TETHYS di Salina Fabrizio

Cartografica Pusterla S.p.a.

Via Pusterla, 4
21040 Venegono Inferiore (VA)

RELAZIONE GEOLOGICA DI SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE DI UN PARCHEGGIO AUTOMEZZI SITO IN VIA PUSTERLA A VENEGONO INFERIORE (VA).

TETHYS
di Salina Fabrizio
Via Volta n° 1 – 21023 BESOZZO (VA)
e-mail : Tethys.mail@virgilio.it
Tel: 340/3975485 - 347/0775058
P.IVA : 02724420126
www.tethys-geoenv.com

		Data	12/11/2015
Num. Archivio	045/2015	Numero copie	3+1

INDICE

1. PREMESSA 3

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO 5

3. INDAGINE GEOTECNICA DI DETTAGLIO 12

3.2 NATURA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI 13

3.3 DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO 15

3.4 CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE PRELIMINARI 28

3.5 PROVE DI PERMEABILITA' 35

4. CONCLUSIONI 38

5. ALLEGATO FOTOGRAFICO 40

TAVOLE

Tavola 1: Corografia generale — Scala 1:10.000
Tavola 2: Carta di inquadramento geologico — Scala grafica
Tavola 3: Carta di inquadramento idrogeologico — Scala grafica
Tavola 4: Carta di inquadramento geomorfologico — Scala grafica
Tavola 5: Planimetria area di interesse con ubicazione punti di indagine — Scala grafica
Tavola 6: Sezione litotecnica descrittiva A-A' — Scala grafica

1. PREMESSA

Il presente elaborato e' stato redatto dietro richiesta dell' Arch. Richard Bay, progettista delle opere, in nome e per conto della ditta Cartografica Pusterla S.p.a., proprietaria dell'area in oggetto, al fine di fornire uno studio geologico di supporto alla progettazione di un intervento edilizio volto alla realizzazione di un nuovo parcheggio per autovetture e mezzi pesanti a servizio del complesso produttivo esistente, di pertinenza della committenza.

L'area oggetto di interesse ed oggetto di indagine è situata in Via Pusterla nel territorio comunale di Venegono Inferiore (VA).

Fig. 1: panorama della zona di Venegono Inferiore con evidenziata l'area di interesse

A corredo e supporto degli elaborati progettuali il presente documento descrive il contesto geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area in oggetto e delle sue immediate vicinanze.

Inoltre, al fine di caratterizzare i terreni del primo sottosuolo all'interno dell'area di prossimo intervento, sono state realizzate quattro prove penetrometriche; l'ubicazione dei punti di indagine e' stata decisa in accordo con il progettista al fine di indagare le porzioni di terreno maggiormente interessate dall'attività edificatoria e nelle more dei vincoli operativi espressi dalle strutture e dei sottoservizi esistenti.

Lo scopo dell'indagine è quello di verificare la natura dei terreni di fondazione al di sotto della struttura in progetto e di effettuare una prima caratterizzazione geotecnica degli stessi per fornire i parametri caratteristici.

Nell'ottica della presente indagine geognostica ed in relazione alle specifiche richieste espresse dallo studio geologico a supporto del Piano di Governo del Territorio vigente presso il Comune di Venegono inferiore sono state inoltre eseguite n. 2 prove di

permeabilità tipo Lefranc in foro di sondaggio e una indagine di microzonazione sismica locale tipo MASW finalizzata alla realizzazione di una verifica sismica locale di secondo livello.

L'indagine si è svolta in ottemperanza alle normative vigenti in materia (D.M. 16/01/1996, Norme tecniche sulle costruzioni D.M. 14/09/2005, D.M. 14/01/2008 e s.m.i.), secondo le prescrizioni e gli oneri contenuti nelle raccomandazioni A.G.I. (1977).

Il presente rapporto intende illustrare gli esiti delle indagini effettuate.

In particolare nelle tavole allegate sono rappresentate le caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche dell'area di interesse e delle immediate vicinanze nonchè l'ubicazione delle prove penetrometriche eseguite.

Il testo riportato all'interno del presente elaborato è di natura prettamente tecnica ed e' basato sulle evidenze delle verifiche geologiche, idrogeologiche e geomorfologiche eseguite in sito e sulle nozioni disponibili al momento della redazione dello stesso.

Le valutazioni professionali e tecniche contenute nel presente elaborato sono funzionali ai dati esistenti, alle finalità ed alle risorse disponibili; le conclusioni e le indicazioni progettuali in esso riportate sono da intendersi esclusivamente quali proposte di intervento e non come prescrizioni vincolanti ai fini realizzativi delle opere previste.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

L'area oggetto di prossima edificazione è ubicata in Via Pusterla che risulta situata nella porzione sud-occidentale del territorio comunale di Venegono Inferiore.

Dal punto di vista geologico il territorio comunale di Venegono Inferiore ricade a sud delle Prealpi Lombarde Occidentali, fra l'Anfiteatro morenico del Verbano (ad occidente) e le corrispondenti unità lariane (ad est).

Verso sud si passa invece al dominio dell'Alta Pianura terrazzata, dove i depositi continentali quaternari si sovrappongono, ricoprendole con spessori via via crescenti, alle formazioni mesozoiche affioranti estesamente a nord del Lago di Varese a costituire i principali rilievi montuosi.

In tale settore, i lembi residui delle antiche superfici deposizionali di origine fluvioglaciale si compenetrano a monte con le colline moreniche dei vasti apparati pleistocenici delle colate glaciali principali (Verbano, Ceresio e Lario).

Infatti il settore di indagine è caratterizzato in linea generale dall'occorrenza di prevalenti materiali sciolti continentali quaternari (facies glaciali s.l., fluvioglaciali, eolici e alluvionali) che ricoprono estesamente il substrato roccioso costituito da depositi conglomeratico-arenacei di ambiente sedimentario marino riferibili alla Gonfolite (Oligo-Miocene), ampiamente affiorante/subaffiorante su estese porzioni del territorio e caratterizzato da un andamento profondamente irregolare legato ad un complesso reticolo di paleovalli antecedenti la trasgressione marina pliocenica (alcune delle quali già profondamente incise) che isolano dorsali arrotondate (dossi semi-sepolti) in forma di culminazioni del substrato.

In particolare, nel rilevamento di dettaglio dell'Anfiteatro del Verbano lo studio delle caratteristiche sedimentologiche, paleopedologiche, geometriche e dei rapporti stratigrafici delle unità riconosciute, associato alle datazioni geocronometriche, alla palinologia e al paleomagnetismo consente una ricostruzione paleoambientale e paleogeografica sufficientemente dettagliata e tale da permettere il riconoscimento di almeno 13 diverse glaciazioni separate da corrispondenti interglaciali.

In linea generale si può affermare che a partire dal Pleistocene medio in poi, si assiste ad un succedersi di periodi caratterizzati da climi sensibilmente differenti, da freddo a temperato caldo; questi cambiamenti sono scanditi da momenti di avanzata e di ritiro dei ghiacciai alpini, con la creazione di diversi terrazzi climatici che nella nostra era sono di tipo fluvio–glaciale e, più recentemente, fluviale.

In particolare, per quanto concerne l'Anfiteatro del Verbano, i 13 corpi di till risultano separati da evidenze sedimentologiche e pedologiche di clima caldo e le glaciazioni si sarebbero verificate a partire dal Pliocene superiore.

L'area oggetto di studio vede la presenza di depositi fluvioglaciali riferibili all'episodio glaciale "Wurm".

Sotto il nome di Fluvioglaciale Wurmiano vengono compresi quei depositi di natura ghiaioso-sabbioso limosa che costituiscono il livello principale della pianura ascrivibile al settore Occidentale del territorio di Venegono Inferiore.

La litologia dei depositi appartenenti al Fluvioglaciale Wurmiano è caratterizzata dalla presenza di uno strato superiore di alterazione, di circa 50 cm di spessore, di natura essenzialmente limoso-sabbiosa che gli acidi humici hanno reso localmente bruno-rossastro.

Sotto lo strato di alterazione superficiale si incontrano ghiaie più o meno sabbiose passanti gradualmente a sabbie, limi e argille.

Alla medesima formazione sono ascrivibili i materiali conglomeratici poligenici, passanti a sabbie e ghiaie cementate in modo irregolare da precipitazione di carbonato di calcio che si rinvengono in corrispondenza della scarpata di delimitazione della valle di Sodammo.

Dalle osservazioni di dettaglio eseguite in corrispondenza dei settori di denudamento emergono condizioni litologiche e granulometriche sostanzialmente omogenee e riferibili a

sabbia e ghiaia da media a grossolana alternata ad intervalli decimetrici di sabbia con ciottoli centimetrici debolmente limosa; lo stato di cementazione è da scarso a nullo.

La caratterizzazione geopedologica dell'area di studio è stata effettuata sulla base dei dati forniti dall'E.R.S.A.L. - Ufficio Suolo - relativamente al "Progetto Carta Pedologica – Suoli della Pianura e Collina Varesina"; in particolare i depositi sono riconducibili al:

- SISTEMA L: piana fluvioglaciale e fluviale costituente il “livello fondamentale della pianura” formatasi a seguito dell’ultima glaciazione “wurmiana”.
- SOTTOSISTEMA LG: ampie conoidi a morfologia subpianeggiante costituite da materiali fluvioglaciali non alterati.
- UNITA' CARTOGRAFICA 58: suoli moderatamente profondi, limitati da substrato pietroso, con scheletro abbondante; reazione subacida; tessitura moderatamente grossolana negli orizzonti superficiali, grossolana negli orizzonti profondi; drenaggio buono.
- Superfici pianeggianti o lievemente ondulate, con substrato ciottoloso non calcareo di origine fluvioglaciale; le utilizzazioni prevalenti del suolo sono il seminativo, il prato permanente ed il bosco ceduo di robinia.
- Le limitazioni agronomiche sono principalmente dovute alla reazione subacida dell’orizzonte superficiale, all’abbondante componente ghiaiosa nella matrice del suolo ed alla ridotta capacità di ritenzione idrica; valore naturalistico basso.

Morfologicamente l’area oggetto di studio e le aree ad essa prossimali sono inseribili in una zona pianeggiante compresa tra la zona morfologicamente rilevata ove sorge l’abitato di Venegono Inferiore e la zona di influenza del F. Olona caratterizzata da una incisione valliva ben definita.

Tale zona vede la presenza di ampie zone urbanizzate con esclusivamente piccole aree residuali votate all’uso agricolo, a verde o boscate.

L’area di interesse e le sue immediate vicinanze sono inserite in un contesto urbanizzato caratterizzato dalla presenza preponderante di edifici a destinazione commerciale eo produttiva con ridotta presenza di edifici a civile abitazione; le edificazione sono disposte principalmente a ridosso della strada statale e del reticolo secondario che da essa si diparte e presentano spesso aree aperte di pertinenza destinate a piazzale o parcheggio se afferenti a strutture commerciali e produttive o ad aree decorative e a verde se di pertinenza a edifici di civile abitazione.

Di fronte all’area di indagine è presente il tracciato di Via Pusterla con presenza di alcune aree coltivate e boscate.

Il maggiore lineamento antropico della zona risulta identificabile nella strada statale n.233 che collega le varie cittadine da Vedano Olona fino a Saronno e che si sviluppa secondo un tracciato avente una direzione sommariamente impostata da NNW verso SSW.

Le modificazioni antropiche a cui è stato sottoposto il territorio ove si inserisce l’area in trattazione rendono difficoltoso il riconoscimento delle primigenie forme morfologiche.

Al momento della redazione del presente elaborato grafico non si è osservata la presenza di fenomeni geomorfologici o idrologici in atto e che possano recare detrimento all’opera in progetto.

E’ stata osservata esclusivamente la possibilità di occorrenza di ristagni idrici di acque meteoriche determinati dalla natura pianeggiante dell’area di studio e dalla presenza di ostacoli al naturale deflusso quali muretti, cordoli e aree a verde leggermente rilevate.

L’area in trattazione risulta inserita in un contesto idrogeologico di piana fluvioglaciale la cui situazione stratigrafico-idrogeologica dei primi 50.0-60.0 metri di profondità dal piano campagna, è caratterizzata dalla presenza di depositi a granulometria eterogenea sabbiosi e ghiaiosi di origine fluvioglaciale, localmente cementati e alterati in ferretto nella porzione superiore.

I materiali permeabili sabbiosi e ghiaiosi con ciottoli, sedi di falda acquifera, sono localmente intercalati ad orizzonti poco continui impermeabili di natura argillosa-limosa.

Nell'area in questione, la discontinuità laterale di questi ultimi comporta che i corpi acquiferi sotterranei, separati tra loro in talune zone, risultino comunicanti in altre.

Al letto di questa litozona, posto a circa 50.0-60.0m dal p.c., si rinvengono depositi contraddistinti da potenti intervalli argilloso-sabbiosi con ghiaia, alternati ad orizzonti metrici francamente argillosi; questi materiali sono presenti con continuità sino a circa 150m dal p.c., ovvero sino alla profondità complessiva raggiunta dalle captazioni della zona.

In base a tali considerazioni, le falde idriche dell'area in esame possono essere così suddivise:

- acquifero superficiale, freatico, non confinato, si sviluppa sino alla profondità di circa 50.0-60.0 m dal p.c., limitato alla base da orizzonti a bassa permeabilità; date tali condizioni geometriche, il corpo idrico è assimilabile ad un acquifero semilibero monostrato.
- acquifero profondo, semiconfinato, compreso fra 50-60.0m e la profondità indicativa di 150 m ed è contenuto entro sedimenti permeabili sabbioso-ghiaiosi, separati da livelli impermeabili con discreta continuità laterale; nel complesso è definibile come un acquifero multistrato semiconfinato.

L'area oggetto di prossimo intervento risulta inserita in un settore territoriale caratterizzato da condizioni di permeabilità dei depositi elevate aventi la presenza esclusivamente della casse di drenaggio del suolo rapido; nell'ambito dei settori alluvionali, l'acqua è rimossa prontamente dal suolo, ma non rapidamente.

Le condizioni di drenaggio sono pertanto buone.

Sulla base di quanto riportato nella cartografia comunale di inquadramento idrogeologico è possibile individuare come in corrispondenza dell'area in trattazione la falda idrica sotterranea abbia una direzione di deflusso preferenziale in direzione sud-ovest con una soggiacenza della superficie piezometrica di circa 30-35 mt rispetto al p.c. ovvero con una quota piezometrica di 270 m slm.

Nelle immediate vicinanze dell'area in trattazione non si rileva la presenza di opere di captazione a scopo idropotabile; il pozzo idropotabile attivo più vicino risulta essere ubicato circa 500 m in direzione nordest rispetto al sito in trattazione (pozzo n.3).

La cartografia di prima caratterizzazione geotecnica redatta nell'ambito del P.G.T. di Venegono Inferiore inserisce l'area in trattazione nella "Zona a ghiaia e sabbia debolmente limosa prevalente".

Comprende la porzione occidentale del Comune di Venegono Inferiore ed è caratterizzata da depositi ghiaioso-sabbiosi debolmente limosi ed argillosi, non alterati.

Il deposito è di origine fluvioglaciale.

Il complesso delle osservazioni effettuate consente una valutazione quantitativa dei materiali costituenti l'immediato substrato pedogenetico sino ad una profondità di circa 9.00-10.00 m dal p.c., che possono essere classificati come "terreni con qualità portanti da discrete a buone, con permeabilità medio-elevata".

In particolare si osservano le seguenti suddivisioni stratigrafiche e reologiche:

- unità 1: profondità: da 0.0m a -2.50m
  - N spt: 3 c/p
  - Densità relativa Dr = <10±20 %
  - angolo di attrito interno f: 24°
  - stato di addensamento: da sciolto a poco addensato
- unità 2 : profondità: da -2.50m a -5.00m
  - N spt: 19 c/p
  - Densità relativa Dr = 51 %
  - angolo di attrito interno f: 32°
  - stato di addensamento: moderatamente addensato
- unità 3: profondità: da -5.00m a -5.30m
  - N spt: 35±rifiuto
  - Densità relativa Dr = 67±>90 %

- angolo di attrito interno f: 35±45°
- stato di addensamento: da addensato a molto addensato.

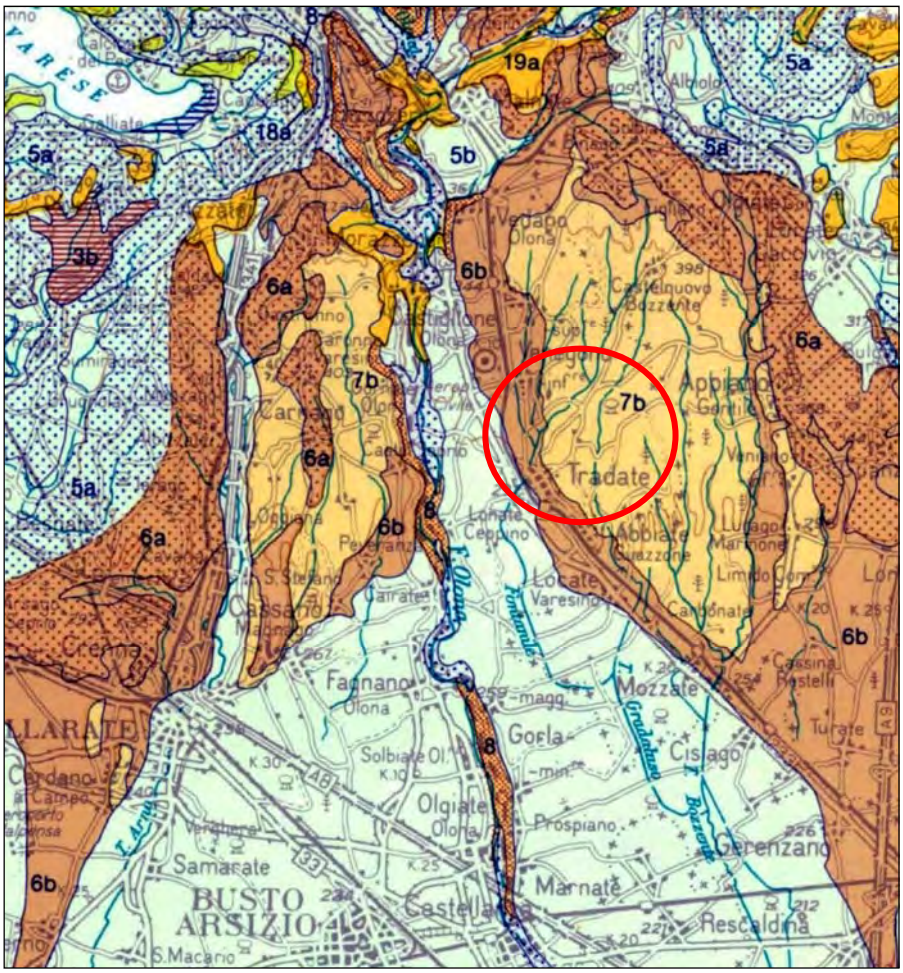
La cartografia di prima zonazione sismica redatta nell'ambito del P.G.T. di Venegono Inferiore inserisce l'area in trattazione nello scenario di amplificazione sismica tipo Z4a "Zona con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi".

Lo scenario Z4a comprende la Piana fluvioglaciale wurmiana (livello fondamentale della pianura), localizzata nel settore occidentale del Comune e la piana fluvioglaciale intermedia (rissiana) che separa la precedente dal settore mindelliano maggiormente rilevato.

In corrispondenza di queste aree si possono verificare effetti di amplificazioni sismica legati alla natura litologica dei terreni, che può variare da limoso-sabbiosa a sabbioso-ghiaiosa, con tendenziale aumento della granulometria da nord verso sud nonché in base alla geometria dei luoghi (livello di approfondimento H2-2°).

Sulla base di quanto sopra, all'interno dello scenario Z4a si possono riconoscere terreni caratterizzati da parametri geotecnici diversi; essi, dal punto di vista normativo, vengono raggruppati nello stesso scenario di pericolosità sismica della classe dei depositi fluvioglaciali e/o alluvionali.

Ciò nonostante la differenza delle caratteristiche geotecniche comporta una risposta sismica, in termini di amplificazione degli effetti, che può essere diversa.



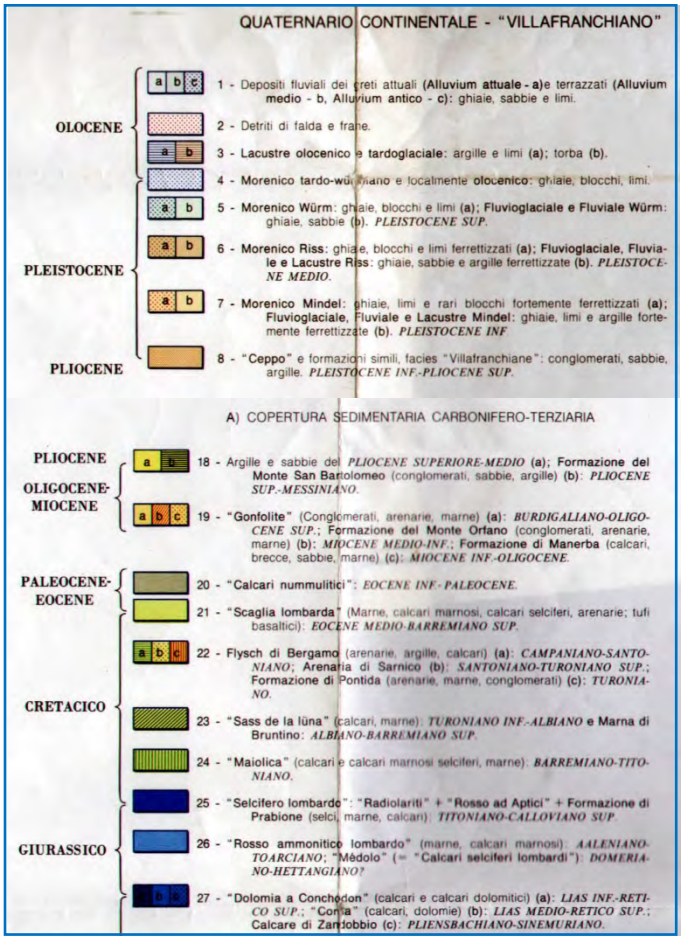


Fig.2-3: Stralcio della carta geologica della Regione Lombardia alla scala 1:250.000, evidenziata in colore rosso l'area di

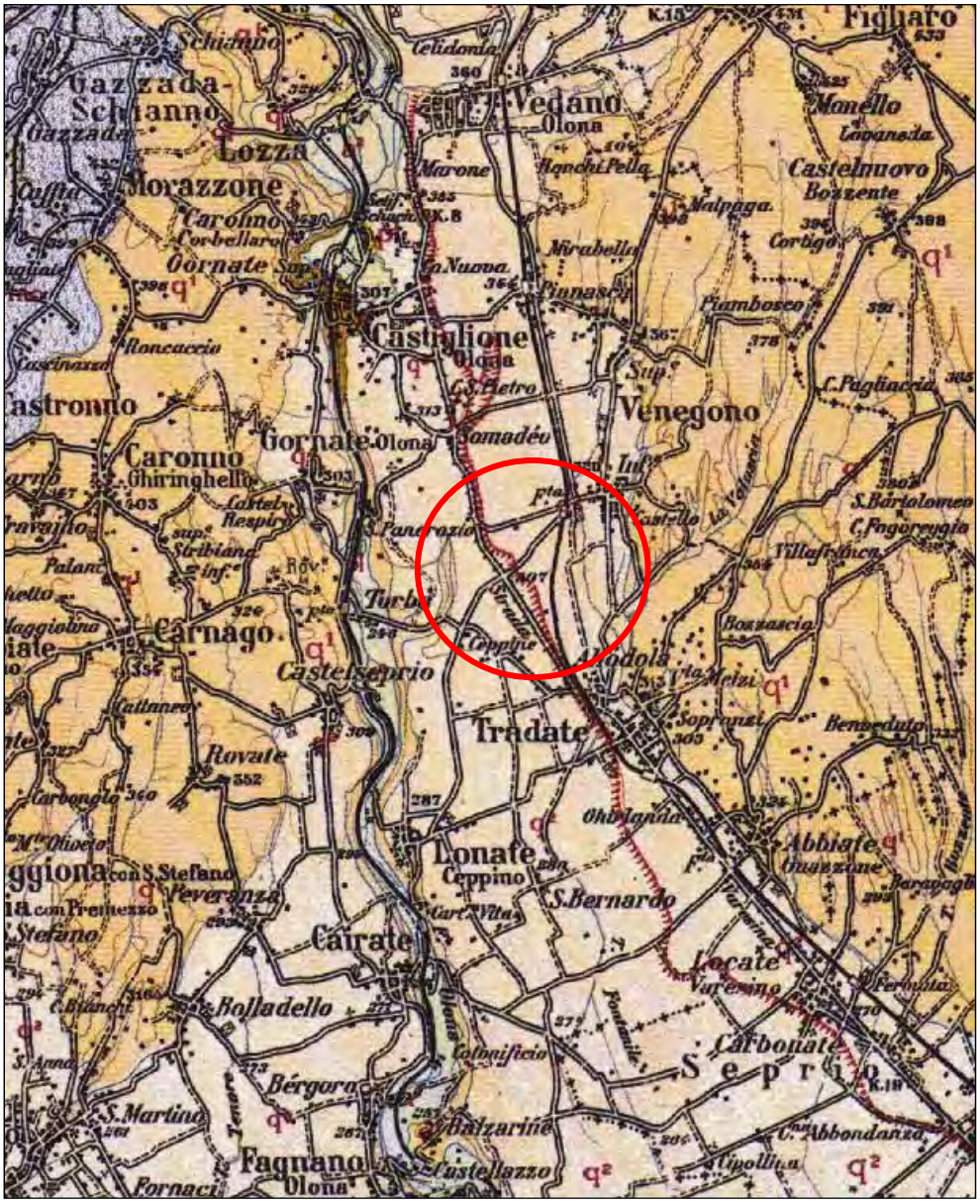


Fig.4-5: Stralcio della carta geologica d'Italia 1:100.000 foglio 31 "Varese", evidenziata in colore rosso l'area di interesse, e relativa legenda.

Quaternario

Recente

a^2 — Alluvioni recenti (a^2) e coni di dejezione recenti (a^2_a).

a^2_a, a^2_b — Detriti di falda (a^2_a).
Alluvioni torbose e torbiere (a^2_t).

a^2_t, a^1 — Alluvioni terrazzate (a^1).
Coni di dejezione antichi, talora terrazzati (a^1_c).
Travertino (Ponte naturale di Artore, Morosolo).

a^1_c

Antico

mo — Morenico e cordoni morenici (c) del Würmiano e degli stadî post-würmiani, contenente talora parti fluvioglaciali, specialmente minute sabbie micacee. Depositi intergiaciali della valle della Tresa (Creva) e della Valtravaglia.

q^2 — Depositi prewürmiani terrazzati.
Linee dei terrazzi.

q^1 — Depositi prewürmiani ferrettizzati e banchi di ceppo.

Terziario

Pliocene — pl — Sabbie, argille sabbiose e marne con fossili marini.

Oligocene — ol — Arenarie e conglomerati (conglomerato di Como) talora con facies glaciale e grossi massi erratici di rocce cristalline (ol).
Argille e marne intercalate e sottostanti al conglomerato (ola).

ola

Eocene — eo — Calcare marnoso; marne dure con pettini; calcare granulare con nummuliti; brecciola nummulitica.

Cretacico

Sup. — C^2 — Marne scistose grigio azzurre o variegate; calcari a fucoidi, calcari chiari puddingoidi; marne durissime; puddinghe calcaree con noduli di selce.

Inf. — C^1 — Calcare bianco o verdastro con lenti di selce (maiolica) talora alternante con marne e marne argillose, passante gradatamente in basso al Titonico superiore.

Giurese

Giurese sup. e med. — g — Calcari bianchi (maiolica) talora con sottili straterelli rossi (Titonico); calcari verdi, violacei o rossi con selce; diaspri e ftaniti rosse, con screziature verdastre (Radiolariti). (Malm, Balociano e Batoniano).

Lias

l^2 — Lias superiore; marne e calcari marnosi rossi e violacei con ammoniti (Ammonitico rosso lombardo: Aleniano e Toarciano).

l^1, l^1_a — Calcari verdastri ammonitiferi (Domeriano).
Calcare grigio talora scistoso marnoso; calcari carnicini; calcare rosso di Arzo; calcari arenacei chiari; calcari di Saltrio. Brecce autoclastiche di base. (Pliesbachiano e Sinemuriano) (l^1_a).

rh — Dolomia a *Conchodon* (Hettangiano).

Trias

Retico — tr — Dolomia fittamente zonata alternante con marne scistose nerastre e brecce dolomitiche e calcaree (Strati ad *Avicula contorta*).

Norico — tn — Dolomia principale a *Worthenia Songavati*.

Carnico sup. — t^2_c — Marne varicolori alternanti con strati di calcare più o meno marnoso, facenti passaggio in basso a calcari fogliettati. Roccia puddingoide. Marne varicolori con gessi, oltre il confine presso Mèride.

Trias

Mesotrias e Carnico inferiore

t^1_l, t^1_a, t^1_a, $t^1_a

3. INDAGINE GEOTECNICA DI DETTAGLIO

3.1 ATTREZZATURA TECNICA UTILIZZATA

Al fine di caratterizzare i terreni del primo sottosuolo all'interno delle aree di prossima edificazione sono state eseguite, in data 06/11/2015, quattro prove penetrometriche dinamiche.
L'ubicazione dei punti di indagine geotecnica é stata decisa, in accordo con il progettista delle opere, in modo da ottenere una esplorazione esaustiva dell'area di intervento, nelle more dei vincoli operativi espressi dalla morfologia dei luoghi e dai sottoservizi esistenti.

L' indagine penetrometrica dinamica è stata condotta tramite S.C.P.T. (Standard Conic Penetration Test) utilizzando una attrezzatura **DPSH (Super Heavy),** avente le seguenti caratteristiche tecniche:

peso massa battente	M	=	73.00 kg
altezza caduta libera	H	=	0.75 m
peso sistema battuta	Ms	=	0.63 kg
diametro punta conica	D	=	51.00 mm
area base punta conica	A	=	20.43 cm^2
angolo apertura punta	α	=	60°
lunghezza delle aste	La	=	0.90 m
peso aste per metro	Ma	=	6.31 kg
Profondità giunzione 1ª asta	P1	=	0.30 m
Avanzamento punta	δ	=	0.30 m
Numero di colpi per punta	N	=	N=(30)
Rivestimento / Fanghi			NO
Energia specifica per colpo	Q	=	8.93 kg/ cm^2

Tutte le indagini sono state eseguite tramite l'infissione di aste di lunghezza pari a 0,90 metri con conteggio dei colpi di maglio necessari all'infissione di progressive di 30 cm (DPSH).

Il numero di colpi è in stretta relazione con la resistenza all'avanzamento della punta e delle aste, ossia con lo stato di addensamento delle terre attraversate e con la litologia.

I dati di campagna sono riportati su diagrammi penetrometrici che mettono in relazione il numero di colpi (NSCPT) con i metri di avanzamento.

Interpretando questi diagrammi vengono individuati gli strati che assumono omogenea resistenza all'avanzamento delle aste.

Il numero di colpi NSCPT viene quindi moltiplicato per un fattore necessario per standardizzare i valori secondo la normativa NSPT (Standard Penetration Test).

Dai valori di NSPT, tramite software dedicato, si ricavano i parametri geotecnici propri del materiale e del loro stato tensionale (Densità relativa, Angolo di attrito, Gamma, Modulo di deformazione drenato, Contenuto d'acqua).

3.2 NATURA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Come precedentemente riportato, nella zona riguardante l'opera in progetto sono state eseguite n.° 4 prove penetrometriche dinamiche standard (S.C.P.T.), spinte fino ad una profondità di -7.50 m dal p.c.; la profondità di realizzazione delle prove è stata condizionata dal raggiungimento del rifiuto all'avanzamento in tutti i punti di indagine eseguiti.

La posizione dei punti di indagine è riportata nella Tavola 5.

Le prove, nell'insieme caratterizzate da una sufficiente omogeneità, risultano globalmente correlabili tra loro ed appaiono sufficientemente rappresentative dei terreni presenti nella zona; lo spessore degli strati è variabile in relazione alla posizione di esecuzione prova, pur mostrando una buona coerenza tessiturale.

Le superfici limite tra i vari strati di terreno sono definibili con adeguata precisione grazie alla presenza di un passaggio sufficientemente netto tra di essi.

Assumendo come quota di riferimento il p.c. in corrispondenza della prova penetrometrica n.° 1, la successione stratigrafica dei terreni può essere quindi ipotizzata e schematizzata come segue, in assenza di un sondaggio a carotaggio continuo:

- Dal piano campagna fino ad una profondità di circa –2,70/-3,60 m, a seconda del punto di prova considerato ovvero rispettivamente prove n. 1, 2, 3 e n. 4, si ha uno strato (A), presente con continuità su tutta l'area, composto da materiali di riporto o rimaneggiati, a causa anche delle pratiche agricole attuate nel passato, costituiti da sedimenti limoso-sabbiosi debolmente ghiaiosi e con occasionali ciottoli seguiti da terreni probabilmente naturali a granulometria limoso-sabbiosa con ghiaie maggiormente presenti e ciottoli, a formare una lente o un sottile livello in corrispondenza dell'orizzonte tra 0,3 e 1,2 m dal p.c. esistente.
  Tale orizzonte presenta complessivamente uno grado di addensamento scarso con caratteristiche geotecniche globalmente scadenti, qui di seguito riportate:

STRATO A	*Da circa 0,00 m a circa -2,70/-3,60 m circa*		
Parametri	*Simbolo*	*U.m.*	*Valore*
Consistenza			Scarsamente addensata
Peso di volume	γ	KN/m^3	16,0
Angolo di attrito	ϕ	°	22
Coesione non drenata	Cu	Kg/cm^2	0
Densità relativa	Dr	%	21

- Da –2,70/-3,60 m circa a –4,20/-6,30 m circa, si ha un livello (B) costituito da ghiaie in matrice sabbioso-limosa.
  Tale livello risulta complessivamente mediamente addensato con buone caratteristiche geotecniche.
  A tale livello si possono assegnare le seguenti caratteristiche geotecniche:

STRATO B	*Da circa -2,70/-3,60 m a -4,20/-6,30 m circa*		
Parametri	*Simbolo*	*U.m.*	*Valore*
Consistenza			Mediamente addensata
Peso di volume	γ	KN/m^3	17,0
Angolo di attrito	ϕ	°	31
Coesione non drenata	Cu	Kg/cm^2	0
Densità relativa	Dr	%	48

Da –4,20/-6,30 m circa a fine prove, si ha un livello (C) costituito da ghiaie a granulometria media e grossolana, probabilmente poligeniche, medio-grossolane in matrice limoso-sabbiosa, talvolta subordinata.
Tale livello risulta complessivamente ben addensato con buone caratteristiche geotecniche.
A tale livello si possono assegnare le seguenti caratteristiche geotecniche:

STRATO C	*Da circa -4,20/-6,30 m a fine prove.*		
Parametri	*Simbolo*	*U.m.*	*Valore*
Consistenza			Ben addensata
Peso di volume	γ	KN/m^3	20,0
Angolo di attrito	ϕ	°	35
Coesione non drenata	Cu	Kg/cm^2	0
Densità relativa	Dr	%	85

All'interno della tavola grafica n. 6 in allegato al presente elaborato testuale è visibile una sezione litostratigrafica indicativa di una possibile teorica correlazione tra le diverse tipologie di sedimenti rinvenute in corrispondenza di ciascun punto di prova.

È doveroso sottolineare alcuni aspetti fondamentali emersi dalle risultanze delle indagini geognostiche:

- ✓ le risultanze delle prove eseguite evidenziano una buona uniformità e correlabilità in tutta l'area sottoposta ad indagine;
- ✓ i sedimenti rinvenuti nell'area oggetto di prossima edificazione garantiscono un comportamento geotecnico da scadente a buono in relazione allo specifico orizzonte considerato;
- ✓ l'orizzonte litostratigrafico denominato "A" risulta possedere caratteristiche geotecniche scadenti condizionate fortemente dalla natura fine dei materiali presenti nonché dalle operazioni di rimaneggiamento superficiale anche ad opera dell'attività agricola svolta nel recente passato all'interno dell'area oggetto di indagine.
- ✓ All'interno del livello stratigrafico "A" è stata rilevata la presenza di un sottile livello costituito da materiali fini ma con presenza di una maggiore frazione lapidea grossolana; tali caratteristiche, per quanto migliorative delle caratteristiche geotecniche, dato lo scarso spessore dell'orizzonte di materiali riscontrato in sito durante le prove non modifica sostanzialmente le proprietà geologiche del livello stratigrafico in cui tale orizzonte risulta essere ricompreso.
- ✓ l'orizzonte litostratigrafico denominato "B" risulta possedere caratteristiche geotecniche buone determinate dalla presenza di sedimenti a granulometria grossolana che ne favoriscono il buon comportamento in ambito geotecnico.
- ✓ in corrispondenza dei punti di esecuzione delle prove penetrometriche l'orizzonte denominato "B" è stato rinvenuto con caratteristiche granulometriche e con grado di addensamento decisamente migliori rispetto ai depositi superficiali caratteristici del livello "A" e pertanto risulta caratterizzato da un comportamento geotecnico migliore;
- ✓ l'orizzonte stratigraficamente più profondo rinvenuto durante l'esecuzione delle presenti prospezioni geognostiche, denominato orizzonte "C", presenta caratteristiche geotecniche buone determinate dalla presenza di materiali con preponderante frazione lapidea grossolana.
- ✓ durante l'esecuzione delle indagini geognostiche non è stata rinvenuta presenza di acque sotterranee fino alle profondità indagate.

3.3 DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

3.3.1 INDAGINE GEOFISICA MASW

Introduzione

La presente relazione riporta le elaborazioni ed i risultati ottenuti dall'esecuzione di un profilo sismico con la metodologia MASW presso l'area situata lungo la via Pusterla nel comune di Venegono Inferiore (VA).

La campagna di indagine è stata eseguita nella giornata del 06 novembre 2015 e lo scopo dell'indagine è stato quello di ricostruire, per l'area in oggetto, l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità (Vs-z).

Il modello sismico monodimensionale costituisce infatti l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito (o risposta sismica locale - RSL) che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (definizione della categoria di sottosuolo).

Ciò permette una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni sito-specifiche, garantendo un adeguato livello di protezione antisismica delle costruzioni (O.P.C.M. 3274 e s.m.i; D.M. 14.01.2008; D.G.R. n. 8/7374 e D.G.R. IX/2616/2011).

Nei capitoli successivi verranno descritte le modalità d'esecuzione delle misure sperimentali e l'interpretazione geofisica delle stesse.

In figura 6 si riporta l'ubicazione della prospezione MASW effettuata.

Fig.6: Ubicazione dell'area di indagine e del transetto sismico MASW.

Descrizione del metodo e della strumentazione utilizzata

La prova MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park C.B. et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh.

Il metodo di indagine MASW si distingue in "attivo" e "passivo" (Zywicki D.J., 1999; Park C.B., Miller R.D., 2006; Roma V., 2006):

1) Nel "metodo attivo" le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica).

2) Nel "metodo passivo" lo stendimento presenta le stesse caratteristiche geometriche del metodo attivo ma i ricevitori non registrano le onde superficiali prodotte da una sorgente impulsiva, bensì il rumore di fondo (detto anche "microtremori") prodotto da sorgenti naturali (vento) e antropiche (traffico, attività industriali).

Le due tecniche indagano bande spettrali differenti: mentre il metodo attivo consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 20-30 m di profondità in funzione della rigidezza del suolo), il metodo passivo consente di determinare una curva di dispersione nella banda di frequenza tra 4 e 20 Hz e fornisce informazioni sugli strati più profondi (generalmente al di sotto dei 30 m).

La combinazione delle due tecniche consente di ottenere uno spettro completo nella banda di frequenza comprese tra 4 e 40 Hz e permette una dettagliata ricostruzione dell'andamento della velocità delle onde di taglio fino a circa 30-40 m di profondità (sempre in funzione della rigidezza degli strati).

L'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno secondo un array lineare da 24 geofoni con spaziatura pari a 1.5 m (la configurazione geometrica adottata è stata dettata sia dalle condizioni logistiche che dalla necessità di ricostruire al meglio lo spettro di velocità delle onde superficiali di Rayleigh).

Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, oltre ad utilizzare geofoni da 4.5 Hz, è stato utilizzato un sismografo a 24 bit.

Nell'esecuzione della prova MASW attiva è stato utilizzato come sistema di energizzazione una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (processo di stacking).

La sorgente è stata posta ad una distanza compresa tra 6 e 15 m dal primo geofono effettuando più energizzazzioni in punti differenti ("Optimum Field Parameters of an MASW Survey", Park C.B. et al., 2005; Dal Moro G., 2008; Dal Moro G., 2012).

Terminata l'indagine attiva, con la stessa configurazione geometrica si è passati alla registrazione dei microtremori (MASW passiva) acquisendo in totale 10-12 registrazioni di rumore, ciascuna della lunghezza di 30 s.

Di seguito si riassumono le principali caratteristiche della strumentazione utilizzata ed i criteri di acquisizione della prova MASW attiva e passiva:

n°	Strumentazione	Caratteristiche tecniche
1	Unità di acquisizione	sismografo GEOMETRICS "GEODE" a 24 bit
24	Geofoni verticali	"Geospace" con f0= 4.5 Hz
1	Cavo sismico	L = 60 m
1	Sorgente	Mazza battente su piattello metallico

Fig.7: Particolare della strumentazione utilizzata per la prova MASW.

Fig.8: Ubicazione del transetto sismico MASW.

Elaborazione dati

I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC e convertiti in un formato compatibile (KGS format file) per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (SurfSeis 4.0 della Kansas University, Park C. B., 2006-2013).

Tale programma permette di elaborare i dati acquisiti sia con il metodo attivo che con quello passivo.

L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "phase velocity-frequency (c-f)" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica.

Gli spettri bidimensionali ottenuti dalle registrazioni con il metodo attivo e con quello passivo, elaborati in fasi separate, vengono successivamente combinati in modo da ottenere uno spettro unico.

In questo grafico è possibile distinguere il "modo fondamentale" delle onde di superficie, in quanto le onde di Rayleigh presentano un carattere marcatamente dispersivo che le differenzia da altri tipi di onde (onde riflesse, onde rifratte, onde multiple).

Inoltre, la combinazione dei due metodi MASW consente di individuare il "modo fondamentale" delle onde di superficie nel campo di frequenze compreso tra i 4 e i 40 Hz e di ottenere informazioni sia "superficiali" che "profonde".

Sullo spettro di frequenza viene eseguito un "picking" attribuendo ad un certo numero di punti una o più velocità di fase per un determinato numero di frequenze (si veda la curva di dispersione riportata in allegato).

Tali valori vengono successivamente riportati su un diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello interpretativo.

Variando la geometria del modello di partenza ed i valori di velocità delle onde S si modifica automaticamente la curva calcolata di dispersione fino a conseguire un buon "fitting" con i valori sperimentali.

L'analisi dello spettro bidimensionale c-f consente in questo modo di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità.

Dall'inversione della curva di dispersione (relativa al "modo fondamentale" delle onde superficiali di Rayleigh) si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell'area investigata:

Modello			
Strato	**Spessore [m]**	**Vs [m/s]**	**Profondità**
1	0.8	**172**	0.8
2	1.0	**142**	1.8
3	1.2	**169**	3.0
4	1.6	**313**	4.6
5	1.9	**303**	6.5
6	2.4	**357**	9.0
7	3.0	**384**	12.0
8	3.8	**607**	15.8
9	4.7	**552**	20.6
10	5.9	**471**	26.5
11	7.4	**654**	33.9
12	8.1	**794**	42.0

Tabella 1: Modello sismico monodimensionale ricostruito per l'area in esame.

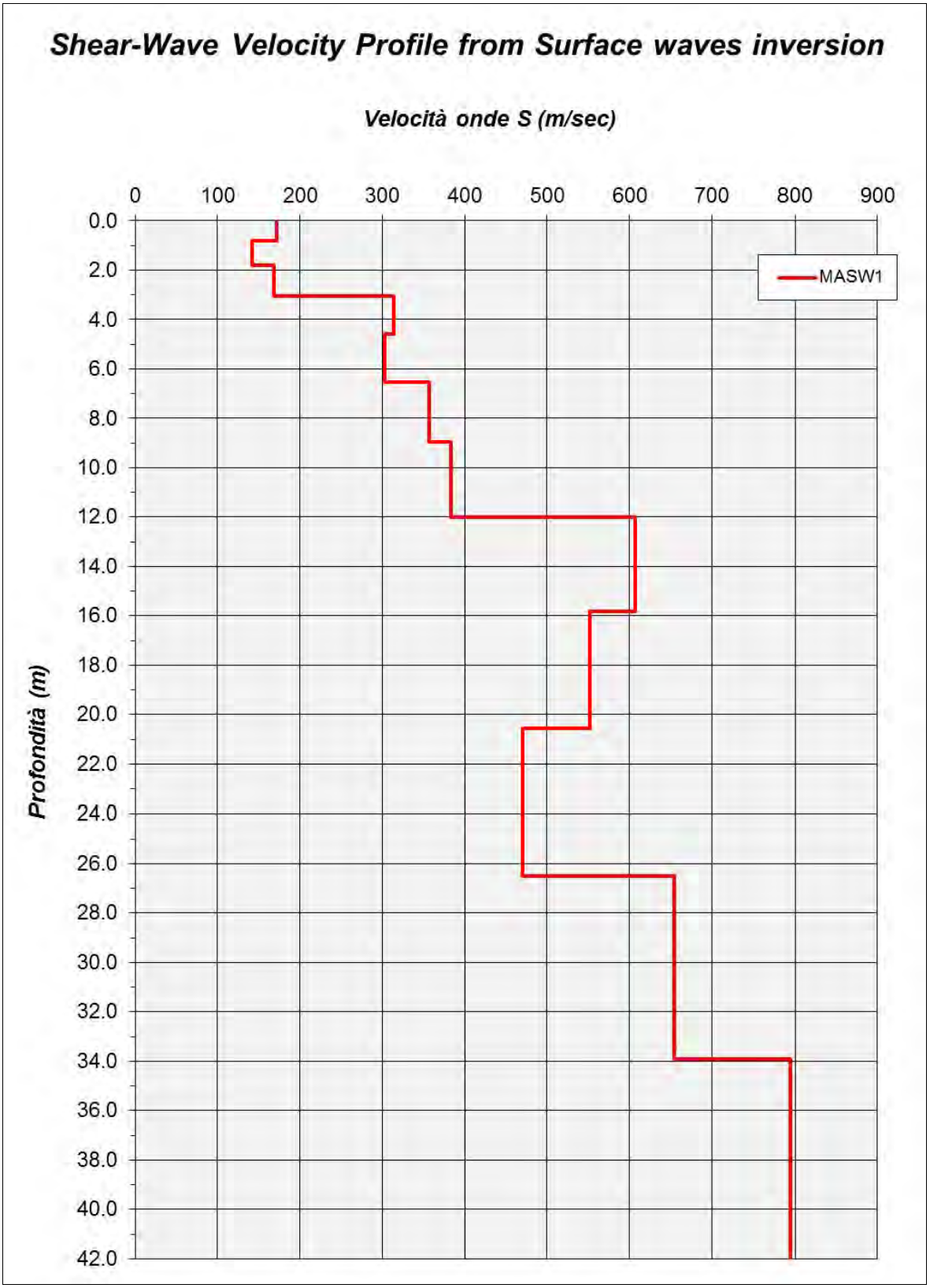


Fig.9: Profilo velocità onde di taglio.

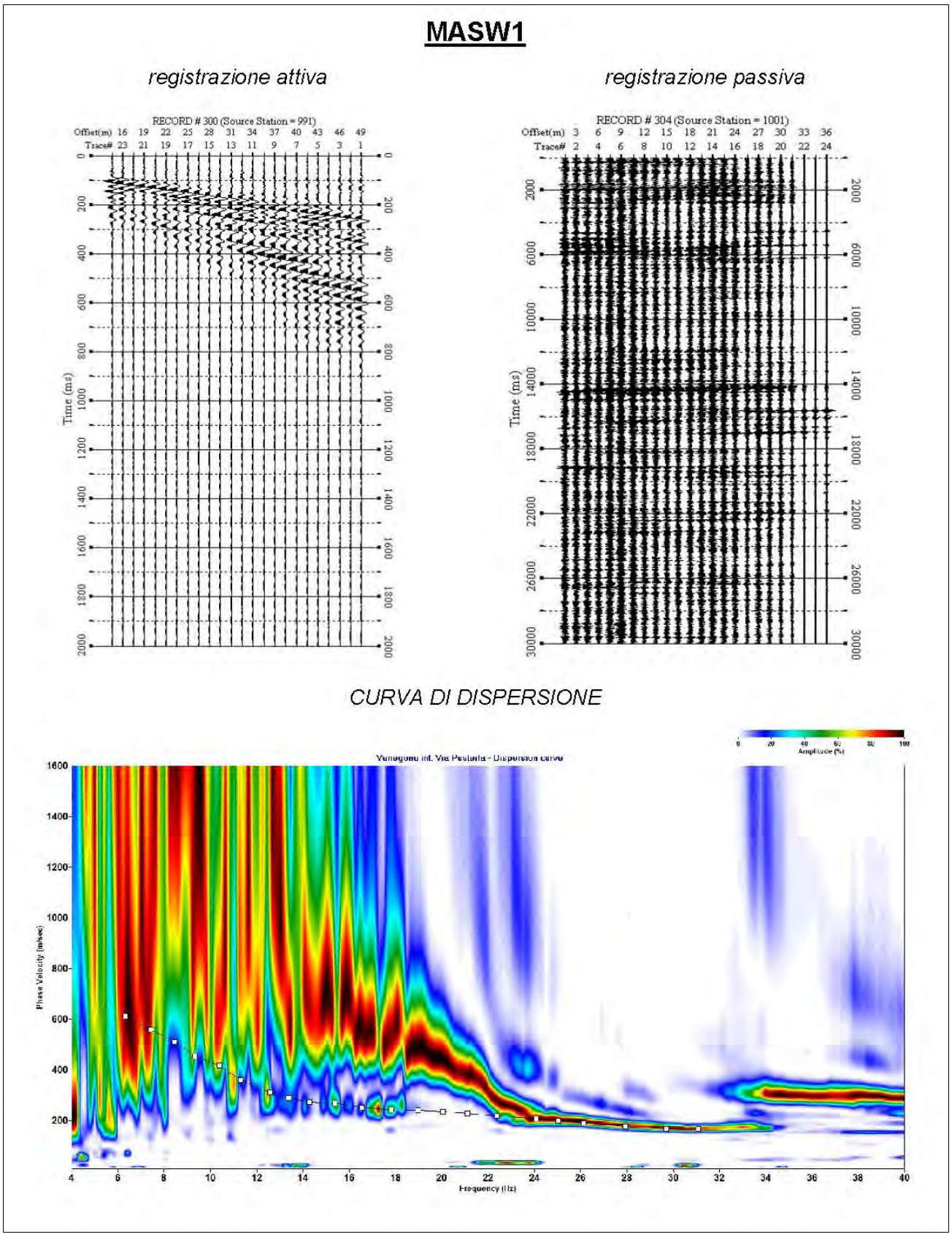
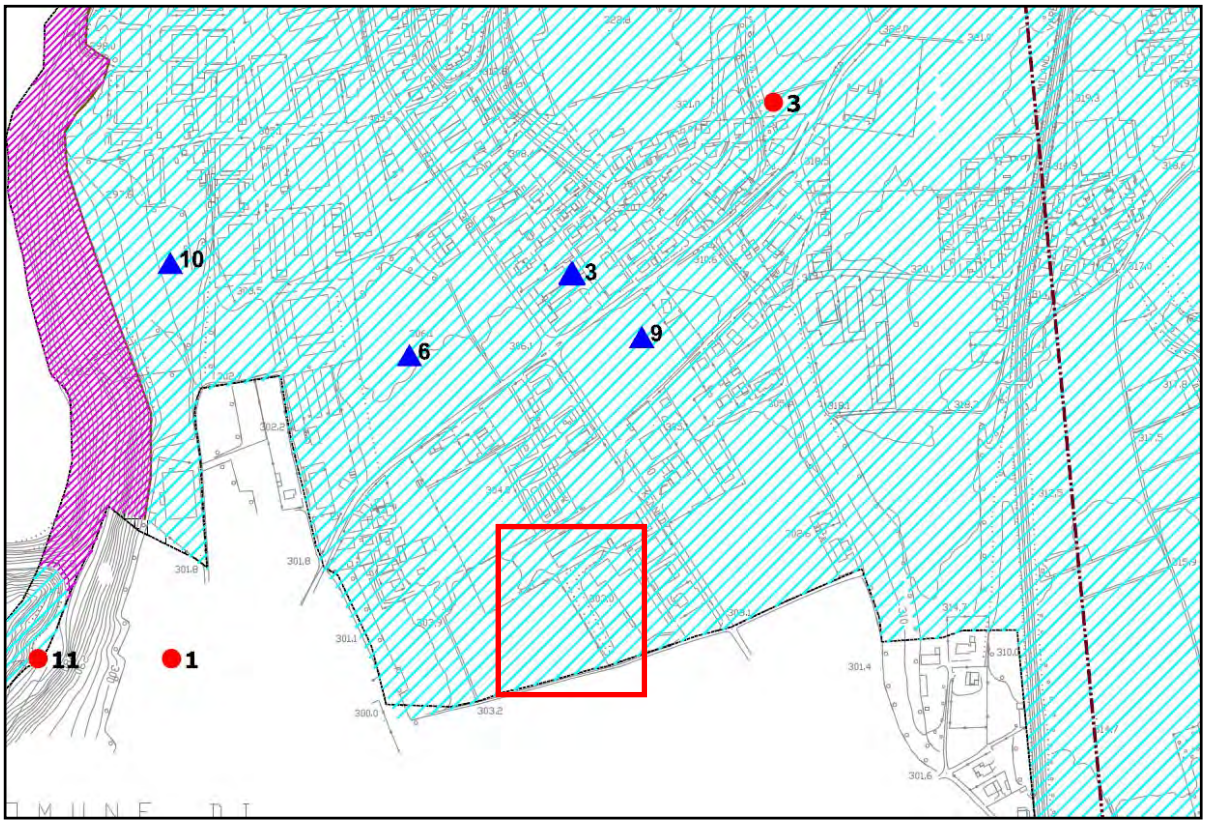


Fig.10: dati registrati dalla strumentazione MASW utilizzata.

3.3.2 ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

Introduzione

Facendo riferimento alla Carta della Pericolosità Sismica Locale contenuta nello studio geologico redatto per il P.G.T. (anno 2012), l'area in esame appartiene allo scenario Z4a, ovvero "zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari", in grado di generare effetti di amplificazione sismica derivanti dalle caratteristiche litotecniche dei terreni (amplificazione litologica - figura 11).



Z4a - Zona con presenza di depositi alluvionali/fluvioglaciali granulari e/o coesivi
Classe di Pericolosità sismica H2 - livello di approfondimento 2°

Figura 11: Estratto della Carta della Pericolosità Sismica Locale – comune di Venegono Inf.

Secondo quanto stabilito dalla D.g.r. n. X/2129 del 16 luglio 2014 il comune di Venegono Inferiore appartiene alla zona sismica 4 (figura 11), ovvero contraddistinto da un "basso grado" di sismicità.

Nei capitoli seguenti si definiranno le caratteristiche sismiche proprie dell'area in esame, effettuando l'analisi sismica di 2° livello (Allegato 5 della D.g.r. IX/2616/2011) che consente di effettuare una caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione sismica di tipo litologico e quindi di valutare se l'applicazione del normativa antisismica nazionale (D.M. 14.01.2008 e s.m.i.) è sufficiente a considerare tali aspetti.

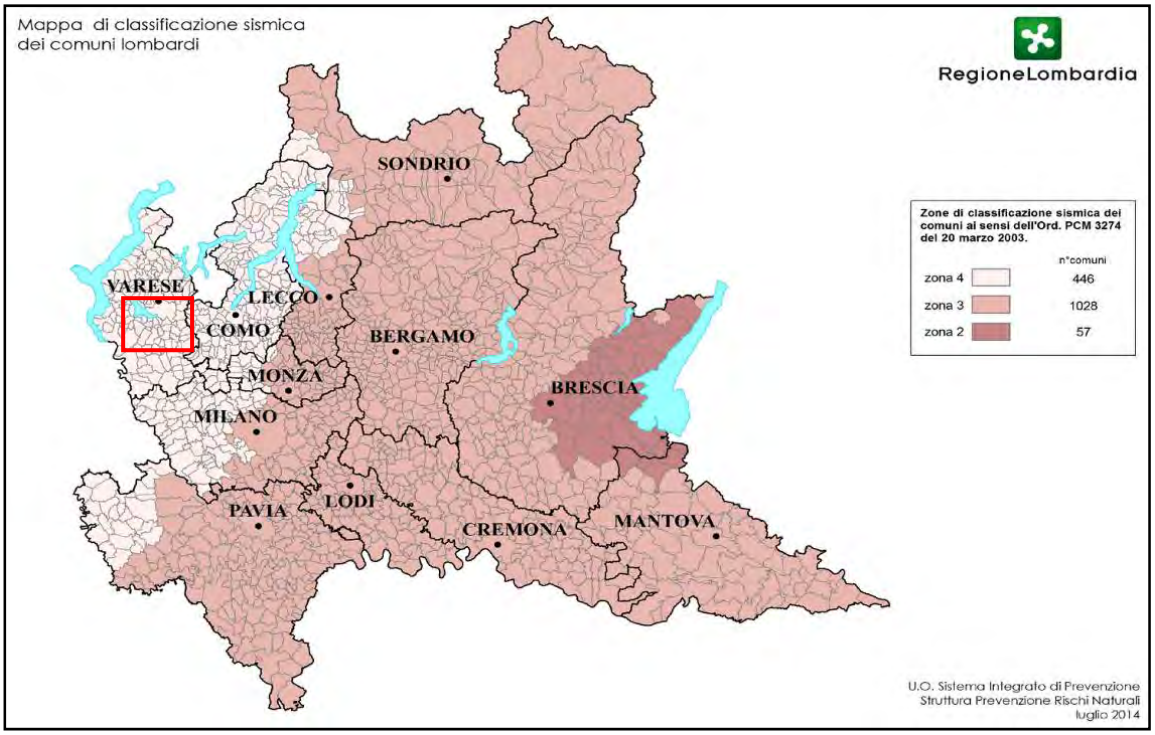


Figura 12: Classificazione sismica dei comuni della Lombardia (D.g.r. n. X/2129/2014).

Analisi sismica di secondo livello

L'analisi di secondo livello consiste nella caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi per l'area in oggetto e si concretizza con la stima della risposta sismica dei terreni in termini di Fattore di amplificazione (Fa).

La valutazione del fattore Fa è stata condotta per uno scenario suscettibile di amplificazione di tipo litologico o stratigrafico, ovvero è stato "quantificato" l'effetto delle condizioni litostratigrafiche locali in grado di modificare l'intensità delle onde sismiche generate da un terremoto.

La procedura prevede il confronto del valore di Fa caratteristico dell'area (Fa_sito) rispetto al valore caratteristico del territorio comunale in cui l'area è inserita (detto "di soglia" Fa_soglia), contenuto in un apposito elenco redatto dalla Regione Lombardia.

Nella determinazione dei valori di Fa si è fatto riferimento a quanto specificato nell'Allegato 5 della D.g.r. IX/2616/2011.

Per il comune di Venegono Inferiore i valori di Fa di soglia riferiti all'intervallo 0.1-0.5 s, 0.5-1.5 s e per le diverse categorie di sottosuolo soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D e E) sono i seguenti:

VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1-0.5 s				
Comune	***Suolo B***	***Suolo C***	***Suolo D***	***Suolo E***
Venegono Inferiore	1.4	1.8	2.2	2.0
VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5-1.5 s				
Comune	***Suolo B***	***Suolo C***	***Suolo D***	***Suolo E***
Venegono Inferiore	1.7	2.4	4.2	3.1

Tabella 3: Valori di soglia del fattore di amplificazione per il comune di Venegono Inferiore - Regione Lombardia.

Stima degli effetti litologici

Nella stima e nell'attendibilità degli effetti litologici propri dell'area in esame, l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (Vs) con la profondità riveste un ruolo di fondamentale importanza. Per tale ragione, i terreni sono stati classificati attraverso una specifica campagna di indagini geofisiche che si è concretizzata con l'esecuzione di n. 1 linea sismica tipo MASW, meglio descritta nell'allegato "*Indagine geofisica con la metodologia MASW*".

Modello			
Strato	**Spessore [m]**	**Vs [m/s]**	**Profondità**
1	0.8	**172**	0.8
2	1.0	**142**	1.8
3	1.2	**169**	3.0
4	1.6	**313**	4.6
5	1.9	**303**	6.5
6	2.4	**357**	9.0
7	3.0	**384**	12.0
8	3.8	**607**	15.8
9	4.7	**552**	20.6
10	5.9	**471**	26.5
11	7.4	**654**	33.9
12	8.1	**794**	42.0

Tabella 4: Modello sismico monodimensionale ricostruito per l'area in esame.

Sulla base dell'andamento delle Vs con la profondità si individua la scheda litologica di riferimento (Allegato 5 alla D.g.r. IX/2616/2011) che risulta essere quella "**limoso-argillosa tipo 2**". All'interno della scheda di valutazione viene scelta, in funzione della profondità e della velocità delle onde S dello strato superficiale, la curva più appropriata per la valutazione del valore di Fa.

Considerando una velocità dello strato superficiale compresa tra 200 e 250 m/s (valore ottenuto considerando la media geometrica dei valori di Vs dei primi 4-5 m – tabella 2), la curva di riferimento per l'intervallo 0.1-0.5 s è la n. 2, caratterizzata dalla seguente equazione:

Curva	0.08 <T ≤ 0.40 s	0.40 <T ≤ 1.00 s
2	$Fa_{0.1\text{-}0.5} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$	$Fa_{0.1\text{-}0.5} = 1.77 - 0.38LnT$

mentre per l'intervallo 0.5-1.5 s la curva di riferimento ha la seguente espressione:

$$Fa_{0.5\text{-}1.5} = -T^2 + 1.48T + 0.88$$

in cui T è il periodo proprio del sito, calcolato a partire dalla seguente equazione:

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

dove hi e V_{si} sono lo spessore e la velocità dello strato i-esimo del modello fino al bedrock sismico (strato con Vs > 750-800 m/s).

Utilizzando il modello di velocità ricostruito, si ottengono i seguenti risultati:

ID	Scheda	Periodo T_o	Fa (0.1-0.5)	Fa (0.5-1.5)
Area1	Limoso-argillosa2	0.31 s	**2.1**	**1.2**

A questo punto, il valore di Fa proprio del sito deve essere confrontato con il valore Fa di soglia che risulta contenuto in un elenco predisposto dalla Regione Lombardia e differente per le diverse categorie di sottosuolo che secondo il D.M. 14.01.2008 risultano identificate sulla base del valore di $V_{s,30}$:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^{n} H_i / V_i}$$

H_i = spessore strato i-esimo(in m)

V_i = velocità onde S strato i-esimo

A partire dal profilo Vs-profondità dell'area in esame, si ottiene il seguente risultato (come quota di calcolo è stata assunta la quota di esecuzione della prova MASW coincidente con l'attuale p.c.):

Quota da p.c.	*$V_{s,30}$ [m/s]*	*Categoria sottosuolo*
-0.0 m	384.8	B

In tabella 5 si effettua il confrontato tra i valori di Fa proprio del sito ottenuti con l'analisi sismica di 2° livello ed il valore Fa di soglia, da cui emerge che la normativa antisismica (D.M. 14.01.2008) non è sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica propri del sito per le strutture con periodo proprio compreso tra 0.1-0.5 s, mentre risulta sufficiente per le strutture con periodo compreso tra 0.5 e 1.5 s.

Area	Cat. Sottosuolo	Fa (0.1-0.5)		Verifica	Fa (0.5-1.5)		Verifica
		sito	soglia		sito	soglia	
1	B	2.1	1.4+0.1	**No**	1.2	1.7+0.1	**Si**

Tabella 5: Verifica dei fattori di amplificazione di sito.

La norma (D.g.r. n. IX/2616) prevede, se il fattore Fa di sito è superiore a quello di soglia, di utilizzare la categoria di sottosuolo superiore fino alla verifica Fasito ≤ Fasoglia(+0.1).

Tale condizione, per un periodo della struttura *T_0 compreso tra 0.1 e 0.5 s*, viene raggiunta utilizzando una *categoria di sottosuolo di tipo D*.

Nel caso in cui la struttura ha un periodo proprio *T_0 > 0.5 s*, è possibile utilizzare la *categoria di sottosuolo di tipo B*.

Spettro di risposta elastico secondo la normativa antisismica

Di seguito si definiscono gli spettri di risposta elastici previsti dalla normativa antisismica facendo riferimento a quanto contenuto nel D.M. 14.01.2008, in particolare ai capitoli 2 e 3 e a quanto riportato nei capitoli precedenti (in particolare i risultati dell'analisi sismica di II° livello).

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione rappresenta il modello di riferimento per la descrizione del moto sismico in un punto del suolo.

Le ipotesi assunte nella definizione degli spettri di risposta elastici in accelerazione risultano:

- Vita nominale della struttura: V_N= 50 anni;
- Classe d'uso = II;
- Periodo di riferimento per l'azione sismica V_R= 50 anni (CU=1.0);
- Valori di accelerazione massima orizzontale e dei parametri spettrali per i diversi stati limite (valori interpolati ottenuti dalla media pesata con i 4 punti della griglia di accelerazioni che comprendono il sito in esame [45.728031; 8.887959] così come definito nell'Allegato A e B):

	P_{VR}	T_R	a_g	F_O	T_C*
		[anni]	[g/10]		[s]
SLO	81%	30	0.147	2.583	0.1600
SLD	63%	50	0.184	2.556	0.1700
SLV	10%	475	0.385	2.626	0.2800
SLC	5%	975	0.463	2.654	0.3025

- Per strutture con periodo proprio T0 ≤ 0.5 s → categoria di sottosuolo = D, categoria topografica = T1 e coefficiente di smorzamento viscoso ξ =5% a cui corrispondono i seguenti valori:

	S_S	C_C	S	T_B	T_C	T_D	F_V
				[s]	[s]	[s]	
SLO	1.80	3.13	1.80	0.17	0.50	1.66	0.42
SLD	1.80	3.03	1.80	0.17	0.52	1.67	0.47
SLV	1.80	2.36	1.80	0.22	0.66	1.75	0.70
SLC	1.80	2.27	1.80	0.23	0.69	1.79	0.77

- Per strutture con periodo proprio T0 > 0.5 s → categoria di sottosuolo = B, categoria topografica = T1 e coefficiente di smorzamento viscoso ξ =5% a cui corrispondono i seguenti valori:

	S_S	C_C	S	T_B	T_C	T_D	F_V
				[s]	[s]	[s]	
SLO	1.20	1.59	1.20	0.08	0.25	1.66	0.42
SLD	1.20	1.57	1.20	0.09	0.27	1.67	0.47
SLV	1.20	1.42	1.20	0.13	0.40	1.75	0.70
SLC	1.20	1.40	1.20	0.14	0.42	1.79	0.77

In figura 13 e 14 si riportano gli spettri di risposta elastici previsti dalla normativa antisismica per lo stato limite di salvaguardia della vita SLV e per lo stato limite di prevenzione del collasso SLC (formule riportate nel paragrafo 3.2.3.2.1).

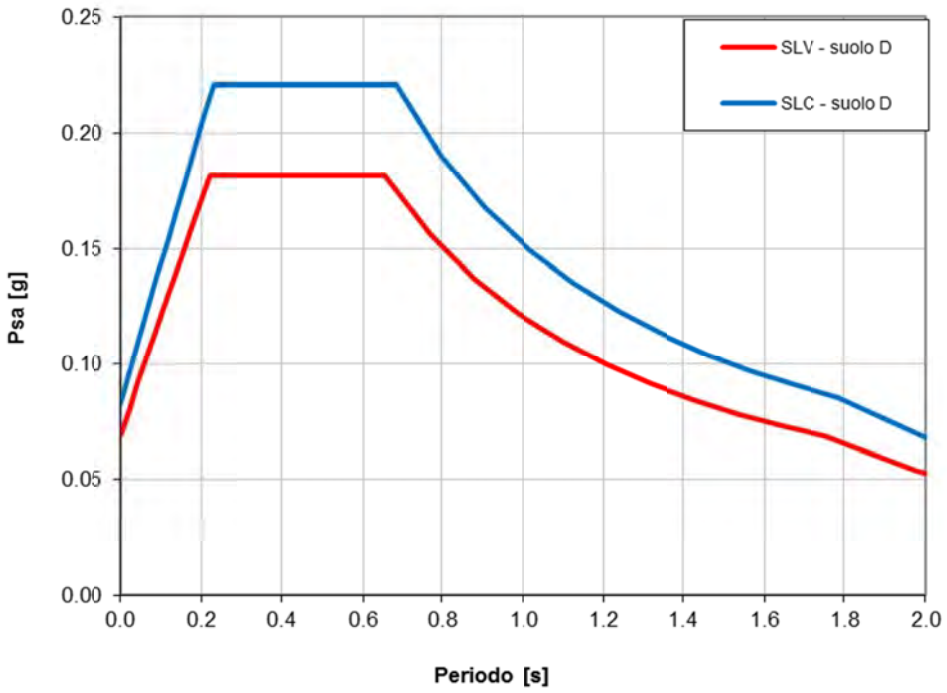


Figura 13: Spettri di risposta elastici previsti dalla normativa antisismica per gli stati limite (SLV e SLC) - Categoria sottosuolo D.

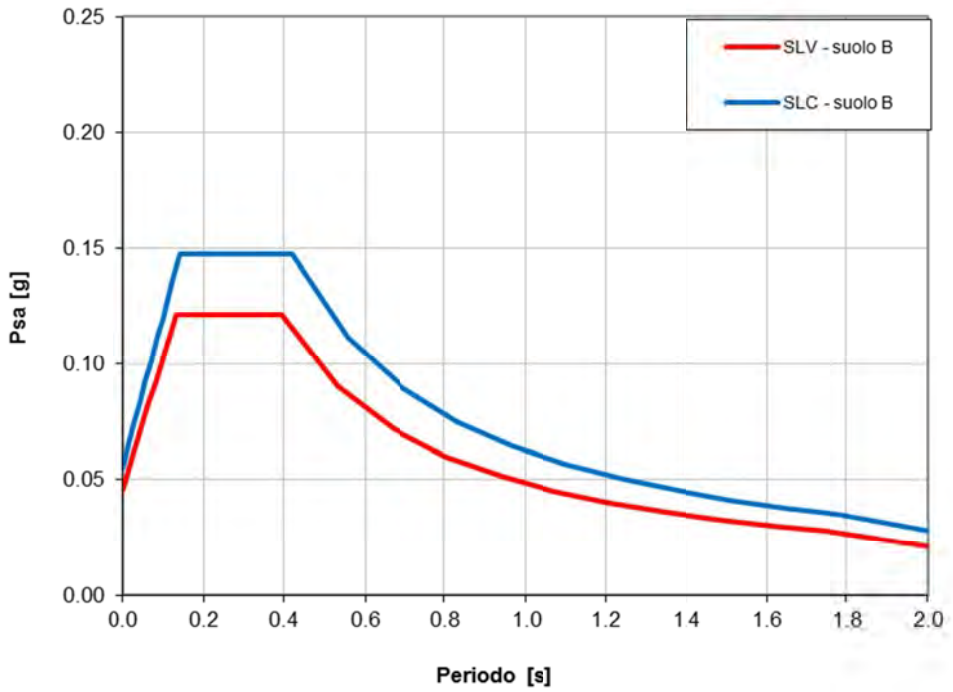


Figura 14: Spettri di risposta elastici previsti dalla normativa antisismica per gli stati limite (SLV e SLC) - Categoria sottosuolo B.

3.4 CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE PRELIMINARI

Le assunzioni di calcolo riportate all'interno del presente paragrafo sono da considerare puramente arbitrarie e non vogliono assolutamente sostituirsi alle scelte ed alle competenze proprie del progettista incaricato.

A titolo indicativo si consiglia l'opportunità di valutare in fase progettuale i cedimenti differenziali riferiti ai singoli carichi di esercizio previsti ed in relazione al dimensionamento definitivo delle opere in progetto, da considerare con particolare attenzione poiché sono quelli in grado di provocare danni alle opere.

I cedimenti differenziali non sono costanti su tutto lo sviluppo planimetrico dell'opera in progetto e dipendono dalla variabilità spaziale delle caratteristiche meccaniche dei terreni di fondazione, dalle modalità esecutive delle opere e dal tipo di carichi a cui esse sono sottoposte.

Il cedimento differenziale è calcolato come differenza di cedimenti tra due punti vicini ed indicativamente può essere stimato pari a ¾ del massimo cedimento totale calcolato.

Lo scrivente consiglia di procedere in fase progettuale ad una attenta valutazione tecnica della tipologia fondazionale più idonea da adottare per l'intervento in progetto, in relazione alle evidenze geotecniche riportate nei capitoli e capoversi precedenti ed in funzione della minimizzazione di eventuali fenomeni di assestamento, sia complessivo che differenziale, tra le diverse porzioni della nuova opera in fase di realizzazione e nei confronti delle opere, strutture ed edificazioni già esistenti in sito.

L'adozione di tipologie fondazionali o realizzative non idonee, alla luce delle caratteristiche dei terreni presenti, potrebbe portare all'occorrenza di cedimenti e di assestamenti differenziali delle strutture, con possibilità di fessurazioni.

Durante l'esecuzione delle indagini geognostiche non è stata rinvenuta presenza di acque sotterranee fino alle profondità indagate, in coerenza con quanto indicato nelle cartografie disponibili per la consultazione ed inserite nel Piano di Governo del Territorio vigente presso il Comune di Venegono Inferiore.

Si consiglia comunque di valutare l'opportunità e la fattibilità tecnica di realizzazione di presidi tecnici a difesa e tutela delle opere in progetto e degli edifici esistenti quali la formazione di tombini e/o grigliati per la captazione delle acque scolanti e meteoriche, etc…

La natura dei depositi di copertura lascia ipotizzare un medio-basso tempo di stagnazione delle acque meteoriche con una media o buona capacità di infiltrazione nel sottosuolo.

Resta inteso che tale ipotesi risulta puramente indicativa e che per addivenire ad una quantificazione certa delle caratteristiche idrogeologiche di tali materiali risulta necessario procedere all'esecuzione di idonee prove in sito ed in laboratorio.

Le prove di permeabilità eseguite in relazione alla necessità di dimensionamento dei pozzi di dispersione subsuperficiale per le acque meteoriche, in progetto all'interno del sedime di realizzazione della nuova opera in oggetto, hanno evidenziato caratteristiche di permeabilità buone con capacità di dispersione delle acque nel terreno molto buone grazie alla presenza di sedimenti caratterizzati da un ridotto grado di materiali fini o argillosi e dalla presenza di una discreta frazione ghiaiosa e ciottolosa che diviene preponderante a maggiori profondità.

Tali prove di permeabilità sono state eseguite in corrispondenza dei punti di prova denominati P2 e P4; le relative risultanze derivanti dall'elaborazione dei dati di campio sono descritte in dettaglio al paragrafo successivo.

Risulta doveroso sottolineare che l'assetto morfologico dei luoghi, globalmente penepianeggiante, favorisce il ristagno delle acque meteoriche, anche se in forma limitata o marginale.

I fenomeni di ristagno idrico possono essere favoriti dalla presenza di ostacoli al deflusso delle acque quali muretti di recinzione, aiuole, dossi rallentatori, etc….

Si consiglia comunque di attuare tutte le idonee misure preventive onde consentire un rapido allontanamento e/o la collettazione delle acque di prima pioggia e di quelle di scorrimento superficiale, subsuperficiale/percolazione dall'area della nuova opera in progetto, onde evitare possibili fenomeni di ristagno localizzato o di infiltrazione nelle edificazioni esistenti.

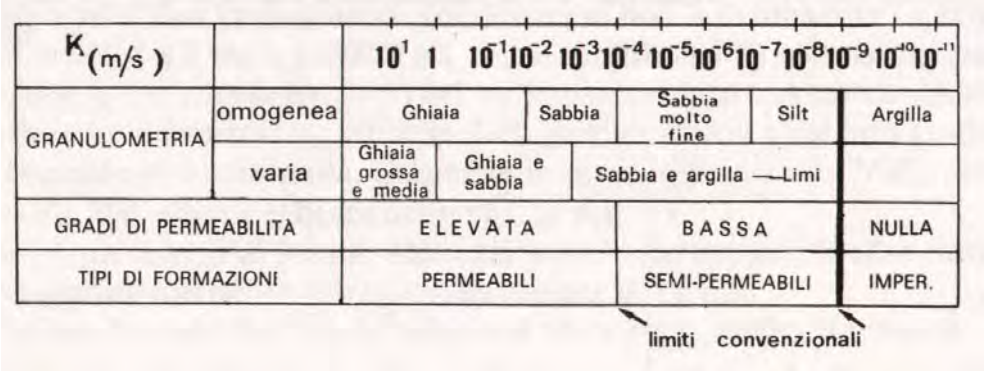


Fig. 15: Diagramma schematico dei rapporti granulometria-permeabilità (G. Castany, 1982).

L'ubicazione del sito, all'interno di un contesto morfologico ed ambientale già antropizzato, al momento dell'esecuzione del rilievo e delle indagini in sito, non vede la presenza di fenomeni geomorfologici attivi potenzialmente forieri di produrre detrimento all'opera in progetto.

Il terreno naturale presenta globalmente da scadenti a buone caratteristiche geotecniche in corrispondenza di tutti i punti di prova ed in relazione allo specifico orizzonte considerato, sebbene una caratterizzazione di maggiore dettaglio sia ricavabile solo dall'effettuazione di ulteriori approfondimenti di indagine in sito e in laboratorio.

La tipologia dei depositi rinvenuti durante l'esecuzione delle indagini geognostiche è coerente con le notizie bibliografiche acquisite che riferiscono l'origine dei depositi superficiali dell'area di interesse e delle zone ad essa prossimali a processi deposizionali di ambiente glaciale e fluvioglaciale.

Lo scrivente consiglia la asportazione del livello più superficiale dei sedimenti presenti in sito caratterizzato da caratteristiche geotecniche scadenti condizionate dalla presenza di materiali francamente fini ed interessati da ripetute operazioni di rimaneggiamento a causa delle passate operazioni agricole operate all'interno dell'area in trattazione.

Si consiglia di operare la scarifica preliminare su uno spessore stimabile di almeno 30/40 cm di terreni superficiali onde materializzare un piano fondazionale interessante materiali aventi migliori caratteristiche sedimentologiche e geotecniche ed un comportamento reologico leggermente maggiormente premiante.

Laddove i progettisti incaricati ravvisino la necessità di ottenimento di un piano di fondazione per le opere in progetto avente migliori caratteristiche geotecniche si consiglia di valutare la possibilità di realizzazione di un intervento di bonifica litologica dei piani di fondazione realizzato mediante la posa di materiali a granulometria grossolana adeguatamente compattati e consolidati.

L'intervento di bonifica litologica dei piani di fondazioni dovrà prevedere la realizzazione di un riporto che dovrà essere esteso, come minimo, a tutta la superficie di fondazione e dovrà ampliarsi alla base rastremandosi secondo un angolo a 45° a partire dalla base delle opere di base; lo spessore dello strato di riporto dovrà essere determinato in base alle caratteristiche dei carichi di progetto ma si consiglia di non scendere al di sotto di uno spessore minimo di 30-40 cm.

La procedura di messa in posto dovrà essere eseguita depositando materiale idoneo, es misto granulare stabilizzato con granulometria A1 secondo il sistema UNI CNR 10006 o con materiali inerti riciclati di idonee caratteristiche chimico-fisiche e granulometriche simili ai precedenti, distribuito su uno strato basale di geotessuto o TNT di grammatura pari a 300g/mq ricoperto da uno strato di sabbia uniforme, classificata come A3 nella

medesima norma CNR UNI 10006, di spessore variabile tra i 5-10 cm avente funzione anticapillare, di ripartizione dei carichi e protettivo verso il telo in geotessile da possibili danneggiamenti o perforazioni da parte di clasti grossolani o irregolari durante la fase di posa.

Dopo la posa dei due livelli basali i materiali di riporto andranno posati in letti aventi spessori di circa 0,2 m cadauno adeguatamente rullati e compattati mediante ripetuti passaggi con compattatore vibrante di adeguate caratteristiche tecniche, prima della posa dell'orizzonte successivo.

La formazione del piano di bonifica litologica dovrà essere eseguita a regola d'arte avendo accuratezza di:

- osservare la natura dei terreni di fondazione operando l'asportazione di eventuali livelli organici o torbosi scuri, di livelli di riporto scadenti o di materiali coesivi oltre che eventuali blocchi lapidei di dimensioni decimetriche o superiori;
- il sottofondo dovrà essere a comportamento prevalentemente incoerente ed in condizioni non sature;
- si consiglia di compattare comunque il sottofondo, anche solo con il mero passaggio dei mezzi d'opera di cantiere, ed eventualmente di aumentarne le caratteristiche mediante arricchimento con calce;
- la larghezza del tratto bonificato dovrà necessariamente essere superiore a quella della fondazione in modo da distribuire i carichi su una maggiore superficie e da mantenere al suo interno le linee del bulbo di carico;
- al termine della posa e della compattazione di ciascun livello di materiali potranno essere eseguite prove di carico su piastra a doppio ciclo secondo norma CNR BU n. 146/92 "Determinazione dei moduli di deformazione Md e Md'"

Geotecnica: Classificazione dei terreni HRB-AASHTO (CNR-UNI 10006)

Classificazione generale	Terre ghiaia - sabbiosa							Terre limo - argillose					Torbe e terre organiche palustri
	Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 ≤ 35%							Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 >35%					
Gruppo	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7		A8
Sottogruppo	A1 a	A1 b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7						
Analisi granulometica - Frazione passante al setaccio													
2 UNI 2332 %	≤ 80												
0,4 UNI 2332 %	≤ 30	≤ 80	≥80										
0,075 UNI 2332 %	≤15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	
Caratteristiche della frazione passante al setaccio 0,4 UNI 2332													
Limite liquido	0			≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	≤ 40	≤ 40	
Indice di plasticità	≤ 6		N.P.	≤ 10	≤IPmax	> 10	> 10	≤ 10	≤ 10	> 10	≥10 (IP>LL30)	>10 (IP>LL30)	
Indice di gruppo	0		0	0		≤4		≤ 8	≤ 12	≤ 18	≤ 20		
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo	ghiaia e breccia, sabbiame, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolana		Sabbia fine	ghiaia e sabbia limosa e argillosa				Limi poco compressibili	Limi fort. compressibili	Argille poco compressibili	Argille fort. compressibili med. plastiche	Argille fort. compressibili fort. plastiche	Torbe di recente o remota formazione, detriti organici di origine palustre
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	da eccellenti a buone					Da mediocre a scadente							Da scartare come sottofondo
Azione del gelo sulla qualità portanti del terreno di sottofondo	Nessuna o lieve			Media				media	elevata	Media	elevata	Media	
Ritiro o rigonfiamento	Nullo			Nullo o lieve				Lieve o media		elevato	elevato	molto elevato	
Permeabilità	Elevata			Media o scarsa						Scarsa o nulla			
Identificazione dei territori in sito	Facilmente individuabili a vista		Aspri al tatto incoerenti allo stato asciutto	La maggior parte dei granuli sono individuabili ad occhio nudo - Aspri al tatto - Una tenacità media e elevata allo strato asciutto indica la presenza di argilla				Reagiscono alla prova di scuotimento - Polverulenti o poco tenaci allo stato asciutto - Non facilmente modellabili allo stato umido		Non reagiscono alla prova di scuotimento - Tenaci allo stato asciutto - Facilmente modellabili in bastoncini sottili allo stato umido			Fibrosi di colore bruno a nero - facilmente individuabili a vista

Fig. 16: Classificazione dei terreni, norma CNR UNI 10006/1963.

Nel caso sia prevista la formazione di piani inclinati o una modellazione delle aree a verde circostanti l'opera in progetto, si consiglia il rispetto dei valori angolari di resistenza al taglio riportati nel presente paragrafo, in funzione del livello di materiali considerato.

Laddove cio' non sia possibile si consiglia l'utilizzo di idonei presidi di rinforzo dei terreni e/o di stabilizzazione dei fronti di scavo onde garantire la necessaria sicurezza degli operatori.

Si rammenta inoltre che i fronti di eventuali scavo non dovranno essere sollecitati con la posa di materiali e/o attrezzature in corrispondenza del loro ciglio sommitale, in maniera da evitare l'innescarsi di possibili cedimenti e/o crolli.

Il comune di Venegono Inferiore è stato inserito nella classificazione sismica dei comuni italiani, riportata in allegato alla OPCM 3274/2003, nella classe 4 avente un valore di ag=0.05g dove ag è l'accellerazione orizzontale massima, misurata su suoli di categoria A.

Una definizione di dettaglio finalizzata alla definizione delle caratteristiche di sismicità dell'area di interesse è ottenibile solo a valle della realizzazione di ulteriori indagini in sito.

Qui di seguito si riportano i diagrammi penetrometrici per le prove eseguite illustranti il numero di colpi necessario per un avanzamento di 0,3 m ed i valori di resistenza all'avanzamento della punta e del manicotto laterale; i diagrammi evidenziano la competenza dei terreni rinvenuti nell'area oggetto di studio.

Profondità	Prova 1	Prova 2	Prova 3	Prova 4
0,00	0	0	0	0
0,30	2	2	2	2
0,60	2	4	6	4
0,90	7	5	7	8
1,20	7	4	7	4
1,50	3	2	2	2
1,80	2	3	1	3
2,10	1	1	5	1
2,40	2	2	3	1
2,70	3	3	3	1
3,00	10	9	7	2
3,30	20	7	8	1
3,60	14	4	6	2
3,90	22	7	7	6
4,20	20	8	9	23
4,50	28	11	13	30
4,80	34	11	10	41
5,10	45	19	6	41
5,40	52	18	3	53
5,70	45	15	6	Rifiuto
6,00	Rifiuto	13	16	--
6,30	--	25	21	--
6,60	--	32	24	--
6,90	--	39	31	--
7,20	--	45	27	--
7,50	--	Rifiuto	Rifiuto	--
7,80	--	--	--	--
8,10	--	--	--	--
8,40	--	--	--	--

Tab. 6: Tabella prof/n_{scpt}..

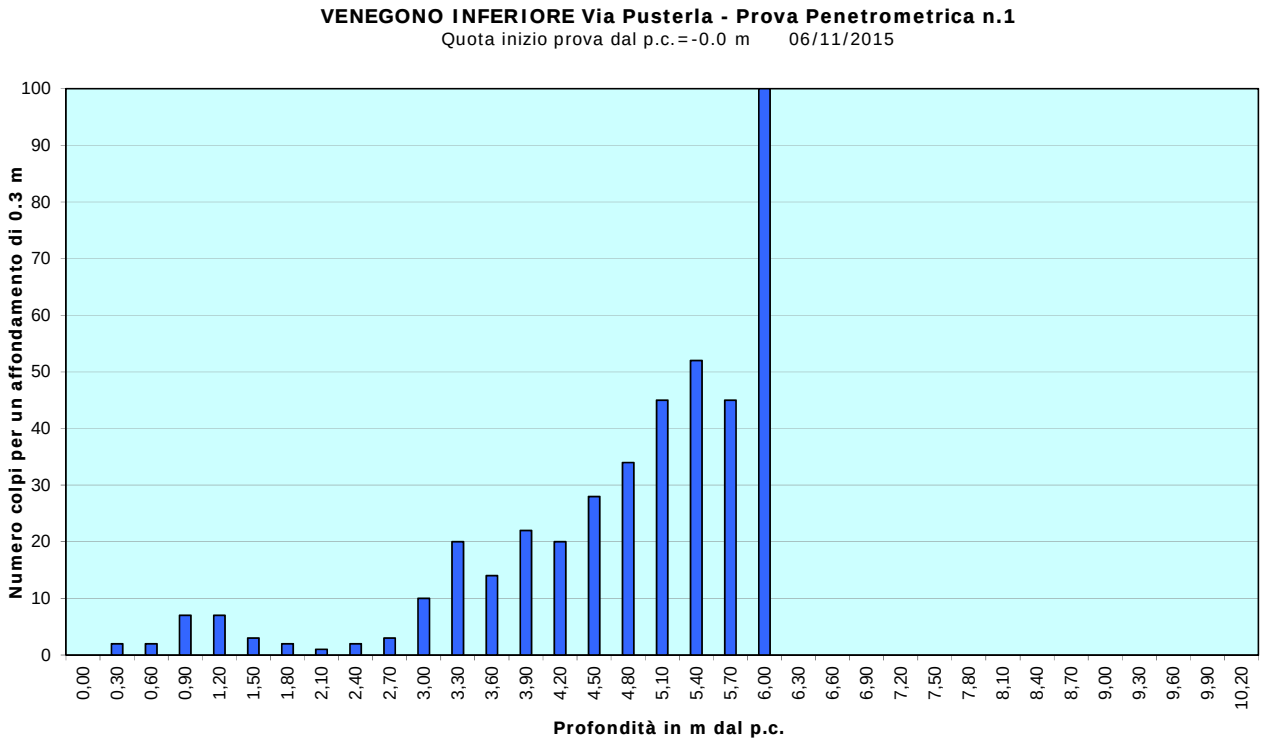


Fig. 17: Diagramma prof/n_{scpt} per la prova penetrometrica dinamica n.1.

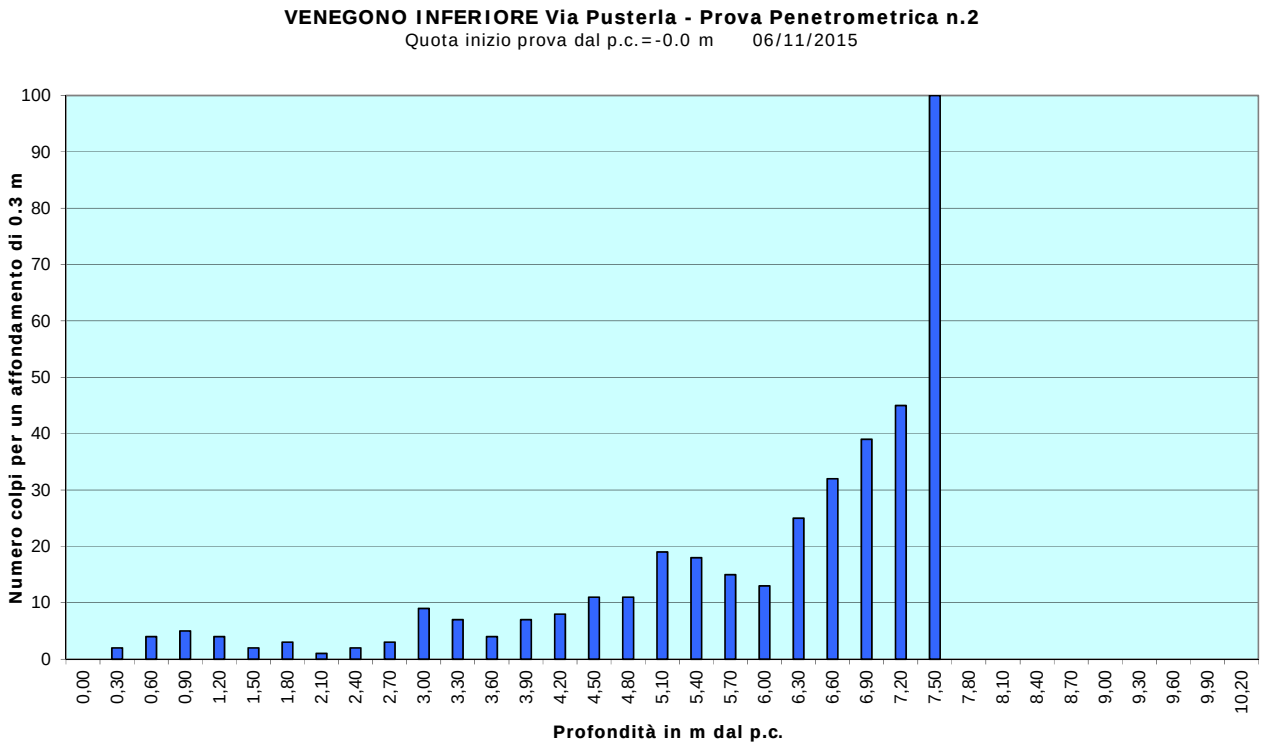


Fig. 18: Diagramma prof/n_{scpt} per la prova penetrometrica dinamica n.2.

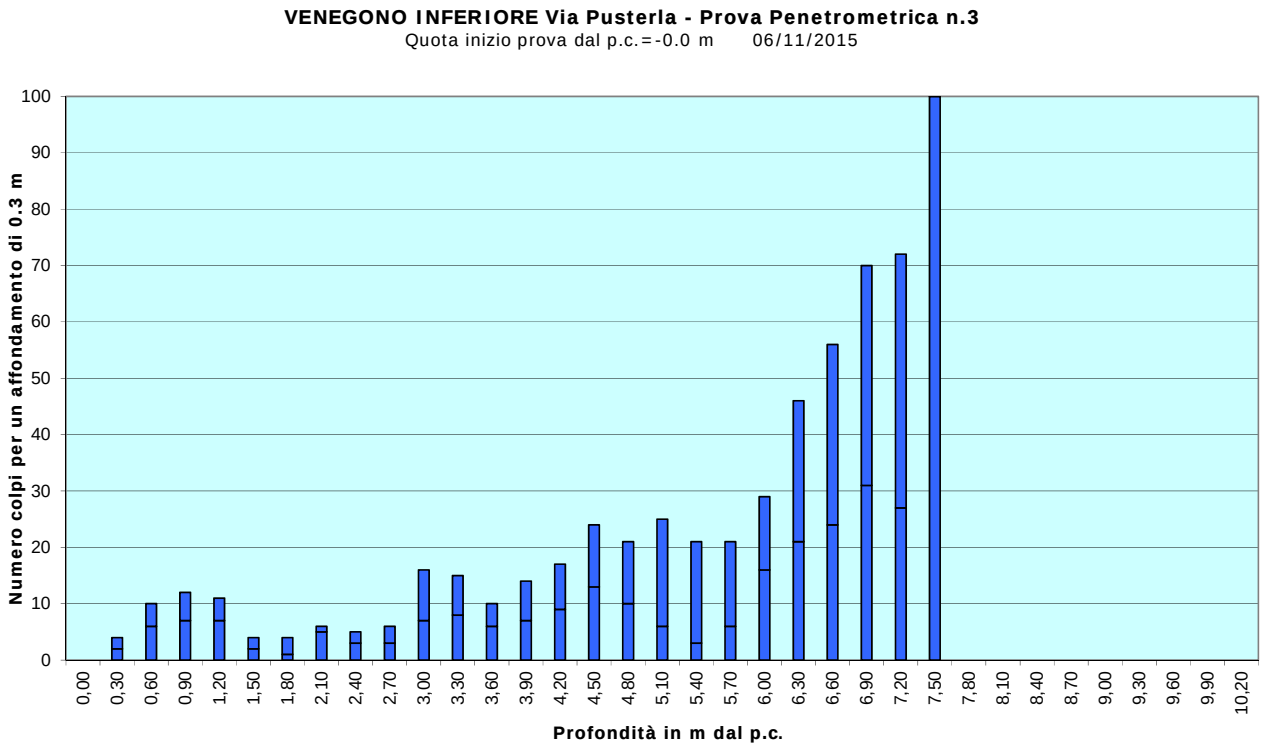


Fig. 19: Diagramma prof/n_{scpt} per la prova penetrometrica dinamica n.3.

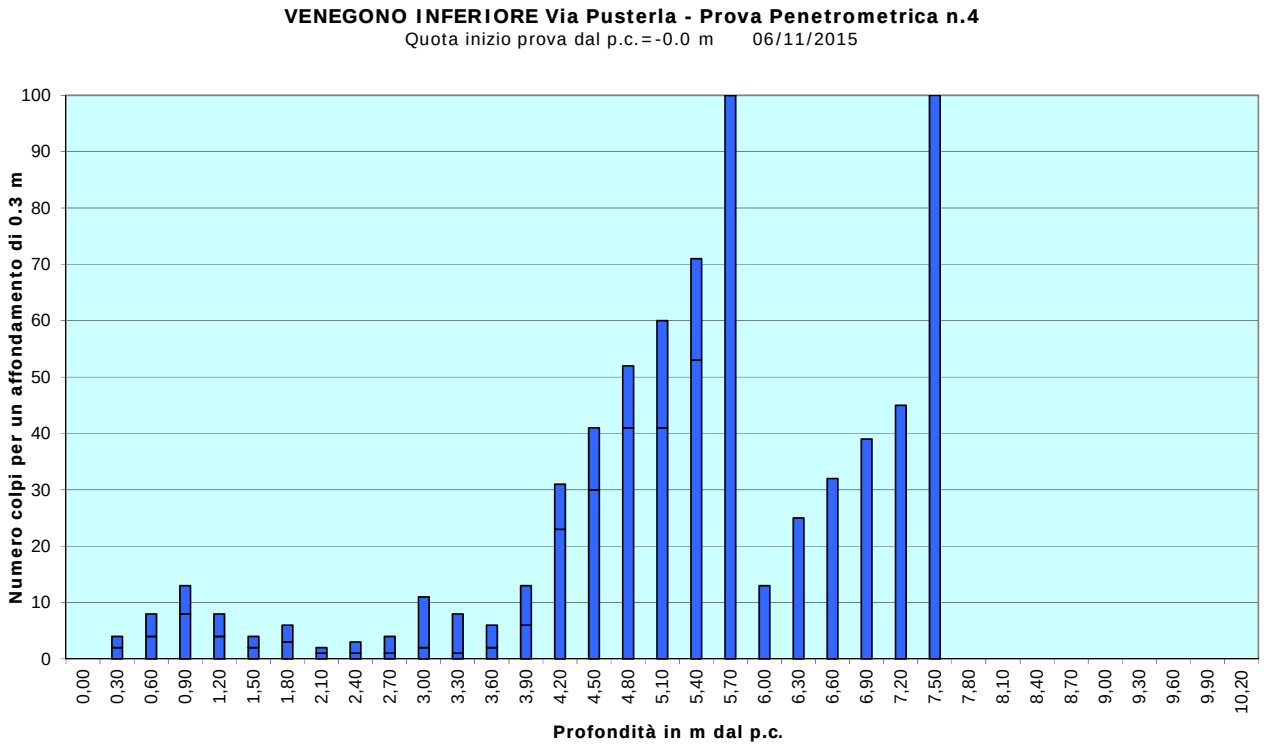


Fig. 20: Diagramma prof/n_{scpt} per la prova penetrometrica dinamica n.4.

3.5 PROVE DI PERMEABILITA'

Il presente paragrafo riporta le risultanze derivanti dalla elaborazione dei dati di campo acquisiti durante l'esecuzione delle prove di permeabilità poste in essere presso l'area oggetto di intervento.

Per la determinazione del parametro di interesse sono state eseguite n. 2 prove di permeabilità tipo Lefranc in foro di sondaggio in corrispondenza, rispettivamente, dei punti di esecuzione delle prove penetrometriche denominati P2 e P4

Le prove sono state eseguite previa realizzazione di un foro di carotaggio spinto fino alla profondità di m. 3,0 dal p.c. esistente e materializzato con l'ausilio di un carotiere in acciaio avente diametro di 80 mm movimentato con la medesima attrezzatura utilizzata per l'esecuzione delle prove penetrometriche.

Al termine della realizzazione del foro di sondaggio si è operata la posa di un tubo piezometrico in PVC atossico per uso alimentare e alla formazione della camera di prova con la messa in posto di ghiaino siliceo lavato e calibrato e di un orizzonte in argilla bentonitica a sigillatura del tratto di prova.

Successivamente si è operata la saturazione preliminare dei terreni interessati dalle prove di permeabilità iniettando acqua pulita prelevata da un vicino punto di approvvigionamento concesso dalla committenza.

A saturazione avvenuta si è dato avvio alle prove di permeabilità di tipo Lefranc secondo la modalità esecutiva denominata "a carico variabile".

Le immagini riportate al successivo capitolo 5 illustrano sinteticamente le modalità esecutive delle prove di permeabilità eseguite presso il sito in trattazione.

Le prove di permeabilità in sito sono intese a determinare il coefficiente di permeabilità dei terreni; esse sono di vario tipo, e le modalità esecutive sono da determinare sia in funzione del tipo di terreno, per cui è necessaria una preliminare conoscenza stratigrafica, che della precisione desiderata si intende raggiungere.

Risulta doveroso sottolineare che i risultati ottenuti possono essere approssimati, a volte anche con sensibili scostamenti dai valori veri, a causa sia dell'anisotropia e disomogeneità dei terreni che dell'inevitabile fattori di incertezza materializzabili in fase esecutiva.

Al fine di ottenere il maggior grado di attendibilità possibile durante l'esecuzione delle prove di permeabilità è stata curata in particolar modo la realizzazione di una cavità filtrante di geometria ben definita, con minimo disturbo del terreno circostante; nel caso di sondaggio ciò ha implicato la scelta di idonei mezzi ed utensili di perforazione e l'abolizione di ogni additivo, come bentonite e simili, all'eventuale acqua di circolazione.

La prova di permeabilità tipo Lefranc consiste nel preparare un tratto di foro scoperto durante la perforazione del sondaggio, o come nel caso in trattazione mediante la realizzazione di un' opportuno attrezzamento di prova, e creare un gradiente idraulico mediante immissione (o estrazione) di acqua nella colonna di rivestimento, tale per cui si possa misurare la portata necessaria a mantenerlo costante (prova a carico costante), o la tendenza al ristabilirsi dell'equilibrio idraulico (prova a carico variabile).

In questa maniera è possibile ricavare tramite opportuni algoritmi algebrici di calcolo il coefficiente di permeabilità del terreno.

Nella tipologia di prova a carico variabile, quale quella posta in essere per il caso in esame, si misura la velocità di riequilibrio del livello dell'acqua nel foro dopo averlo alterato mediante l'immissione di acqua.

Dall'istante in cui si sospende l'immissione dell'acqua (fase di saturazione preliminare) a intervalli di tempo variabili a seconda della velocità di discesa dell'acqua nel foro, si annotano il livello e il tempo di ciascun abbassamento.

Il metodo utilizzato per l'interpretazione dei risultati della prova fa riferimento alla metodologia consigliata dalla Associazione Geotecnica Italiana (AGI).

Le immagini seguenti riportano le risultanze emerse dall'elaborazione dei dati di prova.

➢ Prova di permeabilità n.1

VALORI RILEVATI IN CAMPO

livello [cm]	tempo [sec]
300	0
223	2
139	4
72	6
33	8
1	10
1	12
1	15
—	20
—	25
—	30
—	35
—	40
—	50
—	60

DETERMINAZIONE VALORE DI PERMEABILITA'

DATI INPUT

h1	m	3,0
h2	m	0,01
C	m	0,5
r	m	0,04
l	m	0,5
t1	s	0
t2	s	10
A	mq	0,006024

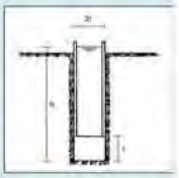
DETERMINAZIONE COEFFICIENTE DI PERMEABILITA' K

K = 0,005731 m/s = 5,73116E-03 m/s

PROVA LEFRANC (Associazione Geotecnica Italiana, 1977)

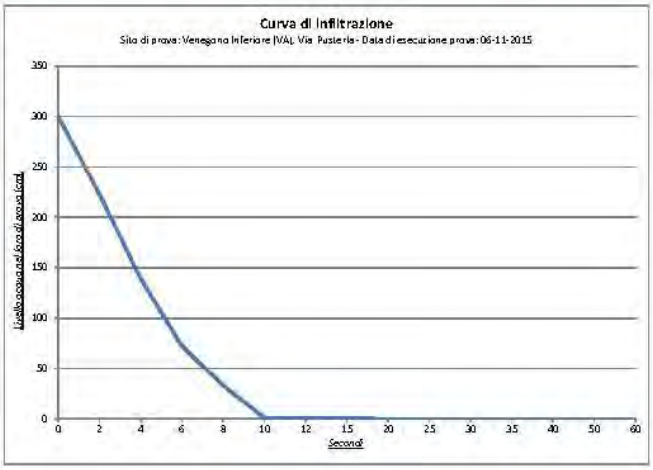
$$k = \frac{Q}{2r\,CF\,h}$$ Carico costante

Q (m^3/s) portata immessa
r (m) raggio del perforo
CF coefficiente di forma adimensionale pari a 2.85
h (m) il livello dell'acqua misurato rispetto alla base del foro



$$k = \frac{A}{CL\,(t_2-t_1)}\ln(h_1/h_2)$$ Carico variabile

A (m^2) area di base del foro di sondaggio
h_1 ed h_2 (m) l'altezza dei livelli dell'acqua nel foro rispetto al fondo del foro nei tempi t_1 e t_2 (s)
C (m) un coefficiente di forma per il quale vengono suggeriti i valori di:
CL=l per l>2r
CL =(4r + l) per l<2r
r (m) raggio del foro
l (m) lunghezza del tratto investigato



➢ Prova di permeabilità n.2

VALORI RILEVATI IN CAMPO

livello [cm]	tempo [sec]
300	0
278	2
259	4
241	6
229	8
214	10
204	12
196	15
188	20
171	25
158	30
148	35
123	40
106	50
94	60

DETERMINAZIONE VALORE DI PERMEABILITA'

DATI INPUT

h1	m	3,0
h2	m	1,5
C	m	0,1
r	m	0,04
l	m	0,1
t1	s	0
t2	s	34
A	mq	0,006024

DETERMINAZIONE COEFFICIENTE DI PERMEABILITA' K

K = 0,001024 m/s = 1,02423E-03 m/s

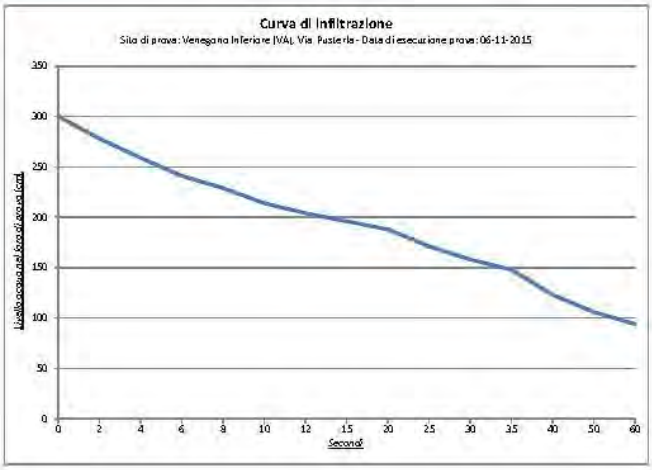
PROVA LEFRANC (Associazione Geotecnica Italiana, 1977)

$$k = \frac{Q}{2r\,CF\,h}$$ Carico costante

Q (m^3/s) portata immessa
r (m) raggio del perforo
CF coefficiente di forma adimensionale pari a 2.85
h (m) il livello dell'acqua misurato rispetto alla base del foro

$$k = \frac{A}{CL\,(t_2-t_1)}\ln(h_1/h_2)$$ Carico variabile

A (m^2) area di base del foro di sondaggio
h_1 ed h_2 (m) l'altezza dei livelli dell'acqua nel foro rispetto al fondo del foro nei tempi t_1 e t_2 (s)
C (m) un coefficiente di forma per il quale vengono suggeriti i valori di:
CL=l per l>2r
CL =(4r + l) per l<2r
r (m) raggio del foro
l (m) lunghezza del tratto investigato



4. CONCLUSIONI

Sulla scorta delle indagini e dei rilievi effettuati in sito è possibile affermare che esiste compatibilità tra l'opera in progetto e il contesto geologico, idrologico e geomorfologico.

Durante il rilievo geomorfologico speditivo propedeutico all'indagine geologico-tecnica nell'area ove verrà realizzata l'opera in progetto non sono stati rilevati fenomeni geomorfologici di rilievo in atto e che possano recare potenziale danno a tale opera.

Si sottolinea solamente la possibilità di occorrenza di ristagni localizzati determinati dalla possibile occorrenza di fenomeni impedimento all'allontanamento delle acque meteoriche e scolanti determinato dalla presenza di locali leggere depressioni morfologico, di opere di recinzione e altri manufatti.

Lo scrivente consiglia di valutare comunque l'opportunità di predisporre eventuali presidi tecnici a tutela della nuova opera in progetto come grigliati di drenaggio, tombini, etc….

Si consiglia inoltre di valutare, in fase progettuale, l'implementazione di idonei presidi atti a garantire l'evacuazione delle acque meteoriche e di scorrimento superficiale o subsuperficiale.

I terreni in esame risultano costituiti essenzialmente, nella porzione superficiale, da materiali fini con episodici o rari clasti lapidei, a cui segue un livello formato essenzialmente da ghiaie in matrice sabbioso-limosa ed un livello più profondo costituito da ghiaie grossolane in matrice fine sabbioso-limosa.

Le caratteristiche geotecniche di tali materiali risultano essere scadenti per il livello superficiale e buone per l'orizzonte mediano e per il livello stratigrafico più profondo.

Si consiglia caldamente di procedere in fase progettuale ad una attenta valutazione della tipologia fondazionale più idonea per le caratteristiche strutturali dell'opera in progetto, in relazione alle risultanze geologiche e geotecniche emerse dalla presente indagine; si raccomanda in fase esecutiva di verificare le ipotesi esposte nella presente indagine eseguita necessariamente per punti.

Si consiglia di operare l'asportazione del livello più superficiale dei materiali presenti in sito caratterizzato da valori geotecnici scadenti condizionati dalla presenza di sedimenti francamente fini ed interessati da ripetute operazioni di rimaneggiamento a causa delle passate operazioni agricole operate all'interno dell'area in trattazione.

Si consiglia di operare la scarifica preliminare su uno spessore stimabile di almeno 30/40 cm di terreni superficiali onde materializzare un piano fondazionale interessante materiali aventi migliori caratteristiche sedimentologiche e geotecniche ed un comportamento reologico leggermente maggiormente premiante.

Laddove i progettisti incaricati ravvisino la necessità di ottenimento di un piano di posa per le nuove opere avente caratteristiche geotecniche sensibilmente migliori si consiglia di valutare la possibilità di realizzazione di un intervento di bonifica litologica dei piani di fondazione realizzato mediante la posa di materiali a granulometria grossolana adeguatamente compattati e consolidati secondo le specifiche operative descritte al capitolo precedente.

Nella fase di preparazione dei sedimi di fondazione per la nuova pavimentazione, si consiglia di prevedere uno strato drenante superficiale atto a impedire o a limitare la risalita capillare delle acque di infiltrazione o circolazione subsuperficiale e la posa di un telo di geotessile finalizzato a limitare la miscelazione dei materiali grossolani posti il loco per la bonifica litologica o dei materiali costituenti lo strato di fondazione delle nuove opere ed i terreni naturali.

Durante la fase di indagine geologica e geotecnica non è stata riscontrata la presenza di una falda acquifera sotterranea fino alle profondità.

Non risulta possibile però escludere la potenziale possibilità di formazione di falde sospese a carattere effimero dovute a eventi meteorici particolarmente intensi o prolungati.

Si consiglia di attuare le opportune misure preventive onde permettere un rapido allontanamento delle acque di prima pioggia e di quelle di infiltrazione o ruscellamento superficiale/subsuperficiale dall'area della nuova opera in progetto.

Similmente si consiglia la valutazione della possibile adozione di presidi tecnici atti a prevenire la possibile formazione di fenomeni di ristagni idrici localizzati determinati dalla presenza di ostacoli al corretto deflusso delle acque meteoriche.

In relazione alla necessità di realizzazione di pozzi perdenti per la dispersione delle acque meteoriche scolanti si consiglia di operare la posa dei manufatti disperdenti alla profondità indicativa di circa 3,5 m dal p.c. esistente in maniera da interessare sia l'orizzonte litostratigrafico superficiale che l'orizzonte più profondo caratterizzato da materiali a granulometria ghiaiosa maggiormente grossolana e pertanto dotati di caratteristiche idrogeologiche maggiormente premianti.

I terreni presenti all'interno dell'area oggetto di studio sono stati interessati dall'esecuzione di prove di permeabilità atte a definire gli indici caratteristici per i sedimenti rinvenuti presso il sito oggetto di intervento e che permetteranno una progettazione delle opere di dispersione idrica sotterranea calibrata per il contesto geologico e morfologico in trattazione.

Si consiglia caldamente la massima cautela nell'esecuzione di scavi o di interventi di movimento terra, al fine di ottenere fronti di scavo con inclinazioni compatibili con la natura e le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti in sito, comunque mai superiori a 45°.

Ove questo non sia possibile si raccomanda fortemente l'utilizzo di tutti i presidi necessari ad assicurare la stabilità dei fronti di scavo e la sicurezza degli operatori.

Nel caso sia prevista la formazione di piani inclinati o una modellazione delle aree a verde circostanti l'opera in progetto, si consiglia il rispetto dei valori angolari di resistenza al taglio riportati nel presente paragrafo, in funzione del livello di materiali considerato.

Laddove ciò non sia possibile si consiglia l'utilizzo di idonei presidi di rinforzo dei terreni quali opere di ingegneria naturalistica o manufatti in terre armate o similari.

In caso di esecuzione di scavi o sbancamenti, similmente a quanto indicato in precedenza, si consiglia il rispetto dei valori angolari dei terreni rinvenuti e qualora ciò non fosse possibile si consiglia l'adozione di idonei presidi di consolidamento e/o di stabilizzazione dei fronti di scavo onde garantire la necessaria sicurezza degli operatori.

Si rammenta inoltre che i fronti di eventuali scavo non dovranno essere sollecitati con la posa di materiali e/o attrezzature in corrispondenza del loro ciglio sommitale, in maniera da evitare l'innescarsi di possibili cedimenti e/o crolli.

In tutte le fasi progettuali e operative dovranno comunque essere ottemperate le prescrizioni contenute nella normativa comunale e sovracomunale.

Lo scrivente rimane a disposizione nella fase esecutiva.

Besozzo, lì 12/11/2015.

Dott. Geol. Fabrizio Salina

ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA
FABRIZIO SALINA
geologo specialista
Albo n. 1348 AP
sezione A

5. ALLEGATO FOTOGRAFICO

Foto n.1: panorama dell'area di indagine.

Foto n.2: panorama dell'area di indagine.

Foto n.3: Ubicazione prova penetrometrica dinamica n.1.

Foto n.4: Ubicazione prova penetrometrica dinamica n.2

Foto n.5: Ubicazione prova penetrometrica dinamica n.3.

Foto n.6: Ubicazione prova penetrometrica dinamica n.4

Foto n.7: Particolare esecuzione prove permeabilità.

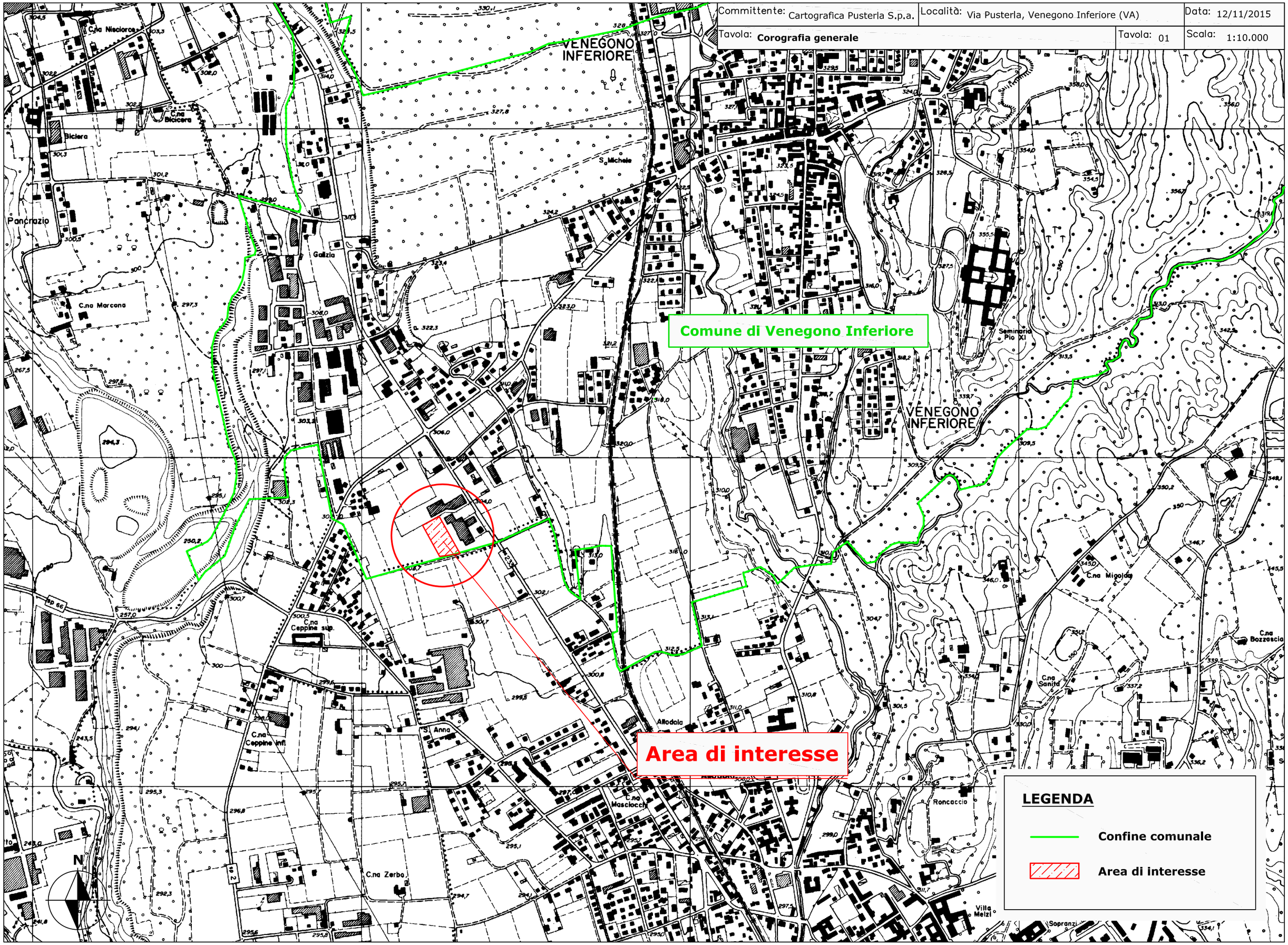
Foto n.8: Particolare esecuzione prove permeabilità.

Foto n.9: Particolare esecuzione prova MASW.

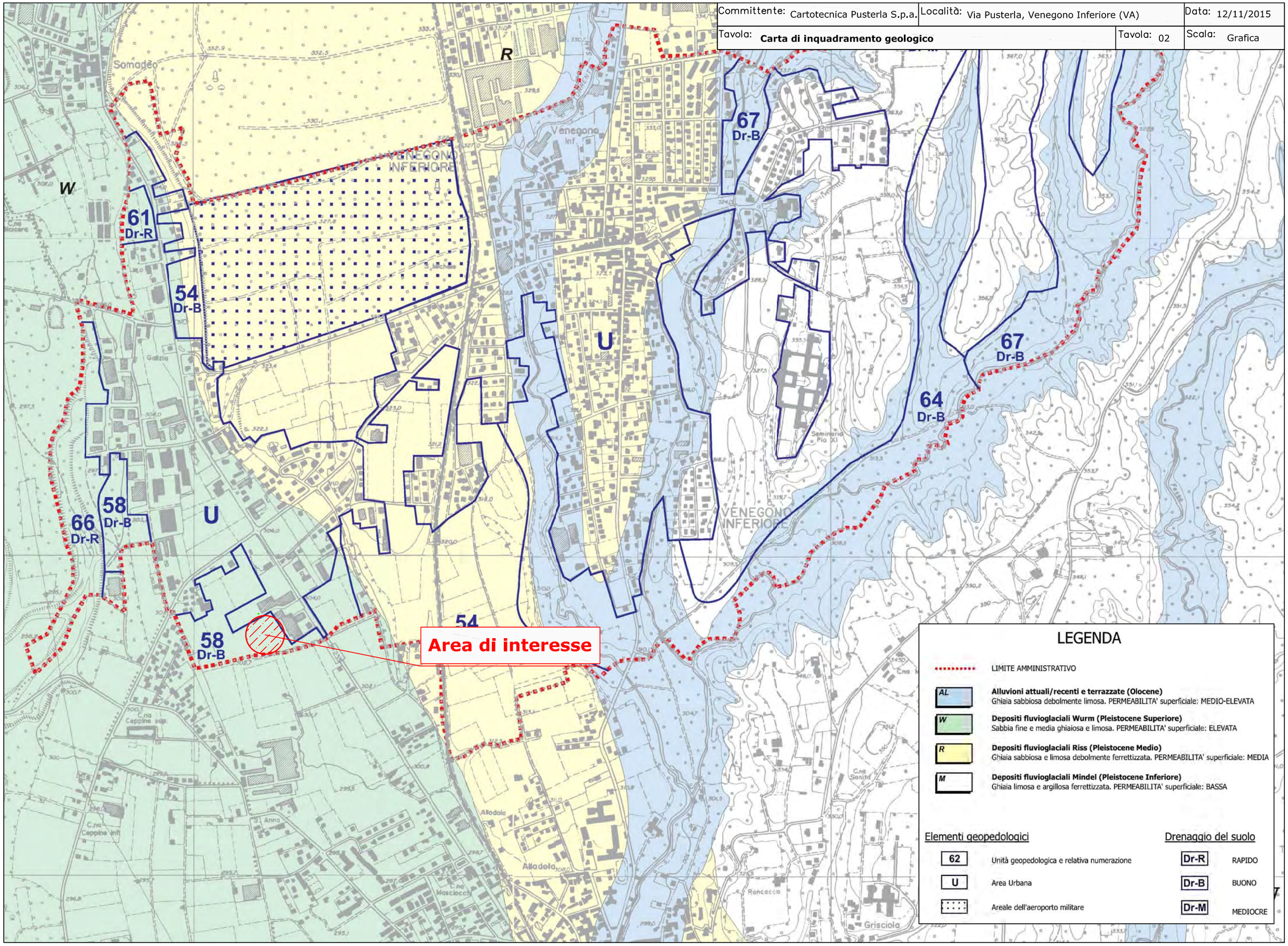
Foto n.10: Particolare esecuzione prova MASW.

TAVOLE GRAFICHE

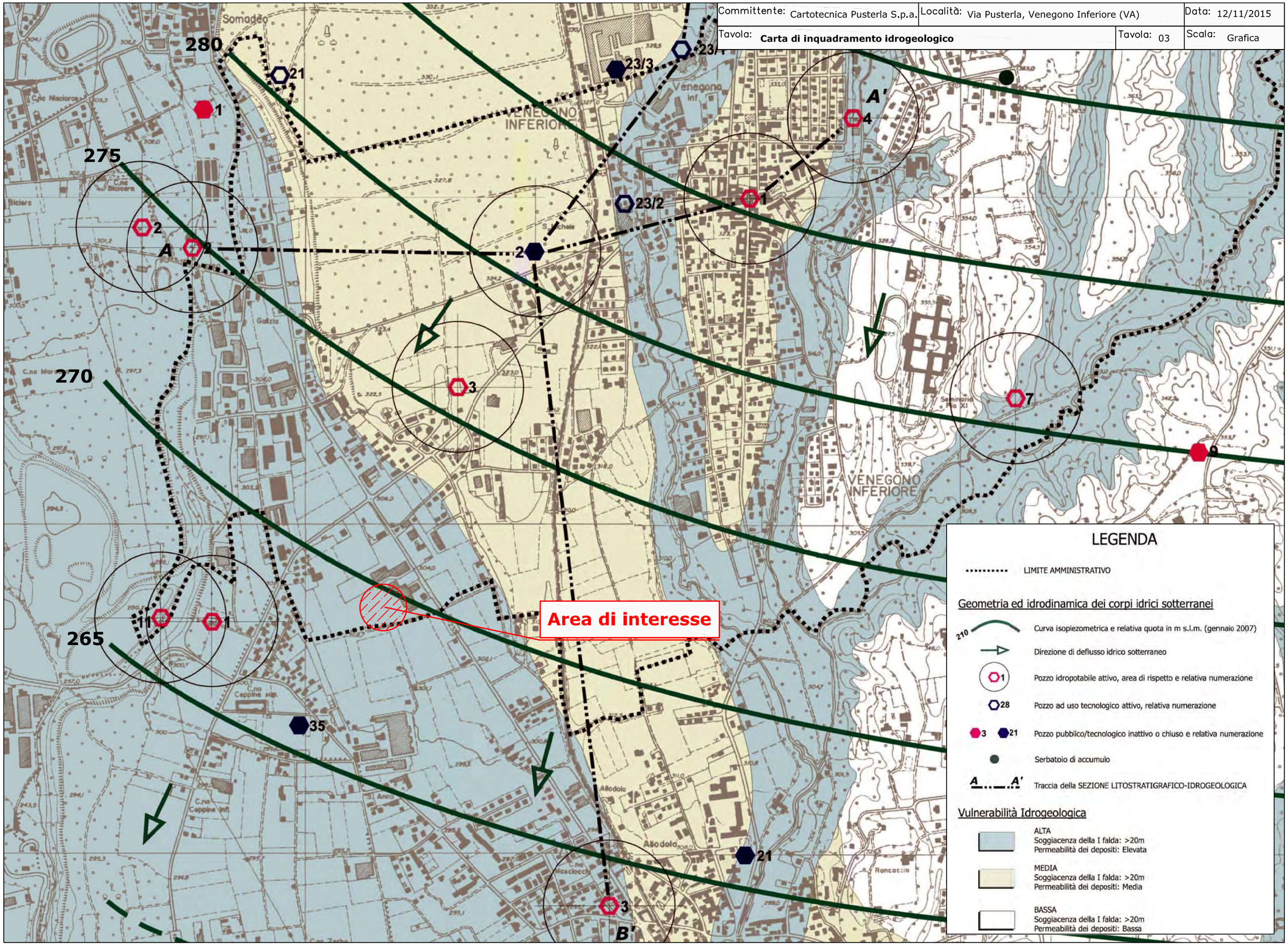
Committente: Cartografica Pusterla S.p.a.	Località: Via Pusterla, Venegono Inferiore (VA)	Data: 12/11/2015
Tavola: **Corografia generale**	Tavola: 01	Scala: 1:10.000



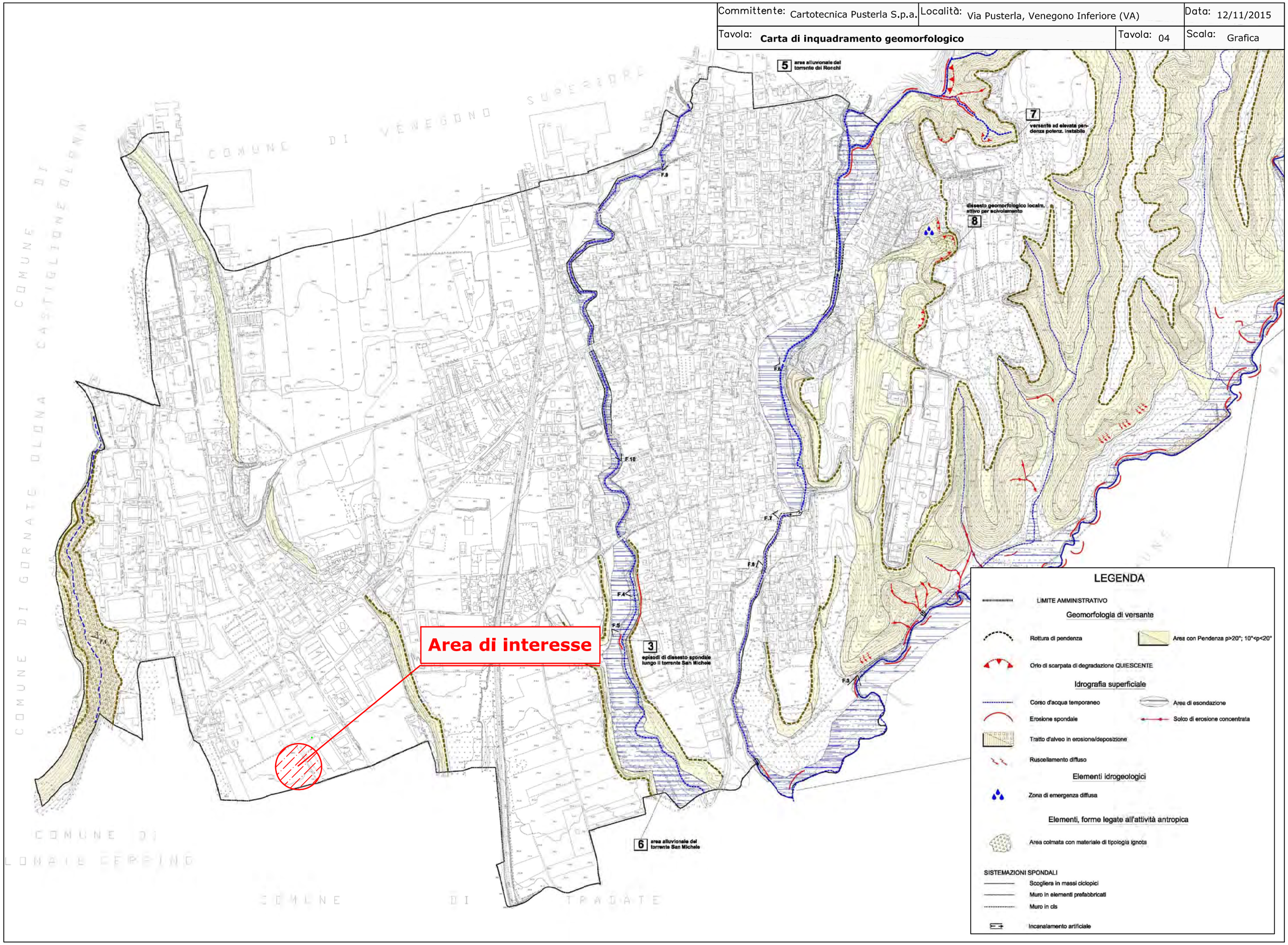
Committente: Cartotecnica Pusterla S.p.a.	Località: Via Pusterla, Venegono Inferiore (VA)	Data: 12/11/2015
Tavola: **Carta di inquadramento geologico**	Tavola: 02	Scala: Grafica



Committente: Cartotecnica Pusterla S.p.a.	Località: Via Pusterla, Venegono Inferiore (VA)	Data: 12/11/2015
Tavola: **Carta di inquadramento idrogeologico**	Tavola: 03	Scala: Grafica



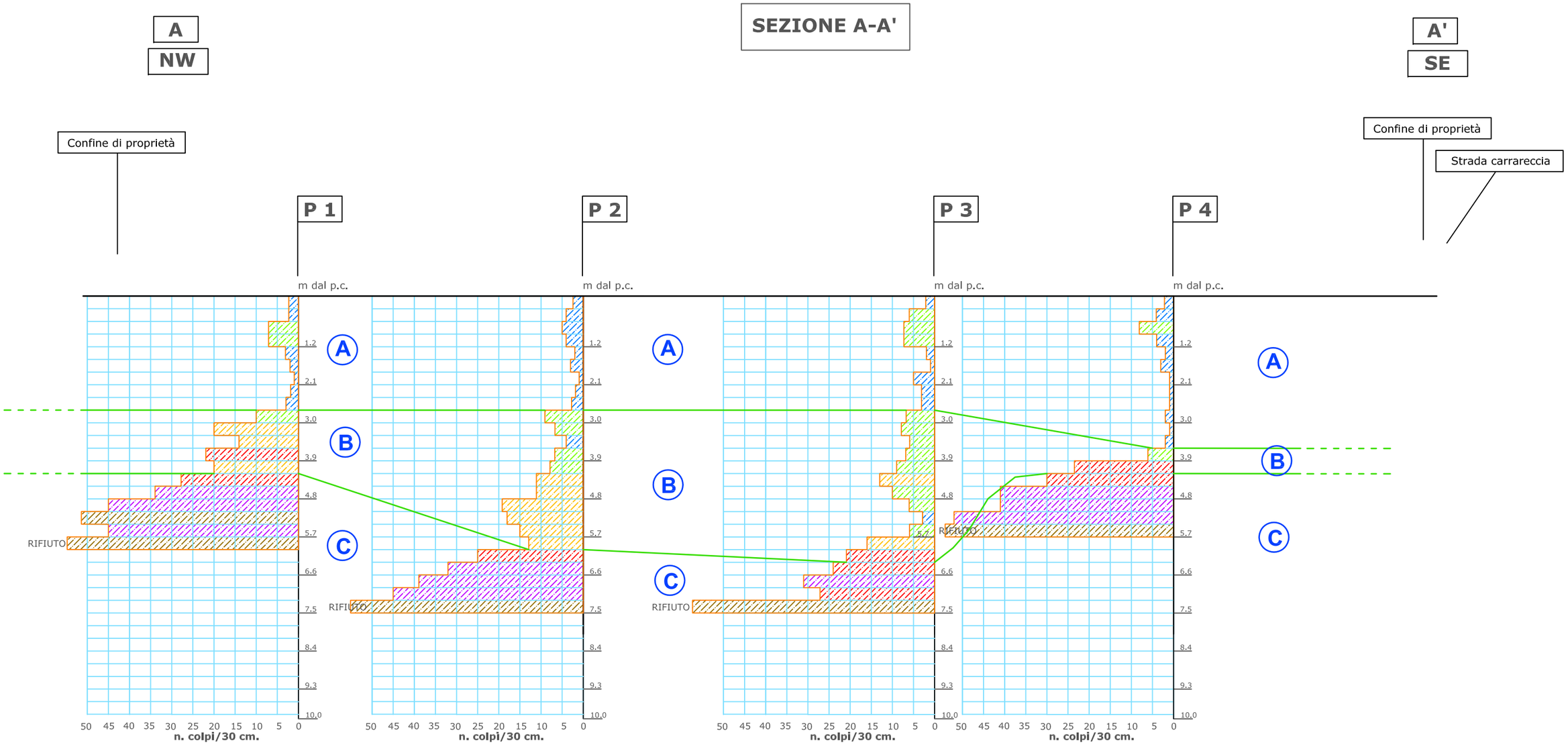
Committente: Cartotecnica Pusterla S.p.a.	Località: Via Pusterla, Venegono Inferiore (VA)	Data: 12/11/2015
Tavola: **Carta di inquadramento geomorfologico**	Tavola: 04	Scala: Grafica



Committente: Cartotecnica Pusterla S.p.a.	Località: Via Pusterla, Venegono Inferiore (VA)		Data: 12/11/2015
Tavola: **Planimetria area di interesse con ubicazione punti di indagine**		Tavola: 05	Scala: Grafica

Committente: Cartotecnica Pusterla S.p.a.	Località: Via Pusterla, Venegono Inferiore (VA)	Data: 12/11/2015
Tavola: **Sezione liotecnica descrittiva A-A'**	Tavola: 06	Scala: Grafica -1:100

SEZIONE A-A'



LEGENDA

N. colpi/30 cm

- 0-5
- 6-10
- 11-20
- 21-30
- 31-50
- 51-Rifiuto