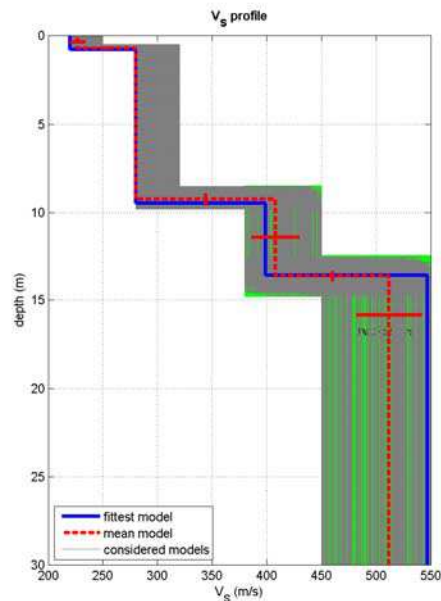
Il secondo passo da affrontare per ottenere il profilo verticale della Vs è l'inversione della curva di dispersione precedentemente "piccata". Nel contesto in esame poiché il gradiente di velocità non subisce variazioni drastiche è valida, per determinare il possibile spazio di ricerca, la cosiddetta assunzione $\lambda/2$ (data una certa lunghezza d'onda λ si assume che la sua velocità di propagazione dipenda dalle caratteristiche del mezzo ad una profondità pari a $\lambda/2$). I limiti del search space ("spazio di ricerca" o "spazio dei parametri") prescelti sono in ogni caso piuttosto ampi.

Per l'elaborazione dei modelli di velocità è stato impostato l'utilizzo di 4 strati, compatibile con l'assetto stratigrafico del sito d'interesse e con le finalità del presente studio. Alcuni parametri genetici sono stati considerati pari a valori standard; i tassi di crossover e di mutazione sono fissati ad esempio sui valori di 0.75 e 0.1..

Dati relativi all'elaborazione dello shot 3:
 dataset: 06r.sgy - offset minimo (m): 3 - distanza intergeofonica (m): 1,5
 campionamento (msec): 0.128 - curva di dispersione: ManerbaViaCampagnola 2015-54R RG file06r.cdp
 Numero di individui: 40 - Numero di generazioni: 41
 Numero di modelli utilizzati per il calcolo del modello medio: 1550



www.winmasw.com



dataset: 06r.sgy
 dispersion curve: ManerbaViaCampagnola 2015-54R RG file06r.cdp
 Vs30 (best model): 400 m/s
 Vs30 (mean model): 393 m/s

Velocità medie stimate:

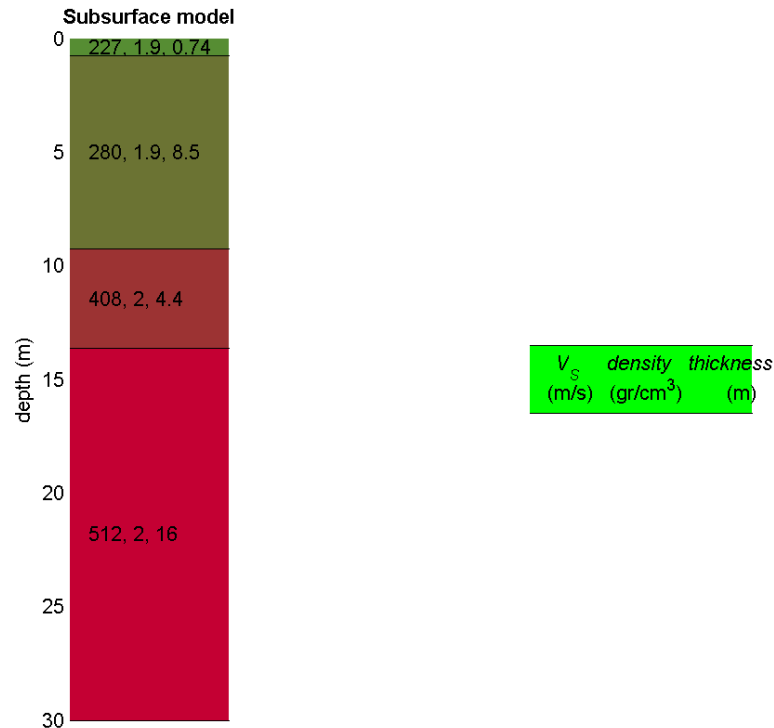
VS (m/s):	227	280	408	512
Deviazione standard (m/s):	7	1	22	30
Spessore (m):	0.7	8.5	4.4	
Deviazione standard (m):	0.1	0.3	0.3	

Modello Medio: VS20: 352 m/s - VS30: 393 m/s

ATTENZIONE! La classificazione del terreno è di pertinenza dell'utente, che ne deve valutare la tipologia sulla base della normativa e del profilo verticale VS.

winMASW 4.6 Software per la determinazione dello spettro di velocità e l'inversione della curva di dispersione secondo il metodo MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves www.eliosoft.it

Si riassume qui di seguito la sezione sismostratigrafica schematica ottenuta.



4.2.4 Interpretazione dati derivanti da Scavi, Prove penetrometriche ed Indagine Geofisica

Schematicamente, in relazione ai risultati delle indagini dirette (prove penetrometriche, scavi esplorativi e piezometri) ed indirette (geofisica), possono essere distinti per ambiti omogenei le seguenti unità:

INTORNO Prove P1-P2-P5-P6 – Scavo Sc3

Unità RIM → Coltre vegetale/Terreno Rimaneggiato da 0,00 a -0,10/-0,90 m dal p.c.

E' stata riscontrata la presenza di una coltre vegetale rimaneggiata e per lo più scarsamente addensata (Nspt caratteristico → 5-8) limoso-argillosa con presenza di ciottoli, di colore marrone, da asciutta a debolmente umido. Per questa unità sono state stimate basse velocità di propagazione delle onde s (V_s pari a circa 220-240 m/sec).

Unità FG1 → Depositi Fluvioglaciali oltre -0,10/-0,90 m dal p.c.

E' presente l'unità geotecnica costituita da ghiaie da medio-grossolane a grossolane e sabbie con ciottoli, asciutte, di colore da beige-marrone a grigio-beige, da mediamente addensate ad addensate (Nspt caratteristico → 30-40 e >40-50). Per questa unità sono state stimate velocità di propagazione delle onde s pari a circa 280-430 m/sec.

INTORNO Prove P3-P4-P7-P8 – Scavi Sc1-Sc2

Unità Rim → Coltre vegetale/Terreno Rimaneggiato

da 0,00 a -1,10/-3,00 m dal p.c.

E' stata riscontrata la presenza di un'unità superficiale rimaneggiata in relazione ad interventi di terrazzamento antropico. Sono presenti prevalentemente terreni sabbiosi e ghiaioso-sabbiosi con frequenti ciottoli e rari frammenti di laterizi, di colore da beige a marrone, da asciutti a debolmente umidi; talora è stato riscontrato uno strato superficiale bene addensato (per il passaggio dei mezzi?) ma generalmente l'unità si presenta scarsamente addensata (Nspt caratteristico → 2-7). Per questa unità sono state stimate basse velocità di propagazione delle onde s (Vs pari a circa 220-240 m/sec).

Unità FG1 → Depositi Fluvioglaciali

oltre -1,10/-3,00 m dal p.c.

E' presente l'unità geotecnica costituita da ghiaie da medio-grossolane a grossolane e sabbie con ciottoli, asciutte, di colore da beige-marrone a grigio-beige, da mediamente addensate ad addensate (Nspt caratteristico → 15-20 e 30-35 e >40-50). Per questa unità sono state stimate velocità di propagazione delle onde s pari a circa 280-380 m/sec.

In base ai dati stratigrafici/sismici raccolti presso l'area d'interesse di *Via Campagnola*, i depositi fluvioglaciali dell'Unità FG1 proseguono fino ad una profondità di almeno 10-15 m.

In base ai dati sismostratigrafici, correlati con le stratigrafie dei pozzi (§2.5.1), si può stimare che essi proseguano anche oltre i 15 m di profondità presentando velocità di propagazione delle onde s molto elevate (Vs pari a circa 480-540 m/sec).

4.3 Piezometri Ex Cava Campagnola (2014)

Nell'area di ex Cava di loc. Campagnola nel 2014 sono stati eseguiti numerosi sondaggi piezometrici.

I piezometri hanno indicato la presenza di materiali di riporto per spessori compresi tra 6,00 e 22,00 m dal p.c., oltre i quali sono riconoscibili i depositi fluvioglaciali caratterizzati da ghiaie da medio-grossolane a grossolane e sabbie con ciottoli

Le letture piezometriche indicano la falda ad una profondità compresa tra 98,2 e 97,6 m s.l.m., ovvero ad una profondità compresa 22-27 m dal p.c.

4.4 Correlabilità dei dati dei siti 2015-2018 con il sito di attuale progetto

Dalle indagini, in allegato, e dalla ricostruzione fornita ai precedenti paragrafi si evince in maniera chiara la correlabilità dei dati acquisiti nel 2015-2018 sia dal punto di vista geotecnico che geofisico.

Va evidenziato che la sequenza sismostratigrafica relativa all'area ciclopedonale è stata modellata sulla base delle sequenze sismostratigrafiche dei due cantieri 2015 e 2018, adattando gli spessori della coltre vegetale/rimaneggiata a quanto evidenziato mediante le indagini di sito secondo lo schema sottoriportato:

	Indagine 2015		Area Ciclopedonale 2018
Denominazione	Spessore	Vs m/sec	Spessore
Coltre vegetale	~1 m	220-240	~1 m
Unità FG1	~8 m ~4 m	280 390-430	~10-12 m
Unità FG2	~9-10 m	480-540	~8 m
Unità FG3			> 15 m
Bedrock Sismico (Vs>800 m/sec) oltre circa 50 m dal p.c. (desunto da stratigrafie pozzi – Livelli conglomeratici)			

Si ritiene che le indagini geotecniche e sismiche dei cantieri 2015-2018 precedentemente esaminate e la correlazione sopra riportata siano sufficienti a caratterizzare sia geotecnicamente che sismicamente il sito oggetto di intervento della presente relazione, seppure con una probabile variabilità riferita allo spessore e tipologia della coltre vegetale/rimaneggiata.

Nel capitolo successivo viene pertanto proposto il modello geotecnico da adottare per la successiva **relazione geotecnica**.

5 PROPOSTA DI MODELLO GEOTECNICO – GEOFISICO

Mediante la campagna di indagine geognostica ed i rilievi geologici e la ricostruzione del modello stratigrafico è stato possibile procedere alla definizione di una proposta di **modello geologico-geotecnico e geofisico per il sito di progetto**.

Per quanto concerne la stima dei parametri geotecnici principali sono state utilizzate formule di letteratura applicate in funzione della natura litologica di ciascuna unità, della loro profondità e delle condizioni di saturazione (vedi modellazione schematica sottoriportata).

Si evidenzia inoltre che la modellazione stratigrafica-litologica e la definizione dei parametri geotecnici mediante dati derivanti dalla prova penetrometrica SCPT, presenta sempre un certo grado di variabilità ed incertezza; la realizzazione di scavi esplorativi, la conoscenza dei luoghi da parte dello scrivente, l'assetto geologico degli ambiti della piana di Cunettone-Raffa e la tipologia di intervento, hanno tuttavia permesso di ottenere un grado di affidabilità elevato per il modello proposto ed idoneo ad essere assunto in progetto.

Il modello geofisico è stato ipotizzato correlando i dati geotecnici con quelli sismici riferiti a siti posti entro il medesimo contesto geologico ed ottenuti mediante stendimento di sismica multicanale con registrazione attiva delle onde superficiali (metodologia Masw); per la correlabilità dei dati vedi §4.4).

Viene di seguito schematizzata la successione stratigrafica delle unità geotecniche riconosciute con indicazioni sulle caratteristiche geotecniche e sismiche dei terreni, partendo dall'alto verso il basso, e prendendo come quota di riferimento la quota di esecuzione delle indagini:

UNITA' VEG/RIM/RIP – Coltre vegetale/materiale di riporto/terreno rimaneggiato

Da 0,00 m a -0,30/-0,90 m dal p.c.:

Terreni rimaneggiati limo-sabbioso-ghiaiosi con ciottoli, di colore marrone, da scarsamente a mediamente addensata (Nspt caratteristico → 2-11 e 5-18 colpi). Per questa unità sono state stimate basse velocità di propagazione delle onde s (Vs pari a circa 220-240 m/sec).

Si ritiene probabile il rinvenimento in sito di tali materiali, correlabili ad interventi antropici delle altre strutture presenti le cui caratteristiche geotecniche risultano variabili: pertanto **non si consiglia l'appoggio di alcuna struttura di fondazione**.

UNITÀ FG – Depositi fluvioglaciali

Sottounità Geotecnica FG1 → da -0,30/-0,90 m dal p.c.:

Terreni essenzialmente ghiaioso-sabbiosi con percentuale variabile ed in ogni caso subordinata di matrice limosa e presenza di ciottoli, asciutti, di colore grigio-beige, da mediamente addensati ad addensati (Nspt caratteristico → 35-45 e >45-60 colpi).

Complessivamente a questi terreni, che possiedono continuità ben oltre la profondità raggiunta dalle indagini, possono essere assegnati i seguenti parametri geotecnici di resistenza:

γ	18-19 kN/m ³	Peso unitario del terreno sopra falda (Terzaghi & Peck 1967 – Bowles, 1982)
Cu	--- kPa	Coesione non drenata (corr. Cu-Qc e correlazione Terzaghi & Peck, 1948)
ϕ	32°-34°	Angolo di resistenza al taglio efficace (De Mello e Meyerhof)
Dr	70%-85%	Densità Relativa (Terzaghi-Peck e Gibbs-Holtz)
Vs	280-430 m/sec	Velocità di propagazione delle onde s (indagini sismiche)

In base ai dati stratigrafici/sismici raccolti, i depositi fluvioglaciali dell'Unità FG1 proseguono fino ad una profondità di circa 10-15 m.

In base ai dati sismostratigrafici, correlati con le stratigrafie dei pozzi (§2.5.1), si può stimare che essi proseguano anche oltre i 10-15 m di profondità presentando velocità di propagazione delle onde s molto elevate (Vs pari a circa 480-540 m/sec, FG2).

6 RISPOSTA SISMICA DEL SITO

Per la valutazione dell'Azione Sismica il Testo Unico aggiornato (D.M. 17/01/18) richiede l'utilizzo dei metodi, delle formule e delle tabelle in esso riportate, nonché l'applicazione di quanto previsto ai paragrafi 3.2.3.1, 3.2.3.2, 3.2.3.3, 3.2.3.4 e 3.2.3.5. Non sono state condotte specifiche analisi di Risposta Sismica Locale; sono stati quindi utilizzati i metodi semplificati previsti dal D.M. 17/01/18.

L'indagine geognostica e sismica e lo studio geologico hanno quindi permesso di definire un modello geologico-geotecnico e geofisico e di analizzare le caratteristiche geomorfologiche del sito al fine di definire la Categoria di Sottosuolo e la Categoria Topografica, che potranno essere utilizzate per la stima dell'Azione Sismica e più in generale per la progettazione delle opere.

Mediante il programma Excel "Spettri-NTC (ver. 1.0.3)" è possibile definire gli Spettri di Risposta Elastici ed i Parametri di Pericolosità Sismica definiti per il sito di progetto sulla base dei risultati del progetto S1 – INGV (Fase 1).

Lo sviluppo delle **Fasi 2 e 3**, per la definizione degli Spettri di Risposta Elastici di progetto, relativi ai vari Stati Limite, necessita la conoscenza e/o la scelta di parametri progettuali di competenza dei Tecnici Progettisti delle opere.

Nei paragrafi successivi si forniscono quindi, per quanto di pertinenza del Geologo, i dati inerenti la Risposta Sismica e la Pericolosità Sismica del Sito nonché i parametri sismici normativi (Fase 1 e parzialmente Fase 2). **Si rimane altresì disponibili per un'eventuale sviluppo congiunto, delle fasi 2 e 3 e quindi della definizione dei parametri relativi all'azione sismica di progetto.**

Dal punto di vista della Pericolosità Sismica Locale l'area è stata classificata nell'Aggiornamento della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio (Giugno 2011- Dott. Geol. A. Conti) entro scenari di pericolosità sismica Z4c "Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche) con potenziali fenomeni di amplificazione sismica tali da rendere sufficiente l'utilizzo dei parametri sismici definiti in base alla normativa vigente (D.M. 17/01/2018).

E' stata in ogni caso presa in esame la **stabilità del sito nei confronti della liquefazione**, come richiesto al paragrafo 7.11.3.4 del D.M. 17/01/18 e per eventuali scenari di PSL Z2b e sono stati predisposti gli eventuali Approfondimenti Sismici richiesti dalla normativa comunale e regionale vigente e/o ritenuti opportuni.

6.1 Categoria di Sottosuolo e Categoria Topografica - Approfondimento Sismico Analisi di 2° Livello (All.5 D.G.R. 9/2616/2011)

Viene di seguito fornita una classificazione e caratterizzazione dei terreni secondo quanto indicato dalle norme tecniche per il progetto sismico allegate al D.M. 17/01/18 ed in applicazione di quanto richiesto dalla normativa regionale (D.G.R. 9/2616/2011) e comunale (Norme Sismiche di PGT).

6.1.1 Categoria di Sottosuolo - Approfondimento Sismico Analisi di 2° Livello (All.5 D.G.R. 9/2616/2011)

Per quanto concerne le **caratteristiche litologiche** il sottosuolo è stato classificato secondo le tabelle allegate al D.M. 17/01/18 e riportate di seguito:

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

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

Tenuto conto dei dati sismostratigrafici (vd §4.7) e del Modello Geotecnico-Geofisico (Cap. 5) ed applicando il D.M.17/01/18 può essere quindi stimato il valore $V_{S,eq}$ mediante la seguente espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

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

N numero di strati;

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

In base a quanto indicato nelle NTC 2018 per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato andrebbe considerata a partire dal piano di imposta delle stesse.

Solo 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_{S30} , ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Si esemplifica a seguire il modello sismostratigrafico proposto per il sito di interesse:

Unità Sismostratigrafica	Spessore	Vs
Unità Sismica 1 ≡Unità geotecnica VEG/RIM/RIP	~ 0,5/1,0 m	220-270 m/sec
Unità Sismica 2-3-4 ≡Unità geotecnica FG	~ 10/12 m ~ 8 m > 15 m	280-380 m/sec 480-540 m/sec 700-740 m/sec*

* stimata sulla base di indagini sismiche eseguite nel Giugno 2017 (vedi Corografia).

A partire dal piano di fondazione (unità FG) può quindi essere assegnata al sito di progetto:

$$V_{seq} = V_{s30} = 390-482 \text{ m/sec}$$

Può quindi essere definita, ai sensi del D.M.17/01/2018, una **Categoria di Sottosuolo B**.

6.1.2 Categoria Topografica

Per quanto concerne le **condizioni topografiche** si potrà fare riferimento alla tabella 3.2.III del D.M. 17/01/18.

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 $i > 30^\circ$

Per il sito di progetto, inserito in un contesto sub-pianeggiante (inclinazione circa 1° definiti su base aerofotogrammetrica), si potrà tenere conto di una **categoria topografica T1**.

Le Norme di PGT non richiedono alcun approfondimento sismico specifico inerente l'amplificazione topografica.

6.2 Pericolosità Sismica del Sito – Parametri sismici di riferimento

Per il sito di progetto, possono essere stimati per varie frequenze annuali di superamento, i valori dei parametri sismici normativi (a_g , F_0 e T_c^*) relativi alla Pericolosità Sismica mediante il programma Spettri-NTC ver.1.0.3, utilizzando le coordinate geografiche del sito di interesse.



FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

LONGITUDINE: 10.54025 LATITUDINE: 45.56155

REGIONE: Lombardia PROVINCIA: Brescia COMUNE: Solarolo

Elaborazioni grafiche: Grafici spettri di risposta, Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche: Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

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".

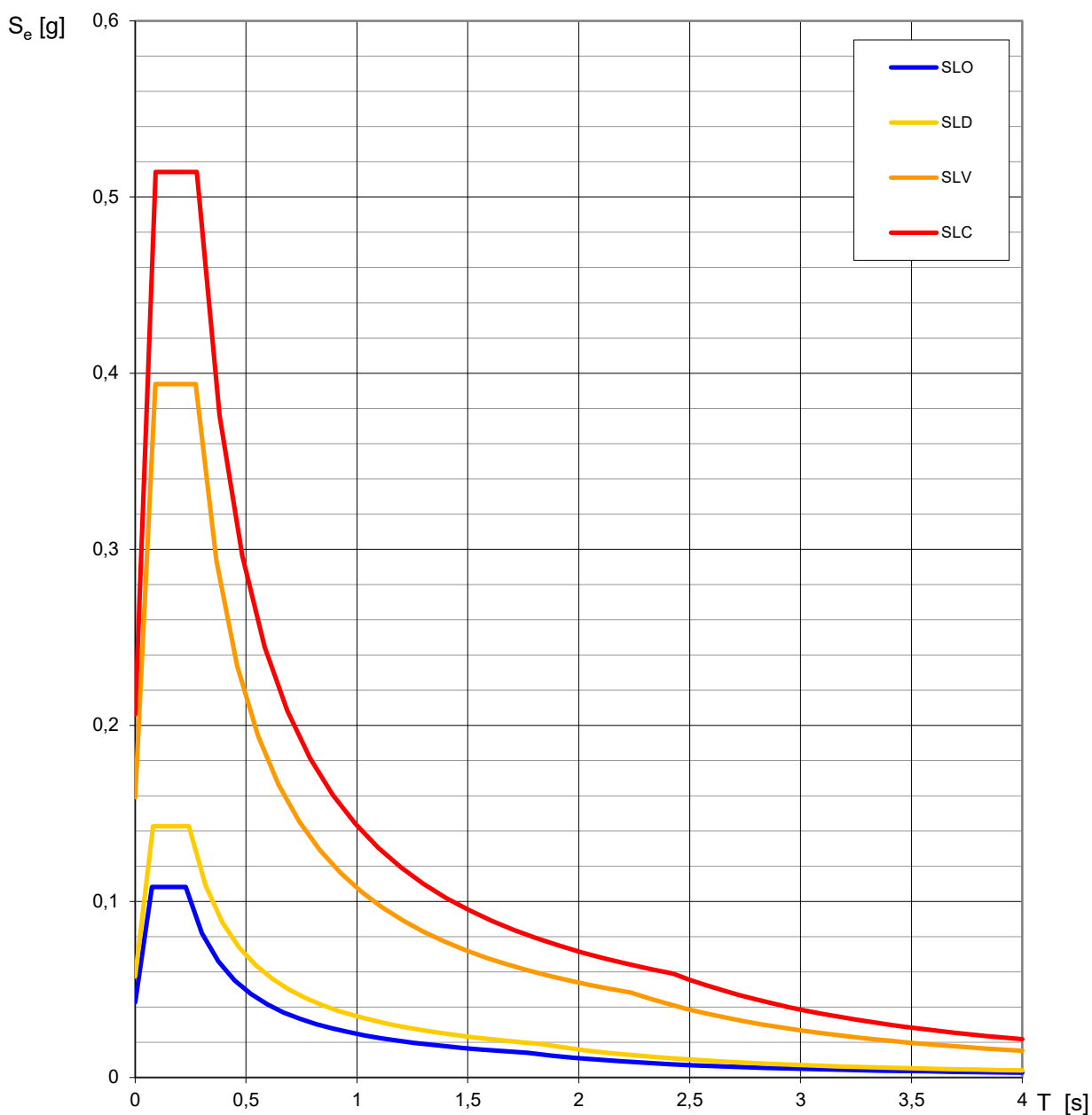
INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

Nel caso specifico, tenuto conto per il manufatto di progetto di una **Classe d'Uso II** (paragrafo 2.4.2 NTC-18) è stata ipotizzata una strategia di progettazione per manufatti ordinari (**Fase 2**). Si rimanda al Tecnico Progettista l'eventuale definizione di una diversa classe d'uso e di conseguenza di una strategia di progettazione differente.

In particolare si propongono i seguenti parametri progettuali ed i relativi periodi di riferimento da utilizzare per i diversi Stati Limite:

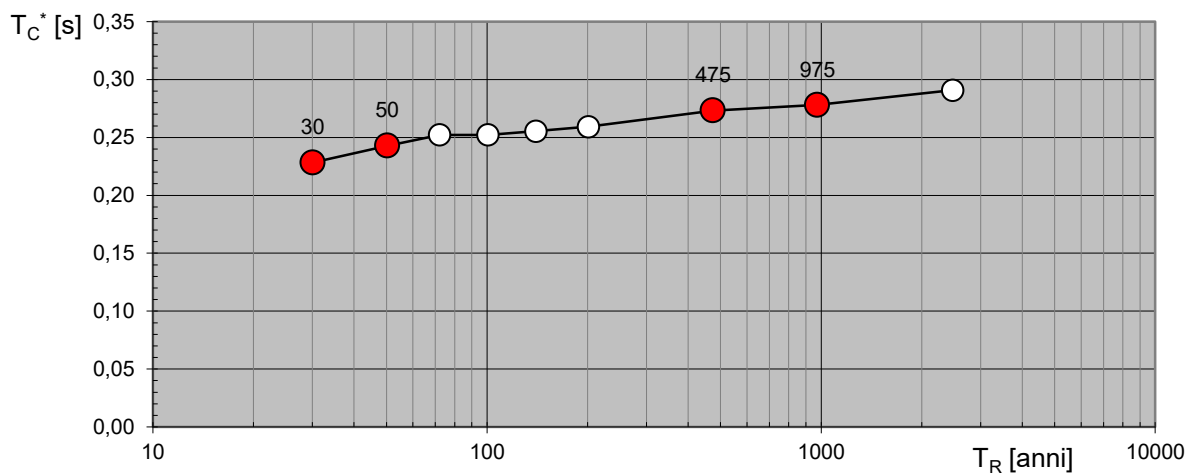
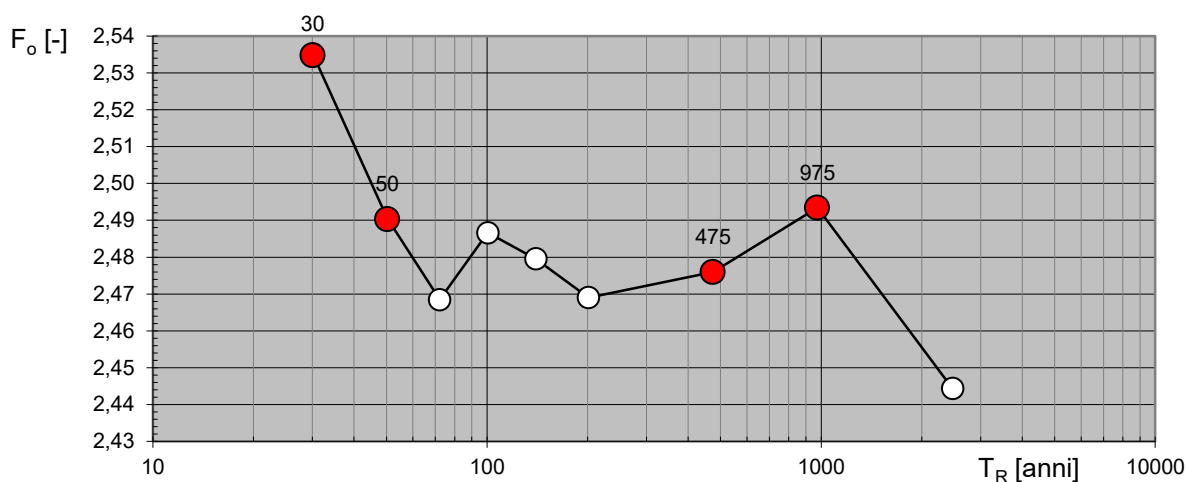
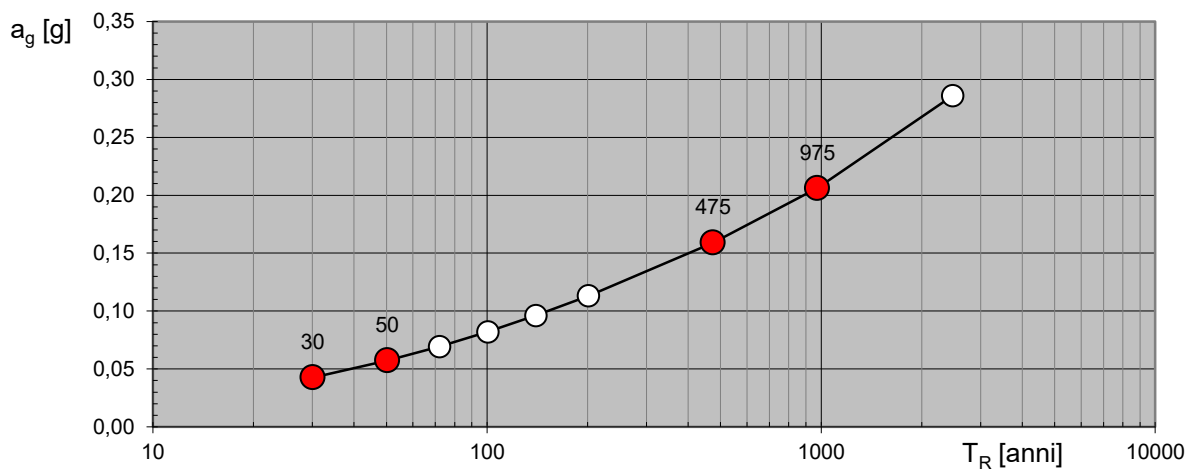
Vita Nominale della costruzione (in anni) - V_N	50			
Coefficiente d'uso della costruzione - C_U	1			
Periodo di Riferimento per la costruzione (in anni) T_R	SLO 30	SLD 50	SLV 475	SLC 975

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_C^* in funzione del periodo di ritorno T_R



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

I valori dei parametri sismici normativi (a_g , F_0 e T_c^*) relativi alla pericolosità sismica stimati secondo la strategia di progettazione ordinaria sono di seguito elencati:

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	30	0,043	2,536	0,228
SLD	50	0,057	2,493	0,243
SLV	475	0,159	2,474	0,273
SLC	975	0,206	2,494	0,278

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Si allegano gli spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL, nonché i diagrammi con la variabilità dei valori dei parametri a_g , F_0 e T_c^* in funzione del periodo di ritorno T_R associati a ciascun SL.

Si rimanda al Tecnico Progettista delle Strutture, o ad un'eventuale valutazione congiunta, la determinazione (**Fase 3**) dell'Azione Sismica di Progetto e quindi dello Spettro di Progetto Elastico (SLE) o Inelastico (SLU).

6.3 Amplificazione Stratigrafica (S_s) e Topografica (S_t)

Per l'utilizzo dei metodi, delle formule e delle tabelle riportate nella nuova versione aggiornata del Testo Unico (D.M. 17/01/18) si potrà tenere conto della categoria di sottosuolo stimata e dei valori dei parametri di pericolosità sismica del sito e potranno essere applicate le seguenti espressioni (§3.2.3.2.1):

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	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Per l'intervento di progetto per le verifiche allo Stato Limite di Danno (SLD) ed allo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) si possono utilizzare i seguenti valori:

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO B $0,5 \text{ s} < T < 1,5 \text{ s}$	SLD	S_s	1,200	SLV	S_s	1,200
		C_c	1,460		C_c	1,426

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella seguente tabella:

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

Per il sito d'intervento si potrà tenere conto di una categoria topografica T1, che comporta valori di S_T pari a 1.0.

6.4 Stabilità del sito nei confronti della liquefazione – Verifica a liquefazione – Analisi di III livello (All. 5 della D.G.R. 9/2616 del 30/11/2011 E D.M. 17/01/18)

Nel presente capitolo verranno pertanto prese in considerazione le problematiche di stabilità del sito di progetto nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni drenate.

La valutazione della suscettibilità di liquefazione di un terreno verrà eseguita in applicazione di quanto previsto al paragrafo §7.11.3.4 del D.M. 17/01/18. Laddove fossero ipotizzati effetti di liquefazione dei terreni tali da influire sulle condizioni di stabilità del sito o dei manufatti di progetto occorrerà procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o a trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

Sinteticamente si può affermare che il fenomeno di liquefazione dei terreni si può verificare durante un evento sismico in presenza di terreni sabbiosi o sabbioso-limosi saturi poco addensati.

Per la determinazione empirica del potenziale di liquefazione dei terreni di fondazione devono essere considerati i seguenti fattori:

- età dei depositi;
- magnitudo del sisma di riferimento;
- pressione di confinamento;
- storia tensionale (sollecitazioni sismiche pregresse);
- presenza di intervalli di sabbie fini o sabbie limose in falda con fuso granulometrico che ricade nell'intervallo granulometrico compreso tra 0.075 mm e 2.0 mm;
- uniformità granulometrica con sabbie e sabbie limose con indice di plasticità IP inferiore al 10 %;
- addensamento molto scarso dei terreni sabbiosi con valori di densità relativa (D_r) inferiore al 50 % e correlata a bassi valori di NSPT, in ogni caso funzione della profondità.

Parte di tali fattori risultano di fatto determinare anche le “circostanze” di esclusione dalla verifica a liquefazione elencate al punto §7.11.3.4.2 del D.M. 17/01/2018 e che verranno analizzate nell'ordine richiesto dalla normativa e fino ad eventuale riscontro di una di esse:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

La verifica a liquefazione potrà essere omessa quando si manifesti almeno una delle soprariportate circostanze.

6.4.1 Circostanze di esclusione relativi all'input sismico

Si è pertanto proceduto a verificare inizialmente, in applicazione della normativa, la circostanza di esclusione prevista al punto 1 del paragrafo §7.11.3.4.2 correlata a fattori legati all'input sismico e definita dal valore di accelerazione massima attesa al piano campagna in assenza di manufatti.

Durante un terremoto infatti il terreno può essere visto come sottoposto ad una serie di cicli di carico variabili in intensità e numero in funzione della magnitudo del sisma stesso.

In terremoti di elevata magnitudo è sufficiente un numero ridotto di cicli di carico per produrre la liquefazione del deposito, poiché ad ogni ciclo è associata una sollecitazione dinamica di maggiore intensità. In terremoti di minore magnitudo lo stesso effetto lo si ottiene con un numero superiore di cicli di carico. In definitiva quindi una elevata magnitudo del sisma (maggiore intensità degli sforzi di taglio applicati al terreno) e una lunga durata dello stesso (maggior numero di cicli di carico) rendono più probabile l'iniziarsi della liquefazione in un deposito sabbioso saturo.

Anche depositi sciolti con medio-bassa predisposizione possono subire liquefazione se interessati da un terremoto con una magnitudo e una durata sufficientemente elevate.

I parametri fondamentali legati all'evento sismico sono:

- Accelerazione sismica orizzontale
- Magnitudo
- Durata

Riguardo l'accelerazione sismica orizzontale massima (a_{max}) il D.M. 17/01/2018 al comma 1 del paragrafo §7.11.3.4.2 indica quale circostanza di esclusione dalla verifica a liquefazione valori di a_{max} inferiori a 0,1 g.

L'accelerazione sismica orizzontale massima (a_{max}) in superficie è direttamente legata allo sforzo di taglio applicato sul terreno e poiché si riferisce alla superficie è necessario tener conto degli effetti di amplificazione stratigrafica e topografica; il parametro si ricava direttamente dalla caratterizzazione sismica del sito in esame e più specificatamente dai parametri (riferiti allo Stato Limite Ultimo SLV) presenti nella seguente relazione:

$$a_{max} = S \cdot a_g = (S_S \cdot S_T) \cdot a_g \quad [7.11.5]$$

dove

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al § 3.2.3.2;

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Il valore soglia non coincide con quanto suggerito dall'Eurocodice 8 che lo pone a 0,15 g: tale differenza è giustificata dal contesto sismico italiano nel quale risulta molto improbabile l'innescio di fenomeni di liquefazione in corrispondenza di a_{max} minori di 0,10 g.

In merito alla **magnitudo di un sisma** la nuova versione delle NTC 2018, in analogia a quanto contenuto nell'Eurocodice 8, non viene tenuta in considerazione a differenza del precedente D.M. 14/01/2008 che indicava quale circostanza di esclusione dalla verifica a liquefazione “*eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5*”.

Per quanto riguarda la **durata dell'evento sismico** il numero di cicli di carico a cui è sottoposto il terreno dipende dalla durata del sisma e quindi maggiore è la durata dell'evento e maggiore sarà la probabilità di innescio della liquefazione in depositi suscettibili. La durata dell'evento sismico assume grande importanza in aree distanti dall'epicentro poiché un numero abbastanza elevato di cicli di carico potrebbe portare all'accumulo di sovrappressioni in grado di generare la liquefazioni nonostante il moto sismico e quindi lo sforzo di taglio indotto nel terreno sia notevolmente attenuato

dalla lontananza dall'epicentro. Tuttavia il testo aggiornato del D.M. 17/01/2018, confermando quanto precedentemente stabilito nel 2008, non indica in che modo tener conto di questo fattore.

Si è quindi tenuto conto di un valore di base di a_g pari a **0,159 g** (SLV), di un fattore S determinato dal prodotto dell'amplificazione morfologica ($S_T=1,0$) e dell'amplificazione litologica (S_s pari al valore massimo di **1,200** per lo spettro di progetto SLV). Si è pertanto considerato un **valore complessivo di accelerazione sismica orizzontale pari a 0,1908 g**.

Tale valore di a_{max} risulta superiore a quello previsto quale soglia di esclusione dal comma 1, si procede alla verifica delle condizioni dei commi successivi.

6.4.2 Circostanze di esclusione relativi a fattori geologici-geotecnici

I commi 2-3-4 del paragrafo §7.11.3.4.2 del D.M. 17/01/18 forniscono di fatto i riferimenti quantitativi "normativi" da applicare per definire la necessità per un sito di procedere alla verifica a liquefazione dei terreni per fattori geologici-geotecnici; essi prendono infatti in esame la profondità della falda, le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti al di sotto del piano di fondazione e la loro distribuzione granulometrica (Fig. 7.11.1).

2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

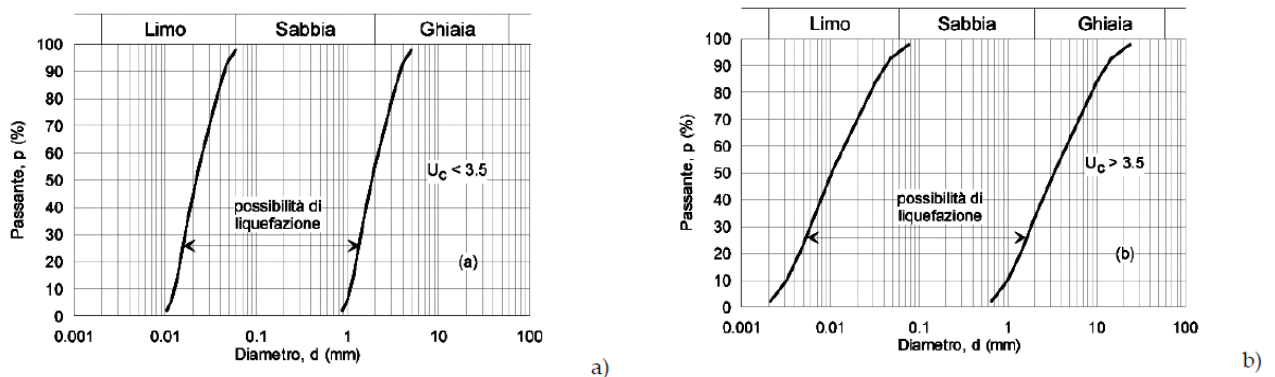


Fig. 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

Per il sito di progetto si può escludere la presenza di falde idriche in grado di generare spinte idrostatiche significative entro i primi 10-15 m di profondità (comma 2).

Il comma 3 non può essere applicato direttamente (assenza di sabbie pulite) ma le caratteristiche geotecniche dei terreni ghiaioso-sabbiosi sono comunque elevate.

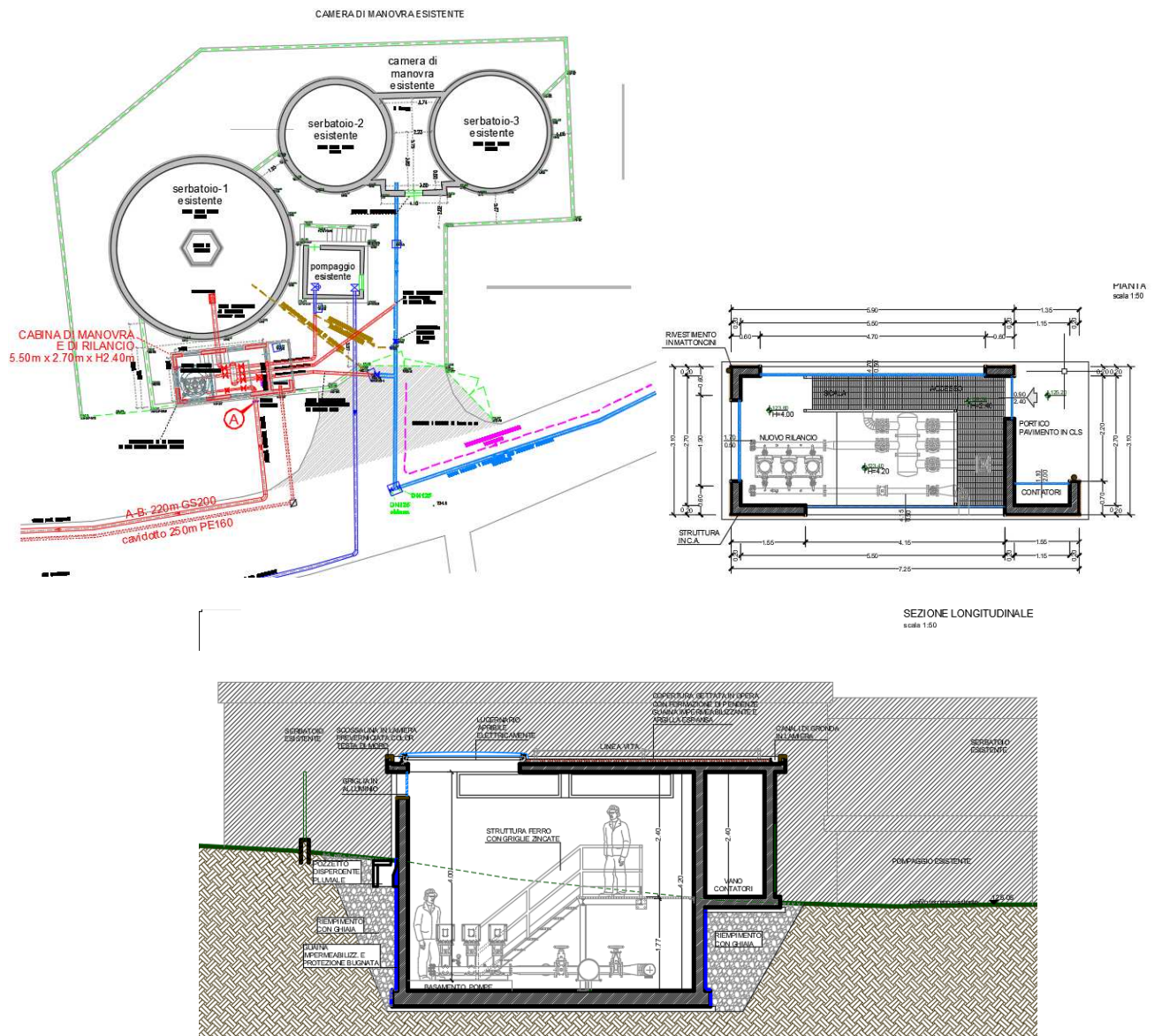
Si ritiene inoltre che le litologie presenti (vedi Cap. 5) siano tali da collocarsi all'esterno del campo di potenziale liquefazione.

Si ritiene pertanto che l'area di progetto non sia soggetta alla verifica alla liquefazione ai sensi del D.M. 17/01/18.

7 INTERVENTO DI PROGETTO – PROBLEMATICHE REALIZZATIVE - PRESCRIZIONI

L'area oggetto d'intervento è ubicata in *Via Montanina*, ai margini di una settore morfologicamente sub-pianeggiante posta a quota variabile e dolcemente crescente in direzione Nord-Salò (da circa 119,7 m a 125,0/126,0 m s.l.m.).

L'area interessata dalla realizzazione del manufatto è individuata dai mapp.le 5534, del Fig. 9.



Le scelte progettuali ed i criteri realizzativi dovranno essere finalizzati a garantire, in ogni caso, la stabilità dei luoghi, l'esecuzione dei lavori in condizioni di sicurezza, la verifica della pressione limite e delle resistenze dei terreni di fondazione anche in funzione dei cedimenti previsti in fase d'esercizio, nonché la compatibilità con l'assetto idrogeologico del territorio.

Il **modello geologico e geotecnico** ricostruito prevede al di sotto della **coltre superficiale di terreno vegetale e rimaneggiato**, di spessore massimo pari a circa 0,30/1,00 m, la presenza di **depositi fluvioglaciali (Unità FG)** essenzialmente ghiaioso-sabbiosi con percentuale variabile ed in ogni caso subordinata di matrice limosa e presenza di ciottoli, asciutti, di colore grigio-beige, da mediamente addensati ad addensati (unità FG1).

Dai dati raccolti (Cap. 5) non si evidenzia la presenza di fenomeni di circolazione d'acqua superficiale entro i primi 10-15 m dal p.c., in accordo con l'assetto idrogeologico ricostruito per l'area in esame.

In tale contesto il piano di posa delle fondazioni (**fondazione a platea posta a circa -2,00 m dal p.c. attuale**) è prevista coincidere con **l'unità FG dei depositi fluvioglaciali, ritenuta idonei all'appoggio delle stesse.**

La presenza eventuali materiali di riporto/rimaneggiati o di livelli più francamente limoso-sabbiosi o argilloso limosi molto scarsamente addensati o scarsamente consistenti al piano di fondazione comporterà operazioni di bonifica mediante asportazione del terreno non idoneo e raggiungimento della quota di progetto mediante posa in opera di magrone e/o di materiale grossolano idoneamente rullato e vibro-compattato in strati successivi di 20-30 cm per raggiungere la quota d'imposta prevista.

L'intervento di progetto prevede la **realizzazione di scavi** per la posa delle strutture di fondazione e pertanto con altezza massima pari a circa 2,00/2,50 m; gli scavi seppure di dimensioni limitate dovranno prevedere **idonee modalità realizzative.**

In relazione all'assetto idrogeologico ricostruito, per le profondità d'interesse, non si dovrebbero avere interferenze tra le operazioni di scavo e fenomeni di filtrazione idrica.

8 OPERAZIONI DI SCAVO

8.1 Modalità esecutive degli scavi in condizioni di sicurezza

Le operazioni di scavo comporteranno altezza massima pari a circa 2,00/2,50 m per la posa della platea di progetto.

Al fine di garantire l'esecuzione degli interventi di scavo nel rispetto delle condizioni di stabilità dei fronti, si dovrà in ogni caso operare con cautela mantenendo in generale altezze ed inclinazioni rapportabili con le caratteristiche geotecniche dei terreni esistenti ed adottando specifiche modalità realizzative con eventuale utilizzo di opere di sostegno preventive temporanee degli scavi (casseratura con eventuali puntelli, ecc.).

In relazione all'assetto idrogeologico ricostruito, per le profondità d'interesse, non si dovrebbero avere interferenze tra le operazioni di scavo e fenomeni di filtrazione idrica.

Per tutti gli sbancamenti si raccomanda, infine, di non abbandonare i fronti di scavo aperti per periodi di tempo prolungati. A seguito di piogge intense tali fronti possono essere soggetti a fenomeni di dilavamento con conseguenti crolli delle pareti di scavo.

8.2 Linee guida generali di utilizzo del materiale escavato

Nell'ambito della realizzazione delle opere si prevede la produzione di materiale derivanti da operazioni di scavo.

Il materiale escavato ha la possibilità di:

- essere destinato allo stato naturale a fini di costruzione nello stesso sito in cui è stato escavato (art. 185 D. Lgs. 152/2006 e s.m.i. e art. 24 del D.P.R. n. 120 del 13/06/2017).

185. Esclusioni dall'ambito di applicazione

(articolo così sostituito dall'articolo 13 del d.lgs. n. 205 del 2010)

1. Non rientrano nel campo di applicazione della parte quarta del presente decreto:

- a) le emissioni costituite da effluenti gassosi emessi nell'atmosfera;
- b) il terreno (in situ), inclusi il suolo contaminato non scavato e gli edifici collegati permanentemente al terreno, fermo restando quanto previsto dagli artt. 239 e ss. relativamente alla bonifica di siti contaminati;
- c) il suolo non contaminato e altro materiale allo stato naturale escavato nel corso di attività di costruzione, ove sia certo che esso verrà riutilizzato a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato escavato;
- d) i rifiuti radioattivi;
- e) i materiali esplosivi in disuso;
- f) le materie fecali, se non contemplate dal comma 2, lettera b), paglia, sfalci e potature, nonché altro materiale agricolo o forestale naturale non pericoloso utilizzati in agricoltura, nella selvicoltura o per la produzione di energia da tale biomassa mediante processi o metodi che non danneggiano l'ambiente né mettono in pericolo la salute umana.

Questo articolo è stato sottoposto ad "Interpretazione Autentica" di Legge già mediante l'**Art. 3 – Disposizioni in materia di matrici materiali di riporto e ulteriori disposizioni in materia di rifiuti** della **L. 28 del 24/03/2012** (Conversione in legge con modificazioni del D. L. 2 del 25/01/2012 recante *Misure Straordinarie e urgenti in materia ambientale*).

Ai sensi dell'Art. 3 comma 1 della L. 28 del 24/03/2012 come modificato dall'art. 41 comma 3 lett. a) della L. 98/2013 (Decreto del Fare) "...omissis... i riferimenti al **suolo** contenuti all'art. 185 commi 1, lettere b) e c), e 4 del D. Lgs. 152/06, si interpretano come riferiti anche alle **matrici materiali di riporto** di cui all'All. 2 alla parte IV del medesimo D. Lgs.", costituite da una miscela eterogenea di materiale di origine antropica quali residui e scarti di produzione e di consumo e di terreno, che compone un orizzonte stratigrafico specifico rispetto alle caratteristiche geologiche e

stratigrafiche naturali del terreno in un determinato sito e utilizzate per la realizzazione di riempimenti rilevati e reinterri.

In sostanza l'Art. 3, comma 1, del D. L. 2/2012 fornisce la definizione di “matrici materiali di riporto” evidenziando la volontà del legislatore di equiparare, al ricorrere di particolari condizioni, i materiali di riporto al suolo con conseguente applicazione dell'art. 185, comma 1, del D. Lgs 152/2006. Nello stesso senso depone il nuovo **D.P.R. 120/2017** con quanto definito dall'**Art. 4, comma 3**.

Al comma 2 dell'Art. 3 della L. 28 del 24/03/2012 come modificato dall'art. 41 comma 3 lett. b) della L. 98/2013 *si specifica che “Fatti salvi gli accordi di programma per la bonifica sottoscritti prima della data di entrata in vigore della presente disposizione che rispettano le norme in materia di bonifica vigenti al tempo della sottoscrizione, ai fini dell'applicazione dell'Art. 185 comma 1 lettere b) c) del D. lgs. 152/06, le matrici materiali di riporto devono essere sottoposte a test di cessione effettuato sui materiali granulari ai sensi dell'art. 9 del D. M. Amb. Del 5 Febbraio 1998omissis...ai fini delle metodiche da utilizzare per escludere rischi di contaminazione delle acque sotterranee e, ove conformi ai test di cessione, devono rispettare quanto previsto dalla legislazione vigente in materia di siti contaminati.”*

Recentemente il **Titolo IV del D.P.R. 120/2017 (Art. 24)**, fermo restando quanto previsto dall'art. 3, comma 2 del D.L. 25/01/2012 n. 2 convertito con modificazioni dalla L. n. 28 del 24/03/2012, ha specificato che **la non contaminazione, per il riutilizzo nel sito di produzione delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina rifiuti, deve essere verificata ai sensi dell'All. 4 “Procedure di caratterizzazione chimico-fisiche e accertamento delle qualità ambientali” del Regolamento D.P.R. n. 120 del 13/06/2017 mediante prelievo di campioni ed analisi chimiche (Art. 24 comma 1).**

Nel Novembre 2017 sono stati inoltre forniti da parte del Ministero per l'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM – registro uff. Protocollo 0015786.10-11-2017) alcuni **“Chiarimenti Interpretativi – Disciplina delle matrici materiali di riporto”** con specifico riferimento a:

- I. Definizione e qualificazione giuridica delle matrici materiali di riporto. Le novità introdotte dal D.P.R. 120/2017
- II. Quadro normativo di riferimento in materia di gestione
- III. Gestione delle terre e rocce da scavo contenenti matrici materiali di riporto.

Nel caso in cui la produzione di terre e rocce da scavo avvenga in siti sottoposti a VIA o AIA si applicano anche i commi 3-4-5 dell'Art. 2 e risulta necessario predisporre un **Piano preliminare di utilizzo in sito delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti** redatto ai sensi dell'art. 24 comma 3 D.P.R. n. 120/17). In questo caso l'art. 4 del D.P.R. 120/2017 stabilisce la **predisposizione in fase di progettazione o prima dell'inizio dei lavori delle analisi chimiche** (in conformità al Piano preliminare) **e di un progetto specifico delle attività da inviare ad ARPA ed all'autorità competente prima dell'avvio dei lavori.**

- **essere gestito con la qualifica di “rifiuto speciale”**, quindi trasportato all'esterno dal sito e conferito in discarica autorizzata (art. 184 D. Lgs. 152/2006 e s.m.i.) nel rispetto di tutte le normative sui rifiuti vigenti:

3. Sono rifiuti speciali:

- a) i rifiuti da attività agricole e agro-industriali, ai sensi e per gli effetti dell'[art. 2135 c.c.](#);
(lettera così modificata dall'articolo 11 del d.lgs. n. 205 del 2010)
- b) i rifiuti derivanti dalle attività di demolizione, costruzione, nonché i rifiuti che derivano dalle attività di scavo, fermo restando quanto disposto dall'articolo 184-bis;**
(lettera così sostituita dall'articolo 11 del d.lgs. n. 205 del 2010)
- c) i rifiuti da lavorazioni industriali;
(lettera così modificata dall'articolo 2, comma 21-bis, d.lgs. n. 4 del 2008)
- d) i rifiuti da lavorazioni artigianali;
- e) i rifiuti da attività commerciali;
- f) i rifiuti da attività di servizio;
- g) i rifiuti derivanti dalla attività di recupero e smaltimento di rifiuti, i fanghi prodotti dalla potabilizzazione e da altri trattamenti delle acque e dalla depurazione delle acque reflue e da abbattimento di fumi;
- h) i rifiuti derivanti da attività sanitarie;

Sulla base del recente D.P.R. 120/2017 (Art. 23) è stata disciplinata la possibilità di disporre il deposito temporaneo, in attesa del conferimento:

Art. 23.

Disciplina del deposito temporaneo delle terre e rocce da scavo qualificate rifiuti

1. Per le terre e rocce da scavo qualificate con i codici dell'elenco europeo dei rifiuti 17.05.04 o 17.05.03* il deposito temporaneo di cui all'articolo 183, comma 1, lettera bb), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, si effettua, attraverso il raggruppamento e il deposito preliminare alla raccolta realizzati presso il sito di produzione, nel rispetto delle seguenti condizioni:

a) le terre e rocce da scavo qualificate come rifiuti contenenti inquinanti organici persistenti di cui al regolamento (CE) 850/2004 sono depositate nel rispetto delle norme tecniche che regolano lo stoccaggio dei rifiuti contenenti sostanze pericolose e sono gestite conformemente al predetto regolamento;

b) le terre e rocce da scavo sono raccolte e avviate a operazioni di recupero o di smaltimento secondo una delle seguenti modalità alternative: 1) con cadenza almeno trimestrale, indipendentemente dalle quantità in deposito; 2) quando il quantitativo in deposito raggiunga complessivamente i 4000 metri cubi, di cui non oltre 800 metri cubi di rifiuti classificati come pericolosi. In ogni caso il deposito temporaneo non può avere durata superiore ad un anno;

c) il deposito è effettuato nel rispetto delle relative norme tecniche;

d) nel caso di rifiuti pericolosi, il deposito è realizzato nel rispetto delle norme che disciplinano il deposito delle sostanze pericolose in essi contenute e in maniera tale da evitare la contaminazione delle matrici ambientali, garantendo in particolare un idoneo isolamento dal suolo, nonché la protezione dall'azione del vento e dalle acque meteoriche, anche con il convogliamento delle acque stesse.

- **essere qualificato e destinato ad utilizzo come sottoprodotto (terre e rocce da scavo)** ai sensi dell'art. 184 bis comma 1 del *D.Lgs 152/06* e art. 4 del D.P.R. n. 120 del 13/06/2017:

184-bis. Sottoprodotto

(articolo introdotto dall'articolo 12 del d.lgs. n. 205 del 2010)

1. È un sottoprodotto e non un rifiuto ai sensi dell'articolo 183, comma 1, lettera a), qualsiasi sostanza od oggetto che soddisfa tutte le seguenti condizioni:

- a) la sostanza o l'oggetto è originato da un processo di produzione, di cui costituisce parte integrante, e il cui scopo primario non è la produzione di tale sostanza od oggetto;
- b) è certo che la sostanza o l'oggetto sarà utilizzato, nel corso dello stesso o di un successivo processo di produzione o di utilizzazione, da parte del produttore o di terzi;
- c) la sostanza o l'oggetto può essere utilizzato direttamente senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;
- d) l'ulteriore utilizzo è legale, ossia la sostanza o l'oggetto soddisfa, per l'utilizzo specifico, tutti i requisiti pertinenti riguardanti i prodotti e la protezione della salute e dell'ambiente e non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o la salute umana.

Riguardo le modalità con cui verificare la conformità all'art. 184 bis del D.Lgs 152/06 e s.m.i. ed attuare in fase progettuale ed esecutiva l'utilizzo delle terre e rocce da scavo, **sono negli ultimi anni occorse numerose modifiche legislative soprattutto tra il 2012 ed il 2013.**

Tuttavia **il quadro normativo/applicativo appariva alla luce di questi "interventi normativi" piuttosto confuso e contraddittorio** con varie associazioni di categoria che avevano avviato richieste di chiarimenti agli Organi Competenti, soprattutto in riferimento alle normative da applicare a siti con volumi di scavo > 6.000 mc e non soggetti a VIA e AIA.

Con la ***L. 98 del 09/08/2013 (Legge del Fare – Conversione con modificazioni, del D. L. 69 del 21/06/2013 – Disposizioni urgenti per il rilancio dell'Economia)*** si era modificato il quadro normativo pervenendo ad un assetto piuttosto definito seppure rimandando a molteplici normative e risultando carente rispetto a numerose casistiche di applicazione.

Ad Agosto 2017 è entrato infine in vigore il ***D.P.R. 120/2017 del 13/06/2017 (Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione terre e rocce da scavo, ai sensi dell'Art.8 del D.L. 12 settembre 2014, n.133, convertito con modificazioni dalla Legge 11 Novembre 2014, n. 164)*** che ha introdotto una disciplina completa che sostituisce ed integra la precedente.

In particolare l'**Art. 4** stabilisce i Criteri per qualificare le terre e rocce da scavo come sottoprodotti:

Art. 4.

*Criteri per qualificare le terre e rocce
da scavo come sottoprodotti*

1. In attuazione dell'articolo 184-bis, comma 1, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, il presente Capo stabilisce i requisiti generali da soddisfare affinché le terre e rocce da scavo generate in cantieri di piccole dimensioni, in cantieri di grandi dimensioni e in cantieri di grandi dimensioni non sottoposti a VIA e AIA, siano qualificati come sottoprodotti e non come rifiuti, nonché le disposizioni comuni ad esse applicabili. Il presente Capo definisce, altresì, le procedure per garantire che la gestione e l'utilizzo delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti avvenga senza pericolo per la salute dell'uomo e senza recare pregiudizio all'ambiente.

2. Ai fini del comma 1 e ai sensi dell'articolo 183, comma 1, lettera qq), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, le terre e rocce da scavo per essere qualificate sottoprodotti devono soddisfare i seguenti requisiti:

a) sono generate durante la realizzazione di un'opera, di cui costituiscono parte integrante e il cui scopo primario non è la produzione di tale materiale;

b) il loro utilizzo è conforme alle disposizioni del piano di utilizzo di cui all'articolo 9 o della dichiarazione di cui all'articolo 21, e si realizza:

1) nel corso dell'esecuzione della stessa opera nella quale è stato generato o di un'opera diversa, per la realizzazione di reinterri, riempimenti, rimodellazioni, rilevati, miglioramenti fondiari o viari, recuperi ambientali oppure altre forme di ripristini e miglioramenti ambientali;

2) in processi produttivi, in sostituzione di materiali di cava;

c) sono idonee ad essere utilizzate direttamente, ossia senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;

d) soddisfano i requisiti di qualità ambientale espressamente previsti dal Capo II o dal Capo III o dal Capo IV del presente regolamento, per le modalità di utilizzo specifico di cui alla lettera b).

3. Nei casi in cui le terre e rocce da scavo contengano materiali di riporto, la componente di materiali di origine antropica frammisti ai materiali di origine naturale non può superare la quantità massima del 20% in peso, da quantificarsi secondo la metodologia di cui all'allegato 10. Oltre al rispetto dei requisiti di qualità ambientale di cui al comma 2, lettera d), le matrici materiali di riporto sono sottoposte al test di cessione, effettuato secondo le metodiche di cui al decreto del Ministro dell'ambiente del 5 febbraio 1998, recante «Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero», pubblicato nel supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 88 del 16 aprile 1998, per i parametri pertinenti, ad esclusione del parametro amianto, al fine di accertare il rispetto delle concentrazioni soglia di contaminazione delle acque sotterranee, di cui alla Tabella 2, Allegato 5, al Titolo 5, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, o, comunque, dei valori di fondo naturale stabiliti per il sito e approvati dagli enti di controllo.

Nel Novembre 2017 sono stati inoltre forniti da parte del Ministero per l'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM – registro uff. Protocollo 0015786.10-11-2017) alcuni **“Chiarimenti Interpretativi – Disciplina delle matrici materiali di riporto”** con specifico riferimento a:

- I. Definizione e qualificazione giuridica delle matrici materiali di riporto. Le novità introdotte dal D.P.R. 120/2017
- II. Quadro normativo di riferimento in materia di gestione
- III. Gestione delle terre e rocce da scavo contenenti matrici materiali di riporto.

Con il D.P.R. 120/17 (**Regolamento recante disciplina semplificata della gestione terre e rocce da scavo ai sensi dell'art. 8 del D.L. n. 133 12/09/2014 con modificazioni dalla L. 11/11/2014 n. 164**), vigente dal 22/08/2017, si perviene ad un quadro normativo che può essere così sintetizzato:

REGIME DI APPLICAZIONE DELL'ART. 184 BIS – D. Lgs. 152/05 e s.m.i.

Riferimenti Normativi

<p style="text-align: center;">Siti di grandi dimensioni soggetti a VIA e AIA <i>Come definiti nell'articolo 2, comma 1, lettera u del D.P.R. 120/17</i></p>	<p style="text-align: center;">Siti di piccole dimensioni <i>come definiti nell'articolo 2, comma 1, lettera t del D.P.R. 120/17</i></p> <p style="text-align: center;">Siti di grandi dimensioni non soggetti a VIA o AIA <i>Come definiti nell'articolo 2, comma 1, lettera v del D.P.R. 120/17</i></p>
<p>Ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. 120/17 per verificare il regime di applicazione dell'articolo 184 bis per Siti di grandi dimensioni soggetti a VIA e AIA devono essere rispettati i requisiti di cui all'Art. 4 del D.P.R. 120/17 e si applica il <u>Capo II dello stesso D.P.R. che comprende gli artt. da 9 a 18</u> solo se, <i>sulla base della caratterizzazione ambientale effettuata in conformità agli allegati 1 e 2 del D.P.R. 120/17</i> siano soddisfatti i requisiti di qualità ambientale previsti dall'<u>Allegato 4 dello stesso D.P.R. 120/2017 per le modalità di utilizzo specifico.</u></p> <p>Per questi siti si applicano le procedure dell'<u>Allegato 1 e 2 del DPR 120/2017</u> ed è necessario redigere un <u>Piano di Utilizzo delle terre e rocce da scavo</u> (art. 9 del D.P.R. n. 120 del 13/06/2017 e <u>All. 5</u>) al fine di comprovare la sussistenza dei requisiti da soddisfare affinché i materiali da scavo siano considerati sottoprodotti e non rifiuti (ai sensi dell'Art. 183 c.1 lett. qq del D. Lgs. 152/06 e s.m.i.).</p> <p>Il Piano di Utilizzo deve essere presentato dal proponente all'Autorità Competente ed all'Agenzia di protezione ambientale almeno <u>90 gg prima dell'inizio dei lavori</u> e, nel caso di opera soggetta a VIA o AIA, prima della conclusione del procedimento.</p> <p>Per la redazione del Piano di Utilizzo è indispensabile l'esecuzione di una <u>caratterizzazione ambientale del sito</u> predisposta con prelievo di campioni di terreno fino alle profondità di scavo e secondo un numero minimo di punti d'indagine pari a 3 (siti con superficie di scavo <2500 mq) ed in ogni caso in stretta conformità con quanto prescritto dagli allegati dello stesso D.P.R. 120/2017.</p>	<p>Ai sensi dell'art. 20 e dell'art. 22 del D.P.R. 120/17 per verificare il regime di applicazione dell'articolo 184 bis per <u>siti di piccole dimensioni < 6000 mc e siti di grandi dimensioni (> 6000 mc) non soggetti a VIA o AIA</u> devono essere rispettati i requisiti di cui all'Art. 4 del D.P.R. 120/17 e si applicano il <u>Capo III (artt. 20 e 21) e Capo IV (art. 22)</u> se il produttore dimostra, qualora siano destinate a recuperi, ripristini, rimodellamenti, riempimenti ambientali o altri utilizzi sul suolo, che <u>non siano superati i valori delle concentrazioni soglia di contaminazione di cui alle colonne A e B, Tabella I, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, con riferimento alle caratteristiche delle matrici ambientali e alla destinazione d'uso urbanistica del sito di destinazione, e che le terre e rocce da scavo non costituiscono fonte diretta o indiretta di contaminazione per le acque sotterranee, fatti salvi i valori di fondo naturale.</u></p> <p>Per la gestione delle terre e rocce da scavo il produttore attesta il rispetto dei requisiti richiesti mediante la <u>predisposizione e la trasmissione della dichiarazione di cui all'Art. 21 - Dichiarazione di utilizzo per i cantieri di piccole dimensioni</u> secondo le procedure e le modalità indicate negli articoli 20 e 21. (<u>All. 6 alla D.P.R. 120/2017</u>) da trasmettere almeno <u>15 gg prima dell'inizio lavori di scavo</u> al comune del sito di produzione ed all'Agenzia di protezione ambientale territorialmente competente (ARPA).</p>
<p>Per tutti i tipi di sito si applicano gli <u>Artt. 4, 5, 6 e 7 del D.P.R. 120/2017</u> e pertanto in particolare:</p> <ul style="list-style-type: none"> • devono essere verificati i requisiti di qualità ambientale dei materiali di scavo mediante una <u>procedura di caratterizzazione chimico fisica e accertamento delle qualità ambientali</u> in applicazione dell'<u>Allegato 4 al D.P.R. 120/2017</u> con prelievo di campioni di terreno e successiva analisi chimica. • Deve essere utilizzato il <u>Modulo di trasporto</u> di cui all'<u>Allegato 7 al D.P.R. 120/2017</u> • Deve essere prodotta la <u>Dichiarazione di Avvenuto Utilizzo (DAU – Allegato 8 al D.P.R. 120/2017)</u> entro i termini di validità del Piano di Utilizzo (siti di grandi dimensioni soggetti a VIA o AIA) o della dichiarazione di cui all'art. 21 (siti di piccole dimensioni o di grandi dimensioni non soggette a VIA o AIA) 	

Vengono inoltre definitivamente abrogati dal D.P.R. 120/2017 il *D.M. n. 161* del 10/08/2012, l'*art. 184-bis comma 2-bis*, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e gli *articoli 41, comma 2, e 41-bis* del decreto legge 21 giugno 2013, n. 69, convertito, con modificazioni, dalla legge 9 agosto 2013, n. 98.

Nel caso di attività da scavo da realizzare in siti oggetto di bonifica (già caratterizzati ai sensi dell'articolo 242 del D.lgs 152/2006) si applica il Titolo V (Artt. 25 e 26) e risulterà necessario un piano di dettaglio comprensivo della lista degli analiti da ricercare concordato con ARPA; quest'ultima rilascia parere ed eventuali prescrizioni entro 30 gg dalla presentazione della richiesta. Il proponente 30 gg prima dell'avvio dei lavori trasmette e predispone di un *piano operativo degli interventi* e dettagliato cronoprogramma con indicazione della data di inizio lavori (art. 25 D.P.R. 120/17). Sarà necessario in ogni caso garantire la conformità dei materiali da scavo alle CSC per la specifica destinazione d'uso o ai valori di fondo naturale (art. 26 D.P.R. 120/17).

Si ritiene pertanto opportuno per l'intervento di progetto, laddove sia verificata la mancanza di procedure VIA o AIA, scegliere la procedura di utilizzo (in situ o fuori situ ovvero quale rifiuto speciale) e definire la normativa più idonea da adottare.

Alla luce del quadro normativo esposto, sia in caso di utilizzo entro sito che riutilizzo fuori sito viene richiesta la predisposizione di analisi chimiche dei terreni; in funzione alle procedure prettamente tecniche e qualificate richieste dal D.P.R. 120/2017 si consiglia vivamente di predisporre un Piano di Caratterizzazione Ambientale sotto la direzione del Geologo e/o di idonea figura professionale che potrà essere utilizzato, comunque, sia ai sensi del Capo III e IV del D.P.R 120/2017 per l'applicazione del regime di art. 184 bis del D. Lgs. 152/06 e s.m.i. (ri-utilizzo fuori sito) sia ai sensi del Titolo IV del D.P.R.120/2017 per la verifica dei "suoli non contaminati" per l'applicazione del regime dell'art. 185 del D. Lgs. 152/06 e s.m.i. (ri-utilizzo in sito).

9 COMPATIBILITA' DELL'INTERVENTO DI PROGETTO CON LE RISULTANZE DELLO STUDIO GEOLOGICO E CON LE NORMATIVE GEOLOGICHE DI FATTIBILITA', DI VINCOLO E DI PERICOLOSITA' SISMICA - CONCLUSIONI

Dall'analisi della più recente cartografia riferibile alla *Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio* è stato verificato che il sito di progetto ricade entro la *Classe di Fattibilità 2b con modeste limitazioni* definita come “Aree caratterizzate dall'affioramento di terreni dotati di discrete caratteristiche fisico-meccaniche” (*Carta di Fattibilità - Tav. 13 N - Documento di Piano – Aggiornamento della componente geologica, idrogeologica e sismica ai sensi della L.R. 12/05 e s.m.i.*” - Dott. Geol. M. Conti e Dott. Geol. A. Conti - Marzo 2009 – Rev. Giugno 2011).

Nello stesso studio geologico di supporto al PGT non si segnala la presenza, presso l'area d'interesse, di normative di vincolo correlate agli elementi idrografici appartenenti al Reticolo Idrico Minore o ad altre problematiche geologiche-idrogeologiche-geomorfologiche (*Carta dei Vincoli - Tav. 7 N - Documento di Piano – Aggiornamento della componente geologica, idrogeologica e sismica ai sensi della L.R. 12/05 e s.m.i.*” - Dott. Geol. M. Conti e Dott. Geol. A. Conti - Marzo 2009- Giugno 2011).

Presa visione del PGRA (*Piano di Gestione del Rischio Alluvioni – D.G.R. X/6738/2017*) è stato verificato che l'area di interesse non risulta inclusa entro *aree a pericolosità e rischio alluvione*.

Sono state prese in esame le condizioni geologiche-geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area di intervento e di quelle ad essa limitrofe (vedi Cap. 2). E' stato quindi predisposto un inquadramento sismotettonico e della sismicità dell'area gardesana (vedi Cap. 3).

Mediante i rilievi geologici ed i dati geotecnici e geofisici raccolti (Cap. 4) è stato possibile eseguire gli approfondimenti relativi alle caratteristiche geotecniche dei terreni, compatibili con la *classe di fattibilità 2b* individuata, e formulare una proposta di modello geologico-geotecnico-geofisico (vedi Cap. 5).

Dal punto di vista della Pericolosità Sismica Locale l'area è stata classificata nell'*Aggiornamento della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio – Giugno 2011- Dott. Geol. A. Conti* entro lo scenario **Z4c “Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)”**

Per quanto concerne la *stabilità alla liquefazione* si è ritenuto il sito d'interesse soggetto ad esclusione alla verifica alla liquefazione ai sensi del D.M. 17/01/18 (§ 6.4.2) in funzione della litologia prevalente stimata (ghiaiosa), della presenza di falde a profondità superiore a 10-15 m dal p.c. e delle caratteristiche geotecniche dei terreni

In relazione al modello geotecnico-sismostratigrafico e geomorfologico del sito sono state quindi definite la *Categoria di Sottosuolo* e la *Categoria Topografica*, che potranno essere utilizzate per la stima dell'Azione Sismica e più in generale per la progettazione delle opere (§6.1).

L'analisi di 2° livello eseguita ai sensi dell'All.5 della D.G.R. 9/2616/2011 ha permesso di verificare che, per quanto concerne l'amplificazione litologica (Z4c) i parametri sismici della normativa più recente (D.M.14/01/08, D.M.17/01/18, OPCM 3519 del 27/04/2006) sono sufficienti a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica assumendo in progetto la Categoria di Sottosuolo B per edifici con periodo T compreso tra 0,1 s e 0,5 s e con periodo T compreso tra 0,5 s e 1,5 s.

Sono quindi stati indicati (§6.2) gli Spettri di Risposta Elastici ed i Parametri di Pericolosità Sismica definiti dalle più recenti normative per il sito di progetto (risultati del progetto S1 – INGV). Per una più mirata definizione della Risposta Sismica Locale per il sito, tenuto conto della tipologia degli edifici di progetto (§2.4.2 NTC-18) e della conseguente strategia di progettazione ordinaria, sono stati definiti i periodi di ritorno T_R , ed i relativi Spettri di Risposta Elastici e quindi parametri a_g , F_0 e T_c^* , associati a ciascun Stato Limite. Sono stati infine valutati i valori di amplificazione litologica (S_s) e morfologica di sito (S_t) per alcuni Stati Limite (§6.3).

Tali dati potranno essere utilizzati dal Tecnico Progettista delle Strutture per la determinazione dell'Azione Sismica di Progetto e quindi dello Spettro di Progetto Elastico (SLE) o Inelastico (SLU).

Sulla base del modello geologico-geotecnico definito sono pertanto state identificate le unità geotecniche a caratteristiche geotecniche idonee alla posa delle strutture di fondazione e le modalità progettuali da adottare (vedi Cap. 7 e §8.1) per le nuove strutture di fondazione e più in generale per la corretta realizzazione delle opere.

Sono state date indicazioni circa le operazioni di scavo e la loro esecuzione in condizioni di sicurezza (§8.1); sono state date indicazioni riguardo le linee guida generali per il riutilizzo di eventuali materiali escavati in adempimento alle normative vigenti (§ 8.2).

Sulla base di quanto sopradescritto l'intervento di progetto, se eseguito secondo le prescrizioni del presente studio risulta compatibile con la Classe di Fattibilità Geologica individuata e con le Normative di Vincolo Geologico e di Pericolosità Sismica vigenti e con le limitazioni derivanti dal PGRA.

Essendo il modello geologico-geotecnico proposto ipotizzato sulla base di indagini puntuali ed eseguite in siti limitrofi, si richiede la verifica delle ipotesi fatte nella presente relazione con particolare riguardo alla verifica dello spessore della coltre vegetale/rimaneggiata e della presenza di eventuali lenti di depositi superficiali.

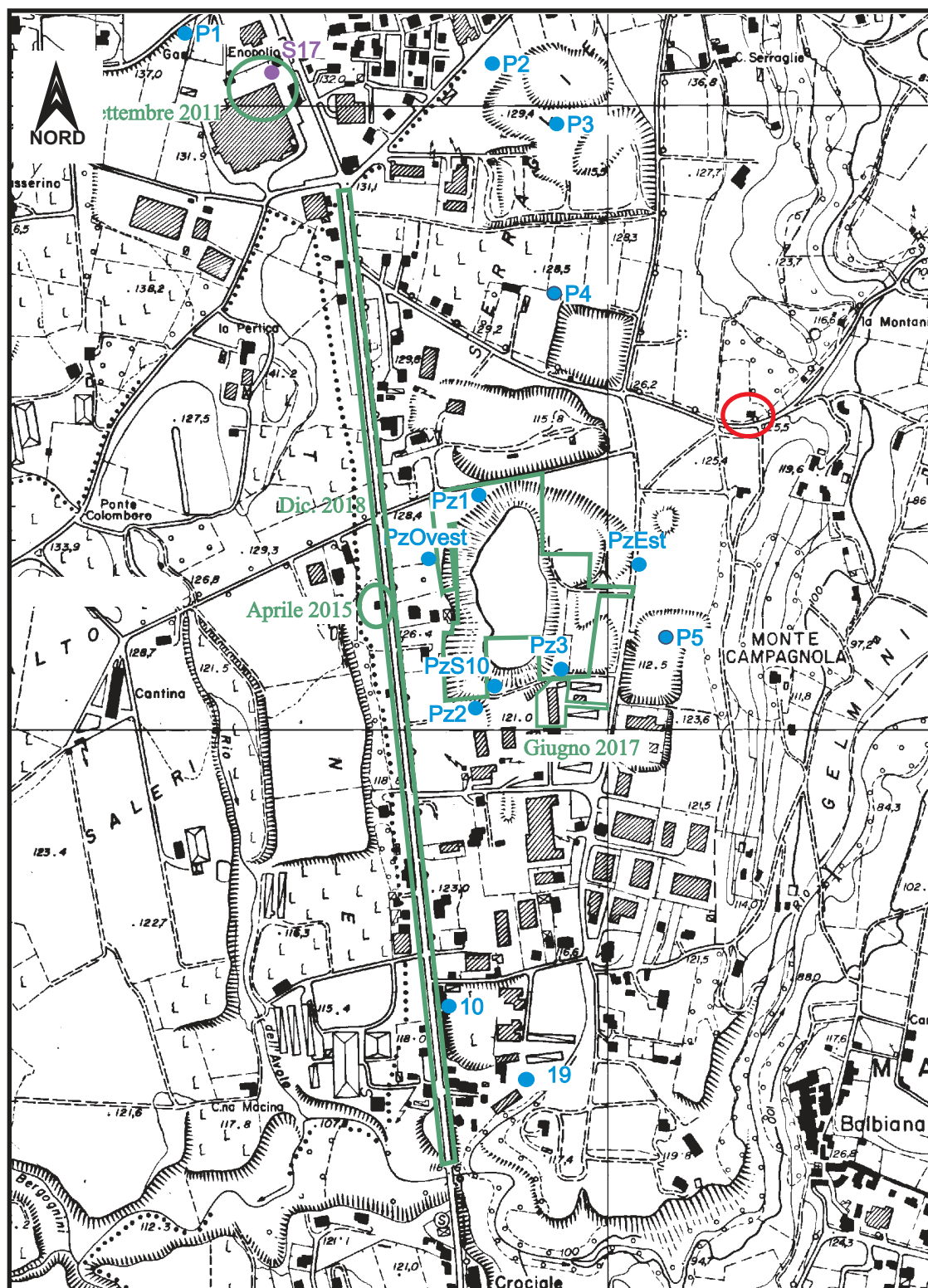
Si specifica che in adempimento alla normativa vigente (D.M. 17/01/18 e D.G.R 10/5001/2016) la presente relazione geologica può essere utilizzata solo per i siti indicati ed in riferimento agli interventi come definiti nelle tavole cartografiche e nei paragrafi illustrativi. Si diffida qualsiasi differente utilizzo, che sarà perseguibile a norma di legge.

Lonato del Garda, 04/05/2022

Dott. Geol. Damiano Scalvini

COROGRAFIA CON UBICAZIONE DI POZZI E INDAGINI PRECEDENTI

Scala 1:10.000



LEGENDA



Area in esame

Settembre 2011



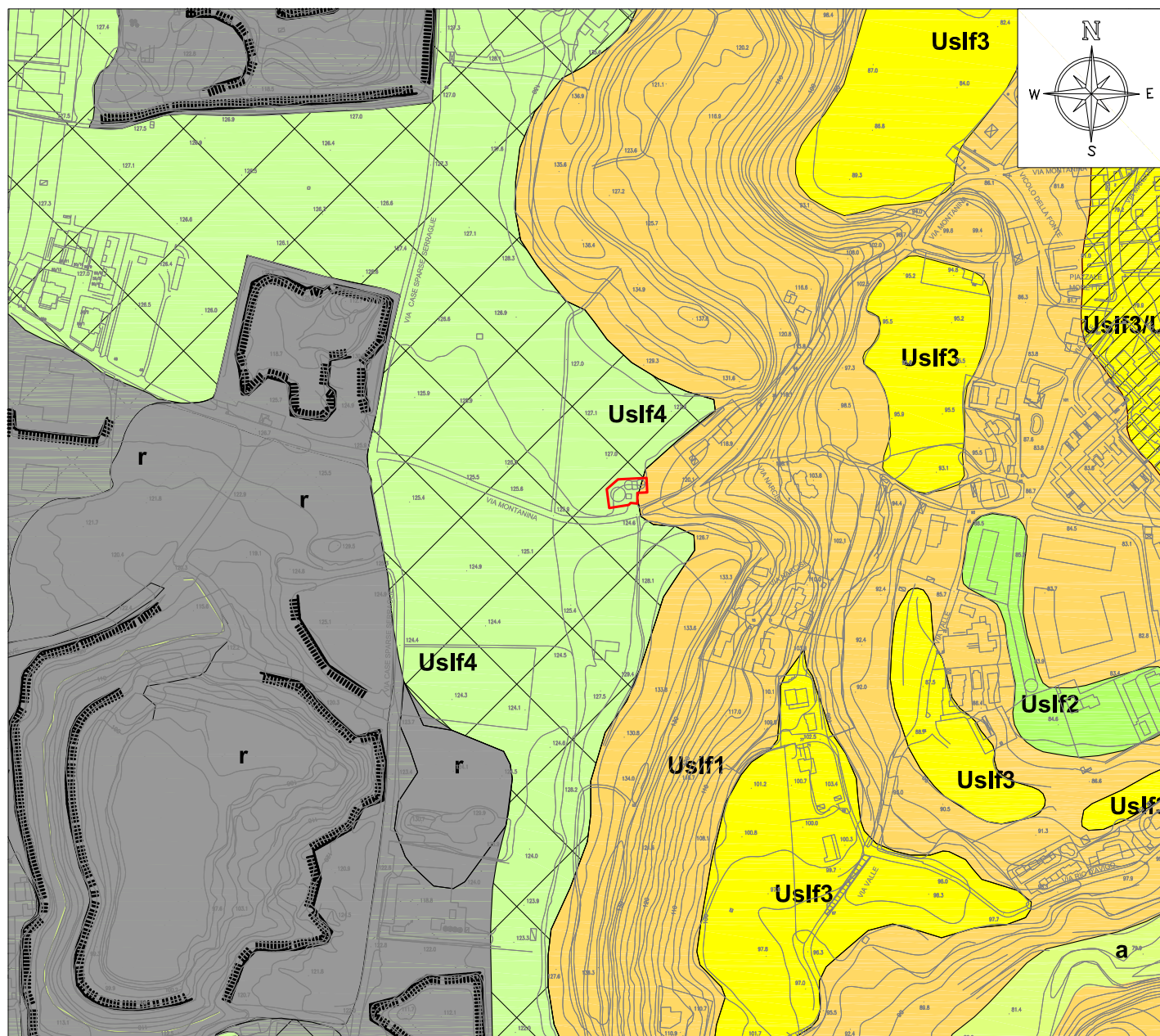
Ubicazione precedenti indagini



P5 Pozzo con stratigrafia



S17 Sondaggio/piezometro eseguito nel 2005



Legenda

Area di intervento

UNITA' POSTGLACIALE

Materiali di riporto

COPERTURE QUATERNARIE

UNITA' DI SOLFERINO (*Pleistocene superiore*)

Depositi glaciali

Depositi glaciolacustri di depressione intermorenica o di fronte glaciale

Depositi di contatto glaciale

Depositi fluvioglaciali delle cerchie interne
 a) depositi grossolani, ghiaioso sabbiosi
 b) depositi fini sabbioso limosi

ELEMENTI GEOMORFOLOGICI

Forme, processi e depositi per acque superficiali

Orlo di scarpata di contatto glaciale < 10 m

Orlo di scarpata antropica

ESTRATTI DA:

*CAMPAGNA DI INDAGINE PER INTERVENTO EDILIZIO IN VIA CAMPAGNOLA
IN TERRITORIO DI MANERBA D/G
Aprile 2015*

	LOCALITA': Via Campagnola - Manerba del Garda (BS)		SCAVO	
	COMMITTENTE:		SCAVO	SC1
	Quota della sommità :		p.c.	DATA 24/04/2015
	SCALA	1:25	DIMENSIONI SCAVO (BxL)	1.00 x 0.60
			PAG.	1/1

Profondità (m. dal p.c.)	Sezione Terreno	Campioni di terreno prelevato per eventuale analisi chimica di laboratorio	Prova di permeabilità	DESCRIZIONE LITOLOGICA
		0,00		TERRENO RIMANEGGIATO Ghiaia e sabbia medio grossolana, asciutta, di colore grigio.
0,60		S1C1* S1C1 TQ**		Sabbia e ghiaia debolmente limosa, con ciottoli e con rari frammenti di laterizio, da asciutta a debolmente umida, di colore marrone-beige.
2,70		2,70 2,70		TERRENO NATURALE Ghiaia medio grossolana e sabbia con ciottoli, umida, di colore beige-marrone
3,10		S1C2 3,10		La descrizione dei terreni è stata eseguita utilizzando il criterio granulometrico per la descrizione delle terre (AGI 1977), secondo cui il terreno viene denominato gerarchicamente con il nome della frazione percentuale maggiore. Successivamente, la frazione gerarchicamente inferiore viene introdotta con il termine “ <i>con</i> ” se la percentuale è compresa tra il 25% e il 50% oppure con il suffisso “ <i>...oso</i> ” se la percentuale è compresa tra il 10% e il 25%, oppure dal suffisso “ <i>debolmente ...oso</i> ” se la percentuale è compresa tra il 5% e il 10 %. Nella nomenclatura si trascura la frazione inferiore al 5%.

	LOCALITA': Via Campagnola - Manerba del Garda (BS)	SCAVO	
	COMMITTENTE: .	SCAVO	SC1
		DATA	24/04/2015
	ALLEGATO FOTOGRAFICO	PAG.	1/1



FRONTE DI SCAVO

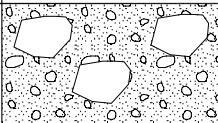
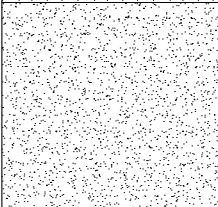
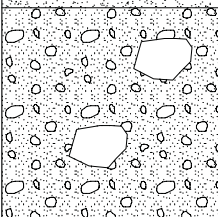


CUMULO DEL TERRENO RIMANEGGIATO



CUMULO DEL TERRENO NATURALE

	LOCALITA': Via Campagnola - Manerba del Garda (BS)		SCAVO	
	COMMITTENTE:		SCAVO	SC2
	Quota della sommità :		p.c.	DATA 24/04/2015
	SCALA	1:25	DIMENSIONI SCAVO (BxL)	1.00 x 0.60
			PAG.	1/1

Profondità (m. dal p.c.)	Sezione Terreno	Campioni di terreno prelevato per eventuale analisi chimica di laboratorio	Prova di permeabilità	DESCRIZIONE LITOLOGICA
0,40		0,00		TERRENO RIMANEGGIATO Ghiaia e ciottoli, con sabbia, di colore grigio
1,10		S2C1* 1,10 1,10		Sabbia grossolana e sabbia cernita, di colore grigio.
1,80		S2C2* 1,80		TERRENO NATURALE Ghiaia grossolana e sabbia con ciottoli, debolmente umida, di colore beige-marrone .
				<p>La descrizione dei terreni è stata eseguita utilizzando il criterio granulometrico per la descrizione delle terre (AGI 1977), secondo cui il terreno viene denominato gerarchicamente con il nome della frazione percentuale maggiore. Successivamente, la frazione gerarchicamente inferiore viene introdotta con il termine “<i>con</i>” se la percentuale è compresa tra il 25% e il 50% oppure con il suffisso “<i>...oso</i>” se la percentuale è compresa tra il 10% e il 25%, oppure dal suffisso “<i>debolmente ...oso</i>” se la percentuale è compresa tra il 5% e il 10 %.</p> <p>Nella nomenclatura si trascura la frazione inferiore al 5%.</p>

	LOCALITA': Via Campagnola - Manerba del Garda (BS)	SCAVO	
	COMMITTENTE:	SCAVO	SC2
		DATA	24/04/2015
	ALLEGATO FOTOGRAFICO	PAG.	1/1



FRONTE DI SCAVO

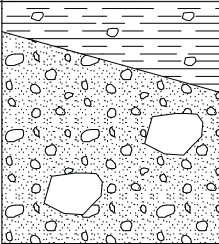


CUMULO DEL TERRENO RIMANEGGIATO



CUMULO DEL TERRENO NATURALE

	LOCALITA': Via Campagnola - Manerba del Garda (BS)		SCAVO	
	COMMITTENTE:		SCAVO	SC3
	Quota della sommità :		p.c.	DATA 24/04/2015
	SCALA	1:25	DIMENSIONI SCAVO (BxL)	1.00 x 0.60
			PAG.	1/1

Profondità (m. dal p.c.)	Sezione Terreno	Campioni di terreno prelevato per eventuale analisi chimica di laboratorio	Prova di permeabilità	DESCRIZIONE LITOLOGICA
0,10/ 0,30		0,10		TERRENO NATURALE Coltre vegetale limoso argillosa con ciottoli.
		S3C1*		Ghiaia medio-grossolana e sabbia con ciottoli, asciutta, di colore grigio-belge.
0,80		0,80		
				<p>La descrizione dei terreni è stata eseguita utilizzando il criterio granulometrico per la descrizione delle terre (AGI 1977), secondo cui il terreno viene denominato gerarchicamente con il nome della frazione percentuale maggiore. Successivamente, la frazione gerarchicamente inferiore viene introdotta con il termine “<i>con</i>” se la percentuale è compresa tra il 25% e il 50% oppure con il suffisso “<i>...oso</i>” se la percentuale è compresa tra il 10% e il 25%, oppure dal suffisso “<i>debolmente ...oso</i>” se la percentuale è compresa tra il 5% e il 10 %.</p> <p>Nella nomenclatura si trascura la frazione inferiore al 5%.</p>

LOCALITA': Via Campagnola - Manerba del Garda (BS)

COMMITTENTE:

ALLEGATO FOTOGRAFICO

SCAVO

SCAVO

SC3

DATA 24/04/2015

PAG. 1/1



FRONTE DI SCAVO



CUMULO DEL TERRENO NATURALE

PROVAPENETROMETRICA(SCPT) n° P1

Data: 02/04/2015

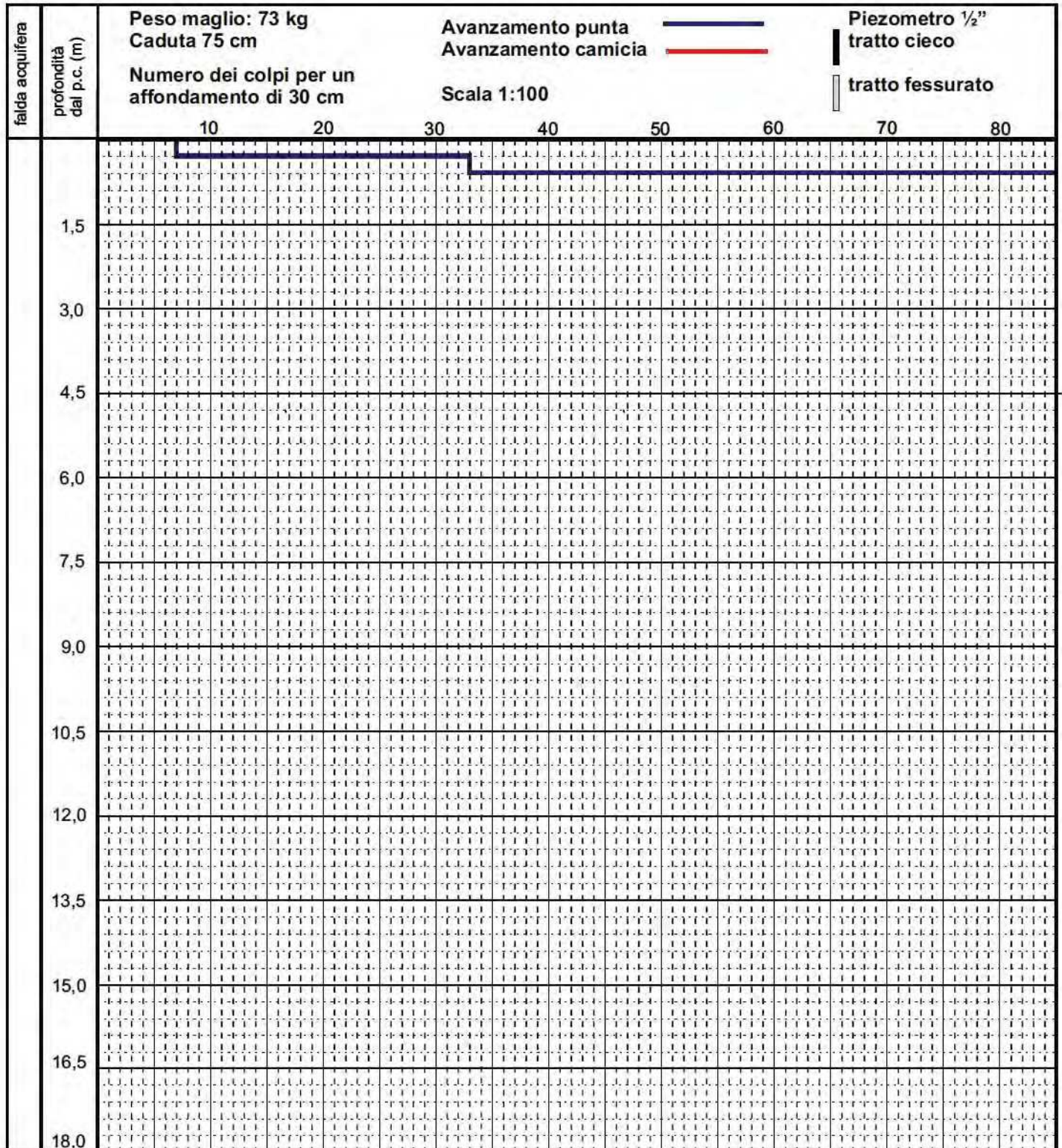
Località: Via Campagnola

Manerba d/G (BS)

Quota inizio: piano campagna

Committente:.

Commessa:



PROVAPENETROMETRICA(SCPT) n° P1 bis

Data: 02/04/2015

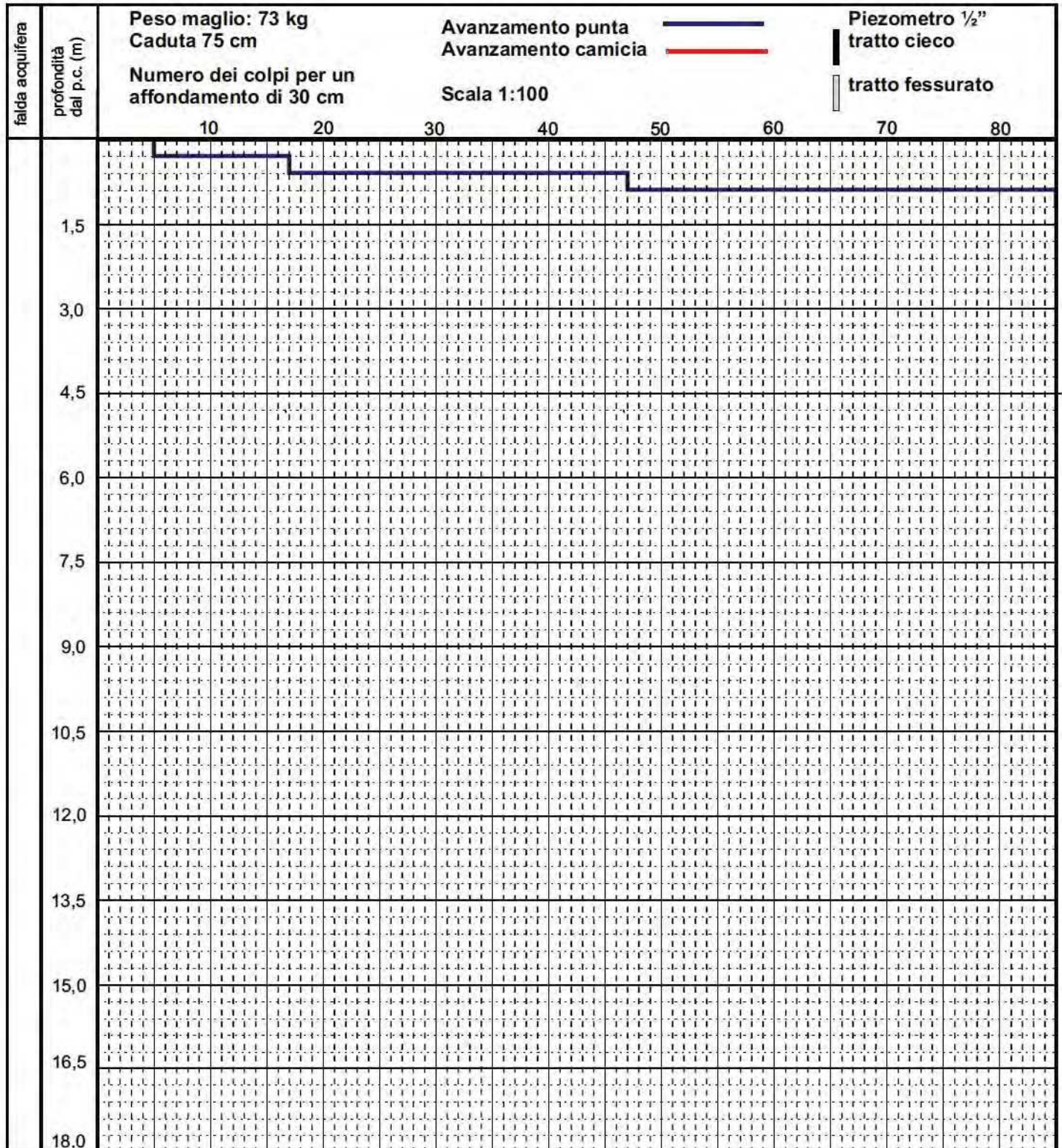
Località: Via Campagnola

Manerba d/G (BS)

Quota inizio: piano campagna

Committente:.

Commessa:



PROVAPENETROMETRICA(SCPT) n° P1 tris

Data: 02/04/2015

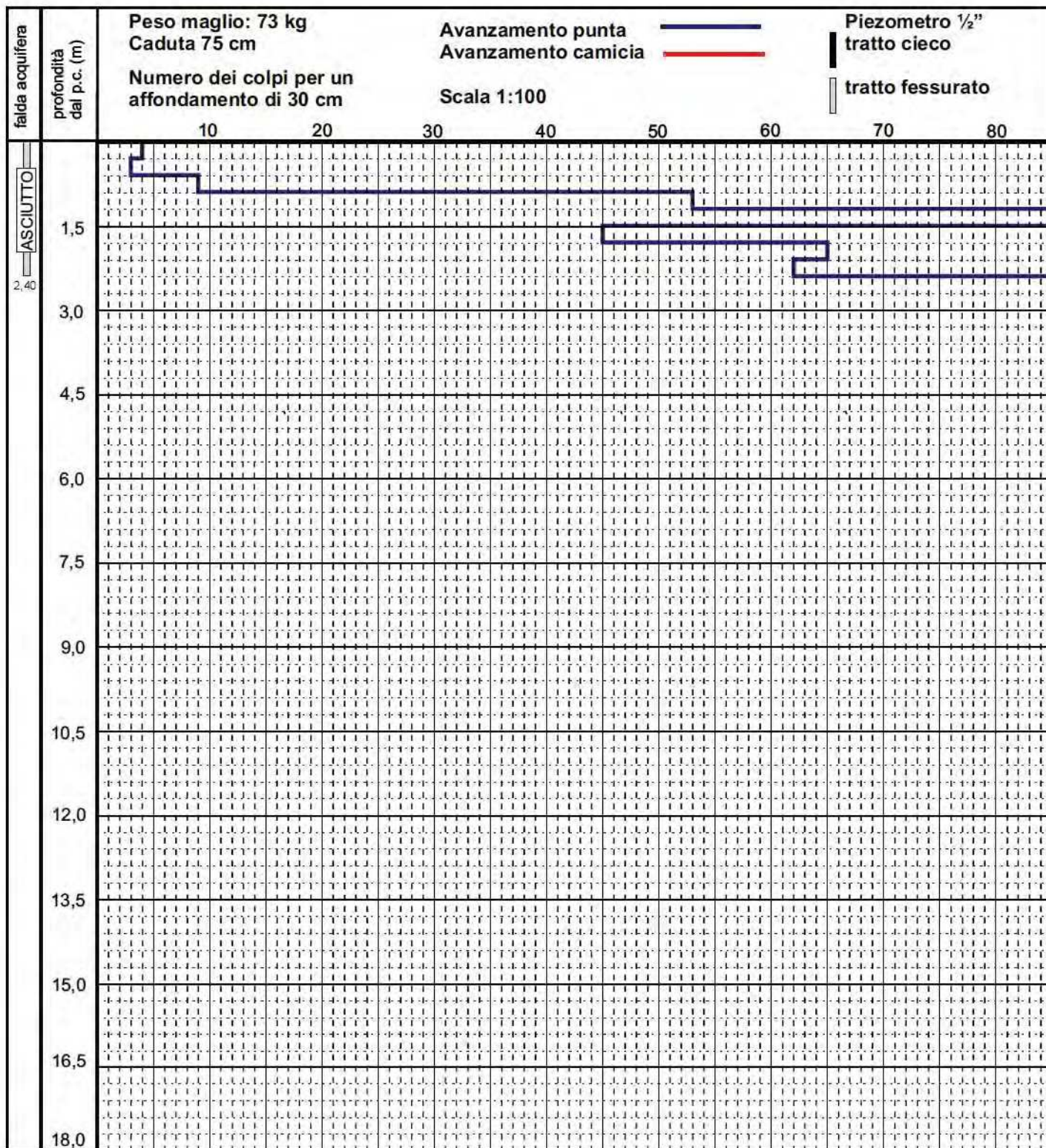
Località: Via Campagnola

Manerba d/G (BS)

Quota inizio: piano campagna

Committente:

Commessa:



Nota: Posa di piezometro 2", successivamente rimosso

PROVAPENETROMETRICA(SCPT) n° P2

Data: 02/04/2015

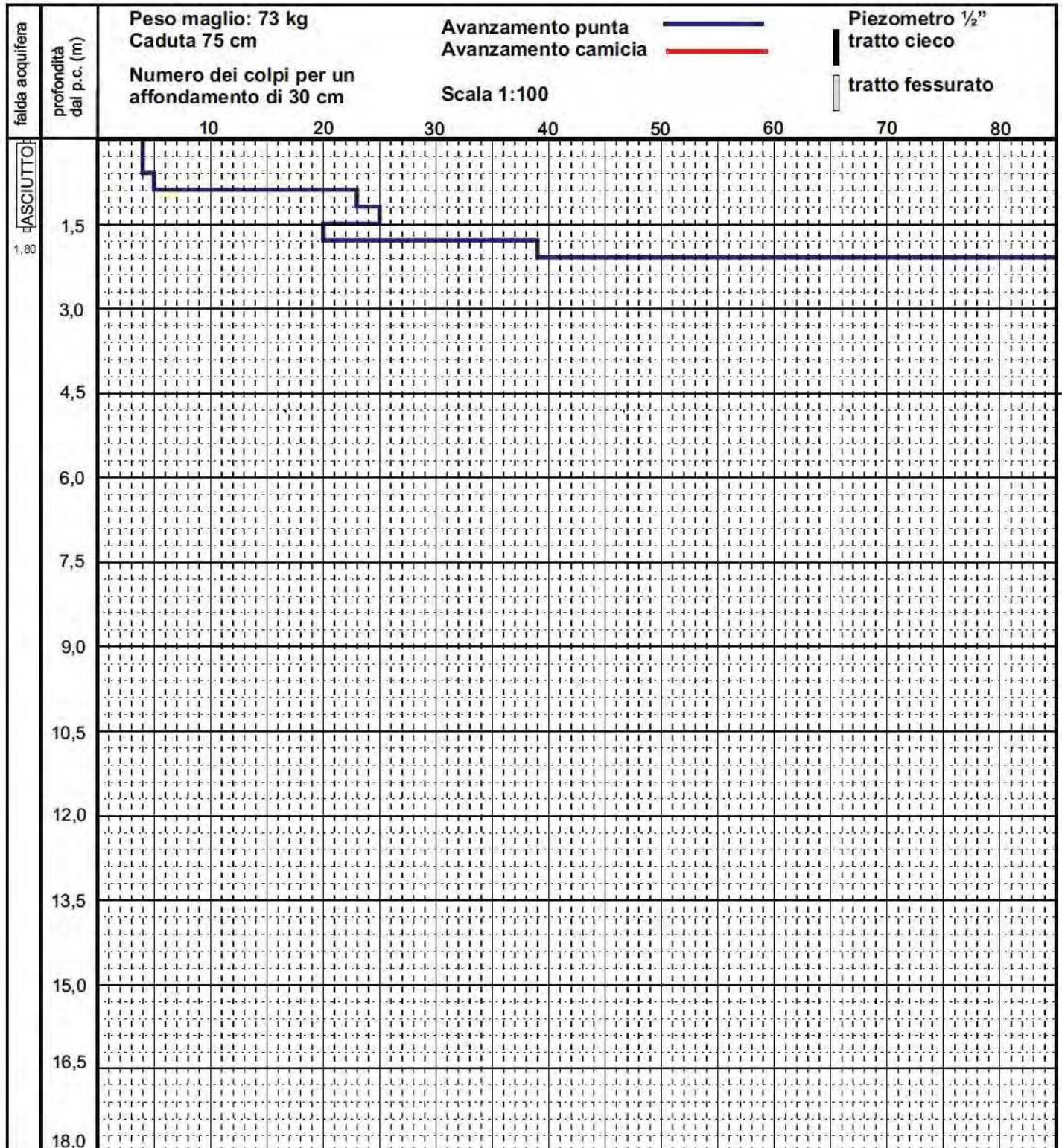
Località: Via Campagnola

Manerba d/G (BS)

Quota inizio: piano campagna

Committente:.

Commessa:



Nota: Posa di piezometro 2", successivamente rimosso

PROVAPENETROMETRICA(SCPT) n° P3

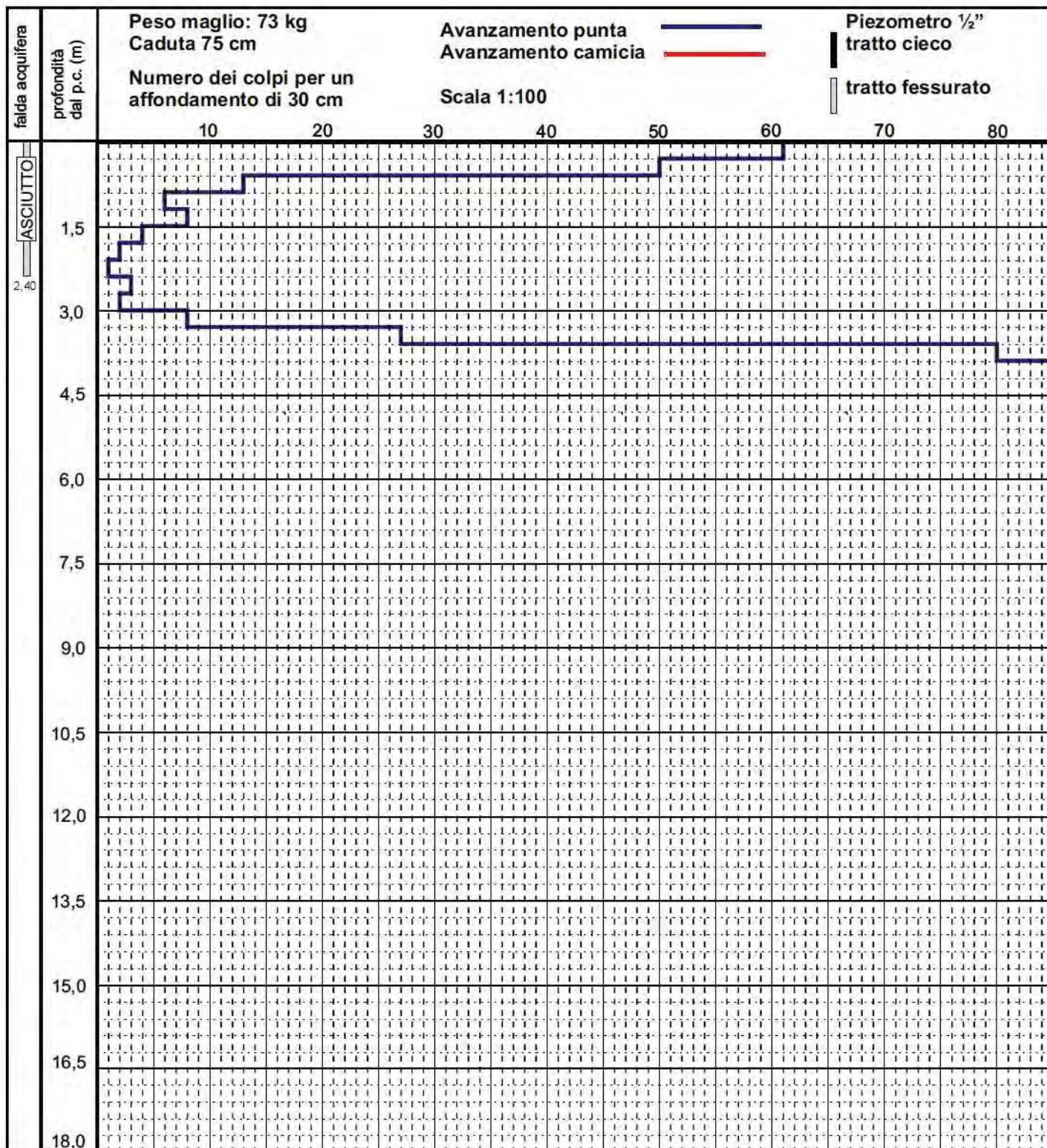
Data: 02/04/2015

Località: Via Campagnola, Manerba d/G (BS)

Quota inizio: piano campagna

Committente:

Commessa:



Nota: Posa di piezometro 2", successivamente rimosso

PROVAPENETROMETRICA(SCPT) n° P4

Data: 02/04/2015

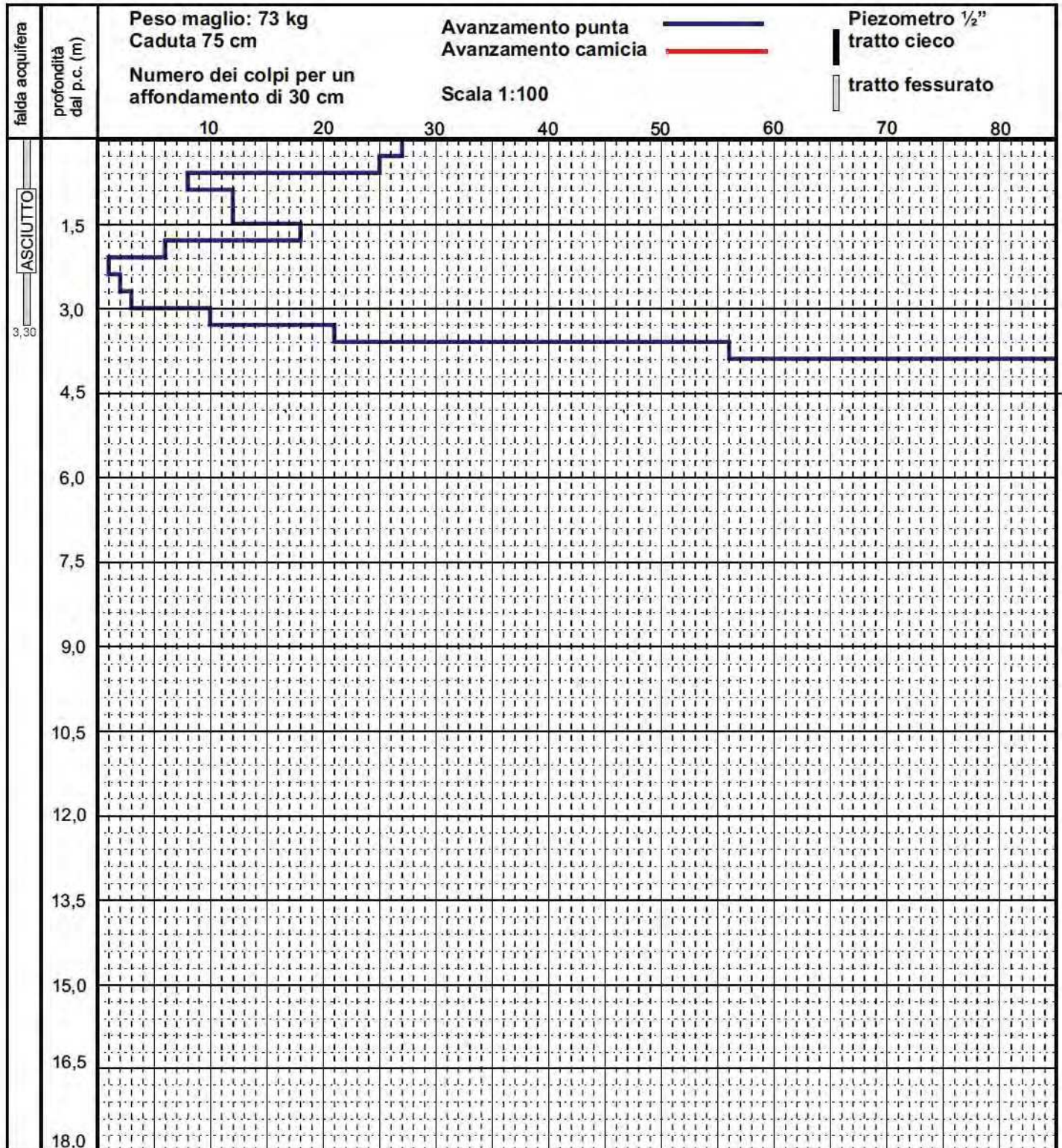
Località: Via Campagnola

Manerba d/G (BS)

Quota inizio: piano campagna

Committente: /

Commessa:



Nota: Posa di piezometro 2", successivamente rimosso

PROVAPENETROMETRICA(SCPT) n° P5

Data: 02/04/2015

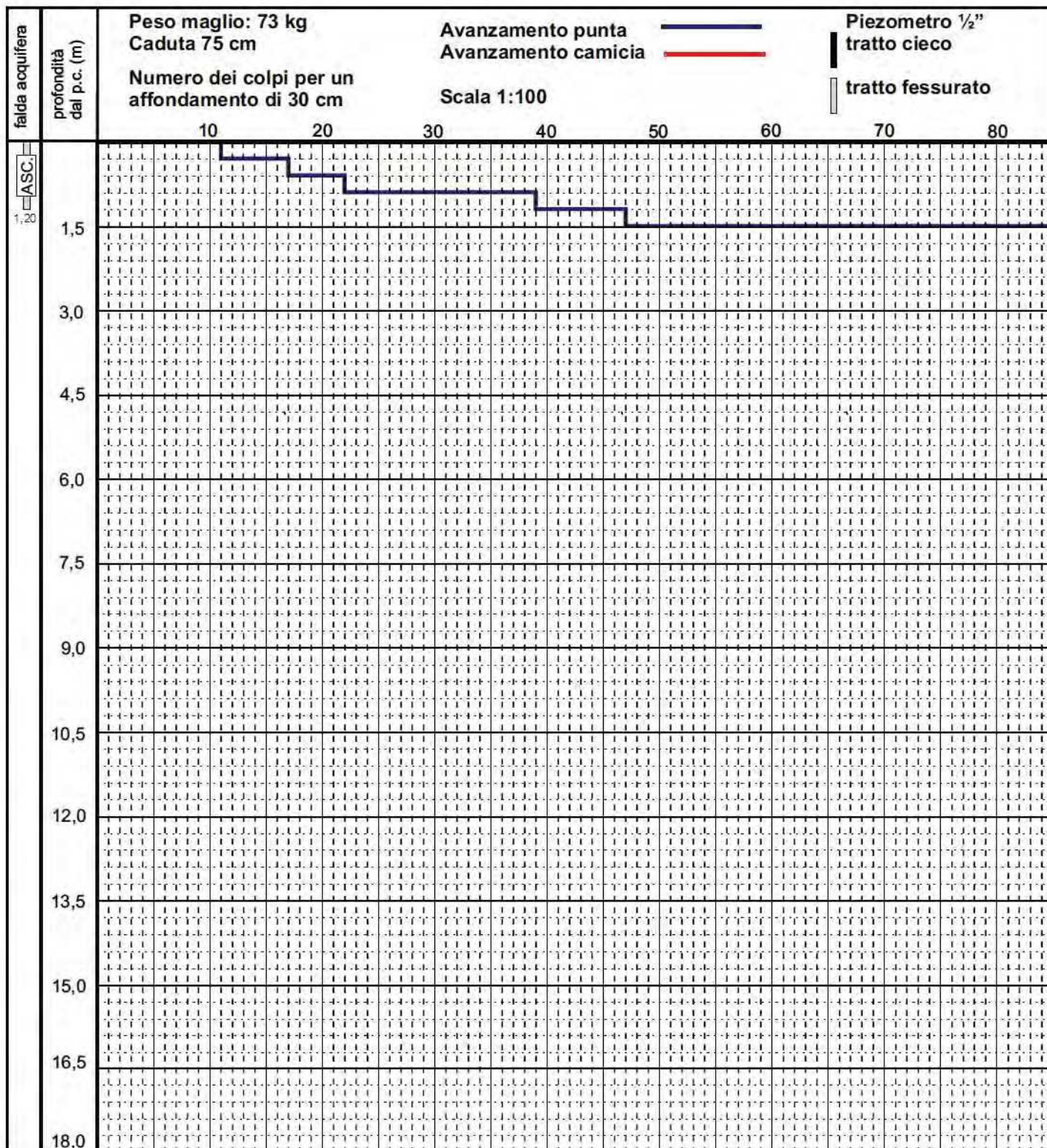
Località: Via Campagnola

Manerba d/G (BS)

Quota inizio: piano campagna

Committente: /

Commessa:



Nota: Posa di piezometro 2", successivamente rimosso

PROVAPENETROMETRICA(SCPT) n° P6

Data: 02/04/2015

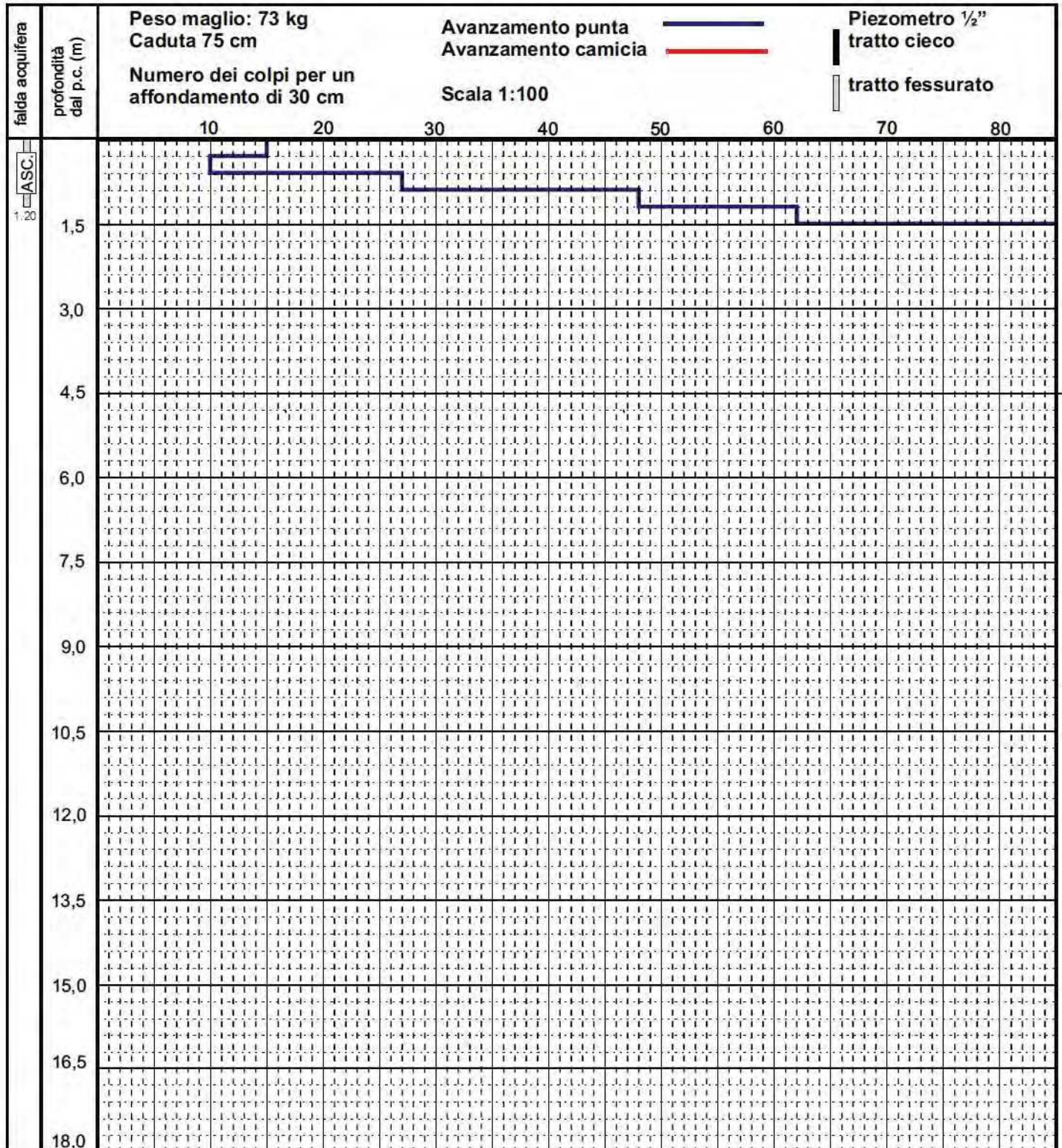
Località: Via Campagnola

Manerba d/G (BS)

Quota inizio: piano campagna

Committente:.

Commessa:



Nota: Posa di piezometro 2", successivamente rimosso

PROVAPENETROMETRICA(SCPT) n° P7

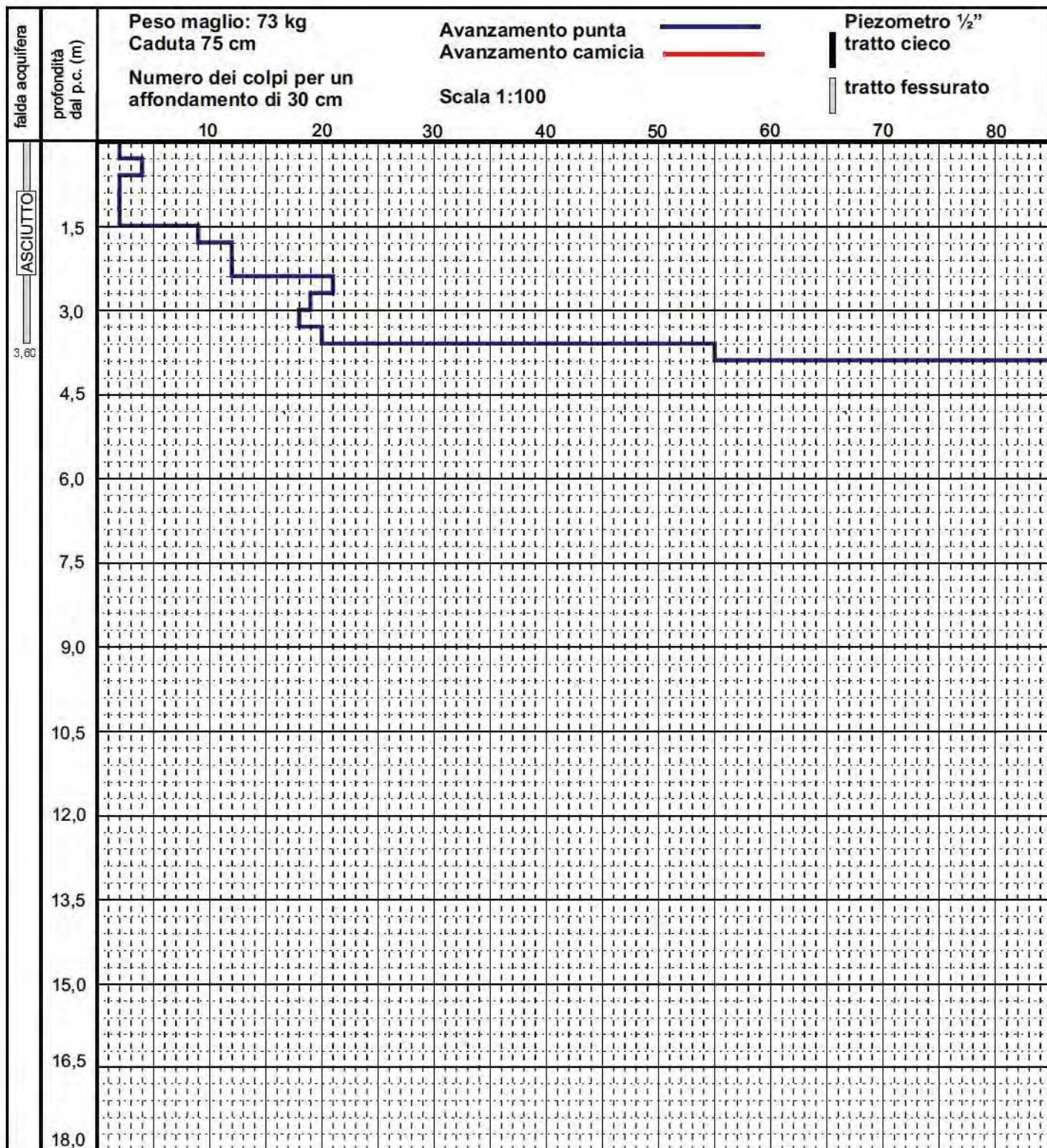
Data: 02/04/2015

Località: Via Campagnola — Manerba d/G (BS)

Quota inizio: piano campagna

Committente:.

Commessa:



Nota: Posa di piezometro 2", successivamente rimosso

PROVAPENETROMETRICA(SCPT) n° P8

Data: 02/04/2015

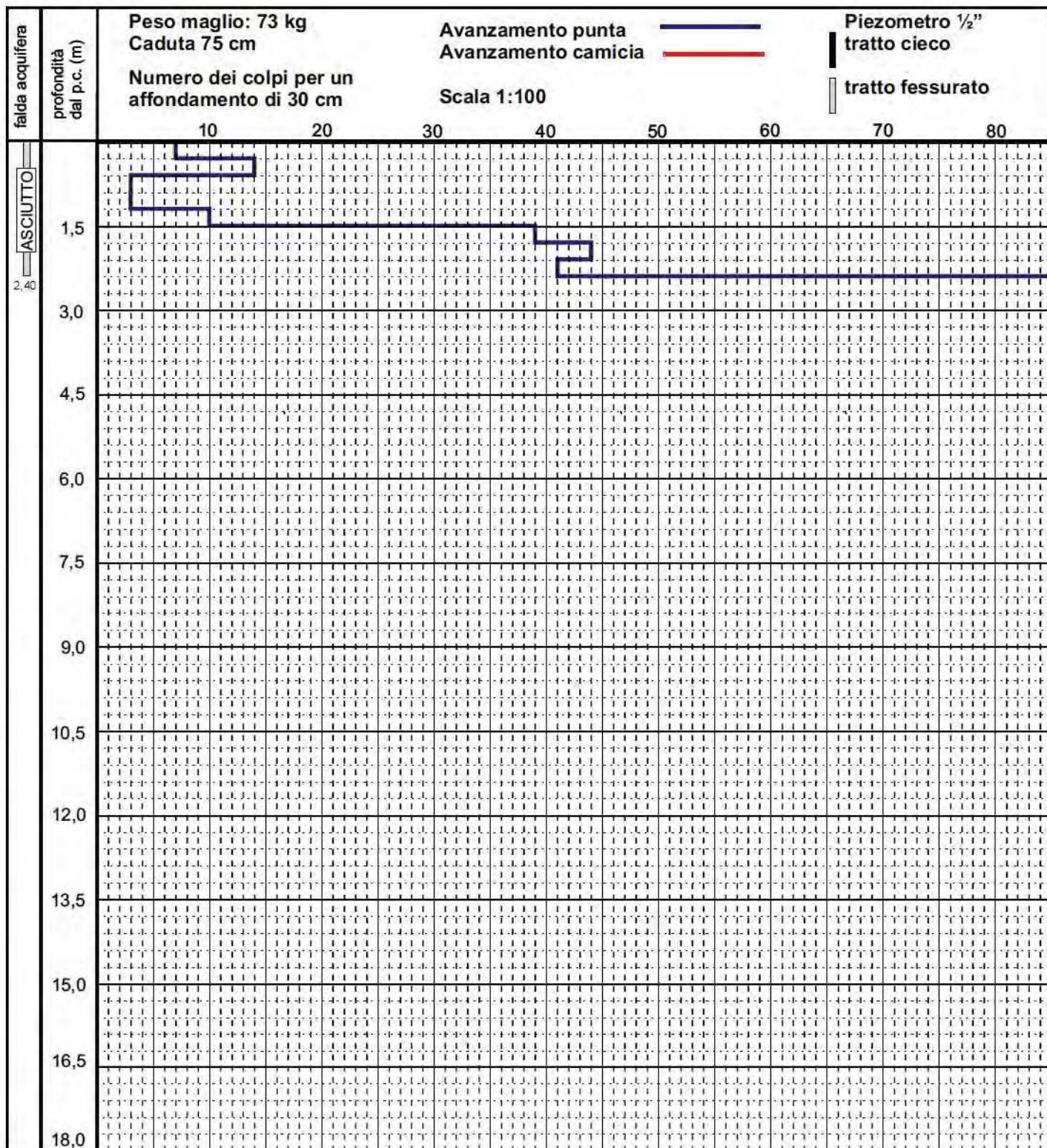
Località: Via Campagnola

Manerba d/G (BS)

Quota inizio: piano campagna

Committente: /

Commessa: /



Nota: Posa di piezometro 2", successivamente rimosso

ESTRATTI DA:

*CAMPAGNA DI INDAGINE PER INTERVENTO EDILIZIO IN VIA CAMPAGNOLA
IN TERRITORIO DI MANERBA D/G
PERCORSO CICLOPEDONALE
Dicembre 2018*

PROVAPENETROMETRICA(SCPT) n° P1

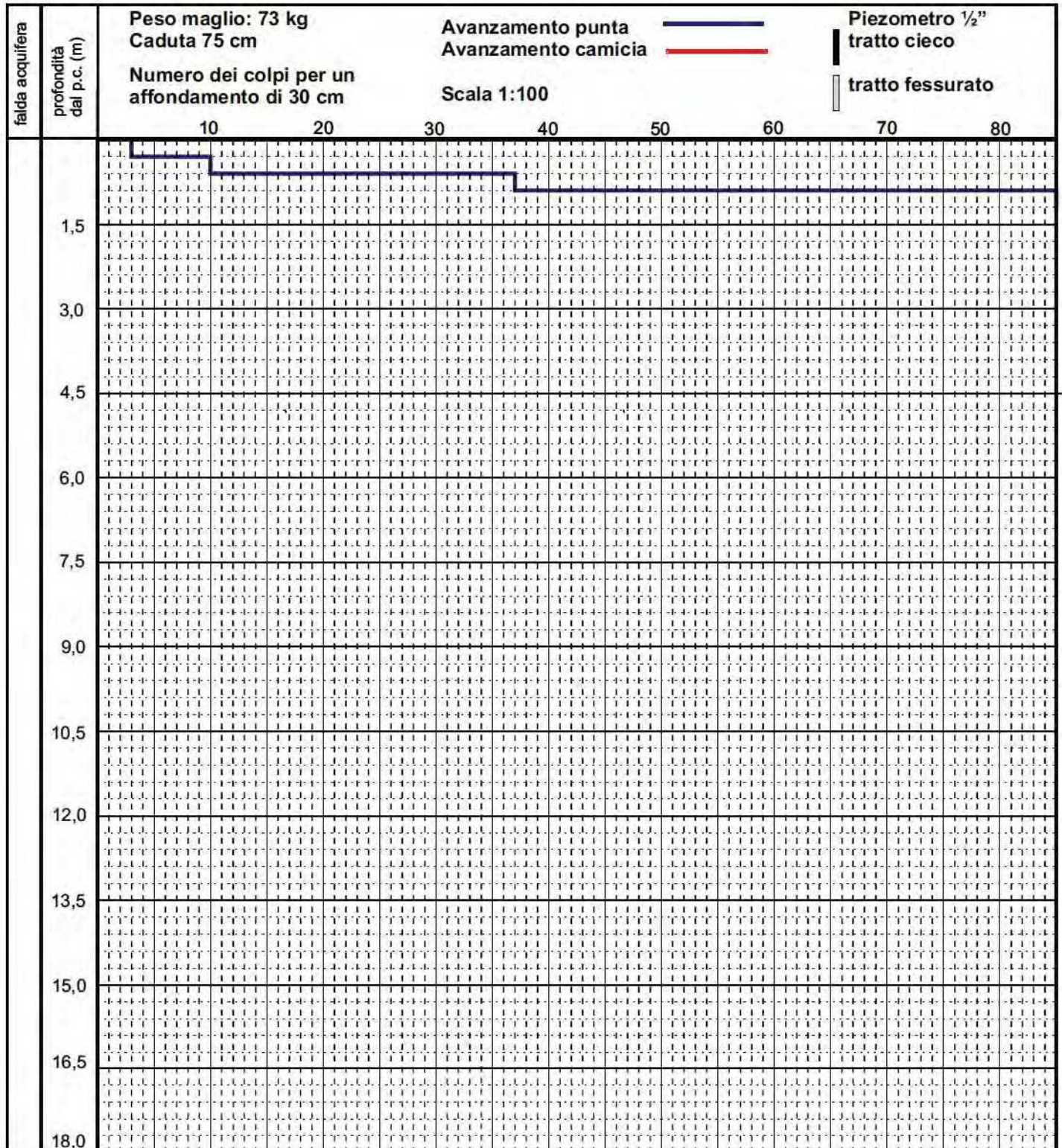
Data: 10/12/2018

Località: Via Campagnola - SP572 - Manerba d/G (BS)

Quota inizio: p.c.

Committente: Comune di Manerba d/G

Commessa:



PROVAPENETROMETRICA(SCPT) n° P1bis

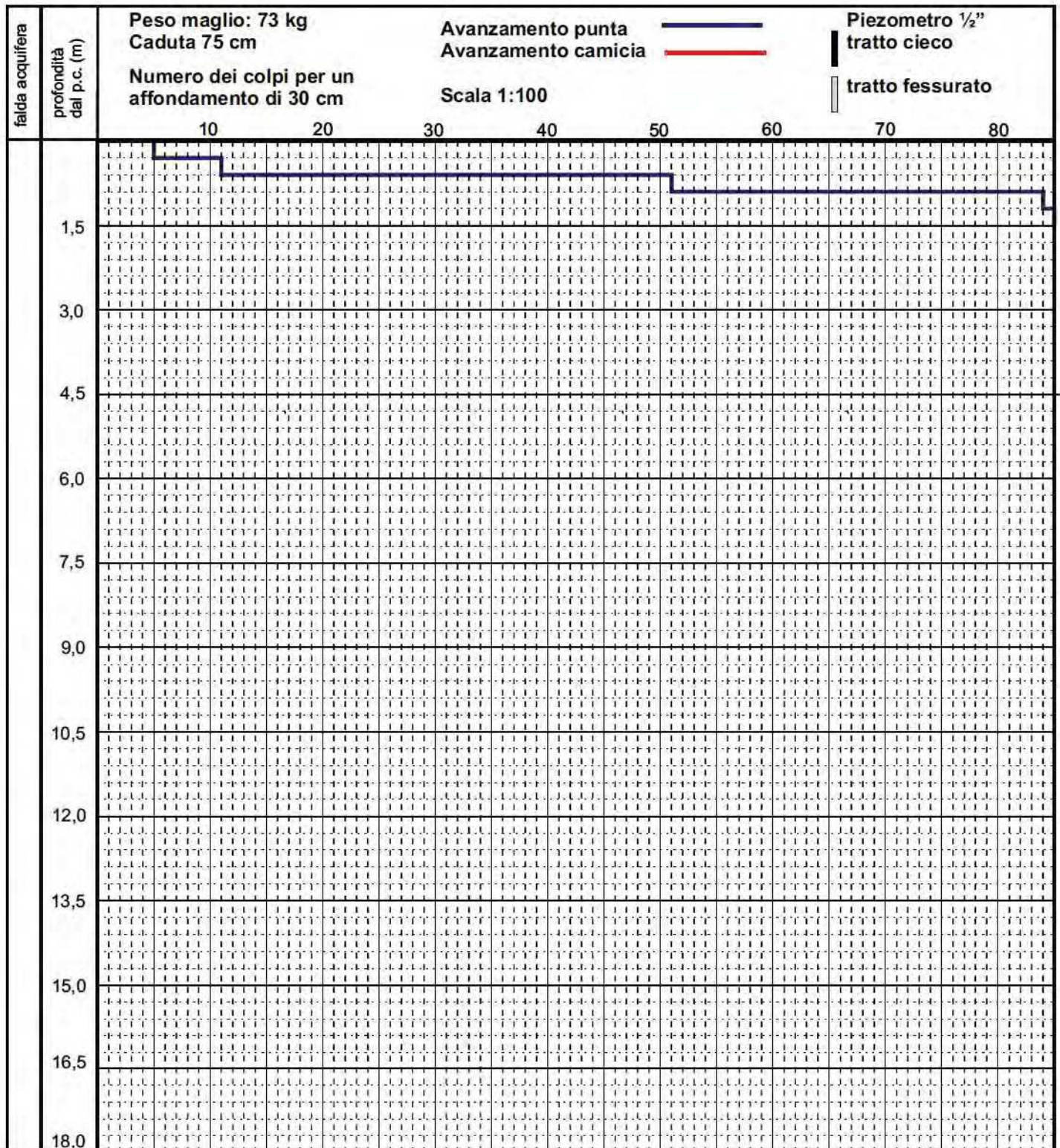
Data: 10/12/2018

Località: Via Campagnola - SP572 - Manerba d/G (BS)

Quota inizio: p.c.

Committente: Comune di Manerba d/G

Commessa:



PROVAPENETROMETRICA(SCPT) n° P2

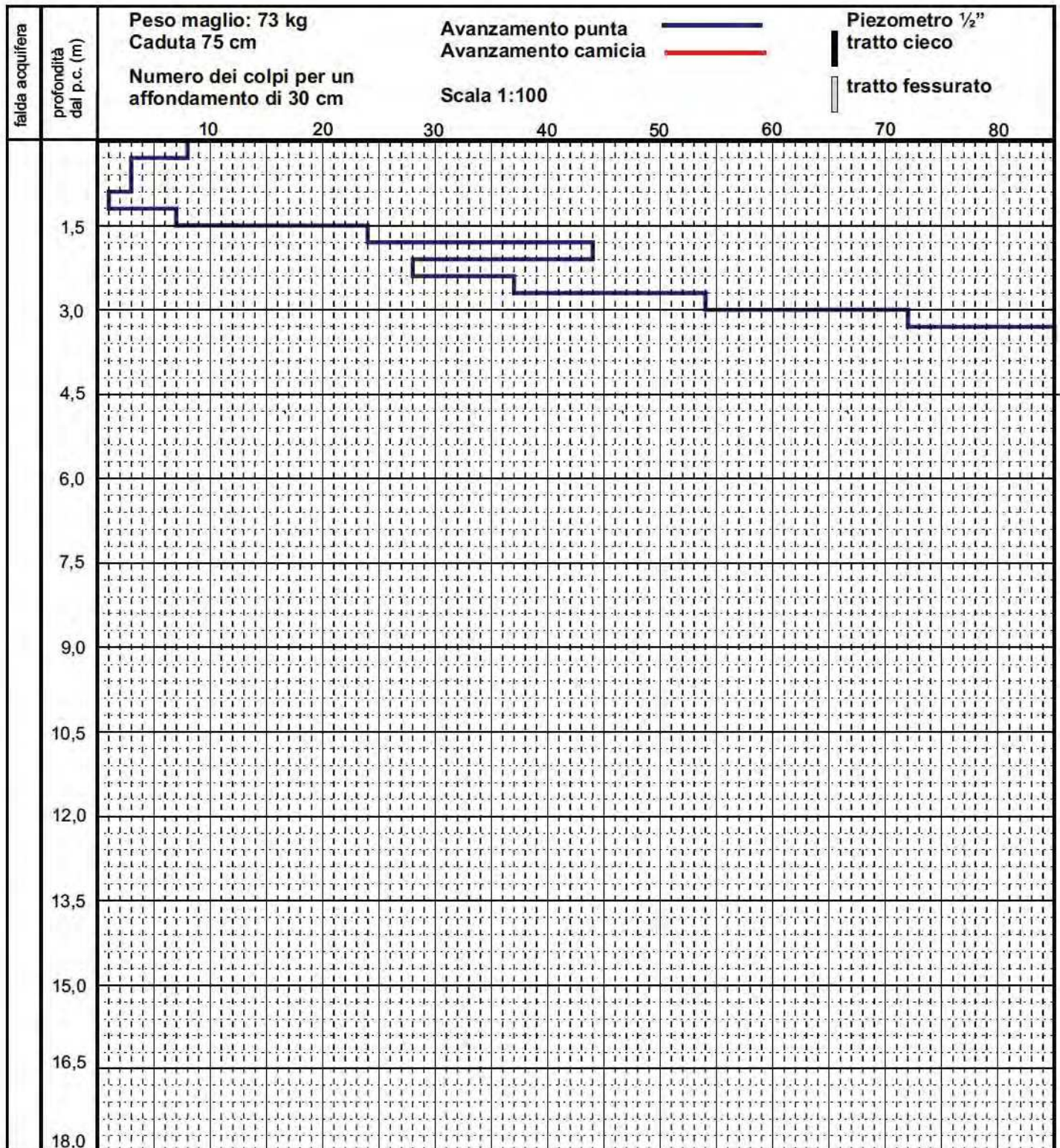
Data: 10/12/2018

Località: Via Campagnola - SP572 - Manerba d/G (BS)

Quota inizio: p.c.

Committente: Comune di Manerba d/G

Commessa:



**ESECUZIONE PROVE PENETROMETRICHE STATICHE (C.P.T.)
mediante PENETROMETRO DINAMICO-STATICO PAGANI mod. TG63/200**



PROVA P1



PROVA P2

LOCALITA': SP 572 - Manerba d/G (BS)

COMMITTENTE: Amministrazione comunale di Manerba d/G

PROGETTO: Nuovo percorso ciclopeditonale di Via Campagnola

SCAVO ESPLORATIVO

SCAVO

SC1

Quota della sommità :


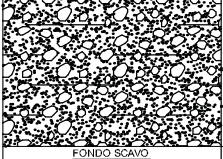

p.c. generale

DATA 10/12/2018

SCALA

1:25

PAG. 1/1

Profondità (m. dal p.c.)	Sezione Terreno	Campioni di terreno rimaneggiato prelevati per analisi granulometrica	Campioni di terreno sottoposti ad analisi chimica di laboratorio	Prova di permeabilità (indicata la profondità di esecuzione in m dal p.c.)	DESCRIZIONE LITOLOGICA
0,40					<u>COLTRE VEGETALE</u> Limo sabbioso ghiaioso con ciottoli e con frammenti di calcestruzzo, asciutto, di colore marrone.
1,40				1,40 	<u>TERRENO NATURALE/RIMANEGGIATO</u> Ghiaia medio-grossolana e sabbia debolmente limosa e con ciottoli, asciutta, di colore grigio-beige.
					<p>La descrizione dei terreni è stata eseguita utilizzando il criterio granulometrico per la descrizione delle terre (AGI 1977), secondo cui il terreno viene denominato gerarchicamente con il nome della frazione percentuale maggiore. Successivamente, la frazione gerarchicamente inferiore viene introdotta con il termine “<i>con</i>” se la percentuale è compresa tra il 25% e il 50% oppure con il suffisso “<i>...oso</i>” se la percentuale è compresa tra il 10% e il 25%, oppure dal suffisso “<i>debolmente ...oso</i>” se la percentuale è compresa tra il 5% e il 10 %. Nella nomenclatura si trascura la frazione inferiore al 5%.</p>



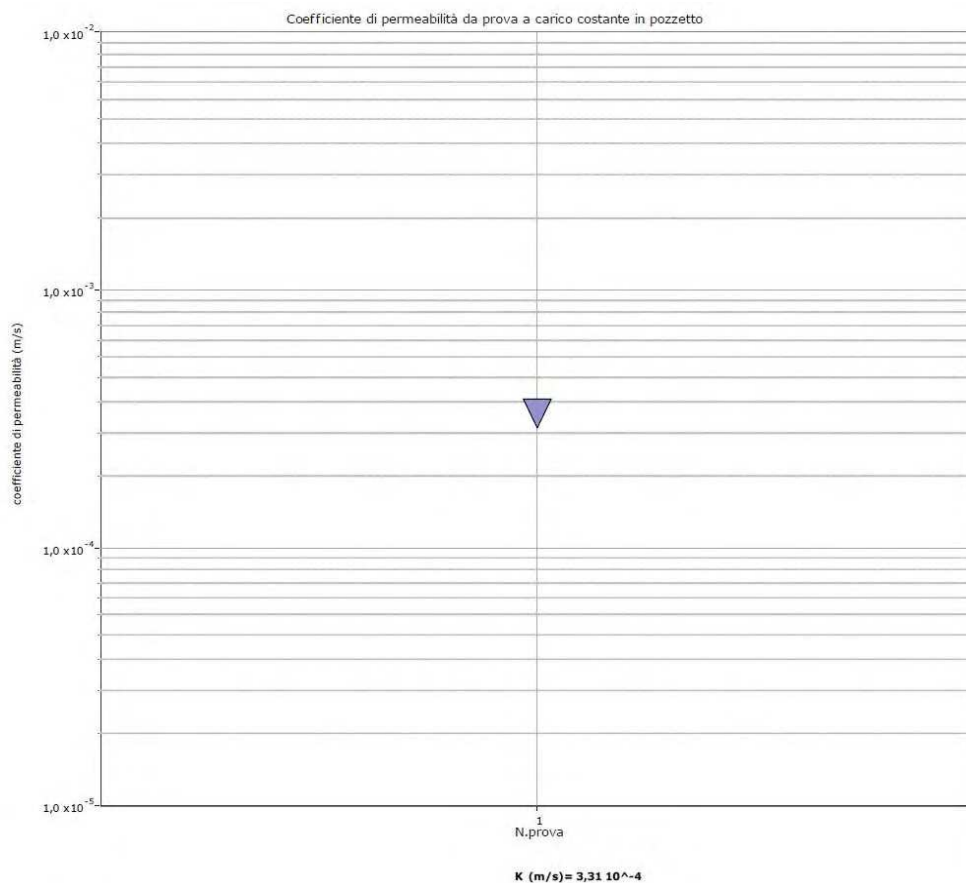
PROVA DI PERMEABILITA' IN POZZETTO A CARICO COSTANTE

COMMITTENTE:	COMUNE DI MANERBA D/G
SITO:	SP 572 – MANERBA D/G (BS)
SIGLA:	SC1_P

Coefficiente di permeabilità da prova a carico costante in pozzetto

N.	Tipo	Diametro o lato(m)	Altezza acqua(m)	Portata(mc/s)	K(m/s)
SC1_P	A base quadrata	0,70	0,05	0,0008	3,31E-4

PERMEABILITA' k (m/s): $3,31 \cdot 10^{-4}$



LOCALITA': SP 572 - Manerba d/G (BS)

COMMITTENTE: Amministrazione comunale di Manerba d/G

PROGETTO: Nuovo percorso ciclopeditonale di Via Campagnola

SCAVO ESPLORATIVO

SCAVO

SC2

Quota della sommità :


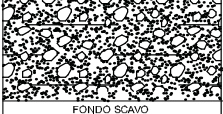

p.c. generale

DATA 10/12/2018

SCALA

1:25

PAG. 1/1

Profondità (m. dal p.c.)	Sezione Terreno	Campioni di terreno rimaneggiato prelevati per analisi granulometrica	Campioni di terreno sottoposti ad analisi chimica di laboratorio	Prova di permeabilità (indicata la profondità di esecuzione in m dal p.c.)	DESCRIZIONE LITOLOGICA
0,40					<u>COLTRE VEGETALE</u> Limo sabbioso ghiaioso con ciottoli, asciutto, di colore marrone.
1,10	 FONDO SCAVO			1,10 	<u>TERRENO NATURALE/RIMANEGGIATO</u> Ghiaia medio-grossolana sabbioso limosa e con ciottoli, asciutta, di colore grigio-beige.
					<p>La descrizione dei terreni è stata eseguita utilizzando il criterio granulometrico per la descrizione delle terre (AGI 1977), secondo cui il terreno viene denominato gerarchicamente con il nome della frazione percentuale maggiore. Successivamente, la frazione gerarchicamente inferiore viene introdotta con il termine “<i>con</i>” se la percentuale è compresa tra il 25% e il 50% oppure con il suffisso “<i>...oso</i>” se la percentuale è compresa tra il 10% e il 25%, oppure dal suffisso “<i>debolmente ...oso</i>” se la percentuale è compresa tra il 5% e il 10 %. Nella nomenclatura si trascura la frazione inferiore al 5%.</p>



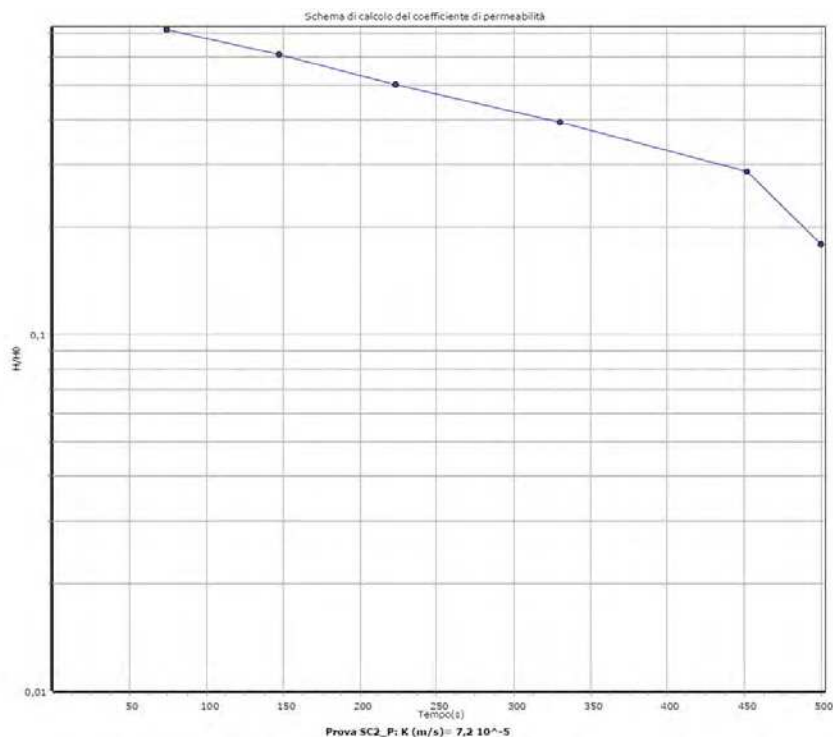
PROVA DI PERMEABILITA' IN POZZETTO A CARICO VARIABILE

COMMITTENTE:	COMUNE DI MANERBA D/G
SITO:	SP 572 – MANERBA D/G (BS)
SIGLA:	SC2_P

Prova a carico variabile in pozzetto: tabella tempo-altezza

SC2_P	Tempo(s)	Altezza acqua(m)
1	0,00	0,28
2	74,00	0,20
3	147,00	0,17
4	223,00	0,14
5	330,00	0,11
6	452,00	0,08
7	500,00	0,05

PERMEABILITA' k (m/s): $7,2 \cdot 10^{-5}$



LOCALITA': SP 572 - Manerba d/G (BS)

COMMITTENTE: Amministrazione comunale di Manerba d/G

PROGETTO: Nuovo percorso ciclopeditonale di Via Campagnola

SCAVO ESPLORATIVO

SCAVO

SC3

Quota della sommità :

p.c. generale

DATA

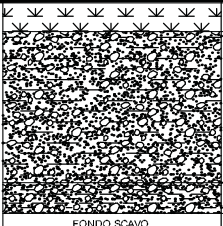

10/12/2018

SCALA

1:25

PAG.

1/1

Profondità (m. dal p.c.)	Sezione Terreno	Campioni di terreno rimaneggiato prelevati per analisi granulometrica	Campioni di terreno sottoposti ad analisi chimica di laboratorio	Prova di permeabilità <small>(indicata la profondità di esecuzione in m dal p.c.)</small>	DESCRIZIONE LITOLOGICA
0,20					<u>COLTRE VEGETALE</u> Limo sabbioso ghiaioso con ciottoli, asciutto, di colore marrone.
1,20					<u>MATERIALE DI RIPORTO</u> Sabbia limosa con ghiaia e con rari frammenti plastici e metallici, asciutta, di colore grigio-beige.
1,40				1,40 	<u>TERRENO NATURALE/RIMANEGGIATO</u> Ghiaia e sabbia medio grossolana da debolmente limosa a limosa e rari ciottoli, asciutta, di colore grigio-beige.
					<p>La descrizione dei terreni è stata eseguita utilizzando il criterio granulometrico per la descrizione delle terre (AGI 1977), secondo cui il terreno viene denominato gerarchicamente con il nome della frazione percentuale maggiore. Successivamente, la frazione gerarchicamente inferiore viene introdotta con il termine “<i>con</i>” se la percentuale è compresa tra il 25% e il 50% oppure con il suffisso “<i>...oso</i>” se la percentuale è compresa tra il 10% e il 25%, oppure dal suffisso “<i>debolmente ...oso</i>” se la percentuale è compresa tra il 5% e il 10 %. Nella nomenclatura si trascura la frazione inferiore al 5%.</p>



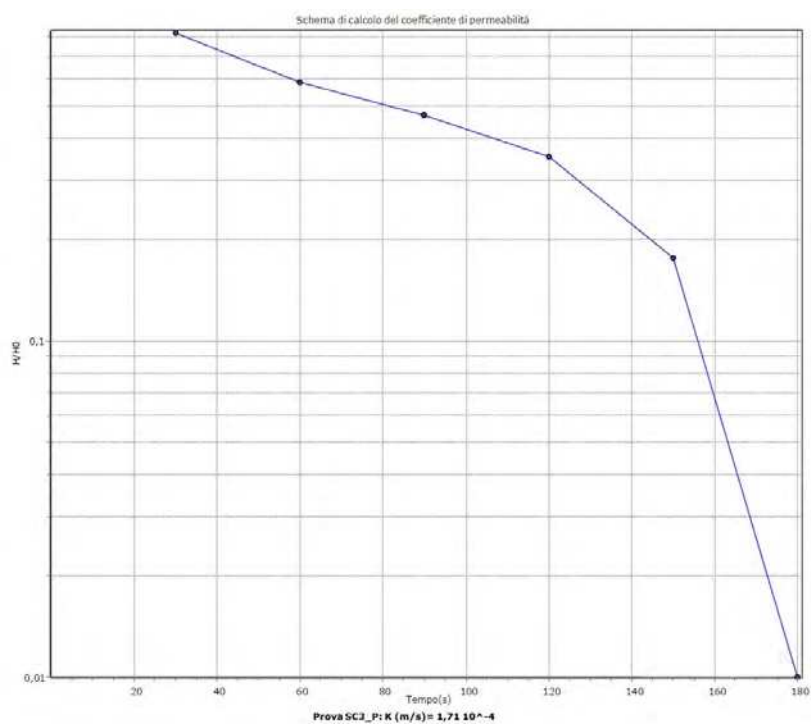
PROVA DI PERMEABILITA' IN POZZETTO A CARICO VARIABILE

COMMITTENTE:	COMUNE DI MANERBA D/G
SITO:	SP 572 – MANERBA D/G (BS)
SIGLA:	SC3_P

Prova a carico variabile in pozzetto: tabella tempo-altezza

SC3_P	Tempo(s)	Altezza acqua(m)
1	0,00	0,17
2	30,00	0,14
3	60,00	0,10
4	90,00	0,08
5	120,00	0,06
6	150,00	0,03
7	180,00	0,00

PERMEABILITA' k (m/s): $1,71 \cdot 10^{-4}$



*PIEZOMETRI AREA EX-CAVA
Febbraio Marzo 2014*

LOCALITA': Manerba d/G (BS) - Area Ex-Cava - Loc. Campagnola

Quota testa tubo (t.t.) del piezometro (m s.l.m.)

119.823

COMMITTENTE: Comune di Manerba d/G

Quota p.c. (m s.l.m.)

119.894

Operatore: Bonomelli (Eurogeo)

SONDA: MUSTANG 5F4

SONDAGGIO

PZ1

DATA

02-03/12/2014

Geologo:

PAG.

2/2

Campione rimaneggiato

Campione semldisturbato

Campione indisturbato (Fustella)

Campione S.P.T.

Campione per analisi chimiche prelevato ai sensi del D.Lgs 152/06

Prova di permeabilità

CARICO VARIABILE

CARICO COSTANTE

Piezometro cieco

Piezometro fessurato

PROFONDITA'

Rivestimento

Foro

Data

H

SERA

Data

H

MATTINO

Data

H

08/01/2015

-21.68 m da t.t.

NOTE:

Manovre

Profondità (m)

Sezione Terreno

DESCRIZIONE LITOLOGICA

Campioni di terreno

Campioni di terreno per analisi volatili

Caroliere

Rivestimento

Vane Test (kg/cmq) max/res

Poker Penetrometer (kg/cmq)

Profondità

SPT

Piezometro $\phi = 4"$

16,60

Limo e argilla debolmente ghiaioso sabbiosa con frammenti di laterizi e calcestruzzo, con ciottoli, di colore grigio, umido.

18,00

Limo e argilla debolmente ghiaioso sabbiosa con frammenti di laterizi e calcestruzzo, con ciottoli, di colore grigio, bagnato.

20,00

Sabbia e ghiaia e limo debolmente argilloso, con numerosi frammenti di calcestruzzo e laterizi, di colore grigio-nerastro, asciutto.

22,00

TERRENO NATURALE

Ghiaia e sabbia da limosa a debolmente limosa, con ciottoli sub-angolari, di colore grigio chiaro-beige, bagnata.

22.50

PZ1

FF

A/B/C

23.00

25,00

Legenda

— Limite topografico rilievo del 2011

— Limite topografico rilievo del 2009

— Limite topografico rilievo del 2004

— Limite topografico rilievo del 1997

La descrizione dei terreni è stata eseguita utilizzando il criterio granulometrico per la descrizione delle terre (AGI 1977), secondo cui il terreno viene denominato gerarchicamente con il nome della frazione percentuale maggiore. Successivamente, la frazione gerarchicamente inferiore viene introdotta con il termine “con” se la percentuale è compresa tra il 25% e il 50% oppure con il suffisso “...oso” se la percentuale è compresa tra il 10% e il 25%, oppure dal suffisso “debolmente ...oso” se la percentuale è compresa tra il 5% e il 10 %. Nella nomenclatura si trascura la frazione inferiore al 5%.

-21,68

[illegible]

[illegible]

LOCALITA': Manerba d/G (BS) - Area Ex-Cava - Loc. Campagnola						Quota testa tubo (t.t.) del piezometro (m s.l.m.)		<div>122.587</div>		SONDAGGIO <div>PZ2</div>	
COMMITTENTE: Comune di Manerba d/G						Quota p.c. (m s.l.m.)		<div>122.629</div>		DATA <div>15-16/12/2014</div>	
Operatore: Bonomelli (Eurogeo)						SONDA: MUSTANG 5F4					
Geologo:						PAG. <div>2/2</div>					
<div>Campione rimaneggiatoCampione semldisturbatoCampione indisturbato (Fustella)Campione S.P.T.</div> <div>Campione per analisi chimiche prelevato ai sensi del D.Lgs 152/06</div> <div>Prova di permeabilitàCARICO VARIABILECARICO COSTANTE</div> <div>Piezometro ciecoPiezometro fessurato</div> <div>LIVELLI ACQUA</div> <div>NOTE:</div> <div>PROFONDITA'</div> <div>SERA</div> <div>MATTINO</div> <div>RivestimentoForoDataHDataH</div> <div>08/01/2015-24.72 m da t.t.</div>											
<div>DESCRIZIONE LITOLOGICA</div> <div>Campioni di terrenoCampioni di terreno per analisi volatiliCarotiereRivestimentoVane Test (kg/cmq)Pocket Penetrometer (Kg/cmq)ProfonditàSPT</div> <div>Piezometroφ = 4 "</div> <div>16,4016,5520,4023,3024,5028,50</div> <div>Sezione Terreno</div> <div>Livello di limo sabbioso debolmente argilloso con rari elementi lapidei, di colore beige-giallino, debolmente umido.</div> <div>TERRENO NATURALE</div> <div>Ghiaia con sabbia debolmente limosa e ciottoli, di colore grigio-beige, umida.</div> <div>Sabbia grossolana debolmente limosa con ghiaia e rari ciottoli, di colore beige-marrone, umida.</div> <div>Ghiaia con sabbia e ciottoli, debolmente limosa, di colore beige-grigio, molto umida.</div> <div>Ghiaia con sabbia e ciottoli, debolmente limosa, di colore beige-grigio, bagnata.</div> <div>Legenda</div> <div>Limite topografico rilievo del 2011</div> <div>Limite topografico rilievo del 2009</div> <div>Limite topografico rilievo del 2004</div> <div>Limite topografico rilievo del 1997</div> <div>La descrizione dei terreni è stata eseguita utilizzando il criterio granulometrico per la descrizione delle terre (AGI 1977), secondo cui il terreno viene denominato gerarchicamente con il nome della frazione percentuale maggiore. Successivamente, la frazione gerarchicamente inferiore viene introdotta con il termine “<i>eon</i>” se la percentuale è compresa tra il 25% e il 50% oppure con il suffisso “...<i>oso</i>” se la percentuale è compresa tra il 10% e il 25%, oppure dal suffisso “<i>debolmente ...oso</i>” se la percentuale è compresa tra il 5% e il 10 %. Nella nomenclatura si trascura la frazione inferiore al 5%.</div> <div>19,0019,0020,0020,00</div> <div>PZ2 FF A/B2/C</div> <div>PZ2 V5 A/B (FF)</div> <div>φ=131 mm</div> <div>φ=152 mm</div> <div>22,50</div> <div>-24,72</div> <div>28,50</div>											

[illegible]

LOCALITA': Manerba d/G (BS) - Area Ex-Cava - Loc. Campagnola

Quota testa tubo (t.t.) del piezometro (m s.l.m.)

120.933

SONDAGGIO

PZ3

COMMITTENTE: Comune di Manerba d/G

Quota p.c. (m s.l.m.)

121.137

DATA

17-18/12/2014

Operatore: Bonomelli (Eurogeo)

SONDA: MUSTANG 5F4

Geologo:

PAG.

2/2

Campione rimaneggiato

Campione semdisturbato

Campione indisturbato (Fustella)

Campione S.P.T.

Campione per analisi chimiche prelevato ai sensi del D.Lgs 152/06

Prova di permeabilità

CARICO VARIABILE

CARICO COSTANTE

Piezometro cieco

Piezometro fessurato

LIVELLI ACQUA

PROFONDITA'

Rivestimento

Foro

Data

H

SERA

Data

H

MATTINO

Data

H

08/01/2015

-23.29 m da t.t.

NOTE:

Manovre	Profondità (m)	Sezione Terreno	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Campioni di terreno	Campioni di terreno per analisi volatili	Caroliere	Rivestimento	Vane Test (kg/cmq) max/res	Poker Penetrometer (kg/cmq)	Profondità	SPT	Piezometro φ = 4"
	16,00		Ghiaia con sabbia e ciottoli, di colore grigio-beige, da asciutta a debolmente umida.									
	19,80		Sabbia grossolana con ghiaia debolmente limosa e rari ciottoli, di colore beige-nocciola, da asciutta a debolmente umida.									
	21,00		Ghiaia con ciottoli e con sabbia, di colore beige-grigio, asciutta.									
	21,70		Sabbia grossolana con ghiaia e rari ciottoli, di colore beige-nocciola, da asciutta a debolmente umida.									
	23,00			<div>23,00</div> <div>PZ3 FR A/B2/C</div> <div>24,00</div>	<div>23,00</div> <div>PZ3 V5 A/B (FR)</div> <div>24,00</div>							
	27,00		Ghiaia con sabbia e ciottoli, di colore beige-grigio, bagnata.									<div>21,00</div> <div></div> <div>27,00</div>

Legenda

Limite topografico rilievo del 2011

Limite topografico rilievo del 2009

Limite topografico rilievo del 2004

Limite topografico rilievo del 1997

La descrizione dei terreni è stata eseguita utilizzando il criterio granulometrico per la descrizione delle terre (AGI 1977), secondo cui il terreno viene denominato gerarchicamente con il nome della frazione percentuale maggiore. Successivamente, la frazione gerarchicamente inferiore viene introdotta con il termine “con” se la percentuale è compresa tra il 25% e il 50% oppure con il suffisso “...oso” se la percentuale è compresa tra il 10% e il 25%, oppure dal suffisso “debolmente ...oso” se la percentuale è compresa tra il 5% e il 10 %. Nella nomenclatura si trascura la frazione inferiore al 5%.

SONDAGGIO S10 - PZ

Quota p.c. (m s.l.m.)	111.788
------------------------	---------

DATA	11/12/2014
------	------------

SONDA: MUSTANG 5F4

PAG. 1/2

☐ Campione rimaneggiato
☒ Campione semildisturbato
☐ Campione indisturbato (Fustella)
☒ Campione S.P.T.

☐ Campione per
analisi chimiche
prelevato ai sensi
del D.Lgs 152/06

 CARICO VARIABLE

 CARICO COSTANTE

Piezometro ciego

Piezometro fessurato

PROFONDITA'

Rivestimento	Foro
--------------	------

08/01/2015

ERA

-14,16 m da l.t.

MATTINO

--	--

NOTE:

[illegible]

LOCALITA': Manerba d/G (BS) - Area Ex-Cava - Loc. Campagnola

Quota testa tubo (t.t.) del piezometro (m s.l.m.)

111.751

SONDAGGIO

S10 - PZ

COMMITTENTE: Comune di Manerba d/G

Quota p.c. (m s.l.m.)

111.788

DATA

11/12/2014

Operatore: Bonomelli (Eurogeo)

Geologo:

SONDA: MUSTANG 5F4

PAG.

2/2

Campione rimaneggiato

Campione semldisturbato

Campione indisturbato (Fustella)

Campione S.P.T.

Campione per analisi chimiche prelevato ai sensi del D.Lgs 152/06

Prova di permeabilità

CARICO VARIABILE

CARICO COSTANTE

Piezometro cieco

Piezometro fessurato

LIVELLI ACQUA

PROFONDITA'

Rivestimento

Foro

Data

H

SERA

Data

H

MATTINO

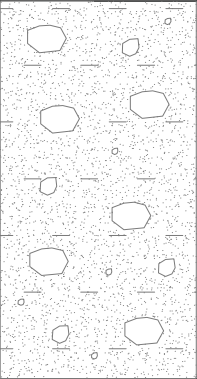
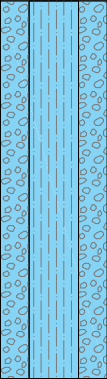
Data

H

08/01/2015

-14,16 m da t.t.

NOTE:

	Manovre	Profondità (m)	Sezione Terreno	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Campioni di terreno	Campioni di terreno per analisi volatili	Carotiere	Rivestimento	Vane Test (kg/cmq) max/res	Poker Penetrometer (kg/cmq)	Profondità	SPT		Piezometro φ = 4 "	
		15,50		Sabbia con ghiaia debolmente limosa, con ciottoli, di colore grigio, bagnata.			φ=131 mm	φ=152 mm							
		18,00													18,00

Legenda

—

 Limite topografico rilievo del 2011

—

 Limite topografico rilievo del 2009

—

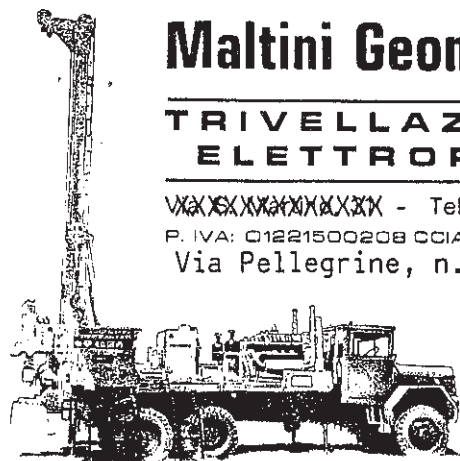
 Limite topografico rilievo del 2004

—

 Limite topografico rilievo del 1997

La descrizione dei terreni è stata eseguita utilizzando il criterio granulometrico per la descrizione delle terre (AGI 1977), secondo cui il terreno viene denominato gerarchicamente con il nome della frazione percentuale maggiore. Successivamente, la frazione gerarchicamente inferiore viene introdotta con il termine “*con*” se la percentuale è compresa tra il 25% e il 50% oppure con il suffisso “*...oso*” se la percentuale è compresa tra il 10% e il 25%, oppure dal suffisso “*debolmente ...oso*” se la percentuale è compresa tra il 5% e il 10 %. Nella nomenclatura si trascura la frazione inferiore al 5%.

STRATIGRAFIE POZZI



Maltini Geom. Dionigio e Renato S.n.c.

TRIVELLAZIONI POZZI ACQUA ELETTROPOMPE SOMMERSE

VIAXXXXXXXXX - Tel. e Fax (0376) 854043 - 46040 Solferino (Mn)
P. IVA: 01221500208 CCIAA 144190 Reg. Soc. Trib. Mn 10750 A.N.C. 8262409
Via Pellegrine, n.c.m.

10

Spett.Le
COLDFISCH s.r.l.
Via Case Sparse, 98
MANERBA DEL GARDA (BS)

POZZO ESEGUITO IN MANERBA DEL GARDA (BS)

Profondità	Stratigrafia	Descrizione	Tubi e Filtri
0,00		Ghiaia e Sabbia	
2,50			
5,00		Argilla	Tampone d'argilla
9,00		Ghiaia e Sabbia	
		Argilla grigia	
15,00			— 15,00
18,00		Ghiaia	
20,00		Argilla con ghiaia	
		Ghiaia e limo sabbioso	— 22,80 Filtri "a ponte"
30,00			— 29,10
		Argilla grigia con poca ghiaia	
42,00		Ghiaia con sabbia grigia	Tubo cieco Ø 160/1
44,00		Argilla sabbiosa grigia	Ghiaietto
46,00		Ghiaia con limo grigio	— 46,70
50,00		Argilla grigia plastica	— 49,80
52,00		Argilla limosa grigia con poco ghiaietto	
60,00			60,00
			Fondello

Livello statico ml. 22,00

Livello dinamico ml. 22,10

Portata lt/sec. 7,00

Livello dinamico ml. 23,00

Portata lt/sec. 12,00

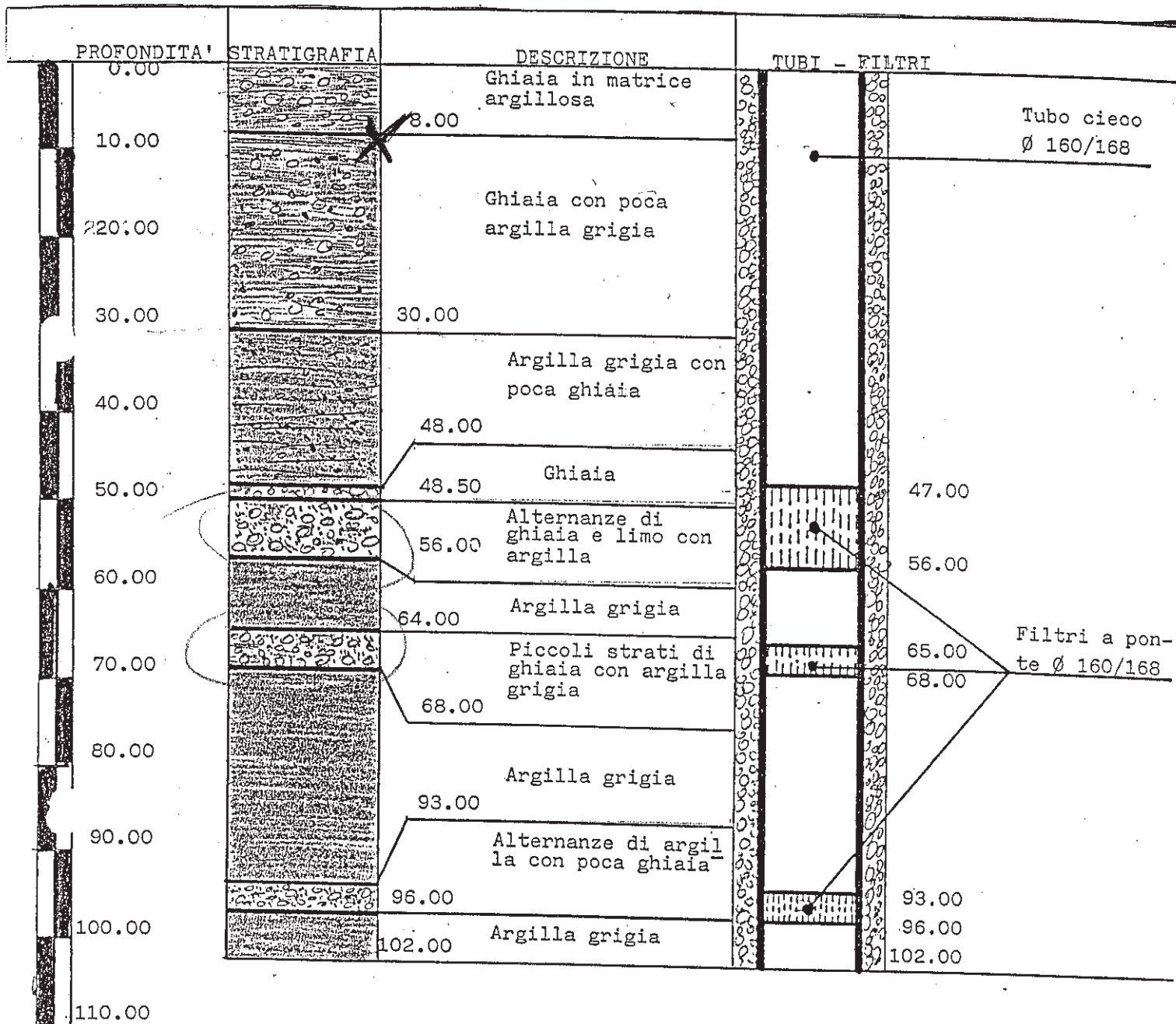
FRASOLATI LINA

MANUBIA D/G BS.

NR. TUBO riempito di
LIMO FINE A MT.

19

Rilevato



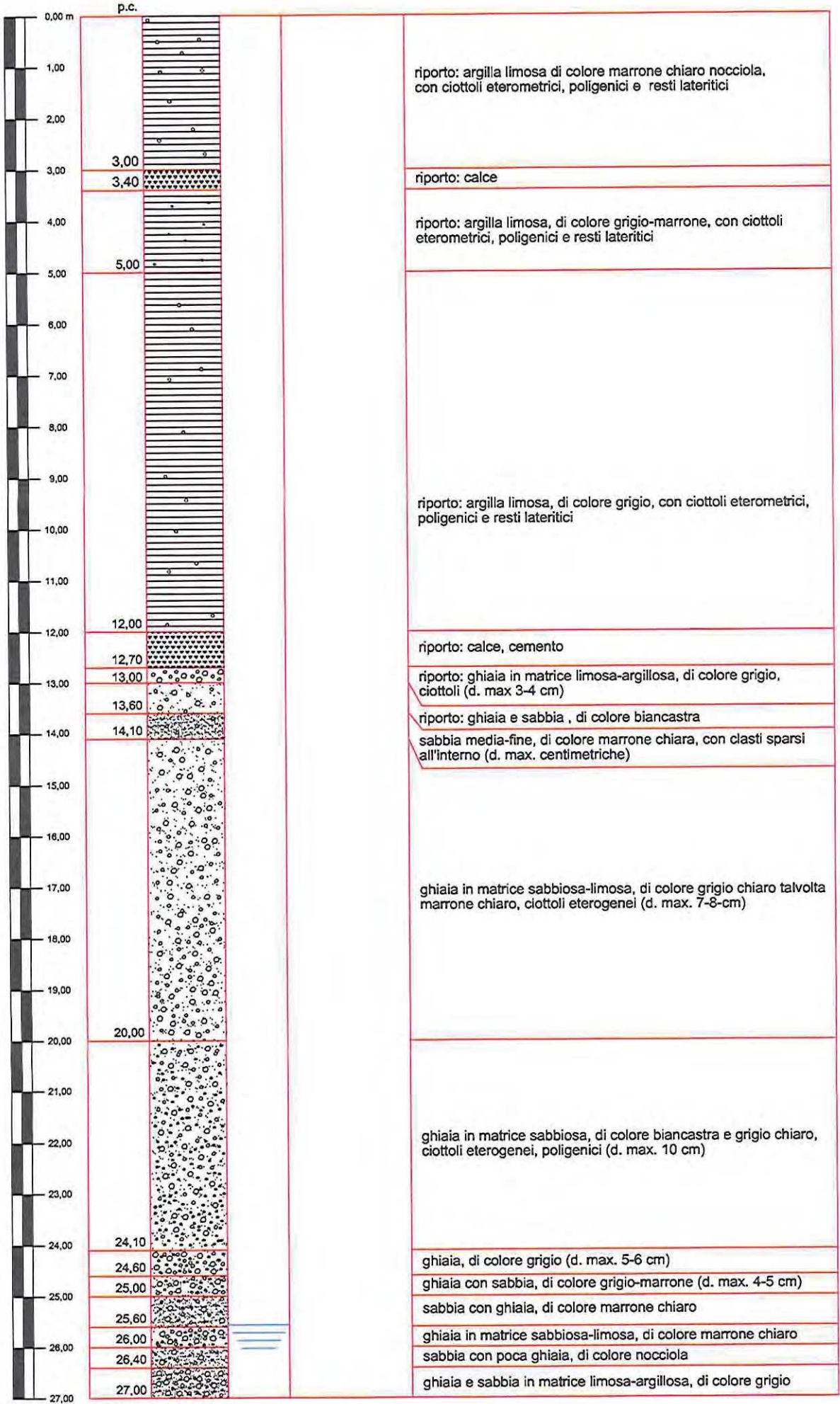
Livello statico ml. 36,00

Livello dinamico ml. 47,00

Portata acqua lit. 60,00/minuto

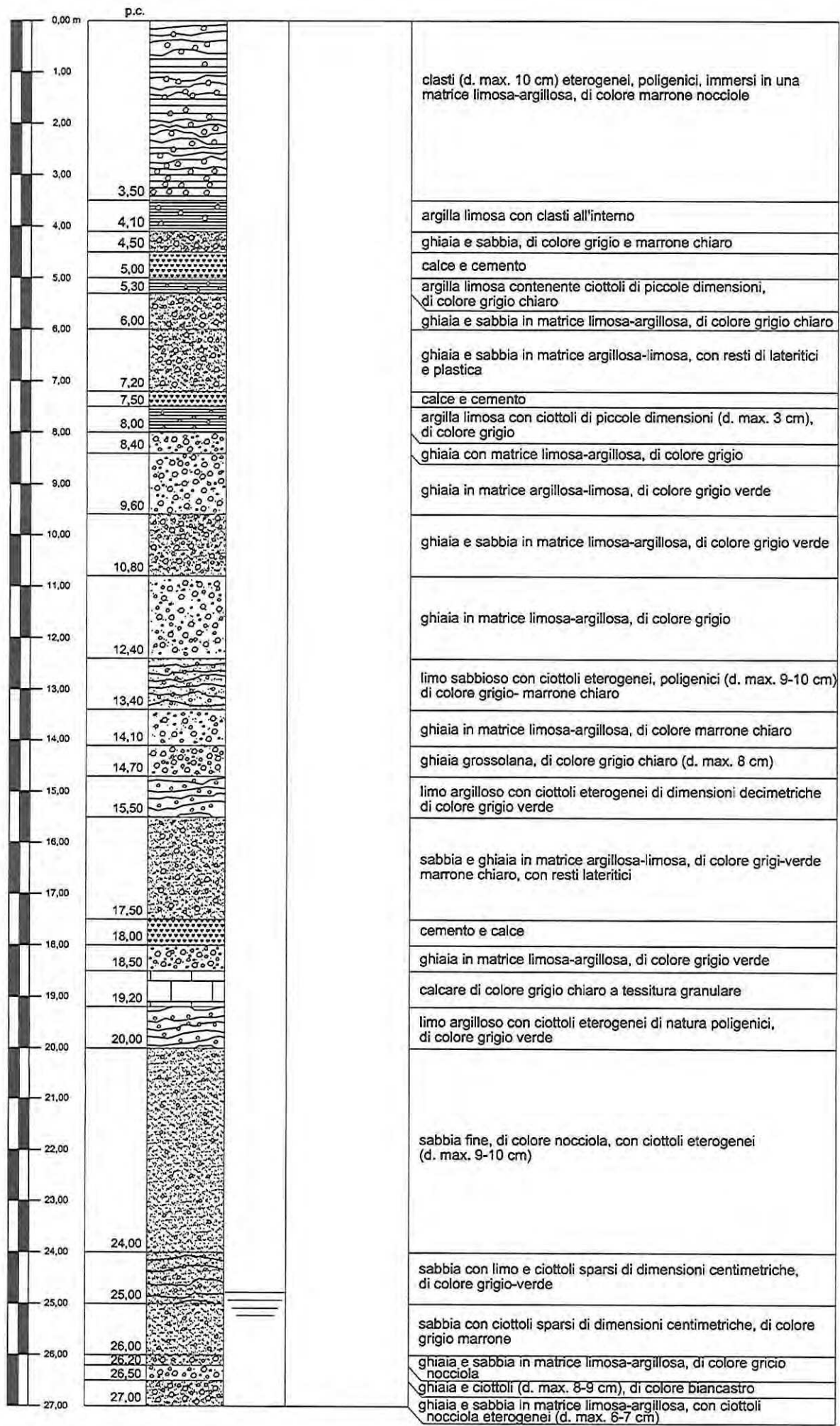
STUDIO TECNICO ASSOCIATO PASQUALI COLUZZI Viale Venezia, 20 - 25123 Brescia Tel. e fax: 030 294 976 email: studio.coluzzi@libero.it	COMMITTENTE:	SONDAGGIO N°: PZ OVEST	
		file: 848 S1	All.: 848/1
LOCALITA': DATA: METODO DI PERFORAZIONE:	Via delle cave-isola ecologica-Manerba del Garda xxxxxx carotaggio continuo	POSIZIONE: QUOTA D'INIZIO: piano campagna SCALA VERTICALE: 1:100	

scala					
	profondita'	stratigrafia	falda	coefficiente di permeabilità	DESCRIZIONE LITOLOGICA



STUDIO TECNICO ASSOCIATO PASQUALI COLUZZI Viale Venezia, 20 - 25123 Brescia Tel. e fax: 030 294 976 email: studio.coluzzi@libero.it	COMMITTENTE:	SONDAGGIO N°: PZ EST	
		file: 848 S2	All.: 848/1
LOCALITA': DATA: METODO DI PERFORAZIONE:	Via case—Monerba del Garda xxxxxx carotaggio continuo	POSIZIONE: QUOTA D'INIZIO: piono campagna SCALA VERTICALE: 1:100	

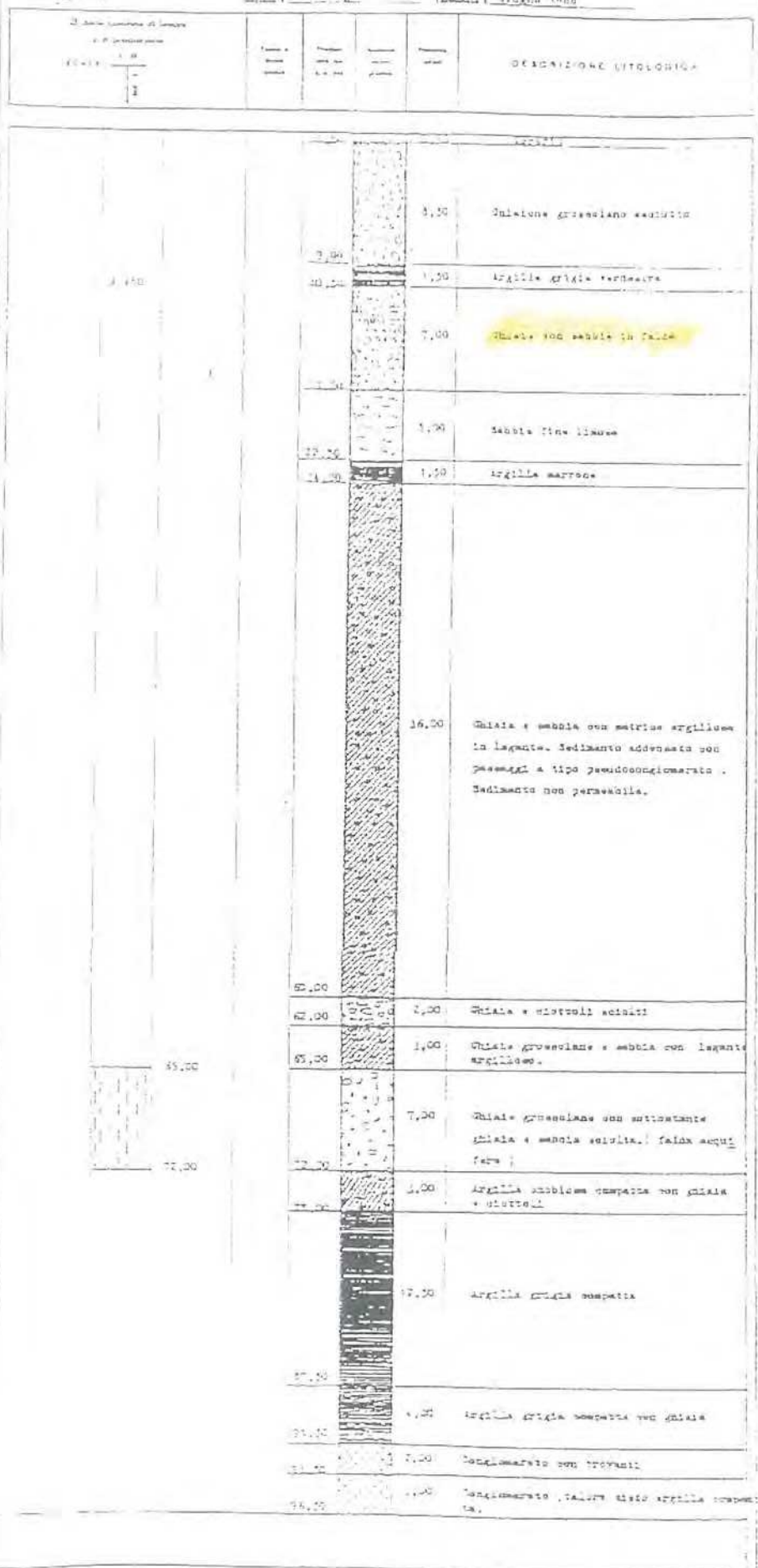
scala 	profondita'	stratigrafia	falda	coefficiente di permeabilità	DESCRIZIONE LITOLOGICA
--	-------------	--------------	-------	------------------------------	------------------------



COMUNE DI S. GIUSEPPE VESUVIANO
 PROV. DI NAPOLI
 S. GIUSEPPE VESUVIANO
 PIAZZA S. GIUSEPPE
 80138 S. GIUSEPPE VESUVIANO (NA)
 TEL. 081/7544011

Foglio n. 1
 Foglio n. 2
 Foglio n. 3
 Foglio n. 4
 Foglio n. 5
 Foglio n. 6
 Foglio n. 7
 Foglio n. 8
 Foglio n. 9
 Foglio n. 10
 Foglio n. 11
 Foglio n. 12
 Foglio n. 13
 Foglio n. 14
 Foglio n. 15
 Foglio n. 16
 Foglio n. 17
 Foglio n. 18
 Foglio n. 19
 Foglio n. 20
 Foglio n. 21
 Foglio n. 22
 Foglio n. 23
 Foglio n. 24
 Foglio n. 25
 Foglio n. 26
 Foglio n. 27
 Foglio n. 28
 Foglio n. 29
 Foglio n. 30
 Foglio n. 31
 Foglio n. 32
 Foglio n. 33
 Foglio n. 34
 Foglio n. 35
 Foglio n. 36
 Foglio n. 37
 Foglio n. 38
 Foglio n. 39
 Foglio n. 40
 Foglio n. 41
 Foglio n. 42
 Foglio n. 43
 Foglio n. 44
 Foglio n. 45
 Foglio n. 46
 Foglio n. 47
 Foglio n. 48
 Foglio n. 49
 Foglio n. 50
 Foglio n. 51
 Foglio n. 52
 Foglio n. 53
 Foglio n. 54
 Foglio n. 55
 Foglio n. 56
 Foglio n. 57
 Foglio n. 58
 Foglio n. 59
 Foglio n. 60
 Foglio n. 61
 Foglio n. 62
 Foglio n. 63
 Foglio n. 64
 Foglio n. 65
 Foglio n. 66
 Foglio n. 67
 Foglio n. 68
 Foglio n. 69
 Foglio n. 70
 Foglio n. 71
 Foglio n. 72
 Foglio n. 73
 Foglio n. 74
 Foglio n. 75
 Foglio n. 76
 Foglio n. 77
 Foglio n. 78
 Foglio n. 79
 Foglio n. 80
 Foglio n. 81
 Foglio n. 82
 Foglio n. 83
 Foglio n. 84
 Foglio n. 85
 Foglio n. 86
 Foglio n. 87
 Foglio n. 88
 Foglio n. 89
 Foglio n. 90
 Foglio n. 91
 Foglio n. 92
 Foglio n. 93
 Foglio n. 94
 Foglio n. 95
 Foglio n. 96
 Foglio n. 97
 Foglio n. 98
 Foglio n. 99
 Foglio n. 100

P 1



Profondità : 74,00 m.
 Colonna d'acqua : 39,00 m.
 Colonna pressurizzata : 3,00 m.
 Colonna d'acqua : 3,00 m.

2000-2001

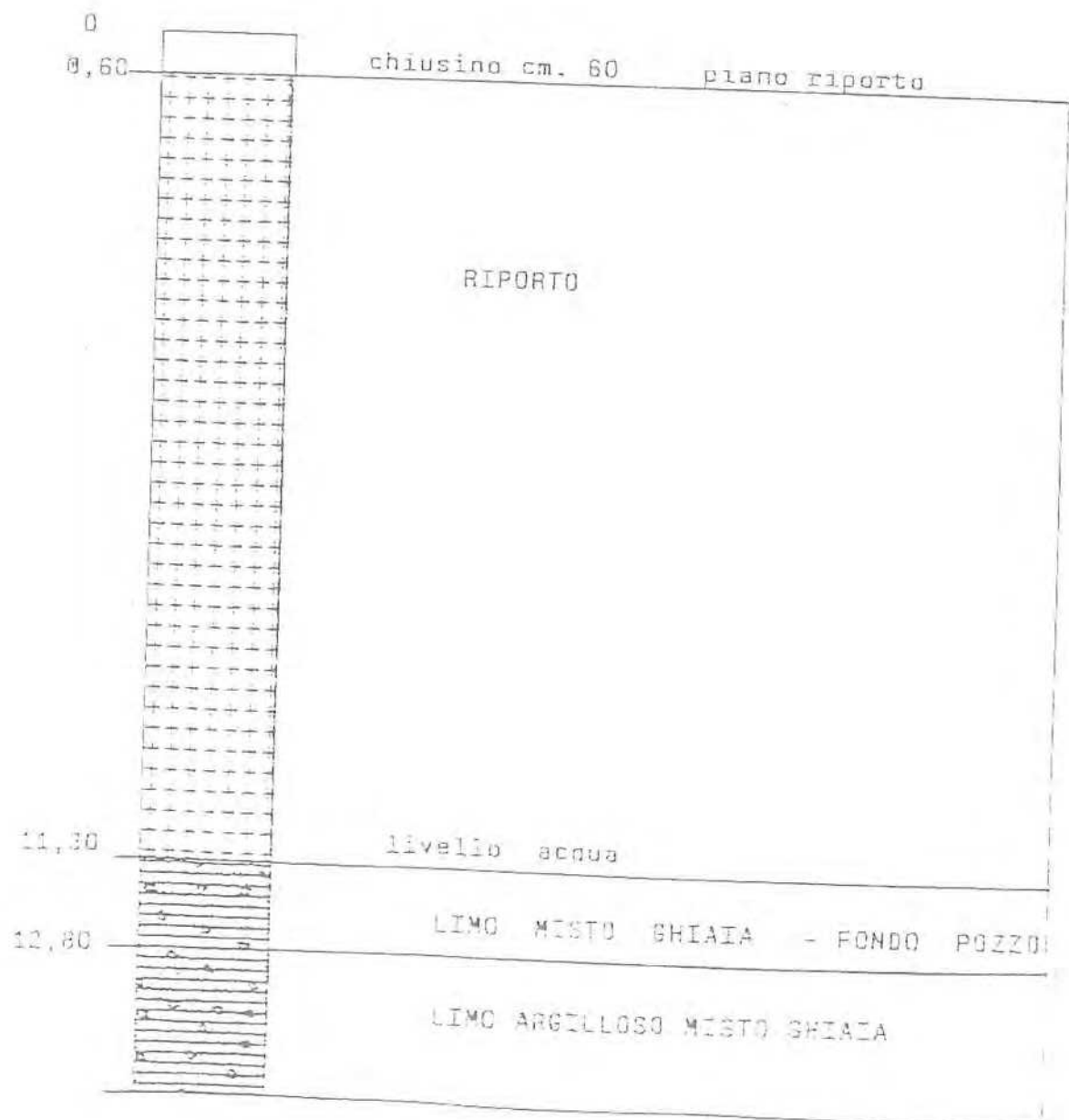
MANERBA DEL GARDA

Stratigrafia del pozzo VERTOLA S.R.L.

Anelli in cemento diametro 1 m.

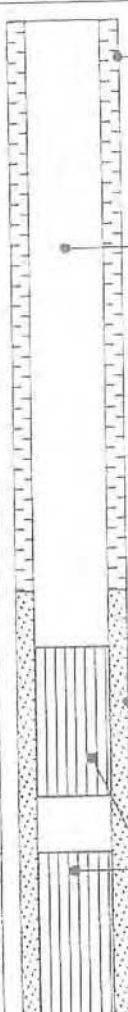
Scala, 1 : 100


Quota di riporto entro la cava



[illegible]

TAVOLA 5

PROVINCIA BRESCIA			COMUNE MANERBA DEL GARDA	PROPRIETARIO CALCESTRUZZI DOC S.r.l.	Nuovo Pozzo NP POZZO Industriale	
Profondità metri	Spessori metri	Sezione Litologica	Descrizione Litologica	Tubi e Filtri		Foglio 7
-00.00			Terreno di riporto			Mappa 2029
-01.00						Quota P.C.
-02.00						120 m slm
-03.00						Data
-04.00						26.07.2001
-05.00						L.S. - 21.7 m dal PC
-06.00						L.D. - 25.0 m dal P.C.
-07.00						PORTATA - 5 l/sec
-08.00						
-09.00						
-10.00						
-11.00						
-12.00						
-13.00						
-14.00						
-15.00						
-16.00						
-17.00						
-18.00						
-19.00						
-20.00						
-21.00						
-22.00	L.S.		Ghiaia grossolana (Ø max 30 mm), in matrice limosa grigia. Presenza di livelli di ghiaia fine.	- 24		
-23.00				- 26		
-24.00						
-25.00						
-26.00						
-27.00						
-28.00						
-29.00						
-30.00						
-31.00						
-32.00						
-33.00						
-34.00			Ghiaia con matrice argillosa	- 36		
-35.00						
-36.00			Ghiaia grossolana (Ø max 50 mm), in matrice limoso-sabbiosa. Presenza di livelli limo sabbiosi grigi.	- 42		
-37.00						
-38.00						
-39.00						
-40.00						
-41.00						
-42.00						
-43.00						
-44.00						
-45.00						



[Signature]

CONSTRUTTORE:



CONSTRUTTORE: