
Comune di Ponte San Pietro
Provincia di Bergamo

Rapporto geologico - geotecnico con indicazioni idrogeologiche e di caratterizzazione sismica sui terreni siti lungo via Beato Barrè Nicola, Frazione Locate, in territorio comunale di Ponte San Pietro (Bg), quale supporto specialistico al progetto di realizzazione nuovi edifici residenziali

EDIL FPM

Dott. Norberto Invernici
geologo
N° Iscr. O.G.L. 990



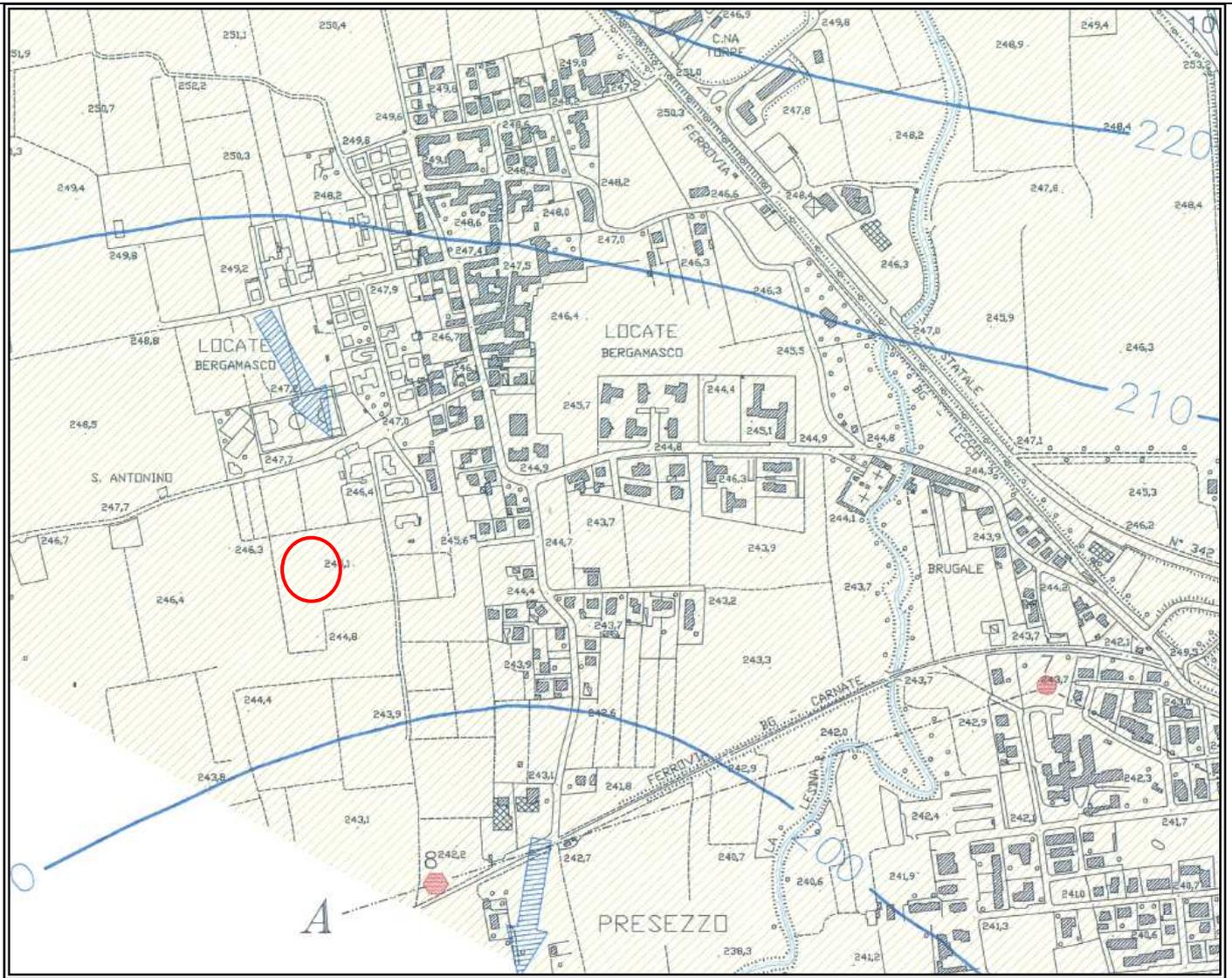
Bergamo, 7 Aprile 2016

Indice

1.0 - Premessa	2
2.0 - Inquadramento geologico - geomorfologico - pedologico	3
3.0 - Indagini in sito	4
3.1 Prove penetrometriche dinamiche continue SCPT	4
3.1.1- Correlazione SCPT - SPT ed interpretazioni geotecniche	5
3.2 Indagini HVSR	6
4.0 Elementi di microzonazione sismica	6
5.0 verifiche geotecniche terreni	8
5.1 Parametri geotecnici caratteristici	8
5.2 Verifica liquefazione terreno di sottofondo	9
5.3 Verifica al carico limite dell'insieme fondazione-terreno	10
5.4 Esiti delle verifiche geotecniche relative alla resistenza dei terreni allo SLU	11
6.0 Conclusioni	12

1.0 - Premessa

Nel seguente rapporto sono illustrati gli esiti conseguiti dagli studi e dalle indagini di carattere geologico - geotecnico - idrogeologico e di caratterizzazione sismica dei terreni siti lungo via Beato Barrè Nicola, Fraz. Locate, in comune di Ponte San Pietro (Bg), proponendosi quale supporto specialistico al progetto di formazione nuovi edifici residenziali caratterizzati da un piano interrato (con quota di imposta delle fondazioni posto a circa - 3,70 m da p.c. attuale) e due piani fuori terra, secondo le indicazioni progettuali verbalmente fornite dall'Ing. Fabio Crotti. L'area di intervento è sita a S del centro abitato della Frazione Locate e risulta inserita in Classe 2 di fattibilità geologica (fattibilità con modeste limitazioni), dal vigente strumento di pianificazione territoriale comunale, considerata l'insussistenza di significativi vincoli di carattere geologico all'edificabilità dei terreni; per tali aree le NTA del PGT, prevedono la predisposizione dei relativi approfondimenti di carattere geologico - geotecnico e sismico, in ottemperanza alle normative vigenti. Dal punto di vista sismico il territorio comunale di Ponte San Pietro (Bg) è stato classificato dalla D.G.R. della Lombardia n. X/2129 dell'11 luglio 2014 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)", come comune in zona 3; la più recente D.G.R. X/4144 "Ulteriore differimento del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio approvata con d.g.r. 11 luglio 2014, n. 2129 «Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, comma 108, lett. d)»" pur differendo ad Aprile 2016 l'entrata in vigore della DGR 2129, prescrive che "nei comuni che saranno riclassificati in Zona 3 (come il comune di Ponte San Pietro), tutti i progetti delle strutture riguardanti le nuove costruzioni, pubbliche e private, siano redatti in linea con le norme tecniche vigenti per la Zona 3". In ottemperanza a tali norme è stato pertanto predisposto il seguente rapporto geologico - geotecnico con indicazioni idrogeologiche e di caratterizzazione sismica dei terreni di sottofondo, per definire la fattibilità, dal punto di vista geologico ed idrogeologico, delle opere di progetto nonché per acquisire i parametri idrogeologici e litotecnici caratteristici dei terreni di sottofondo (mediante esecuzione di indagini dirette in sito), indispensabili alla microzonazione sismica, alle verifiche geotecniche sulla portanza e sui cedimenti totali. L'assetto geologico del territorio è stato desunto dalla documentazione esistente (con particolare riferimento allo studio geologico di supporto alla pianificazione comunale di Ponte San Pietro) e dai sopralluoghi eseguiti sulle aree di studio, mentre per l'acquisizione dei parametri litotecnici ed idrogeologici dei terreni di sottofondo si è fatto ricorso a specifiche indagini in sito, eseguite in data 04 Aprile 2016, mediante prove penetrometriche dinamiche continue SCPT, utilizzando il penetrometro Compac 75 Superpesante DPSH (Dynamic Probing Super Heavy), normalizzato secondo gli standard ISSMFE e mediante indagini sismiche passive a stazione singola HVSR (metodo di Nakamura/microtremori).. Lo studio è stato predisposto seguendo i riferimenti legislativi riportati nel D.M. 11 marzo 1988 «Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate.....» e nel D.M. 14 Gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni".



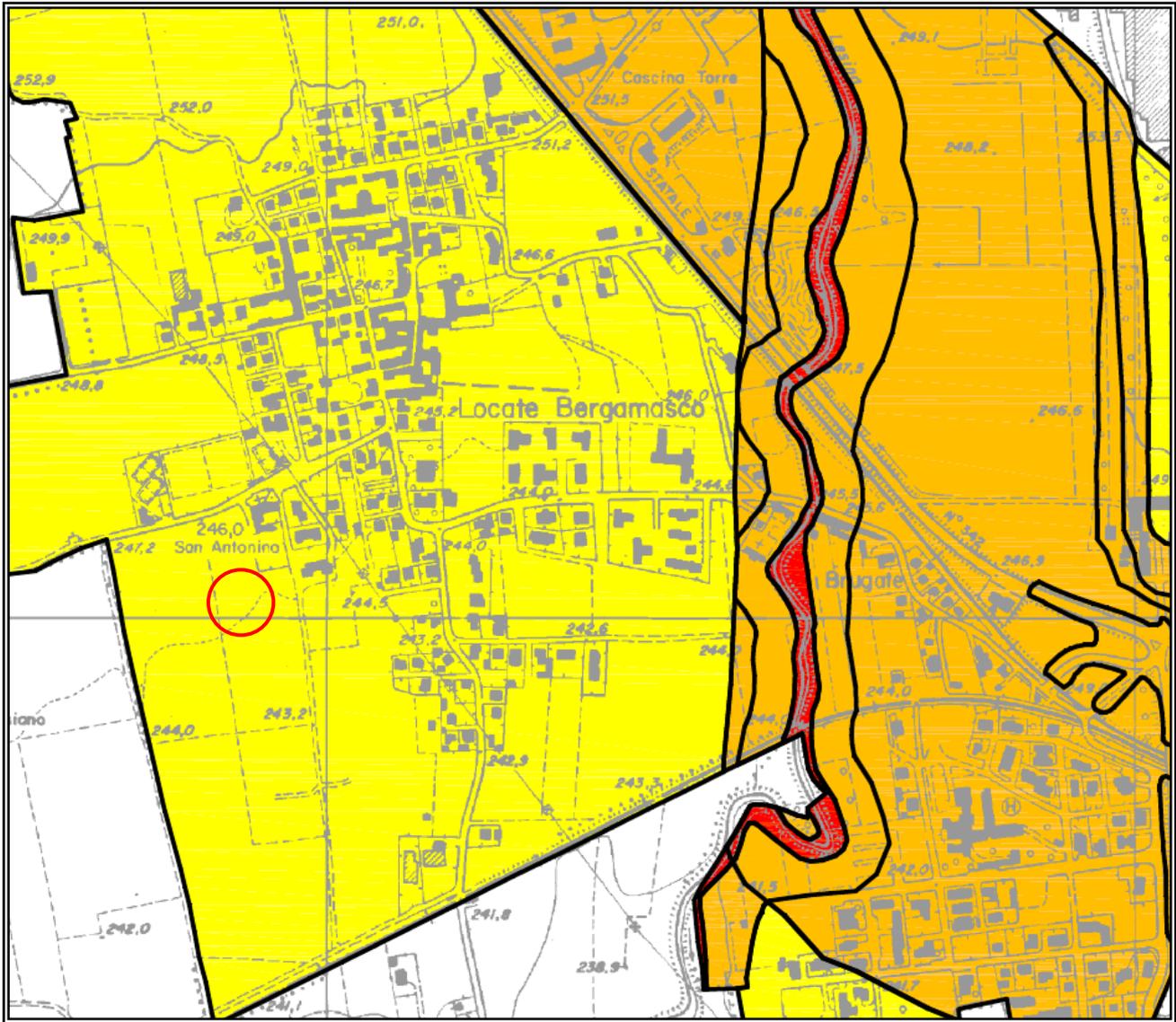
**Stralcio carta idrogeologica
PGT di Ponte San Pietro
(non in scala)**

LEGENDA

-  LINEA ISOPIEZOMETRICA
-  DIREZIONE PRINCIPALE DEL FLUSSO IDRICO
-  RETE IDRICA SUPERFICIALE
-  TRACCIA DI SEZIONE IDROGEOLOGICA
-  5
POZZO COMUNALE CON RISPETTIVO NUMERO D'ORDINE
-  7
POZZO PRIVATO CON RISPETTIVO NUMERO D'ORDINE
-  8
POZZO DEL CONSORZIO BONATE-PRESEZZO-LOCATE
-  AREA POTENZIALMENTE INTERESSATA DA FALDE SOSPENSE
-  VENUTA D'ACQUA

2.0 - Inquadramento geologico - geomorfologico - pedologico

L'area oggetto di intervento è posta lungo via Beato Barrè Nicola, in frazione Locate Bergamasco, in territorio comunale di Ponte San Pietro (Bg), su terreni pianeggianti privi di evidenze geomorfologiche significative, sui quali sorgono edifici a destinazione d'uso residenziale. Sul lotto di terreno oggetto di intervento non insistono vincoli di inedificabilità di carattere geologico - idrogeologico e lo stesso risulta inoltre esterno alle fasce di salvaguardia delle captazioni idropotabili. L'idrografia superficiale dell'area di intervento risulta ben organizzata secondo il reticolo naturalmente affermato e riferibile al corso del torrente Lesina il cui alveo attivo scorre circa 700 m più ad est, e al corso del torrente Dordo il cui alveo attivo scorre circa 800 m ad ovest, in ogni caso a quote e distanze tali dall'area di intervento, da non potersi attendere interferenze di alcun genere con le dinamiche di deflusso delle portate di massima piena. Lo studio eseguito si propone di definire la fattibilità geologica delle opere di progetto e di fornire all'Amministrazione Comunale gli strumenti necessari al rilascio dei relativi pareri. La cartografia geologica ufficiale consultata (sia la carta geologica della Provincia di Bergamo in scala 1:25.000, sia la carta geologica a supporto dello studio geologico comunale), riferisce per le aree di intervento, la presenza, al piano campagna, di sedimenti continentali quaternari in facies fluvioglaciale. L'assetto geologico riflette molto bene questo aspetto ed i terreni di sottofondo dell'area di studio sono caratterizzati dalla presenza dei sedimenti ghiaiosi e sabbiosi riferibili all'Unità di Carvico (Pleistocene Medio - Sup.). Tale Unità è costituita da depositi fluvioglaciali di ghiaie a supporto clastico con ciottoli arrotondati e subspigolosi con presenza di locali limi di esondazione. Tali depositi si presentano rozzamente stratificati e il carattere costante risulta, particolarmente nell'area in riva destra del fiume Brembo, la presenza di sequenze sommitali limose che annegano rapidamente (senza termini granulometrici intermedi) nelle ghiaie sottostanti. La pedogenesi di tali litotipi, interessa generalmente uno spessore di circa 2 - 2,5 m a partire dal piano campagna, caratterizzati per lo più da terreni a granulometria fine (limi argillosi), dotati di bassa permeabilità e scadenti caratteristiche geotecniche. A tale livello superficiale seguono i primi termini ghiaiosi della sequenza litostratigrafica; la componente ghiaiosa aumenta con la profondità a costituire buoni terreni di sottofondo. Le osservazioni di carattere idrogeologico, relative alle oscillazioni del livello di falda, indicano che nell'area di intervento la superficie piezometrica si instaura a quote superiori ai 30 m da p.c., pertanto non in grado di interferire con le opere di progetto; in ogni caso si raccomanda di prevedere la protezione delle fondazioni e delle strutture interrato con idonee guaine impermeabilizzanti e relativi pacchetti drenanti per evitare che infiltrazioni dalla superficie, a seguito di periodi piovosi prolungati, o anomale interferenze/oscillazioni, possano dare luogo a falde temporanee sospese ed indurre fenomeni di risalita capillare e/o infiltrazione nelle murature. Le indicazioni di carattere geologico, geomorfologico ed idrogeologico emerse dallo studio delle aree di intervento e dai sopralluoghi in sito non hanno evidenziato la presenza di processi geomorfologici relitti, quiescenti o in atto, che possano, a seguito della realizzazione delle opere di progetto, evolvere verso forme di dissesto idrogeologico o che possano in qualche modo interferire con esse; pertanto dal punto di vista geologico, geomorfologico ed idrogeologico l'intervento di progetto, eseguendo i lavori a regola d'arte, risulta compatibile.



Stralcio carta di fattibilità geologica
PGT di Ponte San Pietro
(non in scala)

LEGENDA

- | | |
|---|-------------------------|
|  | Classe di fattibilità 4 |
|  | Classe di fattibilità 3 |
|  | Classe di fattibilità 2 |

3.0 - Indagini in sito

Il progetto in questione prevede la formazione di nuovi edifici residenziali caratterizzati da un piano interrato (con quota di imposta delle fondazioni posto a circa - 3,70 m da p.c. attuale) e due piani fuori terra, secondo le indicazioni progettuali verbalmente fornite dall'Ing. Fabio Crotti. Mediante specifiche indagini in sito sono stati attribuiti ai terreni in oggetto i parametri geotecnici ed idrogeologici caratteristici, indispensabili ai calcoli e alle valutazioni geologiche - geotecniche ed idrogeologiche illustrate nella presente relazione; tali calcoli e valutazioni si propongono di definire la fattibilità geologica dell'intervento di progetto, in relazione alle specifiche locali condizioni, e definire i valori di capacità portante e dei cedimenti totali, nonché fornire agli Enti interessati, gli strumenti necessari al rilascio dei relativi pareri.

Così come espressamente richiesto dalla Committenza le indagini in sito sono consistite nell'esecuzione di:

- N° 8 prove penetrometriche dinamiche continue SCPT;
- N° 2 indagini sismiche passive - HVSR;

3.1 Prove penetrometriche dinamiche continue SCPT

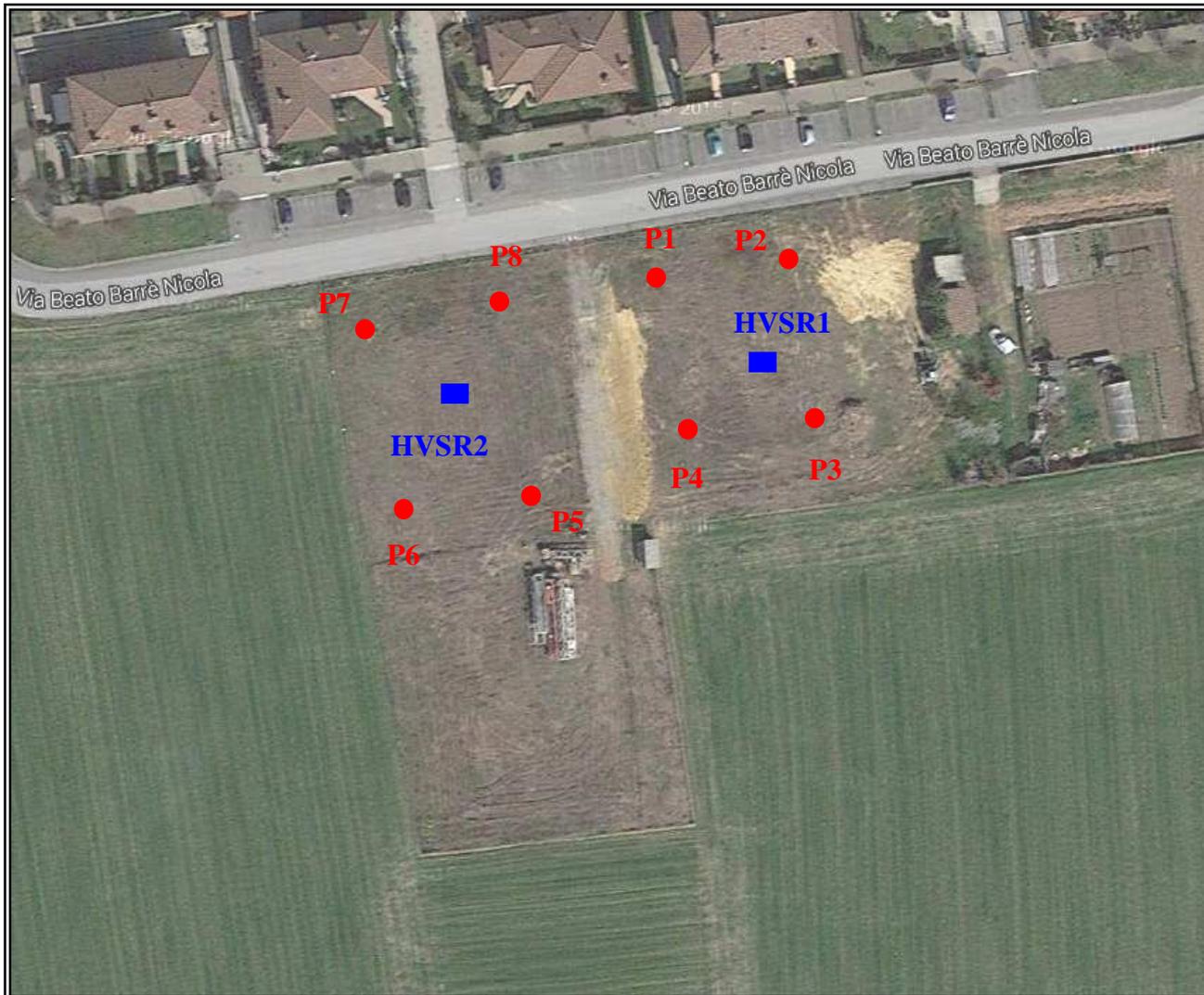
Per la caratterizzazione litotecnica dei terreni interessati dalle opere di progetto, così come espressamente richiesto dalla Committenza, sono state eseguite n° 8 prove penetrometriche dinamiche continue SCPT. Le prove sono state eseguite come da indicazioni fornite dal progettista e dal Committente, che hanno presenziato durante l'esecuzione delle indagini, così come da planimetria schematica allegata. Le prove sono state eseguite con l'impiego del penetrometro dinamico Compac DPSH - 75 le cui caratteristiche tecniche sono di seguito riportate:

Peso massa battente 63,5 Kg - altezza caduta libera 0,75 m - Diametro punta conica 50,8 mm - Lunghezza delle aste 1 m - Peso aste per metro 6,3 Kg - Profondità di giunzione della prima asta 0,90 m - Avanzamento punta 0,20 m.

L'impiego di tale strumento consente la registrazione continua dei dati relativi alla resistenza all'avanzamento della punta penetrometrica ogni 20 cm permettendo la discretizzazione ottimale dei singoli livelli di terreno attraversato. Le successive elaborazioni ed interpretazioni dei dati forniti dalle prove penetrometriche consentono di attribuire a ciascun livello di terreno attraversato i parametri litotecnici significativi per il calcolo della capacità portante ammissibile e dei cedimenti totali applicando le formule maggiormente descritte in letteratura. I risultati conseguiti dalle prove penetrometriche dinamiche eseguite nell'area di studio sono illustrati nei grafici e nelle tabelle allegate:

Profondità da p.c. fino a cui sono state spinte le prove			
N° prova	Profondità in m da p.c.	N° prova	Profondità in m da p.c.
1	5,40	5	3,80
2	4,20	6	4,40
3	4,60	7	4,80
4	5,20	8	5,20

La prova che ha restituito l'esito più rappresentativo per l'area in esame è risultata essere la SCPT n° 4. Le indagini in sito eseguite sono compatibili con una condizione stratigrafica - litotecnica che vede la presenza di un livello superficiale limoso argilloso con rari ciottoli, molto scadente sotto il profilo geotecnico, che si spinge da piano



Legenda:

● **P1** – Prova penetrometrica dinamica continua SCPT n° 1

■ **HVSR1** – Indagini sismica passiva HVSR 1

Schema di ubicazione indagini in sito
Non in scala

campagna fino a circa - 3,7 m; oltre tale livello compare rapidamente l'orizzonte ghiaioso sabbioso ben addensato profondo, che ha determinato il rifiuto all'avanzamento della punta penetrometrica. *Nelle penetrometrie eseguite si osserva una certa variabilità nella profondità a cui compare l'orizzonte ghiaioso profondo ben addensato (dai circa - 2,20 m di SCPT n° 2 ai circa 3,60 m di SCPT n° 8); in linea di massima la prevista quota di imposta delle fondazioni a - 3,7 m da p.c. risulta adeguata a raggiungere in ogni punto delle fondazioni il livello ghiaioso ben addensato. Sarà cura della DL, in fase di scavo, accertare che tutte le fondazioni, anche nei punti in cui lo spessore della coltre limosa superficiale scadente dovesse risultare maggiore, siano posate entro l'orizzonte maggiormente resistente, non esitando, laddove necessario, ad approfondire localmente, di pochi decimetri, il piano di posa delle fondazioni e/o procedere con una parziale bonifica e/o miglioramento geotecnico, se necessario, del sottofondo.*

Durante l'esecuzione delle indagini sito non è stata riconosciuta la presenza di acqua (aste estratte asciutte); in ogni caso, per evitare problematiche connesse con infiltrazioni delle acque meteoriche dalla superficie, si raccomanda di prevedere l'efficace protezione delle fondazioni e delle strutture interrato, con idonei pacchetti drenanti/impermeabilizzanti.

3.1.1- Correlazione SCPT - SPT ed interpretazioni geotecniche

Poiché le correlazioni empiriche esistenti in letteratura tra i risultati di una prova penetrometrica dinamica continue SCPT ed i principali parametri geotecnici del terreno fanno riferimento essenzialmente alle prove SPT (Standar Penetration Test), è necessario applicare una correzione ai risultati delle prove SCPT, per tenere conto delle diverse modalità esecutive. Nel caso specifico la correzione è stata operata sulla base delle differenti modalità esecutive della prova SCPT e della prova SPT (peso del maglio, volata, area della punta, ecc.) che comportano energie di infissione ovviamente differenti; per rapportare il numero di colpi dell' SPT con quelli del dinamico continuo diversi Autori propongono l'applicazione del seguente fattore correttivo:

$$Cf = \frac{M1 \cdot H1 \cdot P11 \cdot Ap1}{M2 \cdot H2 \cdot P12 \cdot Ap2}$$

dove:

M2	=	peso del maglio SPT (63.5 kg);
H2	=	volata del maglio SPT (75 cm);
P12	=	passo di lettura SPT (15 cm);
Ap2	=	area della punta SPT (20.4 cmq);
M1	=	peso del maglio del dinamico continuo;
H1	=	volata del maglio del dinamico continuo;
P11	=	passo di lettura del dinamico continuo;
Ap1	=	area della punta del dinamico continuo.

Il numero di colpi da utilizzare nel calcolo dei parametri geotecnici sarà dato da:

$$Nspt = CfNsct$$

Nel caso specifico il coefficiente di correlazione è stato assunto pari a 1,5 in accordo con i risultati ottenuti da Muromachi e Kobayashi (1981), che hanno presentato una correlazione fra N30 (colpi per 30 cm di penetrazione) ed Nspt attraverso l'utilizzo del penetrometro l'RTRI-HEAVY, giapponese, con maglio di 63,5 Kg, caduta 75 cm, dpunta

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE SCPT

Committente: EDIL FPM
Cantiere: Via Beato Barrè Nicola
Località: Locate - Ponte San Pietro (Bg)

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: SCPT Compac DPSH 75 - Tipo Emilia

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	30 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,3 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,49
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

Classificazione ISSMFE (1988) delle sonde Penetrometriche dinamiche

Tipo	Sigla di riferimento	Peso della massa battente in Kg
Leggero	DPL (Light)	M<10
Medio	DPM (Medium)	10<M<40
Pesante	DPH (Heavy)	40<M<60
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	M>60

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato...

Compac DPSH 75

Prova eseguita in data

04/04/2016

Profondità prova

5,40 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	4	0,855	32,51	38,04	1,63	1,90
0,40	4	0,851	32,36	38,04	1,62	1,90
0,60	5	0,847	40,28	47,55	2,01	2,38
0,80	4	0,843	32,08	38,04	1,60	1,90
1,00	4	0,840	29,02	34,56	1,45	1,73
1,20	4	0,836	28,90	34,56	1,45	1,73
1,40	4	0,833	28,79	34,56	1,44	1,73
1,60	4	0,830	28,67	34,56	1,43	1,73
1,80	2	0,826	14,28	17,28	0,71	0,86
2,00	3	0,823	19,55	23,75	0,98	1,19
2,20	2	0,820	12,99	15,83	0,65	0,79
2,40	2	0,817	12,94	15,83	0,65	0,79
2,60	2	0,814	12,89	15,83	0,64	0,79
2,80	4	0,811	25,70	31,67	1,28	1,58
3,00	8	0,809	47,26	58,44	2,36	2,92
3,20	8	0,806	47,10	58,44	2,36	2,92
3,40	14	0,753	77,05	102,27	3,85	5,11
3,60	15	0,751	82,27	109,57	4,11	5,48
3,80	17	0,748	92,94	124,18	4,65	6,21
4,00	18	0,746	91,05	122,05	4,55	6,10
4,20	20	0,744	100,86	135,61	5,04	6,78
4,40	21	0,691	98,46	142,39	4,92	7,12
4,60	20	0,739	100,25	135,61	5,01	6,78
4,80	22	0,687	102,50	149,18	5,12	7,46
5,00	21	0,685	91,01	132,86	4,55	6,64
5,20	24	0,683	103,71	151,84	5,19	7,59
5,40	25	0,681	107,72	158,17	5,39	7,91

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
3,2	4	33,56	Coesivo	0	1,81	1,89	0,29	1,5	6,02	Limo argilloso
5,4	19,73	133,07	Incoerente	0	2,13	2,04	0,81	1,5	29,67	Ghiaia limosa argillosa

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato...

Compac DPSH 75

Prova eseguita in data

04/04/2016

Profondità prova

4,20 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	4	0,855	32,51	38,04	1,63	1,90
0,40	5	0,851	40,45	47,55	2,02	2,38
0,60	4	0,847	32,22	38,04	1,61	1,90
0,80	2	0,843	16,04	19,02	0,80	0,95
1,00	2	0,840	14,51	17,28	0,73	0,86
1,20	2	0,836	14,45	17,28	0,72	0,86
1,40	1	0,833	7,20	8,64	0,36	0,43
1,60	2	0,830	14,34	17,28	0,72	0,86
1,80	2	0,826	14,28	17,28	0,71	0,86
2,00	5	0,823	32,58	39,58	1,63	1,98
2,20	14	0,770	85,36	110,83	4,27	5,54
2,40	13	0,767	78,95	102,92	3,95	5,15
2,60	18	0,764	108,91	142,50	5,45	7,13
2,80	20	0,761	120,56	158,33	6,03	7,92
3,00	20	0,759	110,84	146,10	5,54	7,30
3,20	24	0,706	123,77	175,32	6,19	8,77
3,40	21	0,703	107,90	153,40	5,40	7,67
3,60	22	0,701	112,63	160,71	5,63	8,04
3,80	24	0,698	122,44	175,32	6,12	8,77
4,00	25	0,696	117,99	169,52	5,90	8,48
4,20	21	0,694	98,78	142,39	4,94	7,12

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
2	2,9	26	Coesivo	0	1,72	1,87	0,17	1,5	4,36	Limo argilloso
4,2	20,18	148,85	Incoerente	0	2,14	2,04	0,58	1,5	30,35	Ghiaia limosa argillosa

PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato...

Compac DPSH 75

Prova eseguita in data

04/04/2016

Profondità prova

4,60 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	3	0,855	24,38	28,53	1,22	1,43
0,40	3	0,851	24,27	28,53	1,21	1,43
0,60	3	0,847	24,17	28,53	1,21	1,43
0,80	4	0,843	32,08	38,04	1,60	1,90
1,00	4	0,840	29,02	34,56	1,45	1,73
1,20	2	0,836	14,45	17,28	0,72	0,86
1,40	2	0,833	14,39	17,28	0,72	0,86
1,60	2	0,830	14,34	17,28	0,72	0,86
1,80	4	0,826	28,56	34,56	1,43	1,73
2,00	2	0,823	13,03	15,83	0,65	0,79
2,20	4	0,820	25,97	31,67	1,30	1,58
2,40	6	0,817	38,81	47,50	1,94	2,38
2,60	14	0,764	84,70	110,83	4,24	5,54
2,80	15	0,761	90,42	118,75	4,52	5,94
3,00	16	0,759	88,67	116,88	4,43	5,84
3,20	16	0,756	88,36	116,88	4,42	5,84
3,40	14	0,753	77,05	102,27	3,85	5,11
3,60	15	0,751	82,27	109,57	4,11	5,48
3,80	18	0,748	98,41	131,49	4,92	6,57
4,00	15	0,746	75,88	101,71	3,79	5,09
4,20	15	0,744	75,64	101,71	3,78	5,09
4,40	24	0,691	112,52	162,74	5,63	8,14
4,60	25	0,689	116,84	169,52	5,84	8,48

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
2,4	3,25	28,3	Coesivo	0	1,75	1,88	0,21	1,5	4,89	Limo argilloso
4,6	17	122,03	Incoerente	0	2,08	2,01	0,65	1,5	25,57	Ghiaia limosa argillosa

PROVA ... Nr.4
 Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova
 Falda non rilevata

Compac DPSH 75
 04/04/2016
 5,20 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	4	0,855	32,51	38,04	1,63	1,90
0,40	3	0,851	24,27	28,53	1,21	1,43
0,60	2	0,847	16,11	19,02	0,81	0,95
0,80	2	0,843	16,04	19,02	0,80	0,95
1,00	4	0,840	29,02	34,56	1,45	1,73
1,20	4	0,836	28,90	34,56	1,45	1,73
1,40	3	0,833	21,59	25,92	1,08	1,30
1,60	3	0,830	21,50	25,92	1,08	1,30
1,80	2	0,826	14,28	17,28	0,71	0,86
2,00	2	0,823	13,03	15,83	0,65	0,79
2,20	2	0,820	12,99	15,83	0,65	0,79
2,40	2	0,817	12,94	15,83	0,65	0,79
2,60	2	0,814	12,89	15,83	0,64	0,79
2,80	4	0,811	25,70	31,67	1,28	1,58
3,00	4	0,809	23,63	29,22	1,18	1,46
3,20	2	0,806	11,78	14,61	0,59	0,73
3,40	2	0,803	11,74	14,61	0,59	0,73
3,60	13	0,751	71,30	94,96	3,57	4,75
3,80	14	0,748	76,54	102,27	3,83	5,11
4,00	16	0,746	80,94	108,49	4,05	5,42
4,20	17	0,744	85,73	115,27	4,29	5,76
4,40	18	0,741	90,49	122,05	4,52	6,10
4,60	17	0,739	85,21	115,27	4,26	5,76
4,80	19	0,737	94,96	128,83	4,75	6,44
5,00	21	0,685	91,01	132,86	4,55	6,64
5,20	24	0,683	103,71	151,84	5,19	7,59

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
3,4	2,76	23,31	Coesivo	0	1,71	1,87	0,29	1,5	4,15	Limo argilloso
5,2	17,67	119,09	Incoerente	0	2,1	2,02	0,77	1,5	26,58	Ghiaia limosa argillosa

PROVA ... Nr.5

Strumento utilizzato...

Compac DPSH 75

Prova eseguita in data

05/04/2016

Profondità prova

3,80 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	3	0,855	24,38	28,53	1,22	1,43
0,40	3	0,851	24,27	28,53	1,21	1,43
0,60	4	0,847	32,22	38,04	1,61	1,90
0,80	3	0,843	24,06	28,53	1,20	1,43
1,00	3	0,840	21,77	25,92	1,09	1,30
1,20	2	0,836	14,45	17,28	0,72	0,86
1,40	2	0,833	14,39	17,28	0,72	0,86
1,60	3	0,830	21,50	25,92	1,08	1,30
1,80	3	0,826	21,42	25,92	1,07	1,30
2,00	2	0,823	13,03	15,83	0,65	0,79
2,20	13	0,770	79,26	102,92	3,96	5,15
2,40	17	0,767	103,25	134,58	5,16	6,73
2,60	20	0,764	121,01	158,33	6,05	7,92
2,80	18	0,761	108,50	142,50	5,43	7,13
3,00	21	0,709	108,71	153,40	5,44	7,67
3,20	19	0,756	104,93	138,79	5,25	6,94
3,40	20	0,753	110,07	146,10	5,50	7,30
3,60	24	0,701	122,87	175,32	6,14	8,77
3,80	25	0,698	127,54	182,62	6,38	9,13

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
2	2,8	25,18	Coesivo	0	1,71	1,87	0,17	1,5	4,21	Limo argilloso
3,8	19,67	148,28	Incoerente	0	2,13	2,04	0,53	1,5	29,58	Ghiaia limosa argillosa

PROVA ... Nr.6

Strumento utilizzato...

Compac DPSH 75

Prova eseguita in data

04/04/2016

Profondità prova

4,40 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	2	0,855	16,26	19,02	0,81	0,95
0,40	3	0,851	24,27	28,53	1,21	1,43
0,60	5	0,847	40,28	47,55	2,01	2,38
0,80	3	0,843	24,06	28,53	1,20	1,43
1,00	3	0,840	21,77	25,92	1,09	1,30
1,20	3	0,836	21,68	25,92	1,08	1,30
1,40	2	0,833	14,39	17,28	0,72	0,86
1,60	2	0,830	14,34	17,28	0,72	0,86
1,80	2	0,826	14,28	17,28	0,71	0,86
2,00	14	0,773	85,70	110,83	4,28	5,54
2,20	15	0,770	91,45	118,75	4,57	5,94
2,40	16	0,767	97,17	126,67	4,86	6,33
2,60	18	0,764	108,91	142,50	5,45	7,13
2,80	18	0,761	108,50	142,50	5,43	7,13
3,00	17	0,759	94,21	124,18	4,71	6,21
3,20	15	0,756	82,84	109,57	4,14	5,48
3,40	12	0,803	70,42	87,66	3,52	4,38
3,60	21	0,701	107,51	153,40	5,38	7,67
3,80	20	0,748	109,34	146,10	5,47	7,30
4,00	24	0,696	113,27	162,74	5,66	8,14
4,20	25	0,694	117,59	169,52	5,88	8,48
4,40	24	0,691	112,52	162,74	5,63	8,14

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
1,8	2,78	25,26	Coesivo	0	1,71	1,87	0,15	1,5	4,18	Limo argilloso
4,4	18,38	135,17	Incoerente	0	2,11	2,03	0,58	1,5	27,64	Ghiaia limosa argillosa

PROVA ... Nr.7

Strumento utilizzato...

Compac DPSH 75

Prova eseguita in data

04/04/2016

Profondità prova

4,80 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	3	0,855	24,38	28,53	1,22	1,43
0,40	4	0,851	32,36	38,04	1,62	1,90
0,60	3	0,847	24,17	28,53	1,21	1,43
0,80	3	0,843	24,06	28,53	1,20	1,43
1,00	3	0,840	21,77	25,92	1,09	1,30
1,20	2	0,836	14,45	17,28	0,72	0,86
1,40	3	0,833	21,59	25,92	1,08	1,30
1,60	2	0,830	14,34	17,28	0,72	0,86
1,80	2	0,826	14,28	17,28	0,71	0,86
2,00	2	0,823	13,03	15,83	0,65	0,79
2,20	2	0,820	12,99	15,83	0,65	0,79
2,40	2	0,817	12,94	15,83	0,65	0,79
2,60	2	0,814	12,89	15,83	0,64	0,79
2,80	7	0,811	44,97	55,42	2,25	2,77
3,00	12	0,809	70,89	87,66	3,54	4,38
3,20	13	0,756	71,79	94,96	3,59	4,75
3,40	16	0,753	88,06	116,88	4,40	5,84
3,60	15	0,751	82,27	109,57	4,11	5,48
3,80	17	0,748	92,94	124,18	4,65	6,21
4,00	15	0,746	75,88	101,71	3,79	5,09
4,20	15	0,744	75,64	101,71	3,78	5,09
4,40	17	0,741	85,47	115,27	4,27	5,76
4,60	18	0,739	90,23	122,05	4,51	6,10
4,80	24	0,687	111,82	162,74	5,59	8,14

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizion e
2,6	2,54	22,36	Coesivo	0	1,69	1,87	0,22	1,5	3,82	Limo argilloso
4,8	15,36	108,38	Incoerente	0	2,05	2,0	0,66	1,5	23,1	Ghiaia limosa argillosa

PROVA ... Nr.8

Strumento utilizzato...

Compac DPSH 75

Prova eseguita in data

04/04/2016

Profondità prova

5,20 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	3	0,855	24,38	28,53	1,22	1,43
0,40	3	0,851	24,27	28,53	1,21	1,43
0,60	4	0,847	32,22	38,04	1,61	1,90
0,80	4	0,843	32,08	38,04	1,60	1,90
1,00	3	0,840	21,77	25,92	1,09	1,30
1,20	4	0,836	28,90	34,56	1,45	1,73
1,40	4	0,833	28,79	34,56	1,44	1,73
1,60	3	0,830	21,50	25,92	1,08	1,30
1,80	2	0,826	14,28	17,28	0,71	0,86
2,00	3	0,823	19,55	23,75	0,98	1,19
2,20	3	0,820	19,48	23,75	0,97	1,19
2,40	3	0,817	19,41	23,75	0,97	1,19
2,60	2	0,814	12,89	15,83	0,64	0,79
2,80	2	0,811	12,85	15,83	0,64	0,79
3,00	2	0,809	11,81	14,61	0,59	0,73
3,20	2	0,806	11,78	14,61	0,59	0,73
3,40	3	0,803	17,61	21,91	0,88	1,10
3,60	2	0,801	11,70	14,61	0,59	0,73
3,80	11	0,798	64,15	80,35	3,21	4,02
4,00	12	0,796	64,77	81,37	3,24	4,07
4,20	13	0,744	65,56	88,15	3,28	4,41
4,40	11	0,791	59,03	74,59	2,95	3,73
4,60	16	0,739	80,20	108,49	4,01	5,42
4,80	15	0,737	74,97	101,71	3,75	5,09
5,00	14	0,735	65,10	88,57	3,26	4,43
5,20	18	0,733	83,48	113,88	4,17	5,69

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
3,6	2,89	24,45	Coesivo	0	1,72	1,87	0,31	1,5	4,35	Limo argilloso
5,2	13,75	92,14	Incoerente	0	2,01	1,98	0,78	1,5	20,68	Ghiaia limosa argillosa

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4

TERRENI COESIVI I

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) Limo argilloso	4,15	0.00-3,40	Terzaghi-Peck	0,26

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) Limo argilloso	4,15	0.00-3,40	Robertson (1983)	8,30

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) Limo argilloso	4,15	0.00-3,40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	44,12

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato (1) Limo argilloso	4,15	0.00-3,40	Schultze	27,33

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) Limo argilloso	4,15	0.00-3,40	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1) Limo argilloso	4,15	0.00-3,40	Meyerhof	1,71

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato (1) Limo argilloso	4,15	0.00-3,40	Meyerhof	1,87

Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Limo argilloso	4,15	0.00-3,40	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	96,94

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (2) Ghiaia limosa argillosa	26,58	3,40-5,20	26,58	Gibbs & Holtz 1957	48,75

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (2) Ghiaia limosa argillosa	26,58	3,40-5,20	26,58	De Mello	44,71

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (2) Ghiaia limosa argillosa	26,58	3,40-5,20	26,58	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	379,35

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (2) Ghiaia limosa argillosa	26,58	3,40-5,20	26,58	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	82,06

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (2) Ghiaia limosa argillosa	26,58	3,40-5,20	26,58	Classificazione A.G.I.	MODERATAMENTE E ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
Strato (2) Ghiaia limosa argillosa	26,58	3,40-5,20	26,58	Meyerhof ed altri	2,10

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
Strato (2) Ghiaia limosa argillosa	26,58	3,40-5,20	26,58	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,12

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato (2) Ghiaia limosa argillosa	26,58	3,40-5,20	26,58	(A.G.I.)	0,3

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato (2) Ghiaia limosa argillosa	26,58	3,40-5,20	26,58	Ohsaki (Sabbie pulite)	1419,04

Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (2) Ghiaia limosa argillosa	26,58	3,40-5,20	26,58	Ohta & Goto (1978) Limi	159,89

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \text{Sigma}_H / P_0$

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K_0
Strato (2) Ghiaia limosa argillosa	26,58	3,40-5,20	26,58	Navfac 1971-1982	5,12

Q_c (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Q_c (Kg/cm²)
Strato (2) Ghiaia limosa argillosa	26,58	3,40-5,20	26,58	Robertson 1983	53,16

STRATIGRAFIA TERRENO - PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI AREA INTERVENTO

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams: Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; Ficorr: Angolo di attrito corretto secondo Terzaghi; c: Coesione; c Corr: Coesione corretta secondo Terzaghi; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson; Cv: Coeff. consolidaz. primaria; Cs: Coeff. consolidazione secondaria; cu: Coesione non drenata

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [Kg/m³]	Peso unità di volume saturo [Kg/m³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [Kg/cm²]	Coesione non drenata [Kg/cm²]	Modulo Elastico [Kg/cm²]	Modulo Edometrico [Kg/cm²]	Descrizione
3,4	1710,0	1870,0	0,0	0,0	0,22	25,0	44,0	Limo argilloso
5,0	2100,0	2120,0	33,0	0,0	0,0	350,0	80,0	Ghiaia limosa argillosa

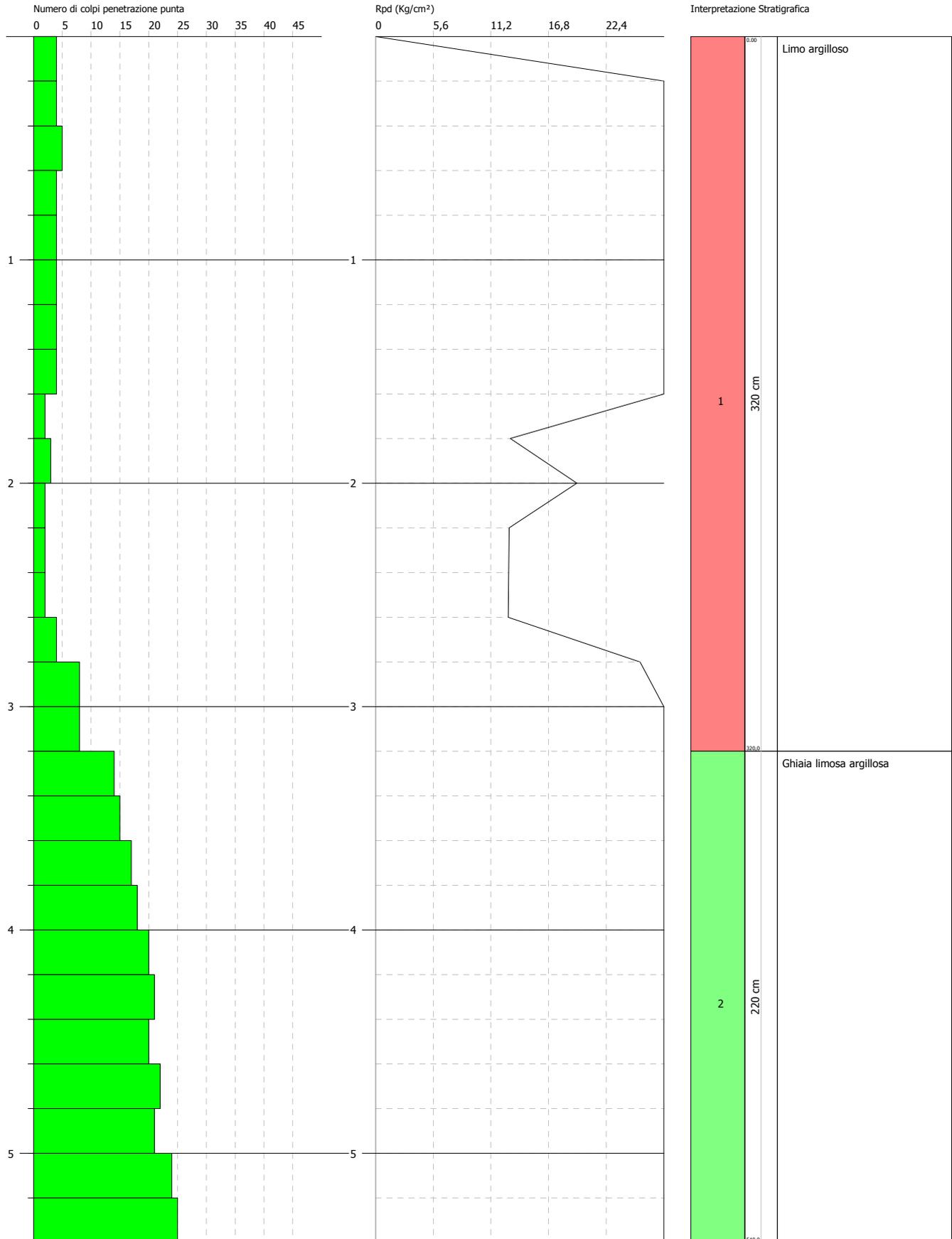
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1

Strumento utilizzato... Compac DPH 75

Committente: Edil FPM
Cantiere: Via Beato barrè Nicola
Località: Locate - Ponte San Pietro (Bg)

Data: 04/04/2016

Scala 1:24



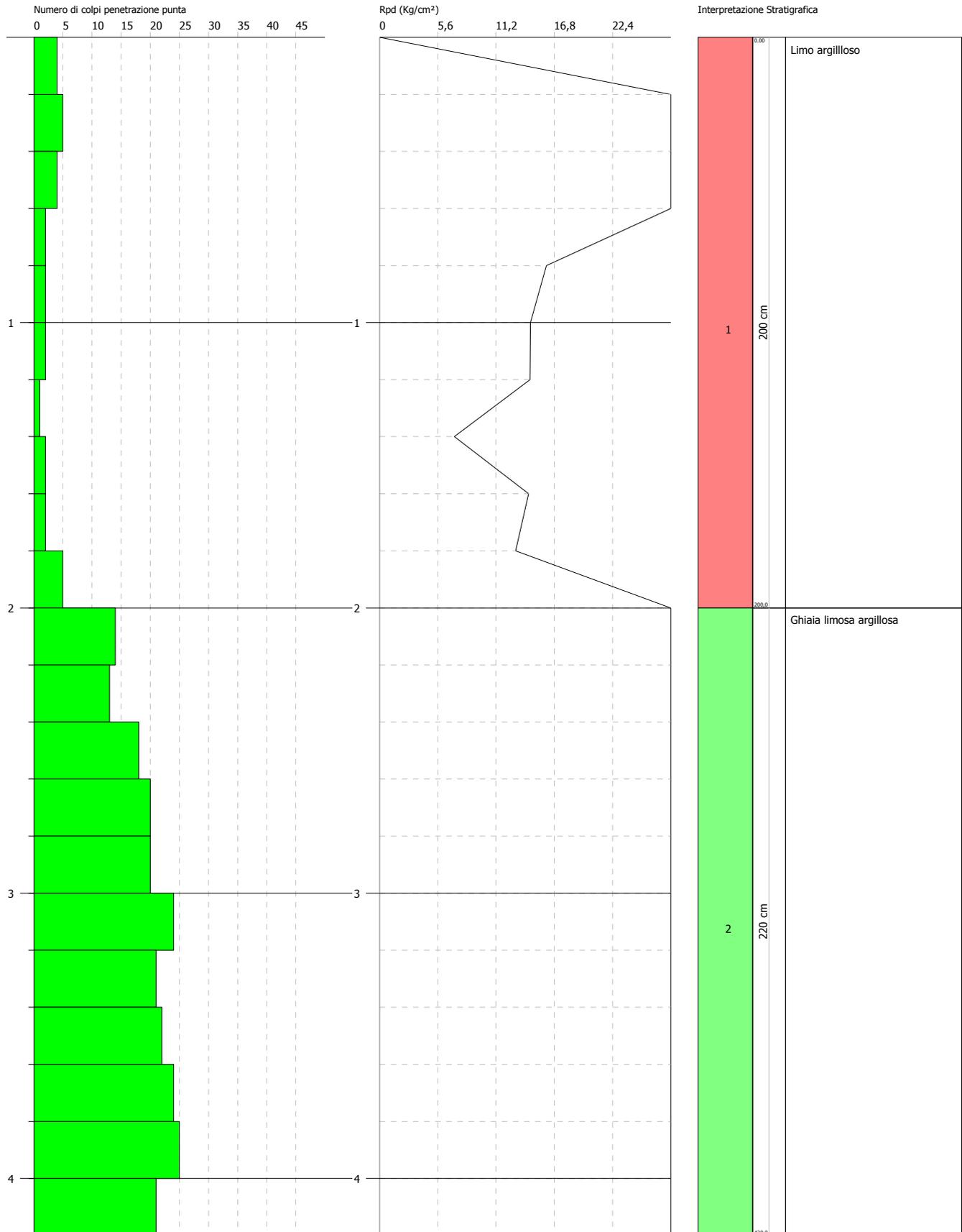
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2

Strumento utilizzato... Compac DPSH 75

Committente: Edil FPM
Cantiere: Via Beato barrè Nicola
Località: Locate - Ponte San Pietro (Bg)

Data: 04/04/2016

Scala 1:19



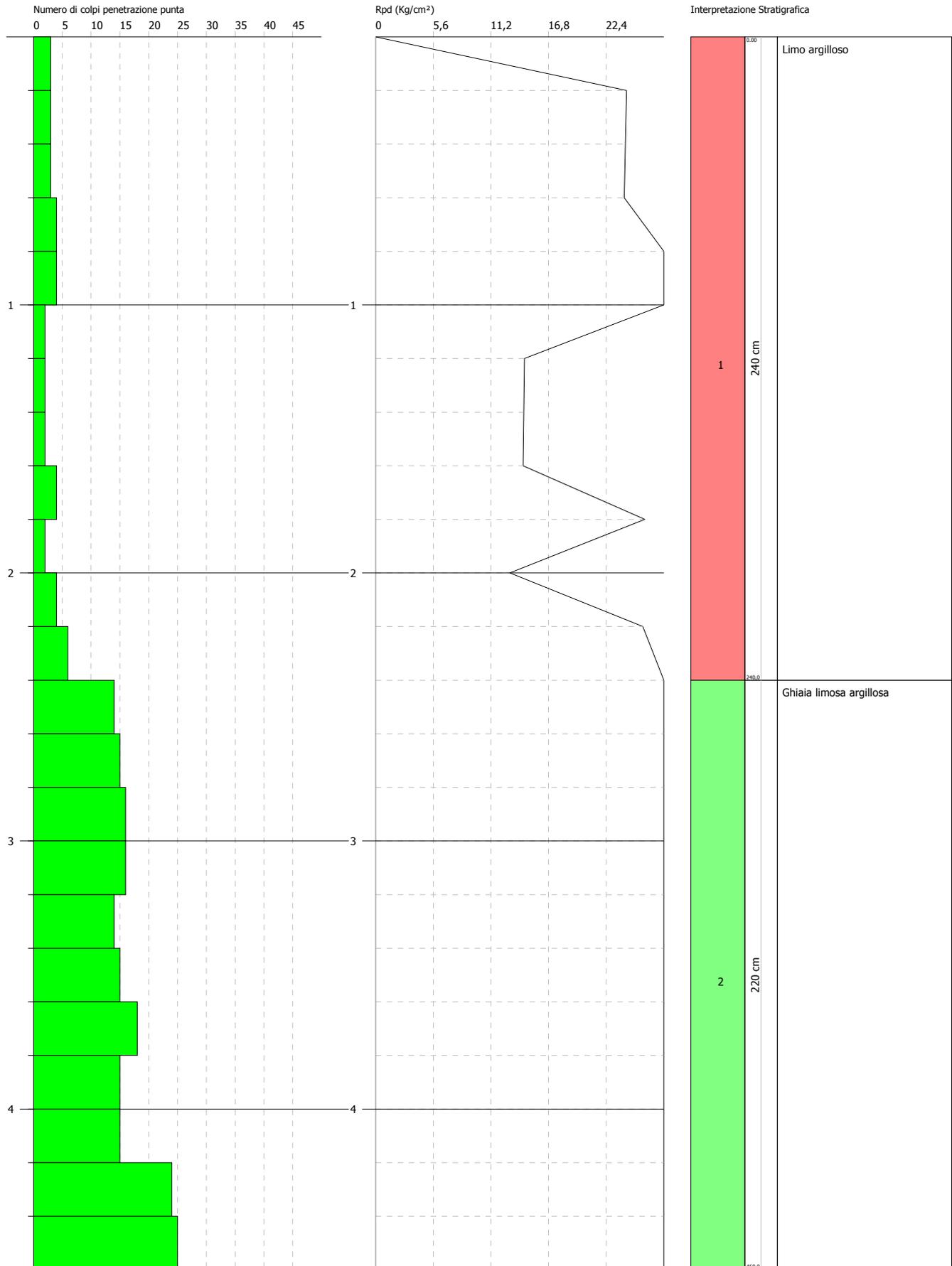
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3

Strumento utilizzato... Compac DPH 75

Committente: Edil FPM
Cantiere: Via Beato barrè Nicola
Località: Locate - Ponte San Pietro (Bg)

Data: 04/04/2016

Scala 1:20



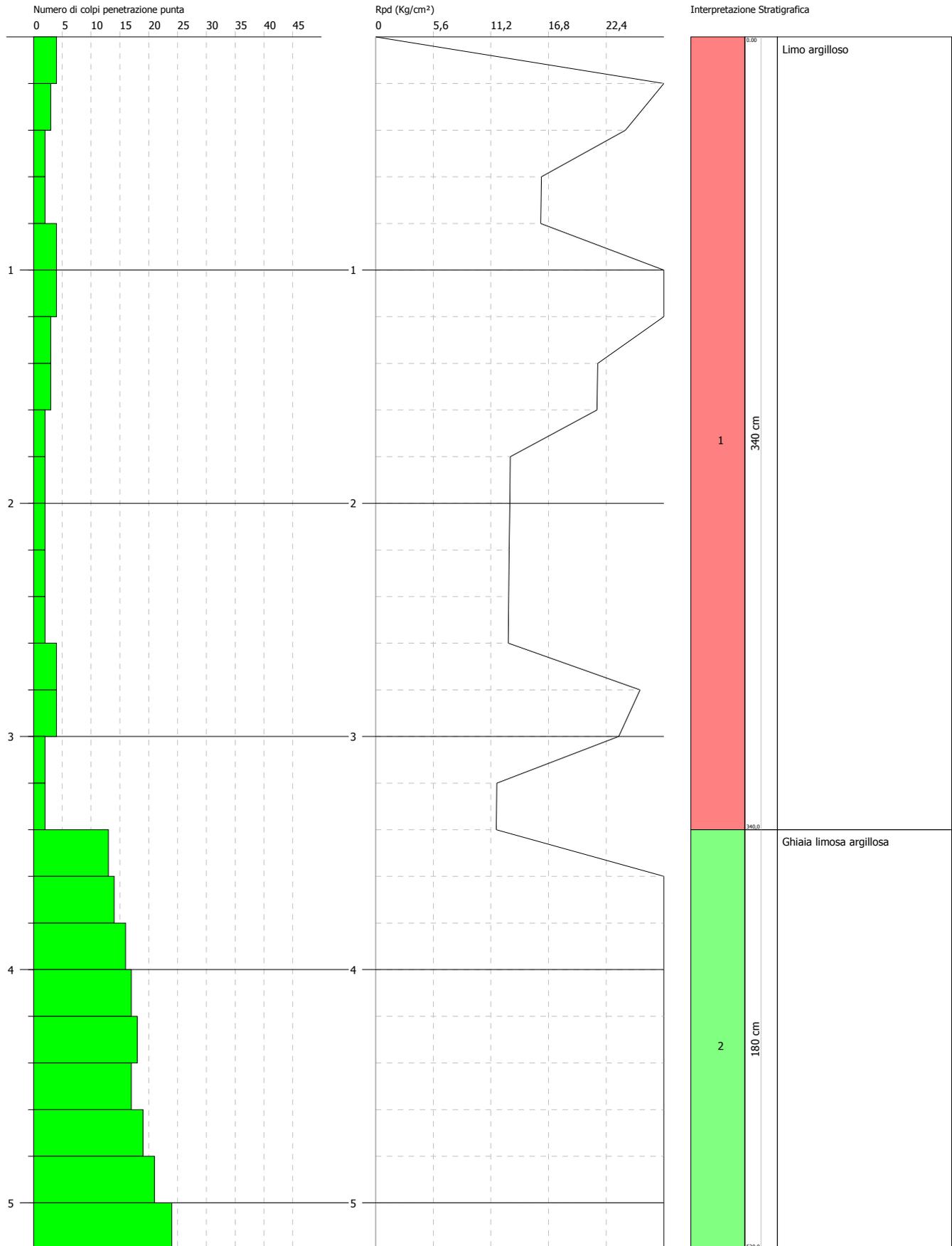
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4

Strumento utilizzato... Compac DPSH 75

Committente: Edil FPM
Cantiere: Via Beato barrè Nicola
Località: Locate - Ponte San Pietro (Bg)

Data: 04/04/2016

Scala 1:23



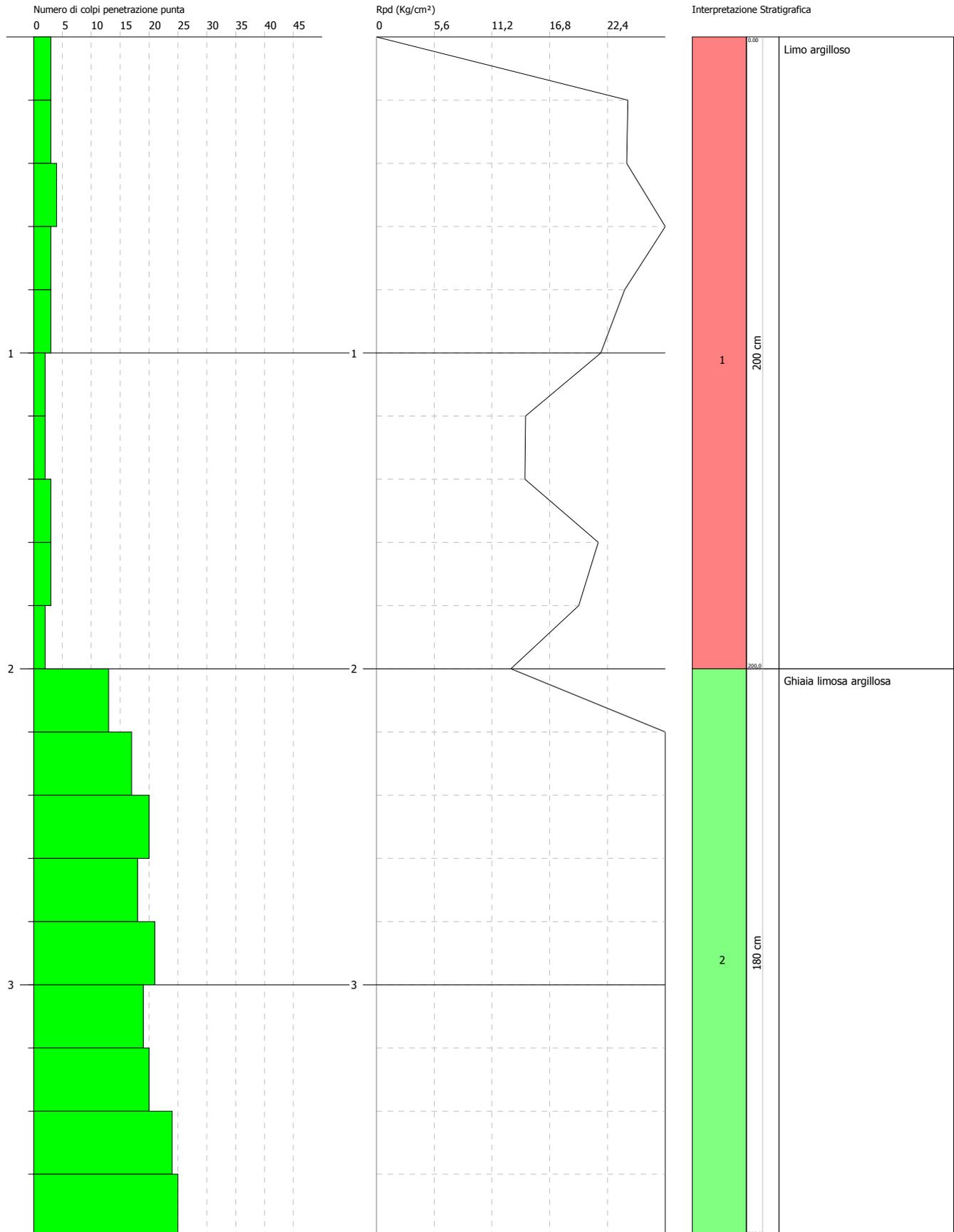
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.5

Strumento utilizzato... Compac DPH 75

Committente: Edil FPM
Cantiere: Via Beato barrè Nicola
Località: Locate - Ponte San Pietro (Bg)

Data: 05/04/2016

Scala 1:17



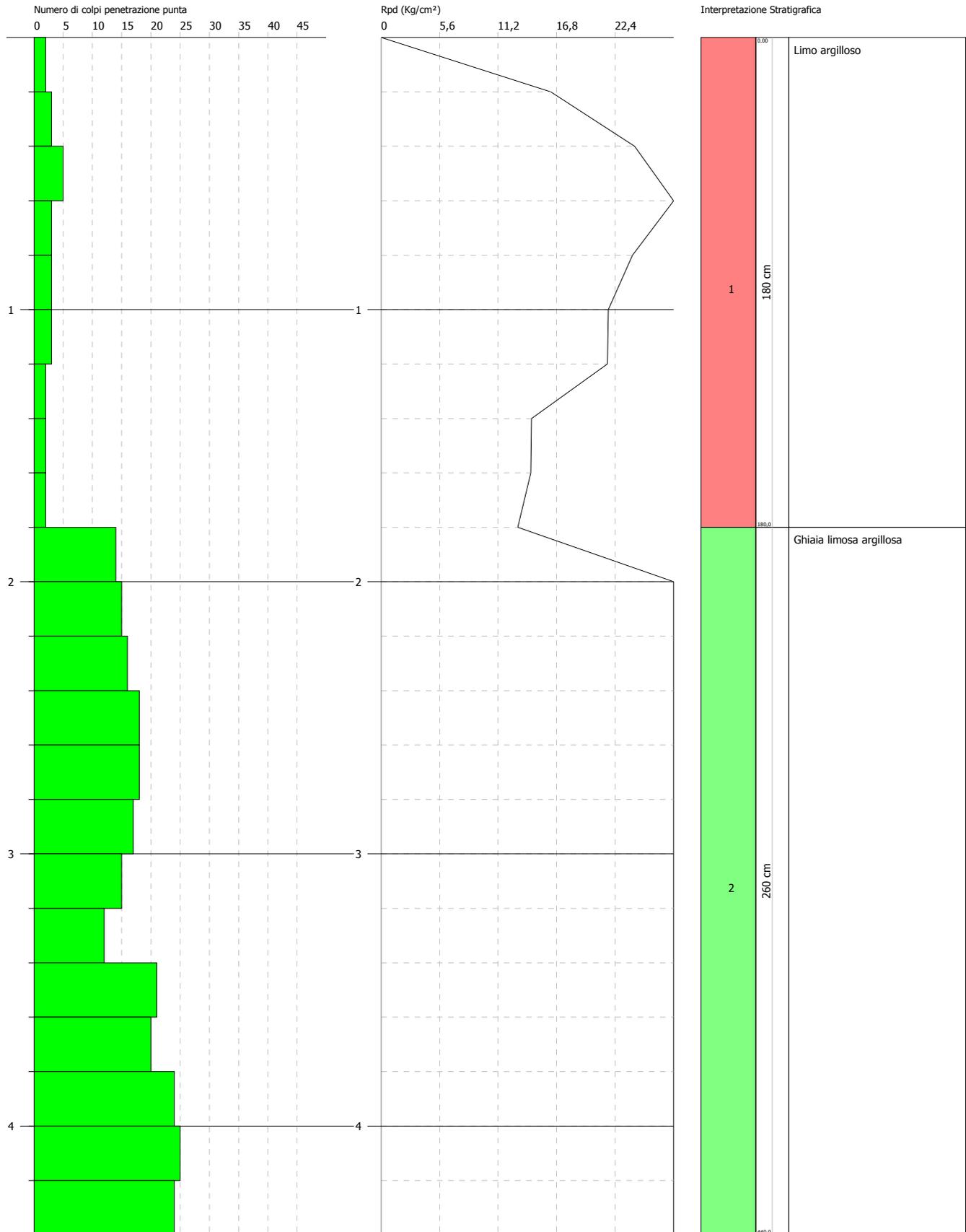
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.6

Strumento utilizzato... Compac DPSH 75

Committente: Edil FPM
Cantiere: Via Beato barrè Nicola
Località: Locate - Ponte San Pietro (Bg)

Data: 04/04/2016

Scala 1:20



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.7

Strumento utilizzato... Compac DPH 75

Committente: Edil FPM
Cantiere: Via Beato barrè Nicola
Località: Locate - Ponte San Pietro (Bg)

Data: 04/04/2016

Scala 1:21



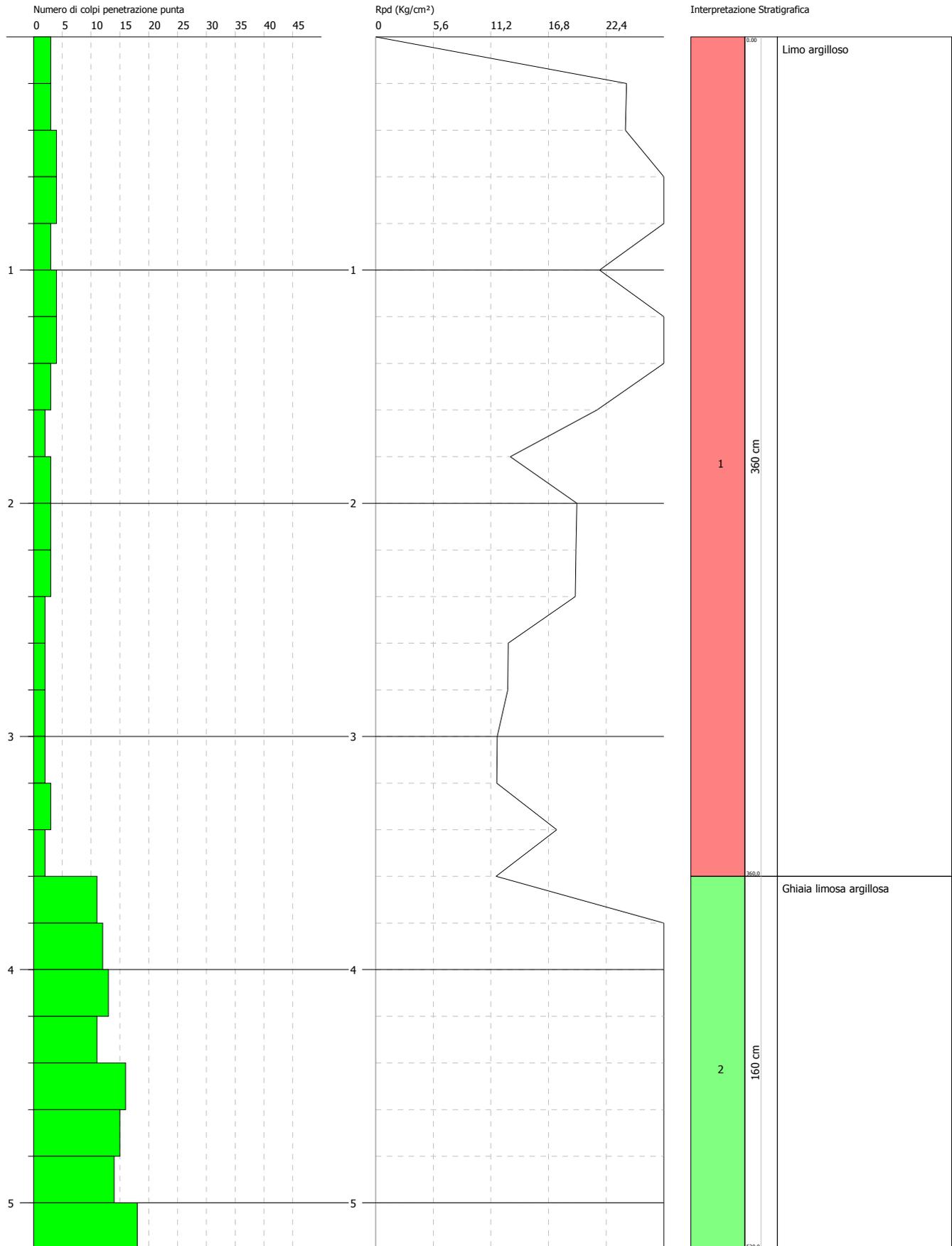
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.8

Strumento utilizzato... Compac DPH 75

Committente: Edil FPM
Cantiere: Via Beato barrè Nicola
Località: Locate - Ponte San Pietro (Bg)

Data: 04/04/2016

Scala 1:23



= 5,08 cm, il quale è simile al penetrometro italiano tipo EMILIA-DPSH (e al penetrometro utilizzato per le seguenti prove). I due autori trovano che i dati, rilevati in materiali compresi in un'ampia gamma granulometrica, tenendo conto dell'influenza dell'attrito laterale la relazione diventa:

$$\frac{N_{30}}{N_{spt}} = 1,5$$

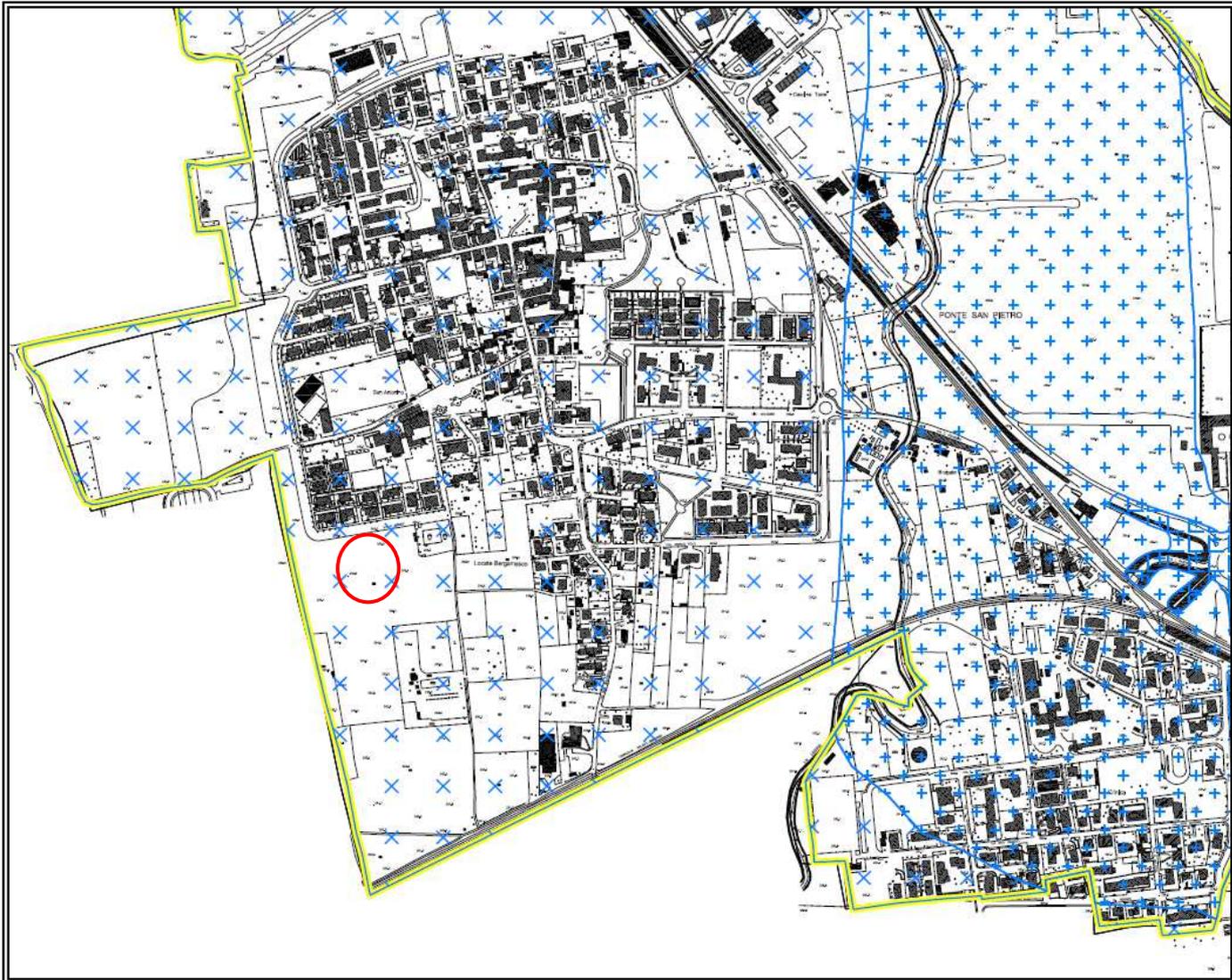
L'interpretazione e l'elaborazione dei dati forniti dalla prova penetrometrica ha consentito di attribuire agli orizzonti attraversati i parametri litotecnici illustrati nelle tabelle allegate.

3.2 Indagini HVSR

Al fine di stimare la Vs30 ai sensi della normativa vigente, è stata eseguita n. 1 indagine sismica passiva HVSR (horizontal vertical spectra ratio) note anche con il nome di prova Nakamura. Questa prova consente, in condizioni ottimali, di evidenziare eventuali fenomeni di amplificazione sismica legati ad assetti particolari del substrato. Questa metodologia ha mostrato i migliori risultati in presenza di un substrato rigido con sedimenti sovrastanti poco consolidati o poco addensati. La prova eseguita ha evidenziato che l'ambito di intervento è riferibile ad un suolo sismico C "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi fra 180 e 360 m/s (15< Nspt,30<50 nei terreni a grana grossa, 70< cu30<250 kPa nei terreni a grana fina)".

4.0 Elementi di microzonazione sismica

Dal punto di vista sismico il territorio comunale di Ponte San Pietro (Bg) è stato classificato dalla D.G.R. della Lombardia n. X/2129 dell'11 luglio 2014 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)", come comune in zona 3; la più recente D.G.R. X/4144 "Ulteriore differimento del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio approvata con d.g.r. 11 luglio 2014, n. 2129 «Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, comma 108, lett. d)»" pur differendo ad Aprile 2016 l'entrata in vigore della DGR 2129, prescrive che "nei comuni che saranno riclassificati in Zona 3 (come il comune di Ponte San Pietro), tutti i progetti delle strutture riguardanti le nuove costruzioni, pubbliche e private, siano redatti in linea con le norme tecniche vigenti per la Zona 3". Le nuove norme tecniche introdotte dal D.M. 14 gennaio 2008, prevedono, in luogo delle accelerazioni sismiche per l'intero territorio comunale e per classi di sismicità, previste dall'O.P.C.M. 3274, l'adozione dei valori di accelerazione sismica di base considerando l'intero territorio suddiviso secondo griglie con un lato di circa 5,5 km, a ciascuna delle quali è attribuito un caratteristico ed uniforme valore di accelerazione sismica ag. La "pericolosità sismica di base" del sito di intervento costituisce pertanto l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche attraverso la definizione di tre parametri: ag = accelerazione orizzontale massima del sito; Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; T*c= periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale. I parametri ag, Fo e T*c vanno ricavati dall'Allegato B del D.M. 14.01.2008 in funzione dell'ubicazione del sito (longitudine e latitudine) e del tempo di ritorno (Tr) preso in considerazione. Il parametro T, viene ricavato dalla seguente relazione: $Tr(anni) = -\frac{Vr}{\ln(1 - Pvr)}$



Stralcio carta di fattibilità geologica
 PGT di Ponte San Pietro
 (non in scala)

Ambiti di pericolosità sismica locale

-  Z2 - Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti
-  Z3a - Zone di ciglio H > 10 m
-  Z4a - Zone di pianura con depositi alluvionali/fluvioglaciali granulari e/o coesivi
-  Z4d - Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale

in cui V_r è la vita di riferimento dell'opera e P_{Vr} la probabilità di superamento del periodo di riferimento legata allo stato limite di calcolo. La vita di riferimento (V_r) dell'opera si ottiene con la formula: $V_r(\text{anni}) = C_u V_n$ dove V_n è la vita nominale dell'opera e C_u un fattore moltiplicativo funzione della classe d'uso della struttura in progetto. Il parametro P_{Vr} è invece funzione dello stato limite considerato; in particolare per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), che rappresenta lo stato limite ultimo preso in considerazione in zone a rischio sismico, è prevista una probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_r pari al 10%. Per la caratterizzazione sismica del sito di intervento sono stati inoltre adottati i riferimenti tecnici e normativi di cui alla sezione 3.2.2 "Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche" del DM 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche delle Costruzioni". Per la determinazione dell'amplificazione sismica, fattori geomorfologici e stratigrafici locali possono modificare le caratteristiche del moto sismico, filtrando le onde nel passaggio dal bedrock alla superficie. L'effetto di filtraggio conduce ad una ridistribuzione dell'energia con eventuale amplificazione del moto vibratorio associato ad alcune frequenze. Per la classificazione del sito per determinare l'eventuale amplificazione sismica, il DM 14 gennaio 2008, riprendendo quanto riportato nell'Eurocodice 8 (con particolare riferimento alla prima parte EN1998-1 in cui si definiscono le regole generali, le azioni sismiche e regole specifiche per edifici), fa riferimento sia alla velocità delle onde S nella copertura sia allo spessore della stessa. L'Eurocodice 8 identifica diverse classi: la A (a sua volta suddivisa in due sottoclassi, la A1 e la A2), la B e la C, ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico. Il fenomeno della amplificazione sismica diventa più accentuato passando dalla classe A alla classe E. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

Classe	Descrizione	S_s
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 3 m.	1,00
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} , compresi fra 360 m/s e 800 m/s ($N_{spt,30} > 50$ nei terreni a grana grossa o $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 F_0 a_{bedrock} \leq 1,20$
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi fra 180 e 360 m/s ($15 < N_{spt,30} < 50$ nei terreni a grana grossa, $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 F_0 a_{bedrock} \leq 1,50$
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati oppure di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ($N_{spt,30} < 15$ nei terreni a grana grossa, $c_{u30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 F_0 a_{bedrock} \leq 1,80$
E	Terreni di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, giacenti su un substrato di riferimento ($V_{s30} > 800$ m/s).	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 F_0 a_{bedrock} \leq 1,60$

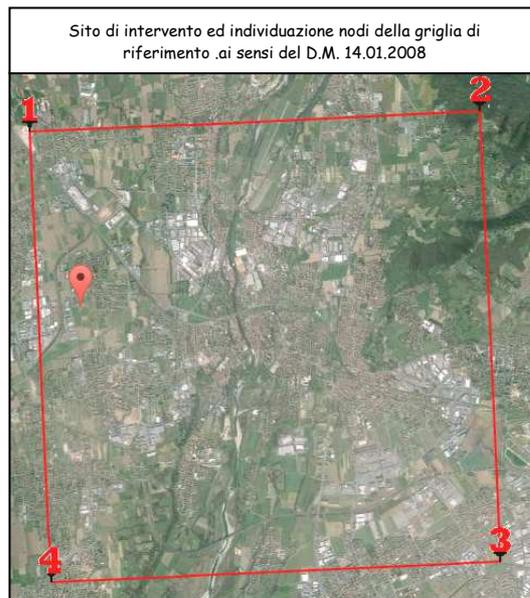
Per V_{s30} s'intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati fino a 30 metri di profondità dal piano di posa della fondazione. Analoga procedura vale per la resistenza penetrometrica dinamica equivalente $N_{SPT,30}$. Analoga procedura vale per la resistenza non drenata equivalente C_{U30} . In generale il fenomeno dell'amplificazione sismica diventa più accentuato passando dalla classe A alla classe E. Alle cinque categorie descritte se ne aggiungono altre due per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare.

Classe	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ minori di 100 m/s, 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 organiche;
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti

Caratterizzazione sismica del sito di intervento - Software Geostru PS:

Ubicazione: Comune di Ponte San Pietro (Bg) - Via Beato Barrè Nicola - Locate Bergamasco - Zona Sismica 3

Coordinate geografiche del sito:



Determinazione dei parametri sismici:

Classe struttura			II - Affollamento norme - Ass . funz. Pubb.	
Vita Nominale			> 50 anni - posto uguale a 100	
Stato Limite	Tr (anni)	A ₀ (g)	F ₀	Tc' (S)
Operatività (SLO)	30	0,027	2,454	0,193
Danno (SLD)	50	0,035	2,492	0,211
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,095	2,443	0,274
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,126	2,453	0,281
Periodo di riferimento cautelativo per l'azione sismica			50 anni	
Categoria sottosuolo			C	
Categoria topografica			T1	
	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
CC Coeff. Funz. categoria	1,81	1,76	1,61	1,60
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Coefficienti sismici	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,008	0,010	0,029	0,045
kv	0,004	0,005	0,014	0,023
A _{max} [m/s ²]	0,394	0,513	1,403	1,855
Beta	0,200	0,200	0,200	0,240

Per categorie speciali di sottosuolo, per determinati sistemi geotecnici o se si intenda aumentare il grado di accuratezza nella previsione dei fenomeni di amplificazione, le azioni sismiche da considerare nella progettazione possono essere determinate mediante più rigorose analisi di risposta sismica locale. Queste analisi presuppongono un'adeguata conoscenza delle proprietà geotecniche dei terreni e, in particolare, delle relazioni sforzi-deformazioni in campo ciclico, da determinare mediante specifiche indagini e prove. In mancanza di tali determinazioni, per le componenti orizzontali del moto e per le categorie di sottosuolo di fondazione, la forma spettrale del sottosuolo di categoria A viene adeguata al sito attraverso il coefficiente stratigrafico S_s ed il coefficiente topografico S_T . Il valore del periodo T_c è adeguato attraverso l'applicazione del coefficiente C_c . *Rispetto alla classificazione del sottosuolo del sito, sulla base dei dati ricavati dalla bibliografia disponibile e dalle indagini effettuate, nelle verifiche dei terreni di sottofondo delle opere in progetto, nelle dovranno essere considerati i parametri della Classe C "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi fra 180 e 360 m/s ($15 < N_{spt}, 30 < 50$ nei terreni a grana grossa, $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)", mentre la categoria topografica è riferibile alla Classe T1.*

5.0 verifiche geotecniche terreni

Per procedere alle verifiche geotecniche risulta necessario conoscere i parametri geotecnici dei terreni di sottofondo dell'area di intervento e procedere con le verifiche a liquefazione.

5.1 Parametri geotecnici caratteristici

Le NTC 2008, stabiliscono che in luogo dei parametri geotecnici nominali, nelle verifiche geotecniche debbano essere utilizzati i parametri geotecnici caratteristici, così come definite dalla Circolare 02-02-2009, che definisce il valore caratteristico, come una stima cautelativa del parametro che influenza l'insorgere dello stato limite in considerazione, e che dovrà essere utilizzato in qualsiasi tipo di verifica geotecnica. Definire il valore caratteristico significa pertanto scegliere il parametro geotecnico che influenza il comportamento del terreno in quel determinato stato limite, ed adottarne un valore, o stima, a favore della sicurezza. Esistono due metodi per la determinazione dei parametri caratteristici:

- Un primo metodo considera l'approccio probabilistico, considerando quindi le quantità statistiche ricavate su un opportuno campione di prove - Metodo statistico;
- Un secondo metodo si valuta i valori caratteristici delle proprietà del terreno in funzione del livello di deformazione previsto per lo stato limite considerato - Metodo geotecnico.

Per il caso specifico si è adottato l'approccio geotecnico per la stima del valore caratteristico.

Per l'area in esame le elaborazioni eseguite hanno restituito i seguenti parametri caratteristici:

STRATIGRAFIA TERRENO - PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI AREA INTERVENTO

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams: Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; Ficorr: Angolo di attrito corretto secondo Terzaghi; c: Coesione; c Corr: Coesione corretta secondo Terzaghi; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson; Cv: Coeff. consolidaz. primaria; Cs: Coeff. consolidazione secondaria; cu: Coesione non drenata

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [Kg/m ³]	Peso unità di volume saturo [Kg/m ³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [Kg/cm ²]	Coesione non drenata [Kg/cm ²]	Modulo Elastico [Kg/cm ²]	Modulo Edometrico [Kg/cm ²]	Descrizione
3,4	1710,0	1870,0	0,0	0,0	0,22	25,0	44,0	Limo argilloso
5,0	2100,0	2120,0	33,0	0,0	0,0	350,0	80,0	Ghiaia limosa argillosa

Quanto riportato nel modello stratigrafico - litotecnico concettuale caratteristico di riferimento proposto, andrà, a cura della DL, attentamente valutato e verificato in fase di esecuzione degli scavi, per confermare la presenza al piano di posa e per i volumi di terreni coinvolti dalle fondazioni, di orizzonti che autorizzano, dal punto di vista geotecnico, ad estendere il modello stratigrafico - geotecnico caratteristico concettuale di riferimento, desunto dalle indagini in sito eseguite, a tutto l'ambito da edificare.

In ogni caso si raccomanda alla DL la massima attenzione a cautela in fase di scavo al fine di escludere la presenza di occhi pollini vuoti e/o sacche geotecnicamente più scadenti al di sotto del piano di posa delle fondazioni; qualora siano presenti tali condizioni andranno adeguatamente bonificate e/o qualora ne ricorrano gli estremi, andranno adottate differenti tipologie di fondazioni.

5.2 Verifica liquefazione terreno di sottofondo

Le NTC 2008 consentono di omettere la verifica a liquefazione quando si manifestino, per l'ambito in esame, almeno una delle seguenti cinque condizioni:

- 1) eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
- 2) accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campolibero) minori di 0,1g;
- 3) profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per pianocampagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- 4) depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)60 > 30$ oppure $q_{ciN} > 180$ dove $(N1)60$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{ciN} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- 5) distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1 (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1 (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Per il caso specifico i terreni di sottofondo non rientrano nel fuso granulometrico dei terreni liquefacibili ed inoltre la falda idrica è presente a quote più profonde di - 15 m dal piano di posa delle fondazioni; viene pertanto omessa la verifica a liquefazione dei terreni.

5.3 Verifica al carico limite dell'insieme fondazione-terreno

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione $Ed \leq Rd$, dove Ed è il valore di progetto dell'azione e dove Rd è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico (in questo caso del terreno di fondazione). Al fine di consentire l'esecuzione delle verifiche allo Stato Limite Ultimo (SLU) dell'opera in progetto, viene determinata la resistenza di progetto del terreno di fondazione al collasso per carico limite (Rd), che si ottiene dividendo la resistenza caratteristica del terreno Rk (coincidente con la capacità portante limite), per un fattore di sicurezza R variabile a seconda dell'approccio scelto per le suddette verifiche. Il calcolo della resistenza del sottofondo è stato condotto sia in condizioni statiche (assenza di sisma), sia in condizioni dinamiche (presenza di sisma). In condizioni dinamiche si è tenuto conto, nel calcolo della resistenza, dei coefficienti riduttivi dei fattori di portanza Nq , Nc ed Ng , legati all'accelerazione sismica orizzontale al piano di posa delle fondazioni, secondo quanto prescritto da Paolucci & Pecker (1997). Gli stati limite ultimi delle fondazioni superficiali si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono la fondazione stessa. Le verifiche devono essere effettuate almeno nei confronti dei seguenti stati limite:

SLU di tipo geotecnico (GEO)

collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno

collasso per scorrimento sul piano di posa stabilità globale

SLU di tipo strutturale (STR)

raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali accertando che la condizione (6.2.1) sia soddisfatta per ogni stato limite considerato. La verifica di stabilità globale deve essere effettuata secondo l'Approccio 1: Combinazione 2: ($A2+M2+R2$) tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tabella 6.8.I per le resistenze globali. Le rimanenti verifiche devono essere effettuate, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tab. 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I, seguendo almeno uno dei due approcci: Approccio 1: Combinazione 1: ($A1+M1+R1$) Combinazione 2: ($A2+M2+R2$) Approccio 2: ($A1+M1+R3$). Nelle verifiche effettuate con l'approccio 2 che siano finalizzate al dimensionamento strutturale, il coefficiente R non deve essere portato in conto.

Nel caso specifico è stato adottato l'Approccio 1 - Combinazione 1, ($A1+M1+R1$) e l'Approccio 1 - Combinazione 2, ($A2+M2+R2$) applicando i coefficienti di sicurezza parziali riportati nella tabella 6.4.1.

Tabella 6.4.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

Nei calcoli per la stima della capacità portante si sono adottati i metodi più diffusi in letteratura, applicando i relativi effetti sismici sulla base dei parametri scaturiti dalla caratterizzazione sismica del sito utilizzando il software commerciale LoadCap, versione 2011.8.0.437 implementato dalla Geostru. Nelle verifiche geotecniche sono state ipotizzate le azioni e combinazioni di carico riportate nella tabella di seguito riportata; sarà cura

dello strutturista verificare la congruenza di tali dati con le azioni effettivamente agenti sulle fondazioni e qualora necessario, saranno eseguite ulteriori iterazioni di verifica sulla base delle azioni di progetto.

L'intervento prevede la formazione di nuovi edifici residenziali caratterizzati da un piano interrato (con quota di imposta delle fondazioni posto a circa - 3,70 m da p.c. attuale) e due piani fuori terra, secondo le indicazioni progettuali verbalmente fornite dall'Ing. Fabio Crotti. In fase di scavo la DL dovrà porre la massima cura al fine di verificare che in ogni punto le fondazioni risultino posate entro l'orizzonte sabbioso ghiaioso individuato durante l'esecuzione delle prove SCPT, accertando l'assenza di cavità/sacche colmate con materiale geotecnicamente scadente al di sotto del piano di posa, che in tal caso andranno adeguatamente bonificate.

Nelle verifiche geotecniche sono state considerate fondazioni a plinti e a travi rovesce, con i carichi ipotizzati al piano di posa:

Fondazioni a travi rovesce di larghezza B = 0,80 m posate a - 3,70 m da p.c. - Rinterro 90 cm	
Combinazione delle azioni sulle fondazioni (Kg/cmq)	
Ipotesi orientativa (da verificare)	
A1+M1+R1 Combinazione fondamentale statica SLU (STR)	1,80
A2+M2+R2 Combinazione fondamentale statica SLU (GEO)	1,80
SLO sisma	1,80
SLD sisma	1,80
SLV sisma	1,80
SLC sisma	1,80

5.4 Esiti delle verifiche geotecniche relative alla resistenza dei terreni allo SLU

Nelle verifiche sono state considerate fondazioni a travi rovesce posate a - 3,70 m da p.c. (secondo le indicazioni fornite nel paragrafo precedente) con un rinterro effettivo di 0,90 m, con le combinazioni di carico indicate, riportate nelle tabelle precedenti. Nella tabella allegata sono riportati gli esiti delle verifiche geotecniche eseguite con le combinazioni di calcolo indicate, sia in condizioni statiche che in condizioni dinamiche. Le condizioni più cautelative si sono riscontrate adottando *l'Approccio 1 - Combinazione 2*.

Le verifiche geotecniche eseguite hanno fornito i seguenti esiti:

Fondazioni posate a - 3,7 m da p.c.

Fondazioni	Sigma massima a compressione SLU - Ultima (K/cm ²)	Resistenza di progetto Rd (Kg/cm ²)	Tensione massima esercizio Ed (Kg/cm ²)	Coefficiente di sicurezza	Verifica geotecnica	Cedimenti totali (mm)
Travi rovesce B = 0,80 m	3,93	2,18	1,80	2,18	Verificata	< 15 mm

Nel dimensionamento esecutivo delle fondazioni si raccomanda di adottare in ogni caso un valore di Tensione Massima di Esercizio Ed non superiore a Ed = 1,80 Kg/cmq. In fase di scavo, la DL dovrà porre la massima cura al fine di verificare che in ogni punto le fondazioni risultino posate entro l'orizzonte ghiaioso limoso argilloso, non esitando ad approfondire localmente il piano di posa se necessario, ed accertando l'assenza di cavità/sacche colmate con materiale geotecnicamente scadente al di sotto del piano di posa, che in tal caso andranno adeguatamente bonificate.

Verifiche geotecniche fondazioni a travi rovesce di larghezza B = 0,8 m
Fondazioni posate a - 3,7 m da piano campagna (ed in ogni caso entro il livello ghiaioso limoso argilloso) - Incastro Df = 0,90 m
NTC 2008 - Zona Sismica 3 - Metodo SLU - Approccio 1 - Combinazione 1 e 2

DATI GENERALI

DATI GENERALI

Azione sismica	NTC 2008
Larghezza fondazione	0,8 m
Lunghezza fondazione	10,0 m
Profondità piano di posa	3,7 m
Altezza di incastro	0,9 m

SISMA

Accelerazione massima (ag/g)	0,04
Effetto sismico secondo	Paolucci e Pecker (1997)
Coefficiente sismico orizzontale	0,008

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,26	2,45	0,19
S.L.D.	50,0	0,34	2,49	0,21
S.L.V.	475,0	0,93	2,44	0,27
S.L.C.	975,0	1,24	2,45	0,28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,39	0,2	0,008	0,004
S.L.D.	0,51	0,2	0,0104	0,0052
S.L.V.	1,395	0,2	0,0285	0,0142
S.L.C.	1,86	0,24	0,0455	0,0228

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [Kg/m ³]	Peso unità di volume saturo [Kg/m ³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [Kg/cm ²]	Coesione non drenata [Kg/cm ²]	Modulo Elastico [Kg/cm ²]	Modulo Edometrico [Kg/cm ²]	Poisson	Coeff. consolidazione primaria [cmq/s]	Coeff. consolidazione secondaria	Descrizione
3,4	1710,0	1870,0	0,0	0,0	0,22	25,0	44,0	0,0	0,0	0,0	Limo argilloso
5,0	2100,0	2120,0	33,0	0,0	0,0	350,0	80,0	0,3	0,0	0,0	Ghiaia limosa argillosa

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [Kg/cm ²]	N [Kg]	Mx [Kg·m]	My [Kg·m]	Hx [Kg]	Hy [Kg]	Tipo
1	A1+M1+R1	1,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
2	A2+M2+R2	1,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
3	Sisma	1,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
4	S.L.E.	1,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio
5	S.L.D.	1,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio

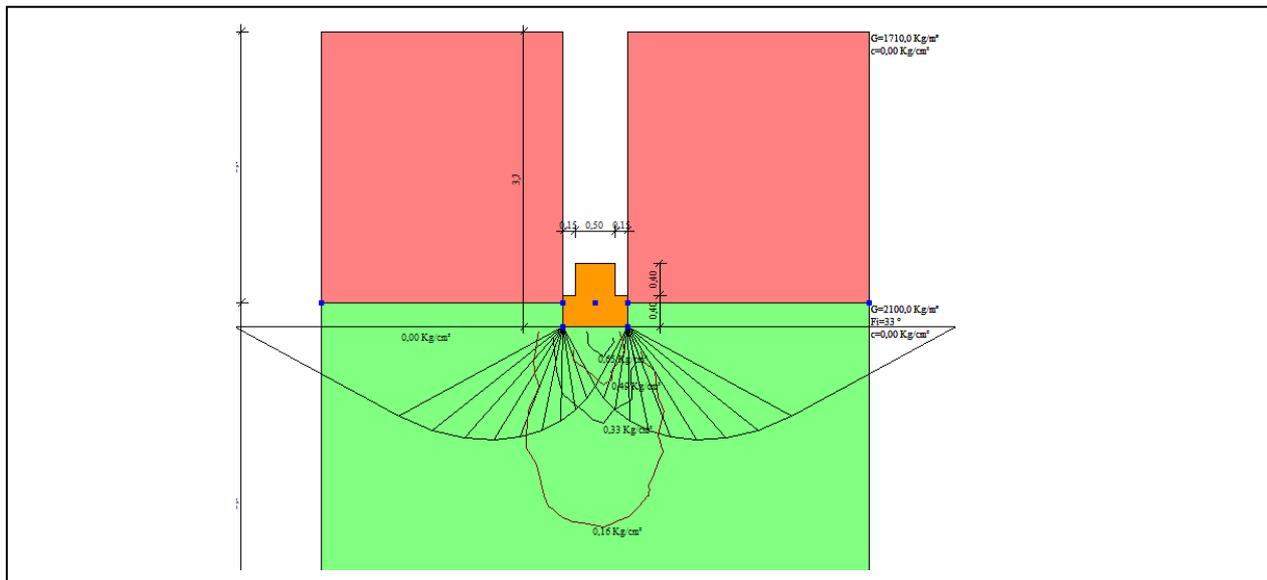
Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	1	1
2	No	1,25	1,25	1,4	1	1	1,8	1,1
3	Si	1,25	1,25	1,4	1	1	1,8	1,1
4	No	1	1	1	1	1	1	1
5	No	1	1	1	1	1	1	1

Carico limite verticale

Nome combinazione	Autore	Carico limite [Qult] (Kg/cm ²)	Resistenza di progetto [Rd] (Kg/cm ²)	Tensione [Ed] (Kg/cm ²)	Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	Condizione di verifica [Ed<Rd]	Costante sottofondo (Kg/cm ³)
A1+M1+R1							
	HANSEN (1970)	8,19	8,19	1,80	4,55	Verificata	3,28
	TERZAGHI (1955)	8,02	8,02	1,80	4,46	Verificata	3,21
	MEYERHOF (1963)	12,40	12,40	1,80	6,89	Verificata	4,96
	VESIC (1975)	9,07	9,07	1,80	5,04	Verificata	3,63
	Brinch - Hansen 1970	8,83	8,83	1,80	4,91	Verificata	3,53
A2+M2+R2							
	HANSEN (1970)	4,16	2,31	1,80	2,31	Verificata	1,67
*	TERZAGHI (1955)	3,93	2,18	1,80	2,18	Verificata	1,57
	MEYERHOF (1963)	5,64	3,14	1,80	3,14	Verificata	2,26
	VESIC (1975)	4,60	2,56	1,80	2,56	Verificata	1,84
	Brinch - Hansen 1970	4,43	2,46	1,80	2,46	Verificata	1,77
Sisma							
	HANSEN (1970)	4,16	2,31	1,80	2,31	Verificata	1,67
	TERZAGHI (1955)	3,93	2,18	1,80	2,18	Verificata	1,57
	MEYERHOF (1963)	5,64	3,14	1,80	3,14	Verificata	2,26
	VESIC (1975)	4,60	2,56	1,80	2,56	Verificata	1,84
	Brinch - Hansen 1970	4,43	2,46	1,80	2,46	Verificata	1,77

Con * i valori più cautelativi di verifica



CEDIMENTI ELASTICI

Pressione normale di progetto	1,8 Kg/cm ²
Modulo Elastico	350,0 Kg/cm ²
Coefficiente di Poisson	0,3
Cedimento al centro della fondazione	2,34 mm

Nella verifica dei cedimenti totali, considerando fondazioni con carichi di esercizio indicati, i valori dei cedimenti totali risultano inferiori a 15 mm.

Le verifiche e le considerazioni illustrate nel seguente rapporto rivestono validità ed efficacia esclusivamente per lo specifico intervento progettuale per il quale sono state predisposte, così come da indicazioni progettuali fornite dal Progettista ed esclusivamente per i Committenti titolati al loro utilizzo. Lo scrivente Dr. Geologo Norberto Invernici, incaricato dai Committenti riportati in intestazione, alla predisposizione del seguente rapporto, conserva la proprietà intellettuale su tutti gli elaborati consegnati; la Committenza indicata negli elaborati può utilizzare gli stessi una sola volta per l'esclusivo specifico fine, per il quale il seguente rapporto è stato predisposto. Ogni utilizzo diverso dovrà preventivamente essere autorizzato dallo scrivente. Qualsiasi variazione/modifica progettuale che dovesse essere apportata successivamente alla redazione della presente relazione, dovrà essere nuovamente valutata dallo scrivente per le necessarie verifiche geotecniche e per predisporre, se il caso, supplementi di indagini in sito o raccomandare diverse modalità di esecuzione dei lavori o particolari prescrizioni da adottare. Nella seguente relazione sono illustrate le condizioni geologiche - geotecniche, idrogeologiche e sismiche dell'area di intervento e di un suo ragionevole intorno nelle condizioni dello stato di fatto alla data di redazione della presente relazione; in ogni caso, prima dell'inizio dei lavori dovranno essere eseguite adeguate verifiche dei terreni direttamente interessati dall'intervento e di un loro ragionevole intorno, non esitando a contattare il sottoscritto per un sopralluogo di verifica, al fine di escludere che successivamente alla redazione della presente siano intervenute alterazioni/modificazioni naturali od antropiche dello stato dei luoghi che possano in qualche modo determinare negative mutue interferenze con le opere di progetto o che possano alterare le condizioni di stabilità dell'area.

6.0 Conclusioni

Nel seguente rapporto sono illustrati gli esiti conseguiti dagli studi e dalle indagini di carattere geologico - geotecnico - idrogeologico e di caratterizzazione sismica dei terreni siti lungo via Beato Barrè Nicola, in Frazione Locate di Ponte San Pietro (Bg), proponendosi quale supporto specialistico al progetto di formazione nuovi edifici residenziali. L'area di intervento è sita a S del centro abitato di Locate e risulta inserita in Classe 2 di fattibilità geologica, dal vigente strumento di pianificazione territoriale comunale, considerate le generali condizioni di stabilità dell'area. In ottemperanza alle NTC 2008, sulla base dei dati forniti dalle indagini geotecniche in sito e dalle successive interpretazione ed elaborazioni, sono state condotte le verifiche relative agli aspetti geotecnici e idrogeologici per fornire agli Enti competenti gli strumenti necessari al rilascio dei relativi pareri ed autorizzazioni.

Quanto riportato nel modello stratigrafico - litotecnico concettuale caratteristico di riferimento proposto, andrà attentamente valutato e verificato in fase di esecuzione degli scavi a cura della DL, per confermare la presenza al piano di posa e per i volumi di terreni coinvolti dalle fondazioni, di orizzonti che autorizzano, dal punto di vista geotecnico, ad estendere il modello stratigrafico - geotecnico caratteristico concettuale di riferimento, desunto dalle indagini in sito eseguite, a tutto il lotto da edificare.

Nelle verifiche geotecniche sono state ipotizzate le azioni e combinazioni di carico riportate nelle tabelle allegate; sarà cura dello strutturista verificare la congruenza di tali dati con le azioni effettivamente agenti

sulle fondazioni e qualora necessario, saranno eseguite ulteriori iterazioni di verifica sulla base delle azioni di progetto. Nelle verifiche geotecniche sono state ipotizzate le azioni e combinazioni di carico riportate nelle tabelle allegate; sarà cura dello strutturista verificare la congruenza di tali dati con le azioni effettivamente agenti sulle fondazioni e qualora necessario, saranno eseguite ulteriori iterazioni di verifica sulla base delle azioni di progetto.

Nella tabella allegata sono riportati gli esiti delle verifiche geotecniche eseguite con le combinazioni di calcolo indicate. Le condizioni più cautelative si sono riscontrate adottando l'Approccio 1 - Combinazione 2.

Fondazioni posate a - 3,7 m da p.c.

Fondazioni	Sigma massima a compressione SLU - Qultima (K/cm ²)	Resistenza di progetto Rd (Kg/cm ²)	Tensione massima esercizio Ed (Kg/cm ²)	Coefficiente di sicurezza	Verifica geotecnica	Cedimenti totali (mm)
Travi rovesce B = 0,80 m	3,93	2,18	1,80	2,18	Verificata	< 15 mm

Nel dimensionamento esecutivo delle fondazioni si raccomanda di adottare in ogni caso un valore di Tensione Massima di Esercizio Ed non superiore a Ed = 1,80 Kg/cm².

In fase di scavo, la DL dovrà porre la massima cura al fine di verificare che in ogni punto le fondazioni risultino posate entro l'orizzonte ghiaioso limoso argilloso individuato durante l'esecuzione delle prove SCPT, accertando l'assenza di cavità/sacche colmate con materiale geotecnicamente scadente al di sotto del piano di posa, che in tal caso andranno adeguatamente bonificate.

Nella verifica dei cedimenti totali, considerando fondazioni con carichi di esercizio indicati, i valori dei cedimenti totali risultano inferiori a 15 mm. Si raccomanda inoltre di difendere le fondazioni e le strutture interrato con idonee guaine impermeabilizzanti e relativi pacchetti drenanti.

Qualora gli scavi siano realizzati in prossimità di altri manufatti (edifici esistenti, viabilità stradale, limiti di proprietà ecc.), dovranno essere realizzate opere di sottomurazioni/sostegno/puntellamento preventive, di carattere provvisorio o definitivo, che si rendessero necessarie, per evitare che si possano manifestare lesioni/cedimenti delle fondazioni e delle strutture esistenti/adiacenti e/o il cedimento/crollo dei fronti scavo.

Bergamo, 7 Aprile 2016



Dott. Geol. Norberto Invernici

N. Iscriz. O.G.L. 990