



# GEOPLANET

Geologia Applicata, Geotecnica, Idrogeologia, Geologia Ambientale,  
Pianificazione Territoriale, Percorsi geologico-storico naturalistici

Via Edison 18/a; 23875 Osnago (LC)

Via Olgiasca N.8; 23823 Colico (Lc) tel cell 338-2195909

E-Mail [geoplanet@infinito.it](mailto:geoplanet@infinito.it) [studiogeoplanet@libero.it](mailto:studiogeoplanet@libero.it)

C.F. e P.IVA: 02594240133



## INDAGINE GEOLOGICO TECNICA AI SENSI DEL D.M. 11.3.88 E DEL D. M. 14.1.08 PER REALIZZAZIONE COPERTURA DI UN TRATTO DI PISTA CICLOPEDONALE, NEL COMUNE DI LESMO (MB)



Ente di diritto pubblico  
Parco Valle Lambro  
Protocollo n° 0005598 del 03/12/2013  
Cat. 3  
Cl. 1  
Fasc. 10  
0 201300 055985

NOVEMBRE 2013

Dott. Geologo Maurizio Penati

Dott.ssa Geologo Maria Luisa Todeschini





- ✓ definire la natura e la stratigrafia dei terreni interessati dall'intervento;
- ✓ individuare la superficie piezometrica locale,
- ✓ indicare la capacità portante e i relativi assestamenti per le opere di fondazione in progetto;
- ✓ valutare la stabilità degli scavi e indicare eventuali opere di protezione per salvaguardare la stabilità delle opere esistenti limitrofe all'area di edificazione.

Di seguito si riporta la fotografia aerea con riportato la planimetria di progetto:



**FIG.2** *Fotografia aerea*

## 2. CRITERI IN ZONE SISMICHE

### Analisi del rischio sismico

Secondo le recenti normative ed in particolare il D. M. 14/01/2008 l'intero territorio nazionale è classificato a rischio sismico. Per quanto riguarda la sismicità dell'area attualmente si devono distinguere le fasi di pianificazione rispetto a quelle di progettazione. In fase di pianificazione si fa riferimento a quanto specificato nella **D.G.R. della Regione Lombardia n.8/7374 del 28 maggio 2008 e della D.G.R. 30 NOVEMBRE 2011 N.9/2616**, mentre in fase di progettazione come nel nostro caso si fa riferimento al D. M. 14/1/2008. Per quanto concerne la classificazione sismica dei luoghi è definita nel capitolo 3.2.2 del D. M. 14/1/2008.

In seguito all'ordinanza n. 3274 del Presidente del consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003, sono stati definiti i primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

In particolare sono stati approvati i Criteri per l'individuazione delle zone sismiche-individuazione, formazione e aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone (allegato 1 all'ordinanza), nonché le connesse Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici, Norme tecniche per progetto sismico dei ponti, Norme tecniche per il progetto sismico delle opere di fondazione e sostegno dei terreni (allegati 2, 3 e 4 dell'ordinanza). Ogni singola regione deve provvedere all'individuazione, formazione e aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche. In prima applicazione le zone sismiche sono individuate sulla base del documento "Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale". Le norme tecniche indicano 4 valori di accelerazioni orizzontali ( $a_g/g$ ) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico e le norme progettuali e costruttive da applicare e pertanto il numero delle zone è fissato a 4. Sono state individuate quattro classi che identificano 4 zone a sismicità decrescente partendo da 1 a 4.

### **Il territorio comunale di LESMO rientra in zona 4.**

Di seguito si riporta una tabella che individua le 4 zone sismiche

ZONA	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% i 50 anni ( $a_g/g$ )	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (norme Tecniche) ( $a_g/g$ )
1	>0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

Lo spettro di risposta elastico è costituito da una forma spettrale, considerata indipendente dal livello di sismicità, moltiplicata per il valore della accelerazione massima  $a_g \times S$  del terreno che caratterizza il sito, dove  $S$  è il fattore che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo di fondazione. I parametri  $T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$  di seguito riportati sono periodi che separano i diversi rami dello spettro, dipendenti dal profilo stratigrafico del suolo di fondazione.

<b>CATEGORIA SUOLO</b>	<b>S</b>	<b>TB</b>	<b>TC</b>	<b>TD</b>
<b>A</b>	1.0	0.15	0.40	2.0
<b>B,C, E</b>	1.25	0.154	0.50	2.0
<b>D</b>	1.35	0.20	0.80	2.0

Sono previste 5 classi di terreni (A, B, C, D, E) identificabili sulla base delle caratteristiche stratigrafiche e delle proprietà geotecniche, rilevate nei primi 30 m e definite dai parametri indicati nell'EC8 e precisamente: velocità delle onde S; numero dei colpi della prova SPT, coesione non drenata. Le caratteristiche salienti delle 5 classi sono:

**A.** Formazioni litoidi o terreni omogenei caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.

**B.** Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o di argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica  $NS_{pt} > 50$ , o coesione non drenata  $c_u > 250$  kPa).

**C.** Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o di argille di media rigidezza con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s ( $15 < NS_{pt} < 50$ ,  $70 < c_u < 250$  KPa).

**D.** Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da  $V_{s30} < 180$  m/s ( $NS_{pt} < 15$ ,  $C_u < 70$  KPa).

**E.** Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali con valori di  $V_{s30}$  simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido, con  $V_{s30} > 800$  m/s.

In aggiunta a queste categorie per le quali vengono definite le azioni sismiche da considerare nella progettazione, se ne definiscono altre due (S1 e S2), per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:

**S1.** Depositi costituiti da uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $PI > 40$ ) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di  $V_{s30} < 100$  m/s ( $10 < c_u < 20$  KPa).

**S2.** Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei precedenti tipi.

**Nelle definizioni  $V_{s30}$  è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.**

A livello europeo è stato predisposto e già votato favorevolmente da tutti i paesi membri, un sistema integrato di norme per la progettazione antisismica di edifici, ponti, serbatoi, torri, fondazione ed opere geotecniche e per la valutazione della sicurezza e l'adeguamento di strutture esistenti (Eurocodice 8). I principi e i metodi adottati dall'EC8 sono in completa armonia con quelli contenuti nelle norme nei paesi a più alta sismicità, quali USA, America del Sud, Cina, Giappone ed Asia del Sud-est. In allegato 4 all'ordinanza vengono riportate le norme tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni soggette ad azioni sismiche, nonché i requisiti cui devono soddisfare i siti di costruzione e i terreni di

fondazione in presenza di tali azioni. Il sito deve essere esente da pericoli di instabilità dei pendii, liquefazione, eccessivo addensamento in caso di terremoto, nonché di rottura di faglia in superficie. Di norma deve essere adottato un tipo unico di fondazioni per una data struttura. Le indicazioni riportate nelle norme tecniche devono essere applicate per le zone 1, 2 e 3; mentre per la zona 4 è a discrezione della Regione introdurre o meno l'obbligo della progettazione antisismica.

**I terreni in esame appartengono alla classe C. Si tratta** depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o di argille di media rigidità con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s ( $15 < N_{spt} < 50$ ,  $70 < c_u < 250$  KPa).

## **2.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

**La normativa di riferimento è: DELIBERAZIONE GIUNTA REGIONALE 22 DICEMBRE 2005- N.8/1566, della D.G.R. 28 MAGGIO 2008 N.8/7374 e della D.G.R. 30 NOVEMBRE 2011 N.9/2616. Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n12.**

Di seguito si sintetizzano i contenuti relativi a tale delibera.

Le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona (condizioni locali) possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti diversi da considerare nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area. Tali effetti vengono distinti in base al comportamento dinamico dei materiali coinvolti; pertanto gli studi finalizzati al riconoscimento delle aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico sono basati, in primo luogo, sull'identificazione della categoria di terreno presente in una determinata area. In funzione quindi delle caratteristiche del terreno presente, si distinguono due grandi gruppi di effetti locali: ***quelli di sito o di amplificazione sismica e quelli dovuti ad instabilità.***

***Gli effetti di sito o di amplificazione sismica locale:*** interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese; tali effetti sono rappresentati dall'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico (terremoto di riferimento) relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), può subire, durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il bedrock a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali. Tali effetti si distinguono i due gruppi che possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito:

- Gli effetti di amplificazione topografica: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale. tali condizioni favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta del rilievo a seguito di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto; se l'irregolarità topografica è rappresentata da substrato roccioso (bedrock) si verifica un puro effetto di amplificazione topografica, mentre nel caso di rilievi costituiti da

materiali non rocciosi l'effetto amplificatorio è la risultante dell'interazione tra l'effetto topografico e quello litologico di seguito descritto.

- Effetti di amplificazione litologica: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia ecc.) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche; tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno., fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrazione del terreno e della sovrastruttura.

**Gli effetti di instabilità:** interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e sono rappresentati in generale da fenomeni di instabilità consistenti in veri e propri collassi e talori movimenti di grandi masse di terreno incompatibili con la stabilità delle strutture; tali instabilità sono rappresentate da fenomeni diversi a seconda delle condizioni presenti nel sito.

**Nel caso di versanti in equilibrio precario** (in materiale sciolto o in roccia) si possono avere fenomeni di riattivazione o neoformazione di movimenti franosi (crolli, scivolamenti rotazionali e/o traslazionali e colamenti), per cui il sisma rappresenta un fattore d'innescò del movimento sia direttamente a causa dell'accelerazione esercitata sul suolo sia indirettamente a causa dell'aumento delle pressioni interstiziali.

**Nel caso di aree interessate da particolari strutture geologiche sepolte e/o affioramenti in superficie tipo contatti stratigrafici o tettonici quali faglie sismogenetiche** si possono verificare movimenti relativi verticali ed orizzontali tra diversi settori areali che conducono a scorrimenti e cedimenti differenziali interessanti le sovrastrutture.

**Nel caso di terreni particolarmente scadenti dal punto di vista delle proprietà fisico-meccaniche** si possono verificare fenomeni di scivolamento e rottura connessi a deformazioni permanenti del suolo; per terreni granulari sopra falda sono possibili cedimenti a causa di fenomeni di densificazione ed addensamento del materiale, mentre per terreni granulari fini (sabbiosi) saturi di acqua sono possibili fluimenti e colamenti parziali o generalizzati a causa dei fenomeni di liquefazione.

**Nel caso di siti interessati da carsismo sotterraneo o da particolari strutture vacuolari presenti nel sottosuolo** si possono verificare fenomeni di subsidenza più o meno accentuati in relazione al crollo parziale o totale di cavità sotterranee.

La metodologia utilizzata si fonda sull'analisi di indagini dirette e prove sperimentali effettuate su alcune aree campione della Regione Lombardia i cui risultati sono contenuti in uno studio pilota redatto dal Politecnico di Milano.

Tale metodologia prevede tre livelli di approfondimento, di seguito sintetizzati:

**1° LIVELLO:** riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche sia di dati esistenti. Questo livello è obbligatorio per tutti i comuni e prevede la redazione della Carta della pericolosità sismica locale, nella quale deve essere riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo in grado di determinare gli effetti sismici locali (aree a pericolosità sismica locale- PSL).

**2° LIVELLO:** caratterizzazione semi quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree perimetrate nella carta di pericolosità locale che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione (Fa). L'amplificazione del 2° livello consente l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato superiore a Fa di soglia comunali forniti dal Politecnico di Milano). Per queste aree si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di 3° livello o in alternativa utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore.

Il secondo livello è obbligatorio per i comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3, nelle PSL individuate attraverso il primo livello, suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4) ed interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica. Per i comuni ricadenti in zone sismiche 4 tale livello deve essere applicato, nelle aree PSL Z3 e Z4 nel caso di costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della d.g.r. n. 14964/2003; ferma restando la facoltà dei comuni di estenderlo anche alle altre categorie di edifici.

**3° LIVELLO:** è obbligatorio anche nel caso in cui si stiano progettando costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.

Nella carta di pericolosità sismica locale devono essere riportate con appositi retini trasparenti le aree a pericolosità sismica locale distinguendo quelle con Fa maggiore al valore soglia comunale da quelle con Fa minore.

		<i>Livelli di approfondimento e fasi di applicazione</i>		
		<i>1° livello fase pianificatoria</i>	<i>2° livello fase pianificatoria</i>	<i>3° livello fase progettuale</i>
Zona sismica 4	obbligatorio		Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato &gt; valore soglia comunale.</li> <li>- Nelle zone PSL Z1, Z2 e Z5 per edifici strategici e rilevanti.</li> </ul>

**Il comune di LESMO rientra in ZONA 4.**

## **2.2 PROCEDURE 1° LIVELLO**

Consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento; è un metodo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti. Il metodo permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità prevedibili, sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area, quali la cartografia topografica di dettaglio, la cartografia geologica e dei dissesti) e i risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte e che saranno oggetto di un'analisi mirata alla definizione delle

condizioni locali (spessore coperture e condizioni stratigrafiche generali, posizione e regime della falda, proprietà indice, caratteristiche di consistenza, grado di sovraconsolidazione, plasticità e proprietà geotecniche nelle condizioni naturali, ecc.). Perciò salvo per quei casi in cui non siano disponibili informazioni geotecniche di alcun tipo, nell'ambito degli studi di primo livello non sono necessarie nuove indagini geotecniche. Lo studio consiste nell'analisi dei dati esistenti già inseriti nella cartografia di analisi e inquadramento (carta geologica, carta geomorfologia, ecc.) e nella redazione di un'apposita cartografia (a scala 1: 10.000- 1: 2.000) rappresentata dalla **CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE**, derivata dalle precedenti carte di base, in cui viene riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo in grado di determinare gli effetti sismici locali.

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo, appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide dellizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	CASSE DI PERICOLOSITA' SISMICA
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	H3
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	H2 - livello di approfondimento 3°
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	H2 - livello di approfondimento 3°
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	H2 - livello di approfondimento 2°
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo, appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	H2 - livello di approfondimento 2°
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide dellizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	H2 - livello di approfondimento 3°

La carta della pericolosità sismica locale rappresenta il riferimento per l'applicazione dei successivi livelli di approfondimento. La carta della pericolosità sismica locale permette anche l'assegnazione diretta della classe di pericolosità e dei successivi livelli di approfondimento necessari.

**L'area di studio ricade nella classe di pericolosità Z4a: ZONA DI FONDOVALLE CON PRESENZA DI DEPOSITI ALLUVIONALI E/O FLUVIOGLACIALI GRANULARI**

**E/O COESIVI. In particolare come evidenziato dal paragrafo delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche i terreni in esame sono di natura granulare.**

Infatti l'indagine geognostica effettuata e unitamente al rilievo geologico-morfologico eseguito in corrispondenza dell'area in esame, ha evidenziato la presenza di depositi fluvioglaciali, costituiti in prevalenza da sabbie e ghiaie con subordinati ciottoli immersi in abbondante matrice limoso argillosa. Si tratta di terreni granulari con grado di addensamento gradatamente crescente con la profondità. Si esclude pertanto in questa fase la presenza di zone a rischio caratterizzate da sabbie molto sciolti soggette a possibili fenomeni di liquefazione.

### **2.3 PROCEDURE 2° LIVELLO**

Il secondo livello è obbligatorio per i comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3, e nelle aree a pericolosità sismica locale individuate attraverso il 1° livello suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4) e interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica. Per i comuni ricadenti in zona sismica 4 tale livello deve essere applicato nelle aree a pericolosità sismica locale z3 e Z4 nel caso di costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della d.g.r. n. 14964/2003; ferma restando la facoltà dei comuni di estenderlo anche ad altre categorie di edifici.

Il 2° livello si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4) e riguarda le costruzioni il cui uso prevede normali affollamenti senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali; industrie con attività non pericolose, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione non provoca situazioni di emergenza.

La procedura consiste in un approccio semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di fattore di amplificazione  $F_a$ . Il valore di  $F_a$  si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 e 0.5-1.5 s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore  $F_a$  sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

Le zone di studio ricadono all'interno della scheda di valutazione **“EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO –SABBIOSA TIPO 1.**

EFFETTI LITOLOGICI - SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO - SABBIOSA TIPO 1

PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:

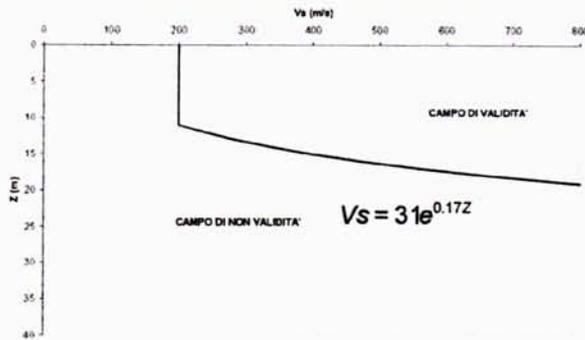
Da limi con sabbie debolmente ghiaiose a limi debolmente sabbioso-argillosi passando per limi con sabbie, limi debolmente argillosi, limi debolmente sabbiosi, limi debolmente ghiaiosi e sabbie con limi debolmente argillosi

NOTE:

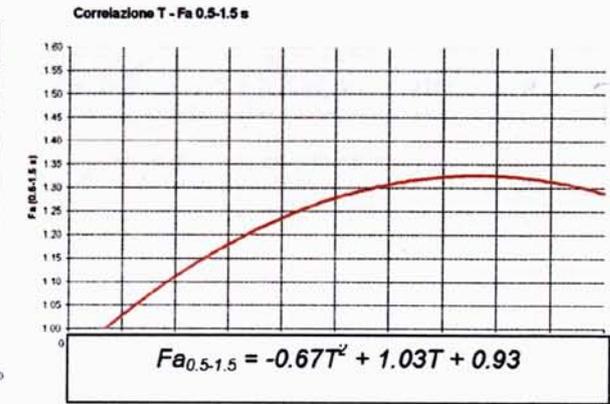
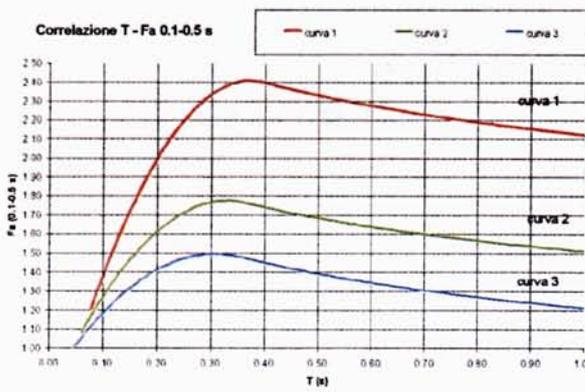
- Comportamento coesivo
- Frazione limosa ad un massimo del 95%
- Presenza di clasti immersi con  $D_{max} < 2-3$  cm
- Frazione ghiaiosa fino ad un massimo del 10%
- Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 45%
- Frazione argillosa fino ad un massimo del 15%
- A FIANCO: range di valori per alcuni parametri geotecnici significativi validi per limi sabbiosi debolmente argillosi



ANDAMENTO DEI VALORI DI  $V_s$  CON LA PROFONDITA'



Velocità primo strato (m/s)	Profondità primo strato (m)																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
200				1	1	1	1	1	1	1	1	1						
250				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2					
300				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2					
350				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2				
400				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		
500				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
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.08 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$
2	$0.06 < T \leq 0.35$	$0.35 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -9.5T^2 + 6.3T + 0.73$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.51 - 0.25LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.35$	$0.35 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -7.3T^2 + 4.5T + 0.80$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.21 - 0.26LnT$

Per la sequenza stratigrafica considerata è stato calcolato il periodo proprio (T) in modo pesato, considerando lo spessore e la velocità  $V_s$  di ciascun strato, mediante la seguente formula:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i}}$$

ove  $h_i$  e  $V_{s_i}$  sono rispettivamente lo spessore e la velocità  $V_s$  dello strato  $i$ -esimo.

Per il Grafico  $T/Fa$  valido nell'intervallo 0.5-1.5 s è stata utilizzata una regressione polinomiale di 2° ordine, la cui formula è:

Il parametro di riferimento per il comune di **LESMO** ricavato dalla banca dati della Regione Lombardia per l'intervallo 0.1-0.5 s risulta essere di **1.8** mentre per l'intervallo 0.5-1.5 s risulta essere di **2.4**.

VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1-0.5 s					
		Valori soglia			
COMUNE	Classificazione	Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
LESMO	4	1.4	1.8	2.2	2.0

VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5-1.5 s					
		Valori soglia			
COMUNE	Classificazione	Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
LESMO	4	1.7	2.4	4.2	3.1

Dall'elaborazione dei dati come previsto dalla normativa, il valore di  $Fa$  ottenuto per entrambi gli intervalli è inferiore al valore di soglia corrispondente.

**Pertanto la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa (classe di pericolosità H1).** I dati stratigrafici, geotecnici e geofisici utilizzati in questa procedura di 2° livello presentano la seguente attendibilità:

DATI	ATTENDIBILITA'	TIPOLOGIA
<i>Litologici</i>	bassa	Da dati di zone limitrofe
	alta	Da prove in sito
<i>Stratigrafici</i>	media	Da prove penetrometriche
<i>Geofisici</i>	bassa	Sismica in zone limitrofe con stesse caratteristiche litologiche

### 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-MORFOLOGICO-IDROGEOLOGICO

L'area in oggetto si trova in adiacenza a via Galileo Galilei, nel territorio comunale di Lesmo a sud della loc. Cascina Luca a, alla quota di circa 183 m s.l.m.

Dal punto di vista morfologico i terreni esaminati si trovano in un'area pianeggiante posta in adiacenza al Fiume Lambro.



*FIG.3 Panoramica dell'area in oggetto*



*FIG.4 Panoramica area di progetto*

La zona presenta le forme tipiche dovute al modellamento alluvionale e glaciale (depositi alluvionali e fluvioglaciali), con morfologia pianeggiante interrotta da scarpate di terrazzi alluvionali.

I depositi presenti ad est dell'area di studio appartengono al Diluvium antico o fluvioglaciale e glaciale del Mindel e costituiscono il terrazzo di Gerno-Camparada-Velate, il cui limite meridionale è sottolineato da una ripida scarpata che lo mette a contatto con la pianura Wurmiana secondo un allineamento collegante Gerno-Peregallo-Arcore. I terreni in esame appartengono alla pianura wurmiana.

La natura dei terreni naturali è essenzialmente

costituita da ghiaie e sabbie con matrice limosa. Più a nord dell'area in oggetto, in prossimità del centro di Lesmo, vi sono depositi glaciali a tratti con morfologia a dosso. Il substrato litoide locale non affiora nell'area in oggetto, mentre affiorano conglomerati poligenici (Ceppo) lungo l'alveo del Fiume Lambro e in prossimità dell'abitato di Canonica.

Di seguito è riportato uno stralcio della carta morfologica:

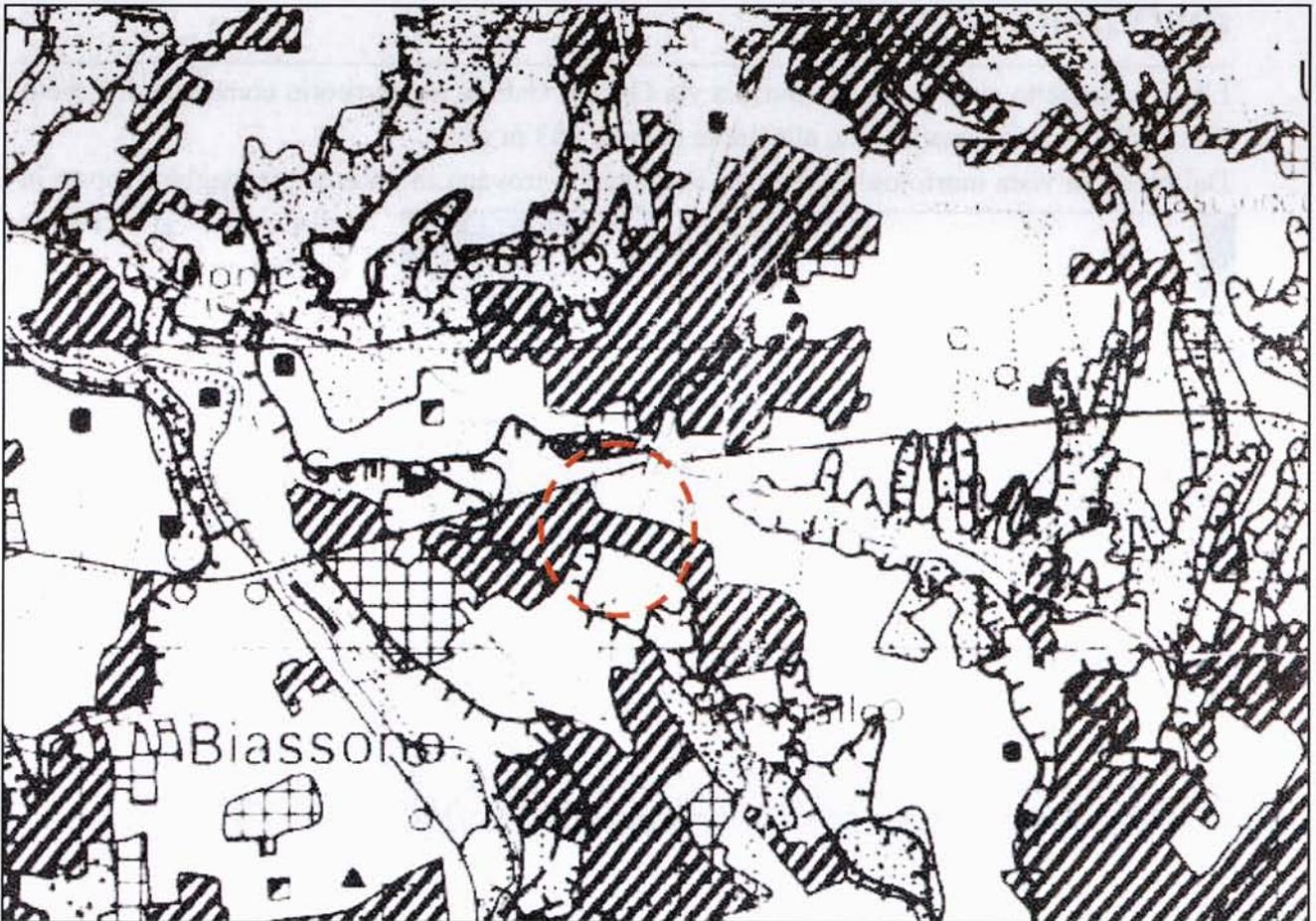


FIG.5 Stralcio della Carta Morfologica Regionale (scala 1: 50.000)

**LEGENDA**

Area edificata o urbanizzata: residenza, servizi o misto	a tipologia prev. residenziale, mista e servizi	
Area edificata o urbanizzata: produttivo	area verde, parco-giardino	
Case sparse		
Area in trasformazione		
Nucleo residenziale	■ Complesso industriale ▲	
Complesso agro-zootecnico	● Complesso commerciale ▼	
Impianto sportivo	▶ Servizi ★	
Cascina	○ Campeggio	
Complesso misto residenziale-produttivo	◻	
Area agricola	seminativo, pioppeto, prato-pascolo	
	legnose agrarie	
Bosco		
Area incolta o sterile		
Scarpata morfologica		
Orto di terrazzo fluviale		
Circo glaciale		
Cresta di cordone morenico		
Golena		
Alveo abbandonato situato allo stesso livello del p.c.		
Alveo abbandonato incassato rispetto al p.c.		
Erosione di sponda		

Nicchia di frana recente	
Frana recente attiva	
Nicchia di frana antica	
Frana antica stabilizzata	
Area con franosità diffusa	
Frana di dimensioni non cartografabili	
Alveo abbandonato relativo a corsi minori	
Linea di accrescimento fluviale, vecchia linea di costa	
Conoide di deiezione	
Detriti sciolti, "ghiaioni"	
Fenomeni carsici	
Erosione diffusa	
Erosione incanalata	
Faglia o frattura principale	
Linea spartiacque	
Linea di scorrimento di valanga	
Opera paravalanga	

Di seguito è riportato uno stralcio della Carta Geologica:

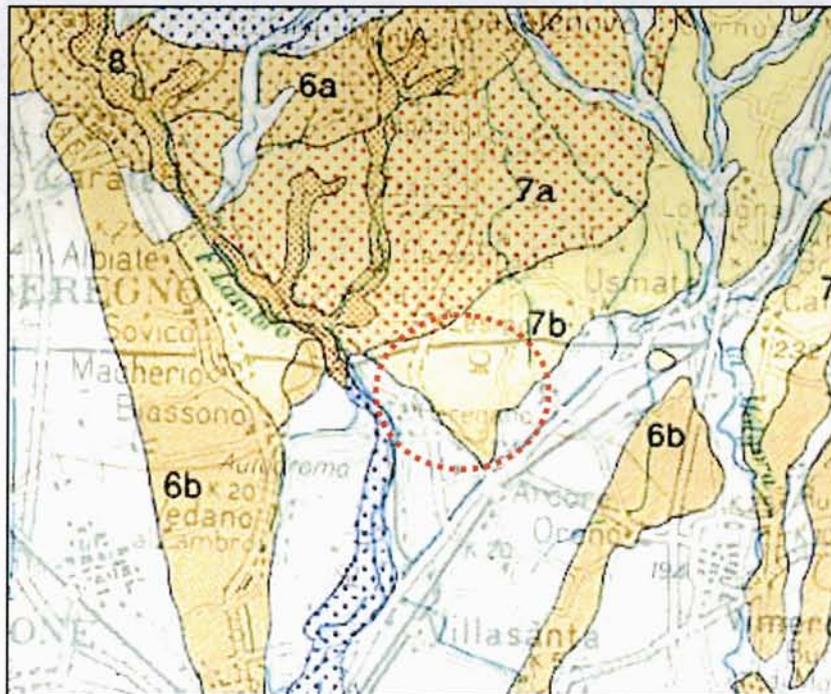


FIG. 6 Ingrandimento della Carta Geologica della Lombardia – CNR – Scala 1: 125.000

#### QUATERNARIO CONTINENTALE - "VILAFRANCHIANO"

OLOCENE		1 - Depositi fluviali dei greli attuali (Alluvium attuale - a) e terrazzati (Alluvium medio - b, Alluvium antico - c): ghiaie, sabbie e limi.
		2 - Detriti di falda e frane.
		3 - Lacustre olocenico e tardoglaciale: argille e limi (a); torba (b).
PLEISTOCENE		4 - Morenico Würm: ghiaie, blocchi e limi (a); localmente olocenico: ghiaie, sabbie, limi.
		5 - Morenico Würm: ghiaie, blocchi e limi (a); Fluvioglaciale e Fluviale Würm: ghiaie, sabbie (b). <b>PLEISTOCENE SUP.</b>
		6 - Morenico Riss: ghiaie, blocchi e limi ferrettizzati (a); Fluvioglaciale, Fluviale e Lacustre Riss: ghiaie, sabbie e argille ferrettizzate (b). <b>PLEISTOCENE MEDIO.</b>
		7 - Morenico Mindel: ghiaie, limi e rari blocchi fortemente ferrettizzati (a); Fluvioglaciale, Fluviale e Lacustre Mindel: ghiaie, limi e argille fortemente ferrettizzate (b). <b>PLEISTOCENE INF.</b>
PLIOCENE		8 - "Ceppo" e formazioni simili, facies "Villafranchiane": conglomerati, sabbie, argille. <b>PLEISTOCENE INF.-PLIOCENE SUP.</b>

Di seguito è riportato uno stralcio della Carta Geologica d'Italia:



FIG. 7 Ingrandimento della Carta Geologica d'Italia – Foglio MILANO (scala 1: 50.000)



Di seguito si riporta uno stralcio della carta geologica della Brianza:

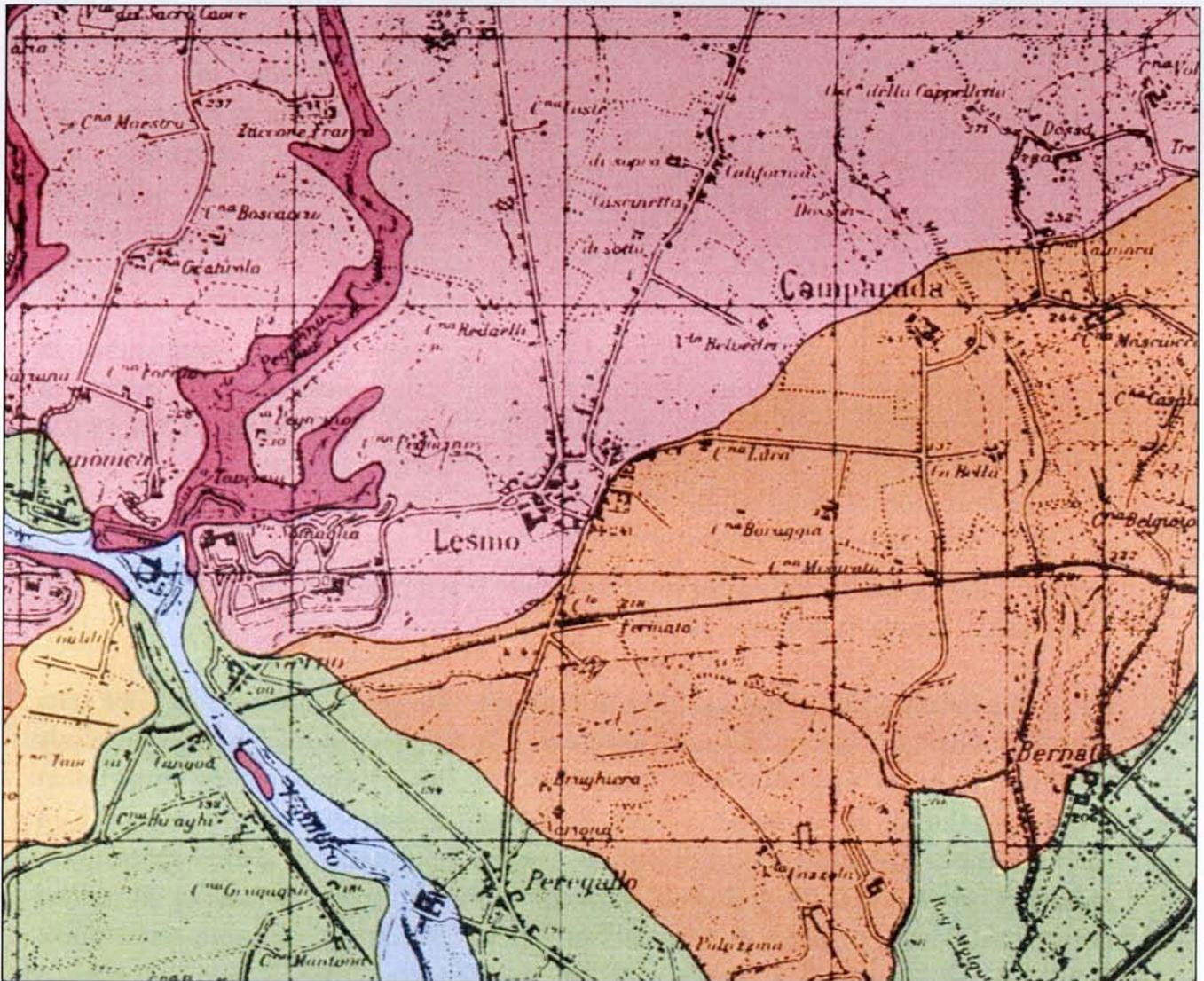


FIG.8 Ingrandimento della Carta Geologica della Brianza- Scala 1: 50.000

## CARTA GEOLITOLOGICA DELLA BRIANZA TRA IL T. SEVESO E IL T. MOLGORA

 ALLUVIUM RECENTE E ATTUALE alluvioni post-glaciali	 MORENICO WÜRM	 "CEPPO" conglomerati
 ALLUVIUM ANTICO alluvioni ghiaiose terrazzate	 DILUVIUM MEDIO fluvio-glaciale Riss	 "ARGILLE SOTTO IL CEPPO"
 DILUVIUM TARDIVO alluvioni ghiaiose sabbiose terrazzate	 MORENICO RISS	 AFFIORAMENTI ROCCIOSI PREQUATERNARI
 SIN E POST-WURMIANO argille lacustri	 DILUVIUM ANTICO fluvio-glaciale Mindel	
 DILUVIUM RECENTE fluvio-glaciale Würm	 MORENICO MINDEL	

m 1000 500 0 1 2 km



**FIG.9** Panoramica area di progetto ed esecuzione SCPT1

Dal punto di vista idrografico, nelle immediate vicinanze dell'area in esame si segnala la presenza del fiume Lambro con deflusso da nord-nord-ovest verso sud-sud-est.

**E' stata individuata la presenza di acqua a partire da -3.8 m da p.c. attuale.**

La recente bibliografia idrogeologica consultata ubica la prima falda alla quota di circa 177 m s.l.m., **quindi a circa -6 m da p.c. attuale.**

La pianura milanese può essere suddivisa in varie aree idrogeologicamente omogenee sulla base delle differenti risposte della falda dovute sia alla complessa struttura idrogeologica sia all'influenza che la rete idrografica superficiale riveste nei confronti dei corpi idrici sotterranei. Questa ampia fascia a Nord di Milano e non soggetta ad irrigazione, è caratterizzata da una estrema eterogeneità dei depositi fluvioglaciali e glaciali che rendono complessa la struttura idrogeologica dell'area. L'area di studio appartiene al settore settentrionale della provincia di Milano. Nel settore considerato, compreso tra il limite provinciale ad Ovest e il F. Lambro ad Est, si individuano infatti i principali terrazzi fluvioglaciali rissiani e mindeliani della pianura milanese, tra Albiate-Sovico-Macherio, Cogliate-Garbagnate e Vedano-Monza.

Fra i Comuni di Briosco, Besana Brianza e Triuggio affiorano invece i depositi glaciali, caotici, ghiaiosi e sabbiosi e con abbondante matrice argillosa.

La rete idrica superficiale che condiziona l'infiltrazione delle acque in questo settore è strettamente legata alle caratteristiche dei depositi superficiali (k, T, granulometria) e dalla morfologia dei terrazzi e degli apparati morenici.

La presenza di depositi argillosi non permette una infiltrazione, se non locale, delle acque superficiali che vanno ad alimentare generalmente acquiferi di modeste dimensioni.

In corrispondenza dei principali corsi d'acqua che hanno inciso lo strato di alterazione impermeabile e le unità sottostanti grossolane, le acque superficiali alimentano invece gli acquiferi più importanti; si ha infatti in questo caso una alimentazione concentrata lungo le maggiori e più incise aste fluviali.

Le oscillazioni del livello freaticometrico sono quindi caratteristiche per le diverse aree e rispecchiano le varie realtà idrogeologiche, come sintetizzato in precedenza.

I grafici relativi, pur evidenziando in modo netto il generale innalzamento della falda dopo l'inversione di tendenza iniziata mediamente nel secondo semestre 1992, sottolineano la peculiarità delle singole aree.

Ad Ovest del F. Seveso tra Lentate e Garbagnate si assiste ad un progressivo innalzamento della falda compreso mediamente tra i 5 m e i 7 m, con punte che si avvicinano ai 10 m (per il periodo considerato) a Cogliate e a Solaro.

Alcuni pozzi rilevano inoltre un ritardo temporale nel raggiungimento del minimo livello di falda (massima soggiacenza) che arriva a comprendere anche buona parte del 1993, come si osserva fra l'altro a Cesano Maderno, Cesate e Varedo.

Gli innalzamenti sono generalmente costanti ma talvolta si manifesta un repentino incremento del livello freaticometrico a partire dal 2° semestre del '93 fino ai primi mesi del '94 come a Cormano e a Paderno Dugnano (3 m di innalzamento dal luglio '93 al febbraio '94).

Nella porzione più meridionale, il diagramma di Bollate può essere considerato come rappresentativo di quest'area a Nord di Milano.

La regolarità dell'innalzamento si manifesta a partire dal giugno 1993 con un costante incremento che raggiunge i 5 m nel dicembre '95.

Dal '92 al '93 si sono verificati due minimi assoluti rispettivamente nel maggio e nel giugno, come si osserva anche nei pozzi di Novate e Garbagnate, separati da un massimo relativo nel settembre '92.

Fra il F. Seveso, il F. Lambro e il settore più settentrionale della provincia milanese molteplici sono le situazioni locali ben evidenziate nei grafici allegati.

A Carate Brianza, ad esempio, non si osservano variazioni di rilievo nell'ambito del quadriennio considerato mantenendosi condizioni pressoché immutate del livello piezometrico con una debole tendenza all'abbassamento dello stesso, determinato in meno di 30 cm. Unica eccezione un rapido sollevamento di circa 2 m fra settembre e ottobre '93, dove si raggiunge la minima soggiacenza di 1.6 m dal p.c.

Ciò è dovuto alla estrema esiguità dell'acquifero captato con spessore di poco superiore ai 10 m, rinvenendosi già a 15 m dal p.c. il tetto dell'unità villafranchiana, sede di acquiferi confinati. A Verano Brianza invece, pur riconfermandosi la generale tendenza all'innalzamento dal 1992 al 1995, vengono evidenziati due minimi relativi: il primo nel giugno '92 e il secondo nel luglio '93.

Dopo un repentino sollevamento di oltre 7 m con regolare incremento fino al gennaio '94, la falda si assesta sui valori di minima soggiacenza (60 m dal p.c.) durante tutto il primo semestre del '94. Dal luglio inizia un costante e continuo abbassamento del livello freaticometrico che raggiunge i 4 m alla fine del '95.

Simili andamenti si osservano a Triuggio e Sovico, con una brusca risalita del livello piezometrico di oltre 5 m nel solo mese di ottobre del 1993 a cui fa seguito un repentino abbassamento durante il 1994, con contenuti innalzamenti nel settembre '94 e nel giugno '95.

Un simile fenomeno può essere probabilmente dovuto ad una alimentazione più diretta e rapida della falda e alla conseguente rapida risposta alle sollecitazioni sia naturali che antropiche.

I diagrammi di Desio e Cinisello Balsamo, rappresentativi di tutta questa area immediatamente a Nord di Milano, registrano il minimo assoluto per il periodo '92-'95 nel giugno-luglio '92, seguito da una graduale ripresa nel corso dei successivi mesi.

Un minimo relativo si registra inoltre nei mesi tardo primaverili del 1993, pur mantenendosi a una quota di oltre un metro superiore rispetto alla massima soggiacenza del 1992.

Inizia quindi una regolare risalita che si attenua nel 1995, pur conservando la generale tendenza all'innalzamento della falda.

Un identico andamento, sia pure meno marcato, si osserva in alcuni pozzi di Monza e Sesto San Giovanni dove viene riconfermato il rapido innalzamento della falda nei mesi di ottobre-novembre 1993 con incrementi di 2.5-3 m e successiva stabilizzazione della falda.

Il notevole recupero della falda è dovuto a congiunture favorevoli (incremento delle precipitazioni) ma soprattutto alla forte riduzione dei prelievi durante il periodo di crisi industriale, con la dismissione di grandi industrie idroesigenti.

Tale situazione, in aree non soggette ad irrigazione, è molto evidente.

Di seguito si riportano i valori di soggiacenza della falda per un pozzo esistente nel comune di Lesmo (tratto dal Sistema Informativo falda della Provincia di Milano):

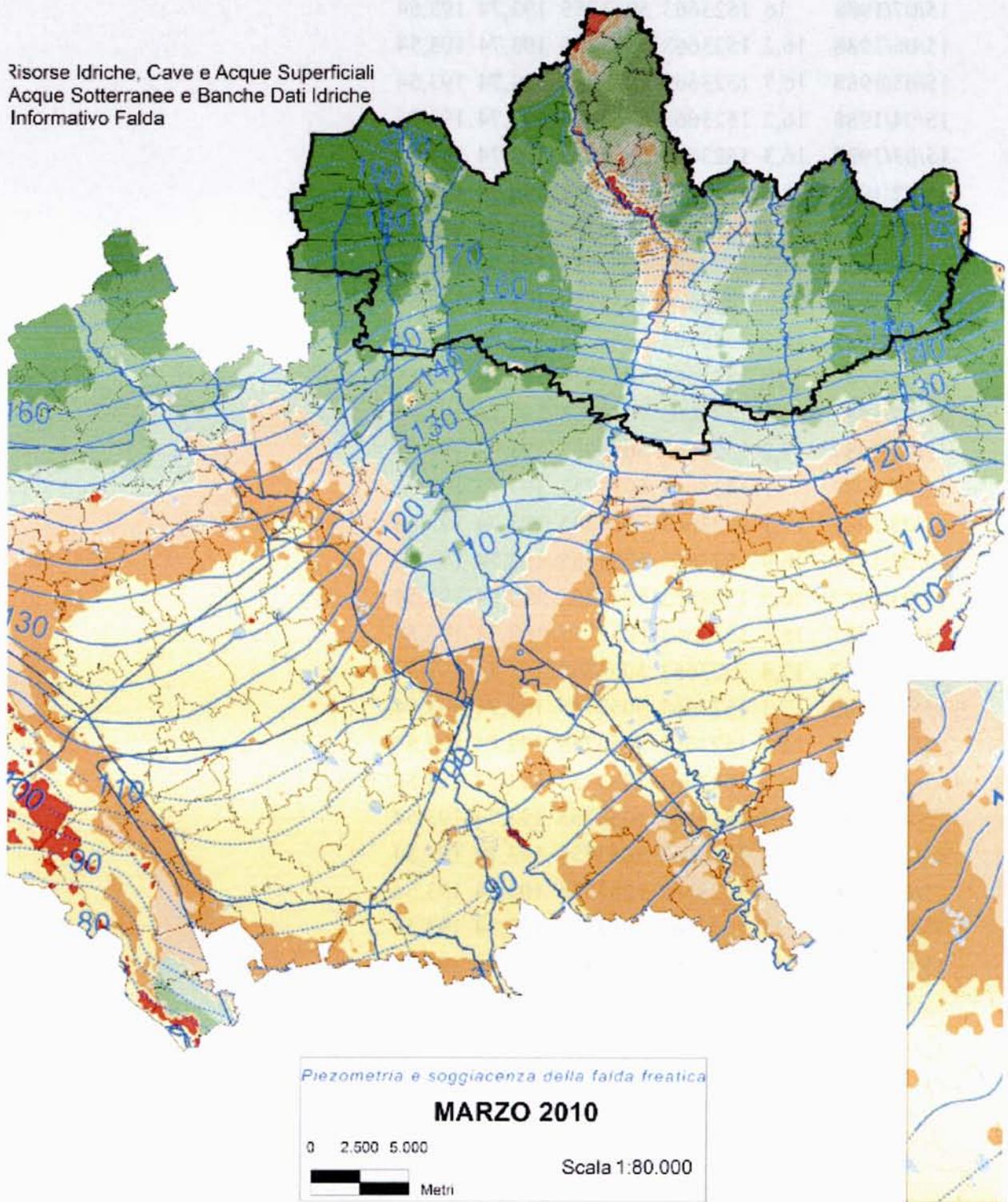
**Comune di Lesmo, Pozzo 0151200005**

<b>Data</b>	<b>Sogg.</b>	<b>Lon.</b>	<b>Lat.</b>	<b>P.</b>	<b>Rif.</b>
				<b>camp.</b>	
15/08/1992	15,3	1523663	5053755	193,74	193,54
15/06/1992	15,6	1523663	5053755	193,74	193,54
15/03/1990	17,2	1523663	5053755	193,74	193,54
15/02/1990	18,75	1523663	5053755	193,74	193,54
15/01/1990	18,2	1523663	5053755	193,74	193,54
15/12/1989	17,62	1523663	5053755	193,74	193,54
15/11/1989	17,33	1523663	5053755	193,74	193,54
15/10/1989	17,2	1523663	5053755	193,74	193,54
15/09/1989	17,2	1523663	5053755	193,74	193,54
15/08/1989	16,5	1523663	5053755	193,74	193,54
15/07/1989	16,2	1523663	5053755	193,74	193,54
15/06/1989	16,3	1523663	5053755	193,74	193,54
15/05/1989	16	1523663	5053755	193,74	193,54
15/04/1989	17,4	1523663	5053755	193,74	193,54
15/03/1989	17,2	1523663	5053755	193,74	193,54
15/02/1989	17,2	1523663	5053755	193,74	193,54
15/01/1989	17,2	1523663	5053755	193,74	193,54
15/12/1988	17	1523663	5053755	193,74	193,54
15/11/1988	16,6	1523663	5053755	193,74	193,54
15/10/1988	16,3	1523663	5053755	193,74	193,54
15/09/1988	16,2	1523663	5053755	193,74	193,54
15/08/1988	16,3	1523663	5053755	193,74	193,54

15/07/1988	16	1523663	5053755	193,74	193,54
15/06/1988	16,2	1523663	5053755	193,74	193,54
15/05/1988	16,7	1523663	5053755	193,74	193,54
15/04/1988	16,2	1523663	5053755	193,74	193,54
15/03/1988	16,3	1523663	5053755	193,74	193,54
15/02/1988	16,5	1523663	5053755	193,74	193,54
15/01/1988	17,7	1523663	5053755	193,74	193,54
15/12/1987	17,5	1523663	5053755	193,74	193,54
15/11/1987	17,3	1523663	5053755	193,74	193,54
15/10/1987	17,1	1523663	5053755	193,74	193,54
15/09/1987	16	1523663	5053755	193,74	193,54
15/08/1987	16,3	1523663	5053755	193,74	193,54
15/07/1987	17,2	1523663	5053755	193,74	193,54
15/06/1987	17	1523663	5053755	193,74	193,54
15/05/1987	17,1	1523663	5053755	193,74	193,54
15/04/1987	16,9	1523663	5053755	193,74	193,54
15/03/1987	16,5	1523663	5053755	193,74	193,54
15/02/1987	16,6	1523663	5053755	193,74	193,54
15/01/1987	17,4	1523663	5053755	193,74	193,54
15/12/1986	17,1	1523663	5053755	193,74	193,54
15/11/1986	16,7	1523663	5053755	193,74	193,54
15/10/1986	16,5	1523663	5053755	193,74	193,54
15/09/1986	15,4	1523663	5053755	193,74	193,54
15/08/1986	15,6	1523663	5053755	193,74	193,54
15/07/1986	15,2	1523663	5053755	193,74	193,54
15/06/1986	15	1523663	5053755	193,74	193,54
15/05/1986	15	1523663	5053755	193,74	193,54
15/04/1986	15,5	1523663	5053755	193,74	193,54

Di seguito si riporta la carta delle Isopiezometriche prodotta dalla Provincia di Milano relativa a marzo 2010:

Risorse Idriche, Cave e Acque Superficiali  
Acque Sotterranee e Banche Dati Idriche  
Informativo Falda



asoli

**FIG. 10** Carta delle isopiezometriche – Sistema informativo Provincia di Milano – MARZO 2010 Scala grafica

## 4. INDAGINI ESEGUITE

Per il presente studio, in data 6 novembre 2013, sono state realizzate 2 prove penetrometriche dinamiche continue per interpretare<sup>1</sup> la stratigrafia dei terreni in oggetto.



FIG. 11 Esecuzione prova penetrometrica dinamica SCPT 2

### 4.1 Prove penetrometriche

La prova penetrometrica Scpt è stata eseguita con penetrometro dinamico superpesante DPSH le cui caratteristiche sono rigorosamente conformi alla normativa geotecnica vigente in materia. Se ne riassumono di seguito i dati tecnici salienti:

DPSH		
<b>MAGLIO</b>	Massa M (Kg)	63.5
	Altezza di caduta H (mm)	750
<b>CONO</b>	Angolo di apertura (°)	90
	Area di base A (cm <sup>2</sup> )	20
	Diametro di base D (mm)	50.5
	Altezza cilindro di base cono (mm)	50.5
	Rastremazione (parte alta) (°)	11
<b>ASTE</b>	Altezza parte conica (mm)	25.3
	Massa minima (Kg/m)	6
<b>PENETRAZIONE</b>	Diametro esterno massimo (mm)	32
	Lunghezza aste (mm)	1000
	Numero di colpi penetrazione	N <sub>20</sub>
Campo di valori standard		5 ± 100
Lavoro specifico per colpo M*g*H/A (Kj/m <sup>2</sup> )		234

L'esecuzione di una prova penetrometrica consiste nell'ingfiere verticalmente nel terreno una punta conica metallica posta all'estremità di un'asta d'acciaio prolungabile con l'aggiunta di aste successive. L'infissione della punta avviene per battitura, facendo cadere da un'altezza costante di 75 cm, un maglio del peso di 63.5 kg e registrando il numero di colpi di maglio

<sup>1</sup> Dalle prove si determina direttamente lo stato di addensamento dei terreni e, tramite correlazioni, si risale alle caratteristiche geotecniche.

(NScpt) necessari per approfondimenti costanti di 20 cm. La resistenza del terreno è funzione inversa della penetrazione per ciascun colpo e diretta del numero di colpi NScpt.

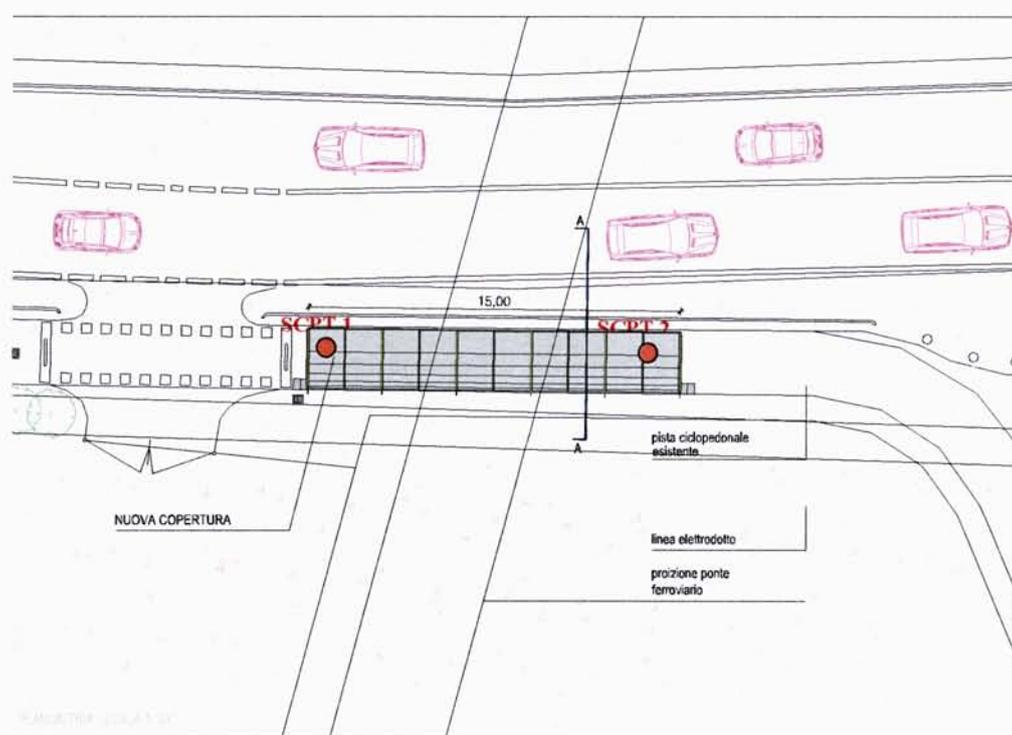
Di seguito vengono riportate le principali caratteristiche delle prove condotte:

<b>OPERE IN PROGETTO</b>	<b>Prova n.</b>	<b>Profondità (m da p.c.)</b>	<b>Rifiuto<sup>2</sup></b>	<b>Quota acqua (m da p.c.)</b>
<b>COPERTURA PISTA CICLO PEDONALE</b>	<b>1</b>	-8.2	NO	-3.8
	<b>2</b>	-8.2	NO	-3.8

**E' stata individuata la presenza di acqua a partire da -3.8 m da p.c. esistente**

Le tabelle e i grafici relativi alle prove Scpt sono riportati in appendice.

Di seguito si riporta l'ubicazione delle prove penetrometriche dinamiche effettuate:



#### LEGENDA PLANIMETRIA

- Depositi FLUVIOGLACIALI
- **SCPT 1** Ubicazione prove penetrometriche dinamiche pesanti SCPT
- - - A A Traccia sezione stratigrafica

**FIG. 12** Ubicazione prove penetrometriche dinamiche scpt

<sup>2</sup> Per rifiuto si intende l'interruzione della prova a causa del mancato avanzamento di 30 cm delle aste a seguito di 100 colpi del maglio

## 5. STRATIGRAFIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

### 5.1 Stratigrafia

Lo stato di addensamento dei terreni di fondazione è stato interpretato direttamente dalla misura dei colpi di infissione delle prove scpt, mentre la natura dei terreni è stata dedotta dai residui lasciati sulle aste in fase di recupero delle stesse.

L'indagine geognostica unitamente al rilievo geologico-morfologico eseguito in corrispondenza dell'area in esame e di quelle limitrofe, ha evidenziato la presenza di depositi fluvio-glaciali, costituiti in prevalenza da sabbie fini limose in superficie e ghiaie sabbiose con subordinati ciottoli in profondità. Si tratta di terreni granulari con grado di addensamento alternato con la profondità.

Di seguito vengono riportati i risultati di tali deduzioni in un modello stratigrafico mediato per l'opera in progetto:

<b>Profondità in m dal p.c.</b>	<b>Nspt</b>	<b>Orizzonte</b>	<b>Stato di addensamento / consistenza</b>
da 0.0 a -0.8	2-3	<b>1</b>	Terreno molto sciolto
<b>da -0.8 a -1.2</b>	<b>8-10</b>	<b>2</b>	<b>Terreno da poco a moderatamente addensato</b>
da -1.2 a -5.2	3	<b>3</b>	Terreno molto sciolto
da -5.2 a -8.2	10-12	<b>4</b>	Terreno moderatamente addensato

$$N_{spt} = N_{scpt} * 1.2$$

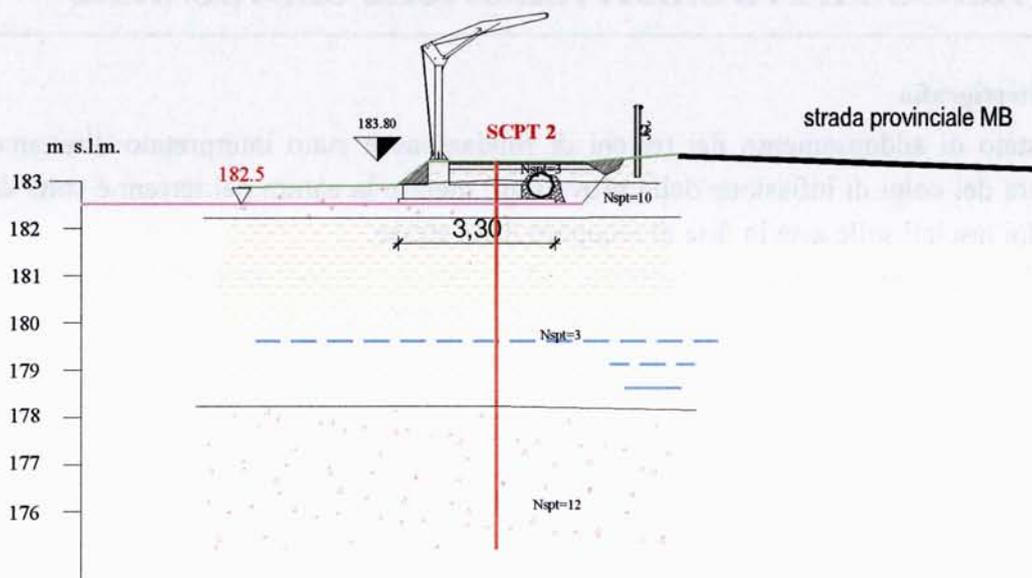
= Orizzonte entro cui poggeranno le fondazioni in progetto

**E' stata individuata la presenza di acqua a partire da -3.8 m da p.c.**

**Il piano posa fondazioni è previsto ad una profondità di -0.9 m da p.c. poggiante all'interno dell'orizzonte 2 da poco a moderatamente dotato di discrete caratteristiche geotecniche.**

Di seguito è riportata la sezione stratigrafica individuata dall'indagine.

SEZIONE STRATIGRAFICA A-A SCALA 1: 100



LEGENDA SEZIONE STRATIGRAFICA

- SCPT 1**

| Ubicazione prove penetrometriche dinamiche pesanti
- Piano posa fondazioni in progetto
- Terreno molto sciolto (Nspt=2-3)
- Terreno da poco a moderatamente addensato (Nspt=8-12)
- Presenza di acqua in data 6/11/2013

FIG. 13 Sezione stratigrafica A-A

## 5.2 Caratteristiche geotecniche

Le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione sono state determinate attraverso le correlazioni proposte dagli Autori a partire dai valori di resistenza di punta delle prove Scpt.

La tabella a seguire riassume le principali caratteristiche geotecniche individuate, con riferimento agli orizzonti stratigrafici descritti nel precedente paragrafo:

Profondità in m dal p.c.	Nspt	Orizzonte	Yt	$\phi$	E	Kw
da 0.0 a -0.8	2-3	1	1.65-1.70	24°-25°	30-50	1.2-2.0
da -0.8 a -1.2	8-10	2	1.70-1.75	28°-30°	80-120	3.2-4.8
da -1.2 a -5.2	2-3	3	1.65-1.70	24°-25°	30-50	1.2-2.0
da -5.2 a -8.2	10-12	4	1.70-1.75	30°-31°	120-200	3.2-8

dove:

Yt = peso naturale terreno ( $t/m^3$ );  $\phi$  = angolo di attrito ( $^\circ$ ); E = modulo elastico ( $kg/cm^2$ ); Kw = modulo di reazione del terreno ( $kg/cm^3$ )

= Orizzonte entro cui poggeranno le fondazioni in progetto

## 6. CAPACITA' PORTANTE DEI TERRENI

Di seguito si riportano le profondità del piano posa fondazioni delle opere in progetto:

OPERE IN PROGETTO	Piano posa fondazioni (in m da pc. Attuale)	ORIZZONTE INTERESSATO
COPERTURA IN PROGETTO	-0.9	2

Il piano posa fondazioni è previsto ad una profondità di -0.9 m da p.c. poggiante all'interno dell'orizzonte 2 da poco a moderatamente dotato di discrete caratteristiche geotecniche.

In accordo con le Norme Tecniche per le Costruzioni sono stati effettuati i calcoli della resistenza allo stato limite ultimo (SLU) (capacità portante) e allo stato limite di esercizio (SLE).

Per stato limite s'intende una particolare condizione raggiunta la quale l'opera non è più in grado di svolgere la funzione per la quale è stata progettata. Si parla di **stato limite ultimo** nel caso si prenda in considerazione il verificarsi di una situazione di collasso, per esempio quando il carico applicato supera la portanza del terreno di fondazione. Il termine **stato limite di esercizio** viene invece usato nel caso si esamini una situazione in cui, pur non avendosi il collasso, l'opera subisca lesioni tali da renderla inutilizzabile. Nel caso di una fondazione superficiale ciò può verificarsi, quando i cedimenti del terreno superano una soglia critica, provocando delle distorsioni angolari non accettabili negli elementi della sovrastruttura. Si parla di criterio semiprobabilistico in quanto, a differenza dell'approccio rigorosamente probabilistico, compare il concetto di coefficiente sicurezza, anche se di tipo differenziato a seconda del parametro preso in esame.

La procedura adottata per calcolare la capacità portante del terreno è la seguente:

1. ipotizzando che sollecitazioni applicate e portanza siano fra loro indipendenti, si determinano i valori caratteristici dei parametri della resistenza al taglio del terreno, coesione e angolo di attrito interno; per **valore caratteristico** s'intende, se si adotta un approccio statistico, quel valore al quale è associata una prefissata probabilità di non superamento; assumere, per esempio, un valore caratteristico di  $30^\circ$  dell'angolo di attrito del terreno con una probabilità di non superamento del 5%, vuol dire ipotizzare che ci sia una probabilità del cinque per cento che il valore *reale* dell'angolo di attrito sia inferiore a  $30^\circ$ ;
2. per tenere conto di eventuali altre cause d'indeterminazione, si applicano ai valori caratteristici dei coefficienti di sicurezza parziali in funzione dello stato limite considerato;
3. s'introducono i valori così ridotti di  $c$  e  $\phi$  in una delle formula di calcolo della portanza disponibili in letteratura (Brinch Hansen, Vesic, Terzaghi, Meyerhof, ecc.), ricavando la portanza della fondazione; al valore ottenuto si applica un ulteriore coefficiente di sicurezza globale, variabile in funzione dell'approccio di calcolo scelto;
4. si confronta il valore del carico di progetto con il valore di portanza ottenuto, controllando che, ovviamente, non sia superiore.

**Secondo la normativa la valutazione del grado di sicurezza si ottiene adottando il "Metodo semiprobabilistico dei coefficienti parziali" e verificando la relazione:**

**$R_d > E_d$**

con:

$R_d$  = valore di progetto della resistenza del terreno

$E_d$  = valore di progetto dell'azione o degli effetti delle azioni nelle varie combinazioni di calcolo

**A tal fine la normativa impone l'utilizzo dei coefficienti parziali ( $\gamma_m$ ) riduttivi da applicare ai valori caratteristici ( $V_k$ ) dei parametri di resistenza del terreno secondo due combinazioni denominate M1 e M2.**

Le valutazioni sono state eseguite in condizioni a lungo termine, carico assiale, momento alla base di appoggio nullo, metodo di Brinch-Hansen e considerando come terreno di fondazione l'unità geotecnica 2 (orizzonte 2 individuato dalle prove penetrometriche).

**Sulla base dei parametri geotecnici riportati nel precedente paragrafo, è stata calcolata la capacità portante per fondazioni dirette tipo trave di larghezza pari a 2.5 m, lunghezza 15 m e rinterro 0.7 m.**

Il calcolo è stato eseguito allo stato limite ultimo secondo quanto disposto nel capitolo 6.2.3.1.2 del D. M. 14.1.08 tabella 6.2.II.

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_m$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1.0	1.25
Coazione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1.0	1.0

*Coefficienti parziali per i parametri geotecnica del terreno*

Di seguito si riporta la tabella con riportate le correzioni dei parametri geotecnici mediante i relativi coefficienti.

	<b>Coefficiente parziale Colonna M2</b>	<b>Parametri geotecnica corretti</b>
$\varphi'$ (gradi)	$\gamma_{\varphi'}=1.25$	23°
$c'$ (t/m2)	$\gamma_{c'}=1.25$	Trascurabile
$\gamma_n$ (t/m3)	$\gamma_{\gamma}=1.00$	1.75
	<b>Coefficiente parziale Colonna M1</b>	
$\varphi'$ (gradi)	$\gamma_{\varphi'}=1.00$	29°
$c'$ (t/m2)	$\gamma_{c'}=1.00$	Trascurabile
$\gamma_n$ (t/m3)	$\gamma_{\gamma}=1.00$	1.75

<b>VERIFICA</b>	<b>COEFFICIENTE PARZIALE (R1)</b>	<b>COEFFICIENTE PARZIALE (R2)</b>	<b>COEFFICIENTE PARZIALE (R3)</b>
Capacità portante	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.8$	$\gamma_R = 2.3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.1$	$\gamma_R = 1.1$

*Coefficienti parziali per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazione superficiali*

Il calcolo della capacità portante vista la natura del terreno è stato effettuato in condizioni drenate considerando nullo il valore di coesione ( $C'=0$ ) ed utilizzando il calcolo della capacità portante la formula di Brinch-Hansen valida per fondazioni superficiali:

$$q_{LIM} = 0.5 \gamma' B N_{\gamma} s_{\gamma} i_{\gamma} b_{\gamma} g_{\gamma} + c' N_c s_c d_c i_c b_c g_c + q' N_q s_q d_q i_q b_q g_q$$

In cui:

- $q_{LIM}$ : capacità portante limite del terreno di fondazione (kPa);
- $\gamma'$ : peso di volume effettivo ( $Mg/m^3$ );
- $B$ : larghezza base di fondazione (m);
- $c'$ : coesione efficace del terreno (kPa);
- $q'$ : sovraccarico laterale (kPa);
- $N_{\gamma}$ ,  $N_c$ ,  $N_q$ : fattori di capacità portante funzione di  $\varphi'$  (Vesic, 1975).
- $s_{\gamma}$ ,  $s_c$ ,  $s_q$ : fattori di forma della fondazione;
- $i_{\gamma}$ ,  $i_c$ ,  $i_q$ : fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del carico;
- $b_{\gamma}$ ,  $b_c$ ,  $b_q$ : fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base di fondazione;
- $g_{\gamma}$ ,  $g_c$ ,  $g_q$ : fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano campagna;
- $d_{\gamma}$ ,  $d_q$ : fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa.

Il comune in esame ricade in zona 4 pertanto per valutare l'effetto sismico sulla capacità portante del terreno di fondazione è stata applicata la correzione di sano che comporta una riduzione del valore dell'angolo di attrito in funzione della categoria sismica di appartenenza e quindi del valore dell'accelerazione sismica orizzontale.

Per la verifica **allo LSE** è stata adottata la combinazione M1 dove i coefficienti riduttivi risultano unitari e pertanto i valori di progetto  $V_p$  coincidono con i valori caratteristici.

$$V_p = V_k$$

**Il fattore limitante nel caso dello LSE è rappresentato dal cedimento massimo e dalle distorsioni massime compatibili con la funzionalità dell'opera. Il cedimento massimo compatibile della struttura è stato imposto uguale a 2.5 cm.**

Di seguito si riportano i calcoli della resistenza del terreno di fondazioni a comportamento elastico:

**FONDAZIONI SUPERFICIALI TIPO TRAVE**

**CALCOLO DELLA RESISTENZA DEL TERRENO DI FONDAZIONI A  
COMPORTAMENTO ELASTICO SECONDO LA FORMULA DI BRINCH-  
HANSEN – D.M. 14.1.2008 - STATO LIMITE ULTIMO  
CONDIZIONI M1 + R3**

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO:

Coesione=	0	kPa
Angolo di attrito=	29°	Gradi
Peso di volume=	17.5	kN/mc
Profondità media del piano posa fondazioni H (m)=	0.9	m

B (LARGHEZZA TRAVE) m	Resistenza terreno KPa
2.5	220

**CALCOLO DELLA RESISTENZA DEL TERRENO DI FONDAZIONI A  
COMPORTAMENTO ELASTICO SECONDO LA FORMULA DI BRINCH-HANSEN  
– D.M. 14.1.2008 – STATO LIMITE ULTIMO  
CONDIZIONI M2 + R2**

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO:

Coesione=	0	kPa
Angolo di attrito=	23°	Gradi
Peso di volume=	17.5	kN/mc
Profondità media del piano posa fondazioni H (m)=	0.9	m

B (LARGHEZZA TRAVE) m	Resistenza terreno KPa
2.5	120

**CALCOLO DELLA RESISTENZA DEL TERRENO DI FONDAZIONI A  
COMPORTAMENTO ELASTICO SECONDO LA FORMULA DI BRINCH-  
HANSEN – D.M. 14.1.2008 - CEDIMENTI  $\leq 2.5$  CM  
STATO LIMITE DI ESERCIZIO**

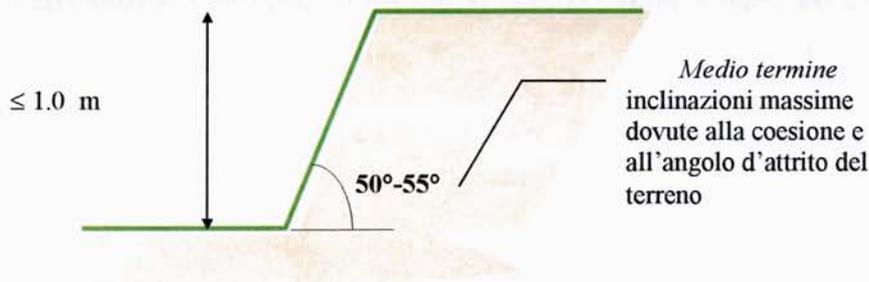
CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO:

Coesione=	0	kPa
Angolo di attrito=	29°	Gradi
Peso di volume=	17.5	kN/mc
Profondità media del piano posa fondazioni H (m)=	0.9	m

B (LARGHEZZA TRAVE) m	Resistenza terreno KPa
2.5	60

## 7. STABILITÀ FRONTI DI SCAVO

La stabilità dei fronti di scavo è influenzata dall'altezza e inclinazione dei fronti, dall'angolo d'attrito, dalla coesione non drenata del terreno, dalla presenza di sovraccarichi, dalle condizioni meteorologiche (variazioni di temperatura e precipitazioni), da eventuali venute di



acqua dai fronti stessi e dal tempo nel quale lo scavo resterà aperto.

Nell'ambito della realizzazione del progetto, considerando una situazione a medio termine, al fine di garantire stabilità ai fronti

e la sicurezza agli operatori, si suggerisce per altezze  $\leq 2.0$  m di realizzare fronti di scavo con inclinazioni massime di  $50^\circ-55^\circ$ , di lasciare il minor tempo possibile gli scavi aperti e di proteggere con coperture i fronti onde evitare erosioni dovute agli agenti meteorici.

## 8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Con incarico del **PARCO DELLA VALLE REGIONALE DEL LAMBRO**, è stata eseguita un'indagine geologico tecnica ai sensi del D.M. 11.03.88 e del D.M. 14.1.08 con lo scopo di definire le caratteristiche geologiche, idrogeologiche e morfologiche locali, per la copertura di un tratto di pista ciclopedonale, nel comune di Lesmo (Mb). L'area si trova in adiacenza a via Galilei, in località Gerno, alla quota assoluta di circa 183 m s.l.m.

Il progetto prevede la realizzazione di una copertura per un tratto di circa 15 m.

Il piano delle fondazioni è posto alla quota relativa di  $-0.9$  m da p.c. esistente.

**Pertanto gli scavi avranno un'altezza massima di circa 0.9 m.**

L'indagine geognostica, consistita nell'esecuzione di **2 prove penetrometriche** dinamiche pesanti, spinte fino alla massima profondità di **-8.2 m** da piano campagna esistente, ha individuato la presenza, oltre del livello superficiale da molto sciolto a sciolto un orizzonte da poco a moderatamente addensato seguito da un livello molto sciolto oltre il quale vi è un orizzonte moderatamente addensato.

**E' stata individuata la presenza di acqua a partire da -3.8 m da p.c. esistente.**

**Non si segnala in zona, la presenza di processi geomorfici in atto o potenziali che possano compromettere la stabilità dei luoghi.**

**Dal punto di vista della classificazione sismica i terreni in esame appartengono alla classe C. Si tratta di depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o di argille di media rigidezza con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s ( $15 < N_{spt} < 50$ ,  $70 < c_u < 250$  KPa).**

Applicando le verifiche sismiche di 2° livello, dall'elaborazione dei dati come previsto dalla normativa, il valore di  $F_a$  ottenuto per entrambi gli intervalli è inferiore al valore di soglia corrispondente.

Pertanto la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa (classe di pericolosità H1).

Il piano posa fondazioni è previsto ad una profondità di  $-0.9$  m da p.c. poggiante all'interno dell'orizzonte 2 da poco a moderatamente dotato di discrete caratteristiche geotecniche.

In seguito all'entrata in vigore del D. M. 14.1.08 la seguente indagine prevede uno studio sismico e il calcolo della resistenza del terreno in condizioni a lungo termine, momento alla base di appoggio nullo e metodo di Brinch-Hansen.

#### **FONDAZIONI SUPERFICIALI TIPO TRAVE**

**STATO LIMITE ULTIMO - CONDIZIONI M1 + R3** - Il valore di capacità portante per fondazioni dirette tipo trave con rinterro minimo di  $0.7$  m, larghezza  $B$  pari a  $2.5$  m, piano di posa delle fondazioni a  $-0.9$  m da p.c., poggiante all'interno dell'orizzonte 2 è risultato pari a  $22$  t/m<sup>2</sup>.

**STATO LIMITE ULTIMO - CONDIZIONI M2 + R2** - Il valore di capacità portante per fondazioni dirette tipo trave con rinterro minimo di  $0.7$  m, larghezza  $B$  pari a  $2.5$  m, piano di posa delle fondazioni a  $-0.9$  m da p.c., poggiante all'interno dell'orizzonte 2 è risultato pari a  $12$  t/m<sup>2</sup>.

**STATO LIMITE DI ESERCIZIO – CEDIMENTI  $\leq 2.5$ cm** - Il valore di capacità portante per fondazioni dirette tipo trave con rinterro minimo di  $0.7$  m, larghezza  $B$  pari a  $2.5$  m, piano di posa delle fondazioni a  $-0.9$  m da p.c., poggiante all'interno dell'orizzonte 2 è risultato pari a  $6$  t/m<sup>2</sup> con cedimenti  $\leq 2.5$ cm.

Nell'ambito della realizzazione del progetto, considerando una situazione a medio termine, al fine di garantire stabilità ai fronti e la sicurezza agli operatori, si suggerisce per altezze  $\leq 1.0$  m di realizzare fronti di scavo con inclinazioni massime di  $50^\circ$ - $55^\circ$ , di lasciare il minor tempo possibile gli scavi aperti e di proteggere con coperture i fronti onde evitare erosioni dovute agli agenti meteorici.

Si rimane comunque a disposizione per qualsiasi chiarimento.

Osnago, Novembre 2013

Dott. Geol. Maurizio Penati

Dott.ssa Geol. Maria Luisa Todeschini





## **ALLEGATO 1**

### ***PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE PESANTI SCPT:***

#### ***Grafici e Tabelle***



LUOGO: LESMO

Data: 6 novembre 2013

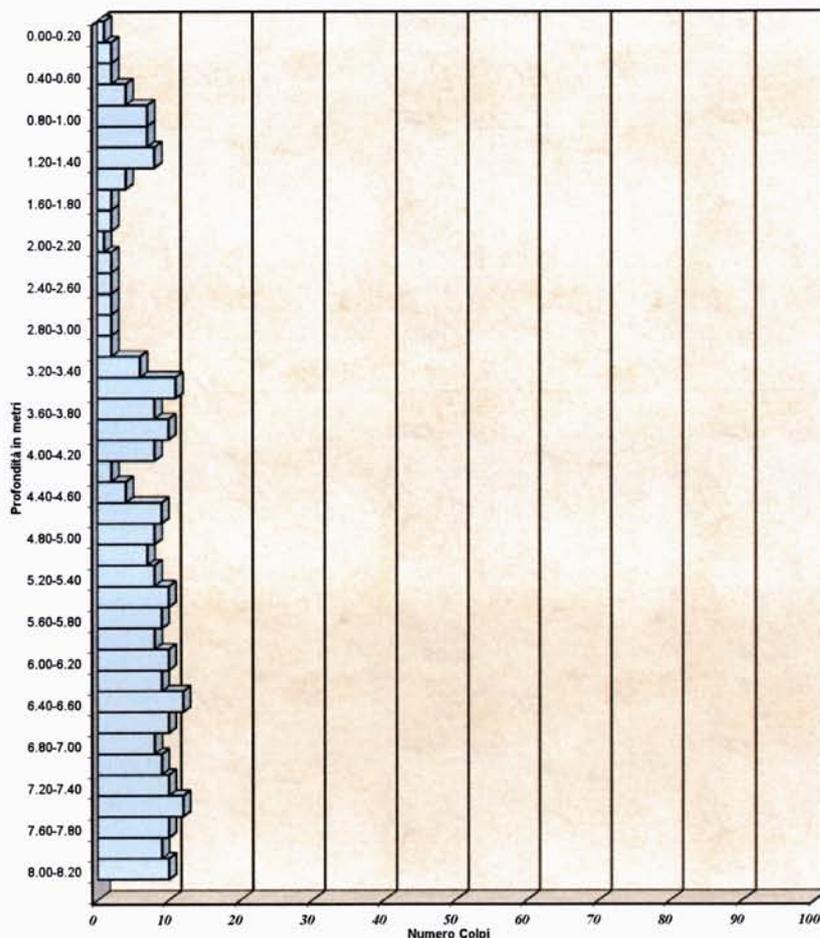
quota inizio: p.c.

Acqua: -3,8 m da p.c. esistente

## TABELLA VALORI DI RESISTENZA

prof. (m)	Np	Nr. asta
0.00-0.20	1	1
0.20-0.40	2	1
0.40-0.60	2	1
0.60-0.80	4	1
0.80-1.00	7	1
1.00-1.20	7	2
1.20-1.40	8	2
1.40-1.60	4	2
1.60-1.80	2	2
1.80-2.00	2	2
2.00-2.20	1	3
2.20-2.40	2	3
2.40-2.60	2	3
2.60-2.80	2	3
2.80-3.00	2	3
3.00-3.20	2	4
3.20-3.40	6	4
3.40-3.60	11	4
3.60-3.80	8	4
3.80-4.00	10	4
4.00-4.20	8	5
4.20-4.40	2	5
4.40-4.60	4	5
4.60-4.80	9	5
4.80-5.00	8	5
5.00-5.20	7	6
5.20-5.40	8	6
5.40-5.60	10	6
5.60-5.80	9	6
5.80-6.00	8	6
6.00-6.20	10	7
6.20-6.40	9	7
6.40-6.60	12	7
6.60-6.80	10	7
6.80-7.00	8	7
7.00-7.20	9	8
7.20-7.40	10	8
7.40-7.60	12	8
7.60-7.80	10	8
7.80-8.00	9	8
8.00-8.20	10	9

## PROVA PENETROMETRICA SCPT 1



## DPSH

MAGLIO Massa M (Kg) 63.5  
 Altezza di caduta H (mm) 750  
 CONO Angolo di apertura (°) 90  
 Area di base A (cm<sup>2</sup>) 20  
 Diametro di base D (mm) 50.5  
 Altezza cilindro di base cono (mm) 50.5  
 Rasteremazione (parte alta) (°) 11  
 Altezza parte conica (mm) 25.3  
 ASTE Massa minima (Kg/m) 6  
 Diametro esterno massimo (mm) 32  
 PENETRAZIONE Lunghezza aste (mm) 1000  
 Numero di colpi penetrazione N20  
 Campo di valori standard 5 ± 100  
 Lavoro specifico per colpo  $M \cdot g \cdot H / A$  (Kj/m<sup>2</sup>) 234



LUOGO: LESMO

Data: 6 novembre 2013

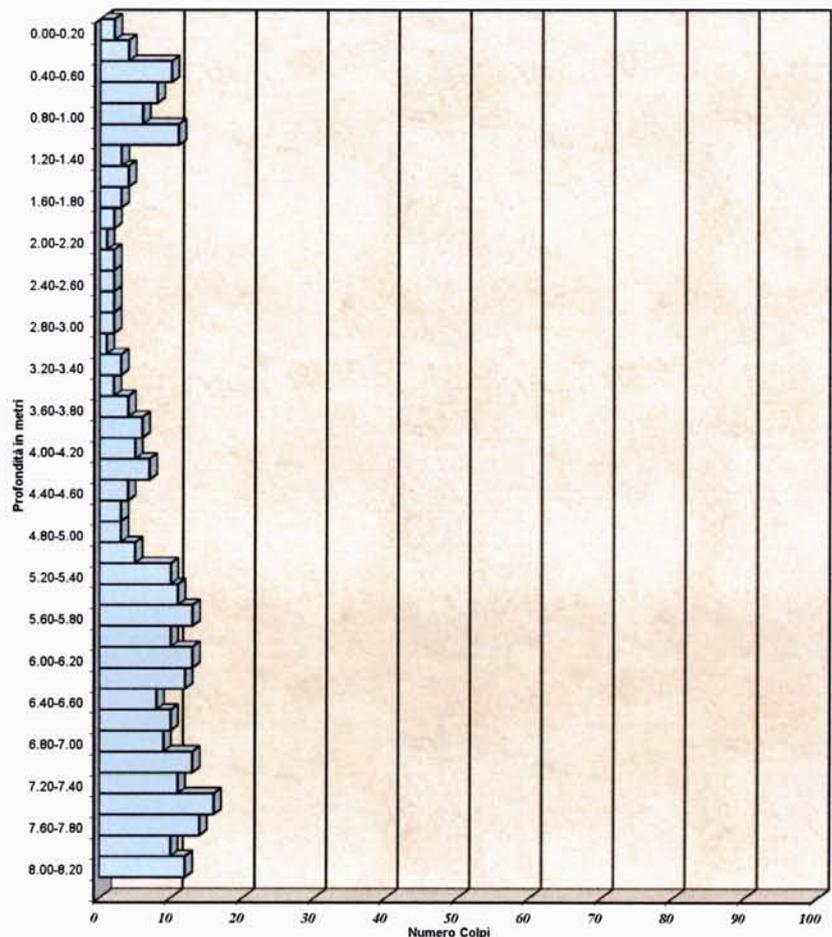
quota inizio: p.c.

Acqua: -3,8 m da p.c. esistente

## TABELLA VALORI DI RESISTENZA

prof. (m)	Np	Nr. asta
0.00-0.20	2	1
0.20-0.40	4	1
0.40-0.60	10	1
0.60-0.80	8	1
0.80-1.00	6	1
1.00-1.20	11	2
1.20-1.40	3	2
1.40-1.60	4	2
1.60-1.80	3	2
1.80-2.00	2	2
2.00-2.20	1	3
2.20-2.40	2	3
2.40-2.60	2	3
2.60-2.80	2	3
2.80-3.00	2	3
3.00-3.20	1	4
3.20-3.40	3	4
3.40-3.60	2	4
3.60-3.80	4	4
3.80-4.00	6	4
4.00-4.20	5	5
4.20-4.40	7	5
4.40-4.60	4	5
4.60-4.80	3	5
4.80-5.00	3	5
5.00-5.20	5	6
5.20-5.40	10	6
5.40-5.60	11	6
5.60-5.80	13	6
5.80-6.00	10	6
6.00-6.20	13	7
6.20-6.40	12	7
6.40-6.60	8	7
6.60-6.80	10	7
6.80-7.00	9	7
7.00-7.20	13	8
7.20-7.40	11	8
7.40-7.60	16	8
7.60-7.80	14	8
7.80-8.00	10	8
8.00-8.20	12	9

## PROVA PENETROMETRICA SCPT 2



## DPSH

MAGLIO Massa M (Kg) 63.5  
 Altezza di caduta H (mm) 750  
 CONO Angolo di apertura (°) 90  
 Area di base A (cm<sup>2</sup>) 20  
 Diametro di base D (mm) 50.5  
 Altezza cilindro di base cono (mm) 50.5  
 Rasteremazione (parte alta) (°) 11  
 Altezza parte conica (mm) 25.3  
 ASTE Massa minima (Kg/m) 6  
 Diametro esterno massimo (mm) 32  
 PENETRAZIONE Lunghezza aste (mm) 1000  
 Numero di colpi penetrazione N20  
 Campo di valori standard 5 ± 100  
 Lavoro specifico per colpo  $M \cdot g \cdot H / A$  (Kj/m<sup>2</sup>) 234

