



P.I.I. BRUGHERIO PIANO DEL CENTRO AMBITO DI TRASFORMAZIONE AT-02A

PROGETTO PER VARIANTE CONVENZIONE

Soggetto Attuatore:	P.S.T. s.r.l. Via A. Mapelli, 11/A - 20900 Monza (MB)
Coordinamento generale:	ALPINA S.p.a. Via Ripamonti, 2 - 20136 MILANO (MI)

Progetto Paesaggistico:	STUDIO ARCHITETTO FLORA VALLONE Via Casentino, 10 - 20159 MILANO (MI) Tel. +39 02 6686185 - Fax. +39 02 3346048245 E-mail: vallone.flora@tiscali.it
Progetto Urbanistico:	MIRKO VARISCHI ARCHITETTO Via San Francesco d'Assisi, 1/A 24060 - Castelli Calepio (BG) Tel. +39 030 732879 - Fax. +39 030 7349434 E-mail: info@architettovarischi.com www.architettovarischi.com
Progetto infrastrutturale e strutturale:	ALPINA S.p.a. Via Ripamonti, 2 - 20136 MILANO (MI) Tel. +39 02 58305010 - Fax. +39 02 58307388 E-mail: info@alpina-spa.it - www.alpina-spa.it
Progetto Illuminotecnico:	STUDIO ELETTROTECNICO ARDIZZONE Via G. Sora, 10 - 24020 FIORANO AL SERIO (BG) Tel. +39 035 711020 - Fax. +39 035 738703 E-mail: info@studioardizzone.it
Progetto Antincendio:	BIESSE IMPIANTI s.r.l. Via Dante, 3 - 20016 PERO (MI) Tel. +39 02 36509318 - Fax. +39 02 36509713 E-Mail: info@biesseimpianti.com

<div>N° Elaborato</div> <div>GEN 10.04</div>	<div>Titolo</div> <div>DOCUMENTI GENERALI</div> <div>RELAZIONE GEOLOGICA PII</div>		<div>Scala</div> <div>-</div>
<div>Revisione</div> <div>2</div>	N°	Descrizione	Data
	0	Prima emissione	12.12.2016
	1	VARIANTE PII	12.12.2018
	2		
	3		
	4		
	5		

Redazione Elaborato:		
REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
-	-	A. Vezzoli

148_2016

COMUNE DI BRUGHERIO
Provincia di Monza e Brianza

**PIANO INTEGRATO INTERVENTO
AMBITO DI TRASFORMAZIONE AT-02A**

Relazione Geologica

(ai sensi del D.M. II. e TT. 14/01/2008 e DGR 2616/2011)

committente

P.S.T. – Progetto di Sviluppo Turistico srl
Via Mapelli, 11/a - 20900 Monza (MB)

10 novembre 2016



INDICE

1. PREMESSA.....	3
2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO	5
3.1 Caratteri geologici e litologici	5
3.2 Le acque superficiali e sotterranee.....	5
3.3 Assetto della falda e sue oscillazioni.....	7
4 COMPATIBILITA' CON GLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE COMUNALE E SOVRAORDINATA	11
4.1 Vincoli di natura geologica e idrogeologica	11
4.2 Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale	12
4.3 Classificazione sismica dell'area.....	14
4.4 Fattibilità geologica comunale (L.R. n° 12/2005)	16
5. INDAGINI DIRETTE	17
5.1 Sondaggi geognostici a carotaggio continuo, esecuzione prove di permeabilità e SPT	18
5.2 Prove penetrometriche dinamiche.....	24
5.3 Indagine geofisica	25
7 CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI DI CARATTERE GENERALE ..	35

ALLEGATI

1. Inquadramento geografico (scala 1:10.000)
2. Inquadramento geologico: scala 1:100.000 (Carta Geologica d'Italia) e scala 1:7.000 (Stralcio Carta Inquadramento Geologico allegata allo Studio Geologico di supporto al P.G.T. comunale di Brughiero, la quale riprende i contenuti del C.A.R.G.)
3. Ubicazione indagini nei tre differenti siti
4. Stratigrafie di sondaggio e risultati prove Lefranc e SPT
5. Prove penetrometriche dinamiche e caratteristiche tecniche dell'attrezzatura in uso
6. Documentazione fotografica
7. Approfondimenti sismici di secondo livello



1. PREMESSA

Su incarico della Committenza viene redatta la presente Relazione Geologica, a supporto dell'approvazione del Piano Integrato Intervento - Ambito di Trasformazione AT-02A, in comune di Brugherio (MB).

In particolare il suddetto Ambito contempla i seguenti interventi:

1. Nuovo edificio via De Gasperi
2. Parcheggio interrato Largo Donatori del Sangue
3. Nuovo edificio via Kennedy
4. Nuova viabilità incrocio De Gasperi – Galvani – Fermi
5. Sistemazione verde Parco Miglio
6. Riqualificazione piazza C. Battisti (Municipio)
7. Riqualificazione piazza Roma
8. Riqualificazione piazza Kennedy
9. Progetto illuminotecnico (diviso per zone)
10. Manutenzione Ortaorio "*Maria Bambina*"

Degli interventi elencati, solamente i primi tre si ritiene possano avere rilevanze di natura geologica, ed è pertanto ad essi che si riferisce il presente studio di compatibilità.

Il presente elaborato tecnico, partendo da una indagine bibliografica tematica relativa all'area di interesse e sulla scorta di una campagna di indagini dirette realizzare in sito, è finalizzato alla verifica dell'assetto geologico generale in cui si inserisce l'ambito di trasformazione, nonché del quadro vincolistico tematico insistente sull'area, ed è finalizzato alla verifica della compatibilità tecnica e normativa (di settore) del progetto, nonché all'individuazione di eventuali limitazioni o peculiarità territoriali di cui dovrà essere tenuto conto in fase di progettazione esecutiva delle opere in progetto.

In conseguenza della recente attribuzione del Comune di Brugherio alla Classe Sismica 3 (in luogo della precedente, e meno penalizzante, classe 4), è stato inoltre stabilito di eseguire n. 2 misure delle Vs30 mediante stendimento di sismica multicanale e acquisizione delle onde sismiche mediante tecnica MASW, necessarie per corretta e puntuale definizione della categoria di suolo di fondazione.

Viceversa, si sottolinea il fatto che i contenuti del presente elaborato tecnico non possono in alcun modo sostituirsi o ritenersi esaustivi degli specifici approfondimenti di carattere geotecnico che dovranno essere realizzati a supporto della progettazione di ogni singolo edificio o comunque all'interno di ogni singolo lotto edificatorio (ai sensi del D.M. 14/01/2008), le cui relazioni geotecniche interpretative dovranno



essere allegate agli atti di Dichiarazione Inizio Attività (DIA) o Richiesta di Permesso di Costruire o di altro titolo autorizzativo, come parte integrante e imprescindibile degli stessi.

Di seguito vengono descritti i principali lineamenti geologici che caratterizzano l'ambito in esame.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area su cui si sviluppa il progetto previsto si trova in comune di Brugherio (MB), ed è inquadrata nel foglio B6c1 della Carta Tecnica (scala 1:10.000) della Regione Lombardia (allegato 1).

In particolare le aree in esame (azzurro-Largo Donatori del Sangue; rosso Via De Gasperi; giallo Via Kennedy) si trovano nella parte centrale del centro abitato di Brugherio (fig. 3), a poco più di 2 km in direzione est dal Fiume Lambro.

Il territorio, che si trova ad una quota di circa 143-145 m s.l.m., risulta completamente pianeggiante e si colloca in pieno contesto urbano.

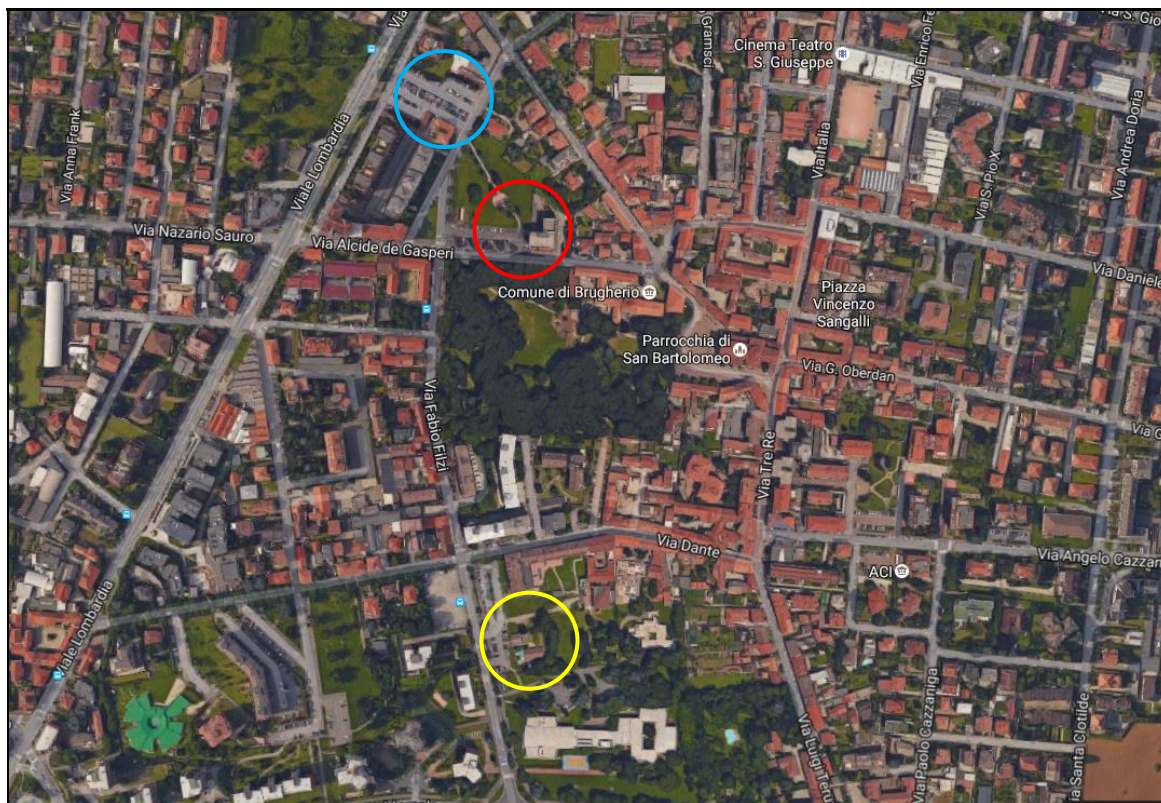


Fig. 1: inquadramento geografico delle aree interessate dall'intervento (ripresa aerea): azzurro Largo Donatori del Sangue – rosso Via De Gasperi – giallo Via Kennedy



3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

3.1 Caratteri geologici e litologici

Dal punto di vista geologico, come si desume dall'analisi della carta geologica Foglio 45 Milano (stralcio in allegato 2), il territorio comunale di Brugherio è costituito in superficie quasi interamente da terreni alluvionali quaternari noti come "Diluvium recente" che rappresentano il cosiddetto "Livello Principale della Pianura Padana". Tali terreni sono costituiti da depositi fluvioglaciali formati da ghiaie sabbiose e sabbie con strato superficiale di alterazione limitato a 40-60 cm, generalmente brunastro.

Man mano che ci si sposta verso il fiume Lambro, quindi da est verso ovest, si passa dai depositi fluvioglaciali ai sedimenti alluvionali e fluviali via via più recenti.

Secondo il Foglio geologico CARG di Milano, i cui contenuti sono stati ripresi all'interno della Carta di inquadramento geologico annessa alla componente geologica del PGT (stralcio in allegato 2), ovvero secondo una cartografia e una classificazione più recente delle unità affioranti, basata sulla suddivisione dei depositi in "sintemi", l'area di interesse ricade nel Sintema di Minoprio, ovvero depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaie a matrice sabbiosa o sabbioso limosa.

I terrazzamenti che un tempo marcano il limite al passaggio tra le alluvioni recenti, presenti all'interno della valle alluvionale del fiume Lambro, e i depositi fluvioglaciali più antichi, ora sono stati quasi del tutto modificati dalle attività antropiche e sono pochissimi i tratti di terrazzi di origine fluviale ancora visibili; la maggior parte infatti sono stati rimaneggiati e/o sostituiti da opere antropiche di difesa spondale.

Il fiume Lambro si trova a circa 2,2 km di distanza in direzione ovest dall'area di futuro intervento, la quale è affrancata quindi da qualsiasi rischio di esondazione (a differenza della porzione occidentale del territorio comunale che è soggetta a periodiche esondazioni), oltre che esterna a tutte le perimetrazioni delle Fasce del Piano per l'Assetto Idrogeologico del fiume Lambro.

A scala locale, la porzione di territorio interessato dal progetto in analisi si presenta pressoché pianeggiante e privo di evidenze di dinamica attiva o quiescente che possano porsi in contrasto o anche solo costituire alcuna limitazione alla realizzazione dell'intervento edilizio proposto.

Dal punto di vista geotecnico, all'area in esame all'interno dello Studio Geologico comunale vengono attribuiti *caratteri geotecnici buoni e resistenza alla penetrazione generalmente crescente con la profondità. Le prove penetrometriche vanno a rifiuto a 4-5 m.*

3.2 Le acque superficiali e sotterranee

Dal punto di vista idrografico, all'interno del territorio comunale di Brugherio l'elemento principale di maggior interesse è costituito dal Fiume Lambro, il quale scorre lungo il margine amministrativo occidentale.



Si tratta di un corso d'acqua di origine carsica, la cui sorgente è collocata in corrispondenza dei monti del gruppo del San Primo (Triangolo Lariano) in comune di Magreglio (CO); da qui, grazie ad una serie di affluenti, accresce le proprie dimensioni sino a sfociare ad Erba nel lago di Pusiano. Uscito da quest'ultimo, prosegue il suo corso verso sud con andamento tortuoso ai piedi delle colline moreniche, raggiungendo la città di Monza. Uscito dal capoluogo, raggiunge il territorio comunale di interesse, lambendone il margine occidentale.

Da alcuni impianti di depurazione, come quello di Monza San Rocco, ubicato a Brugherio, il Fiume Lambro riceve le acque trattate, le quali rappresentano in periodi di secca il principale apporto.

La presenza del Fiume, si ribadisce, non costituisce alcuna limitazione alla realizzazione dell'intervento previsto.

Per quanto concerne l'aspetto idrogeologico della zona in esame, in linea generale, nell'areale di stretto interesse per i fini perseguiti dal presente elaborato, il quadro idrogeologico locale appare in analogia con l'intero territorio padano a sud delle Alpi, fortemente predisposto alla formazione di falde acquifere impilate verticalmente.

La monotona anche se imprevedibile presenza di una successione di livelli permeabili e impermeabili e l'andamento sostanzialmente monoclinale del pacco alluvionale complessivo, intersecato dalle già descritte incisioni vallive dei principali fiumi, costituiscono i fondamentali fattori predisponenti di questa situazione, nella quale si individua un acquifero superficiale a pelo libero, seguito in profondità da più falde sovrapposte generalmente in pressione.

La struttura idrogeologica del sottosuolo del comune di Brugherio, secondo quanto contenuto nella relazione geologica di supporto al PGT comunale (REA, 2016), è costituita principalmente da due litozone sovrapposte tra loro, così disposte partendo dal piano campagna e andando in profondità:

- **Litozona ghiaioso-sabbiosa:** è costituita da orizzonti sabbiosi e ghiaiosi, a volte cementati, con intercalazioni argillose; ospita al proprio interno l'acquifero superficiale, molto produttivo per l'elevata permeabilità dei depositi che lo costituiscono e per la facile infiltrazione delle acque meteoriche e delle acque superficiali. La litozona può essere a sua volta suddivisa in due unità idrostratigrafiche differenti, ovvero una più superficiale costituita da alluvioni più recenti e ospitante la falda freatica ed una profonda formata da conglomerati e arenarie basali contenenti una falda a tratti semiconfinata. Lo spessore di tale litozona aumenta nel territorio comunale di interesse da nord verso sud, passando da un minimo di 30 m ad un massimo di circa 70-80 m.
- **Litozona argilloso-sabbiosa (villafranchiana):** è caratterizzata da orizzonti argillosi prevalenti, con intercalazioni sabbiose e ghiaiose di natura continentale e occasionali lenti torbose di ambiente palustre. Risulta ulteriormente suddivisibile in un'unità superiore a granulometria principalmente



grossolana, ospitante falde confinate e in pressione (meno produttive delle superficiali e di più difficile ricarica), ed un'unità inferiore prevalentemente argillosa a tratti fossilifera. La base di tale litozona si colloca a circa 0/-20 m s.l.m. a nord e a - 50 m s.l.m. nella porzione sud.

Per quanto concerne la soggiacenza e la piezometria si rimanda al paragrafo seguente, nel quale vengono valutati tali aspetti nelle condizioni attuali e passate, allo scopo di analizzare la loro variabilità nel tempo.

3.3 Assetto della falda e sue oscillazioni

La falda superficiale, maggiormente prossima al piano campagna e potenzialmente interferente con le attività antropiche superficiali, mostra un verso di scorrimento diretto da nord verso sud, influenzato lungo la porzione occidentale dalla presenza del Fiume Lambro, il quale, in corrispondenza del comune di Brugherio, provoca la deviazione delle isopiezometriche verso sud-ovest, a dimostrazione della tendenza alimentante del corso d'acqua rispetto alle acque sotterranee (anno di riferimento 2015 – cartografia più recente disponibile).

Per quanto concerne invece la soggiacenza, secondo quanto riportato dalla Carta Idrogeologica allegata allo Studio Geologico comunale, la zona in esame risulta collocata in corrispondenza del territorio interposto tra le isopiezometriche 132 a nord e 130 m s.l.m. a sud, che in presenza di un piano campagna collocato ad una quota topografica pari a 143-145 m s.l.m., corrisponde ad una soggiacenza pari a 14-12 m circa da p.c. Inoltre, da quanto si evince sempre dalla suddetta cartografia, in corrispondenza dei pozzi potabili pubblici ubicati circa 250 m a nord e 400 m a sud rispetto all'area in esame, i valori di soggiacenza misurati nei mesi di settembre e novembre 2015 si aggirano rispettivamente attorno a 14-12 m da p.c.

All'interno dell'area in esame, e nello specifico nelle aree di Via De Gasperi e Via Kennedy, sono stati realizzati due piezometri, come meglio descritto nei paragrafi seguenti, attraverso i quali è stato possibile rilevare o meno la presenza di falda acquifera. Nello specifico nel primo punto S1 (Via De Gasperi) è stata osservata la presenza di acqua a - 14,40 m da p.c. in data 28/10/2016 e - 14,62 da p.c. in data 31/10/2016; nel piezometro S3 (Via Kennedy) invece in data 31/10/2016 entro 12 m da p.c. non è stata osservata la presenza di acqua.

Quelli sino ad ora riportati sono i dati più recenti a disposizione degli scriventi, tratti sia da dati bibliografici (P.G.T. del comune di Brugherio) sia da indagini dirette.

È ben noto tuttavia il carattere oscillatorio e incostante di tale parametro, il quale risente di variazioni sia a scala stagionale sia pluriannuale; a tal proposito si riporta di seguito una breve descrizione di tali oscillazioni, basata su dati tratti sia dallo Studio Geologico comunale (REA, 2016) sia dal database Sistema Informativo Ambientale della Città Metropolitana di Milano (preso in esame in quanto il territorio indagato si colloca a brevissima distanza dal confine con quest'ultimo).



In particolare dalla prima fonte citata i primi dati disponibili risalgono agli anni '50, durante i quali si sono registrati valori di soggiacenza molto prossimi al piano campagna (anche inferiori a 10 m); nei seguenti anni '60-'70 a causa del forte emungimento idrico legato alle nuove aree urbane e industriali il pelo libero dell'acqua sotterranea si è decisamente allontanato dalla superficie segnando dei picchi massimi di soggiacenza. Alla fine degli anni '70 (1976 in particolare), a causa degli intensi episodi di esondazione e quindi dei consistenti apporti idrici, si sono registrati alcuni picchi isolati di soggiacenza minima. Gli anni '80 e maggiormente gli anni '90 (picco di soggiacenza massima negli anni 1992/3) hanno visto un progressivo decremento della quota piezometrica, allontanandosi dalla superficie topografica; a partire da tali anni c'è stata una netta inversione del trend, ora crescente e di avvicinamento al piano campagna con andamento più o meno accentuato e costante in funzione delle zone di osservazione. Temporaneamente opposto è il picco relativo di minima soggiacenza (o andamento stazionario) riscontrato negli anni 2007-2008 a seguito del quale è proseguito il trend di avvicinamento al piano campagna, senza tuttavia mai raggiungere (secondo quanto dedotto dal P.G.T. di Brugherio) i livelli pre-espansione industriale.

Tale storicità di comportamento (a partire dagli anni '70) è possibile dedurla osservando nella loro globalità i grafici di seguito riportati (relativi a pozzi insistenti sul territorio comunale di Brugherio o presenti in un intorno significativo di esso), non tutti completi o con andamento netto e definito (talora si rilevano comportamenti isolati contrastanti), ma in grado di fornire un quadro d'insieme significativo.

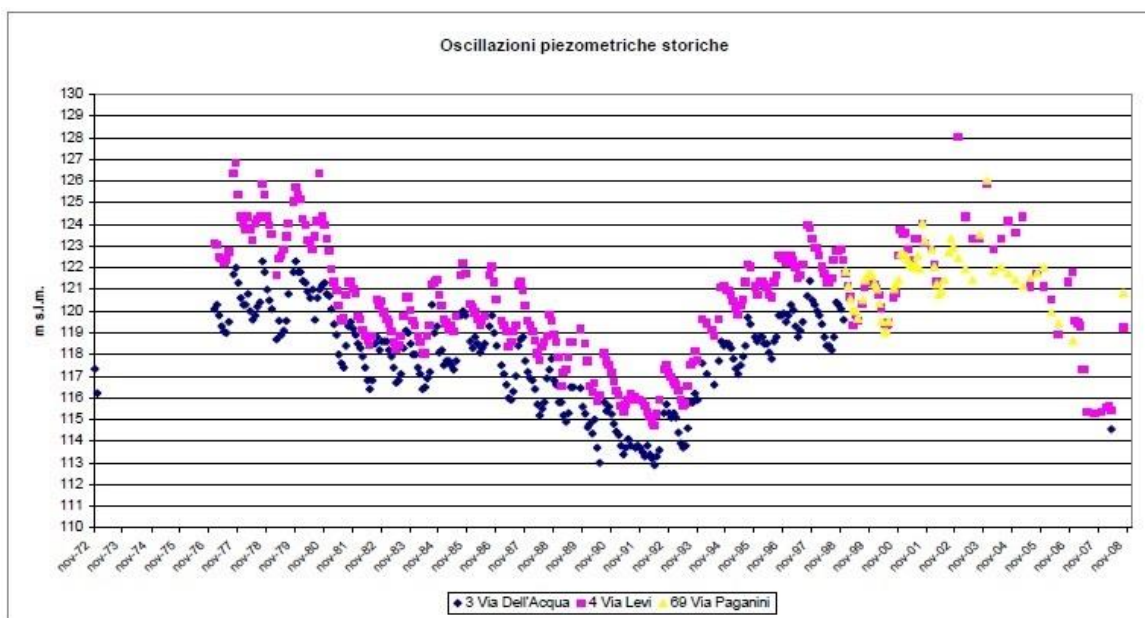


Fig. 2: "Oscillazioni del livello piezometrico in pozzi di Cologno tra 1970 e 2008" tratto dallo Studio Geologico comunale di Brugherio (REA, 2016)

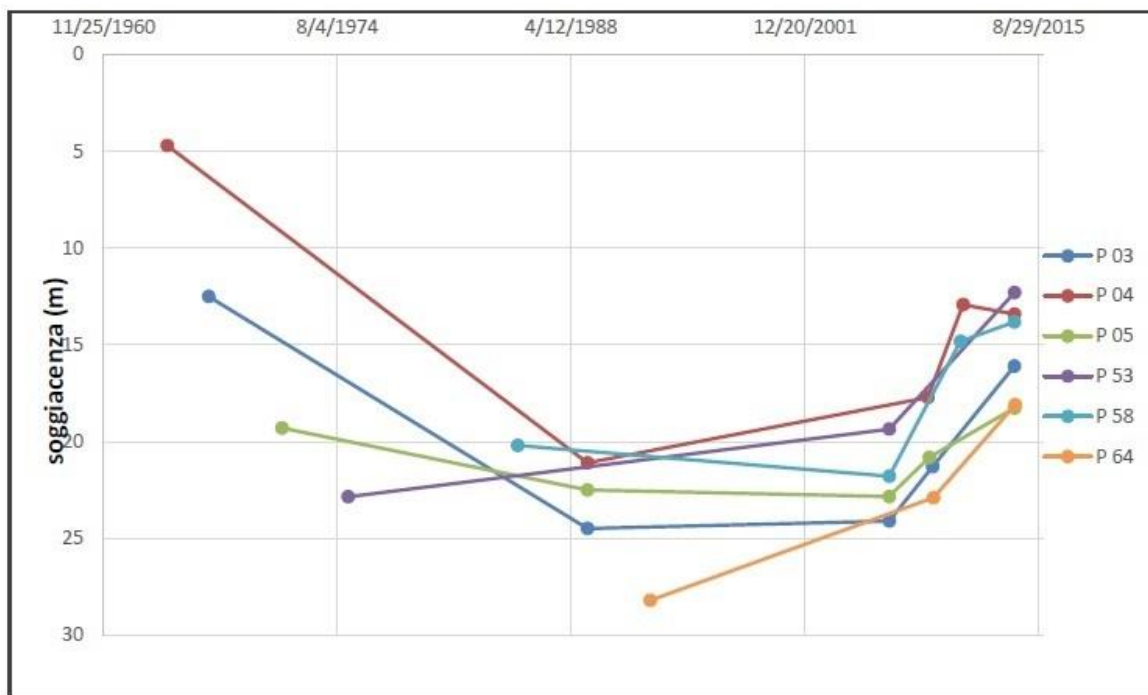


Fig. 3: "Valori recenti di soggiacenza nei pozzi di Brugherio a confronto con dati anni '60-'80" tratto dallo Studio Geologico comunale di Brugherio (REA, 2016)

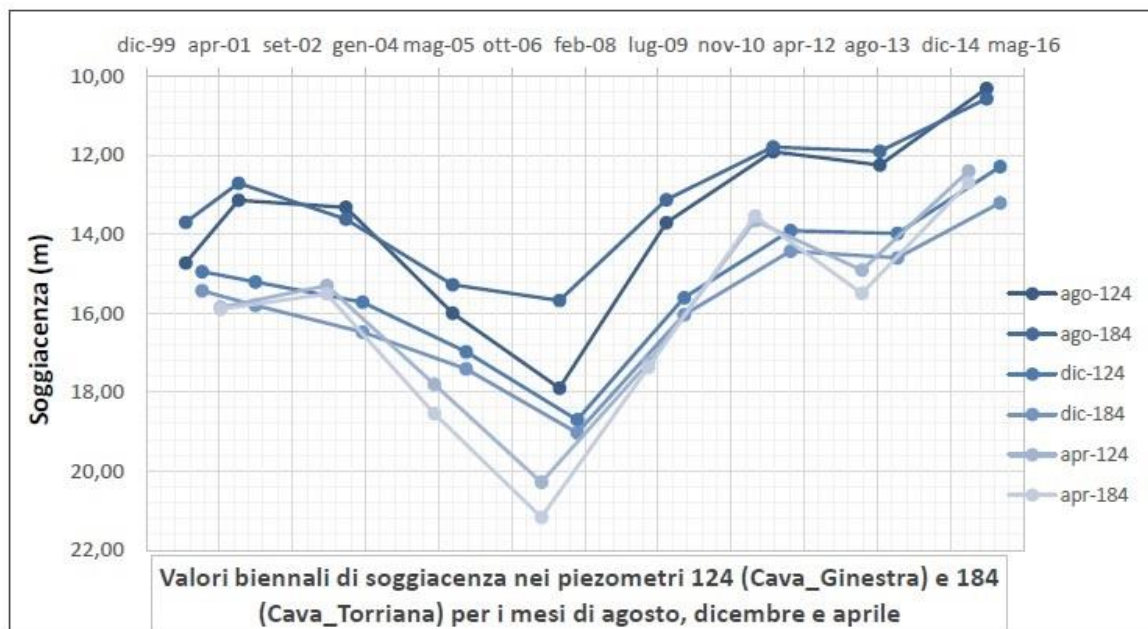


Fig. 4: "Grafici oscillazioni piezometri cave" tratto dallo Studio Geologico comunale di Brugherio (REA, 2016)

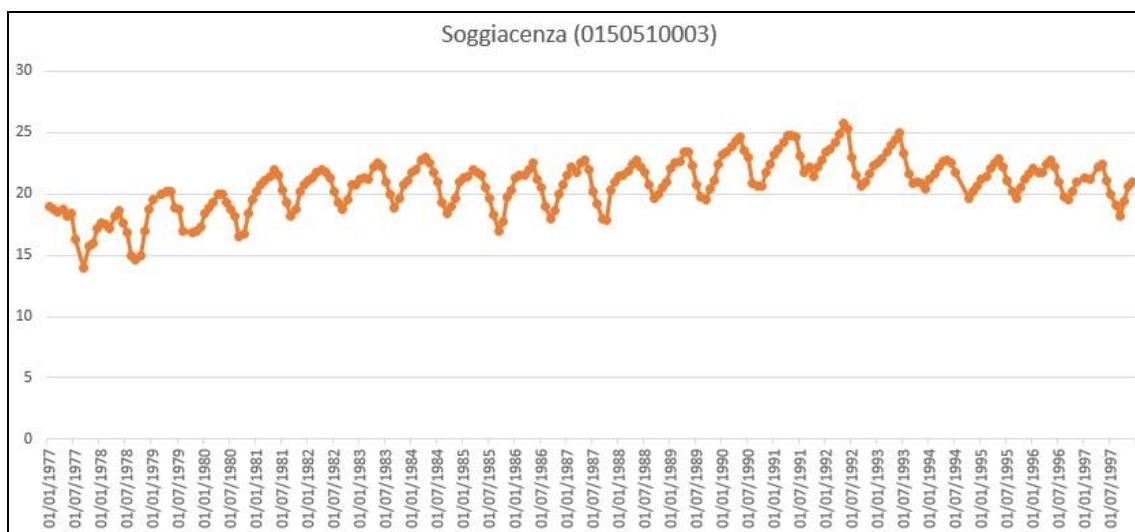


Fig. 5: andamento piezometrico relativo agli anni 1977-1997 registrato nel pozzo 0150510003 in comune di Carugate (MI), distante circa 3,7 km in direzione est rispetto all'area di attuale intervento

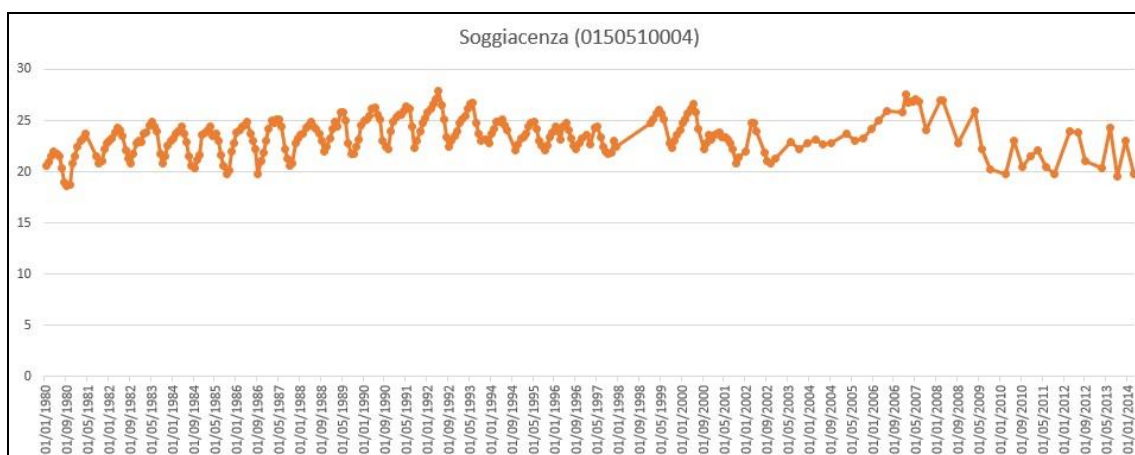


Fig. 6: andamento piezometrico relativo agli anni 1980-2014 registrato nel pozzo 0150510004 in comune di Carugate (MI), distante circa 4,3 km in direzione est rispetto all'area di attuale intervento

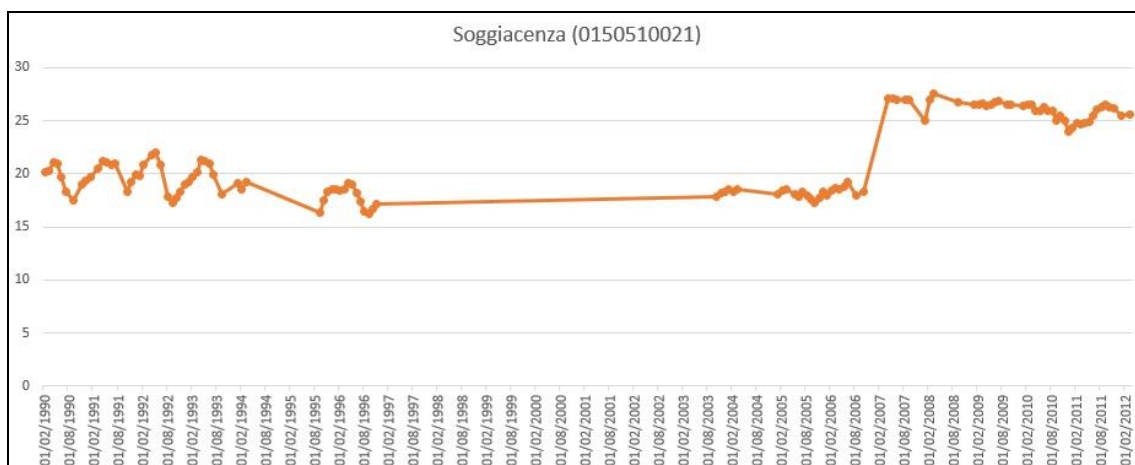


Fig. 7: andamento piezometrico relativo agli anni 1980-2014 registrato nel pozzo 0150510021 in comune di Carugate (MI), distante circa 3,8 km in direzione sud-est rispetto all'area di attuale intervento



Alla luce di tutto quanto sopra esposto e illustrato, è possibile dedurre come le oscillazioni positive o negative registrate negli ultimi 40-50 anni abbiano visto un range di ampiezza massima generalmente pari a 10 m e che attualmente ci si trova in condizioni di soggiacenza minima relativa, ma non assoluta, vista la serie di dati osservati.

4 COMPATIBILITA' CON GLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE COMUNALE E SOVRAORDINATA

4.1 Vincoli di natura geologica e idrogeologica

La consultazione della Carta dei Vincoli (stralcio in fig. 8) allegata allo Studio della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del territorio del comune di Brugherio non ha evidenziato la presenza di alcun vincolo che possa porsi in contrasto con i futuri progetti previsti.

Da quanto si evince dallo stralcio di cartografia riportato in fig. 8 le tre aree risultano ricadere all'interno delle zone di rispetto di pozzi idropotabili pubblici.

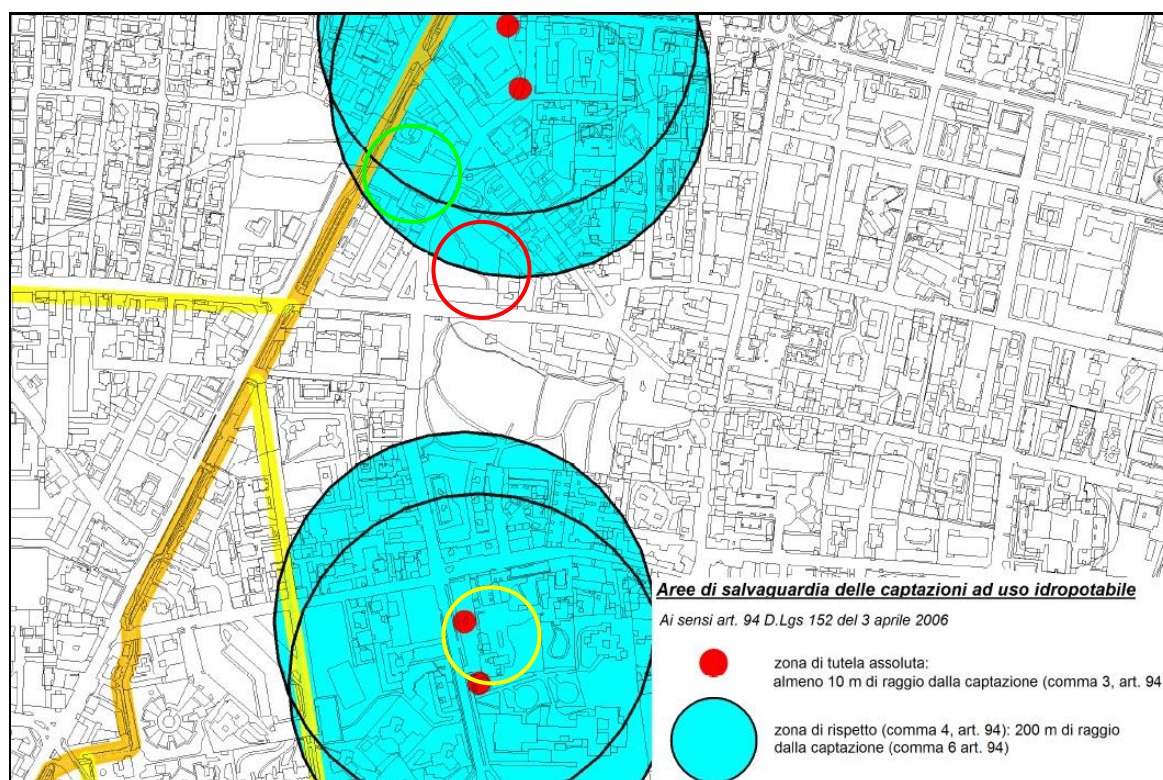


Fig. 8: stralcio della carta dei vincoli geologici di Brugherio (MB) – L.R. 12/2005, art. 57. Verde Largo Donatori del Sangue – rosso Via De Gasperi – giallo Via Kennedy

La presenza delle fasce di rispetto, seppur non costituisca motivo ostativo alla realizzazione degli interventi in progetto, richiede il rispetto di una specifica normativa (nazionale e regionale) volta a tutelare la risorsa idrica captata.



In particolare gli estremi normativi, cui si rimanda per la completa consultazione delle attività normate all'interno delle aree vincolate, sono:

- D.Lgs. 152/2006, art. 94;
- DGR 10/4/03 n. 7/12693.

Tra le norme vigenti si ritiene utile ricordare che:

- *"nuovi tratti di fognatura da situare nelle zone di rispetto devono costituire un sistema a tenuta bidirezionale, cioè dall'interno verso l'esterno e viceversa, e recapitare esternamente all'area medesima; essere realizzati evitando, ove possibile, la presenza di manufatti che possano costituire elemento di discontinuità, quali i sifoni e le opere di sollevamento. Ai fini della tenuta tali tratti potranno... (omissis) essere realizzati in cunicoli impermeabilizzati inclinati verso l'esterno della fascia di rispetto e dotati di pozzetti rompitratta a tenuta e ispezionabili.(omissis)"*
- *Nella zona di rispetto di una captazione da acquifero non protetto non è consentita la realizzazione di fosse settiche, pozzi perdenti, bacini di accumulo di liquami e impianti di depurazione; è in generale opportuno evitare la dispersione di acque meteoriche, anche provenienti da tetti, nel sottosuolo e la realizzazione di vasche di laminazione e di prima pioggia"*

Fatto salvo il rispetto delle norme vigenti all'interno delle fasce di rispetto dei pozzi pubblici idropotabili, le previsioni del Piano Integrato di Intervento in analisi si ritengono compatibili con il quadro vincolistico vigente sulle porzioni di territorio interessate dal progetto.

4.2 Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale

Per una completa valutazione della compatibilità degli interventi previsti con gli strumenti di pianificazione territoriale vigenti sulla porzione di territorio comunale sulla quale s'intende intervenire, è stato consultato anche il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Monza e Brianza, approvato con Delibera di Consiglio Provinciale n. 16 del 10 luglio 2013.

In particolare si è fatto riferimento alla cartografia tematica di interesse geologico e ambientale, rappresentata nelle tavole 8 "Assetto idrogeologico" (fig. 9) e 9 "Sistema geologico e idrogeologico" (fig. 10).

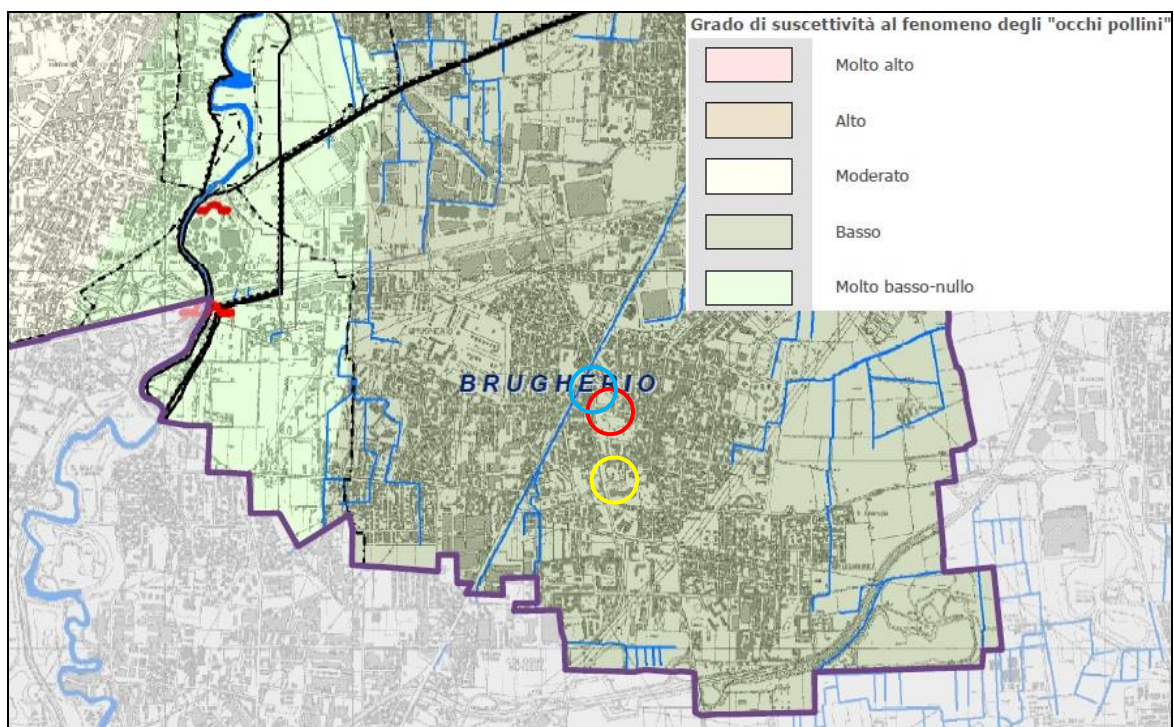


Fig. 9: Stralcio della Tavola 8 del PTCP della Provincia di Monza e Brianza con indicazione delle 3 aree di interesse appartenenti alla zona con basso grado di suscettività al fenomeno degli "occhi pollini"

Nella prima cartografia citata, come è possibile notare in fig. 9, tutte le aree di interesse ricadono nell'ambito interessato da un basso grado di suscettività al fenomeno degli "occhi pollini".

Le indagini geognostiche eseguite e descritte in seguito, che hanno visto l'esecuzione di prove penetrometriche, indagini sismiche e sondaggi geognostici, non hanno in effetti riscontrato la presenza di tale struttura idrogeologica, confermando quanto riportato nella cartografia allegata al PTCP di Monza Brianza.

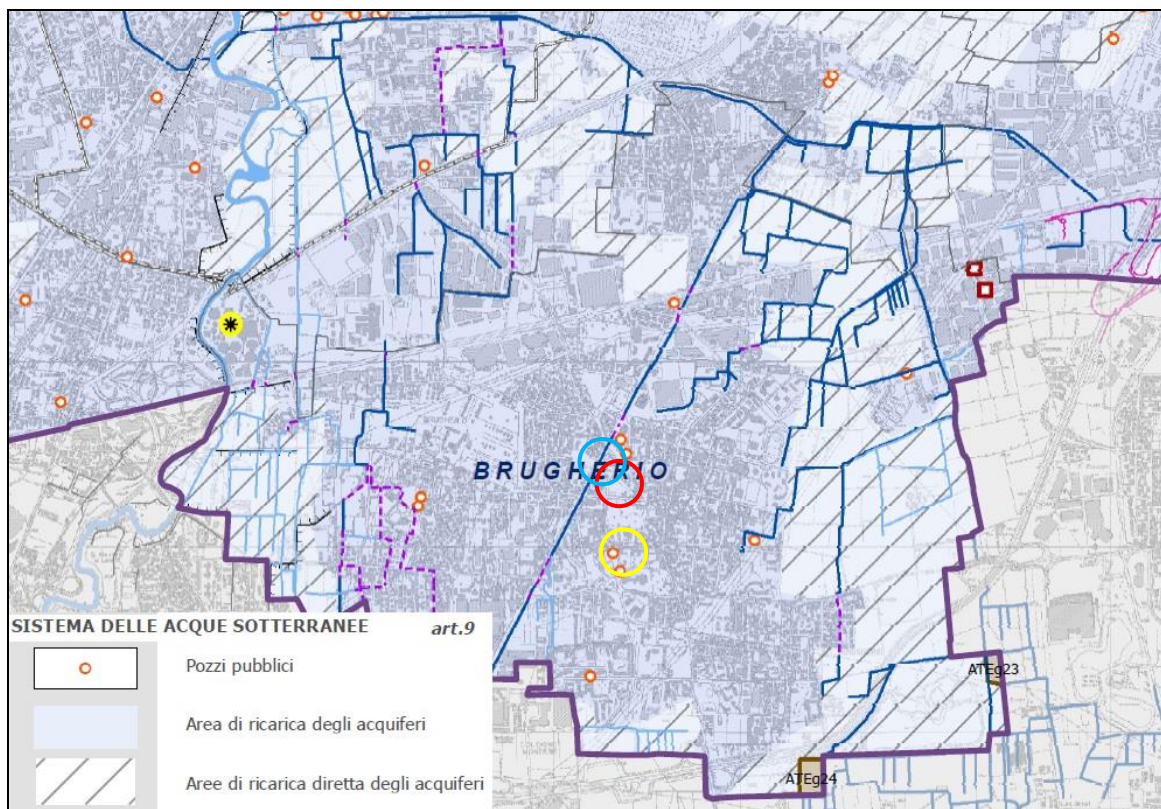


Fig. 10: Stralcio della Tavola 9 del PTCP della Provincia di Monza e Brianza con indicazione delle 3 zone di interesse appartenenti all'area di ricarica degli acquiferi

Nella seconda cartografia riportata invece, come è possibile osservare in fig. 10, tutti i punti di interesse ricadono nelle aree di ricarica degli acquiferi.

L'analisi delle norme associate a tale ambito non evidenzia particolari limiti o vincoli alla trasformazione dello stato dei luoghi secondo quanto previsto dal Piano in analisi.

Pertanto, anche a mezzo delle verifiche preliminari raccolte nel presente elaborato, si può affermare che **gli interventi in previsione siano compatibili con i contenuti di carattere geologico e ambientale riportati nella cartografia allegata al PTCP della Provincia di Monza e Brianza, e con le norme ad essa associate.**

4.3 Classificazione sismica dell'area

Ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" (G.U. n. 105 del 8.5.2003), allegato 1, il territorio comunale di Brughiero era classificato in zona 4, definita come un'area con accelerazione orizzontale a_g/g , con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, inferiore a 0,05.



Con DGR 2129-2014 Regione Lombardia ha provveduto a riclassificare dal punto di vista sismico l'intero territorio regionale, inserendo il comune di Brugherio in classe sismica 3 (più cautelativa).

Inoltre le aree di intervento ricadono all'interno di un ambito dove viene riconosciuto lo scenario di Pericolosità Sismica Locale (PSL) Z4a (Fig. 11).

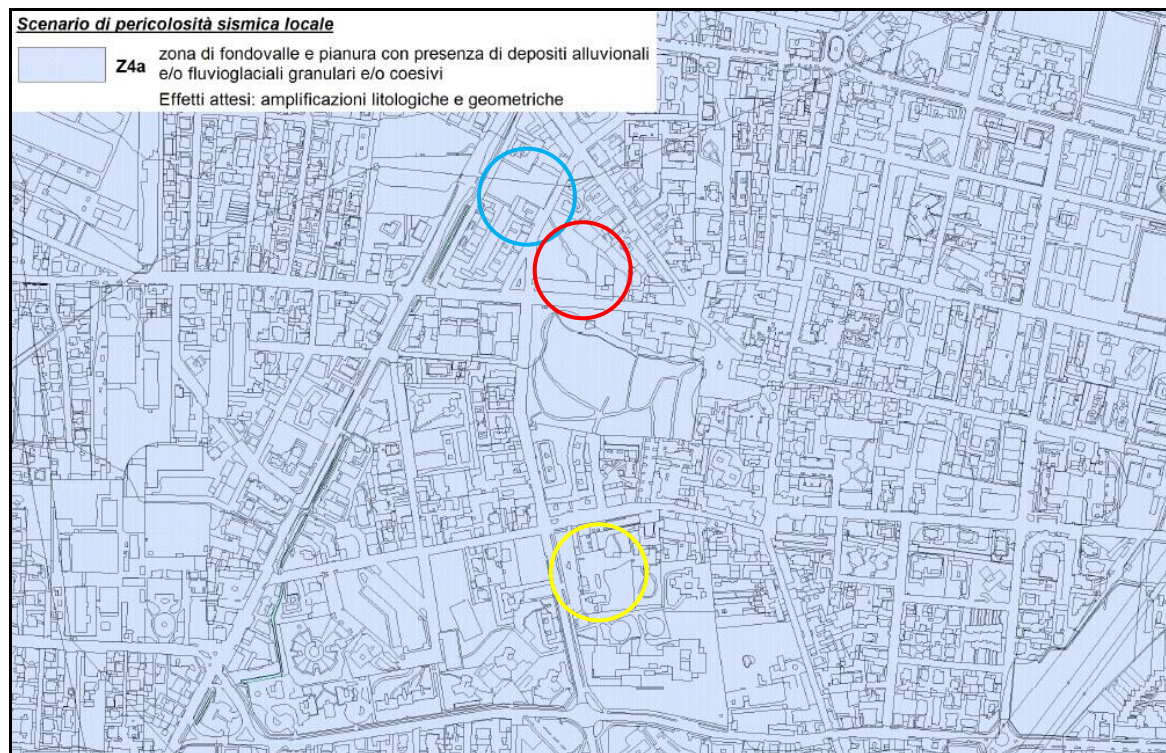


Figura 11: stralcio della Carta della Pericolosità Sismica Locale allegata allo Studio Geologico comunale di Brugherio – non in scala (sono indicati i tre differenti ambiti di intervento)

All'interno di tale area, ai sensi della DGR 2616/2011 si rende necessario un approfondimento sismico di secondo livello. Il comune di Brugherio, in fase di predisposizione della componente geologica del proprio Piano di Governo del Territorio, ha già provveduto ad eseguire tale approfondimento sismico, che tuttavia ha fornito esiti non omogenei all'interno dell'intero territorio comunale. Per tale ragione si è ritenuto necessario eseguire ad hoc una doppia indagine geofisica, al fine di giungere alla definizione della categoria di sottosuolo. Le indagini, descritte nei capitoli che seguono, hanno consentito la ricostruzione sismostratigrafica del sottosuolo dove si ubicano gli interventi in analisi, e i successivi approfondimenti sismici di secondo livello (allegato 7), hanno consentito di giungere alla determinazione della **categoria di suolo** da utilizzare nella progettazione strutturale dei manufatti, che dovrà essere la **C**.



4.4 Fattibilità geologica comunale (L.R. n° 12/2005)

L'analisi della Carta di Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano (stralcio in fig. 12) allegata allo Studio Geologico comunale di supporto al PGT di Brugherio, redatto a cura dello REA - 2016, ha evidenziato come l'area in studio sia inserita in Classe di Fattibilità 2, definita come una classe nella quale sono inserite porzioni di territorio per le quali sono state riscontrate modeste limitazioni alla modifica della destinazione d'uso dei terreni.

Di seguito si riportano le norme associate a tale Classe di Fattibilità, tratte dallo Studio Geologico comunale di Brugherio.

Classe 2 (gialla) – Fattibilità con modeste limitazioni. La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico – costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa. Per gli ambiti assegnati a questa classe devono essere indicati, nelle norme geologiche di piano, gli approfondimenti da effettuare e le specifiche costruttive degli interventi edificatori.

Tali prescrizioni, al di là degli approfondimenti geognostici e geofisici validi per tutte le classi di fattibilità geologica (cui assolvono le prove eseguite e di seguito descritte), prevedono che le indagini "dovranno comprendere approfondimenti volti alla verifica locale della profondità della falda e delle sue oscillazioni stagionali misurabili e/o prevedibili secondo le tendenze evolutive in atto o deducibili da dati osservativi precedenti. Nel caso il livello piezometrico della falda dovesse trovarsi a meno di 12 m (valore convenzionale adottato nelle Presenti Norme Geologiche) dalla quota locale del piano campagna, si dovranno seguire le prescrizioni proprie della Sottoclasse 3a di Fattibilità Geologica. Di ogni intervento si dovrà verificare l'impatto sull'acquifero sottostante ed adottare sistemi che impediscano l'infiltrazione nel terreno di sostanze inquinanti, pur garantendo l'alimentazione degli acquiferi. In linea di massima, serbatoi e cisterne interrate dovranno prevedere sistemi di sicurezza quali doppie camere e le nuove fognature dovranno essere progettate e costruite con soluzioni tecniche che garantiscano nei confronti di perdite e rilasci, con contaminazioni della falda. Nel caso di opere fondazionali molto profonde si dovranno effettuare valutazioni previsionali a lunga scadenza sulle possibili interferenze con la falda e dovranno essere messi in atto i necessari interventi di protezione delle strutture e isolamento dalla falda per evitarne la contaminazione. Le aree di espansione urbana dovranno prevedere, nei casi indicati dal RR 4/2006, la raccolta e il convogliamento in fognatura delle acque di prima pioggia, mentre dovrà essere garantita l'infiltrazione nel terreno della quota rimanente delle acque di precipitazione, come previsto dalle attuali normative in materia.



Le misure effettuate nei piezometri realizzati ad hoc hanno evidenziato come il livello di falda si attesti a profondità superiori a - 12 m da p.c., evitando quindi di ricadere nelle prescrizioni proprie della Sottoclasse 3a

Fatto salvo il rispetto di tali prescrizioni, si ritiene quindi che gli interventi edificatori previsti dall'Ambito di Trasformazione AT-02A siano compatibili con la Classe di Fattibilità Geologica alla quale è stata assegnata l'area nello Studio Geologico vigente presso il Comune di Brugherio e con le norme ad essa associate.

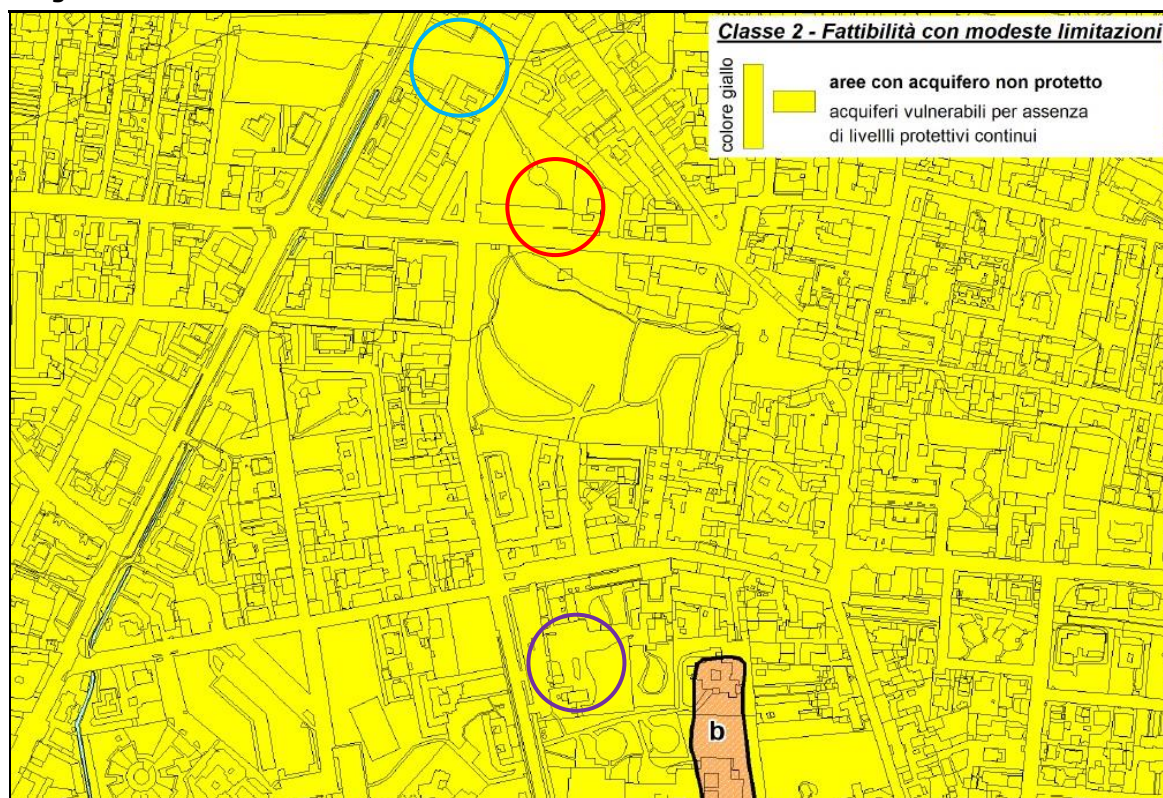


Fig. 12: stralcio della carta di fattibilità geologica comunale di Brugherio (MB) – L.R. 12/2005, art. 57. Nei tre cerchi sono racchiuse le aree in esame (la zona 3 è stata indicata in viola e non in giallo per evidenti problemi di visualizzazione), appartenenti alla classe 2.

5. INDAGINI DIRETTE

Alla ricerca bibliografica preliminare prima esposta, che ha visto la consultazione della cartografia tematica disponibile, e al rilievo idrogeologico e geomorfologico di dettaglio, esteso ad un intorno ritenuto significativo rispetto all'area di futuro intervento, sono state affiancate indagini dirette eseguite in corrispondenza dei tre ambiti in esame¹, quali:

¹ Si specifica che per quanto riguarda l'area 2 (Largo Donatori del Sangue) le indagini sono state ubicate esternamente all'area effettiva di prossimo intervento, ma in una zona molto prossima ad essa (porzione nord-occidentale di Parco Miglio), inaccessibile a causa della presenza del piazzale asfaltato adibito a parcheggio.



- n. 3 sondaggi geognostici:
 - S1 - Via De Gasperi, al cui interno sono state realizzate prove di permeabilità e prove SPT, in seguito attrezzato a piezometro;
 - S2 - Largo Donatori del Sangue, al cui interno sono state realizzate prove SPT, in seguito attrezzato a piezometro;
 - S3 - Via De Gasperi, al cui interno sono state realizzate prove SPT, in seguito attrezzato a piezometro;
- n. 12 prove penetrometriche dinamiche, di cui: 6 nel sito 1, 2 nel sito 2 e 4 nel sito 3;
- n. 2 prospezioni sismiche con acquisizione ed elaborazione dei dati mediante metodologia MASW e di una misura di microtremore sismico HVSr, per la corretta definizione della categoria del suolo di fondazione.

Nei capitoli seguenti, oltre che negli allegati alla presente relazione, si riportano i dettagli nonché i risultati ottenuti dalle suddette indagini.

5.1 Sondaggi geognostici a carotaggio continuo, esecuzione prove di permeabilità e SPT

Allo scopo di poter osservare direttamente la natura dei terreni che costituiscono il sottosuolo delle aree investigate la campagna di indagini geognostiche ha visto l'esecuzione di n. 1 sondaggio a carotaggio continuo per ogni zona investigata, spinto fino alla profondità di -15 m da p.c. nell'area 1 e - 12 m da p.c. per le rimanenti.

Per l'esecuzione del sondaggio è stata impiegata una sonda cingolata (vedi fig. 13), con avanzamento a rotazione; l'utensile di perforazione impiegato è stato un carotiere semplice avente lunghezza di 1500 mm, equipaggiato con una corona a prismi in Widia. Inoltre sono state utilizzate aste di perforazione con manicotto conico di lunghezza pari a 1500.



Fig. 13: perforazione a carotaggio continuo del sondaggio S1 eseguito in data 28 ottobre 2016

Al fine di prevenire il franamento delle pareti, nei sondaggi eseguiti le pareti dei fori sono state sostenute, fino alla quota di fondo foro, da un rivestimento provvisorio con diametro di 152 mm.

I sondaggi sono stati eseguiti utilizzando il sistema tradizionale ad aste, avanzando a rotazione con il metodo del carotaggio continuo.

Quando necessario, le manovre di carotaggio sono state operate procedendo con l'ausilio di acqua. Inoltre, all'inizio ed alla fine d'ogni manovra, l'inserimento e l'estrazione del carotiere sono state eseguite a velocità ridotta per evitare effetti pistone e ridurre il disturbo al terreno in posto.

Le carote di terreno campionate nel corso delle perforazioni sono state riposte in apposite cassette catalogatrici in plastica, munite di scomparti numerati paralleli della lunghezza di 1 m.

Le cassette catalogatrici sono state descritte e fotografate (documentazione fotografica in allegato 6); al termine di tutte le operazioni di cantiere sono state conservate nell'area di indagine 3.

La stratigrafia dei sondaggi è riportata in allegato 4 e può essere così riassunta:

SONDAGGIO S1

- da 0.0 a - 0.5 m da p.c.: terreno di riporto sabbioso debolmente limoso;
- da - 0.5 a - 4.0 m da p.c.: ghiaia più o meno prevalente in matrice sabbioso-limosa debolmente argillosa;
- da - 4.0 a - 9.5 m da p.c.: ghiaia sabbiosa con ciottoli;
- da - 9.5 a - 15.0 m da p.c.: sabbia e ghiaia con matrice limosa in percentuale variabile e rari livelli prettamente argillosi;



SONDAGGIO S2

- da 0.0 a – 0.5 m da p.c.: terreno di riporto sabbioso limoso;
- da – 0.5 a – 3.0 m da p.c.: ghiaia e sabbia più o meno prevalenti con ciottoli nella parte profonda;
- da – 3.0 a – 12.0 m da p.c.: ghiaia medio-grossolana prevalentemente con ciottoli e matrice limoso-sabbiosa in percentuale variabile a tratti debolmente argillosa;

SONDAGGIO S3

- da 0.0 a – 0.8 m da p.c.: terreno vegetale sabbioso-limoso e debolmente argilloso;
- da – 0.8 a – 12.0 m da p.c.: prevalente sabbia media più o meno ghiaiosa con matrice limosa in percentuale variabile da rara ad abbondante.

Con l'avanzare della terebrazione sono state realizzate all'interno del perforo sia prove di permeabilità sia prove penetrometriche in foro, per quanto riguarda il sondaggio S1, e solamente prove penetrometriche in foro per i sondaggi S2 e S3.

Infine i fori di sondaggio S1 e S3 sono stati attrezzati a piezometro allo scopo di permettere la misurazione attuale e futura del battente idrico eventualmente presente entro i primi 15 m e 12 m di profondità da p.c.

Nel dettaglio i piezometri sono costituiti da tubazioni in PVC azzurro, fenestrati da -3 a fondo foro (- 15 m nell'S1 e - 12 m da p.c. nell'S3) e ciechi nella parte superiore; l'intercapedine tra le pareti dello scavo e la tubazione è stata completata con ghiaietto (diam. 2-3 mm) da fondo foro a - 2 m da p.c. e compactonite da - 2 a piano campagna.

Al termine di tutte le operazioni sopra descritte, mediante una sonda freaticometrica calata all'interno dei piezometri, è stato possibile misurare la distanza tra il piano campagna ed il battente idrico eventualmente presente all'interno dello scavo, risultata pari a:

- S1 28/10/2016: 14,40 m da p.c.
- S1 31/10/2016: 14,65 m da p.c.
- S2 31/10/2016: acqua assente

5.1.1 Prove di permeabilità

Per l'eventuale progettazione delle opere di dispersione delle acque bianche provenienti dalle superfici impermeabili del fabbricato in progetto presso l'area di via De Gasperi, rese possibili dalla presenza di una porzione di areale non ricompresa all'interno dell'area vincolata presente a tutela delle acque emunte dai pozzi idropotabili pubblici del Comune di Brugherio, si è ritenuto interessante definire il valore di permeabilità "k" del terreno, eseguendo n. 2 prove di permeabilità di tipo "Lefranc" all'interno del foro S1.



Le prove di permeabilità "Lefranc", eseguite in foro di sondaggio, consentono di ottenere una stima quantitativa del coefficiente di permeabilità del terreno.

Si distinguono in prove a carico costante e prove a carico variabile a seconda delle modalità esecutive e delle caratteristiche granulometriche e tessiturali del terreno.

La prova a carico costante, eseguita in avanzamento durante la perforazione a diversi livelli di profondità (scelti in maniera tale da misurare il coefficiente di permeabilità a diverse profondità e all'interno di materiali a differente composizione granulometrica, così da ottenere il quadro il più ampio possibile), consiste nel misurare la portata necessaria per mantenere costante il livello d'acqua nel foro, controllando tale livello con una sondina elettrica (freatimetro) e misurando la portata con un contatore di precisione inserito nella mandata della pompa della sonda.

Nella prova a carico variabile, come quelle eseguite per il presente lavoro, viene misurata la velocità di riequilibrio del livello idrico dopo averlo alterato mediante immissione di acqua in foro. La prova consiste nell'eseguire alcune letture di livello dell'acqua in foro (h) a frequenti intervalli di tempo (t) annotando sia il livello dell'acqua sia il tempo di ciascuna lettura.

La realizzazione delle prove è stata eseguita predisponendo il foro di sondaggio fino alla quota sommitale di interesse, provvedendo a calare anche il rivestimento, in modo tale da creare una camicia perfettamente impermeabile. Successivamente si è provveduto alla perforazione di una camera di 50 cm di altezza (che costituisce la camera entro cui viene effettuata la prova), che è stata riempita di ghiaietto siliceo selezionato e lavato. Lo scopo di tale ghiaietto è quello di evitare il franamento del foro, non alterando tuttavia il valore di permeabilità che verrà letto dalla prova (il ghiaietto è molto drenante e il dato di permeabilità misurato è quello del terreno naturale circostante, sicuramente meno permeabile).

Quindi si è proceduto con la saturazione del terreno, immettendo acqua nel foro, e con l'esecuzione della prova vera e propria; come già descritto in precedenza le prove sono state eseguite a carico variabile.

Nel caso specifico, con il procedere della terebrazione, sono state eseguite a differenti profondità n. 2 prove di permeabilità della tipologia Lefranc a carico variabile, realizzate inserendo acqua all'interno del perforo e leggendo i conseguenti abbassamenti del relativo livello con il passare del tempo, ovvero con il drenaggio delle acque verso la falda acquifera. I risultati di tale prova sono riportati in allegato 5, e dalla loro rielaborazione è stato possibile ricavare il valore di permeabilità dei diversi orizzonti interessati dalla perforazione.



Tabella 1: risultato delle prove Lefranc eseguite

Sigla sondaggio	Sigla prova	Tipo di prova	Intervallo di prova (m da p.c.)	K (cm/s)
S1	L1	Carico variabile	- 4.00 < L < - 4.50	$7,95 \times 10^{-2}$
S1	L2	Carico variabile	- 7.00 < L < - 7.50	$1,99 \times 10^{-2}$

I risultati delle due prove di permeabilità così eseguite sono racchiusi in tabella 1. Come si può notare si tratta di dati piuttosto omogenei tra loro, con un massimo di permeabilità in corrispondenza del tratto superficiale del sondaggio S1 ed un minimo nel tratto maggiormente profondo del sondaggio (i due valori risultano in ogni caso paragonabili fra loro).

A testimonianza della validità di tali dati è possibile osservare la stratigrafia del sondaggio S1, riportata in allegato 4; quest'ultimo infatti mostra la quasi omogeneità granulometrica dei terreni interessati dalla prova di permeabilità, con una dimensione granulometrica maggiore superficiale e leggermente minore profonda, a confermare la leggera diminuzione di permeabilità con la profondità, mantenendo tuttavia l'ordine di grandezza.

È evidente come si tratti di terreni mediamente permeabili, con un valore di conducibilità che risulta costante o debolmente in diminuzione con il crescere della profondità.

Alla luce di quanto sopra esposto gli scriventi ritengono significativo fornire un valore di permeabilità medio di tutti gli orizzonti investigati, pari a 5×10^{-2} cm/s.

5.1.2 Prove penetrometriche in foro di sondaggio (Standard Penetration Test)

La prova penetrometrica SPT consente di determinare la resistenza alla penetrazione nel terreno di una punta infissa a partire dal fondo di un foro di sondaggio. La resistenza è funzione delle caratteristiche e del tipo di terreno.

La prova consiste nel far cadere un maglio di 63,5 kg da un'altezza di 760 mm su una testa di battuta fissata alla sommità di una batteria di aste, alla cui estremità inferiore è avvitata una punta conica chiusa (o aperta in terreni coesivi fini) in acciaio di dimensioni standard (diametro esterno 51 mm, angolo 60°). Un dettaglio della prova eseguita è rappresentato in figura 14.

Il test prevede la misurazione del numero di colpi necessari all'infissione di tre tratti consecutivi della lunghezza ciascuno di 15 cm. In particolare il primo tratto viene infisso da fondo foro a - 15 cm e interessa una porzione di terreno potenzialmente disturbata dall'attività di carotaggio; è per questo motivo che il relativo valore viene annotato ma non deve essere considerato rappresentativo delle caratteristiche naturali dei sedimenti analizzati. Successivamente le aste vengono fatte penetrare con le medesime



modalità per il tratto di prova vero e proprio di 30 cm, in due incrementi di 15 cm, annotando il numero di colpi necessari alla penetrazione di ciascuno di questi.

Il numero di colpi da considerate (N) necessario per una penetrazione pari a 30 cm (15 + 15) è il dato assunto come indice della resistenza a penetrazione (Nspt), che fornisce indicazioni sulla densità, sulla consistenza e sul grado di addensamento del suolo.

Qualora dopo 50 colpi non si sia ottenuto un avanzamento della punta penetrometrica pari ad almeno 15 cm la prova incontra un rifiuto strumentale: l'indicazione del numero di colpi è nel presente caso stata sostituita dalla sigla "rif".



Fig. 14: esecuzione prova penetrometrica dinamica in foro (SPT). La freccia indica il maglio in caduta

Si riportano di seguito i risultati delle prove SPT eseguite.

Sondaggio	Quota test (m da p.c.)	N° colpi
S1	1,5	10-18-25
	3,0	44-rif
	4,5	48-rif
	6,0	14-41-rif
	7,5	16-30-25
	9,0	13-26-33
	10,5	19-18-25
	12,0	4-12-26
	13,5	6-10-18
	15,0	6-12-17



Sondaggio	Quota test (m da p.c.)	N° colpi
S2	1,5	5-19-25
	3,0	10-15-37
	4,5	6-16-32
	6,0	22-rif
	7,5	27-40-rif
	9,0	14-22-22
	10,5	24-rif
	12,0	22-37-44

Sondaggio	Quota test (m da p.c.)	N° colpi
S3	1,5	6-14-22
	3,0	10-19-37
	4,5	40-rif
	6,0	24-rif
	7,5	5-17-24
	9,0	15-18-21
	10,5	11-44-rif
	12,0	22-37-44

5.2 Prove penetrometriche dinamiche

Le prove penetrometriche sono state realizzate con un penetrometro superpesante modello "Pagani TG 73-100" con maglio da 73 kg, seguendo la metodologia AGI (Associazione Geotecnica Italiana) con rilevazione del numero di colpi per avanzamenti unitari delle aste di 30 cm; le caratteristiche tecniche del penetrometro utilizzato sono riportate in allegato 5.

Questo tipo di indagine strumentale diretta, che rappresenta uno dei sistemi maggiormente diffusi e testati a livello internazionale, consente di rilevare la resistenza alla penetrazione nel terreno di una punta metallica, di dimensioni e peso standardizzate, energizzata dalla caduta di una massa, anch'essa di peso e altezza di caduta standard; tutta la strumentazione e le modalità operative rispettano standard definiti a livello internazionale dall'ASTM (*American Standard Testing Materials*) circa le indagini nel sottosuolo con scopi geotecnici. In tale modo è possibile costruire un diagramma (allegato 5) nel quale alla verticale di indagine è correlato il numero di colpi rilevati per avanzamenti unitari con la profondità raggiunta a ogni intervallo di misura (cioè in questo caso 30 cm), che costituisce l'elaborato base da cui estrapolare le



proprietà fisiche del terreno attraversato e interpretarne, in maniera indiretta, la composizione granulometrica.

La profondità massima raggiunta da tutte le prove eseguite è stata dettata dalle caratteristiche dei terreni investigati, molto consistenti e tali da indurre a rifiuto tutte le prove entro la profondità massima indagata pari a 6,3 m da p.c. Il dato risulta di poco superiore al valore indicato all'interno dello Studio Geologico comunale, dove vengono attribuiti al terreno *"caratteri geotecnici buoni e resistenza alla penetrazione generalmente crescente con la profondità. Le prove penetrometriche vanno a rifiuto a 4-5 m"*.

5.3 Indagine geofisica

In data 28 ottobre 2016 sono state eseguite n. 2 prospezioni geofisiche, la prima eseguita in corrispondenza del sito S1 (ma rappresentativa anche del sito S2 vista la vicinanza ed il medesimo contesto geologico) e la seconda realizzata nell'area S3, finalizzate alla ricostruzione sismostratigrafica dei terreni in corrispondenza delle zone di interesse. Le indagini in sito sono dunque consistite nell'esecuzione di n° 2 profili di sismica multicanale con acquisizione delle onde di superficie ed elaborazione dati mediante metodologia MASW in onde di Rayleigh e onde di Love.

Mediante tale metodologia è stato possibile ricostruire l'andamento medio delle onde Vs in profondità ed eseguire la valutazione del parametro Vs30 di sito, al fine di classificare il terreno di fondazione (tabelle allegate al D.M. 14/01/08).

I risultati delle Prove Penetrometriche Dinamiche SCPT-DPSH e dei Sondaggi geognostici, eseguite contestualmente all'indagine sismica e nella medesima area, sono stati tenuti in considerazione durante l'elaborazione dei dati sismici al fine di ottenere un modello geofisico medio maggiormente vincolato ed affidabile.

5.3.1 Cenni sulla metodologia MASW

Con una prospezione sismica *MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves)* si analizza il fenomeno della dispersione che le onde di superficie subiscono in un mezzo stratificato. La velocità di propagazione per una certa lunghezza d'onda (λ), quindi frequenza è, infatti, influenzata dalle proprietà che il sottosuolo attraversato possiede ed è detta *velocità di fase*.

Le *MASW* attive sono realizzate tramite analisi di onde di Rayleigh, onde di Love, oppure congiuntamente Rayleigh + Love. Queste rappresentano le onde di superficie prodotte dall'iterazione delle onde di corpo (P e S) con una superficie di discontinuità fisica. Le onde di Rayleigh, e più precisamente le loro componenti verticali, vengono registrate tramite i comuni geofoni verticali a bassa frequenza e generate da una sorgente ad impatto verticale (la classica martellata). Le onde di Love invece vengono acquisite mediante geofoni a componente orizzontale e generate applicando una sorgente di taglio al



terreno, questo perché le loro componenti si muovono solamente sul piano orizzontale, con oscillazione perpendicolare rispetto alla direzione di propagazione dell'onda. Durante l'indagine in oggetto lungo lo stendimento sismico sono state registrate sia le componenti verticali delle onde di Rayleigh che le onde di Love.

Il principio della tecnica MASW prevede che, poiché la dispersione delle onde di superficie dipende dalle caratteristiche del sottosuolo e dalle sue variazioni verticali, dalla determinazione delle curve di dispersione del segnale è possibile ricavare le caratteristiche fondamentali del mezzo (ad esempio la velocità delle onde di taglio V_s e lo spessore degli strati). La velocità delle onde di Rayleigh (V_R) infatti è correlabile alla V_s , essendo pari a circa il 90% della velocità delle onde di taglio.

L'analisi del fenomeno della dispersione, che avviene attraverso la *curva di dispersione*, permette quindi di determinare le caratteristiche del sottosuolo. La curva di dispersione del *dataset* è ottenuta mediante il passaggio dal dominio *spazio-tempo* (sismogramma) al dominio *velocità di fase/frequenza* (spettro di velocità) effettuato mediante specifica operazione con software dedicato.

Tenuto conto di quanto richiesto per l'applicazione della normativa relativa alla progettazione geotecnica, si ritiene che la metodologia di analisi *MASW*, risulti idonea alla definizione dei dati richiesti. Tale scelta risulta avvalorata dalle seguenti considerazioni:

1. La percentuale di energia convertita in onde Rayleigh o di Love è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%).
2. La propagazione e dispersione delle onde di Rayleigh o di Love si verifica senza problemi anche in caso di inversioni di velocità. Rispetto alla sismica a rifrazione, infatti, il metodo *MASW* non presenta problemi legati alla presenza di strati soffici compresi tra strati più rigidi.
3. La propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione innanzitutto della V_s , parametro di fondamentale importanza nella caratterizzazione geotecnica di un sito (categoria di suolo in base al Testo Unico).

5.3.2. Acquisizione dei dati

L'ubicazione e la lunghezza degli stendimenti sono state scelte in funzione della logistica dei luoghi, dell'ingombro delle strutture di progetto. L'allineamento sismico per l'acquisizione delle onde di Rayleigh ha previsto una distanza tra i geofoni pari a 1,0 m ed una serie di scoppi esterni all'ultimo geofono con offset variabili (1-3-5-7-10-15 m) a diversa intensità di energizzazione. Per l'acquisizione delle onde di Love lo stendimento sismico ha previsto invece una distanza intergeofonica pari a 2,0 m ed una serie di scoppi esterni con offset di 4 m dall'ultimo geofono.

L'acquisizione della componente verticale delle onde di Rayleigh è avvenuta mediante registrazione della propagazione del segnale sismico generato da una sorgente ad impatto verticale (martellata), tramite uno stendimento sismico di 24 geofoni a componente verticale.



L'acquisizione delle onde di Love è avvenuta mediante uno stendimento sismico di 12 geofoni a componente orizzontale posti trasversalmente all'allungamento dello stendimento, generando un'onda sismica di taglio mediante martellata orizzontale su piastra posta verticalmente nel terreno.

La strumentazione utilizzata si compone nello specifico di:

- una sorgente meccanica in grado di generare onde elastiche direzionali e ricche di energia realizzata mediante la battuta verticale (Rayleigh) e orizzontale (Love) di una mazza battente di 10 kg su piastra;
- un sistema di ricezione costituito alternativamente da uno stendimento di 24 geofoni (onde di Rayleigh) a movimento verticale (*Geospace GS11D*) e da uno stendimento di 12 geofoni (onde di Love) a movimento orizzontale (Sense con livello a bolla), entrambi a frequenza di 4,5 Hz e puntale da 3", collegati mediante un cavo multielettrodo;
- un sistema di acquisizione e memorizzazione costituito da un sismografo modulare in grado di registrare in modo digitale le forme d'onda generate (*Geode Geometrics Mod. 3-1000*); il sismografo A/D è in grado di campionare segnali tra 0.025 ms e 16 ms. Il sistema di acquisizione è completato da dispositivo di *trigger*, computer per l'analisi e la memorizzazione del segnale e appositi cavi di collegamento.

5.3.3 Analisi ed elaborazione dei segnali acquisiti

Determinazione degli spettri di velocità ed individuazione delle curve di dispersione

La stima dell'andamento in profondità delle velocità V_s , mediante acquisizione sismica multicanale è ottenuta tramite l'analisi del segnale nel dominio frequenza/velocità di fase.

Viene utilizzato lo spettro di velocità in quanto è il dominio dove è chiaramente più immediato e naturale comprendere le proprietà dispersive del mezzo attraversato, determinando con precisione la velocità di ciascuna componente del segnale registrato.

Dopo aver scelto quindi il sismogramma più idoneo, quello solitamente con il miglior rapporto *segnale/rumore*, si esegue una trasformata dal dominio *spazio/tempo* a quello *frequenza/velocità* (Fig. 15 e 15bis).

Particolare attenzione nell'interpretazione delle curve di dispersione è posta in considerazione del fatto che le vibrazioni indotte dalle onde di superficie sono correlabili a diversi *modi*, che possono sovrapporsi all'interno dello spettro di velocità.

Se tale sovrapposizione avviene, come in questo caso, può generarsi una curva di dispersione apparente, che può risultare fuorviante in fase di interpretazione. Al fine di individuare i modi corretti e



correlabili alla reale successione stratigrafica è stato scelto di eseguire un'**analisi congiunta delle onde di Rayleigh e delle onde di Love**. L'interpretazione degli spettri è consistita quindi nel confrontare le distribuzioni di energia tra i vari modi. Dato che la distribuzione dell'energia nelle due componenti Love e Rayleigh è risultata a tratti differente (Fig. 15 e 15bis), l'analisi congiunta è risultata indispensabile al riconoscimento del reale andamento dei modi, portando all'elaborazione di un modello maggiormente vincolato e preciso.

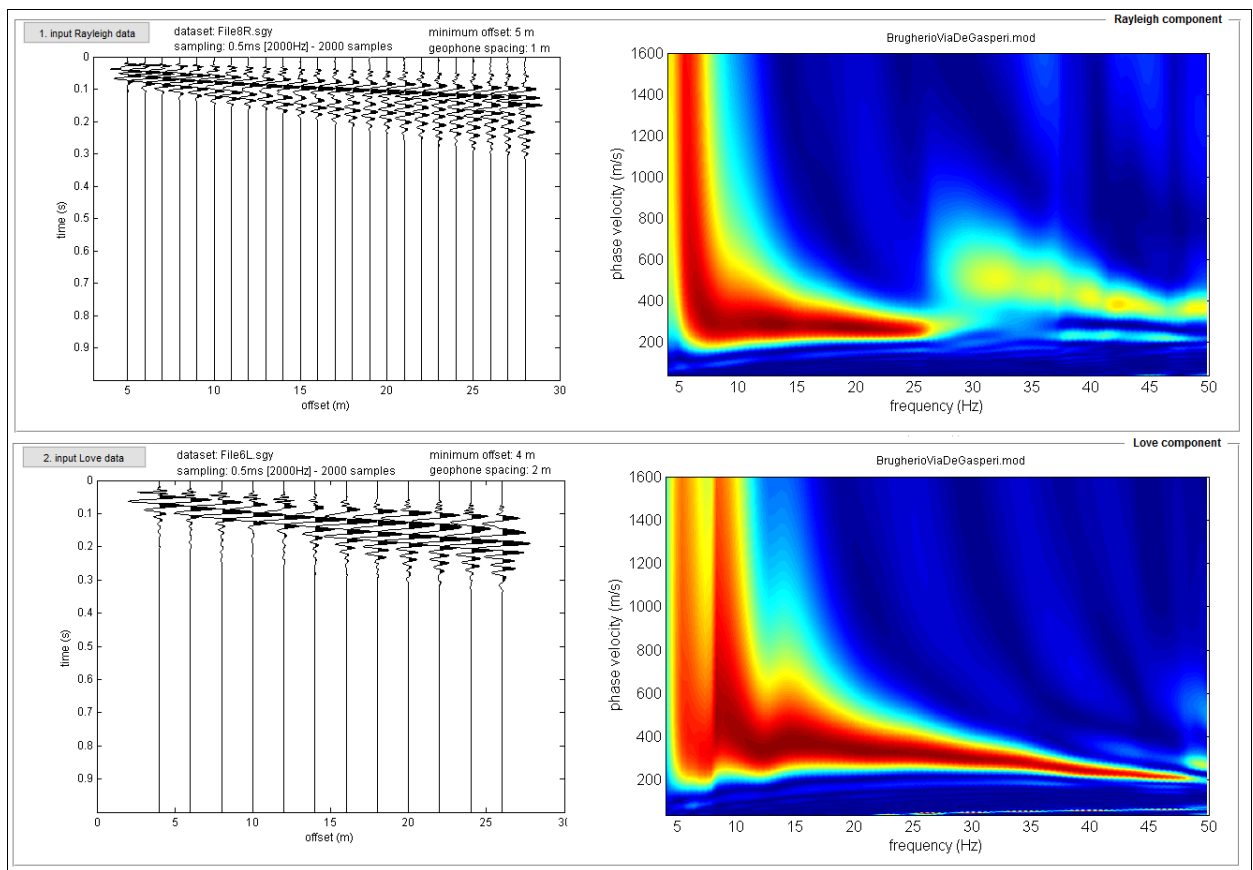


Fig. 15 Sismogrammi acquisiti e relativi spettri di dispersione della componente verticale delle onde di Rayleigh (in alto) e delle onde di Love (in basso) nel sito 1-2 (Via de Gasperi – Largo Donatori di Sangue)

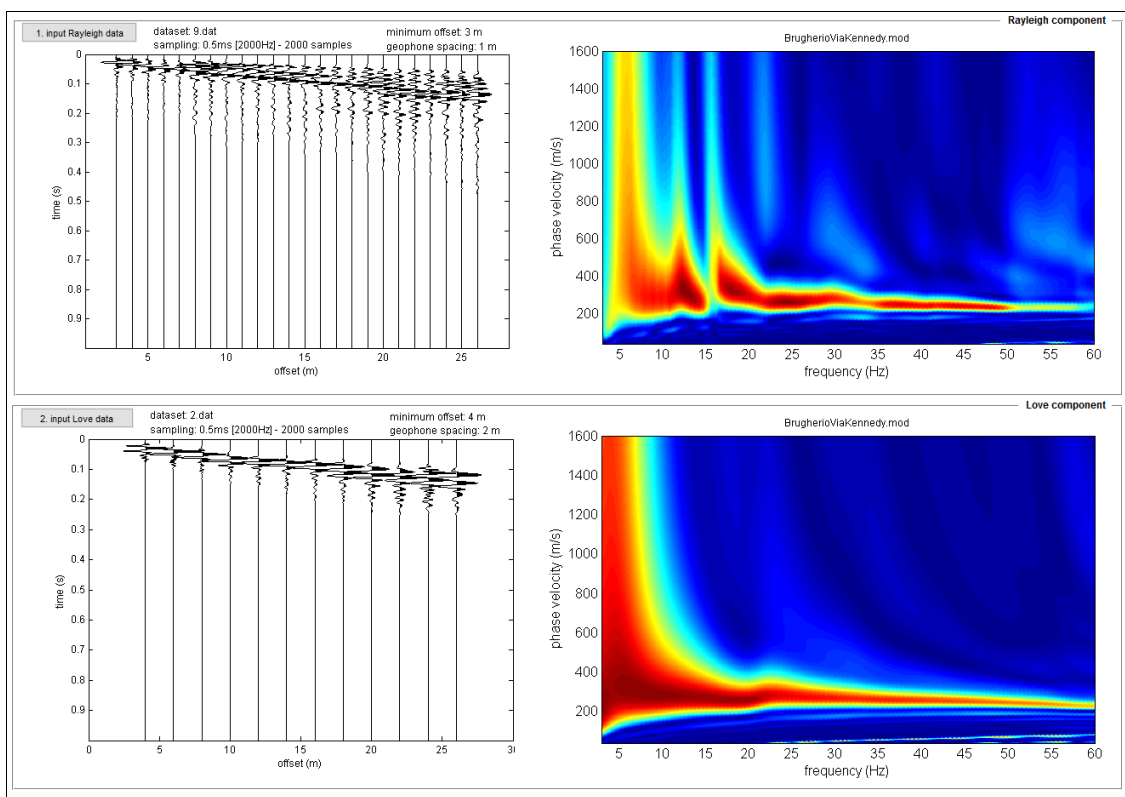


Fig. 15bis Sismogrammi acquisiti e relativi spettri di dispersione della componente verticale delle onde di Rayleigh (in alto) e delle onde di Love (in basso) nel sito 3 (Via Kennedy)

Si riassumono di seguito i dati relativi ai parametri di acquisizione utilizzati per i dataset prescelti per l'elaborazione:

SITO S1-S2

ONDE DI RAYLEIGH	ONDE DI LOVE
Dati relativi allo shot 4 – file8R.sgy	Dati relativi allo shot 1 – file6L.sgy
offset minimo: 5 m	offset minimo: 4 m
distanza intergeofonica: 1,0 m	distanza intergeofonica: 2,0 m
Intervallo di campionamento: 0.50 ms	Intervallo di campionamento: 0.50 ms
Tempo di acquisizione: 1 s	Tempo di acquisizione: 1 s

SITO S3

ONDE DI RAYLEIGH	ONDE DI LOVE
Dati relativi allo shot 5 – file9R.sgy	Dati relativi allo shot 1 – file2L.sgy
offset minimo: 3 m	offset minimo: 4 m
distanza intergeofonica: 1,0 m	distanza intergeofonica: 2,0 m
Intervallo di campionamento: 0.50 ms	Intervallo di campionamento: 0.50 ms
Tempo di acquisizione: 1 s	Tempo di acquisizione: 1 s



Procedure di modellazione diretta e analisi congiunta Rayleigh+Love

Analizzati i sismogrammi e i rispettivi spettri di velocità si è proceduto alla ricostruzione della distribuzione verticale delle Vs. Partendo dalle curve di dispersione delle onde di Rayleigh e di Love è stato ricostruito il modello che è responsabile di quelle curve, effettuando quindi un'inversione, vale a dire che si è ricavato il modello di sottosuolo che ha determinato il dato di campagna (*sismogramma*).

Gli spettri di velocità di fase sono stati interpretati identificando le curve modali, mediante modellazione diretta, studiando l'andamento dei vari modi in funzione del modello atteso (Fig. 16 e 16bis).

Questo è stato iterativamente modificato fino ad ottenere una buona sovrapposizione degli andamenti delle curve di dispersione sui vari modi riconosciuti, contemporaneamente in entrambi gli spettri (Rayleigh+Love), al fine di ottenere un solo modello di velocità.

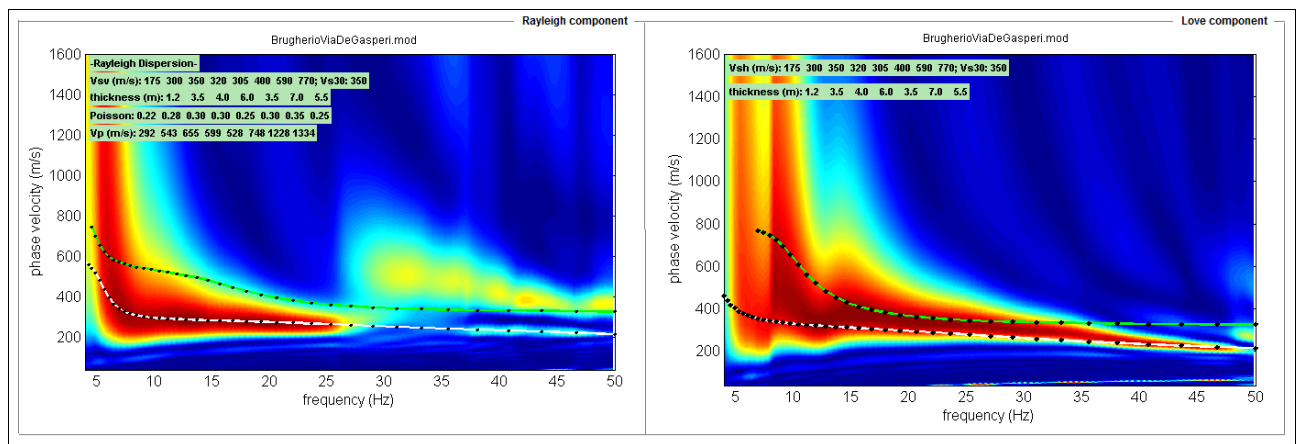


Fig. 16 Risultati dell'analisi congiunta Rayleigh+Love sito S1-S2: modellazione diretta mediante individuazione del modo fondamentale e dei modi superiori che compongono lo spettro di velocità delle onde di Rayleigh (sx) e congiuntamente quello delle onde di Love (dx).

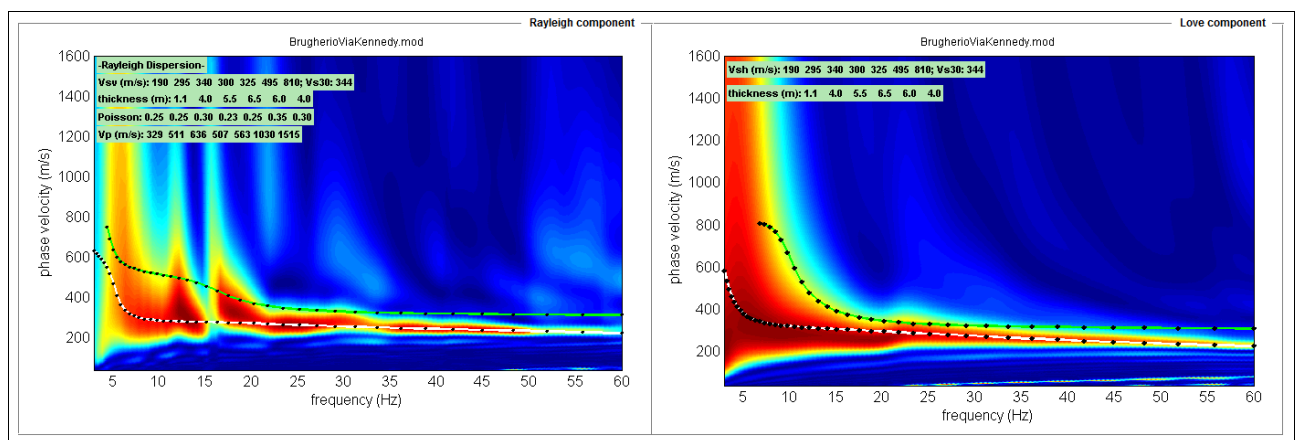


Fig. 16bis Risultati dell'analisi congiunta Rayleigh+Love sito S3: modellazione diretta mediante individuazione del modo fondamentale e dei modi superiori che compongono lo spettro di velocità delle onde di Rayleigh (sx) e congiuntamente quello delle onde di Love (dx).



5.3.4 Profilo sismostratigrafico

Per l'elaborazione e l'interpretazione dei dati, si è tenuto conto delle evidenze del segnale acquisito e delle conoscenze stratigrafiche dell'area di indagine. Nella seguente tabella sono riportati i valori delle velocità medie e gli spessori di ciascun sismostrato, in modo da definire un **modello geofisico medio**, ottenuto mediante analisi delle onde di superficie con metodologia MASW.

Si riportano anche, in maniera indicativa, le stime dei valori di V_p , densità e modulo di Poisson eseguite dal software di elaborazione. Poiché la dispersione delle onde di superficie dipende essenzialmente dalla V_s e degli spessori degli strati (cioè dalla geometria), tali valori di densità e V_p devono essere considerati solamente come stime largamente approssimative. Viene riportato, inoltre, il valore del modulo di taglio che tra i moduli elastici è l'unico che non dipende da V_p , ma solamente da V_s e densità e quindi la sua stima risulta più attendibile.

MODELLO GEOFISICO MEDIO – Via A. De Gasperi (SITO S1-S2) – Brugherio (MB)								
Sismostrato	V_s (m/s)	Spessore (m)	Profondità da p.c. (m)	Stima della V_p (m/s)	V_p/V_s	Stima densità (g/cm³)	Modulo di Poisson	Modulo di Taglio (MPa)
1	175	1,2	-1,2	292	1,67	1,76	0,22	54
2	300	3,5	-4,7	543	1,81	1,91	0,28	172
3	350	4,0	-8,7	655	1,87	1,95	0,30	239
4	320	6,0	-14,7	599	1,87	1,93	0,30	198
5	305	3,5	-18,2	528	1,73	1,90	0,25	177
6	400	7,0	-25,2	748	1,87	1,98	0,30	317
7	590	5,5	-30,7	1228	2,08	2,10	0,35	732
8	770	4,3	-35,0	1334	1,73	2,12	0,25	1259



MODELLO GEOFISICO MEDIO – Via J. E R. Kennedy (SITO S3) – Brugherio (MB)								
Sismostrato	Vs (m/s)	Spessore (m)	Profondità da p.c. (m)	Stima della Vp (m/s)	Vp/Vs	Stima densità (g/cm ³)	Modulo di Poisson	Modulo di Taglio (MPa)
1	190	1,1	-1,1	329	1,73	1,79	0,25	64
2	295	4,0	-5,1	511	1,73	1,89	0,25	165
3	340	5,5	-10,6	636	1,87	1,94	0,30	225
4	300	6,5	-17,1	507	1,69	1,89	0,23	170
5	325	6,0	-23,1	563	1,73	1,91	0,25	202
6	495	4,0	-27,1	1030	2,08	2,06	0,35	505
7	810	7,9	-35,0	1515	1,87	2,15	0,30	1414

I valori sopra riportati sono riferiti a moduli dinamici e quindi a condizioni di bassa deformazione, essendo stimati sulla base delle deformazioni indotte nel terreno. Questo comporta alti valori dei moduli dinamici calcolati. Per deformazioni significativamente superiori, come di norma nei calcoli geotecnici, i valori dovranno essere idoneamente corretti. Il Progettista dovrà quindi utilizzarli solo nei modi e nei casi appropriati.

	Vs ₃₀	Categoria di sottosuolo: C
Modello medio Sito S1-S2	350 m/s	Stimata sulla base del valore di Vs30 calcolato mediante l'espressione 3.2.1 del D.M. 14/01/2008 $V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ [m/s]}$

	Vs ₃₀	Categoria di sottosuolo: C
Modello medio Sito S3	344 m/s	Stimata sulla base del valore di Vs30 calcolato mediante l'espressione 3.2.1 del D.M. 14/01/2008 $V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ [m/s]}$

Si riporta inoltre la stratigrafia schematica del modello medio ottenuto fino a -35 m dal p.c., utilizzato per il calcolo del parametro Vs30 (Fig. 17 e 17bis).

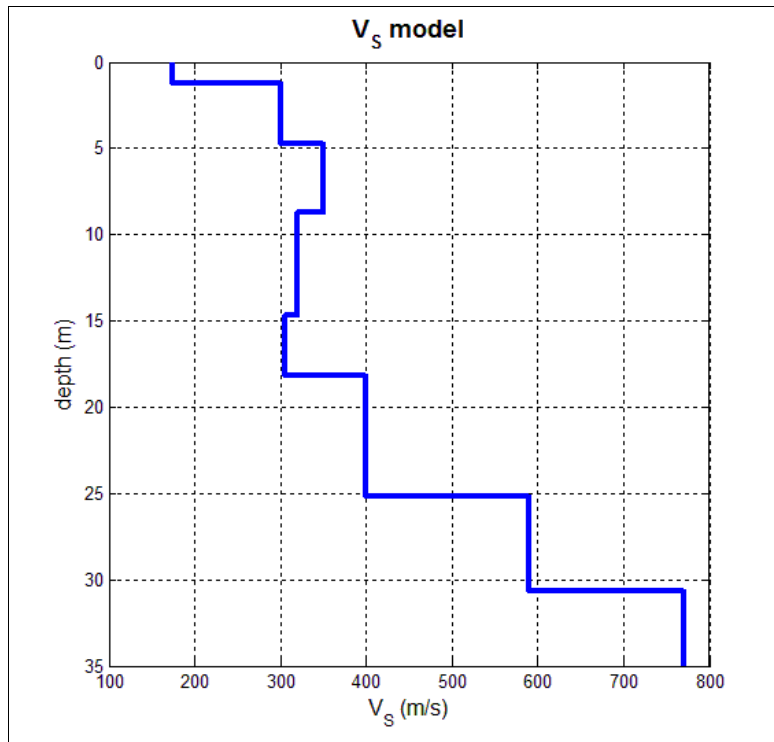


Fig. 17: Profilo sismostratigrafico sito S1-S2.

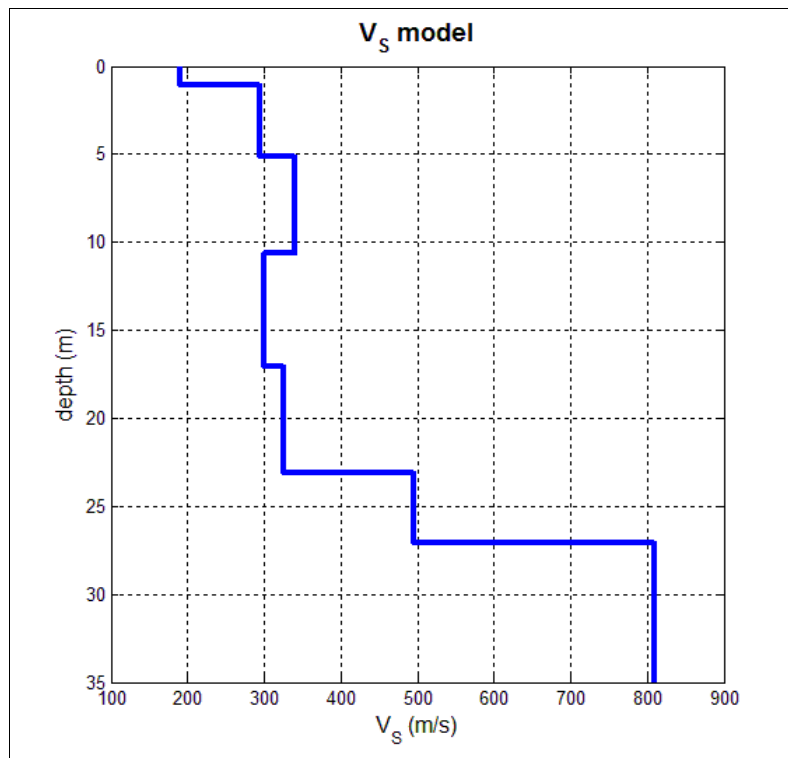


Fig. 17bis: Profilo sismostratigrafico sito S3.



CONCLUSIONI S1-S2

In base ai dati sismostratigrafici ottenuti, si rileva inizialmente, fino ad una profondità di -1,2 m dal p.c., un terreno vegetale rimaneggiato con valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio (onde S) pari a 175 m/s.

Seguono fino a circa -25 m dal p.c., depositi da moderatamente addensati a molto addensati (V_s compresa tra 300 e 400 m/s) correlabili alla sequenza fluviale/fluvioglaciale, che caratterizza il territorio in esame.

Oltre -25,0 m dal p.c. si riscontra un aumento dei valori di velocità fino a valori di 590 m/s, riconducibili a depositi ghiaioso-sabbiosi molto compatti.

Da -30,7 m dal p.c. si riscontrano valori di velocità molto alti ($V_s=770$ m/s) riconducibili alla possibile presenza di depositi grossolani molto compatti e/o ad uno o più strati conglomeratici.

Il profilo sismostratigrafico ottenuto risulta correlabile con il quadro geologico dell'area oggetto di indagine e i valori di velocità delle onde S risultano compatibili con l'andamento delle prove SCPT-DPSH ed SPT in foro, eseguite nel medesimo sito di progetto.

CONCLUSIONI S3

In base ai dati sismostratigrafici ottenuti, si rileva inizialmente, fino ad una profondità di -1,2 m dal p.c., un terreno vegetale rimaneggiato e/o di riporto con valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio (onde S) pari a 190 m/s.

Seguono fino a circa -23.0 m dal p.c., depositi da moderatamente addensati a molto addensati (V_s compresa tra 295 e 340 m/s) correlabili alla sequenza fluviale/fluvioglaciale, che caratterizza il territorio in esame.

Oltre -23,0 m dal p.c. si riscontra un aumento dei valori di velocità fino a valori di 495 m/s, riconducibili a depositi ghiaioso-sabbiosi molto compatti.

Da -27,1 m dal p.c. si riscontrano valori di velocità molto alti ($V_s=810$ m/s) correlabile a orizzonti rigidi (bedrock sismico), riconducibili alla possibile presenza di uno o più strati conglomeratici, presenti all'interno della medesima sequenza deposizionale.

Il profilo sismostratigrafico ottenuto risulta correlabile con il quadro geologico dell'area oggetto di indagine e i valori di velocità delle onde S risultano compatibili con l'andamento delle prove SCPT-DPSH ed SPT in foro, eseguite nel medesimo sito di progetto.

L'intero territorio comunale di Brugherio appartiene ad un contesto dove viene riconosciuto lo scenario di Pericolosità Sismica Locale (PSL) Z4a (Fig. 11), e dove, ai sensi della DGR 2616/2011, si rende



necessario un approfondimento sismico di secondo livello. Il comune di Brugherio, in fase di predisposizione della componente geologica del proprio Piano di Governo del Territorio, ha già provveduto ad eseguire tale approfondimento sismico, che tuttavia ha fornito esiti non omogenei all'interno dell'intero territorio comunale. Per tale ragione si è provveduto ad eseguire gli approfondimenti sismici di secondo livello per entrambi i siti investigati (allegato 7), che hanno consentito di giungere alla determinazione della **categoria di suolo C** da utilizzare nella progettazione strutturale dei manufatti.

Dal punto di vista geomorfologico, le aree inserite nel Piano in studio appartengono a contesti pianeggianti.

Nei calcoli geotecnici si potrà pertanto far riferimento alla Categoria Topografica T1

7 CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI DI CARATTERE GENERALE

Riepilogando, la Committenza ha affidato agli scriventi la realizzazione di una indagine geologica al fine di verificare la compatibilità degli interventi previsti nel Piano Integrato Intervento - Ambito di trasformazione AT-02A, in comune di Brugherio (MB), con l'assetto geologico, idrogeologico, geomorfologico e sismico del contesto nel quale si inseriscono.

Degli interventi previsti dal Piano, solo quelli riferiti alla costruzione di nuovi edifici in via Alcide de Gasperi e in via Kennedy, nonché di un nuovo parcheggio interrato in Largo Donatori di Sangue si ritiene abbiano rilevanze di natura geologica, ed è pertanto ad essi che si è riferito il presente studio di compatibilità.

Il lavoro è stato articolato in una fase d'indagine bibliografica preliminare, che ha consentito la ricostruzione dell'assetto geologico dell'ambito di intervento considerato nel suo insieme.

Tale assetto è stato successivamente verificato mediante rilievi geologici e geomorfologici di dettaglio, estesi all'area interessata dal Piano Attuativo e ad un suo immediato intorno, nonché ad indagini geognostiche che hanno visto l'esecuzione di sondaggi a carotaggio continuo con prove penetrometriche in foro e prove di permeabilità, prove penetrometriche dinamiche e di indagini di sismica multicanale.

È stata quindi valutata la compatibilità degli interventi previsti con gli strumenti di pianificazione urbanistica comunali (Studio Geologico Comunale di supporto al PGT), provinciali (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale) e sovraordinati (Piano per l'Assetto Idrogeologico e Classificazione Sismica del territorio nazionale).

Le indagini condotte e la documentazione consultata consentono di esprimere le seguenti considerazioni conclusive:



- dal punto di vista geologico l'area appartiene ad un contesto caratterizzato dalla presenza di depositi alluvionali quaternari noti come "Diluvium recente" che rappresentano il cosiddetto "Livello Principale della Pianura Padana". Tali terreni sono costituiti da depositi fluvioglaciali formati da ghiaie sabbiose e sabbie con strato superficiale di alterazione limitato a 40-60 cm, generalmente brunastro;
- dal punto di vista idrogeologico il sottosuolo del territorio esaminato si caratterizza per la presenza di una falda freatica con valori di soggiacenza compresi mediamente fra - 14 e - 12 m da p.c. L'analisi evolutiva dell'andamento della falda evidenzia come le sue oscillazioni possano portare il valore di soggiacenza a livelli raramente inferiori a - 10 m da p.c.;
- la permeabilità generale del sottosuolo è piuttosto elevata e il drenaggio delle acque verso la falda libera è mediamente garantito. Le prove Lefranc eseguite in un foro di sondaggio geognostico consentono di stimare in $5 \cdot 10^{-2}$ cm/s il valore di permeabilità del primo sottosuolo, potenzialmente interessato dal posizionamento di pozzi perdenti (laddove le aree non risultano vincolate dalla presenza della fascia di rispetto di pozzi pubblici ad uso idropotabile, come specificato di seguito).
- per quanto riguarda la compatibilità degli interventi previsti con gli strumenti di pianificazione territoriale vigenti a livello comunale e sovracomunale sull'ambito di futuro intervento e inerenti le tematiche geologiche e idrogeologiche, la consultazione dello Studio Geologico comunale, del PTCP della Provincia di Monza Brianza e del Piano di Assetto Idrogeologico di bacino del Fiume Po non ha evidenziato la presenza di vincoli che si pongano in contrasto con le opere in previsione. Si evidenzia tuttavia l'appartenenza di buona parte degli ambiti di trasformazioni ad aree vincolate per la presenza di fasce di rispetto di pozzi pubblici idropotabili, dove vige la normativa di cui al D.Lgs 152/06 e DGR 12693/03;
- in particolare, l'ambito di futuro intervento appartiene ad un'area inserita in classe di fattibilità geologica 2, definita come un'area con modeste limitazioni alla modifica della destinazione d'uso dei terreni legate alla vulnerabilità della falda, che consentono la trasformazione prevista dal PII di cui si tratta solo a seguito di approfondimenti geognostici che sono stati eseguiti e che hanno dimostrato la compatibilità dell'intervento.

Sulla base delle sopraelencate considerazioni e delle limitazioni esposte è possibile ritenere il PIANO INTEGRATO DI INTERVENTO - AMBITO DI TRASFORMAZIONE AT-02A, compatibile con l'assetto geologico, idrogeologico, sismico e vincolistico del contesto in cui si colloca.



Si ritiene utile fornire alcune indicazioni e suggerimenti per la fase esecutiva:

- la progettazione di ogni singolo intervento edificatorio, inteso come singolo edificio di ogni tipologia, ordine e dimensione, dovrà essere preceduta da opportuni approfondimenti geologici s.s. e geognostici, obbligatori ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni", atti ad una caratterizzazione puntuale dei parametri geotecnici del sottosuolo, per la verifica dell'interazione tra terreno di fondazione e opera in elevazione. Le relazioni Geologiche e Geotecniche interpretative di tali approfondimenti dovranno essere allegate alle istanze di Permesso di Costruire o alle Dichiarazioni di Inizio Attività o ad altro atto autorizzativo;
- per quanto riguarda la gestione delle acque bianche (pluviali e di dilavamento tetti, piazzali) si ricorda che la crescente urbanizzazione dei territori costituisce una concausa importante nello sviluppo di fenomeni di piena di fiumi e torrenti sempre più intensi (in termini di portata) e violenti (in termini di rapidità di sviluppo dell'onda di piena). Ciò è dovuto al fatto che le superfici impermeabili delle aree lottizzate impediscono la percolazione nel sottosuolo delle acque di origine meteorica, che viceversa tendono a ruscellare (con tempi di corrivazione piuttosto contenuti) e alimentano la rete fognaria che, sovraccaricata, sfiora il troppo pieno nei corsi d'acqua superficiali. Ciò, laddove non esista la rete separata delle acque bianche da quelle nere, comporta ulteriori conseguenze negative, rappresentate sia dall'immissione in corpi idrici superficiali di acque non propriamente bianche, sia dall'eccessiva diluizione di quelle nere che comporta il cattivo funzionamento degli impianti di depurazione. Pertanto, come previsto anche dal Regolamento Regionale 24 Marzo 2006 n. 2 "Disciplina dell'uso delle acque superficiali e sotterranee, dell'utilizzo delle acque a uso domestico, del risparmio idrico e del riutilizzo dell'acqua in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera c) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26", all'art. 6 comma e) che prevede che "I progetti di nuova edificazione e gli interventi di recupero del patrimonio edilizio prevedono, per gli usi diversi da quello umano, ove possibile, l'adozione di sistemi di captazione, filtro e accumulo delle acque meteoriche provenienti dalle coperture degli edifici; nonché, al fine di accumulare liberamente le acque meteoriche, la realizzazione, ove possibile in relazione alle caratteristiche dei luoghi, di vasche di invaso, possibilmente interrato.....", al fine di determinare un risparmio della risorsa idrica, sempre più preziosa e oggetto della crescente sensibilità ecologica, si raccomanda, se tecnicamente possibile, l'accumulo delle acque meteoriche, ad esempio per un loro riutilizzo nell'irrigazione dei giardini;
- qualora tale scelta progettuale non si ritenesse tecnicamente o economicamente percorribile, o in abbinamento alla stessa, dovrà essere valutata la possibilità di smaltire le acque bianche direttamente nel sottosuolo attraverso il posizionamento di pozzi perdenti, laddove tale operazione risultasse compatibile con il quadro vincolistico vigente sulla porzione di territorio interessata;



- si ricorda inoltre che, ai sensi delle L. n. 98 del 09/08/2013 e successive delibere attuative, le terre e rocce da scavo, anche di gallerie, ottenute quali sottoprodotti, possono essere utilizzate per reinterri, riempimenti, rimodellazioni e rilevati purché sia accertato che non provengono da siti contaminati o sottoposti ad interventi di bonifica e che le loro caratteristiche chimiche e chimico-fisiche siano tali che il loro impiego nel sito prescelto non determini rischi per la salute e per la qualità delle matrici ambientali interessate. In particolare deve essere dimostrato che il materiale da utilizzare non è contaminato con riferimento alla destinazione d'uso del medesimo. La sussistenza di tali requisiti, nonché i tempi dell'eventuale deposito in attesa di utilizzo, che non possono superare un anno, devono essere dimostrati e verificati nell'ambito della procedura per il rilascio dell'atto autorizzativo all'edificazione;
- infine si ritiene che le caratteristiche geologiche del contesto in cui si inserisce l'intervento in esame siano compatibili con la realizzazione di impianti di climatizzazione degli edifici basati sull'energia geotermica. Si suggerisce pertanto di valutare la scelta di tale fonte energetica alternativa ed ecocompatibile nella progettazione degli impianti di riscaldamento e raffrescamento delle strutture in previsione, in particolare attraverso la messa in opera di impianti di scambio termico a pompa di calore alimentata da acque di falda.

10 novembre 2016

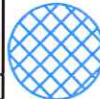
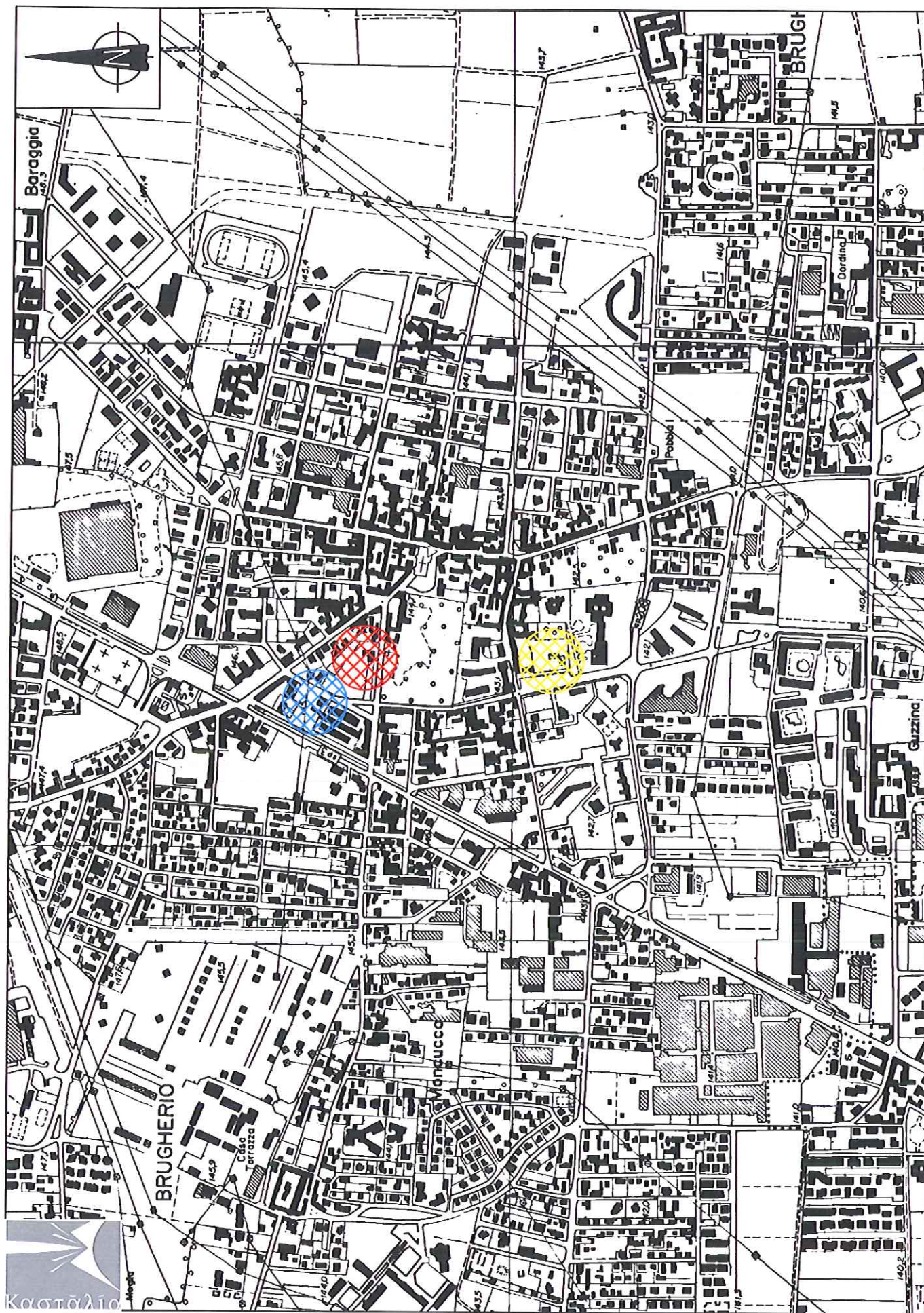
Dott. Geol. Giulio Mazzoleni

Dott. Geol. Davide Incerti

La proprietà intellettuale e il diritto d'autore del presente elaborato appartengono in maniera esclusiva ai firmatari. Ogni riproduzione, anche parziale, deve essere autorizzata. Ogni utilizzo diverso da quello previsto deve considerarsi illegittimo.

Allegato 1

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO
SCALA 1:10.000



Parcheggio Largo Donatori di Sangue



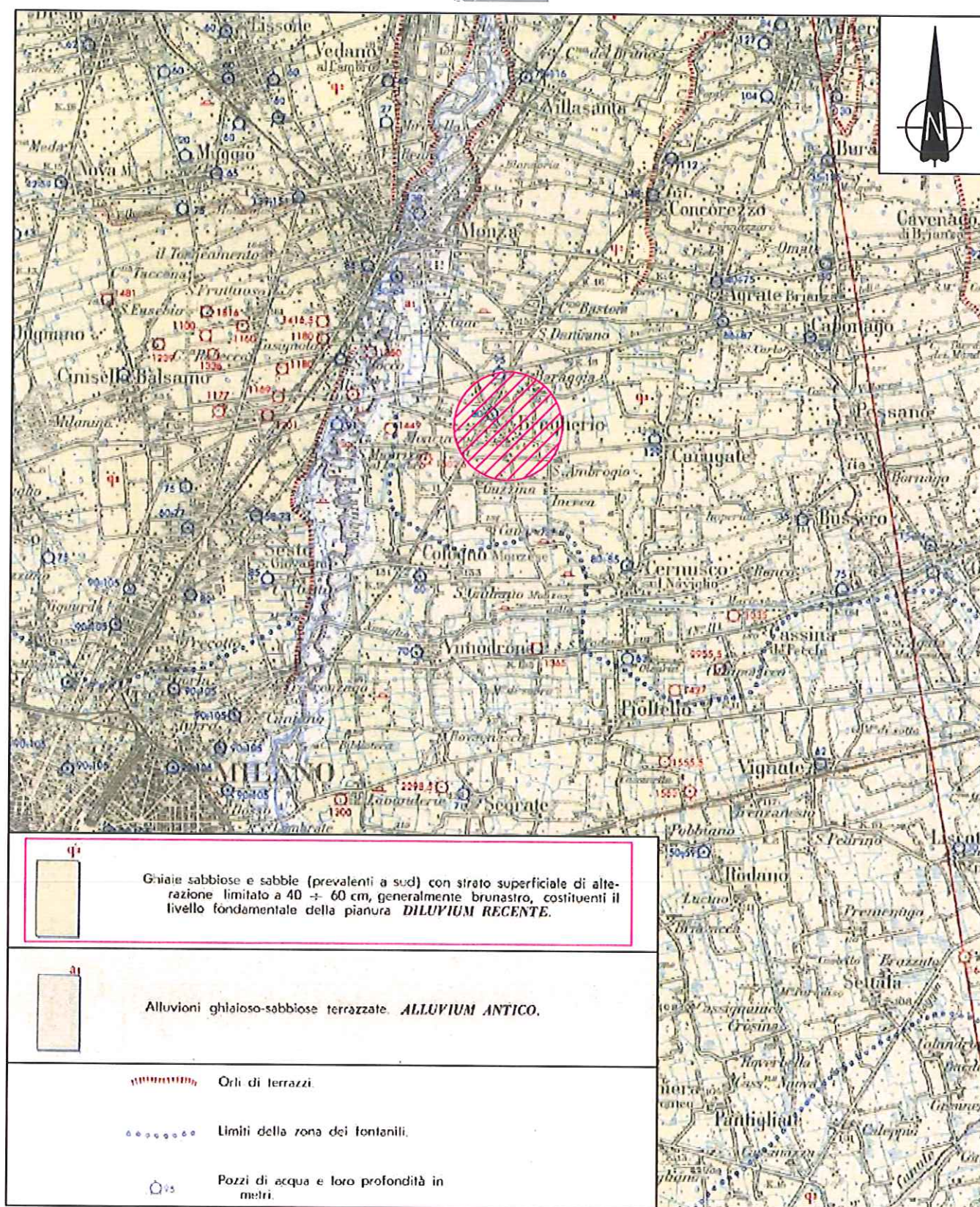
Nuovo edificio via De Gasperi



Nuovo edificio Via Kennedy

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

- SCALA 1:100.000 (Carta Geologica d'Italia)
- SCALA 1:7.000 (Stralcio Carta Inquadramento Geologico allegata allo Studio Geologico di supporto al P.G.T. comunale di Brugherio, la quale riprende i contenuti del C.A.R.G.)



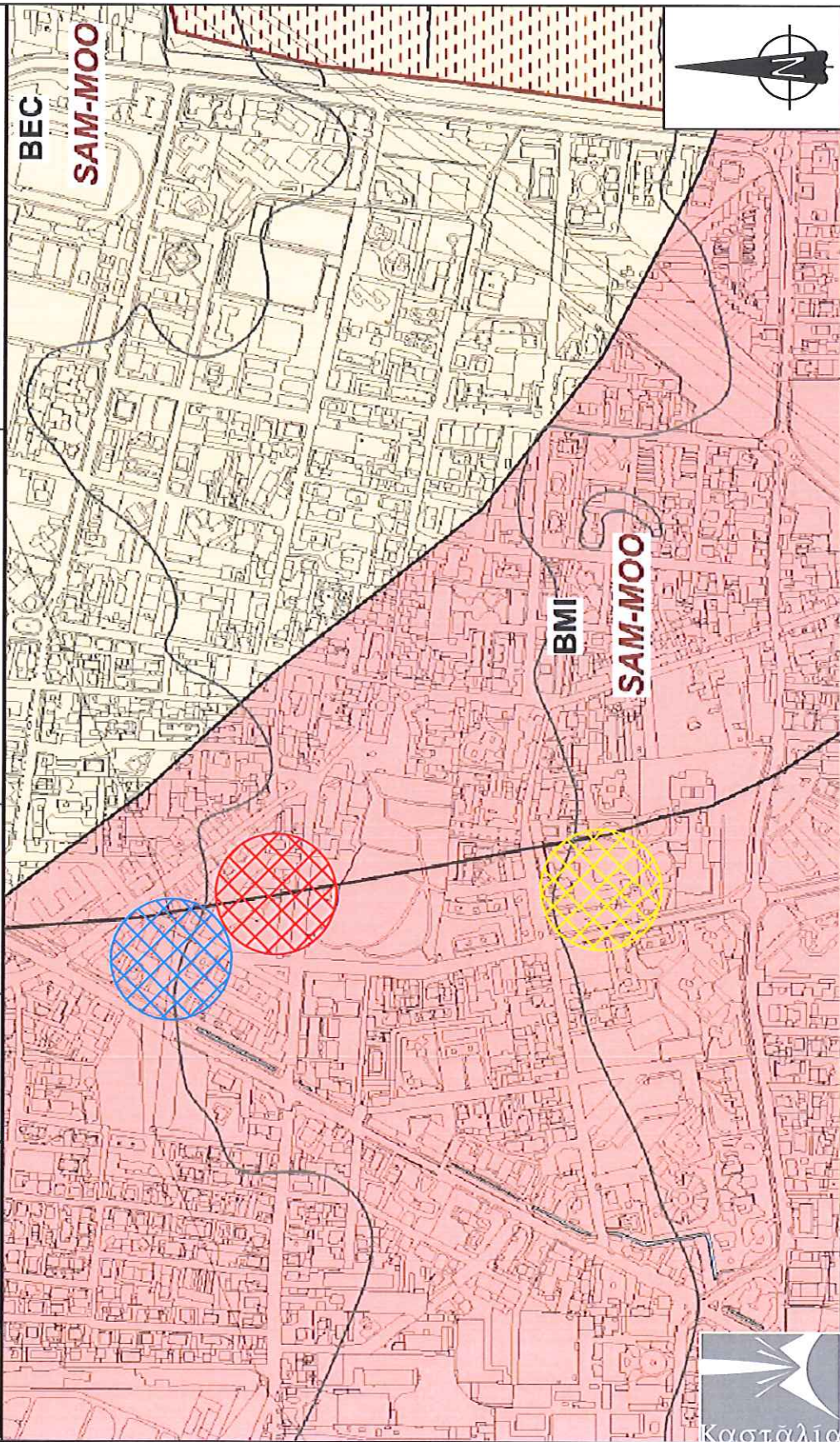
CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, FOGLIO 45 "MILANO", scala 1:100.000 - stralcio



Ubicazione della porzione di territorio in esame e indicazione dell'Unità geologica di interesse

Allegato 2a

BMI	Sistema di Minoprio	fluvio-glaciale	Pleistocene medio-superiore	ghiaie ciottolose a matrice sabbiosa e sabbioso-limosa con suoli lisciviati scheletrici.	TCC: suoli lisciviati scheletrici ciottolosi
				ghiaie a matrice sabbiosa e sabbioso-limosa con suoli moderatamente scheletrici, lisciviati.	SAM-MOO: suoli lisciviati prevalenti, franco grossolani e moderatamente scheletrici
				ghiaie con ciottoli, sabbie e sedimenti sabbioso limosi con suoli bruni franco scheletrici	SAM-OLG: prevalenti suoli bruni, talvolta suoli lisciviati, franco scheletrici o grossolani con possibili epipedon mollico
BEC	Sistema di Cadorego	fluvio-glaciale	Pleistocene medio-superiore	ghiaie ciottolose a matrice sabbiosa con livelli sabbiosi e suoli lisciviati ciottolosi	TCC: suoli lisciviati molto ciottolosi, franco scheletrici
				ghiaie a matrice sabbiosa con sabbie e suoli lisciviati e bruni con scheletro frequente	MOO-SAM: suoli lisciviati e suoli bruni franco scheletrici o grossolani, moderatamente profondi



Stralcio (scala 1:7.000) Carta di Inquadramento Geologico (contenuti tratti dal C.A.R.G.) tratta dallo Studio Geologico di supporto al P.G.T. comunale di Brughiero (MB)

Allegato 3

UBICAZIONE INDAGINI

1.VIA DE GASPERI

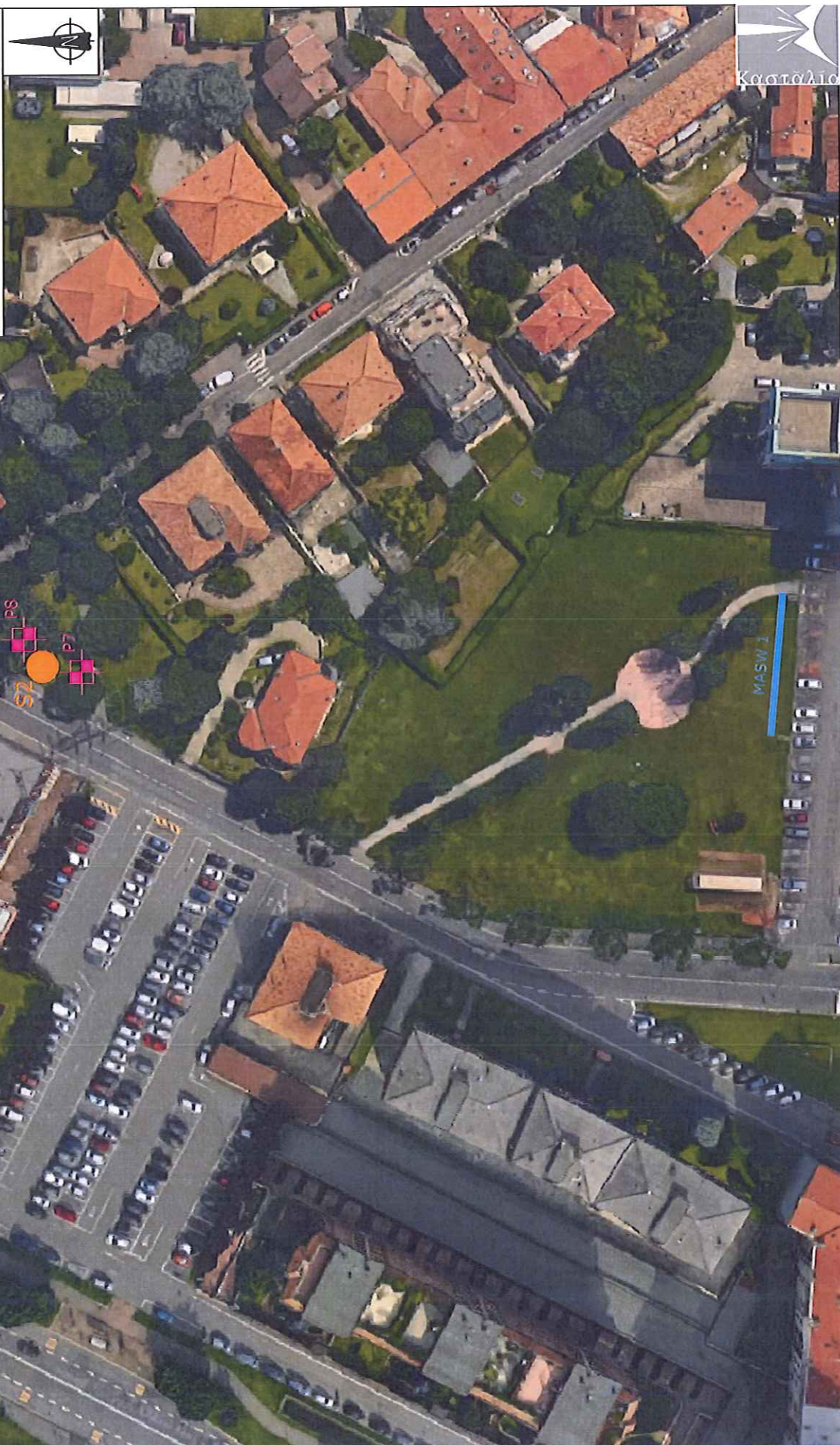
2.LARGO DONATORI DEL
SANGUE

3.VIA KENNEDY

P7 Ubicazione prove penetrometriche
dinamiche e relativa numerazione
(28/10/2016)

S2 Sondaggio S2, attrezzato a
piezometro (realizzato il
28/10/2016)

MASW 1 Stendimento di linea sismica
multicanale (28/10/2016)



Allegato 4

STRATIGRAFIE DI
SONDAGGIO E RISULTATI
PROVE LEFRANC E SPT



COMUNE DI BRUGHERIO (MB)

Committente

P.S.T. srl

Data

28/10/2016

Ubicazione

Via De Gasperi – Parco Miglio

Sondaggio

S1

Diametro rivestimento

152 mm

Diametro carotiere

101 mm

	Profondità dal p.c. (m)	Potenza dello strato (m)	Simbolo	Descrizione litologica	Livello statico della falda (m)	Piezometro	Prove in foro	
							S.P.T.	Lefranc
	0,5	0,5		Terreno bruno rossastro sabbioso debolmente limoso con materiale antropico (mattoni)		Tubazione cieca in PVC diam. 3'		
	2,0	1,5		Sabbia debolmente limosa con ghiaia centimetrica molto abbondante			1,5	
	2,4	0,4		Matrice argilloso-limosa con annegata ghiaia medio-grossolana			10-18-25	
	4,0	1,6		Ghiaia medio-grossolana (centimetrica) con sabbia debolmente limosa		3,0	3,0	
	5,3	1,3		Ghiaia media sabbiosa con ciottoli pluricentrici			44-rif	
	6,0						4,5	4,0 - 4,5
	8,0	4,2		Da 5,3 a 5,4 ciottolo Da 5,4 a 9,5 ghiaia fine sabbiosa con ciottoli centimetrici da grigia a marrone procedendo con la profondità			48-rif	S1/K1
	9,5	1,5		Ghiaia fine con abbondante matrice limoso-argillosa debolmente sabbiosa			6,0	
	11,0	1,0		Ghiaia medio grossolana con ciottoli e sabbia			14-41-rif	
	12,0	1,5		Sabbia limosa grigia con subordinata ghiaia media e ciottoli			7,5	7,0 - 7,5
	13,5	0,6		Sabbia argillosa marrone con annegata ghiaia fine			16-30-25	S1/K2
	14,1	0,2		Argilla marrone debolmente sabbiosa			6,0	
	14,3	0,7		Sabbia fine argillosa marrone con ghiaia media	14,50	Tubazione fessurata in PVC diam. 3'	9,0	
	15						13-26-33	
	16						10,5	
							19-18-25	
							12,0	
							4-12-26	
							13,5	
							6-10-18	
							15,0	
							6-12-17	

FONDO FORO M 15,00 DA P.C.



COMUNE DI BRUGHERIO (MB)

Committente

P.S.T. srl

Data

28/10/2016

Ubicazione

Largo Donatori del Sangue – Parco Miglio

Sondaggio

S2

Diametro rivestimento

152 mm

Diametro carotiere

101 mm

	Profondità dal p.c. (m)	Potenza dello strato (m)	Simbolo	Descrizione litologica	Livello statico della falda (m)	Piezometro	Prove in foro	
							S.P.T.	Lefranc
	0,5	0,5		Terreno sabbioso limoso rossastro con elementi antropici (mattoni)				
	1,0	0,5		Sabbia rossastra con ghiaia media			1,5	
	2,0	2,0		Ghiaia sabbiosa con ciottoli da centimetrici a pluricentrici (rari)			5-19-25	
	3,0						3,0	
	3,4	0,4		Ghiaia medio-grossolana con scarsa matrice limoso-sabbiosa			10-15-37	
	4,0							
	4,5	1,1		Ghiaia media con ciottoli e matrice limoso-sabbiosa grigia			4,5	
	5,0	0,5		Ghiaia media grossolana con ciottoli in matrice limoso-sabbiosa debolmente argillosa di colore marrone nocciola			6-16-32	
	6,0						6,0	
							22-rif	
	8,0	7,0		Ghiaia media con ciottoli anche decimetrici in matrice sabbiosa debolmente limosa di colore variabile da grigio a nocciola			7,5	
							27-40-rif	
							9,0	
							14-22-22	
	10						10,5	
							24-rif	
	12						12,0	
							22-37-44	
	14							
	16							

FONDO FORO M 12,00 DA P.C.

Compilatore: dott. geol. Davide Incerti



COMUNE DI BRUGHERIO (MB)

Committente

P.S.T. srl

Data

31/10/2016

Ubicazione

Via Kennedy

Sondaggio

S3

Diametro rivestimento

152 mm

Diametro carotiere

101 mm

	Profondità dal p.c. (m)	Potenza dello strato (m)	Simbolo	Descrizione litologica	Livello statico della falda (m)	Piezometro	Prove in foro	
							S.P.T.	Lefranc
	0,8	0,8		Terreno vegetale sabbioso-limoso e debolmente argilloso, ricco in sostanza organica, mediamente consistente, colore marrone-ocra				
	1,5	0,7		Sabbia e ghiaia medio-fine arrotondata, molto alterata, frammista ad abbondante limo argilloso marrone con sparsi frammenti di radici		Tubazione cieca in PVC diam. 3'	1,5	
	2,1	0,6		Sabbia e ghiaia medio-fine arrotondata a supporto clastico, con limo argilloso di colore marrone-grigio			6-14-22	
	4,0	4,0		Sabbia medio-grossolana e ghiaia medio-grossolana grigia, clasti arrotondati (diam. max 5 cm), limo raro o assente, molto consistente	Non è stata rilevata acqua sotterranea all'interno della verticale di indagine entro la profondità raggiunta	3,0	3,0	
	6,0						10-19-37	
	6,1						4,5	
							40-rif	
	8,0						6,0	
							24-rif	
	9,0	2,9		Sabbia medio-fine ghiaiosa (diam. max 3 cm), mediamente consistente di colore grigio, limo raro o assente		Tubazione fessurata in PVC diam. 3'	7,5	
							5-17-24	
	10						9,0	
							15-18-21	
	12	3,0		Sabbia medio-fine limosa e debolmente argillosa di colore marrone-verdastro, mediamente consistente, con sparsi ciottoli arrotondati (diam. max 8 cm), con poca ghiaia medio-grossolana arrotondata. Tra 10,90 e 11,15 lente limoso-sabbiosa con argilla e qualche ciottolo arrotondato (diam. 3 cm), a supporto di matrice, mediamente o poco consistente			10,5	
							11-44-rif	
	14						12,0	
	16						22-37-44	

FONDO FORO M 12,00 DA P.C.



Data: **28 ottobre 2016**

COMMITTENTE: **P.S.T. srl**

CANTIERE: **Via De Gasperi – Parco Miglio comune di Brugherio (MB)**

SONDAGGIO N° **S1**

PROVA DI PERMEABILITA' "LEFRANC" A CARICO VARIABILE N°: **K1**

Profondità del foro da p.c. (m)	4,50
Profondità rivestimento da p.c. (m)	4,00
Sporgenza testa tubo da p.c. (m)	0,50
Lunghezza tratto di foro investigato (m)	0,50
Diametro tratto di foro investigato (mm)	152
Diametro tubo rivestimento (mm)	152
Livello acqua inizio prova da testa tubo (m)	0,00

Abbassamento livello acqua			
Tempo (sec)	Livello acqua da testa tubo (cm)	Abbassamento relativo (cm)	Lettura da fondo foro (cm)
0	0	0	450
15"	- 192	192	258
30"	- 277	85	173
45"	- 341	64	109
60"	- 375	34	75
75"	- 400	25	50
90"	- 420	20	30
105"	- 428	8	22
120"	- 432	4	18
135"	- 438	6	12
180'	- 445	7	5

K = 7,95 E - 2 cm/s

Il Responsabile: dott. geol. Davide Incerti



Data: **28 ottobre 2016**

COMMITTENTE: **P.S.T. srl**

CANTIERE: **Via De Gasperi – Parco Miglio comune di Brugherio (MB)**

SONDAGGIO N° **S1**

PROVA DI PERMEABILITA' "LEFRANC" A CARICO VARIABILE N°: **K2**

Profondità del foro da p.c. (m)	7,50
Profondità rivestimento da p.c. (m)	7,00
Sporgenza testa tubo da p.c. (m)	0,50
Lunghezza tratto di foro investigato (m)	0,50
Diametro tratto di foro investigato (mm)	152
Diametro tubo rivestimento (mm)	152
Livello acqua inizio prova da testa tubo (m)	0,00

Abbassamento livello acqua			
Tempo (sec)	Livello acqua da testa tubo (cm)	Abbassamento relativo (cm)	Lettura da fondo foro (cm)
0	0	0	750
15"	- 250	250	500
30"	- 340	90	410
45"	- 420	80	330
60"	- 460	40	290
75"	- 490	30	260
90"	- 522	32	228
120"	- 562	40	188
150"	- 599	37	151
180"	- 621	22	129
210"	- 659	38	91
240"	- 671	12	79
300"	- 686	15	64
360"	- 699	13	51
420"	- 708	9	42
480"	- 721	13	29
540"	- 731	10	19
600"	- 738	7	12
720"	- 743	5	7

K = 1,99 E - 2 cm/s

Il Responsabile: dott. geol. Davide Incerti

Allegato 5

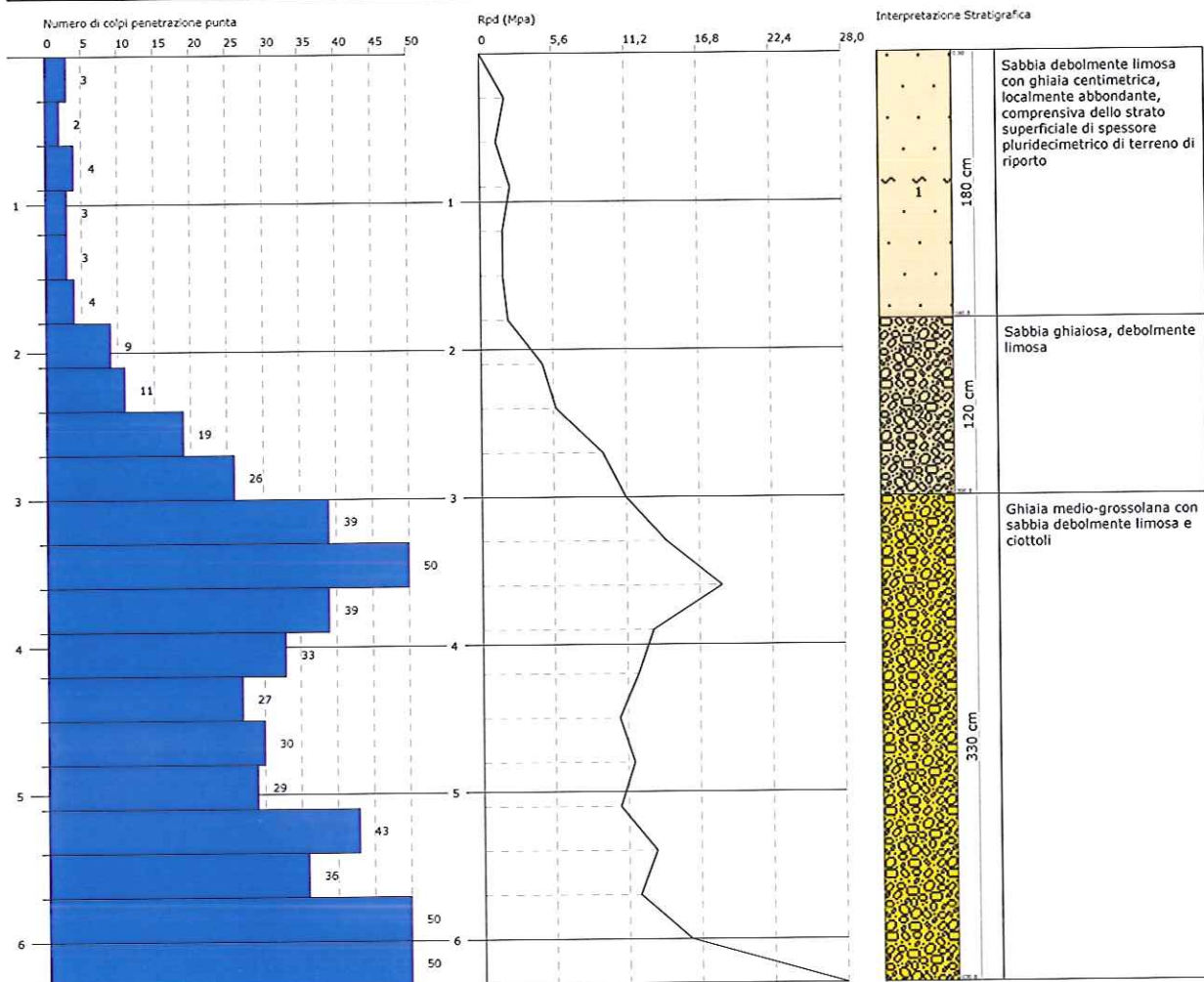
PROVE PENETROMETRICHE
DINAMICHE E
CARATTERISTICHE
TECNICHE
DELL'ATTREZZATURA IN
USO

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Committente: P.S.T. srl
Cantiere: Brugherio (MB)
Località: Via De Gasperi

Data: 28/10/2016

Scala 1:50

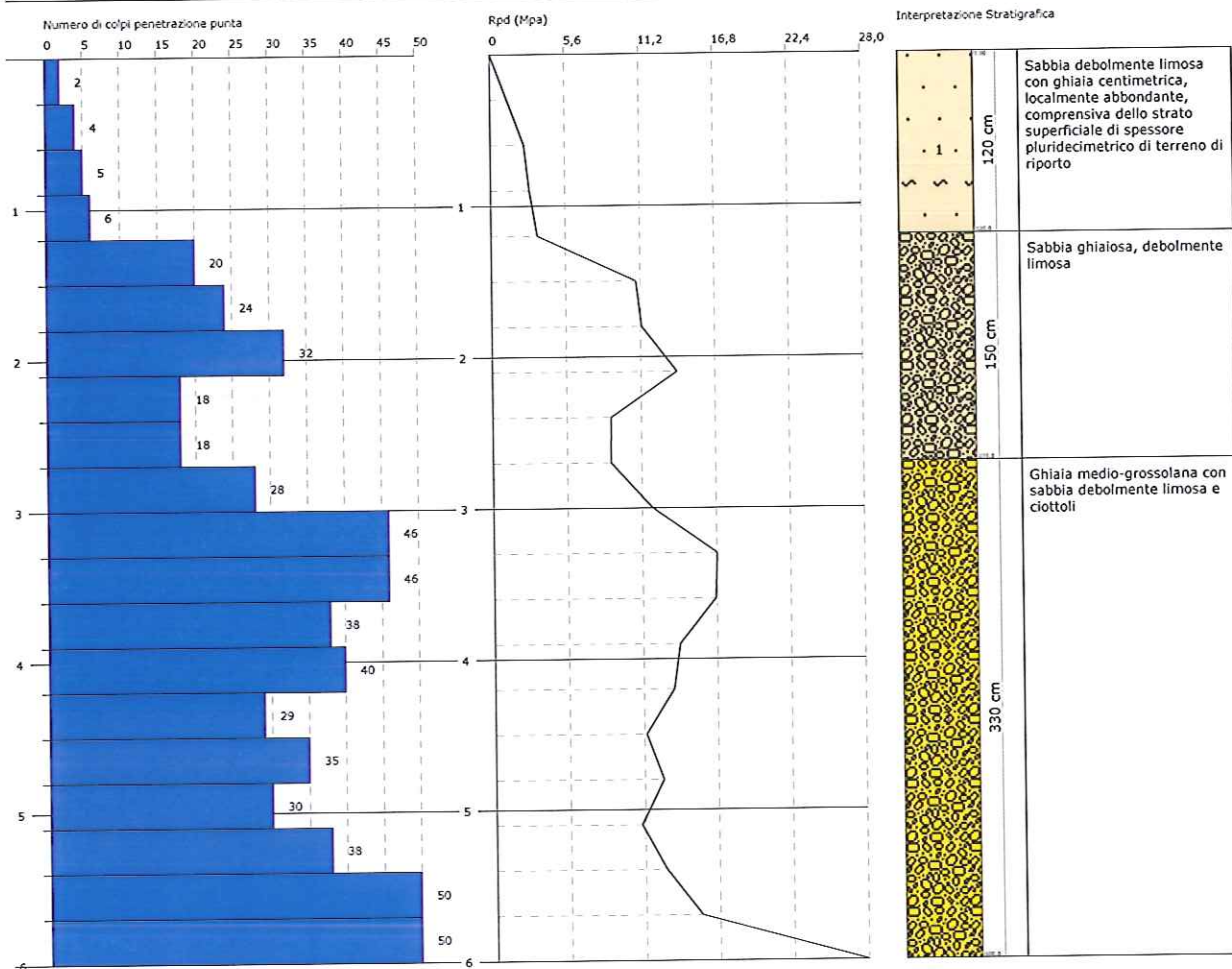


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Committente: P.S.T. srl
Cantiere: Brugherio (MB)
Località: Via De Gasperi

Data: 28/10/2016

Scala 1:50

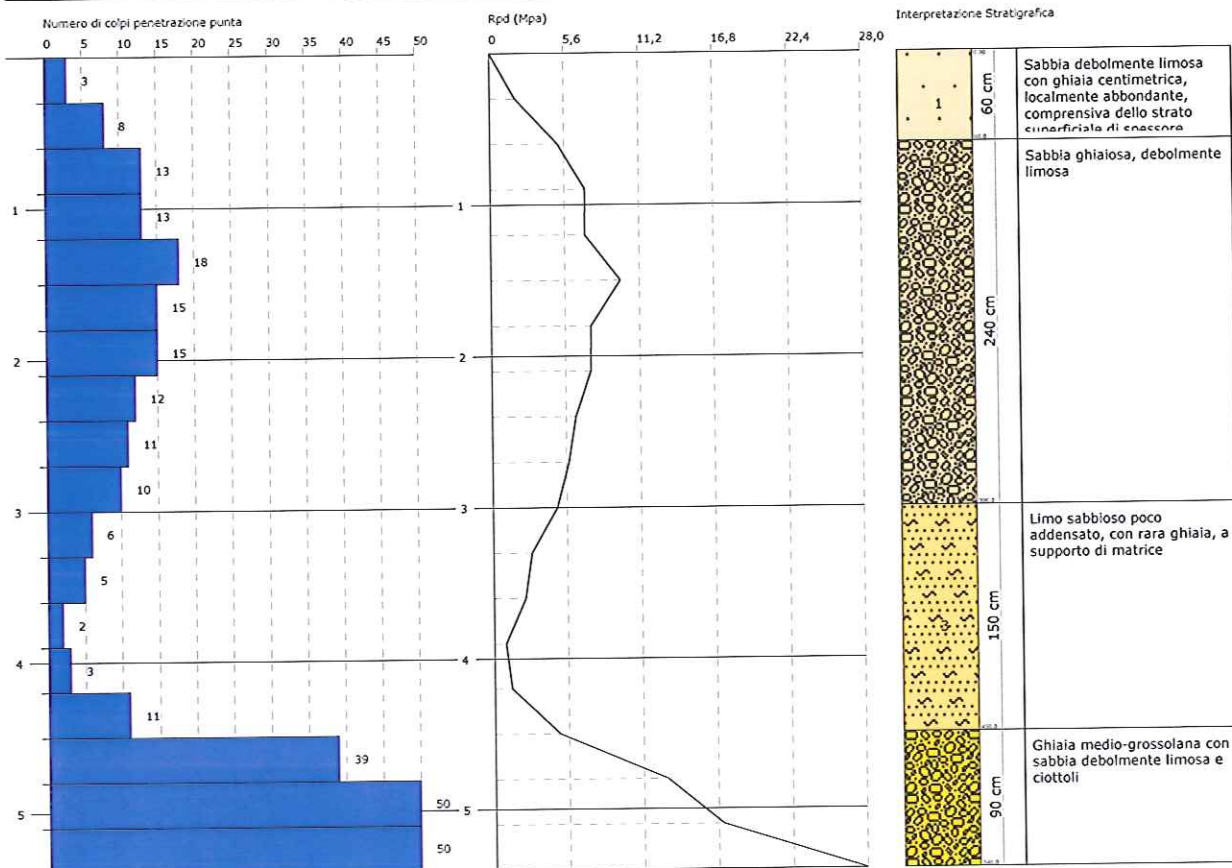


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3
Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Committente: P.S.T. srl
Cantiere: Brugherio (MB)
Località: Via De Gasperi

Data: 28/10/2016

Scala 1:50

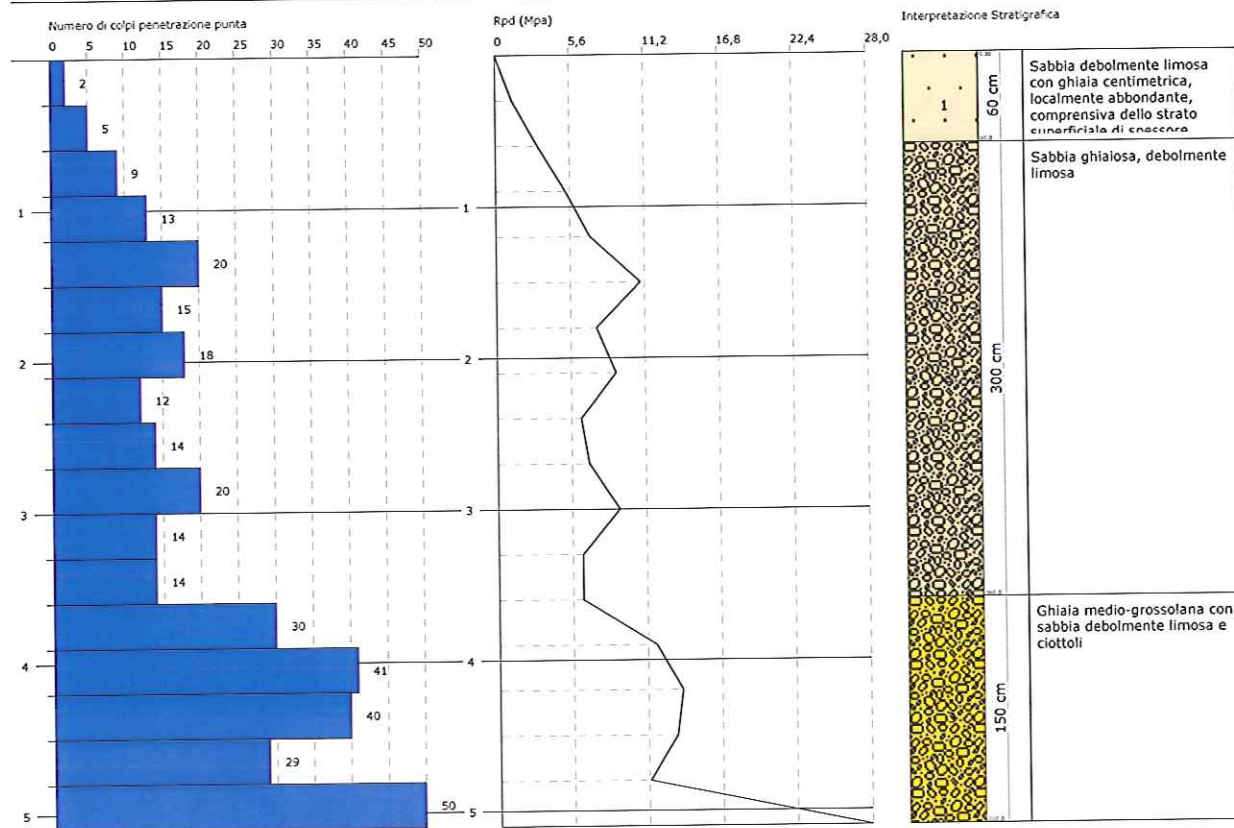


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4
Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Committente: P.S.T. srl
Cantiere: Brughiero (MB)
Località: Via De Gasperi

Data: 28/10/2016

Scala 1:50

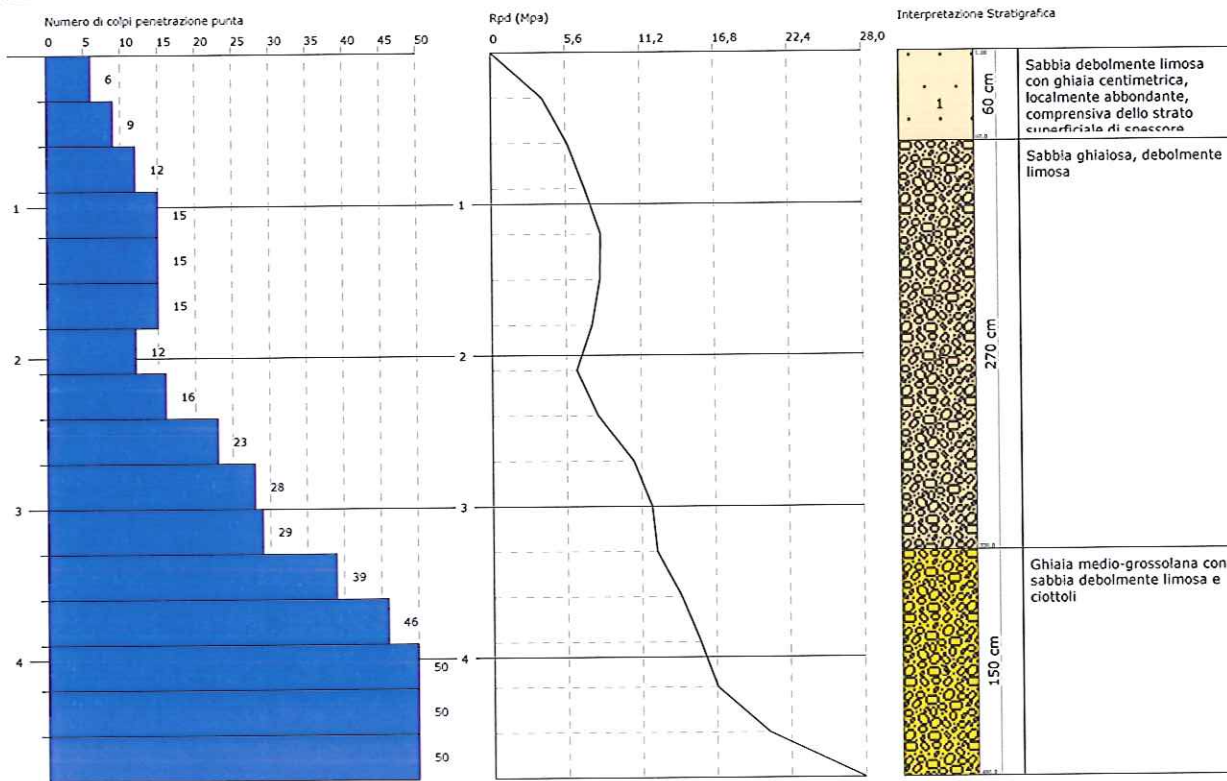


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.5
Strumento utilizzato... SPT (Standard Cone Penetration Test)

Committente: P.S.T. srl
Cantiere: Brugherio (MB)
Località: Via De Gasperi

Data: 28/10/2016

Scala 1:50

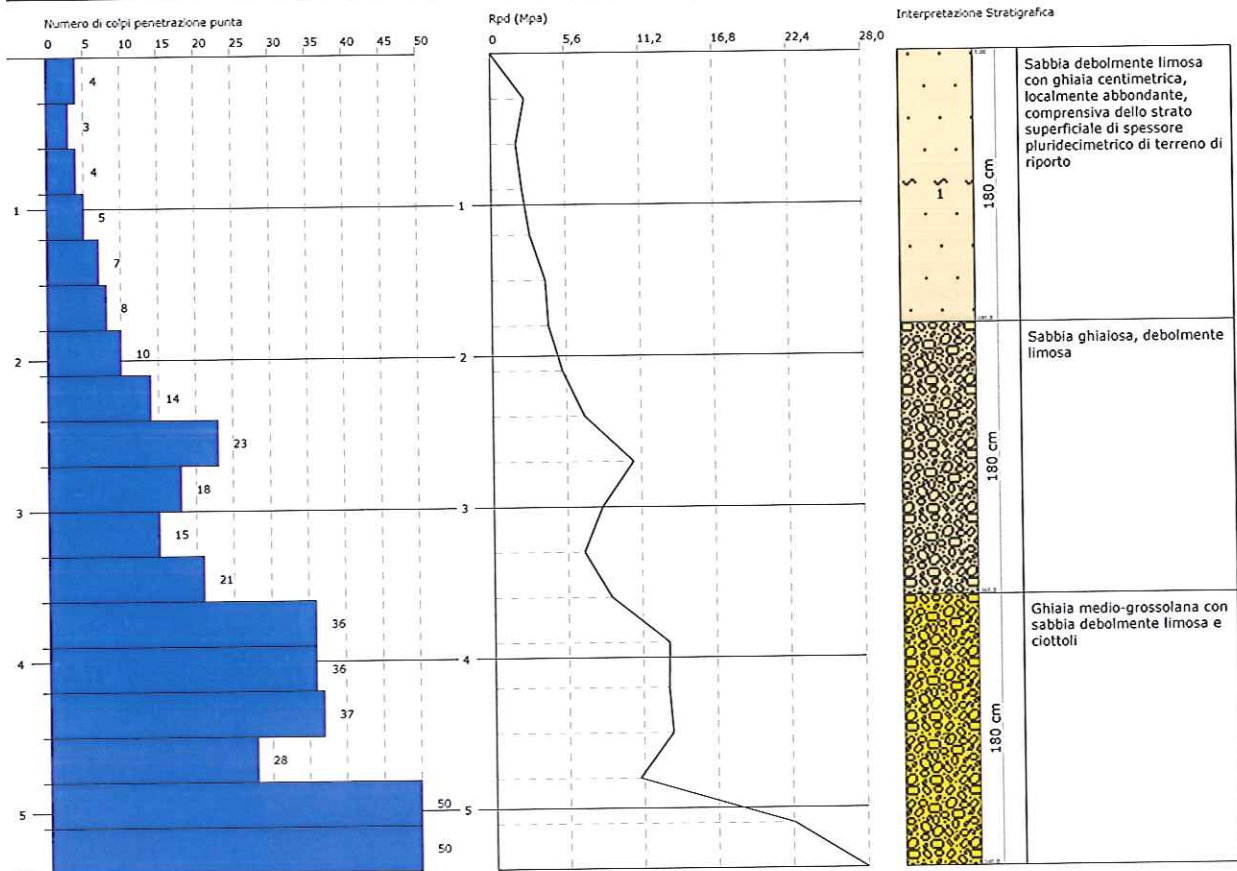


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.6
Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Committente: P.S.T. srl
Cantiere: Brugherio (MB)
Località: Via De Gasperi

Data: 28/10/2016

Scala 1:50

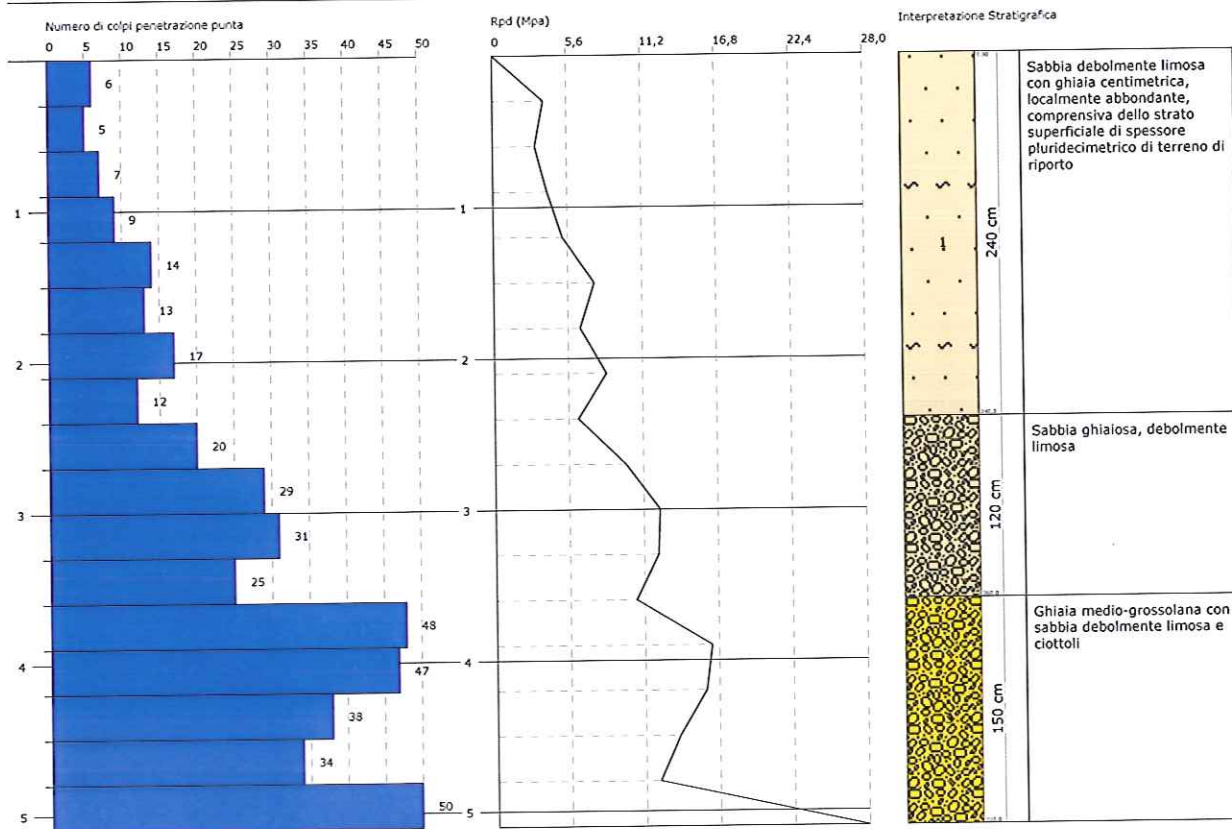


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.7
Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Committente: S.P.T. srl
Cantiere: Brughiero (MB)
Località: Largo Donatori del Sangue - Parco Miglio

Data: 28/10/2016

Scala 1:50

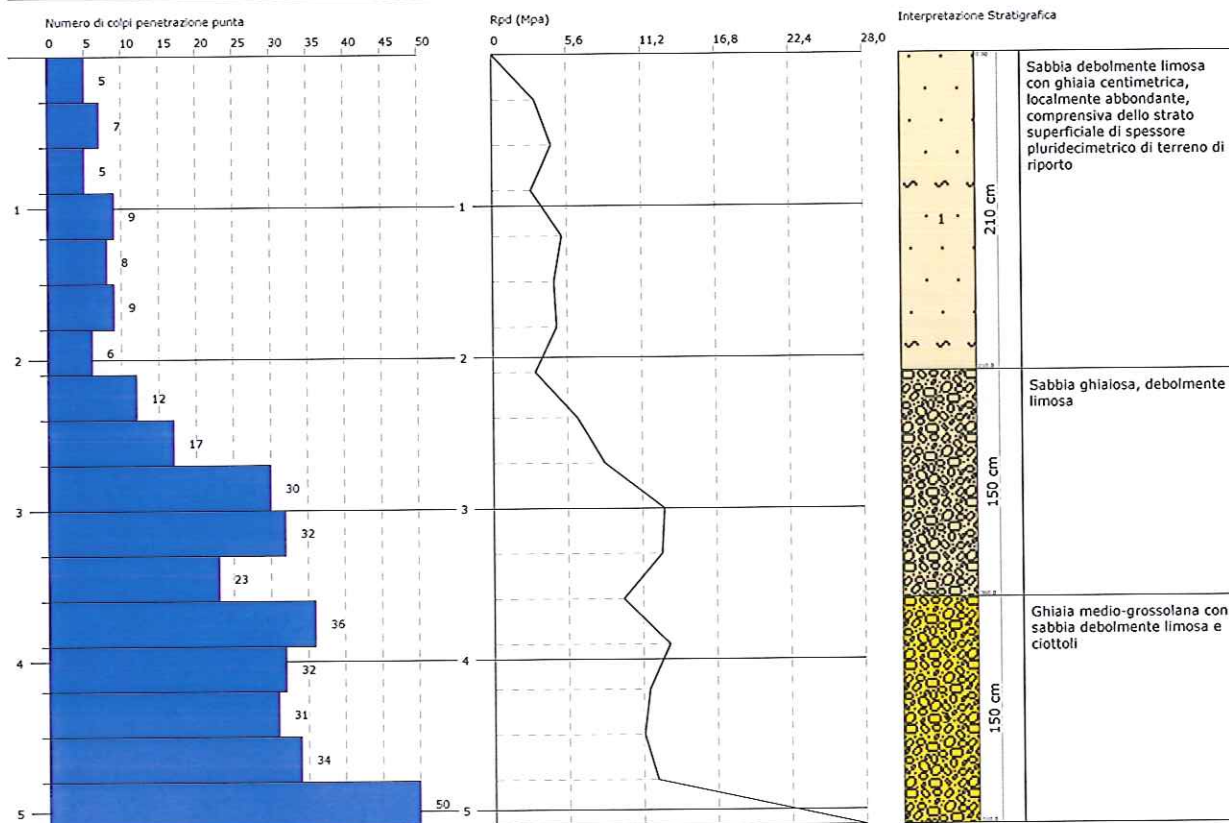


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.8
Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Committente: S.P.T. srl
Cantiere: Brughiero (MB)
Località: Largo Donatori del Sangue - Parco Miglio

Data: 28/10/2016

Scala 1:50

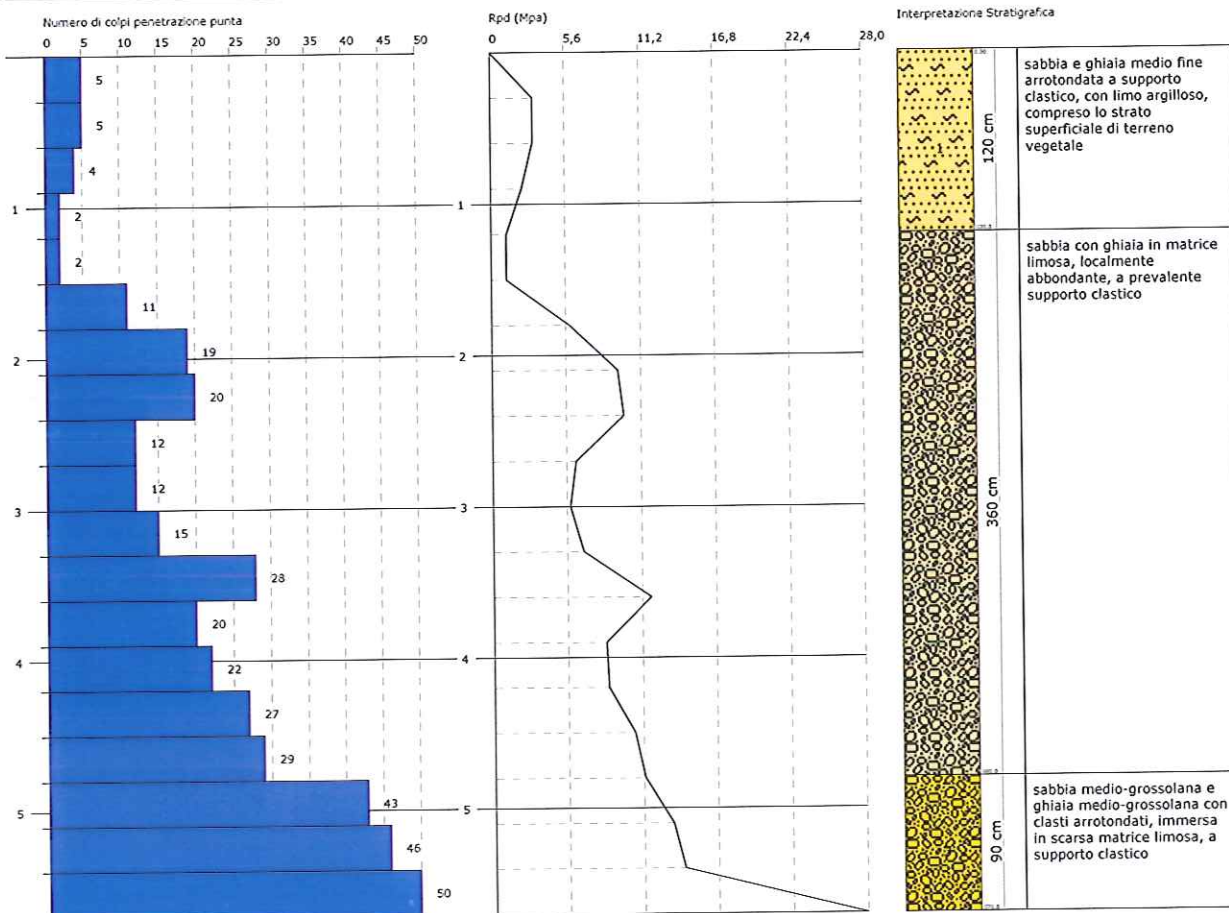


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.9
Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Committente: P.S.T. srl
Cantiere: Brughiero (MB)
Località: Via Kennedy

Data: 28/10/2016

Scala 1:50

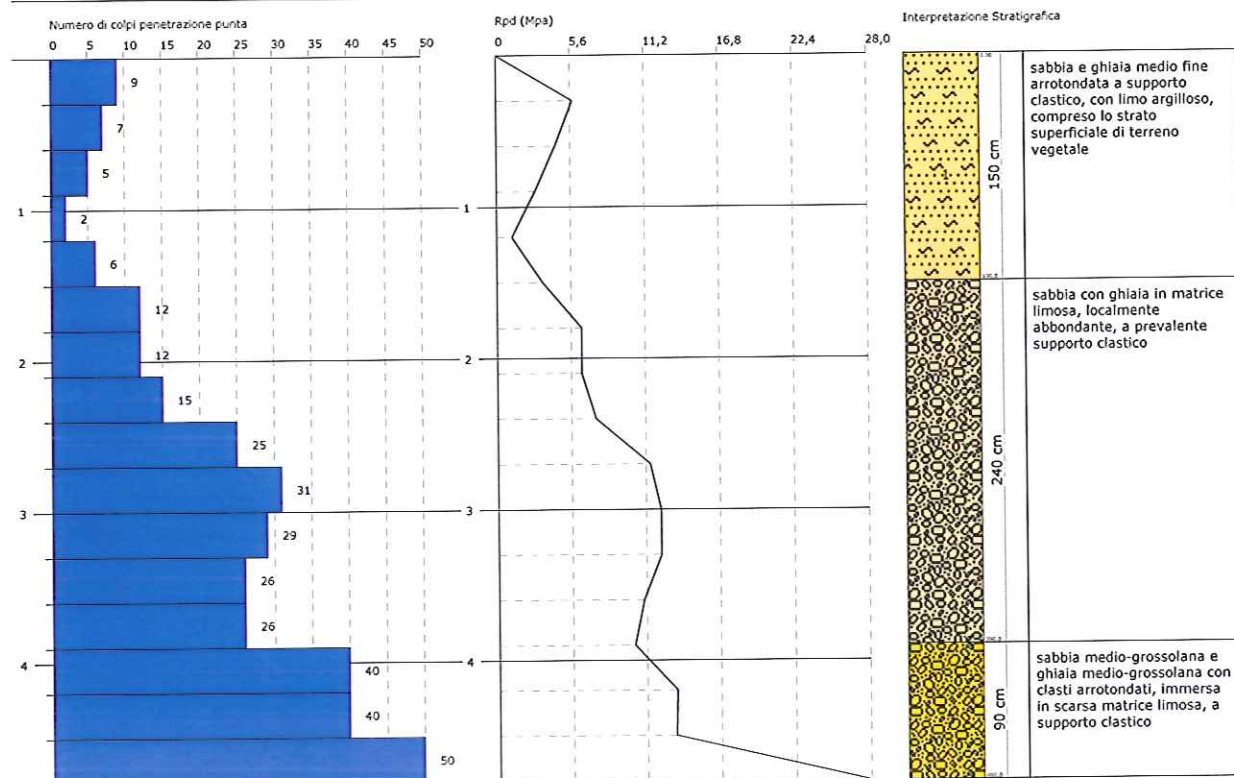


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.10
Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Committente: P.S.T. srl
Cantiere: Brughiero (MB)
Località: Via Kennedy

Data: 28/10/2016

Scala 1:50

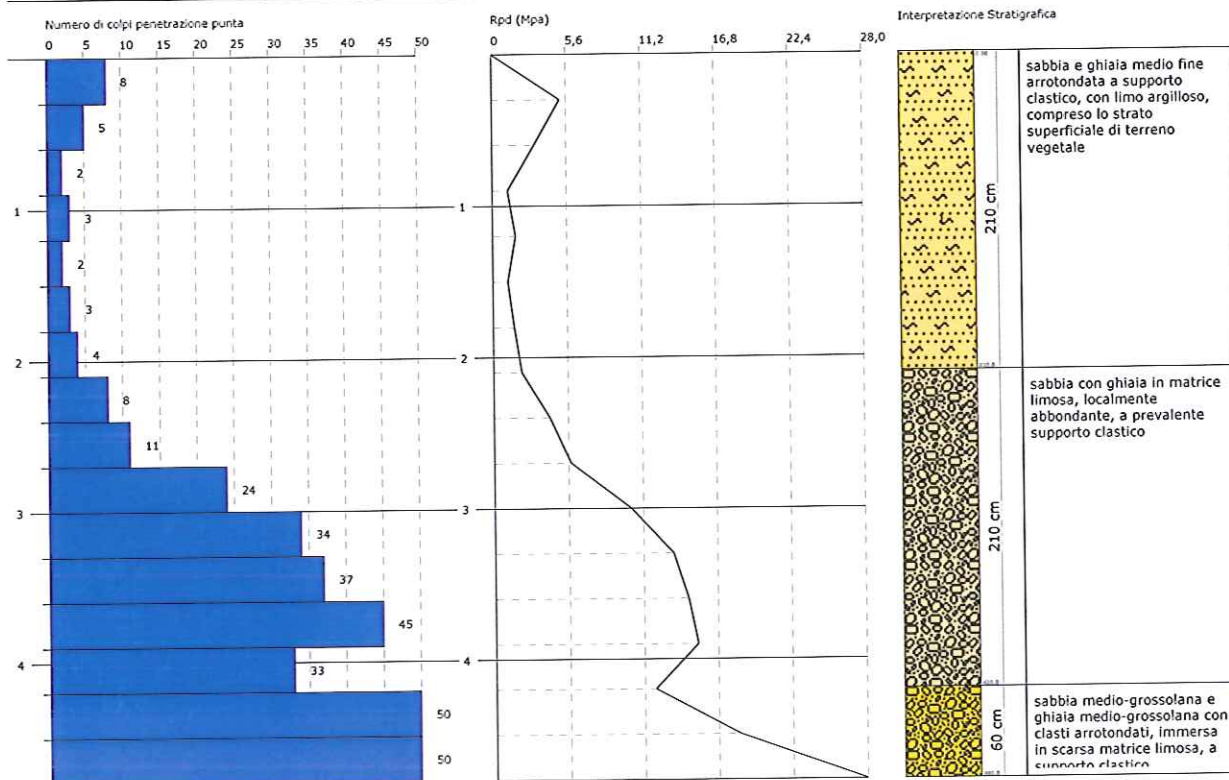


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.11
Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Committente: P.S.T. srl
Cantiere: Brugherio (MB)
Località: Via Kennedy

Data: 28/10/2016

Scala 1:50

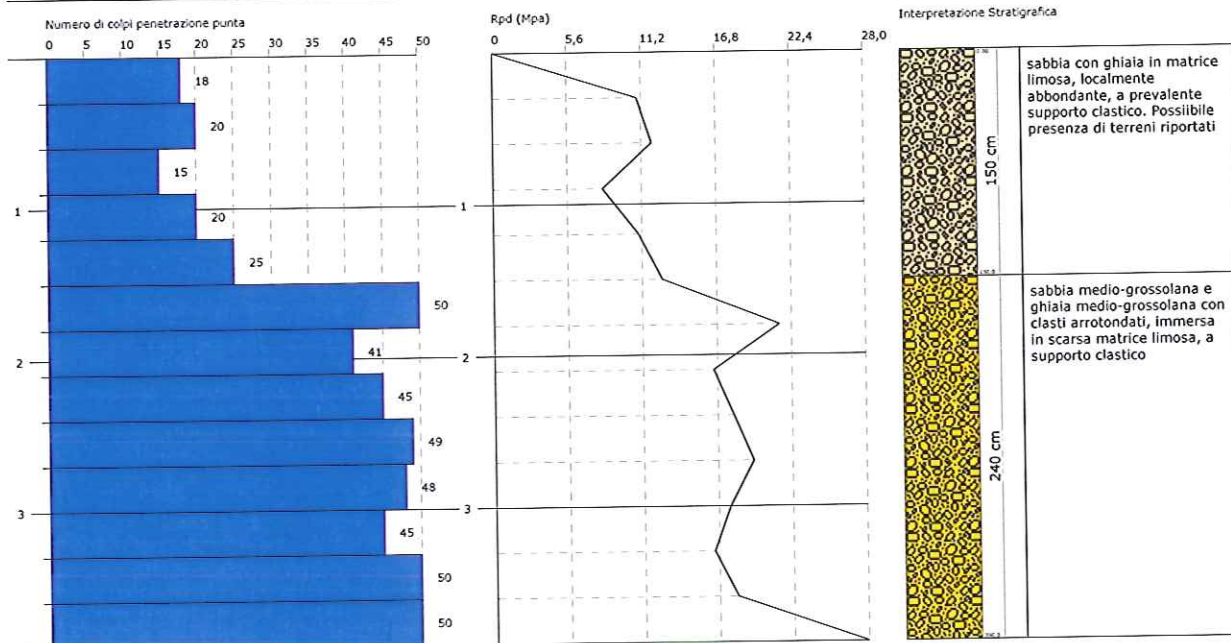


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.12
Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Committente: P.S.T. srl
Cantiere: Brugherio (MB)
Località: Via Kennedy

Data: 28/10/2016

Scala 1:50



PENETROMETRO DINAMICO IN USO: TG 73-100 M-A.C

<u>Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici</u>		
<i>TIPO</i>	<i>Sigla riferimento</i>	<i>Peso Massa Battente M (kg)</i>
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 < M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

CARATTERISTICHE TECNICHE: TG 73-100 M-A.C

PESO MASSA BATTENTE	M =	73.00 Kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H =	0.75 m
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 cm
PESO ASTE PER METRO	Ma =	6.31 Kg
PROF. GIUNZIONE 1° ASTA	P1 =	0.30 m
AVANZAMENTO PUNTA	δ =	0.30 m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N =	N(30) → Relativo ad un avanzamento di 30 cm
RIVESTIMENTO/FANGHI	SI	
ENERGIA SPECIFICA X COLPO	Q =	(Mh)/(A δ) = 8.93 Kg/cm ² (prova SPT: Qspt = 7.83 kg/cm ²)
COEFF. TEORICO DI ENERGIA	β_t =	Q/Qspt = 1.141 (teoricamente: Nspt = β_t N)

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N]
(FORMULA OLANDESE):

$$Rpd = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd	=	resistenza dinamica punta [area A]
e	=	infissione per colpo = δ / N
M	=	peso massa battente (altezza caduta H)
P	=	peso totale aste e sistema battuta

Allegato 6

DOCUMENTAZIONE
FOTOGRAFICA

1.VIA DE GASPERI

2.LARGO DONATORI DEL
SANGUE

3.VIA KENNEDY



**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA INDAGINI ESEGUITE PRESSO VIA DE GASPERI – PARCO MIGLIO
IN COMUNE DI BRUGHERIO (MB) IN DATA 28/10/2016**



Foto 1: prova penetrometrica dinamica "P1"



Foto 2: prova penetrometrica dinamica "P2"



Foto 3: prova penetrometrica dinamica "P3"



Foto 4: prova penetrometrica dinamica "P4"



Foto 5: prova penetrometrica dinamica "P5"



Foto 6: prova penetrometrica dinamica "P6"



Foto 7: esecuzione sondaggio S1 di profondità 15 m da p.c., realizzato con il metodo di perforazione a carotaggio continuo; in tal modo è risultato possibile osservare direttamente e descrivere la tipologia di sedimenti incontrati lungo la verticale di scavo (vedi fig. 8, 9 e 10)



Foto 8: cassetta catalogatrice contenente i primi 5 metri di carota di terreno del sondaggio S1 (da p.c. sino a -5 m di profondità), suddivisa in 5 spezzoni ognuno della lunghezza di un metro. Per la descrizione dei sedimenti si rimanda alla stratigrafia riportata in allegato 4



Foto 9: cassetta catalogatrice contenente i successivi 5 metri di carota di terreno del sondaggio S1 (da -5 m a -10 m da p.c.), suddivisa in 5 spezzoni ognuno della lunghezza di un metro. Per la descrizione dei sedimenti si rimanda alla stratigrafia riportata in allegato 4



Foto 10: cassetta catalogatrice contenente i rimanenti 5 metri di carota di terreno del sondaggio S1 (da -10 m a -15 m da p.c.), suddivisa in 5 spezzoni ognuno della lunghezza di un metro. Per la descrizione dei sedimenti si rimanda alla stratigrafia riportata in all. 4

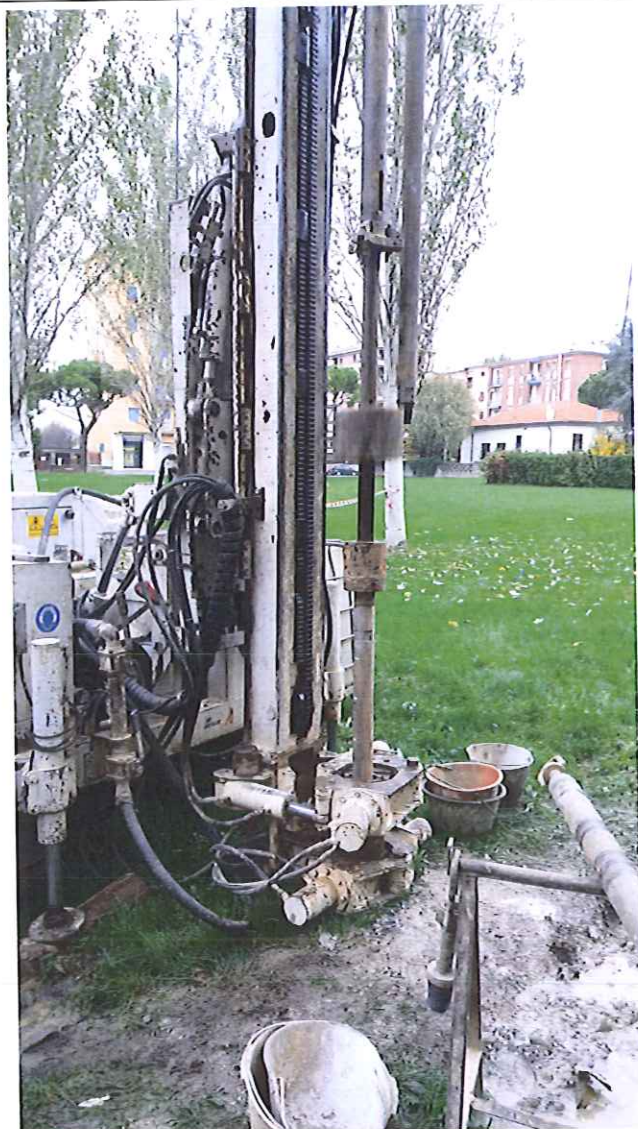


Foto 11: esecuzione prova SPT



Foto 12: esecuzione prova SPT



Foto 13: inserimento nel foro di sondaggio di tubi in PVC azzurri per la realizzazione del piezometro



Foto 14: lettura del livello idrico statico presente all'interno della colonna del piezometro mediante sonda freaticometrica; la testa del piezometro è protetta da pozzetto in calcestruzzo a raso



Foto 15: esecuzione indagine di approfondimento sismico mediante stendimento di linea sismica multicanale (ripresa fotografica da ovest verso est)



Foto 16: esecuzione indagine di approfondimento sismico mediante stendimento di linea sismica multicanale (ripresa fotografica da est verso ovest)

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA INDAGINI ESEGUITE PRESSO LARGO DONATORI DEL SANGUE –
PARCO MIGLIO IN COMUNE DI BRUGHERIO (MB) IN DATA 28/10/2016**



Foto 1: prova penetrometrica dinamica "P7"



Foto 2: prova penetrometrica dinamica "P8"



Foto 3: esecuzione sondaggio S2 di profondità 12 m da p.c., realizzato con il metodo di perforazione a carotaggio continuo; in tal modo è risultato possibile osservare direttamente e descrivere la tipologia di sedimenti incontrati lungo la verticale di scavo (vedi fig. 4, 5 e 6)



Foto 4: cassetta catalogatrice contenente i primi 5 metri di carota di terreno del sondaggio S2 (da p.c. sino a -5 m di profondità), suddivisa in 5 spezzoni ognuno della lunghezza di un metro. Per la descrizione dei sedimenti si rimanda alla stratigrafia riportata in allegato 4



Foto 5: cassetta catalogatrice contenente i successivi 5 metri di carota di terreno del sondaggio S2 (da -5 m a -10 m da p.c.), suddivisa in 5 spezzoni ognuno della lunghezza di un metro. Per la descrizione dei sedimenti si rimanda alla stratigrafia riportata in allegato 4



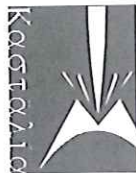
Foto 6: cassetta catalogatrice contenente i rimanenti 2 metri di carota di terreno del sondaggio S2 (da -10 m a -12 m da p.c.), suddivisa in 2 spezzoni ognuno della lunghezza di un metro. Per la descrizione dei sedimenti si rimanda alla stratigrafia riportata in all. 4



Foto 7: esecuzione prova SPT



Foto 8: esecuzione prova SPT



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA INDAGINI ESEGUITE PRESSO VIA KENNEDY IN COMUNE DI BRUGHERIO (MB) IN DATA 28-31/10/2016



Foto 1: prova penetrometrica dinamica "P9"



Foto 2: prova penetrometrica dinamica "P10"



Foto 3: prova penetrometrica dinamica "P11"



Foto 4: prova penetrometrica dinamica "P12"



Foto 5: esecuzione sondaggio S3 di profondità 12 m da p.c., realizzato con il metodo di perforazione a carotaggio continuo; in tal modo è risultato possibile osservare direttamente e descrivere la tipologia di sedimenti incontrati lungo la verticale di scavo (vedi fig. 6, 7 e 8)



Foto 6: cassetta catalogatrice contenente i primi 5 metri di carota di terreno del sondaggio S3 (da p.c. sino a -5 m di profondità), suddivisa in 5 spezzoni ognuno della lunghezza di un metro. Per la descrizione dei sedimenti si rimanda alla stratigrafia riportata in allegato 4



Foto 7: cassetta catalogatrice contenente i successivi 5 metri di carota di terreno del sondaggio S3 (da -5 m a -10 m da p.c.), suddivisa in 5 spezzoni ognuno della lunghezza di un metro. Per la descrizione dei sedimenti si rimanda alla stratigrafia riportata in allegato 4



Foto 8: cassetta catalogatrice contenente i rimanenti 2 metri di carota di terreno del sondaggio S3 (da -10 m a -12 m da p.c.), suddivisa in 2 spezzoni ognuno della lunghezza di un metro. Per la descrizione dei sedimenti si rimanda alla stratigrafia riportata in all. 4



Foto 9: esecuzione prova SPT (maglio ancorato in attesa di sollevamento)



Foto 10: esecuzione prova SPT (il maglio è stato sganciato ed è andato a percuotere le aste infiggenti nel terreno)



Foto 11: inserimento di tubazione in PVC all'interno del foro di sondaggio al fine di realizzare un piezometro



Foto 12: la testa del piezometro è protetta in superficie da apposita cameretta in calcestruzzo chiusa da coperchio a raso

Allegato 7

APPROFONDIMENTO
SISMICO DI SECONDO
LIVELLO

- 1-2 VIA DE GASPERI e
LARGO DONATORI
DEL SANGUE
- 3 VIA KENNEDY

Approfondimento sismico di secondo livello

SITO DI VIA DE GASPERI

Tenuto conto di tutti i dati illustrati in relazione e quindi del modello stratigrafico-geofisico-geotecnico evidenziato, possono essere applicate le procedure finali dell'All. 5 della D.G.R. 9/2616/2011 per la Stima degli Effetti Litologici e del relativo Fattore di amplificazione (F_a) di sito.

Sono stati esaminati gli scenari di Pericolosità Sismica Locale, funzione della litologia, individuati per l'area del territorio comunale oggetto di approfondimento di 2° livello, per la quale sono stati acquisiti i dati di sismica multicanale.

Si è proceduto a definire in primo luogo la Categoria di Sottosuolo attribuibile al sito, tenendo conto della normativa vigente (D.M. 14/01/08) ed a partire dal piano di campagna.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

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

Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo.

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.



Per l'ambito esaminato i terreni possono essere classificati come appartenenti alla **categoria C**.

In accordo con la procedura, la successione stratigrafica di riferimento e lo spessore e la velocità di ciascuno strato, come definiti mediante la linea sismica, sono stati **riportati nelle "Schede di Stima degli Effetti Litologici" (figura nella pagina successiva)**.

Il primo passo della procedura prevede la definizione della scheda di valutazione (All. 5 D.G.R. 9/2616/2011) più idonea alla stima degli effetti litologici.

Sulla base delle informazioni acquisite durante la fase di indagine geognostica condotta sull'area in esame, nell'impossibilità di applicare la scheda riferita ai terreni limoso-sabbiosi tipo 1 (in quanto il profilo ricostruito esce dal campo di validità), è stata utilizzata la scheda per la litologia **limoso-sabbiosa tipo 2**, tenuto conto dei campi di validità riportati nei diagrammi Z-Vs (correlazione profondità- velocità onde sismiche), secondo quanto indicato in proposito dagli Enti Competenti.

Il passo successivo permette, per la scheda litologica scelta, la definizione della curva caratteristica da utilizzare per la stima del valore di Fa di sito. La profondità del primo strato o del primo strato equivalente (spessore > 4 m) e la relativa velocità Vs, definiscono la curva caratteristica da utilizzare ai fini dei calcoli. Qualora lo strato superficiale abbia una profondità inferiore a 4 m (come nel caso in esame, dove tale strato è profondo solo 1.2 m) si deve utilizzare, per la scelta della curva, lo strato superficiale equivalente, a cui si assegna una velocità Vs calcolata come media pesata del valore di Vs degli strati superficiali la cui somma supera i 4 m di spessore. Nel caso specifico, ne è risultato uno strato superficiale equivalente di spessore pari a 4.7 m e con una velocità Vs di 268 m/s.

E' stato quindi calcolato il valore del periodo del sito (T), riportato nella scheda in allegato (pari a 0.352 s), ottenuto considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore è uguale o superiore a 800 m/sec ed utilizzando la formula riportata nell'All.5 della DGR 2616/11.

Si è quindi proceduto alla stima del fattore di amplificazione di sito (Fa di sito). Nel calcolo di tale fattore è stata utilizzata la curva 3, in accordo alla metodologia prevista dalla normativa citata, considerando, per il periodo di oscillazione compreso fra 0,1 e 0,5 s, il tratto polinomiale della curva, valido per valori del periodo proprio del sito compresi fra 0.08 e 0,40 s (nel caso specifico il valore di T calcolato è risultato pari a 0.352 s).

Per il periodo di oscillazione compreso fra 0,5 e 1,5 s la curva è unica.

Ne sono risultati fattori di amplificazione Fa pari a 1,8 per il periodo 0,1 – 0,5 s e 1,3 per il periodo 0,5 – 1,5 s.



2.4 Considerazioni conclusive

Una volta calcolato il Fattore di Amplificazione F_a di sito, la valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici confrontando tale valore con un parametro di analogo significato calcolato dal Politecnico di Milano per ciascun comune della Regione Lombardia, e per le diverse categorie di suolo (Norme Tecniche per le Costruzioni) soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E).

Tale valore di riferimento rappresenta il valore soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

Nel caso specifico, il valore fornito da Regione Lombardia per il Comune di Brugherio e per i terreni di categoria C è pari a 1,8 per l'intervallo di periodo compreso fra 0,1 e 0,5 s, e 2,4 per l'intervallo di periodo compreso fra 0,5 e 1,5 s.

Ne risulta che il Fattore di Amplificazione F_a misurato è sempre uguale o inferiore al valore soglia proposto da Regione Lombardia, e la normativa nazionale risulta sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica.

Come conseguenza dell'analisi condotta, si ritiene possibile terminare l'approfondimento 5 relativo agli aspetti sismici utilizzando la categoria di Sottosuolo superiore a quella corrispondente al V_{s30} misurato.

**Nei calcoli geotecnici si dovrà pertanto far riferimento alla
categoria di Sottosuolo C**

07 novembre 2016

dott. geol. Giulio Mazzoleni

dott. geol. Davide Incerti

Approfondimento sismico di secondo livello

SITO DI VIA KENNEDY

Tenuto conto di tutti i dati illustrati in relazione e quindi del modello stratigrafico-geofisico-geotecnico evidenziato, possono essere applicate le procedure finali dell'All. 5 della D.G.R. 9/2616/2011 per la Stima degli Effetti Litologici e del relativo Fattore di amplificazione (F_a) di sito.

Sono stati esaminati gli scenari di Pericolosità Sismica Locale, funzione della litologia, individuati per l'area del territorio comunale oggetto di approfondimento di 2° livello, per la quale sono stati acquisiti i dati di sismica multicanale.

Si è proceduto a definire in primo luogo la Categoria di Sottosuolo attribuibile al sito, tenendo conto della normativa vigente (D.M. 14/01/08) ed a partire dal piano di campagna.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

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

Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo.

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.



Per l'ambito esaminato i terreni possono essere classificati come appartenenti alla **categoria C**.

In accordo con la procedura, la successione stratigrafica di riferimento e lo spessore e la velocità di ciascuno strato, come definiti mediante la linea sismica, sono stati **riportati nelle "Schede di Stima degli Effetti Litologici" (figura nella pagina successiva)**.

Il primo passo della procedura prevede la definizione della scheda di valutazione (All. 5 D.G.R. 9/2616/2011) più idonea alla stima degli effetti litologici.

Sulla base delle informazioni acquisite durante la fase di indagine geognostica condotta sull'area in esame, nell'impossibilità di applicare la scheda riferita ai terreni limoso-sabbiosi tipo 1 (in quanto il profilo ricostruito esce dal campo di validità), è stata utilizzata la scheda per la litologia **limoso-sabbiosa tipo 2**, tenuto conto dei campi di validità riportati nei diagrammi Z-Vs (correlazione profondità- velocità onde sismiche), secondo quanto indicato in proposito dagli Enti Competenti.

Il passo successivo permette, per la scheda litologica scelta, la definizione della curva caratteristica da utilizzare per la stima del valore di F_a di sito. La profondità del primo strato o del primo strato equivalente (spessore > 4 m) e la relativa velocità V_s , definiscono la curva caratteristica da utilizzare ai fini dei calcoli. Qualora lo strato superficiale abbia una profondità inferiore a 4 m (come nel caso in esame, dove tale strato è profondo solo 1.1 m) si deve utilizzare, per la scelta della curva, lo strato superficiale equivalente, a cui si assegna una velocità V_s calcolata come media pesata del valore di V_s degli strati superficiali la cui somma supera i 4 m di spessore. Nel caso specifico, ne è risultato uno strato superficiale equivalente di spessore pari a 5.1 m e con una velocità V_s di 272 m/s.

E' stato quindi calcolato il valore del periodo del sito (T), riportato nella scheda in allegato (pari a 0.315 s), ottenuto considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore è uguale o superiore a 800 m/sec ed utilizzando la formula riportata nell'All.5 della DGR 2616/11.

Si è quindi proceduto alla stima del fattore di amplificazione di sito (F_a di sito). Nel calcolo di tale fattore è stata utilizzata la curva 3, in accordo alla metodologia prevista dalla normativa citata, considerando, per il periodo di oscillazione compreso fra 0,1 e 0,5 s, il tratto polinomiale della curva, valido per valori del periodo proprio del sito compresi fra 0.08 e 0,40 s (nel caso specifico il valore di T calcolato è risultato pari a 0.352 s).

Per il periodo di oscillazione compreso fra 0,5 e 1,5 s la curva è unica.

Ne sono risultati fattori di amplificazione F_a pari a 1,8 per il periodo 0,1 – 0,5 s e 1,3 per il periodo 0,5 – 1,5 s.

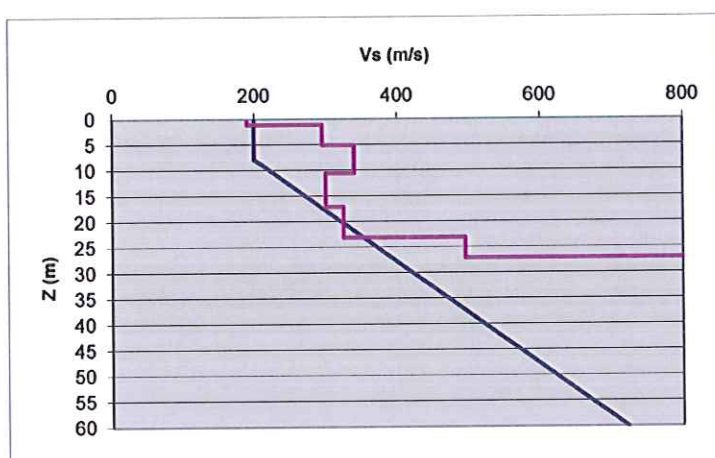


STIMA DEGLI EFFETTI LITOLOGICI - ANALISI DI 2° LIVELLO

secondo le procedure dell'All.5 - d.g.r. 9-2616 del 30/11/2011

TERRENO LIMOSO - SABBIOSO TIPO 2

Prof base	Nspt	Vs
0		
1,1		190
5,1		295
10,6		340
17,1		300
23,1		325
27,1		495
35		810
40		810
45		810
50		810



Primo strato	
Prof base:	5,1
Vs	272

Periodo del sito	
T (s)	0,315

Curva caratteristica	
n°	3

		Profondità primo strato (m)																																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	25	30	35	40	50	60															
Velocità primo strato (m/s)	200				1	1	1	1	1	1	1																											
	250				2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1																						
	300				3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2																					
	350				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3																				
	400				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3																			
	450				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3																		
	500				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3																	
	600				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3				
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3					

VERIFICA

Valori Fa di sito

0,1 s < T < 0,5 s 1,8

0,5 s < T < 1,5 s 1,3

COMUNE DI BRUGHERIO (MB)

Valori di Fa di soglia

Terreni di tipo:

B	C	D	E
1,4	1,8	2,2	2,0

1,7	2,4	4,2	3,1
-----	-----	-----	-----

Il Fattore di Amplificazione (Fa) calcolato risulta pari o inferiore a quello soglia fornito da Regione Lombardia per i terreni di categoria C (come ricavato dall'indagine geofisica condotta) sia per edifici con periodo di oscillazione compreso fra 0,1 e 0,5 s (edifici bassi, regolari e piuttosto rigidi), che per gli edifici con periodo di oscillazione compreso fra 0,5 e 1,5 s (edifici alti e flessibili)



2.4 **Considerazioni conclusive**

Una volta calcolato il Fattore di Amplificazione F_a di sito, la valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici confrontando tale valore con un parametro di analogo significato calcolato dal Politecnico di Milano per ciascun comune della Regione Lombardia, e per le diverse categorie di suolo (Norme Tecniche per le Costruzioni) soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E).

Tale valore di riferimento rappresenta il valore soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

Nel caso specifico, il valore fornito da Regione Lombardia per il Comune di Brugherio e per i terreni di categoria C è pari a 1,8 per l'intervallo di periodo compreso fra 0,1 e 0,5 s, e 2,4 per l'intervallo di periodo compreso fra 0,5 e 1,5 s.

Ne risulta che il Fattore di Amplificazione F_a misurato è sempre uguale o inferiore al valore soglia proposto da Regione Lombardia, e la normativa nazionale risulta sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica.

Come conseguenza dell'analisi condotta, si ritiene possibile terminare l'approfondimento 5 relativo agli aspetti sismici utilizzando la categoria di Sottosuolo superiore a quella corrispondente al V_{s30} misurato.

**Nei calcoli geotecnici si dovrà pertanto far riferimento alla
categoria di Sottosuolo C**

09 novembre 2016

dott. geol. Giulio Mazzoleni

dott. geol. Davide Incerti

La proprietà intellettuale e il diritto d'autore del presente elaborato appartengono in maniera esclusiva ai firmatari. Ogni riproduzione, anche parziale, deve essere autorizzata. Ogni utilizzo diverso da quello previsto deve considerarsi illegittimo.