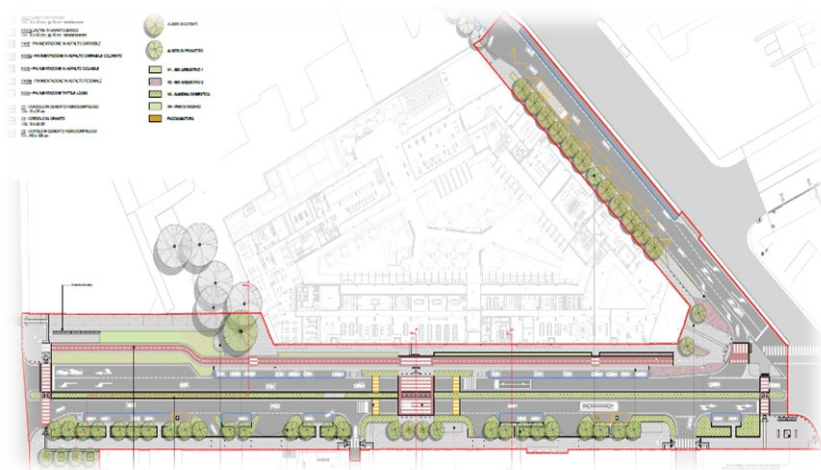


CASTELLO

Via G. Puccini, 3

20121 Milano

VIALE ITALIA – VIA MARELLI IN COMUNE DI
SESTO SAN GIOVANNI, MILANO
RELAZIONE GEOTECNICA AI SENSI DEL D.M. 17 01 2018
PER LE OPERE DI URBANIZZAZIONE PREVISTE SULLE AREE
PUBBLICHE ADIACENTI AL NUOVO STUDENTATO



RELAZIONE TECNICA

R1/0726/CGR/PRP/DLA/ssg/GET/PP | Luglio 2026



INDICE

1. Premessa	4
2. Inquadramento territoriale e catastale.....	5
2.1 Caratteri morfologici e geologici dell'area.....	6
2.2 Inquadramento idrogeologico.....	8
2.3 Andamento del flusso idrico sotterraneo.....	9
2.4 Inquadramento idrografico	10
3. Descrizione delle opere di urbanizzazione in progetto	12
4. Pozzi acquedottistici e aree di salvaguardia	14
5. Caratterizzazione sismica e geotecnica dei terreni	19
5.1 Classificazione dell'intervento ai fini sismici	20
5.2 Classificazione dell'area ai fini sismici	22
5.3 Prescrizioni normative in materia sismica	23
5.4 Indagini sismiche.....	24
5.5 Modellazione sismostratigrafica	25
5.6 Valutazione dell'amplificazione stratigrafica.....	26
5.6.1 Analisi di 1° livello	26
5.6.2 Analisi di 2° livello	27
5.7 Valutazione dell'amplificazione topografica	28
5.7.1 Parametri sismici per il progetto delle fondazioni.....	28
5.7.2 Verifica di assoggettabilità all'analisi di stabilità per liquefazione	30
6. Caratterizzazione geotecnica.....	31
6.1 Indagini geotecniche.....	31
6.2 Modellazione geotecnica	33
6.3 Modello geotecnico	34
Conclusioni.....	35

FIGURE (in testo)

Figura 1: corografia.....	5
Figura 2: ortofotocarta (banca dati di Google Earth).....	6
Figura 3: estratto Foglio 118 "Milano" (Progetto CARG).....	8
Figura 4: estratto "Tav. CG. 02" PGT Sesto San Giovanni	10

Figura 5: ubicazione Fiume Lambro e area di studio.....	11
Figura 6: planimetria opere di urbanizzazione previste e traccia sezione tipo	13
Figura 7: sezione tipo in corrispondenza dell'attraversamento pedonale su Viale Marelli	13
Figura 8: estratto "Tavola n. CG_007" PGT Sesto San Giovanni.....	15
Figura 9: estratto "Tavola n. CG_06 – Carta dei Vincoli"	16
Figura 10: sovrapposizione "Carta dei Vincoli" e planimetria di progetto	17
Figura 11: ubicazione prove geotecniche realizzate dalla Società P&P LMC di Seriate (BG)...	19
Figura 12: estratto Tavola "CG.05 – Pericolosità Sismica Locale" allegata al PGT	23
Figura 13: ubicazione prove sismiche tipo MASW	25
Figura 14: estratto relazione PGT Sesto San Giovanni con esito analisi sismica 2° livello	27
Figura 15: maglia di riferimento per il calcolo della Ag di base	29
Figura 16: ubicazione prove penetrometriche DPSH1 ÷ DPSH7	31

TABELLE (in testo)

Tabella 1: individuazione unità sismiche	26
Tabella 2: sintesi risultati prove penetrometriche	33
Tabella 3: modello geotecnico	34

ALLEGATI (fuori testo)

- Allegato 1: stralcio relazione tecnica P&P LMC – indagini sismiche
- Allegato 2: tabulato parametri sismici
- Allegato 3: tabulato prove penetrometriche

1. Premessa

Su incarico della Società Castello SGR S.p.a., con sede in Via Puccini 3 in Comune di Milano, GEOlogica, Studio professionale associato di Geologia, con sede legale in Via Ambrogio da Bollate 13 e uffici in Via Tito Speri 16, entrambi in Comune di Bollate (MI), ha predisposto la presente relazione geotecnica relativa alle opere di urbanizzazione connesse al progetto di riqualificazione urbanistica previsto per l'area ex "*Magneti Marelli*" di Viale Italia – Viale Marelli in Comune di Sesto San Giovanni (MI).

Secondo le informazioni fornite dalla Committente, l'intervento di riqualificazione urbanistica previsto per il sito ex "*Magneti Marelli*" prevederà, al termine delle attività di bonifica della matrice suolo/sottosuolo già in corso d'opera, l'edificazione di un nuovo studentato e, in corrispondenza delle aree esterne adiacenti al nuovo complesso residenziale, la realizzazione di opere pubbliche di urbanizzazione con l'inserimento di aree a verde, principalmente con arbusti e, ove possibile, con nuove alberature.

Con tale finalità, nei mesi di agosto e settembre 2025, i tecnici della Società P&P LMC di Seriate (BG) hanno realizzato una campagna d'indagine geognostica nelle aree esterne all'ex compendio industriale in osservanza a quanto prescritto sia dal vigente D.M. 17.01.2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni", sia dalla D.G.R. n. IX/2616 del 30.11.2011 della Regione Lombardia, indagine consistente nell'esecuzione di:

- n. 4 prove penetrometriche dinamiche DPSH, che hanno consentito di caratterizzare i terreni dal punto di vista geotecnico;
- n. 2 prova geofisica tipo MASW al fine di classificare il sottosuolo dal punto di vista sismico

Il presente elaborato dovrà successivamente essere oggetto d'integrazione attraverso le consuete verifiche geotecniche, consistenti nel calcolo della capacità portante e di cedimento dei terreni; tale attività sarà eseguita necessariamente alla trasmissione del progetto definitivo allorquando verranno individuati nel dettaglio sia la tipologia e i dimensionamenti delle opere fondazionali sia i massimi carichi strutturali gravanti sui terreni nei diversi stati limite oggetto di tali verifiche.

2. Inquadramento territoriale e catastale

L'area oggetto del presente studio si situa nella porzione meridionale del Comune di Sesto San Giovanni (MI), al confine con il Comune di Milano, a una quota altimetrica di circa 136 m s.l.m.; in aggiunta, con riferimento alla corografia riportata in *Figura 1*, che rappresenta un estratto dal Foglio B6b3 della CTR della Regione Lombardia, è possibile osservare come il sito in esame sia ubicato in un contesto ampiamente urbanizzato.



Figura 1: corografia

Nella seguente *Figura 2* viene inoltre riportato un estratto dell'ortofotocarta, tratta da Google Earth, nel quale è possibile visualizzare con maggior dettaglio i settori esterni al futuro studentato che saranno interessati dalle opere di urbanizzazione.



Figura 2: ortofotocarta (banca dati di Google Earth)

2.1 Caratteri morfologici e geologici dell'area

L'area oggetto di studio si situa nel settore meridionale del Comune di Sesto San Giovanni, a una quota altimetrica di circa 136 m s.l.m..

Sotto l'aspetto morfologico il territorio su cui si insedia il sito in oggetto ricade in un settore morfologicamente costituito da una pianura alluvionale, degradante verso Sud con pendenza media dello 0.3%, corrispondente al "livello fondamentale" della pianura.

A questo ripiano si intervallano una serie di terrazzi morfologici, allineati in senso Nord-Sud lungo i corsi d'acqua principali, bordati da scarpate più o meno pronunciate che raccordano dislivelli variabili tra 1 e 10 m.

L'enorme sviluppo antropico che ha caratterizzato il settore di specifico interesse ha infatti determinato la perdita sostanziale dei caratteri morfologici originari del territorio i quali solo a tratti risultano ancora identificabili.

Secondo la *"Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 118 Milano"* (Progetto CARG), il territorio di Sesto San Giovanni è ubicato nel settore dell'alta Pianura Lombarda, caratterizzato da una potente successione di depositi quaternari di origine fluvioglaciale e fluviale, deposti durante le principali fasi di espansione e ritiro dei ghiacciai alpini nel Pleistocene.

Con riferimento alla suddetta cartografia ufficiale, di cui si riporta un estratto nella seguente *Figura 3*, l'unità geologica affiorante è attribuita al *"Supersintema di Besnate"* e, più in particolare, all'*"Unità di Besnate"*, costituita da ghiaie a supporto clastico, con matrice sabbiosa o sabbioso limosa, localmente intercalate con sabbie limose con clasti residuali (depositi fluvioglaciali).

I sedimenti presentano un grado di alterazione superficiale moderato, legato ai processi pedogenetici sviluppatisi durante le fasi di stabilità morfologica, mentre in profondità mantengono elevate caratteristiche di addensamento e permeabilità; le litologie grossolane rappresentano tuttavia la componente predominante dell'assetto geologico dell'area e costituiscono il principale orizzonte sede della falda freatica.

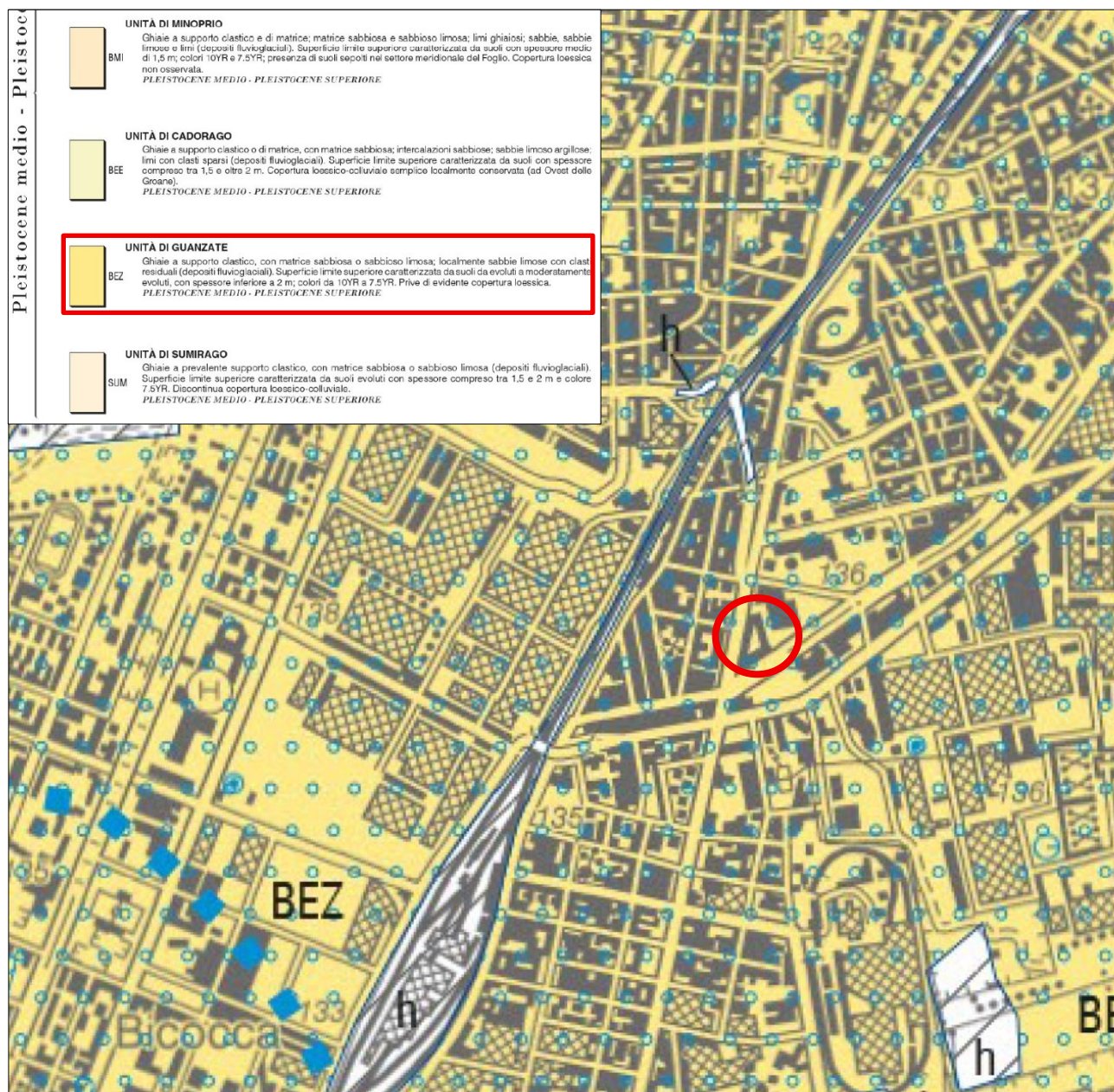


Figura 3: estratto Foglio 118 "Milano" (Progetto CARG)

2.2 Inquadramento idrogeologico

Al fine di verificare la distribuzione areale e verticale degli acquiferi presenti nel sottosuolo del territorio comunale di Sesto San Giovanni, sono state analizzate le stratigrafie di pozzi perforati nel territorio in esame.

Per la ricostruzione della geometria e dei rapporti tra i diversi acquiferi presenti nel sottosuolo dell'area in oggetto possono essere adottati criteri distintivi basati sull'identificazione di "*unità idrostratigrafiche*", ossia unità contraddistinte da un'associazione di litotipi che presentano simile circolazione idrica sotterranea, rapporto di alimentazione – deflusso delle falde e disposizione geometrica rispetto agli altri acquiferi.

Il territorio di Sesto San Giovanni ricade nel settore dell'alta pianura milanese, caratterizzato da un sottosuolo costituito prevalentemente da depositi fluvioglaciali e fluviali quaternari ad elevata permeabilità, che ospitano il sistema acquifero della pianura lombarda.

L'assetto idrogeologico è determinato dalla prevalenza di livelli ghiaioso-sabbiosi, localmente intercalati da orizzonti limosi e argillosi a minore permeabilità, che conferiscono al sottosuolo una moderata eterogeneità verticale.

Nel settore in esame è presente una falda freatica continua, con deflusso prevalente da Nord verso SSE (in accordo con l'assetto idrogeologico della pianura milanese), alimentata prevalentemente dall'infiltrazione delle precipitazioni, dagli apporti provenienti dal settore pedemontano e dagli scambi con il reticolo idrografico superficiale.

2.3 Andamento del flusso idrico sotterraneo

Sulla base di quanto riportato all'interno nella Relazione Geologica allegata al PGT vigente per il Comune di Sesto San Giovanni, la morfologia della superficie piezometrica è stata ricostruita tramite campagne di misurazioni dirette effettuate, sui pozzi e i piezometri del territorio, nel mese di settembre 2014 nell'ambito dello studio a carattere regionale finalizzato alla revisione dei corpi idrici sotterranei introdotta dal PTUA 2016.

Con riferimento alla "*Tavola CG. 02 – Caratteri idrogeologici*" del luglio 2020 allegata al suddetto PGT, di cui si riporta un estratto nella seguente *Figura 4*, è possibile evidenziare come, in corrispondenza del settore di studio, la morfologia della superficie piezometrica determini una direzione del flusso idrico sotterraneo disposta in senso N – S.

Nell'area di studio, il livello di falda risulta essere pari a circa 123 m s.l.m., livello a cui corrisponde, tenuto conto di una quota media del p.c. pari a circa 136 m s.l.m., una soggiacenza pari a circa 13 m da p.c., mentre il gradiente idraulico si attesta a circa 0,3 %.

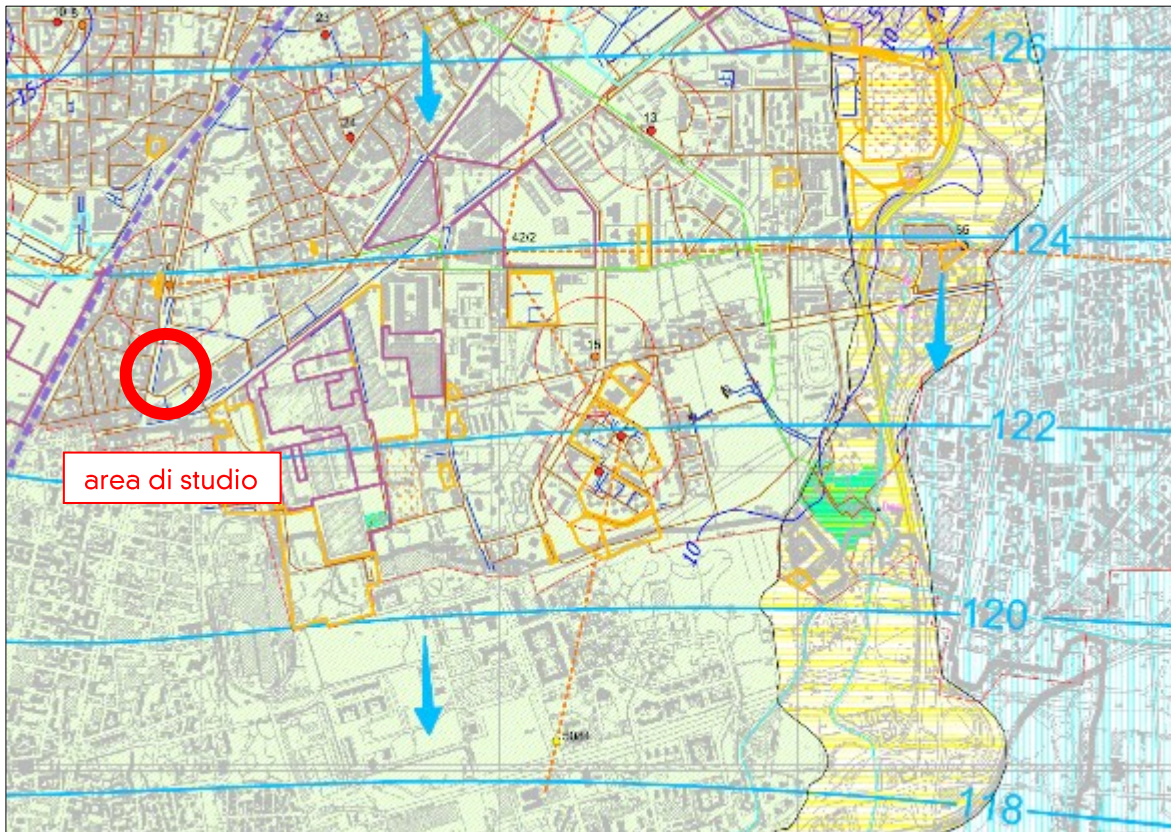


Figura 4: estratto "Tav. CG. 02" PGT Sesto San Giovanni

2.4 Inquadramento idrografico

Con riferimento al reticolo idrografico superficiale, come indicato nella seguente Figura 5, l'area di studio risulta essere ben distante dal Fiume Lambro ubicato a circa 2,5 Km a Est.

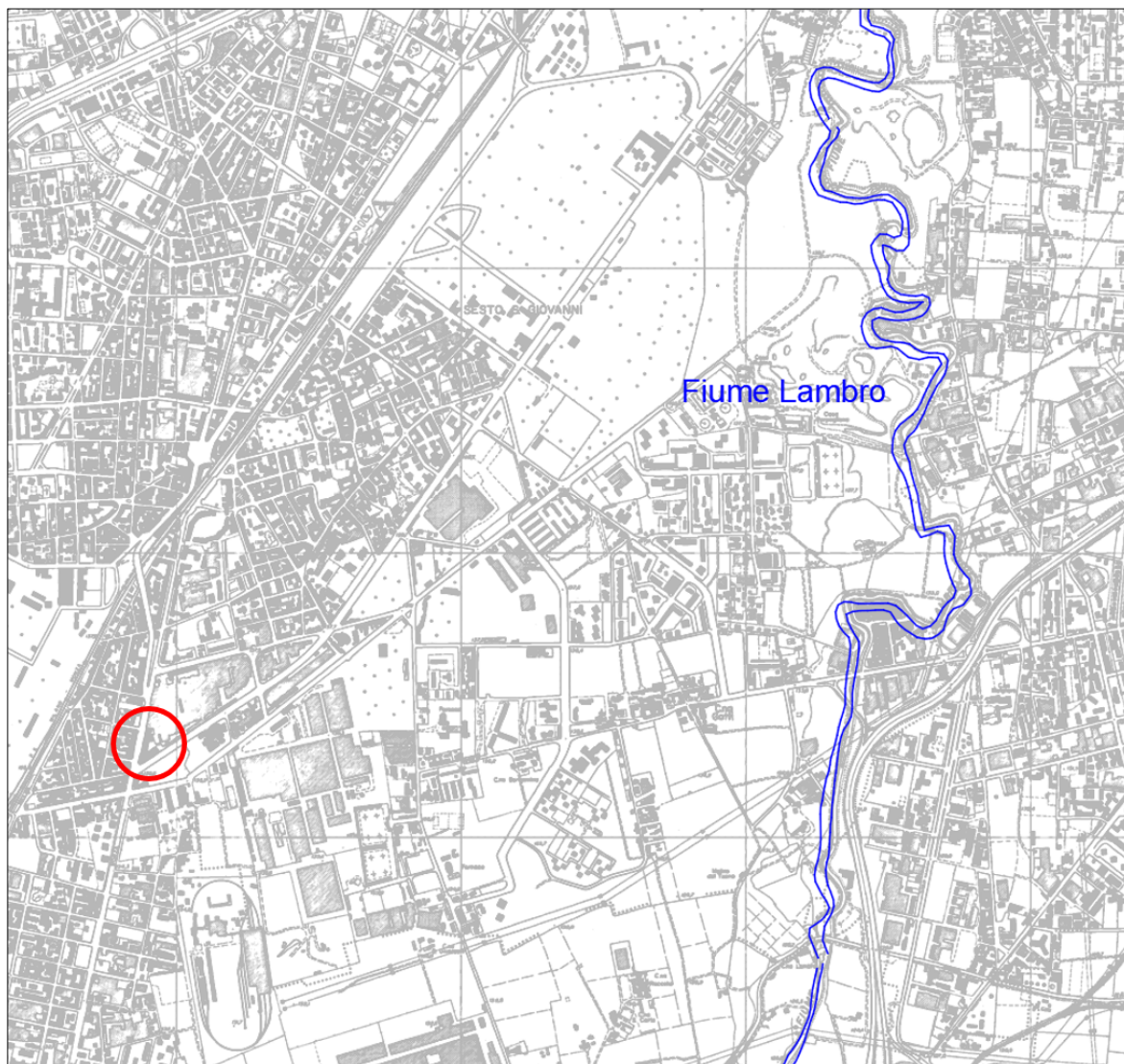


Figura 5: ubicazione Fiume Lambro e area di studio

3. Descrizione delle opere di urbanizzazione in progetto

L'intervento in progetto prevede la riqualificazione dell'area dell'ex compendio "Magneti Marelli" mediante la demolizione integrale della vecchia fabbrica e la successiva edificazione di uno stabile a uso studentato e il rinnovamento del tessuto urbano nelle immediate vicinanze.

La presenza del nuovo studentato fornisce l'opportunità di intervenire sul paesaggio urbano circostante prevedendo anche la realizzazione di una grande area verde arbustiva (verso Via Pavese – a Nord) e una piazza con alberatura centrale davanti al nuovo esercizio di somministrazione, previsto al piano terra dello studentato stesso

Dal lato della città storica, il progetto prevede la valorizzazione del fronte commerciale: l'allargamento del marciapiede permette l'inserimento di panchine e la progettazione di alcuni spazi per i futuri dehors mentre un filare di alberi crea un filtro tra il percorso pedonale e la strada.

Verso Nord il marciapiede si amplia in una piazza alberata, caratterizzata da un disegno geometrico della pavimentazione e grandi panche quadrate gettate in opera.

I due ambiti di progetto, il marciapiede commerciale e quello lato studentato, sono legati dall'asse viario centrale, che viene ridotto da due a una corsia per senso di marcia; fulcro centrale dell'asse viario è un attraversamento pedonale largo 12 metri, che unisce i due marciapiedi a suggerire una volontà di pedonalizzazione sempre più forte.

Il progetto recepisce gli indirizzi già espressi dalle linee guida urbanistiche e viabilistiche che prevedono la deviazione o il declassamento del flusso carrabile in entrata da Milano e in uscita da Sesto San Giovanni.

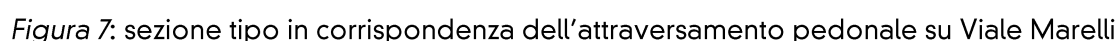
Tenuto conto della volontà di intervenire sul paesaggio urbano, il progetto prevede un ampio inserimento delle aree verdi, trattate principalmente ad arbusti e, ove possibile, l'inserimento di nuove alberature con lo scopo di aumentare la biodiversità dell'area, cercando di contribuire all'abbattimento dell'isola di calore.

Ciò detto, sia per Viale Italia che per Viale Marelli, lungo lo studentato, si propongono due differenti mix arbustivi in grado di rendere gradevole l'esperienza della piazza antistante l'edificio e della piazza su cui si affaccerà il bar dello studentato.

Tali piazze sono, inoltre, valorizzate dalla presenza di due *Crataegus laevigata* "Paul's scarlet" e un *Platanor* "vallis" clausa, ossia alberature in grado di fornire rapidi effetti paesaggistici in ambiti urbani.

Proseguendo verso Via Cesare Pavese il marciapiede è caratterizzato da una ampia area a prato mentre, sul lato commerciale di Viale Marelli, si è preferito optare per macchie mono-

Sulla base di tutto quanto sopra esposto, nelle seguenti *Figura 6* e *Figura 7* si riportano rispettivamente una planimetria dello stato di progetto relativo a quanto sopra descritto e una sezione tipo in corrispondenza dell'attraversamento pedonale posto su Viale Marelli.



4. Pozzi acquedottistici e aree di salvaguardia

Un aspetto di rilevante importanza è rappresentato dalla verifica della possibile sovrapposizione tra le opere in progetto e le Zone di Rispetto dei pozzi di captazione di acque a uso idropotabile del Comune di Sesto San Giovanni.

Per l'analisi di questo elemento sono state analizzate le cartografie allegate al PGT del Comune di Sesto San Giovanni in merito alle aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano e le zona di tutela assoluta/zona di rispetto dei pozzi a scopo idropotabile.

Ciò detto, con riferimento alla seguente *Figura 8*, tratta dalla *"Tavola CG. 007 – Ubicazione dei pozzi ad uso potabile e zona di tutela assoluta"* allegata al suddetto Piano di Governo del Territorio, il sito in esame risulta essere ubicato a circa 275 m a Sud del pozzo acquedottistico n. 14 di Via Marelli, ben distante dalla Zona di Tutela Assoluta (ZTA), sottoposta alle limitazioni d'uso previste dall'art. 94 del D.lgs. 152/2006 e s.m.i., definita con raggio 10 m dal punto di captazione.



GEOlogica | studio professionale associato di Geologia | via Ambrogio da Bollate, 13 | 20121 Bollate (MI) | tel. e fax 02.383.00.883 | C.F. e P. IVA 05628240961 | www.geo-logica.com | info@geo-logica.com

GEOlogica | studio professionale associato di Geologia | via Ambrogio da Bollate, 13 | 20121 Bollate (MI) | tel. e fax 02.383.00.883 | C.F. e P. IVA 05628240961 | www.geo-logica.com | info@geo-logica.com

di Rispetto (ZR) definita secondo i disposti della normativa vigente (D.G.R. 6/15137/96); per il caso in esame, la ZR è stata definita con criterio geometrico (raggio 200 m).

Tutto ciò premesso, con riferimento alla "Tavola CG. 06 – Carta dei Vincoli" allegata al PGT vigente, di cui si riporta un estratto nella seguente *Figura 9*, è possibile osservare come, nelle vicinanze del sito oggetto di riqualificazione urbanistica (ex "Magneti Marelli") è presente la Zona di Rispetto del pozzo pubblico n. 14.

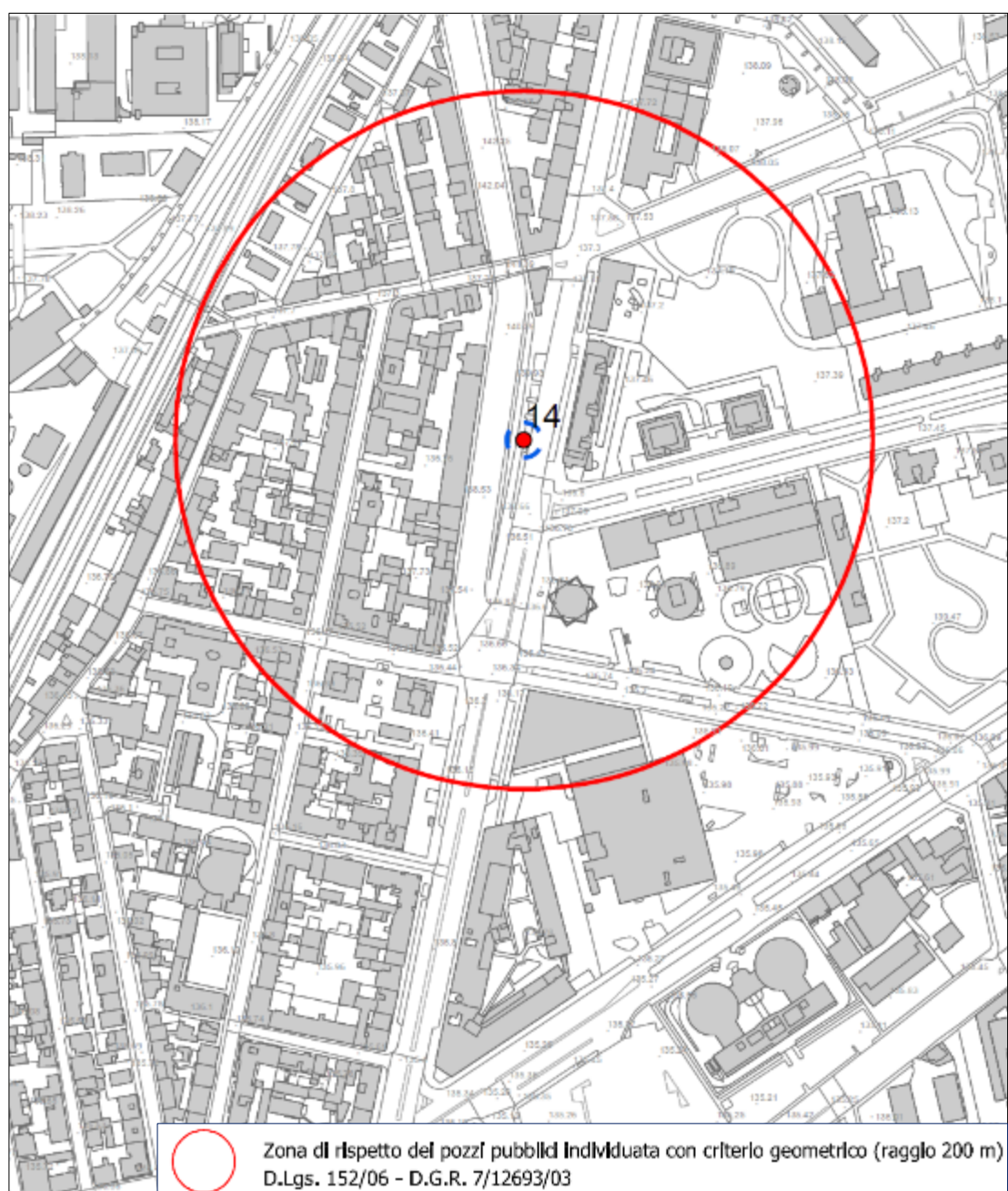


Figura 9: estratto "Tavola n. CG_06 – Carta dei Vincoli"

Per tale motivo, al fine di verificare se le opere pubbliche di urbanizzazione interferiscono con la Zona di Rispetto del pozzo n. 14, è stata effettuata una sovrapposizione tra la suddetta "Carta dei Vincoli" e la planimetria di progetto; con riferimento alla seguente *Figura 10*, è possibile evidenziare come la porzione più settentrionale delle opere di progetto ricade all'interno dell'area soggetta a vincolo.

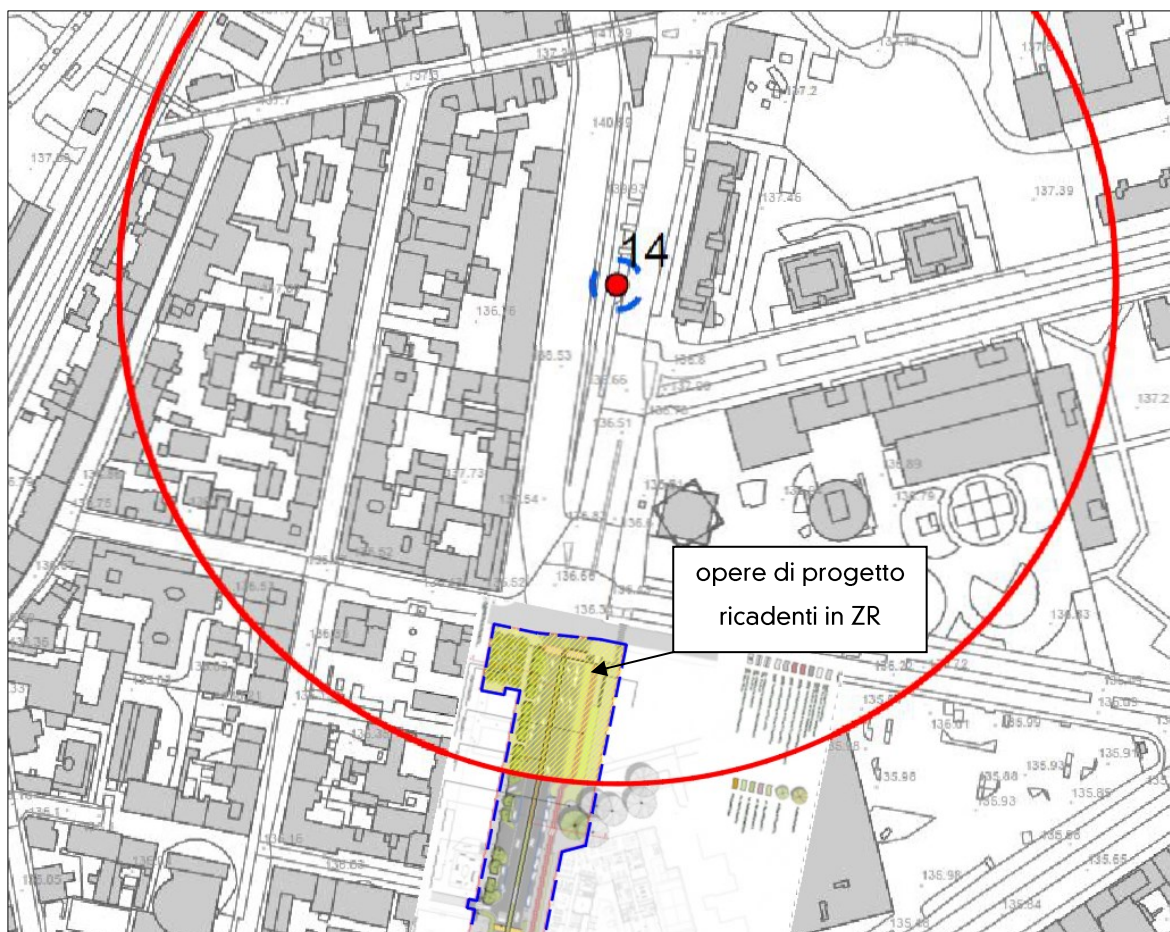


Figura 10: sovrapposizione "Carta dei Vincoli" e planimetria di progetto

Per tale motivo, tenuto conto che alcune opere di urbanizzazione di progetto ricadono all'interno della fascia di rispetto del pozzo pubblico n. 14, dovranno essere osservate le prescrizioni dettate dalla D. G. R. 10 aprile 2003 – n. 7/12693 – "Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque sotterranee destinate al consumo umano"; più in particolare, con riferimento all'Allegato 1, sezione 3.2:

"

Al fine di proteggere le risorse idriche captate i Comuni, nei propri strumenti di pianificazione urbanistica, favoriscono la destinazione delle zone di rispetto dei pozzi destinati all'approvvigionamento potabile a «verde pubblico», ad aree agricole o ad usi residenziali a bassa densità abitativa.

Nelle zone di rispetto:

- per la progettazione e la costruzione degli edifici e delle infrastrutture di pertinenza non possono essere eseguiti sondaggi e indagini di sottosuolo che comportino la creazione di vie preferenziali di possibile inquinamento della falda;*
- le nuove edificazioni possono prevedere volumi interrati che non dovranno interferire con la falda captata, in particolare dovranno avere una distanza non inferiore a 5 m dalla superficie freatica, qualora l'acquifero freatico sia oggetto di captazione. Tale distanza dovrà essere determinata tenendo conto delle oscillazioni piezometriche di lungo periodo (indicativamente 50 anni).*

In tali zone non è inoltre consentito:

- la realizzazione, a servizio delle nuove abitazioni, di depositi di materiali pericolosi non gassosi, anche in serbatoi di piccolo volume e a tenuta, sia sul suolo sia nel sottosuolo (stoccaggio di sostanze chimiche pericolose ai sensi dell'articolo 21, comma 5, lettera i) del d.lgs. 152/99);*
- l'insediamento di condotte per il trasporto di sostanze pericolose non gassose;*
- l'utilizzo di diserbanti e fertilizzanti all'interno di parchi e giardini, a meno di non utilizzare sostanze antiparassitarie che presentino una ridotta mobilità nei suoli."*

Sulla base di tutto quanto sopra esposto, fatto salvo il rispetto delle suddette prescrizioni, tenuto tuttavia conto della tipologia di intervento previsto (rinnovamento della viabilità urbana, rifacimento carreggiata/marciapiede, inserimento aree verdi), non si ravvedono elementi ostativi alla loro realizzazione.

5. Caratterizzazione sismica e geotecnica dei terreni

Al fine di ottenere indicazioni sulle caratteristiche sismiche e geotecniche dei terreni in corrispondenza delle aree che saranno adibite alle future opere di urbanizzazione nell'ambito del progetto di riqualificazione del sito ex "Magnetì Marelli", nel mese di agosto e settembre 2025, su incarico della Committente, i tecnici della Società P&P LMC di Seriate (BG) hanno realizzato apposite indagini di campo; più in particolare, con riferimento alla seguente *Figura 11*, sono state eseguite n. 2 prove sismiche tipo MASW (MASW1 e MASW2) e n. 7 prove penetrometriche (DPSH1 ÷ DPSH7) ubicate nelle aree esterne oggetto di futuro rinnovamento urbano.

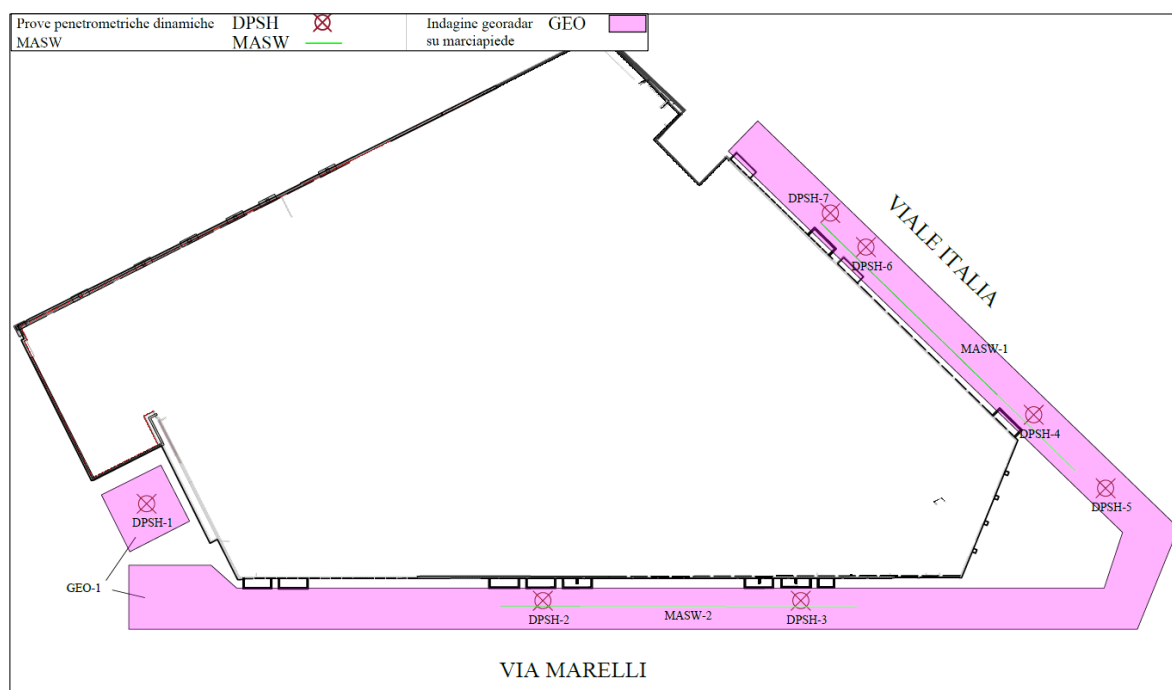


Figura 11: ubicazione prove geotecniche realizzate dalla Società P&P LMC di Seriate (BG)

Con riferimento alla precedente *Figura 11*, si fa presente che nel corso della campagna d'indagine, preliminarmente alle prove penetrometriche dinamiche, è stato realizzato anche un rilievo georadar finalizzato a verificare la presenza di tubazioni sul marciapiede intorno all'ex edificio industriale e indicare i punti in corrispondenza dei quali eseguire le successive perforazioni (DPSH).

Per sviluppare la caratterizzazione sismica è stato applicato il seguente schema di lavoro:

- classificazione dell'intervento ai fini sismici;

- classificazione dell'area ai fini sismici;
- definizione dei parametri sismici di progetto ai diversi stati limite;
- verifica di assoggettabilità all'analisi di stabilità per liquefazione.

5.1 Classificazione dell'intervento ai fini sismici

L'intervento di riqualificazione in progetto consiste nella realizzazione di opere pubbliche di urbanizzazione con l'inserimento di aree a verde, principalmente con arbusti e, ove possibile, con nuove alberature.

Ai fini sismici, l'intervento è stato assunto con le seguenti caratteristiche:

- nuova costruzione, ai sensi delle NTC cap. 2
- livelli di prestazione ordinari ($V_n=50$) ai sensi delle NTC tab. 2.4.I

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

- costruzione in Classe d'uso 2 ai sensi delle NTC Cap. 2.4.2

<i>Classe I:</i>	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
<i>Classe II:</i>	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
<i>Classe III:</i>	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
<i>Classe IV:</i>	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

- costruzione con Coefficiente d'uso $C_u=2,0$ ai sensi delle NTC tabella 2.4.II

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

- opera per cui è necessaria la progettazione geotecnica ai sensi delle NTC Cap 6.1.1

- opere di fondazione;
- opere di sostegno;
- opere in sotterraneo;
- opere e manufatti di materiali sciolti naturali o di provenienza diversa;
- fronti di scavo;
- consolidamento;
- miglioramento e rinforzo dei terreni e degli ammassi rocciosi;
- consolidamento di opere esistenti.

- opera di minore rilevanza ai fini della pubblica incolumità ai sensi del DPR 380/2001 Art. 94 bis.

b) interventi di "minore rilevanza" nei riguardi della pubblica incolumità:

1) gli interventi di adeguamento o miglioramento sismico di costruzioni esistenti nelle località sismiche a media sismicità (zona 2, limitatamente a valori di a_g compresi fra 0,15 g e 0,20 g) e zona 3;

2) le riparazioni e gli interventi locali sulle costruzioni esistenti, compresi gli edifici e le opere infrastrutturali di cui alla lettera a), numero 3);

3) le nuove costruzioni che non rientrano nella fattispecie di cui alla lettera a), n. 2);

3-bis) le nuove costruzioni appartenenti alla classe di costruzioni con presenza solo occasionale di persone e edifici agricoli di cui al punto 2.4.2 del decreto del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti del 17 gennaio 2018;

5.2 Classificazione dell'area ai fini sismici

Il Comune di Sesto San Giovanni (MI) è inserito in zona sismica 3 (bassa sismicità), ai sensi e per gli effetti della DGR Lombardia 2129/2014.

03015205	MI	SEGRATE	3	0,057205
03015206	MI	SENAGO	4	0,045948
03015209	MI	SESTO SAN GIOVANNI	3	0,054127
03015210	MI	SETTALA	3	0,066974
03015211	MI	SETTIMO MILANESE	4	0,044794

Con riferimento alla seguente *Figura 12*, estratto dalla Tavola “*CG.05 – Pericolosità Sismica Locale*” allegata al PGT comunale, nell’area sono stati riconosciuti in sede di pianificazione urbanistica comunale i seguenti scenari di PSL:

- Z4a (zona di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi) al quale è associata la possibilità che si sviluppino fenomeni di amplificazione litologiche o geometriche.

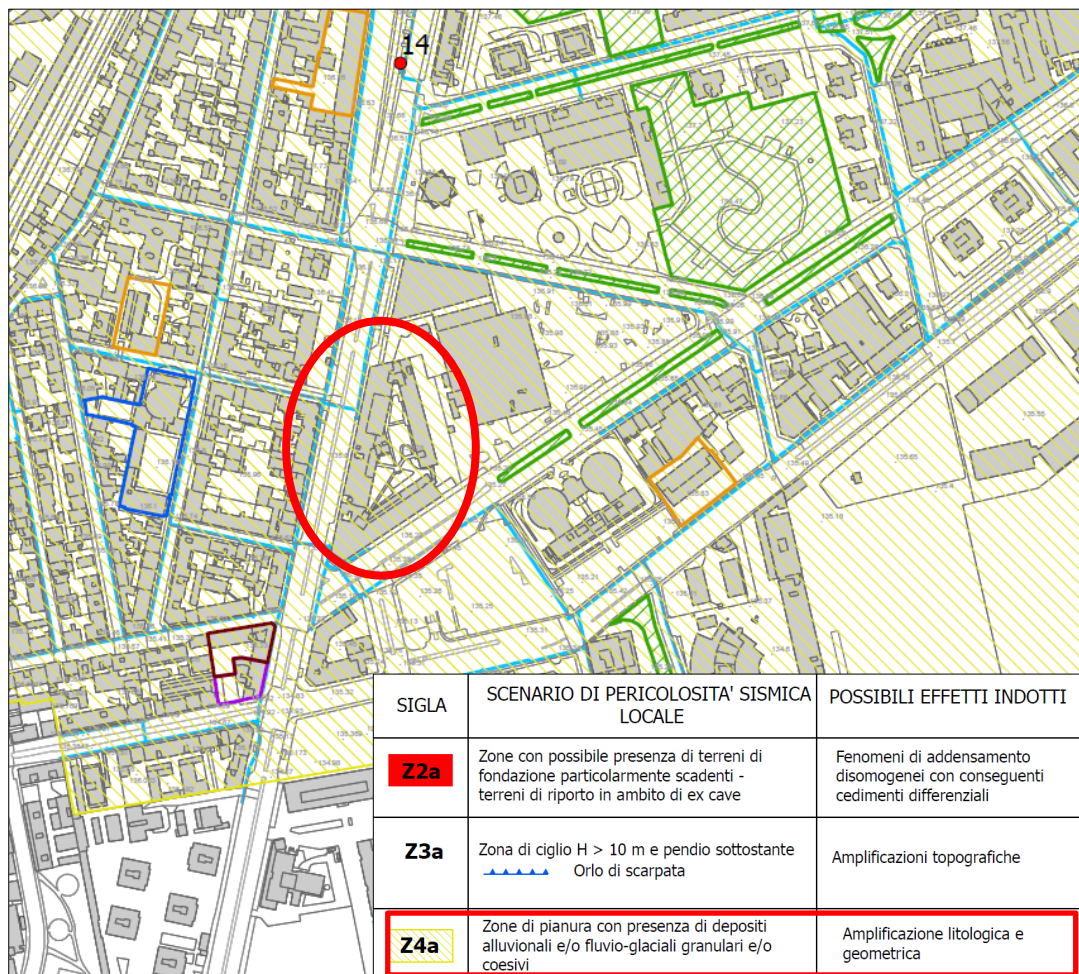


Figura 12: estratto Tavola "CG.05 – Pericolosità Sismica Locale" allegata al PGT

5.3 Prescrizioni normative in materia sismica

La DGR 5001/2016 prevede che i progetti di interventi di minore rilevanza in zona sismica ai fini sismici ricadenti in zona sismica 3 siano soggetti a deposito sismico prima dell'inizio dei lavori, da effettuare presso l'autorità competente che, nel caso in esame, è il Comune di Milano.

Il PGT comunale stabilisce che i progetti di interventi che prevedono la costruzione di nuovi sistemi geotecnici o l'interazione con i sistemi geotecnici esistenti siano accompagnati da una relazione geologica di fattibilità che sviluppi gli approfondimenti sismici richiesti per gli interventi ricadenti in aree con scenari di PSL z1, z2, z3, z4 o z5 così come descritti nella DGR 2616/2011.

Per sviluppare gli approfondimenti richiesti si è provveduto a valutare i fenomeni di amplificazione sismica attraverso:

- l'analisi sismica di 1° livello (con la valutazione della $V_{s(eq)}$ o $V_{s(30)}$ e la valutazione della topografia del sito sulla base dei dati disponibili)
- l'analisi sismica di 2° livello (con elaborazione numerica per la valutazione dell' F_a qualora non già disponibile tra i documenti di piano del PGT comunale)
- l'analisi di assoggettabilità dei terreni alla verifica a liquefazione (ed eventualmente la verifica a liquefazione)

Attraverso queste analisi sono stati determinate la categoria di sottosuolo, la categoria topografica e, di conseguenza i valori di A_{max} e di k_h che consentono di calcolare l'azione sismica agente sulle strutture, nonché è stato valutato se i terreni sono suscettibili al fenomeno di liquefazione.

5.4 Indagini sismiche

Sulla base della documentazione condivisa dalla Committente, nel caso specifico la valutazione della $V_{s(eq)}$ e la modellazione sismostratigrafica del sito è stata elaborata sulla base di n. 2 prove sismiche MASW ubicate secondo quanto riportato nella seguente *Figura 13*.

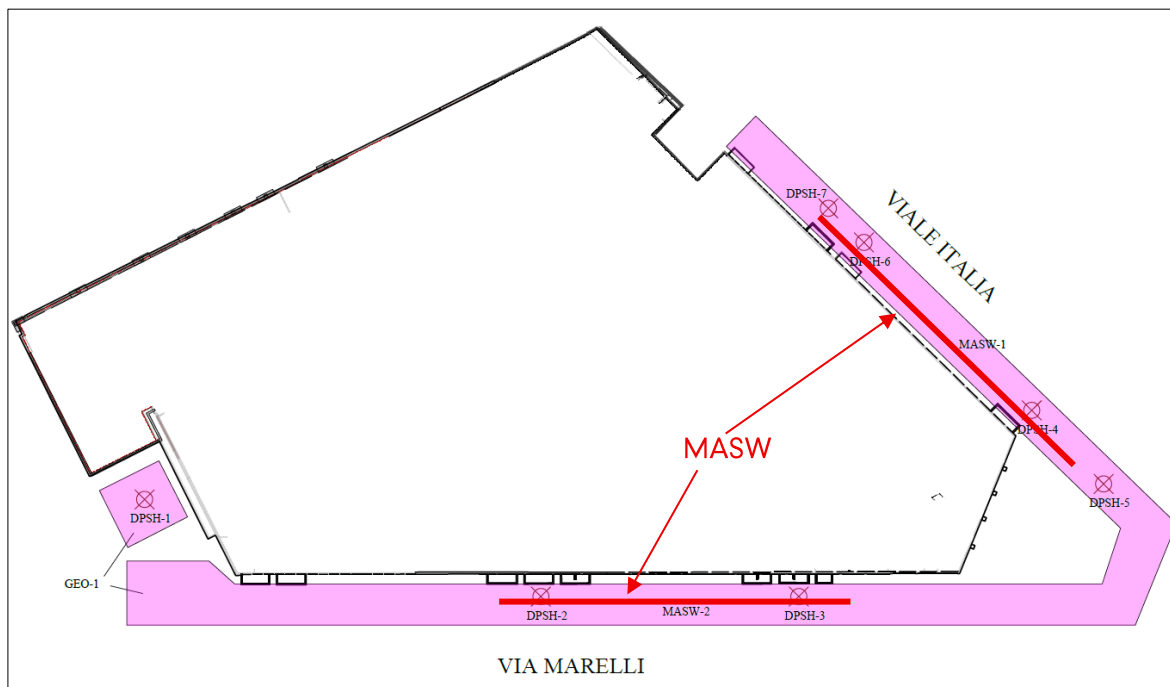


Figura 13: ubicazione prove sismiche tipo MASW

L'attrezzatura utilizzata, la modalità di esecuzione e l'esito delle prove è riportato in *Allegato 1*, come stralcio dalla relazione di indagine originale.

5.5 Modellazione sismostratigrafica

Gli esiti delle n. 2 prove sismiche realizzate non sono perfettamente allineati, ma consentono comunque di estrarre un modello sismostratigrafico unico, mediando le velocità misurate delle onde S e gli spessori presunti delle diverse unità; il modello stratigrafico medio è riportato nella seguente *Tabella 1*.

MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO		
	profondità (m)	Vs (m/s)
US1	0 – 4	300
US2	4 – 7	400
US3	7 – 16	650
US4	16 – 30	800
US = Unità sismica		
$V_{seq} = V_{s30} = 600 \text{ m/s}$		

Tabella 1: individuazione unità sismiche

5.6 Valutazione dell'amplificazione stratigrafica

5.6.1 Analisi di 1° livello

Sulla base del modello sismostratigrafico descritto, la V_{s30} risultante è di circa 600 m/s, pertanto, in accordo con la Tabella 3.2.II delle NTC 2018, al sito è attribuita, in via preliminare, una categoria stratigrafica B.

Tab. 3.2.II – <i>Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.</i>	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

5.6.2 Analisi di 2° livello

Per definire in via definitiva la categoria stratigrafica è necessario condurre anche l'analisi sismica di 2° livello al fine di verificare se il contenuto energetico sotteso dagli spettri sismici delle NTC associati alla categoria individuata è sufficiente a tenere in considerazione anche le amplificazioni sismiche locali.

Nel caso specifico, l'analisi sismica di 2° livello è già stata eseguita in sede di pianificazione territoriale comunale e ha consentito di verificare che per i siti indagati il contenuto energetico sotteso dagli spettri sismici delle NTC associati alla categoria B NON è sufficiente a tenere conto delle amplificazioni sismiche locali, poiché risulta $FAC > FAS$ (Cfr. *Figura 14*); di conseguenza, in virtù di quanto valutato, è opportuno scalare la categoria di sottosuolo a quella immediatamente peggiore rispetto a quella individuata con le prove.

Categoria	$0.1 < T_0 < 0.5$ s	$0.5 < T_0 < 1.5$ s
sottosuolo – NTC18	$FAC \leq FAS$	$FAC \leq FAS$
B	NO	SI
C	SI	SI

Figura 14: estratto relazione PGT Sesto San Giovanni con esito analisi sismica 2° livello

Sulla base di quanto sopra, in virtù delle considerazioni esposte, al sottosuolo è attribuita in via definitiva una categoria stratigrafica C.

Tab. 3.2.II – <i>Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.</i>	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

5.7 Valutazione dell'amplificazione topografica

L'analisi topografica, condotta sulla CTR 1:10.000 della Regione Lombardia, ha permesso di escludere la presenza di rilievi, creste o pendii con altezza > 30 m ed inclinazioni > 15°, pertanto alla morfologia del sito è attribuita una categoria topografica T1.

Tab. 3.2.III – <i>Categorie topografiche</i>	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

5.7.1 Parametri sismici per il progetto delle fondazioni

Tenuto conto della vita nominale dell'opera $V_n=50$ anni e della sua classe d'uso $C_u=2$, il valore della vita di riferimento dell'opera è pari a $V_r = 100$ anni, poiché $V_r = C_u \times V_n$.

Con questo valore di V_r , il periodo di ritorno con cui considerare l'azione sismica allo stato limite SLV risulta essere 949 anni, come indicato nell'Allegato A alle NTC 2008.

Nella seguente *Figura 15* il sito in esame è accostato ai 4 nodi più vicini della maglia di 5 x 5 km definita dall'INGV per indicare la pericolosità sismica di base di ogni punto del territorio italiano, indipendente dai confini amministrativi.

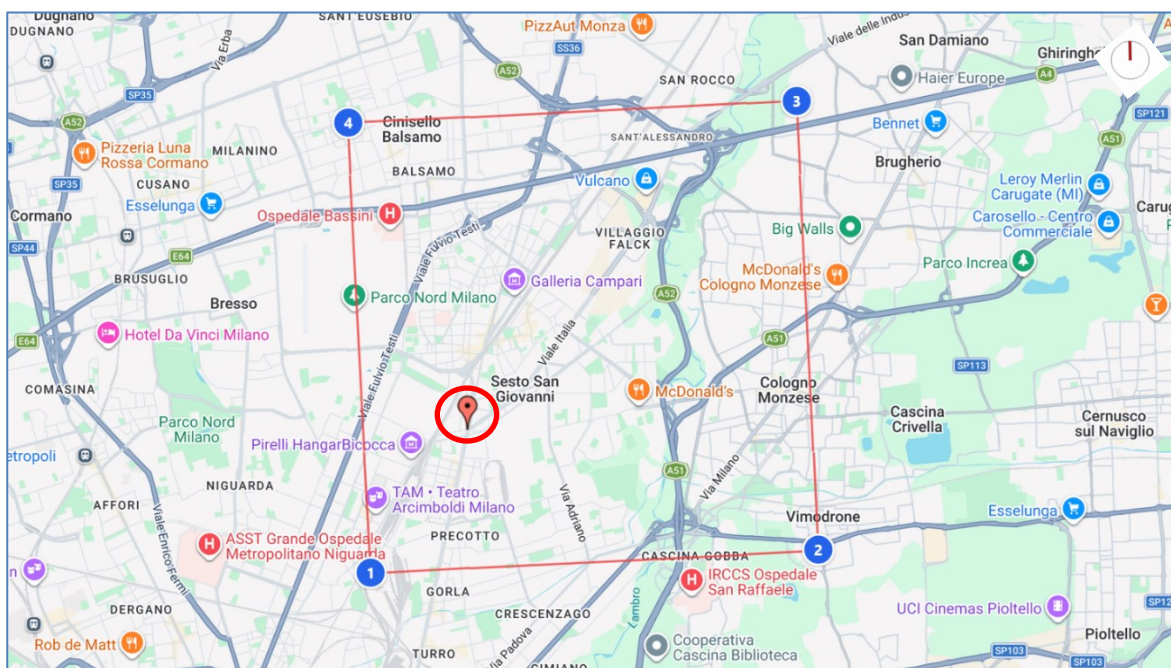


Figura 15: maglia di riferimento per il calcolo della A_g di base

Il sito è ubicato alle seguenti coordinate geografiche Ed 50:

- Latitudine N = 45,525096
- Longitudine E = 9,229220

A partire dalle coordinate geografiche del sito e tenuto conto del valore del tempo di ritorno T_r associato alla classe d'uso dell'edificio, è stata calcolata l'accelerazione sismica di base A_g interpolando i valori caratteristici dei 4 nodi sopra citati indicati nella mappa di pericolosità sismica nazionale di cui alla OPCM 3519/2006 e dall'allegato B delle NTC 2008; con tali assunzioni il valore di A_g di base, su suolo libero di tipo A e per lo stato limite SLV, è pari a **$A_g = 0,063 g$** .

In funzione delle classificazioni stratigrafica e topografica attribuite al sito in esame, il coefficiente stratigrafico è pari a $S_s=1,2$, mentre il coefficiente topografico è pari a $S_t=1$, perciò il valore di A_{max} atteso al suolo allo stato limite SLV, tenuto conto degli aspetti di amplificazione di sito, risulta essere **$A_{max} = 0,929 m/s = 0,092 g$** .

Il coefficiente di amplificazione sismica orizzontale per la verifica delle fondazioni allo stato limite SLV risulta essere **$k_h = 0,019$** , mentre quello verticale, per lo stesso stato limite risulta essere **$k_v = 0,009$** .

Il tabulato completo di tutti i parametri sismici necessari alla progettazione, per i diversi stati limite, è disponibile in *Allegato 2*.

5.7.2 Verifica di assoggettabilità all'analisi di stabilità per liquefazione

Il Cap. 7.11.3.4.2 delle NTC prevedono che l'analisi di stabilità alla liquefazione possa essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Nel caso in esame si è già accertato nel precedente capitolo che l'accelerazione massima attesa al piano campagna in condizione di campo libero è pari a 0,092 g ($< 0,1$ g) pertanto, in presenza del requisito n. 1, la verifica di liquefazione può essere omessa.

6. Caratterizzazione geotecnica

Per sviluppare la caratterizzazione geotecnica è stato applicato il seguente schema di lavoro:

- elaborazione delle indagini geotecniche;
- modellazione geotecnica.

6.1 Indagini geotecniche

Come già indicato nei precedenti capitoli (Paragrafo § 5), al fine di caratterizzare i terreni dal punto di vista geotecnico, nell'area oggetto di futuro rinnovamento urbano sono state eseguite n. 7 prove penetrometriche dinamiche DPSH1 ÷ DPSH7 la cui ubicazione è riportata nella seguente *Figura 16*.

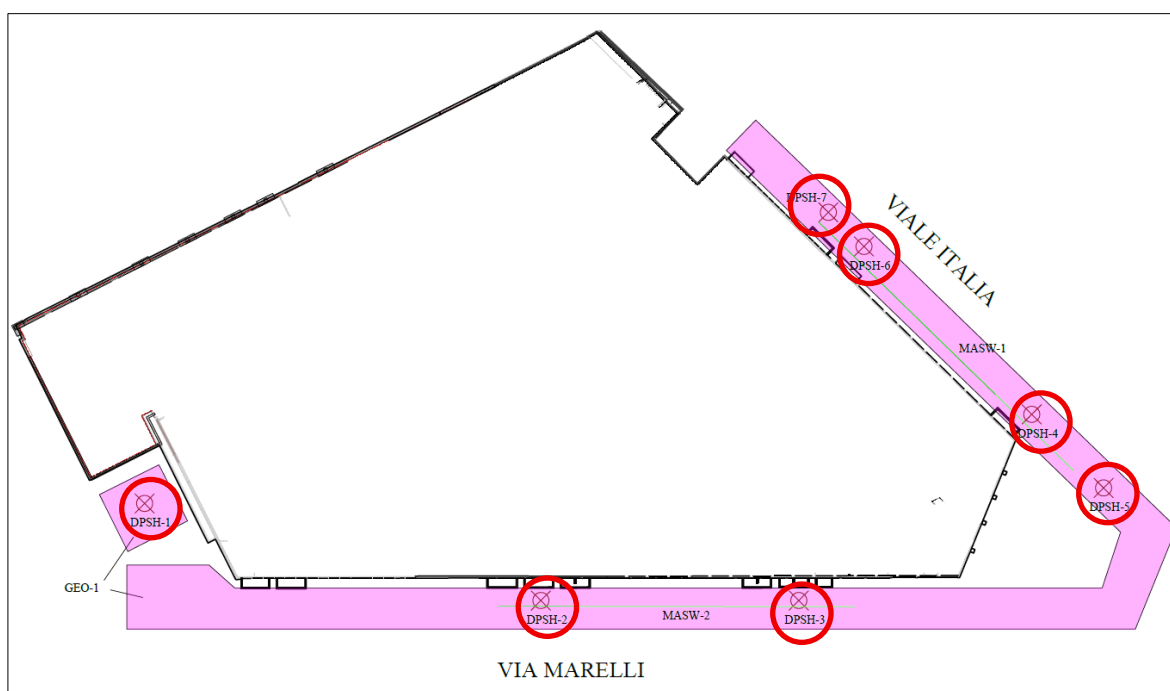


Figura 16: ubicazione prove penetrometriche DPSH1 ÷ DPSH7

Tuttavia, si fa presente che, come riportato nell'elaborato tecnico di dettaglio condiviso dalla Committente, n. 3/7 prove (DPSH 4, 6 e 7) non sono state portate a termine a causa della presenza di un ulteriore soletta in calcestruzzo non removibile al di sotto del preforo.

La prova penetrometrica dinamica DPSH consiste nell'infissione continua nel terreno della punta penetrometrica sotto l'azione di un maglio che batte sulla testa delle aste di trasmissione; la geometria della punta, il peso del maglio, l'altezza di caduta del maglio sono standardizzati secondo le normative di riferimento; il numero di colpi necessario per affondare la punta penetrometrica è direttamente proporzionale alla resistenza del terreno ed è identificato dalla sigla N_{dp} .

Per elaborare i dati di prova è necessario fare una serie di correzioni al valore di N_{dp} , tenendo conto:

- dalla differenza di intervallo di misura tra le prove DPSH SPT $N_{dp(20)} \rightarrow N_{dp(30)}$;
- dalla differenza di campionario tra le prove DPSH e SPT $N_{dp(30)} \rightarrow N_{spt}$;
- dell'eventuale presenza di acqua sotterranea (se in sabbie fini) $N_{spt} \rightarrow N'_{spt}$;
- dell'efficienza energetica del dispositivo di battitura $N'_{spt} \rightarrow N_{(60)}$;
- della pressione litostatica alla profondità di misurazione $N_{(60)} \rightarrow N1_{(60)}$.

A partire da questi valori, attraverso correlazioni note in letteratura, è possibile stimare i parametri geotecnici del terreno necessari alle verifiche di stabilità.

L'interpretazione dei dati desunti delle prove penetrometriche continue DPSH è stata svolta tenendo conto congiuntamente di tutte le prove eseguite, cercando di predisporre un unico modello geotecnico per tutta l'area di intervento.

In realtà sono state riscontrate alcune differenze tra le diverse prove, sia nella quota delle interfacce che dividono le diverse unità, sia nel valore di $N1_{(60)}$ caratteristico; nei casi dubbi sono stati adottati i valori peggiori o comunque sufficientemente cautelativi.

Dall'analisi dei diagrammi di prova è stato scelto di distinguere n. 4 unità geotecniche (UG), omogenee per caratteristiche di resistenza alla penetrazione; gli esiti delle prove penetrometriche sono riportate in sintesi nella sottostante *Tabella 2* e in dettaglio nei tabuati in *Allegato 3*.

SINTESI DEI RISULTATI DELLE PROVE PENETROMETRICHE					
		DPSH 1	DPSH 2	DPSH 3	DPSH 5
UT1	prof. (m)	0,0-2,4	0,0-2,6	0,0-2,4	0,0-3,0
	$N_{(60)} / N1_{(60)}$	9/14	4/6	2/4	6/9
UT2	prof. (m)	2,4-3,8	2,6-3,6	2,4-3,2	3,0-3,8
	$N_{(60)} / N1_{(60)}$	15/20	8/11	6/9	17/20
UT3	prof. (m)	3,8-5,2	3,6-4,6	3,2-4,4	3,8-5,0
	$N_{(60)} / N1_{(60)}$	7/8	6/7	4/5	10/11
UT4	prof. (m)	5,2-6,0	4,6-6,0	4,4-6,0	5,0-6,0
	$N_{(60)} / N1_{(60)}$	16/16	19/19	12/12	28/28
Le profondità sono riferite al piano campagna delle prove					

Tabella 2: sintesi risultati prove penetrometriche

6.2 Modellazione geotecnica

La modellazione geotecnica è stata condotta sulla base dei risultati delle prove DPSH. A partire dai valori misurati sono stati stimati i seguenti parametri geotecnici, applicando una serie di correlazioni ritenute sufficientemente affidabili per i terreni in esame, che mettono in relazione il valore di $N'_{spt(60)}$ oppure $N1_{(60)}$ con il parametro geotecnico ricercato, tenendo conto della granulometria presunta dei terreni.

Le relazioni prese in considerazione sono:

- per il peso di volume $\gamma \rightarrow$ relazione proposta da Shioi & Fukui (1982);
- per la densità relativa $D_r \rightarrow$ relazioni proposte da Terzaghi e Peck (1967), Gibbs & Holz (1957), Meyerhof (1956);
- angolo di resistenza al taglio $f' \rightarrow$ relazioni proposte da Shioi & Fukui (1982), Peck, Hanson & Thornburn (1974), Meyerhof (1956);
- modulo elastico $E \rightarrow$ relazioni proposte da Navfac (1982) per terreni granulari fini, medi e grossolani.

Attraverso una stima ragionata e cautelativa dei risultati ottenuti è stato scelto il valore caratteristico di ogni parametro, ripetendo la valutazione per ognuna delle unità geotecniche rilevate. I parametri scelti sono indicati nel modello geotecnico (Cfr. Paragrafo 6.3).

6.3 Modello geotecnico

Sulla base dei risultati delle prove condotte è stato sviluppato un modello geotecnico composto da n. 4 unità omogenee per caratteristiche geotecniche, come riportato nella sottostante *Tabella 3*.

A tale modello geotecnico ci si può riferire per il calcolo delle fondazioni superficiali.

MODELLO GEOTECNICO MEDIO								
Unità	Prof. (m)	Litologia prevalente	$N_{(60)}$ (c/p)	$N1_{(60)}$ (c/p)	g (kN/m ³)	Dr (%)	f' (°)	E (MPa)
UT1	0,0-2,7	sabbia limosa poco addensata	4	6	17,8	30	27	4
UT2	2,7-3,6	sabbia ghiaiosa med. addensata	8	10	18,1	50	31	10
UT3	3,6-5,0	sabbia limosa poco addensata	6	7	18,0	40	29	6
UT4	5,0-6,0	sabbia ghiaiosa med. addensata	15	15	18,6	60	34	18
Le profondità sono riferite al piano campagna delle prove								

Tabella 3: modello geotecnico

Conclusioni

Su incarico della Società Castello SGR S.p.a., con sede in Via Puccini 3 in Comune di Milano, GEOlogica, Studio professionale associato di Geologia, con sede legale in Via Ambrogio da Bollate 13 e uffici in Via Tito Speri 16, entrambi in Comune di Bollate (MI), ha predisposto la presente relazione geotecnica relativa alle opere di urbanizzazione connesse al progetto di riqualificazione urbanistica previsto per l'area ex "*Magneti Marelli*" di Viale Italia – Viale Marelli in Comune di Sesto San Giovanni (MI).

Secondo le informazioni fornite dalla Committente, l'intervento di riqualificazione urbanistica previsto per il sito ex "*Magneti Marelli*" prevederà, al termine delle attività di bonifica della matrice suolo/sottosuolo già in corso d'opera, l'edificazione di un nuovo studentato e, in corrispondenza delle aree esterne adiacenti al nuovo complesso residenziale, la realizzazione di opere pubbliche di urbanizzazione con l'inserimento di aree a verde, principalmente con arbusti e, ove possibile, con nuove alberature.

Il presente elaborato, pertanto, è finalizzato a definire i parametri geotecnici e sismici necessari per le future opere.

Per la caratterizzazione sismica sono state interpretate n. 2 indagini sismiche di tipo MASW e n. 4 prove penetrometriche di tipo DPSH, realizzate da altri Progettisti (Società P&P LMC di Seriate – BG), i cui dati sono stati condivisi dalla Committente.

Le predette indagini hanno permesso di identificare un modello sismico a 4 strati, di classificare il sottosuolo come appartenente alla categoria stratigrafica C, di classificare la morfologia del sito come appartenente alla categoria topografica T1.

I parametri sismici di progetto (allo stato limite SLV) risultano i seguenti:

- $A_{base} = 0,063 \text{ g}$;
- $A_{max} = 0,929 \text{ m/s}$;
- $F_0 = 2,669$;
- $T_c = 0,297 \text{ s}$;
- $k_h = 0,019$;
- $k_v = 0,009$.

Per quanto attiene la caratterizzazione geotecnica dei terreni, sono state condotte e interpretate n. 4 prove penetrometriche dinamiche DPSH.

Sulla base dei risultati delle prove condotte è stato sviluppato un modello geotecnico composto da 4 unità omogenee per caratteristiche geotecniche sintetizzate come segue:

- da 0,0 a 2,7 m, con $N_{(60)} = 4$ c/p e $N1_{(60)} = 6$ c/;
- da 2,7 a 3,6 m, con $N_{(60)} = 8$ c/p e $N1_{(60)} = 10$ c/p;
- da 3,6 a 5,0 m, con $N_{(60)} = 6$ c/p e $N1_{(60)} = 7$ c/p;
- da 5,0 a 6,0 m, con $N_{(60)} = 15$ c/p e $N1_{(60)} = 15$ c/p.

Applicando una serie di correlazioni note in letteratura con il valore di $N_{(60)}$ oppure $N1_{(60)}$ sono stati definiti i valori caratteristici dei principali parametri geotecnici dei terreni indagati, riportate in dettaglio nel capitolo dedicato al modello geotecnico (Cfr. Paragrafo § 6.3).

Si ricorda, infine, che la porzione più settentrionale delle opere di progetto ricade all'interno della presenza della Zona di Rispetto del pozzo pubblico n. 14; per tale motivo, pur ritenendo non vi siano vincoli alla realizzazione delle stesse, si prescrive comunque il rispetto delle prescrizioni della D. G. R. 10 aprile 2003 – n. 7/12693 in tema di salvaguardia delle acque sotterranee destinate al consumo umano.

Alla luce delle indagini condotte, si ritiene che l'intervento in esame sia fattibile sotto il profilo geologico, idrogeologico, sismico e geotecnico, fatto salvo il superamento delle verifiche di capacità portante e di cedimento, da eseguire applicando i parametri sismici e geotecnici qui definiti, i coefficienti di sicurezza indicati nelle NTC 2018, la geometria di fondazione ed i carichi agenti su di esse desunti dal progetto strutturale.

Bollate, luglio 2026

Dott. Geol. Luca M. Pizzi



CASTELLO

Via G. Puccini, 3

20121 Milano

VIALE ITALIA – VIA MARELLI IN COMUNE DI
SESTO SAN GIOVANNI, MILANO
RELAZIONE GEOTECNICA AI SENSI DEL D.M. 17 01 2018
PER LE OPERE DI URBANIZZAZIONE PREVISTE SULLE AREE
PUBBLICHE ADIACENTI AL NUOVO STUDENTATO



ALLEGATI

R1/0726/CGR/PRP/DLA/ssg/GET/PP | Luglio 2026





ALLEGATO 1

4 CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO

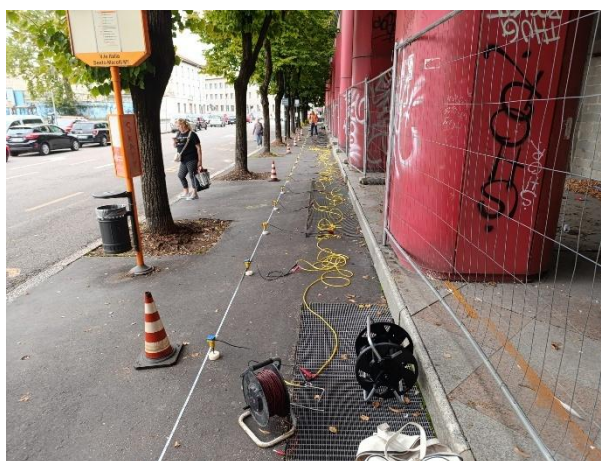
Durante la campagna d'indagini sono state effettuate due indagini sismiche di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) e sette prove penetrometriche dinamiche.

4.1 INDAGINE SISMICA MASW

L'indagine sismica di tipo MASW è finalizzata alla determinazione dei parametri sismici del terreno. Scopo principale dell'indagine è stato quello di caratterizzare il terreno tramite l'analisi del parametro fisico della velocità sismica delle onde superficiali nei primi 30 m di substrato, avendo come obiettivi:

- caratterizzazione sismica del substrato investigato;
- calcolo del parametro di V_{s30} lungo i profili.

Le tecniche per la determinazione della velocità delle onde sismiche di taglio sono diverse e si distinguono principalmente tra tecniche di tipo diretto o indiretto e tra tecniche di tipo attivo e di tipo passivo (l'indagine sismica MASW è un'indagine di tipo indiretto attivo). Nessuna tecnica è in grado di garantire la completa affidabilità nella determinazione dei parametri dei terreni presenti nel sottosuolo. Occorre pertanto appoggiarsi ad informazioni di tipo stratigrafico per poter interpretare correttamente le informazioni deducibili dall'interpretazione dei dati delle campagne d'indagine.



Stendimento dei n. 24 geofoni di misura e fase di energizzazione

La tabella seguente sintetizza le principali caratteristiche delle indagini sismiche MASW condotte.

Profilo sismico	Lunghezza stendimento* (m)	Distanza intergeofonica (m)	Record length (s)	Sample interval (ms)
MASW-1	46	2	1	0.256
MASW-2	46	2	1	0.256

*La lunghezza è riferita ai metri coperti dai geofoni impiegati e non considera le energizzazioni effettuate al di fuori degli stessi

Di seguito viene elencata la strumentazione utilizzata per l'esecuzione dell'indagine sismica.

Strumentazione	Quantità
Sismografo Echo 24/2010 24 canali - 24 bit	1
Cavo multipolare	2
Geofoni 4,5 Hz	24
Hammer switch	1
Mazza strumentata da 7 Kg	1

4.1.1 Ubicazione della prova

Con riferimento al piano di indagine in allegato, gli stendimenti, di lunghezza pari a 46 metri, sono stati collocati sui marciapiedi all'esterno dell'edificio, in viale Italia e via Marelli.

Indicazione della linea di stendimento dell'indagine sismica Masw

IDENTIFICATIVO PROVA	COORDINATE PRIMO GEOFONO	
	Latitudine	Longitudine
MASW-1	45°31'29.49"N	9°13'45.42"E
MASW-2	45°31'29.91"N	9°13'42.77"E

4.1.2 Riferimenti teorici per la classificazione del suolo di fondazione

La recente normativa nazionale in materia di Norme Tecniche delle Costruzioni subentrata nell'ottobre 2005 all'Ordinanza 3274 del Presidente del Consiglio dei Ministri, e più recentemente aggiornata nel gennaio 2018, ha introdotto tra l'altro una nuova normativa tecnica in materia di progettazione antisismica. La nuova normativa nazionale introduce una classificazione dei suoli per la definizione dell'azione sismica di progetto. Tale classificazione distingue tra cinque categorie principali, suddivise dalla A alla E.

Categoria A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da **valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s**, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

Categoria B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da **valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s**.

Categoria C: Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un

miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da **valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s**.

Categoria D: Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da **valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s**.

Categoria E: Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30m.

La classificazione si basa principalmente sulla conoscenza del valore della velocità equivalente. Per calcolare la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio si utilizza la seguente relazione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

dove N è il numero di strati, ciascuno caratterizzato da uno spessore $h(strato)$ e dalla velocità delle onde $S V_s(strato)$. Per H si intende la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro V_{s30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

La determinazione del valore delle onde di taglio negli strati superficiali, insieme ad una dettagliata ricostruzione stratigrafica del sottosuolo, è ritenuta fondamentale per valutare sia gli effetti legati allo scuotimento indotto dal sisma sul terreno (fenomeni di liquefazione, fenomeni di dilatanza o di addensamento, instabilità di versanti, collasso di cavità sotterranee) che la conseguente risposta del sottosuolo (fenomeni di amplificazione sismica legati sia ad effetti morfologici che litologici, presenza di faglie attive).

4.1.3 Analisi dei risultati ottenuti nell'ambito dell'indagine MASW

Nel caso specifico, relativamente alle indagini MASW condotte vengono di seguito riportate:

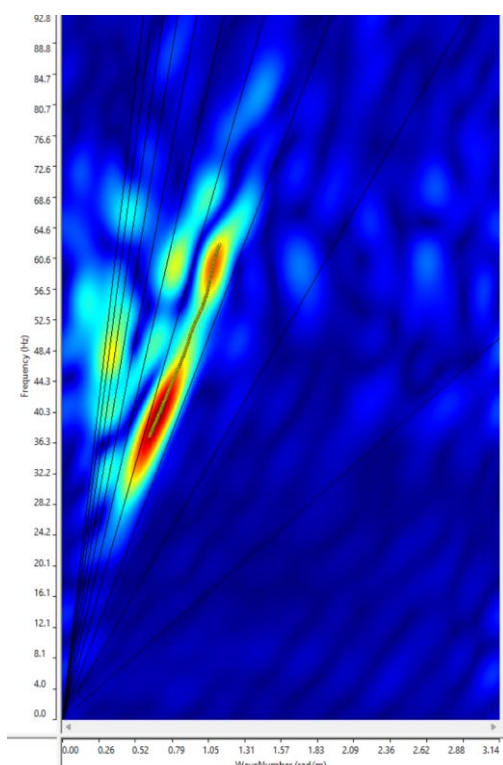
- lo spettro nel dominio $f - k$ di potenza e picking manuale della curva di dispersione;
- una tabella riportante lo spessore dei vari strati ed i relativi valori di V_s al variare della profondità di indagine;
- il profilo del modello sintetico utilizzato per approssimare la curva di dispersione sperimentale a quella calcolata.

L'indagine MASW, pur con l'approssimazione congenita del metodo, consente di approfondire le informazioni sul modello stratigrafico del sito in esame. In particolare, l'analisi delle onde superficiali è in grado di definire una stratificazione anche all'interno del terreno. Si ricorda infine che l'eventuale

presenza di informazioni di tipo stratigrafico potrebbe consentire di affinare ulteriormente la modellazione, per meglio interpretare le informazioni deducibili dall'analisi dei dati della presente campagna d'indagine.

Considerando le velocità Vs30 calcolate, si può definire il suolo di fondazione indagato come di **tipo B**: “Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.”.

4.1.3.1 MASW-1

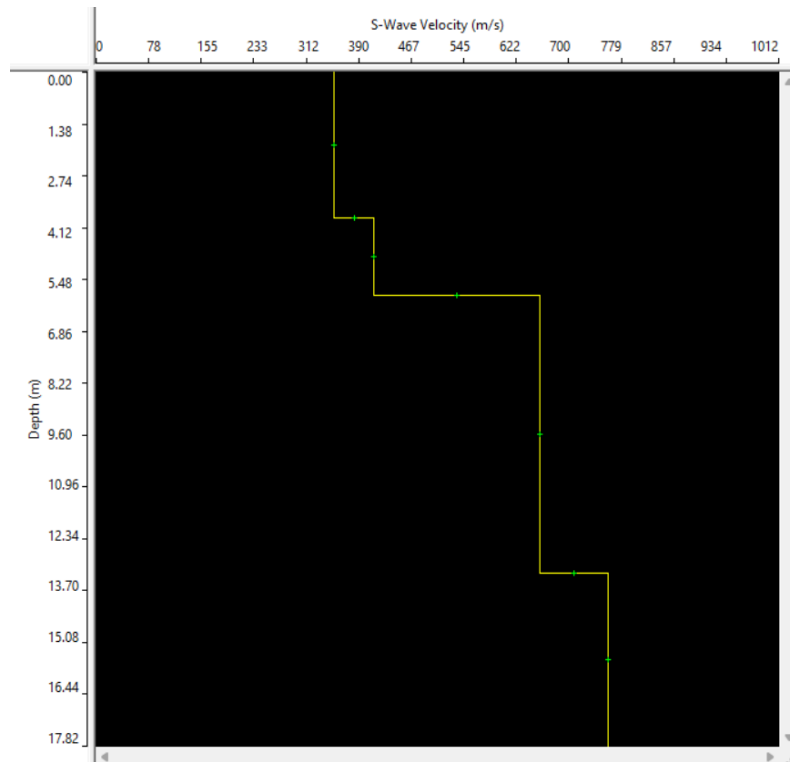


Spettro di potenza e picking manuale della curva di dispersione

Strato	Prof. [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
1	0,00	3,85	353
2	3,85	2,03	412
3	5,89	7,35	657
4	13,24	Inf.	758

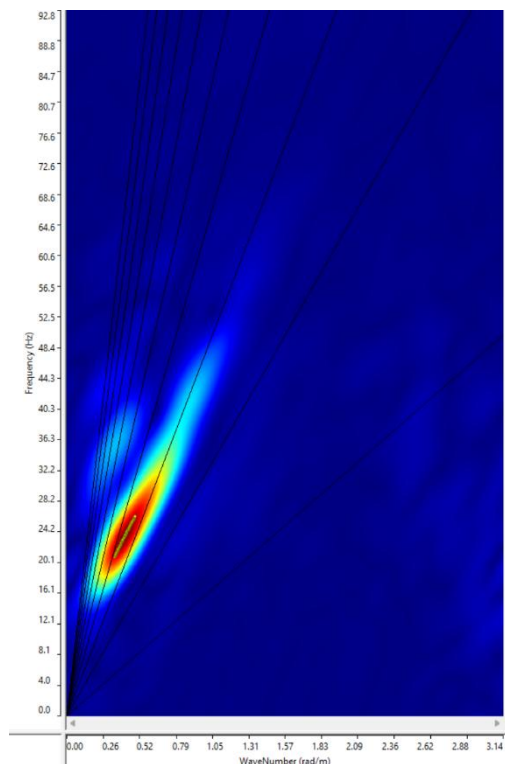
Tabella dei valori di velocità delle onde S (Vs) in funzione dello spessore degli strati riscontrati

Per quanto riguarda l'area in esame i risultati ottenuti mostrano un valore di riferimento di Vs30 pari a **610 m/s**.



Profilo del modello sintetico di calcolo

4.1.3.2 MASW-2

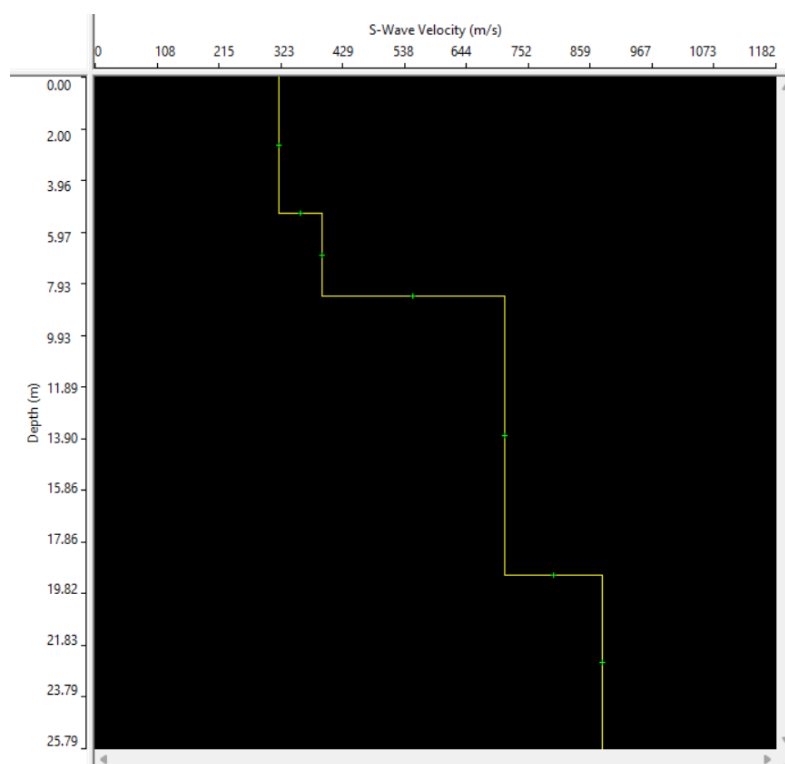


Spettro di potenza e picking manuale della curva di dispersione

Strato	Prof. [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
1	0,00	5,23	319
2	5,23	3,19	394
3	8,42	10,73	711
4	19,15	Inf.	881

Tabella dei valori di velocità delle onde S (Vs) in funzione dello spessore degli strati riscontrati

Per quanto riguarda l'area in esame i risultati ottenuti mostrano un valore di riferimento di Vs30 pari a **578 m/s** .



Profilo del modello sintetico di calcolo



ALLEGATO 2

Rif.: 260625

ALLEGATO 3

RAPPORTO DI PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

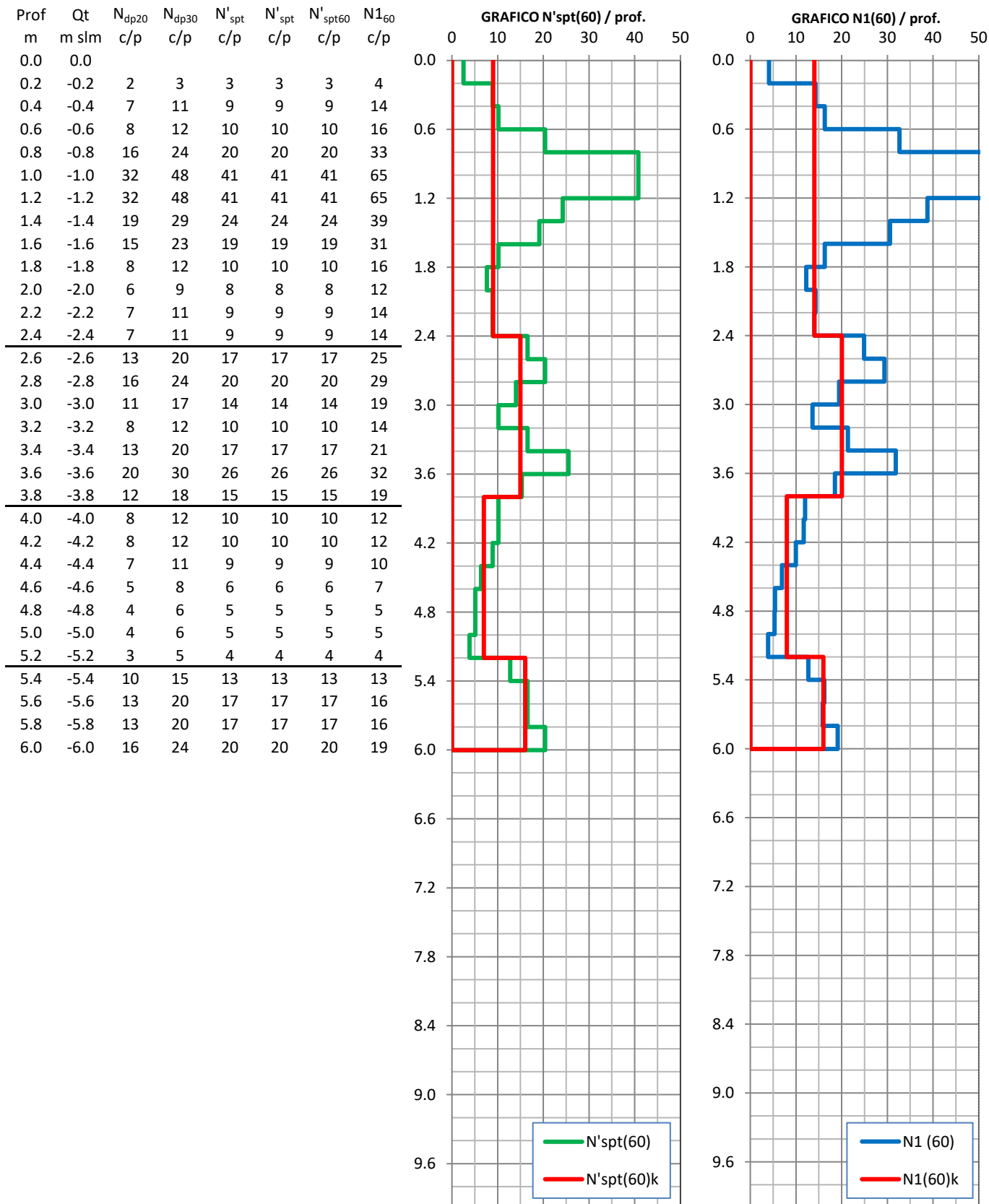
Rif.: 260625

dps h 1

Comune Sesto San Giovanni
Cantiere Viale Italia / Viale Marelli

Massa del maglio (kg) 63.5
Altezza di caduta (cm) 75
Diametro del cono (cm) 5.1
Prof. di infissione (cm) 20

Quota di riferimento (m slm) 0.0
Quota piano di prova (m slm) 0.0
Quota della falda (m slm) 10.0
Correzione per punta chiusa (-) 0.85
Correzione per terreni fini saturi (-) no
Correzione per energia (-) 1.00



RAPPORTO DI PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

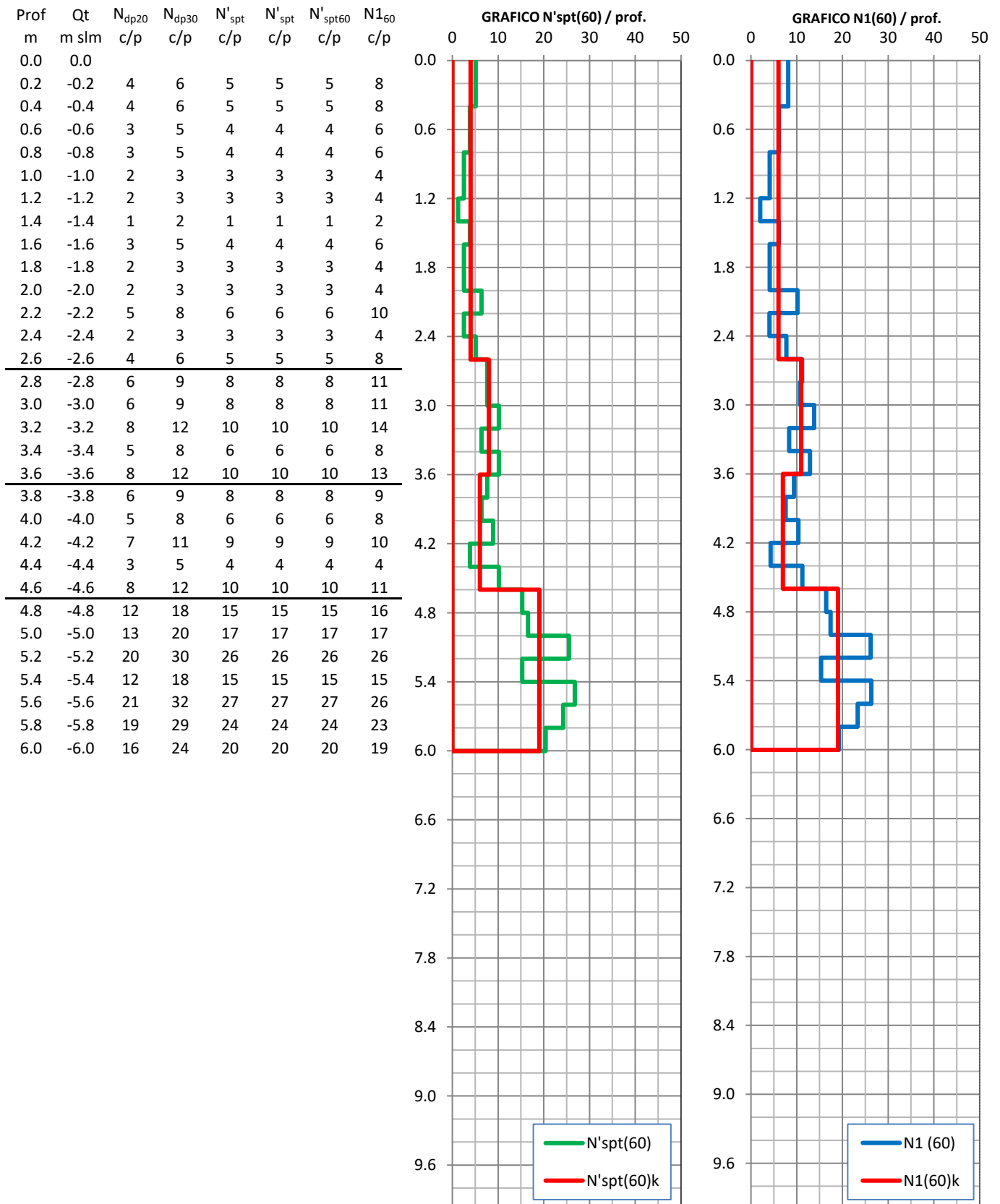
Rif.: 260625

dpsh 2

Comune Sesto San Giovanni
Cantiere Viale Italia / Viale Marelli

Massa del maglio (kg) 63.5
Altezza di caduta (cm) 75
Diametro del cono (cm) 5.1
Prof. di infissione (cm) 20

Quota di riferimento (m slm) 0.0
Quota piano di prova (m slm) 0.0
Quota della falda (m slm) 10.0
Correzione per punta chiusa (-) 0.85
Correzione per terreni fini saturi (-) no
Correzione per energia (-) 1.00



RAPPORTO DI PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Rif.: 260625

dpsh 3

Comune Sesto San Giovanni

Cantiere Viale Italia / Viale Marelli

Massa del maglio (kg) 63.5

Altezza di caduta (cm) 75

Diametro del cono (cm) 5.1

Prof. di infissione (cm) 20

Quota di riferimento (m slm) 0.0

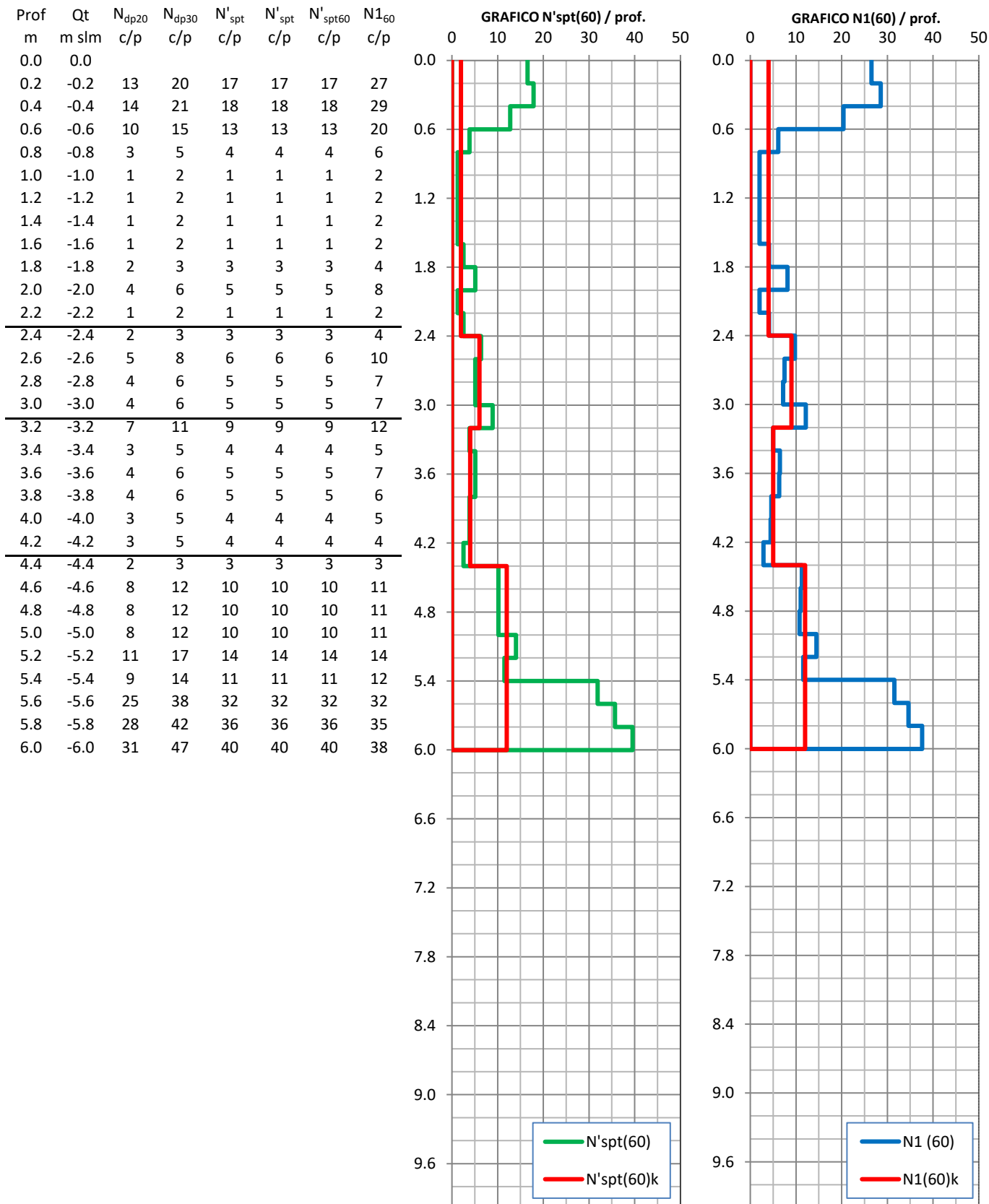
Quota piano di prova (m slm) 0.0

Quota della falda (m slm) 10.0

Correzione per punta chiusa (-) 0.85

Correzione per terreni fini saturi (-) no

Correzione per energia (-) 1.00



RAPPORTO DI PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Rif.: 260625

dpsh 5

Comune Sesto San Giovanni
Cantiere Viale Italia / Viale Marelli

Massa del maglio (kg) 63.5
Altezza di caduta (cm) 75
Diametro del cono (cm) 5.1
Prof. di infissione (cm) 20

Quota di riferimento (m slm) 0.0
Quota piano di prova (m slm) 0.0
Quota della falda (m slm) 10.0
Correzione per punta chiusa (-) 0.85
Correzione per terreni fini saturi (-) no
Correzione per energia (-) 1.00

