
Progettisti

OFFICINA PROGETTAZIONE
ARCHITETTURA URBANISTICA DESIGN

ARCHITETTO ORIANO FABRIZIO DURANTE
ARCHITETTO ERSILIA DEL GENIO

11, VIA SANT'AMBROGIO 20037 PADERNO DUGNANO
T. 02 99 04 52 91

durante@officinaprogettazione.it

delgenio@officinaprogettazione.it

orianofabrizio.durante@archiworldpec.it

STUDIO DI ARCHITETTURA
ED INGEGNERIA

REDAELLI
E ASSOCIATI

I 20871 VIMERCATE - MB

VIATERRAGGIO DELLA PACE 4

TEL. +39 039 6084242

FAX +39 039 6084222

PARTITA IVA 03115000964

www.redaelliassociati.it

studio@redaelliassociati.it

Comune di BRUGHERIO (MB)

Piano Attuativo

Area dismessa AlfaGomma SpA - ARU 05

Viale della Vittoria - Viale Lombardia

La proprietà

ALFAGOMMA REAL ESTATE S.P.A.

Via Torri Bianche n.1

20871 Vimercate (MB)

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Maggio 2017

I progettisti

Allegato

a.03

*Geologia, Idrogeologia,
Ambiente, Energie alternative*

RAVASI Geologo Federica

Via Vittorio Emanuele II, 46 - Vimercate MB

Tel. e Fax +39 0396085056

e-mail federica.ravasi@gmail.com

COMUNE di BRUGHERIO
Provincia di MONZA E DELLA BRIANZA

**RELAZIONE GEOLOGICA e di CARATTERIZZAZIONE
GEOTECNICA ai sensi della DGR IX/2616 e DM
14/01/2008**

Piano Attuativo ARU 05
Area dismessa AlfaGomma Spa

Dott.ssa Geol. Federica Ravasi
Maggio 2017



INDICE	Pag.
1. PREMESSA	2
2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	3
3. DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	3
4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
4.1. Inquadramento territoriale	4
4.1. Destinazione d' uso prevista dagli strumenti urbanistici.....	4
5. STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE.....	5
6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	6
6.1. Inquadramento geologico e geomorfologico.....	6
6.1.1. Inquadramento geologico di dettaglio.....	9
6.2. Inquadramento idrogeologico	11
6.2.1. Inquadramento idrogeologico di dettaglio.....	13
6.3. Censimento pozzi pubblici.....	14
6.4. Inquadramento idrologico	15
6.5. Uso del Suolo e Pedologica	16
7. INQUADRAMENTO SISMICO.....	16
8. INDAGINI IN SITO	22
8.1. Risultati delle prove DPSH	23
8.2. Modello geologico e modello geotecnico	24
9. CONCLUSIONI	26

ANNESI

Annesso 1: Tabulati di registrazione e diagrammi delle prove Penetrometriche
Dinamiche DPSH

Annesso 2: Report di calcolo dei parametri geotecnici

Annesso 3: Report Masw

ELABORATI GRAFICI

Tavola 1: Corografia

Tavola 2: Ubicazione verticali di indagine

1. PREMESSA

La presente costituisce la relazione geologica e geotecnica relativa all'area in Brugherio, Viale della Vittoria angolo via Lombardia nota come ARU05, redatta a supporto del progetto di edificazione commerciale/ricettivo.

Lo scopo é quello di caratterizzare dal punto di vista geotecnico i materiali del sottosuolo interessati. La parametrizzazione geotecnica è basata sulle indagini geognostiche appositamente svolte in sito durante la campagna del giorno 26 aprile us.



Figura 1: area di studio, foto satellitare (Google Earth).

2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

- *Decreto Ministeriale 14.01.2008* Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. *Circolare 2 febbraio 2009 n. 617.*
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. *Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007*
- *Eurocodice 8* (1998) - Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)
- *Eurocodice 7.1* (1997) - Progettazione geotecnica - Parte I : Regole Generali . - UNI
- *Eurocodice 7.2* (2002) - Progettazione geotecnica - Parte II : Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI
- *Eurocodice 7.3* (2002) - Progettazione geotecnica - Parte II : Progettazione assistita con prove in sito(2002). UNI
- *Decreto ministeriale 11/03/1988*

3. DESCRIZIONE DELL'OPERA

Per i dettagli circa le opere in progetto si rimanda alla relazione tecnica descrittiva del Progettista incaricato.

4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

4.1. Inquadramento territoriale

L'area oggetto di studio è situata nel comune di Brugherio, a Nord Est dal centro abitato da cui dista circa un km.

L'area si estende su una superficie complessiva di circa 6050 m². In senso orario partendo da Nord sono presenti alcuni edifici a destinazione industriale, viale Lombardia, viale della Vittoria.

Il riferimento cartografico è il foglio denominato B5c5 alla scala 1:10000 della cartografia tecnica regionale che viene riportato nella corografia di Tavola 1.

Da questa si ricava che altimetricamente l'area è ubicata ad una quota topografica media pari a circa 151 m s.l.m.

Le coordinate geografiche dell'area, riferite all'ingresso su viale della Vittoria sono:

Latitudine	45,563746
Longitudine	9,304781

4.1. Destinazione d'uso prevista dagli strumenti urbanistici

Secondo il Piano del Governo del Territorio del comune di Brugherio l'area è individuata come di seguito

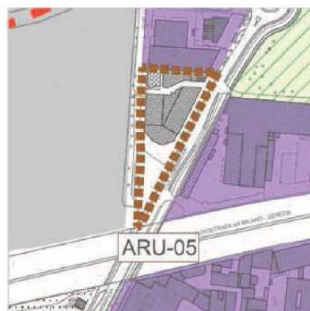


Figura 2: estratto del PGT comunale elaborato PR 04

Ambito di rigenerazione urbana ARU 05.

5. STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE

Nel Piano di Governo del Territorio del comune di Brugherio é contenuta la *Relazione geologica* da cui sono tratti gli stralci della cartografia e la descrizione delle legende di seguito riportate.

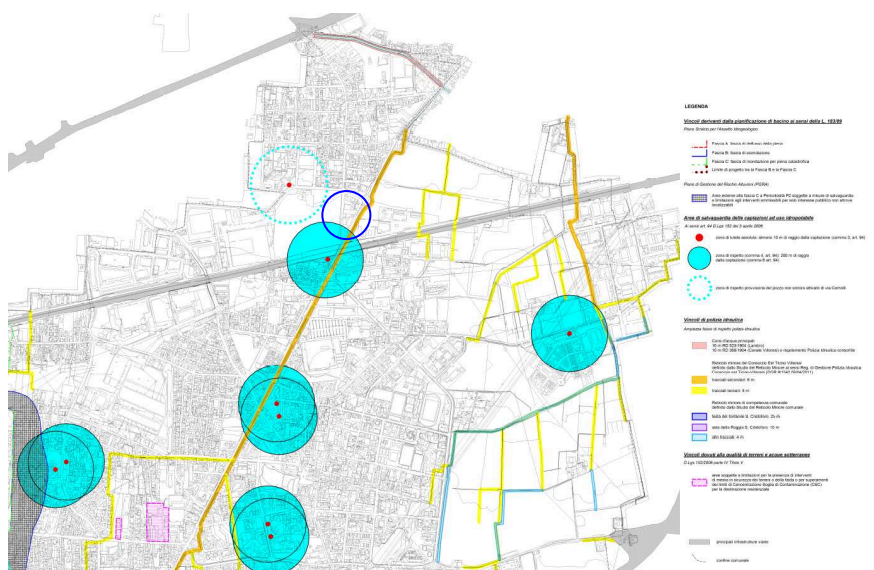


Figura 3: Carta dei vincoli (PGT comunale, Tav 6); in blu l'area di interesse.

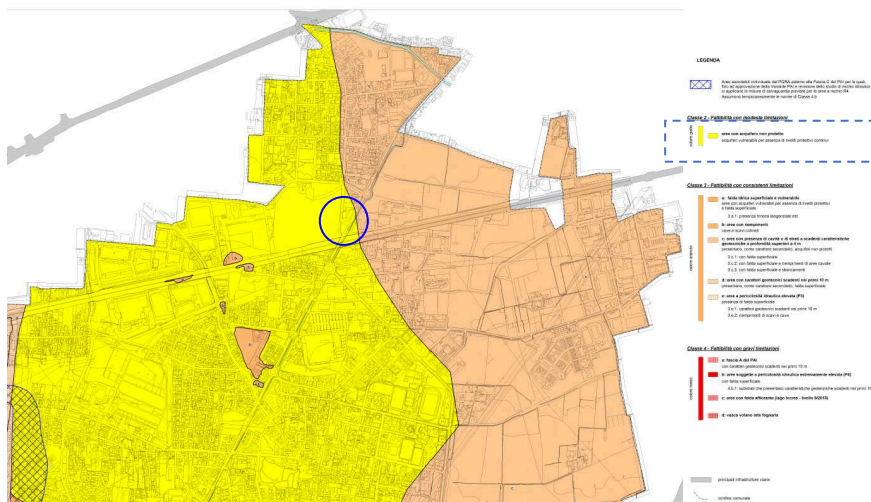


Figura 4: Carta della fattibilità geologica (PGT comunale, Tav 8); in blu l'area di interesse.

Di seguito si riporta uno stralcio delle norme tecniche di fattibilità geologica anche delle aree limitrofe a quella di interesse che ricade in classe F2.

CLASSE 2 - FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI:

Zone con modeste limitazioni all'uso a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine, accorgimenti tecnico costruttivi e precauzioni ambientali, senza l'esecuzione di opere di difesa.

Nelle immediate vicinanze del sito si osserva anche la **classe F3c:**

Aree con presenza di cavità nel sottosuolo (occhi pollini o strutture simili) o strati a scadenti caratteristiche geotecniche a profondità superiori a 4 m Nell'ambito generale del livello di rischio previsto per la Classe 3 e tenuto conto di quanto prescritto in generale per la Classe 2 (Prescrizioni valide per tutte le Classi di fattibilità), è richiesto di approfondire la valutazione locale e puntuale relativa a natura e caratteri litotecnici dei materiali del substrato geologico, fornendo precise e puntuali informazioni finalizzate al dimensionamento delle strutture e alle precauzioni in fase di trasformazione.

6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Le notizie fondamentali per l'inquadramento geologico, idrogeologico e morfologico sono state desunte utilizzando la seguente bibliografia di riferimento:

Note illustrative della "Carta Geologica d'Italia Foglio 45 Milano";

"Relazione geologica" allegato al PGT di Brugherio;

Carta CARG, Foglio Milano;

Varia bibliografia scientifica relativa la rilevamento del Quaternario.

6.1. Inquadramento geologico e geomorfologico

Il territorio di Brugherio si colloca in corrispondenza dell'ambito della pianura asciutta, più o meno ad uguale distanza rispetto alle colline moreniche e ai terrazzi a ferretto di Brianza e Groane, verso nord, e alla pianura idromorfa più tipica, a sud, oltre la linea attuale dei fontanili.

Si evidenziano tuttavia gli elementi fisiografici che maggiormente interessano le superfici, apparentemente omogenee, del territorio comunale o delle sue vicinanze. Uno è rappresentato dalla Valle del Lambro, di evidenza morfologica scarsa in questo tratto, e privo di scarpate di terrazzo e dislivelli di una riconoscibile evidenza e di significato geomorfologico, ma fortemente caratterizzante l'assetto territoriale e la pericolosità geologica; l'altro è costituito, s'intende dal punto di vista geologico, dalle propaggini meridionali delle superfici geologiche più antiche, oggi attribuite a diverse unità quaternarie, una volta assegnate al c.d. fluvioglaciale rissiano.

Si tratta, dal punto di vista litologico, di materiali sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi in matrice limosa spesso subordinata; a questi si intercalano orizzonti argillosi e argilloso-limosi.

Localmente è presente un livello conglomeratico, più o meno cementato e di spessore variabile, noto in letteratura come Ceppo e costituito da ciottoli di calcari, selci, dioriti, tonaliti, graniti, gneiss, micascisti, filladi e quarziti inglobati in una matrice sabbioso limosa a cemento calcareo, con grado di cementazione variabile ed elevata permeabilità.

Nel dettaglio sono presenti:

- Diluvium Antico: depositi alluvionali costituenti i ripiani altimetricamente più elevati (fluvioglaciale Mindelliano - q_1);
- Diluvium Medio: costituiscono i ripiani terrazzati che occupano una posizione altimetricamente intermedia tra il Diluvium antico ed il Livello Fondamentale della Pianura (fluvioglaciale Riss - q_2);
- Diluvium Recente: depositi ghiaiosi-sabbiosi-argillosi che costituiscono il livello fondamentale della pianura (fluvioglaciale Riss-Wurm - q_3);



Figura 5: estratto della carta geologica foglio Milano - Unità geologica q³- Carta Geologica d'Italia - Foglio 45

L'area in esame è collocata nel porzione settentrionale del territorio di Brugherio. Come si vede dallo stralcio del Foglio Milano, il terreno è costituito da sedimenti appartenenti al Diluvium Recente (fluvioglaciale Riss-Wurm), che litologicamente è formato da depositi ghiaiosi-sabbiosi-argillosi che costituiscono il livello fondamentale dalla pianura, con strato superiore di alterazione di spessore variabile, non sempre ben conservato; frequenti sono i livelli cementati arenacei e conglomeratici che possono raggiungere localmente spessori di qualche decina di metri ma caratterizzati da una notevole estensione laterale.

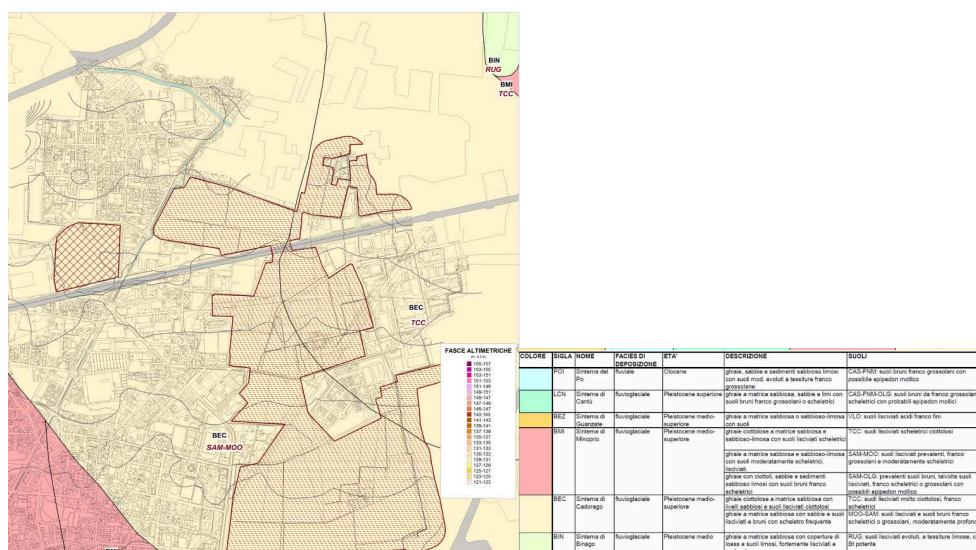


Figura 6: estratto della carta geologica allegata al PGT comunale – Tavola 1 Geologia

Dall'esame della cartografia comunale edita a supporto del vigente PGT comunale, l'unità presente in corrispondenza dell'area in esame appartiene a depositi BEC, ossia fluvioglaciali costituiti da ghiaie sabbiose e ghiaie ciottolose.

Dall'esame della cartografia Carg, Foglio 118 Milano, l'area in esame rientra nel Sintema di Cadorago così descritto:

Ghiaie a supporto clastico o di matrice con matrice sabbiosa; intercalazioni sabbiose; sabbie limose argillosi; limi con lcasti sparsi (dep fluvioglaciali) Superficie limite superiore caratterizzata da suoli con compreso tra 1.5 m e oltre 2 m. Copertura loessica colluviale semplice localmente conservata [Pleistocene medio e superiore].

L'area di studio è costituita da territorio pianeggiante, blandamente degradante verso Sud. Le quote topografiche maggiori sono riscontrate a Nord con 156 m s.l.m., mentre le quote topografiche minori si rilevano a Sud con 120 m s.l.m.. L'area oggetto dello studio ha quote di circa 151 m s.l.m..

Dal punto di vista geomorfologico non si segnalano fenomeni geomorfici in atto.

6.1.1. Inquadramento geologico di dettaglio

L' esame delle stratigrafie dei pozzi pubblici e delle sezioni elaborate a livello provinciale hanno permesso di ipotizzare a grandi linee la stratigrafia locale come di seguito riportata per il Pozzo 1 comunale.

Dott. Geol. Federica RAVASI

Relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica per realizzazione edificio-
Brugherio (MB) viale della Vittoria

BACINO: F.Lambro	V.le Lombardia Serbatoio 1°	N. 1
BRUGHERIO	C.A.P.	
0.00	terre con ghiaia	
1.00	ghiaia con sabbia	Lat.N=45°33'35"
6.00	ghiaia con argilla	Long.O=3°9'00"
8.00	ghiaia compatta con argilla	qt.m= 148
12.00	ghiaia con sabbia gialla	data= 3/1951
13.00	ghiaia grossa	
16.00	ghiaia grossa con sabbia	
21.00	ghiaia grossa con ciottoloni	
25.00	ghiaia con sabbia grossa	
27.00	ghiaia con sabbia	
35.00	argilla cenere sabbiosa	
36.00	conglomerato scaglioso	
39.00	argilla gialla compatta	
42.00	argilla cenere sabbiosa	Fenestrati:
45.00	sabbia argillosa gialla	30.00/35.00
52.00	argilla cenere	
54.00	argilla gialla sabbiosa	
58.00	sabbia argillosa gialla	
61.00	sabbia fine scura	
64.00	sabbia fine	
66.00	argilla cenere	
70.00	argilla cenere con sabbia fine	
78.00	sabbia fine scura	ls.= 11.00
95.00		

6.2. Inquadramento idrogeologico

L'assetto idrogeologico dell'area è stato ricostruito attraverso l'analisi della seguente documentazione:

"Le risorse idriche sotterranee nella Provincia di Milano – Volume I: Lineamenti idrogeologici" (Milano, 1995), redatto dalla Provincia di Milano Assessorato all'Ambiente e dal Politecnico di Milano D.S.T.M. – Geologia Applicata;

La pubblicazione di Regione Lombardia ed Eni Divisione Agip del 2002 "Geologia degli Acquiferi padani della Regione Lombardia", a cura di Cipriano Carcano e Andrea Piccin, edito da S.EL.CA. (Firenze)

Nel sottosuolo dell'area si distinguono diverse unità idrogeologiche contenenti differenti acquiferi, riconoscibili per le omogenee caratteristiche di composizione e di distribuzione areale; dall'alto verso il basso si riconoscono (Avanzini et A.):

Litozona ghiaioso-sabbiosa. In questa unità litologica, costituita oltre che da orizzonti sabbiosi e ghiaiosi, anche da intercalazioni argillose e conglomeratiche di spessore variabile, è contenuto l'acquifero superficiale (I acquifero), molto produttivo in quanto alimentato dall'infiltrazione delle acque meteoriche e delle acque superficiali, e sfruttato tradizionalmente per l'approvvigionamento idrico. E' costituita da sedimenti depositatisi in ambienti fluviali di alta energia instauratesi durante le fasi glaciali del Quaternario (Pleistocene superiore e medio). Si distinguono due unità idrostratigrafiche: la prima, denominata Gruppo Acquifero A nella recente interpretazione della geologia del sottosuolo a livello regionale (Regione Lombardia, Geologia degli acquiferi Padani della Regione Lombardia, 2002), è costituita dalle alluvioni più recenti, ed è caratterizzata dalla presenza di falda freatica; la seconda, Gruppo Acquifero B, più in profondità, è costituita da sedimenti più antichi con presenza di conglomerati e arenarie basali (Ceppo auct.), e con falda a volte semiconfinata. Le due parti sono separate

localmente da depositi semipermeabili, che possono dare origine a differenze di livello piezometrico

Litozona sabbioso-argillosa. Tale unità, in cui è contenuto l'acquifero in pressione (II acquifero), corrispondente all'unità stratigrafica villafranchiana, è suddivisibile in Gruppo Acquifero C al tetto (Pleistocene medio-inferiore) e Gruppo Acquifero D alla base (Pleistocene inferiore); è caratterizzata da orizzonti argillosi prevalenti con intercalazioni sabbiose e ghiaiose, sedimentatisi in ambiente continentale, e a volte torbe, di ambiente palustre.

I parametri idrogeologici caratteristici delle litozone sopra definite e riportate in letterature sono riassunte di seguito

L'unità ghiaioso-sabbioso-limoso, a causa della presenza della frazione fine, tende a diminuire i valori di permeabilità. Avremo così valori di conducibilità idraulica pari a 10^{-4} e 10^{-5} m/s, mentre per la trasmissività i valori sono ricompresi tra 10^{-2} e 10^{-3} m²/s (Avanzini et alii, 1995).

L'unità sabbioso-argillosa ha bassi valori di permeabilità 10^{-5} e 10^{-6} m/s, mentre per la trasmissività i valori sono sempre inferiori a 10^{-3} m²/s (Avanzini et alii, 1995).

La ricostruzione delle variazioni dei livelli della falda è stata possibile grazie ai dati della rete di controllo della AMSP riportati per tutti i pozzi nella documentazione geologica a supporto del PGT comunale, disponibile on line sul sito del comune di Brugherio.

In generale, come si evince dalla cartografia comunale, la superficie piezometrica presenta una quota compresa tra 137 m a Nord e 127 m a Sud del territorio comunale, con direzione di flusso variabile per la presenza di elementi idrografici superficiali a comportamento alimentante e drenante.

Nell'area in esame, il flusso idrico sotterraneo ha un andamento diretto circa Nord Nord Est-Sud Sud Ovest e si stima una soggiacenza pari a circa 16 m e una quota piezometrica di circa 135 m s.l.m..

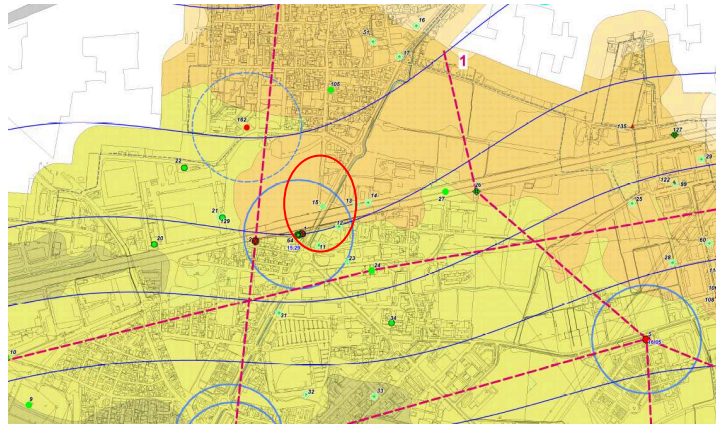


Figura 7: stralcio Carta Idrogeologica con ubicazione dei pozzi (Studio geologico comunale-Tav 3).

6.2.1. Inquadramento idrogeologico di dettaglio

L'esame delle sezioni stratigrafiche rappresentative della struttura stratigrafica/litologica dei sedimenti sottesi all'area in esame e riportate nel documento "Le risorse idriche della Provincia di Milano-Lineamenti idrogeologici, 1995" sezioni I e 8 ha permesso di ricavare quanto segue:

Affiorano in superficie i sedimenti alluvionali recenti a granulometria grossolana, costituiti da ghiaie e ciottoli a limitata profondità: a profondità maggiori si riscontra una diminuzione della frazione grossolana e l'aumento in percentuale della sabbia. Al di sotto di questo materiale incoerente si trovano grossi banchi di conglomerato e lenti di limi e argille di limitata potenza. Lo spessore complessivo della prima litozona diminuisce procedendo da ovest verso est: è superiore a 80 m a Sesto S.G., mentre misura circa 40 m a Cernusco. Già a Cologno Monzese si ha l'innalzamento della seconda litozona con sabbie e argille prevalenti (a 70 m dal piano campagna nei pozzi 62 e 150-151, alimentati anche dai livelli permeabili della falda profonda). Nel pozzo 10 di Cernusco sono presenti torbe a circa 85 m di profondità.

La sezione è orientata nord-sud, a partire dal limite fra i Comuni di Monza e Brugherio fino al limite tra i Comuni di Vimodrone e Segrate. Lungo tale profilo è possibile osservare l'approfondimento della superficie del limite inferiore della litozona sabbioso-ghiaiosa sopra descritta. Tale superficie risulta infatti immergente verso sud, avendo una profondità di soli 36 m nei pozzi 18 e 19 di Brugherio, ed una profondità superiore a 70 metri a Vimodrone. A Cologno tale limite è individuabile a 80 m nel pozzo 149, si approfondisce fino a 95 m nel pozzo 69 posto più a sud. Si nota, all'interno della prima litozona, la presenza di grossi banchi conglomeratici che segnano spesso il passaggio con la litozona sottostante. Nella litozona inferiore risultano prevalere limi e argille, al cui interno sono presenti lenti di sabbie a volte argillose.

Durante l'esecuzione delle indagini in sito (prove penetrometriche, mese di aprile 2017) non è stata rilevata la presenza della falda fino alla massima profondità indagata.

6.3. Censimento pozzi pubblici

I dati relativi ai pozzi/piezometri presenti nell'area intorno al sito sono desumibili attraverso la documentazione cartografica reperibile sul sito web del comune di Brugherio, integrata dai dati del portale della Regione Lombardia.

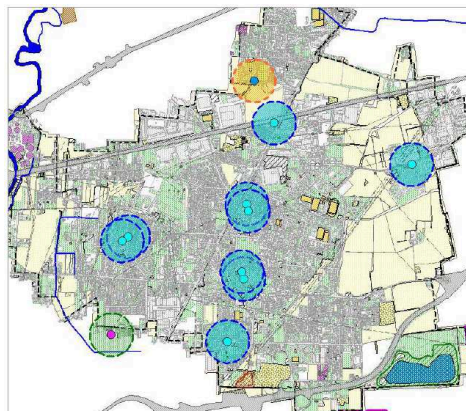


Figura 8: stralcio Carta con Zta e Zdr pozzi pubblici

In particolare nell'intorno del sito sono stati identificati numerosi pozzi e piezometri, la cui ubicazione è riportata nello stralcio proposto già al paragrafo 6.2; esiste interferenza marginale tra le aree di salvaguardia di questi pozzi (pozzo 1 comunale) e parte dell'area di interesse.

6.4. Inquadramento idrologico

Il territorio di Brugherio è interessato da diversi corsi d'acqua per natura e ordine. Di seguito uno stralcio della documentazione annessa allo studio del reticolo idrico comunale.

In merito all'area di studio si rileva la presenza del Canale derivatore di Brugherio che scorre su ciale Lombardia ma dal lato opposto rispetto al margine orientale della proprietà.

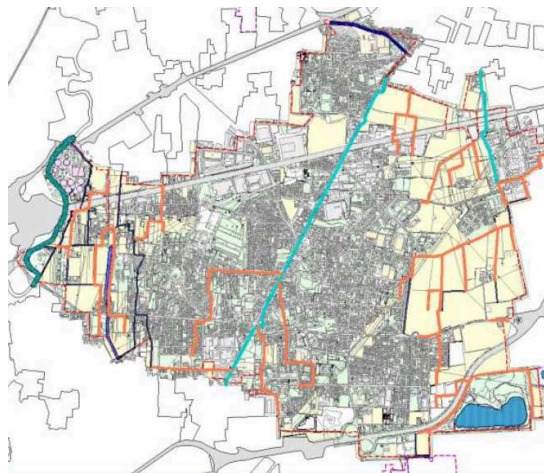


Figura 9: dettaglio Carta Reticolo idrico minore (Relazione comunale-sito web).

6.5. Uso del Suolo e Pedologica

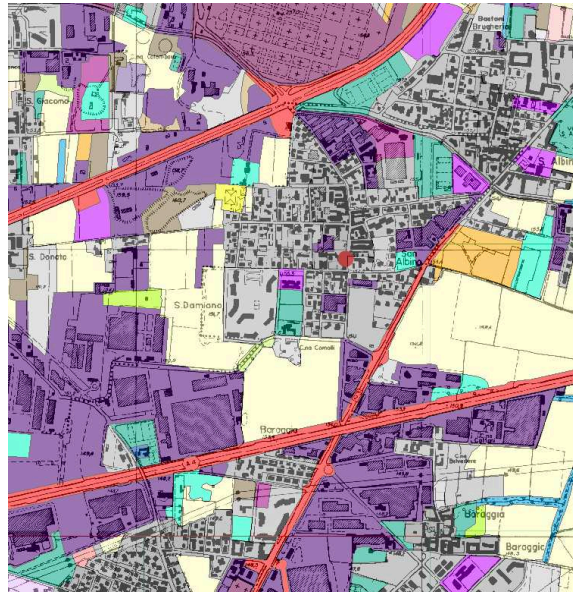


Figura 10: Carta uso del suolo, cartografia regionale Dusaf 5.1-Regione Lombardia

Relativamente alla Carta uso del suolo, tratta dalla cartografia regionale Dusaf 5.1 della Regione Lombardia, l'area di studio è individuata con il codice 12111 cui corrispondono Insedimenti industriali artigianali e commerciali.

7. INQUADRAMENTO SISMICO

Con l'entrata in vigore dell'O.P.C.M. n. 3274 del 23/03/2003, che ha classificato l'intero territorio nazionale, il territorio comunale di Brugherio ricade in zona sismica 4, corrispondente alla pericolosità sismica più bassa (ag convenzionale pari a 0.05 g). In seguito all'introduzione della nuova classificazione sismica del 2014, il comune è stato declassato alla zona sismica 3.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, è indispensabile valutare l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali. Sulla base dei parametri di velocità delle onde Vs entro i 30 m di profondità, è possibile

classificare il terreno dal piano di imposta delle fondazioni, fino ad una profondità commisurata all'estensione e all'importanza delle opere.

ANALISI DI PRIMO LIVELLO-CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

Il riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica è stata condotta a livello locale prevedendo un approccio qualitativo conforme al I livello di approfondimento previsto dalla normativa regionale.

Sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per l'area è stato possibile individuare una zona dove l'effetto prodotto dall'azione sismica è, con buona attendibilità, prevedibile.

In corrispondenza della zona in esame, viene individuato lo scenario Z4a (zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi) passibile di amplificazioni litologiche e geometriche.

INDAGINE SISMICA TIPO MASW

L'analisi delle onde di taglio (V_s) tramite metodo MASW, ha consentito di determinare gli spessori dei sismo strati e relative velocità di taglio, come riportato nella tabella e relativo diagramma, permettendo di calcolare il valore V_{s30} per la sezione indagata.

Il valore di V_{s30} è riferito ai primi 30,00 m a partire dal piano campagna attuale.

Dall'interpretazione dei dati si può ricostruire la seguente situazione sismo-stratigrafica:

- SISMOSTRATO 1: da p.c. a -5,70 m (Vs 286 m/s);
SISMOSTRATO 2: da -5,70 m a -17,90 m (Vs 435 m/s);
SISMOSTRATO 3: da -17,90 m a -29,50 m (Vs 574 m/s);
SISMOSTRATO 4: >29,50 m (Vs 766 m/s);

L'analisi ha evidenziato la presenza di 4 sismostrati di cui il primo presenta velocità piuttosto basse; il secondo e il terzo sismostrato hanno velocità che migliorano con la profondità. In base anche alla stratigrafia delle prove penetrometriche effettuate si può interpretare tale situazione con la presenza di un primo strato costituito da materiali più fini rispetto ai restanti che si crede siano costituiti da materiali più grossolani (sabbie e ghiaie).

CALCOLO DELLE $V_{s,30}$ E DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO

A partire dal modello sismico monodimensionale ricostruito attraverso l'indagine geofisica effettuata, è possibile calcolare il valore delle $V_{s,30}$, che rappresenta la "velocità equivalente" di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle $V_{s,30}$ si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.01.2008 ("Norme tecniche per le costruzioni"):

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

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Utilizzando la formula sopra riportata si ottengono i seguenti valori (si è assunta come quota di calcolo [q.r.] il piano di esecuzione dello stendimento sismico corrispondente all'attuale p.c):

Categoria	Descrizione	Parametri		
		$V_{s,30}$ (m/s)	$N_{SPT,30}$	$C_{u,30}$ (kPa)
A	<u>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</u> , caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m	> 800	-	-
B	<u>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</u> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	360-800	>50	>250
C	<u>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</u> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	180-360	15-50	70-250
D	<u>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</u> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	<180	<15	<70
E	<u>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</u> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).			

Tabella 1: Categorie di sottosuolo (D.M. 14.01.2008).

ANALISI DI SECONDO LIVELLO-EFFETTI SISMICI DI SITO

In merito alla valutazione di eventuali fenomeni di amplificazione sismica si è proceduto secondo quanto indicato dalla normativa regionale ad effettuare una verifica di II livello, seguendo la procedura descritta nell'allegato 5 alla DGR n. 8/1566 del 22 dicembre 2005 "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 comma 1 della l.r. n. 12 del 11 marzo 2005 " e successive modifiche; essa ha consentito di valutare il valore del fattore di amplificazione F_a del sito di studio.

Nel caso specifico è stato considerato esclusivamente il F_a relativo agli effetti litologici che è stato determinato attraverso l'impiego delle schede Litologia opportunamente predisposte. Tale metodologia permette, in relazione alle caratteristiche litologiche, geotecniche e sismiche dei terreni presenti, una valutazione di tipo semiquantitativo degli effetti di amplificazione sismici attesi.

Il valore del F_a viene poi utilizzato per valutare i gradi di protezione raggiunto dall'applicazione della normativa vigente.

La valutazione del grado di protezione fornito dall'applicazione dei parametri di normativa è effettuata in termini di contenuto energetico, confrontando il valore dei F_a ottenuto con le schede di valutazione con il parametro di analogo significato definito come Valore Soglia e fornito per ciascun Comune dalla Regione Lombardia. Tale valore è stato valutato per qualunque categoria di suolo relativamente ai due intervalli del periodo proprio di oscillazione delle tipologie edilizie presenti con maggior frequenza in Lombardia (0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s). Per il comune di Brugherio:

classificazione	F_a calcolato	Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
3	0.1-0.5	1.4	1.8	2.2	2.0

	0.5-1.5	1.7	2.4	4.2	3.1
--	---------	-----	-----	-----	-----

Il valore soglia rappresenta, quindi, il numero limite oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione l'amplificazione realmente presente nel sito di studio.

Nel caso in esame, l'andamento delle velocità con la profondità è stato confrontato con le schede litologiche proposte ed è stata scelta quella "Effetti litologici -scheda limosa-sabbiosa tipo 2".

Dall'elaborazione effettuata per il sito in esame, sulla base dei dati a disposizione, si è ottenuto un valore del periodo proprio del sito pari a $T=0,286$ secondi.

Adottando la procedura regionale ed adottando le formule riportate nella scheda scelta, si è ottenuto un valore del $F_a = 2,06$ per l'intervallo di T compreso tra 0.1-0.5 s e un valore di $F_a = 1,26$ per l'intervallo compreso tra 0.5-1.5 s.

Solo un valore del F_a risulta superiore al valore soglia fissato dalla normativa regionale per un suolo di tipo B come ricavato da elaborazione della Masw. Pertanto la normativa è da considerarsi insufficiente per poter comprendere anche gli effetti di amplificazione sismica locale.

ESCLUSIONE DELLA VERIFICA A LIQUEFAZIONE

Il sito in esame presenta una accelerazione massima attesa al piano di campagna in assenza di manufatti minore di 0,1g (0,031g per SLD). Ai sensi del DM 14-01-2008 (rif: 7.11.3.4.2) è pertanto possibile omettere la verifica a liquefazione.

8. INDAGINI IN SITO

Le indagini geognostiche sono consistite nell'esecuzione di prove penetrometriche dinamiche.

Nel dettaglio, sono state eseguite n°2 prove penetrometriche dinamiche continue DPSH, il giorno 14 gennaio, con penetrometro pesante tipo Meardi, modello Pagani, avente le seguenti caratteristiche tecniche

Maglio	massa M [kg]	63.5
	altezza caduta H[mm]	750
Cono	angolo di apertura [°]	90
	area di base A [cm ²]	20.43
	diametro di base D [mm]	51
Aste	massa min [kg/m]	6.31
	diametro est max [mm]	32
Penetrazione	lunghezza aste [mm]	1000
	numero colpi	N ₃₀

Le prove, eseguite secondo le Raccomandazioni A.G.I. (Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche, 1977), consistono nell'infissione nel terreno di una punta conica, collegata ad una batteria di aste metalliche, mediante la battitura con un maglio che cade liberamente da altezza costante. Si misura il numero di colpi necessari per l'infissione della punta conica nel terreno per tratti consecutivi di lunghezza nota, ottenendo in questo modo la resistenza del terreno alla penetrazione della punta.

I tabulati di registrazione ed i diagrammi relativi sono riportati in Annesso 1.

L'ubicazione delle prove é indicata nello schema planimetrico allegato (cfr. Tavola 2).

Le prove sono state eseguite a partire dall'attuale piano di campagna, la cui quota media é stata stimata pari a circa 151 m slm.

8.1. Risultati delle prove DPSH

Le prove sono state spinte fino ad una profondità compresa tra circa 4,8 e 7,4 m da piano campagna.

Durante l'esecuzione delle prove in sito non è stata rilevata la presenza della falda.

Profondità (m)	DPSH 1	DPSH 2	DPSH 3
0,2	45	15	18
0,4	7	5	9
0,6	5	2	4
0,8	5	2	5
1,0	3	2	4
1,2	3	2	7
1,4	4	2	7
1,6	8	2	10
1,8	11	2	10
2,0	8	2	14
2,2	5	5	22
2,4	10	5	15
2,6	12	7	12
2,8	13	5	13
3,0	17	7	11
3,2	19	8	12
3,4	16	6	15
3,6	16	7	16
3,8	8	11	18
4,0	5	20	20
4,2	4	16	Interrotta
4,4	10	23	
4,6	7	41	
4,8	6	Rifiuto	
5,0	6		
5,2	7		
5,4	5		
5,6	4		
5,8	2		
6,0	2		
6,2	2		
6,4	2		
6,6	2		
6,8	4		
7,0	5		
7,2	18		
7,4	Rifiuto		

Tabella 1: registrazioni prove penetrometriche Aprile 2016

Con le prove é stato possibile indagare fino a -7,4 m di profondità a partire dal pc e verificare che in linea di massima é possibile identificare due unità, aventi comportamento coesivo in superficie e granulare in profondità riferibili litologicamente a ghiaia più o meno sabbiose con limo.

8.2. Modello geologico e modello geotecnico

Sulla base delle indagini eseguite è possibile ricostruire il modello geologico-stratigrafico dell'area in esame.

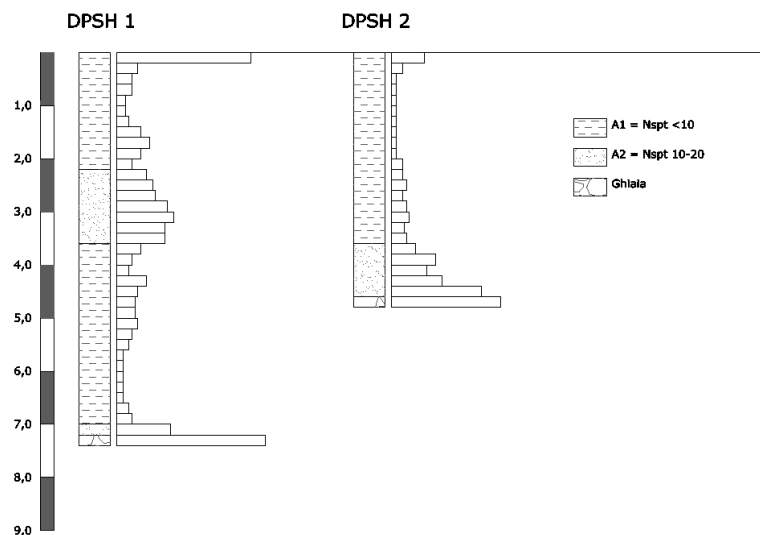


Figura 5: modello geologico stratigrafico del sottosuolo

Sulla base dei risultati delle indagini eseguite in seguito alla loro elaborazione, é possibile ricavare il seguente modello geotecnico dell'area; nella figura seguente si schematizza il terreno in funzione della resistenza offerta dal terreno alla penetrazione della punta dello strumento.

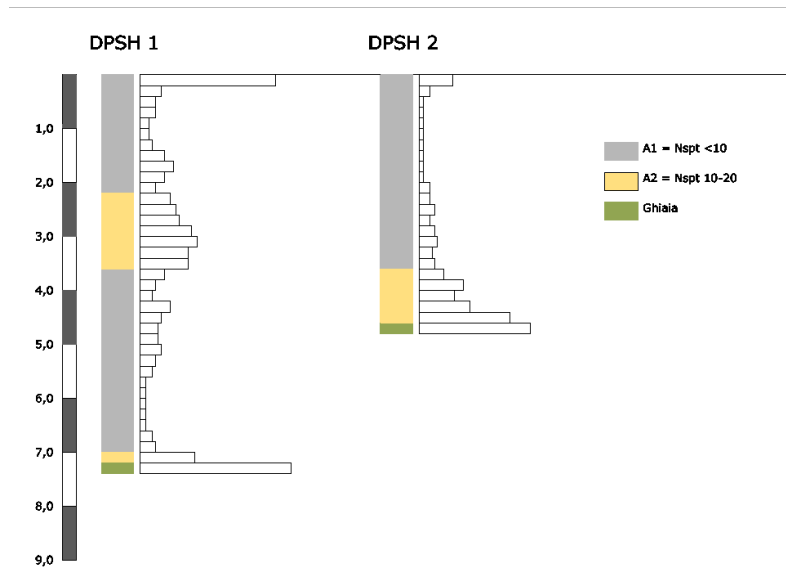


Figura 6: modello geotecnico del sottosuolo

Sono state individuate tre unità geotecniche sulla base dei dati elaborati così come di seguito:

- **Unità geotecnica A1:** è individuata in corrispondenza di tutte le prove realizzate, è riconducibile ad un limo sabbioso. Assume spessori massimi pari a circa 3,0 m. Nspt medio circa 6 colpi;
- **Unità geotecnica A2:** si riconosce in tutte le prove indagate alla base dell'unità precedente ed è riconducibile ad una sabbia limosa e ghiaia. Presenta uno spessore di circa 1,0 m. Nspt medio 18 colpi.

I valori di Nspt ricavati da ogni prova penetrometrica sono stati elaborati con software specifici (Geostru), così da individuare le unità geotecniche (strato) e per ciascuna di queste i parametri geotecnici.

Sintesi parametri geotecnici PROVA ... Nr.1												
Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	Gamma (KN/m ³)	Gamma Saturato (KN/m ³)	Fi (°)	Cu (KPa)	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)	
1	2,2	9,45	Incoerente	16,77	18,73	29,83	0	7,86	7,41	0,34	52,64	
2	3,6	14,71	Incoerente	18,34	19,12	31,41	0	10,16	11,54	0,33	79,8	
3	7,0	4,76	Incoerente	15,0	18,53	28,43	0	5,81	3,73	0,34	27,63	
4	7,2	18,0	Incoerente	19,12	19,32	32,40	0	11,6	14,12	0,32	96,47	
5	7,4	100,0	Incoerente	24,52	0,0	57,00	0	47,46	78,45	0,15	483,54	

Tabella 2: parametri geotecnici prova 1

Sintesi parametri geotecnici PROVA ... Nr.2												
Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	Gamma (KN/m ³)	Gamma Saturato (KN/m ³)	Fi (°)	Cu (KPa)	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)	
1	3,6	4,78	Incoerente	15,0	18,53	28,43	0	5,82	3,75	0,34	27,74	
2	4,6	22,2	Incoerente	19,91	0,0	33,66	0	13,44	17,42	0,31	117,49	
3	4,8	100,0	Incoerente	24,52	0,0	57,00	0	47,46	78,45	0,15	483,54	

Tabella 3: parametri geotecnici prova 2

Si è poi ottenuta la media dei vari parametri dai valori di ciascuna unità per ciascuna prova. Il valore del ϕ'_m è calcolato come media dei ϕ' di ciascuna unità.

Di seguito si riporta uno schema riassuntivo dei parametri geotecnici medi ricavati.

	Nspt	Gamma (kN/m ³)	Gamma saturo (kN/m ³)	ϕ'_m (°)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)
Unità A1	6,0	15,59	18,60	28,90	4,96	0,34	36,00
Unità A2	18	19,12	12,81	32,49	14,36	0,32	97,92

Tabella 4: valori medi dei parametri geotecnici per le unità individuate nel modello geotecnico

In Annesso 2 si riporta un report con esplicitate le relazioni di calcolo utilizzate nelle correlazioni per il calcolo dei parametri per ciascuna prova e per ciascuna unità geotecnica.

9. CONCLUSIONI

Il terreno investigato appartiene, dal punto di vista geologico, ai sedimenti del Diluvium recente, che litologicamente è formato da un orizzonte

sostanzialmente a ghiaie poligeniche con strato di alterazione limoso argilloso superficiale in questo caso ben conservato.

L'assetto stratigrafico dell'area, accertato mediante l'esecuzione di una campagna di indagine con prove penetrometriche, è schematizzabile con un modello a due strati che possiedono caratteristiche geotecniche migliori all'aumentare delle profondità in relazione al loro stato di addensamento e alla granulometria riferibile prima al limo sabbioso poi alla ghiaia.

Sono stati attribuiti i parametri geotecnici medi alle varie unità identificate nel modello geologico stratigrafico, ottenendo la definizione del modello geotecnico del sottosuolo.

Le osservazioni e valutazioni di tipo morfologico, geologico e geotecnico compiute in questo studio, finalizzato ad individuare la compatibilità tra quanto in progetto e l'ambiente circostante, hanno permesso di trarre le seguenti conclusioni: le opere in progetto non determineranno variazioni o interferenze con l'assetto geologico, idrogeologico e geomorfologico; le opere ricadono in classe di fattibilità geologica 2 nelle vicinanze di una fascia di rispetto di pozzo idropotabile, per le quali il Progettista ha già verificato la possibilità di portare a termine il progetto con gli Enti competenti; dal punto di vista geologico-tecnico si tenga presente che le unità individuate hanno caratteristiche geotecniche mediocri all'interno dell'area di proprietà investigata.

Si suggerisce, in fase di scavo, una valutazione visiva dello stesso alla quale potrà prendere parte anche il geologo estensore della presente relazione.

Dott. Geol. F. Ravasi

ANNESI

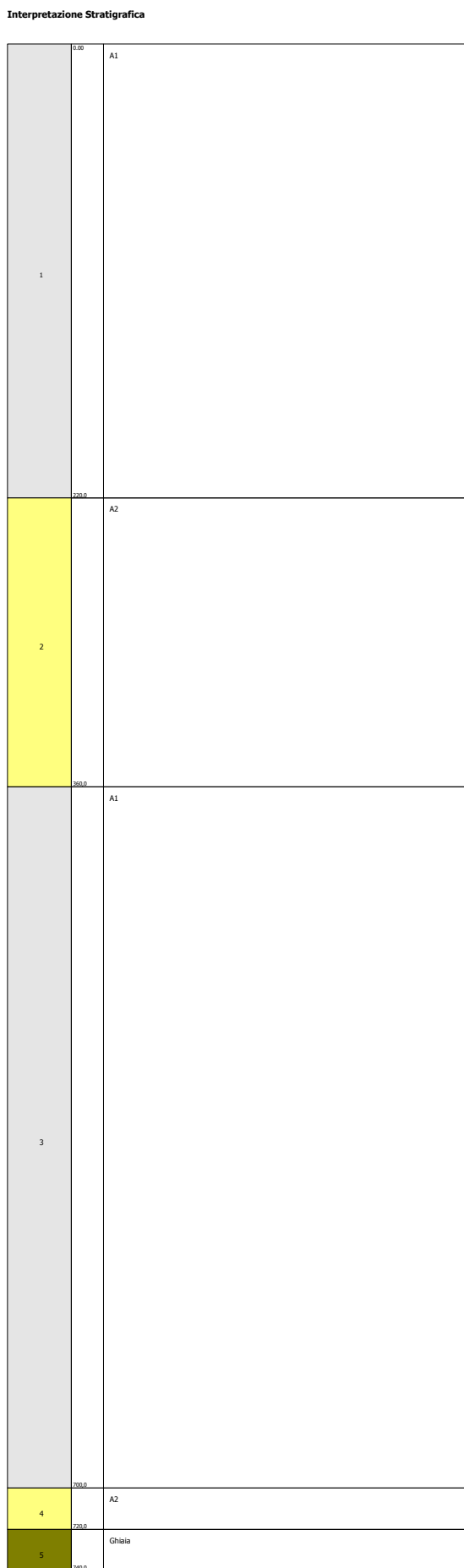
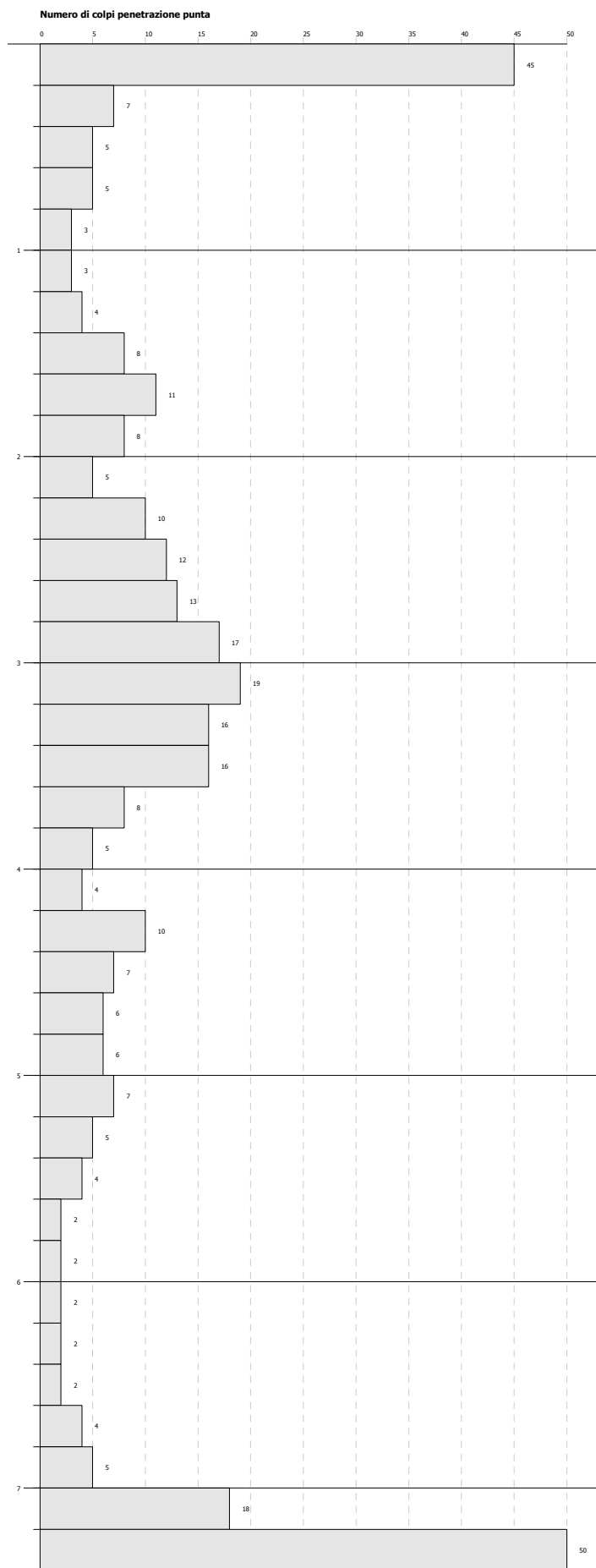
ELABORATI GRAFICI

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPH Appli
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : AlfaGomma Spa
 Cantiere : viale della Vittoria
 Località : Brugherio

Data :26/04/2017

Scala 1:31

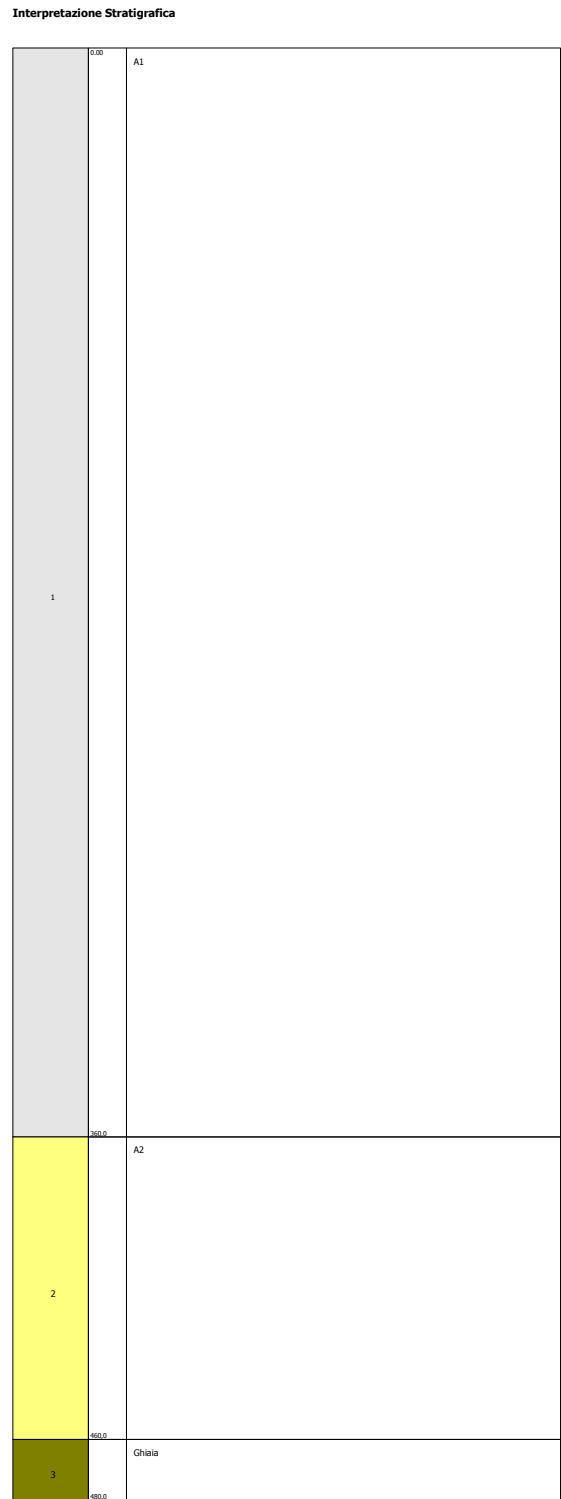
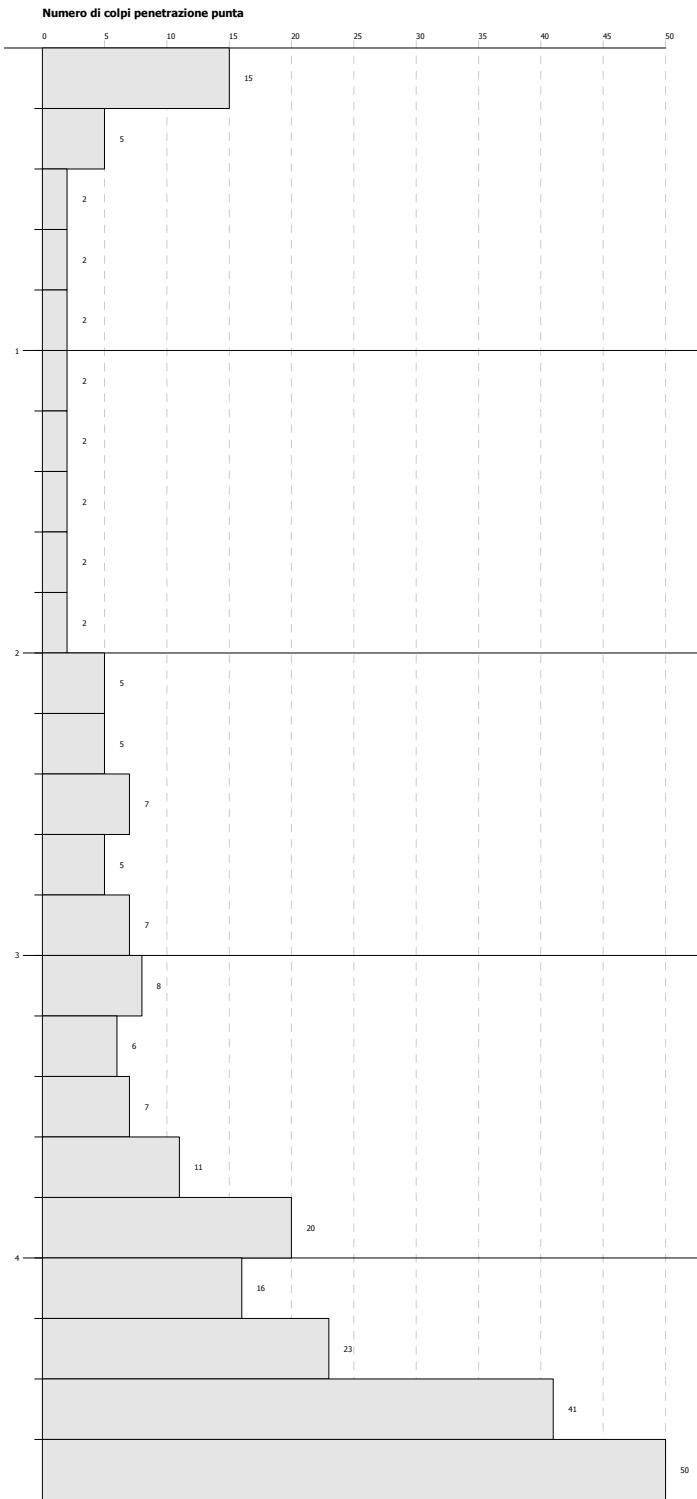


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DPH Appli
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : AlfaGomma Spa
 Cantiere : viale della Vittoria
 Località : Brugherio

Data :26/04/2017

Scala 1:25



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: AlfaGomma Spa
Cantiere: viale della Vittoria
Località: Brugherio

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH Appli

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	8 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	8 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

OPERATORE

RESPONSABILE

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE
(DYNAMIC PROBING)
DPSH – DPM (... sept ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α)
- avanzamento (penetrazione) δ
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)
- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof.max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento δ = 10 cm, punta conica

($\alpha=60-90^\circ$), diametro D 35.7 mm, area base cono $A=10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 20 \text{ kg}$, altezza di caduta $H=0.20 \text{ m}$, avanzamento $\delta = 10 \text{ cm}$, punta conica
 ($\alpha= 60-90^\circ$), diametro D 35.7 mm, area base cono $A=10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 73 \text{ kg}$, altezza di caduta $H=0.75 \text{ m}$, avanzamento $\delta=30 \text{ cm}$, punta conica ($\alpha = 60^\circ$),
 diametro $D = 50.8 \text{ mm}$, area base cono $A=20.27 \text{ cm}^2$ rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
 massa battente $M=63.5 \text{ kg}$, altezza caduta $H=0.75 \text{ m}$, avanzamento $\delta=20-30 \text{ cm}$, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro $D = 50.5 \text{ mm}$, area base cono $A = 20 \text{ cm}^2$, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt} . Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{spt}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M = peso massa battente;

M' = peso aste;

H = altezza di caduta;

A = area base punta conica;

δ = passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd}

Formula Olandese

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

R_{pd} = resistenza dinamica punta (area A);

e = infissione media per colpo (δ/N);

M = peso massa battente (altezza caduta H);
 P = peso totale aste e sistema battuta.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.
 Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenze alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato);
 i valori possibili in immissione sono :

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media + s

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media - s

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo

le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 mt. ed immersione $d = 1$ mt..

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati N_{spt} il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

N_{spt} corretto = $15 + 0.5 \times (N_{spt} - 15)$

N_{spt} è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)

Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).

Sowers 1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.

De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .

Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38°).

Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da D_r %.

Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.

Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONALE RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose .

Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.

Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.

Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie D_r viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Meyerhof (1957).

Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.

- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Buissmann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume Gamma

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967. Correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa $\gamma = 2,65$ t/mc e per peso di volume secco variabile da 1,33 (Nspt = 0) a 1,99 (Nspt = 95)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss 1978-1981 . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio V_s (m/sec)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (K_0)

- Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso .

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con Nspt <8 , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
Terzaghi-Peck (1948). C_u min-max.
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5, per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10

l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.

- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (Cu-Nspt-grado di plasticità).

Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con $N_c=20$ e $Q_c/N_{spt}=2$.

Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .

Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità .

Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.

- Shioi-Fukuni 1982 , valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

- Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - M_o (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buisman- Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt}=6-12$).

Modulo Di Young (E_Y)

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15
- D'Appollonia ed altri (1983) - correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume Gamma

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Correlazione Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967), valida per condizioni specifiche: peso specifico del materiale pari a circa $G=2,70$ (t/mc) e per indici dei vuoti variabili da 1,833 ($N_{spt}=0$) a 0,545 ($N_{spt}=28$)

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova
 Falda non rilevata

DPSH Appli
 26/04/2017
 7,40 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	45	0,655	27,47	41,97	1373,67	2098,38
0,40	7	0,851	5,55	6,53	277,70	326,42
0,60	5	0,847	3,95	4,66	197,48	233,15
0,80	5	0,843	3,93	4,66	196,63	233,15
1,00	3	0,840	2,13	2,54	106,73	127,10
1,20	3	0,836	2,13	2,54	106,29	127,10
1,40	4	0,833	2,82	3,39	141,15	169,47
1,60	8	0,830	5,62	6,78	281,17	338,94
1,80	11	0,826	7,70	9,32	385,10	466,04
2,00	8	0,823	5,11	6,21	255,64	310,55
2,20	5	0,820	3,18	3,88	159,18	194,09
2,40	10	0,817	6,34	7,76	317,20	388,18
2,60	12	0,814	7,59	9,32	379,29	465,82
2,80	13	0,761	7,68	10,09	384,24	504,64
3,00	17	0,759	9,24	12,18	461,96	608,90
3,20	19	0,756	10,29	13,61	514,49	680,54
3,40	16	0,753	8,64	11,46	431,76	573,09
3,60	16	0,751	8,61	11,46	430,31	573,09
3,80	8	0,798	4,58	5,73	228,78	286,54
4,00	5	0,796	2,65	3,32	132,33	166,24
4,20	4	0,794	2,11	2,66	105,56	132,99
4,40	10	0,791	5,26	6,65	263,14	332,48
4,60	7	0,789	3,67	4,65	183,68	232,74
4,80	6	0,787	3,14	3,99	157,02	199,49
5,00	6	0,785	2,92	3,72	146,12	186,13
5,20	7	0,783	3,40	4,34	170,03	217,15
5,40	5	0,781	2,42	3,10	121,15	155,11
5,60	4	0,779	1,93	2,48	96,68	124,09
5,80	2	0,777	0,96	1,24	48,23	62,04
6,00	2	0,775	0,90	1,16	45,09	58,15
6,20	2	0,774	0,90	1,16	44,99	58,15
6,40	2	0,772	0,90	1,16	44,89	58,15
6,60	2	0,770	0,90	1,16	44,80	58,15
6,80	4	0,769	1,79	2,33	89,41	116,30
7,00	5	0,767	2,10	2,74	104,95	136,80
7,20	18	0,716	7,05	9,85	352,43	492,46
7,40	100	0,564	30,87	54,72	1543,47	2735,90

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	9,45	2,20	9,45	Skempton 1986	31,76
Strato 2	14,71	3,60	14,71	Skempton 1986	42,49
Strato 3	4,76	7,00	4,76	Skempton 1986	20,19
Strato 4	18	7,20	18	Skempton 1986	48,14

Strato 5	100	7,40	100	Skempton 1986	100
----------	-----	------	-----	---------------	-----

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	9,45	2,20	9,45	Japanese National Railway	29,83
Strato 2	14,71	3,60	14,71	Japanese National Railway	31,41
Strato 3	4,76	7,00	4,76	Japanese National Railway	28,43
Strato 4	18	7,20	18	Japanese National Railway	32,4
Strato 5	100	7,40	100	Japanese National Railway	57

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato 1	9,45	2,20	9,45	Schmertmann (1978) (Sabbie)	7,41
Strato 2	14,71	3,60	14,71	Schmertmann (1978) (Sabbie)	11,54
Strato 3	4,76	7,00	4,76	Schmertmann (1978) (Sabbie)	3,73
Strato 4	18	7,20	18	Schmertmann (1978) (Sabbie)	14,12
Strato 5	100	7,40	100	Schmertmann (1978) (Sabbie)	78,45

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato 1	9,45	2,20	9,45	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	7,86
Strato 2	14,71	3,60	14,71	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	10,16
Strato 3	4,76	7,00	4,76	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	5,81
Strato 4	18	7,20	18	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	11,60
Strato 5	100	7,40	100	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	47,46

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	9,45	2,20	9,45	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 2	14,71	3,60	14,71	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 3	4,76	7,00	4,76	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 4	18	7,20	18	Classificazione	MODERATAMENTE

				A.G.I. 1977	TE ADDENSATO
Strato 5	100	7,40	100	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (KN/m ³)
Strato 1	9,45	2,20	9,45	Meyerhof ed altri	16,77
Strato 2	14,71	3,60	14,71	Meyerhof ed altri	18,34
Strato 3	4,76	7,00	4,76	Meyerhof ed altri	15,00
Strato 4	18	7,20	18	Meyerhof ed altri	19,12
Strato 5	100	7,40	100	Meyerhof ed altri	24,52

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (KN/m ³)
Strato 1	9,45	2,20	9,45	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,73
Strato 2	14,71	3,60	14,71	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,12
Strato 3	4,76	7,00	4,76	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,53
Strato 4	18	7,20	18	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,32
Strato 5	100	7,40	100	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	9,45	2,20	9,45	(A.G.I.)	0,34
Strato 2	14,71	3,60	14,71	(A.G.I.)	0,33
Strato 3	4,76	7,00	4,76	(A.G.I.)	0,34
Strato 4	18	7,20	18	(A.G.I.)	0,32
Strato 5	100	7,40	100	(A.G.I.)	0,15

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Mpa)
Strato 1	9,45	2,20	9,45	Ohsaki (Sabbie pulite)	52,64
Strato 2	14,71	3,60	14,71	Ohsaki (Sabbie pulite)	79,80
Strato 3	4,76	7,00	4,76	Ohsaki (Sabbie pulite)	27,63
Strato 4	18	7,20	18	Ohsaki (Sabbie pulite)	96,47
Strato 5	100	7,40	100	Ohsaki (Sabbie pulite)	483,54

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	9,45	2,20	9,45	Ohta & Goto (1978) Limi	102,768
Strato 2	14,71	3,60	14,71	Ohta & Goto (1978) Limi	133,771
Strato 3	4,76	7,00	4,76	Ohta & Goto (1978) Limi	123,632

Strato 4	18	7,20	18	Ohta & Goto (1978) Limi	164,656
Strato 5	100	7,40	100	Ohta & Goto (1978) Limi	222,711

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	9,45	2,20	9,45	Navfac 1971-1982	1,98
Strato 2	14,71	3,60	14,71	Navfac 1971-1982	3,07
Strato 3	4,76	7,00	4,76	Navfac 1971-1982	0,93
Strato 4	18	7,20	18	Navfac 1971-1982	3,69
Strato 5	100	7,40	100	Navfac 1971-1982	11,93

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato 1	9,45	2,20	9,45	Robertson 1983	1,85
Strato 2	14,71	3,60	14,71	Robertson 1983	2,89
Strato 3	4,76	7,00	4,76	Robertson 1983	0,93
Strato 4	18	7,20	18	Robertson 1983	3,53
Strato 5	100	7,40	100	Robertson 1983	19,61

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova
 Falda non rilevata

DPSH Appli
 26/04/2017
 4,80 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	15	0,805	11,26	13,99	562,81	699,46
0,40	5	0,851	3,97	4,66	198,36	233,15
0,60	2	0,847	1,58	1,87	78,99	93,26
0,80	2	0,843	1,57	1,87	78,65	93,26
1,00	2	0,840	1,42	1,69	71,16	84,73
1,20	2	0,836	1,42	1,69	70,86	84,73
1,40	2	0,833	1,41	1,69	70,57	84,73
1,60	2	0,830	1,41	1,69	70,29	84,73
1,80	2	0,826	1,40	1,69	70,02	84,73
2,00	2	0,823	1,28	1,55	63,91	77,64
2,20	5	0,820	3,18	3,88	159,18	194,09
2,40	5	0,817	3,17	3,88	158,60	194,09
2,60	7	0,814	4,43	5,43	221,25	271,73
2,80	5	0,811	3,15	3,88	157,49	194,09
3,00	7	0,809	4,06	5,01	202,75	250,72
3,20	8	0,806	4,62	5,73	230,95	286,54
3,40	6	0,803	3,45	4,30	172,66	214,91
3,60	7	0,801	4,02	5,01	200,80	250,72
3,80	11	0,798	6,29	7,88	314,57	394,00
4,00	20	0,746	9,92	13,30	496,07	664,96
4,20	16	0,744	7,91	10,64	395,62	531,97

4,40	23	0,691	10,57	15,29	528,74	764,70
4,60	41	0,589	16,06	27,26	803,23	1363,17
4,80	100	0,587	39,04	66,50	1951,99	3324,79

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	4,78	3,60	4,78	Skempton 1986	20,24
Strato 2	22,2	4,60	22,2	Skempton 1986	54,36
Strato 3	100	4,80	100	Skempton 1986	100

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	4,78	3,60	4,78	Japanese National Railway	28,43
Strato 2	22,2	4,60	22,2	Japanese National Railway	33,66
Strato 3	100	4,80	100	Japanese National Railway	57

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato 1	4,78	3,60	4,78	Schmertmann (1978) (Sabbie)	3,75
Strato 2	22,2	4,60	22,2	Schmertmann (1978) (Sabbie)	17,42
Strato 3	100	4,80	100	Schmertmann (1978) (Sabbie)	78,45

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato 1	4,78	3,60	4,78	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	5,82
Strato 2	22,2	4,60	22,2	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	13,44
Strato 3	100	4,80	100	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	47,46

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	4,78	3,60	4,78	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 2	22,2	4,60	22,2	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 3	100	4,80	100	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (KN/m ³)
Strato 1	4,78	3,60	4,78	Meyerhof ed altri	15,00
Strato 2	22,2	4,60	22,2	Meyerhof ed altri	19,91
Strato 3	100	4,80	100	Meyerhof ed altri	24,52

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (KN/m ³)
Strato 1	4,78	3,60	4,78	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,53
Strato 2	22,2	4,60	22,2	Terzaghi-Peck 1948-1967	---
Strato 3	100	4,80	100	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	4,78	3,60	4,78	(A.G.I.)	0,34
Strato 2	22,2	4,60	22,2	(A.G.I.)	0,31
Strato 3	100	4,80	100	(A.G.I.)	0,15

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Mpa)
Strato 1	4,78	3,60	4,78	Ohsaki (Sabbie pulite)	27,74
Strato 2	22,2	4,60	22,2	Ohsaki (Sabbie pulite)	117,49
Strato 3	100	4,80	100	Ohsaki (Sabbie pulite)	483,54

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	4,78	3,60	4,78	Ohta & Goto (1978) Limi	100,445
Strato 2	22,2	4,60	22,2	Ohta & Goto (1978) Limi	153,57
Strato 3	100	4,80	100	Ohta & Goto (1978) Limi	204,567

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	4,78	3,60	4,78	Navfac 1971-1982	0,94
Strato 2	22,2	4,60	22,2	Navfac 1971-1982	4,43
Strato 3	100	4,80	100	Navfac 1971-1982	11,93

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato 1	4,78	3,60	4,78	Robertson 1983	0,94
Strato 2	22,2	4,60	22,2	Robertson 1983	4,35
Strato 3	100	4,80	100	Robertson 1983	19,61

Signa srl

INDAGINI GEOFISICHE

Committente: Dott. Geol. Federica Ravasi.

Località: Viale della Vittoria.

Comune: Brugherio (MB).

Indagine: Indagine geofisica con la metodologia MASW.

RAPPORTO TECNICO

Codice documento: 82-17					
A	17/05/17	EMMISSIONE	DG	DG	DG
<i>Rev.</i>	<i>Data</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Redatto</i>	<i>Controllato</i>	<i>Approvato</i>



SIGNA srl
Via G. Donizetti, 7 – 24040 Boltiere (BG)
Tel/Fax 035-806318 – Cell. 331-8218021
Cod.Fisc. e P.IVA 05388280967
www.signasrl.it; e-mail: info@signasrl.it



SIGNA srl – Indagini geofisiche	Data	17/05/2017
	N. Commessa	82-17
	C. Documento	01
Indagine geofisica con la metodologia MASW	Revisione	A (DG)
	Nome file	MASW_Brugherio

1. INTRODUZIONE ED INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La presente relazione riporta le elaborazioni ed i risultati ottenuti dall'esecuzione di un profilo sismico con la metodologia MASW presso l'area situata in viale della Vittoria nel comune di Brugherio (MB).

La campagna di indagine è stata eseguita nella giornata del 28 aprile 2017 su incarico del Dott. Geol. Federica Ravasi.

Scopo dell'indagine è quello di ricostruire, per l'area in oggetto, l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità (V_s -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. IX/2616/2011; D.g.r. X/5001/2016).

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

In *figura 1* si riporta l'ubicazione della prospezione MASW effettuata.

Data	17/05/2017
N. Commessa	82-17
C. Documento	01
Revisione	A (DG)
Nome file	MASW_Brugherio

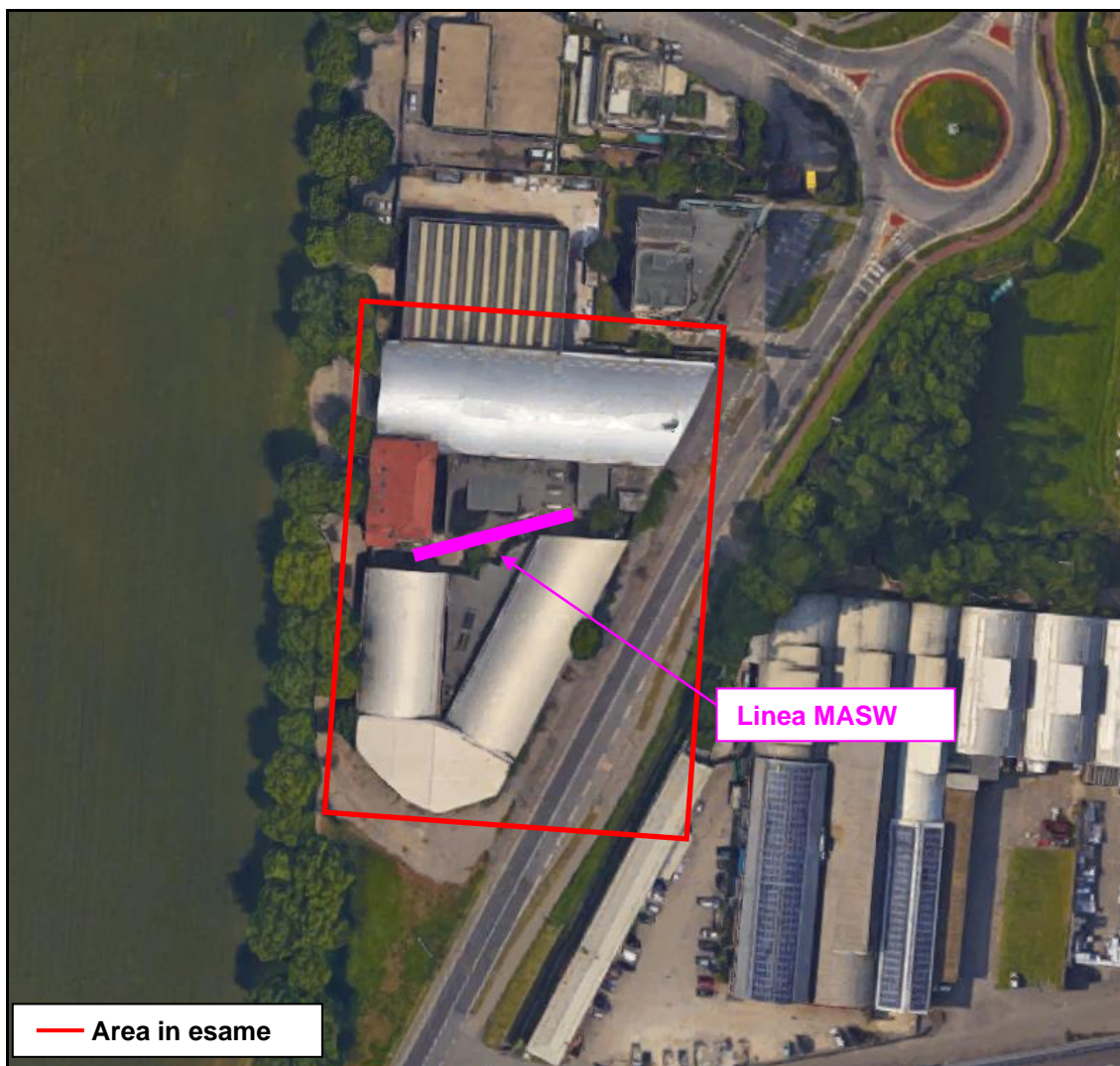


Figura 1: Ubicazione della prova MASW effettuata (immagine tratta da Google Map).

Data	17/05/2017
N. Commessa	82-17
C. Documento	01
Revisione	A (DG)
Nome file	MASW_Brugherio

Indagine geofisica con la metodologia MASW

2. INDAGINE GEOFISICA 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 rigidità 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 rigidità 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 1.0 m (la configurazione geometrica adottata è stata dettata sia

Data	17/05/2017
N. Commessa	82-17
C. Documento	01
Revisione	A (DG)
Nome file	MASW_Brugherio

Indagine geofisica con la metodologia MASW

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 12 m dal primo geofono effettuando più energizzazioni 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 registrazioni di rumore, ciascuna della lunghezza di 30 s.

Di seguito si riassumono le principali caratteristiche della strumentazione utilizzata nell'acquisizione della prova MASW.

n°	Strumentazione	Caratteristiche
1	Unità di acquisizione	sismografo GEOMETRICS “GEODE” a 24 bit
24	Geofoni verticali	“Geospace” con $f_0= 4.5$ Hz
1	Cavo sismico	L = 60 m
1	Sorgente	Mazza battente su piattello metallico

Data	17/05/2017
N. Commessa	82-17
C. Documento	01
Revisione	A (DG)
Nome file	MASW_Brugherio



Figura 2: Strumentazione utilizzata per la prova MASW.



Figura 3: Vista dello stendimento MASW effettuato.

Data	17/05/2017
N. Commessa	82-17
C. Documento	01
Revisione	A (DG)
Nome file	MASW_Brugherio

Indagine geofisica con la metodologia MASW

3. 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 5.0* della Kansas University, Park C. B., 2016).

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.

Indagine geofisica con la metodologia MASW

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:

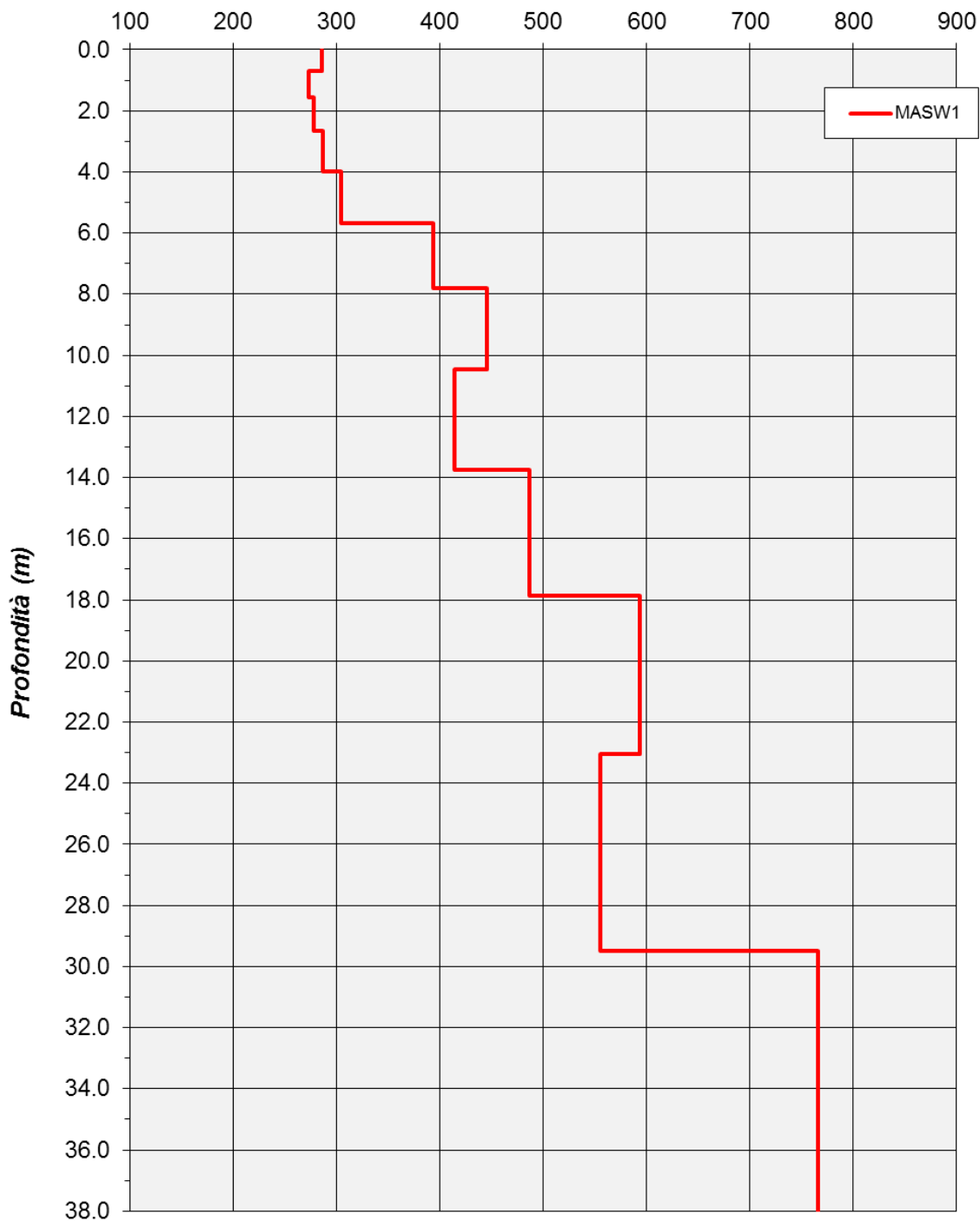
MASW 1			
Strato	Spessore [m]	Vs [m/s]	Profondità
1	0.7	286	0.7
2	0.9	273	1.6
3	1.1	278	2.6
4	1.4	287	4.0
5	1.7	304	5.7
6	2.1	394	7.8
7	2.6	446	10.4
8	3.3	414	13.8
9	4.1	486	17.9
10	5.2	593	23.0
11	6.5	556	29.5
12	8.5	766	38.0

Tabella 1: modello sismico monodimensionale.

Data	17/05/2017
N. Commessa	82-17
C. Documento	01
Revisione	A (DG)
Nome file	MASW_Brugherio

Shear-Wave Velocity Profile from Surface waves inversion

Velocità onde S (m/sec)



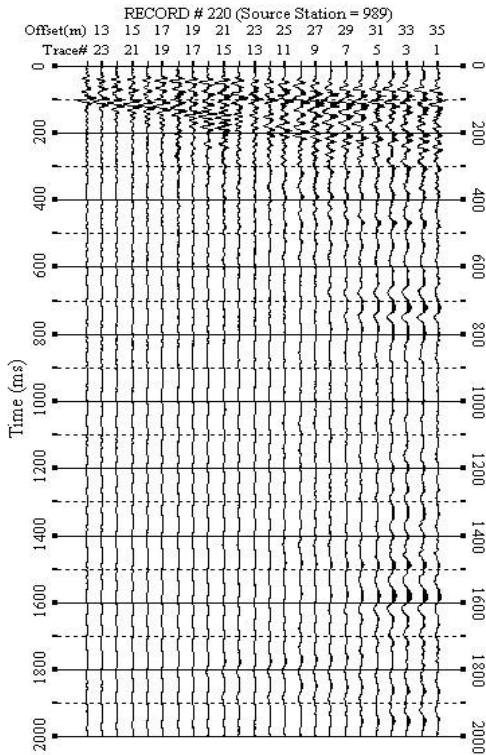
SIGNA srl – Indagini geofisiche	Data	17/05/2017
	N. Commessa	82-17
	C. Documento	01
<i>Indagine geofisica con la metodologia MASW</i>	Revisione	A (DG)
	Nome file	MASW_Brugherio

ALLEGATO

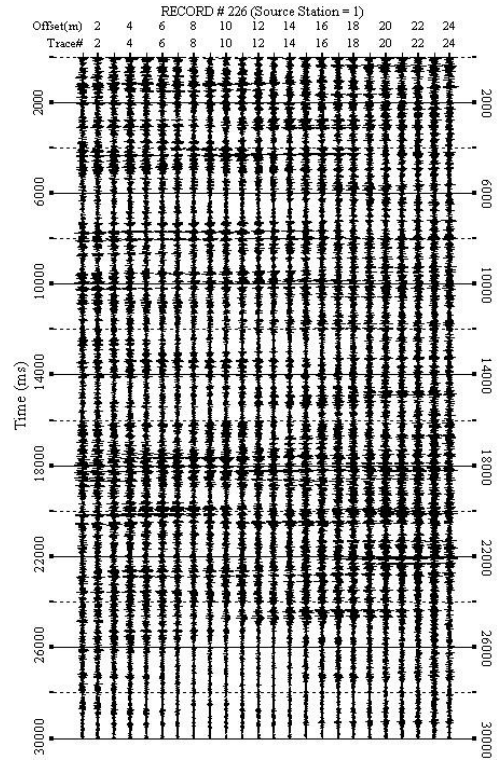
Data	17/05/2017
N. Commessa	82-17
C. Documento	01
Revisione	A (DG)
Nome file	MASW_Brugherio

MASW1

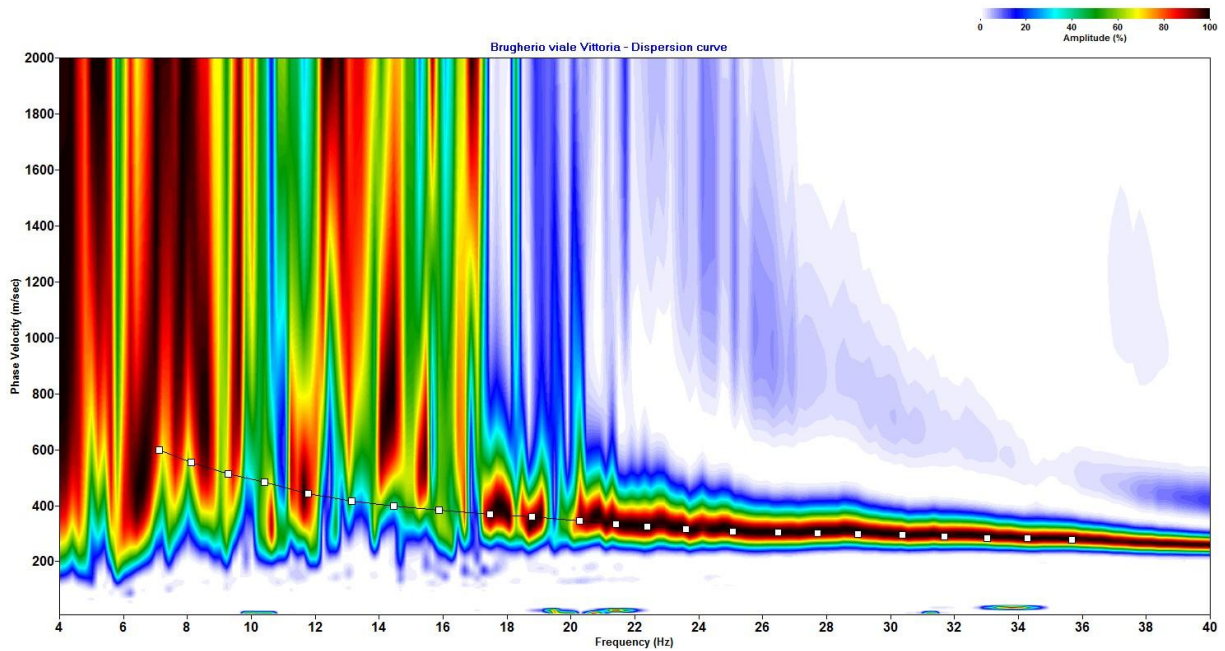
registrazione attiva



registrazione passiva



CURVA DI DISPERSIONE





Scala 1:10 000

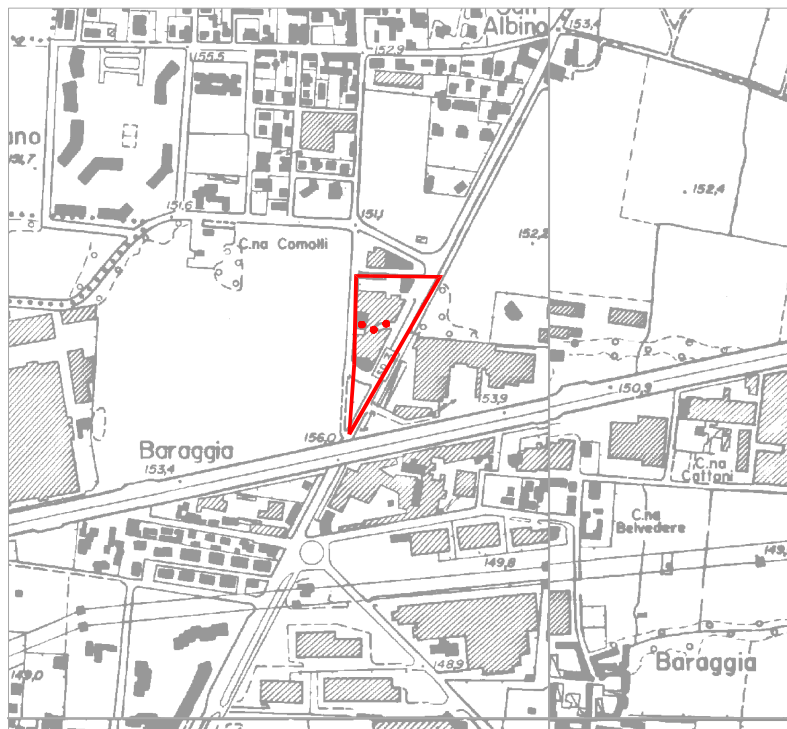


Scala 1:4 000

Federica Ravasi geologo - Vercate		
Scala varie	File tavole.dwg	Data Maggio 2017
Titolo Corografia		Annesso Tavola 01



Stralcio da rilievo stato di fatto



Scala 1:4 000

- DPSH 1 ● Prove penetrometriche (indagini eseguite aprile 2017)
- A-A' - - - - - Traccia delle sezione stratigrafica
- - - - - Traccia della Masw

Federica Ravasi geologo - Vimercate		
Scala varie	File tavole.dwg	Data Maggio 2017
Titolo Ubicazione verticali di indagine		Annesso Tavola 02