

Consulente geologo Dr. Cristiano Nericcio
Via Roma 92/6 - 21020 Mercallo VA

Tel. 338 3763998 – e mail cristiano.nericcio@virgilio.it

REGIONE LOMBARDIA – PROVINCIA DI MILANO

Comune di Milano

STUDI A SUPPORTO DEL PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE EDILIZIA DEL MERCATO
COMUNALE DI PIAZZA PREALPI

Mappale 37

Coordinate geografiche: 45°29'42.0"N 9°09'12.2"E

ELABORATO	<i>Relazione Geologica R1-R3 (ai sensi del D.M. 17/01/2018 e del D.G.R. IX/2616 del 30/11/2011) Relazione Geotecnica R2 Decreto 17-1-2018-aggiornamento norme tecniche per le costruzioni</i>
COMMITTENTE	SPETT.LE SO.GE.MI SPA
DATA	16/04/26

Il tecnico: Dott. Geol. Cristiano Nericcio



INDICE

Il tecnico: Dott. Geol. Cristiano Nericcio.....	1
INDICE.....	2
1. PREMESSA.....	3
1.1 Principali normative osservate.....	4
1.2 Vincoli.....	5
2. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEL SITO.....	8
2.1. Geomorfologia.....	8
2.2 Geologia.....	9
3. CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA E IDROGEOLOGICA DEL SITO.....	12
3.1 Idrografia.....	12
3.2 Idrogeologia.....	12
4. SISMICA.....	19
5. CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA PRELIMINARE DEL SITO.....	29
6. MODELLO LITOTECNICO LOCALE E PRESTAZIONI GEO-MECCANICHE.....	35
6.1 Modello litotecnico locale:.....	35
6.2 Prestazioni geo-meccaniche sedime di fondazione (resistenze verticali e carichi esercizio massimi):.....	36
7. CONCLUSIONI.....	38

1. PREMESSA

In seguito al colloquio avuto con l'egr.o arch. Corbellini Filippo, mi è stato affidato l'incarico per eseguire un'indagine geologica inerente un terreno in piazza Prealpi, nel territorio comunale di Milano, dove s'intende procedere alla riqualificazione edilizia dello stabile ospitante il mercato comunale.

In relazione alla classe d'uso in presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le opere in progetto appartengono alla classe II vale a dire opere interessate da normali affollamenti con una vita nominale di 50 anni.

Pertanto la presente relazione valuta la compatibilità delle opere in progetto con le caratteristiche geomorfologiche, geologiche, idrografiche ed idrogeologiche locali suggerendo eventuali procedure correttive e/o adeguamenti alle intenzioni progettuali.



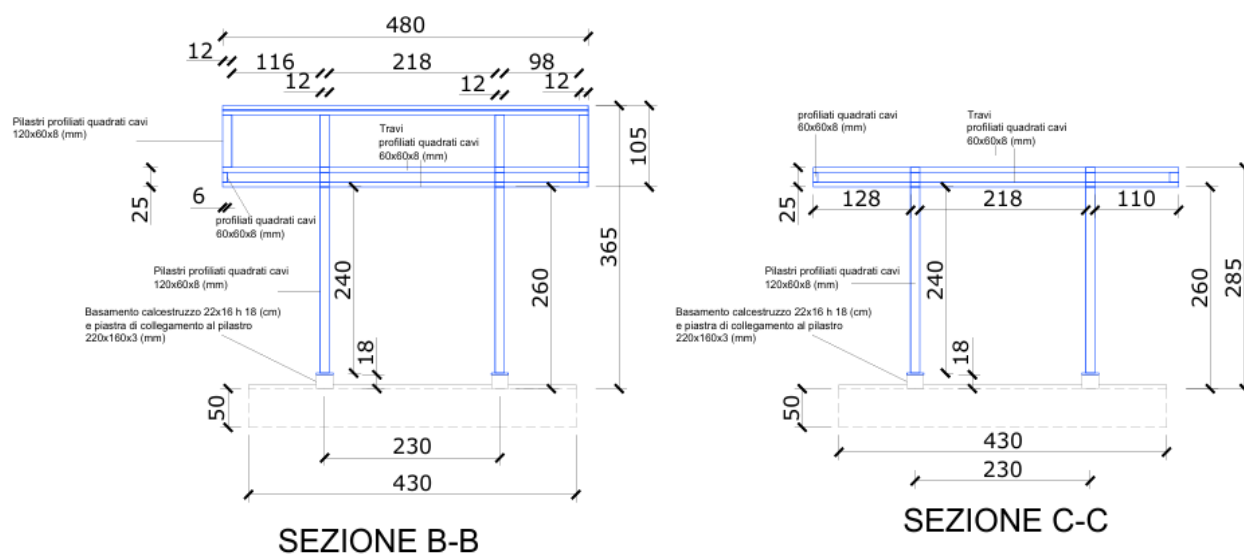
Corografia aerea



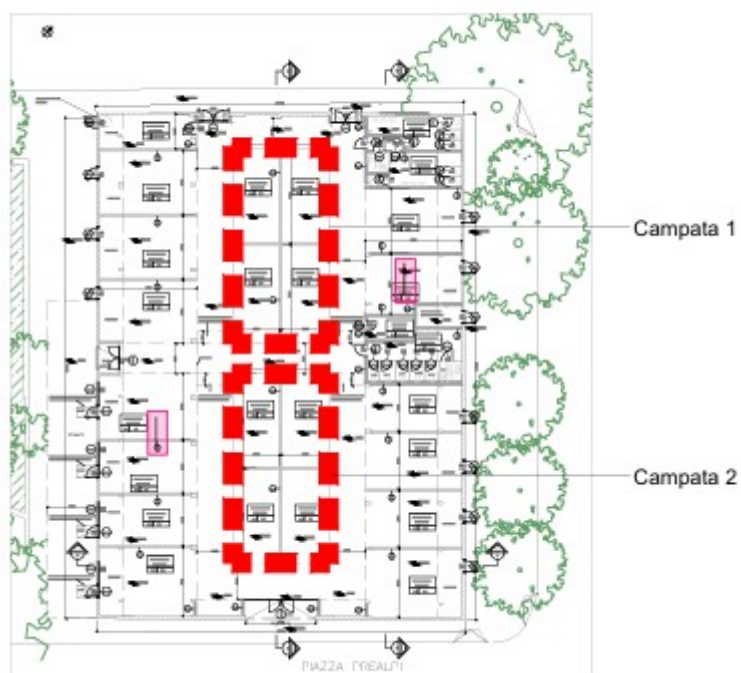
Stralcio della mappa catastale, fonte Agenzia delle Entrate



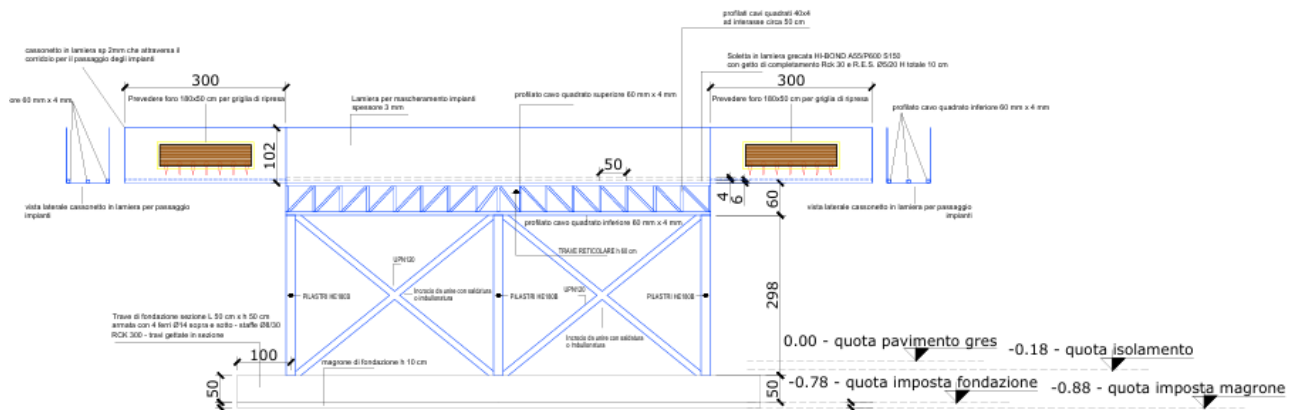
Ubicazione intervento 1



Sezioni progettuali



Ubicazione intervento 2



Sezione progettuale intervento 2

1.1 Principali normative osservate

Il presente documento è stato redatto seguendo gli estremi del:

Aggiornamento NTC 2018;

Circolare 617 del 2/02/09 Istruzioni per l'applicazione delle NTC di cui al D.M. 14/01/08;

D.M 14/01/08 Norme tecniche per le costruzioni;

D.Lgs. 3/4/2006 n. 152 Norme in materia ambientale;

D.P.R 328/01 Competenze in materia di indagini geognostiche dei geologi;

D.M. 16/01/96 Norme tecniche per le costruzioni in aree sismiche;

D.M. 11/3/1988 Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;

L.R. 27/05/1985 n. 62 Disciplina degli scarichi degli insediamenti civili e delle Pubbliche fognature – Tutela delle acque sotterranee dall'inquinamento, successivi e similari;

Delibera 4/02/1977 Criteri, metodologie e norme tecniche generali della legge 10/05/1976 n. 319 recante norme per la tutela delle acque dall'inquinamento, successivi e similari.

Di seguito si elencano per chiarezza d'esposizione gli acronimi citati in relazione:

L. Legge, D.Lgs. Decreto Legislativo, D.M. Decreto Ministeriale, D.P.R. Decreto del Presidente della Repubblica, p.c. piano campagna, SPT standard penetration test, SCPT standard cone penetration test, A.G.I. Associazione Geotecnica Italiana, DPHS Dinamic Penetrometer Super Heavy, PGT Piano di Governo del Territorio, q_{lim} portata limite, q_{amm} portata ammissibile.

1.2 Vincoli

Secondo la documentazione geologica consultata, allegata al PGT, nel settembre 2022, con aggiornamento a luglio 2023, l'area oggetto d'indagine rientra in una classe di fattibilità geologica 2, che comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa.

Sotto l'aspetto geologico, le aree che rientrano in questa classe hanno morfologia pianeggiante e sono litologicamente costituite da depositi di natura sabbioso-ghiaiosa, con percentuali variabili di matrice limosa o limoso sabbiosa. Talvolta sono aree con presenza di terreni granulari/coesivi con mediocri caratteristiche geotecniche fino a 5-6 m circa di profondità; non sono invece presenti terreni con scadenti caratteristiche geotecniche o ambiti interessati da attività estrattive attive o dismesse.

Le aree hanno soggiacenza superiore a 5 m e non presentano quindi criticità legate a condizioni di falda superficiale o a emergenze idriche diffuse.

Rispetto alla pericolosità idraulica, si tratta di aree che o non sono coinvolte da fenomeni di inondazione a carico del reticolo idrografico, come quella in esame, o che sono potenzialmente inondabili per eventi eccezionali che hanno probabilità di accadimento molto bassa. In dettaglio:

- torrenti Seveso, Garbogera, Pudiga e Guisa: aree con pericolosità P1; aree con pericolosità P2 e $h < 0,3$ m; aree con pericolosità P1 del PGRA;
- fiume Lambro: aree con pericolosità P1 e $h < 0,3$ m; aree nella fascia C del PAI; aree con pericolosità P1 del PGRA.

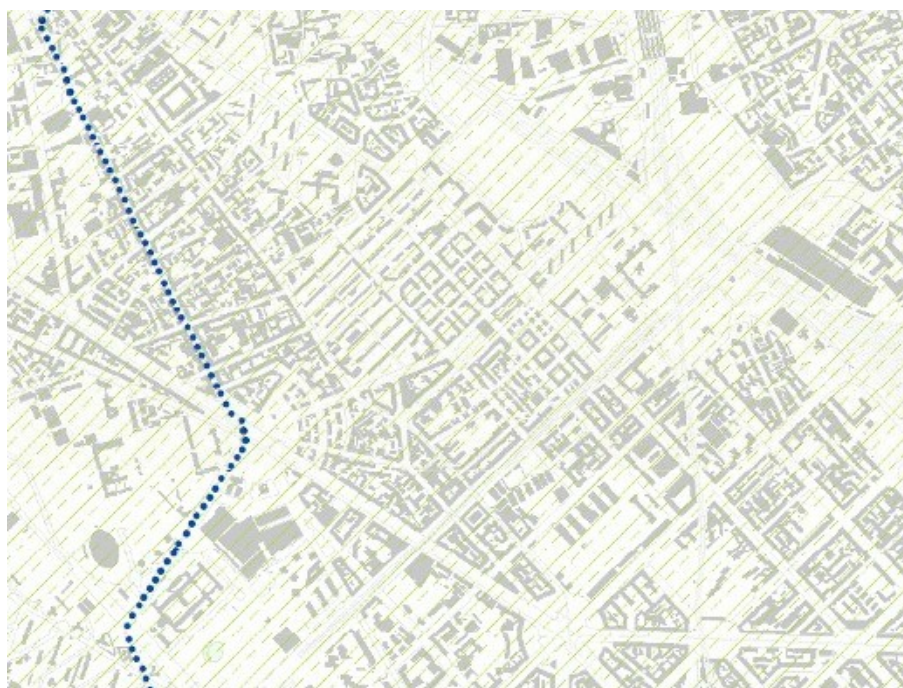
Si tratta di aree nelle quali, in generale, sono ammissibili tutte le categorie di opere edificatorie. Alcune prescrizioni specifiche riguardano unicamente i vani interrati e seminterrati.

In particolare, la realizzazione e la modifica dei vani interrati e seminterrati, purché dotati di collettamento delle acque di scarico, che interferiscono con il livello della falda, è ammessa a condizione che vengano provvisti di sistemi di auto protezione. Gli scarichi delle acque superficiali e derivanti dal pompaggio delle acque sotterranee, anche in condizioni climatiche ed idrologiche avverse, devono essere comunque compatibili con la normativa regionale sull'invarianza idrologica e idraulica.

E' vietata per contro la realizzazione e la modifica dei vani interrati e seminterrati che interferiscono con il livello della falda da adibire ad uso produttivo, nel caso prevedano attività che comportano l'utilizzo o lo stoccaggio di sostanze pericolose/insalubri.

Qualora nell'ambito della predisposizione del progetto urbanistico o edilizio, si ritenga comunque di quantificare il grado di rischio tenendo in considerazione anche i prevedibili scenari di allagamento, e di definire le eventuali misure di mitigazione, l'Amministrazione Comunale mette a disposizione i risultati delle analisi idrauliche di dettaglio condotte nell'ambito del PGT, in grado di fornire i valori puntuali delle altezze idriche massime e delle velocità di corrente massime per i diversi tempi di ritorno, da utilizzare come riferimento di base per le relazioni/verifiche di compatibilità.

In queste aree occorre infine ottemperare a quanto previsto nelle N.T.C. 2018.



FATTIBILITA' GEOLOGICA E IDRAULICA

Classi di fattibilità geologica



Classe II - Fattibilità con modeste limitazioni

Acque superficiali

Tombinato



Reticolo idrografico

Stralcio della carta di fattibilità geologica e idraulica, fonte PGT, scala 1:20.000

2. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

2.1. Geomorfologia

Gli elementi geomorfologici nel territorio comunale sono connessi alle fasi erosionali di ambiente fluviale, pleistoceniche ed oloceniche, e, soprattutto, alle modifiche apportate dall'attività antropica a partire dal XIII secolo.

Il territorio risulta prevalentemente sub-pianeggiante; si riconoscono orli di terrazzo nel settore nord-occidentale (Parco delle Groane) lungo il corso del Lambro e nella zona meridionale del territorio comunale.

Nel dettaglio, l'intervento in progetto s'intesterà alla quota di circa 130,5 m slm, in un settore pianeggiante appartenente alla media pianura idromorfa.

In un intorno significativo del sito indagato non sono presenti allo stato attuale fenomeni geomorfologici in atto tali da lasciar supporre future rapide evoluzioni territoriali.

Il sito in esame è situato nel settore nord-occidentale dell'abitato di Milano, in un'area ad intensa urbanizzazione di tipo residenziale e commerciale.



Stralcio della carta geomorfologica, fonte PGT, scala 1:10.000

ELEMENTI GEOMORFOLOGICI AREALI

Sottoambiti geomorfologici



Media pianura idromorfa

Attività antropiche



Terreno di riporto generico

ELEMENTI GEOMORFOLOGICI LINEARI

—139— Curve di livello (espresse in m. s.l.m.)

RETICOLO IDROGRAFICO

..... Tombinato

Stralcio della carta geomorfologica, fonte PGT, scala 1:10.000

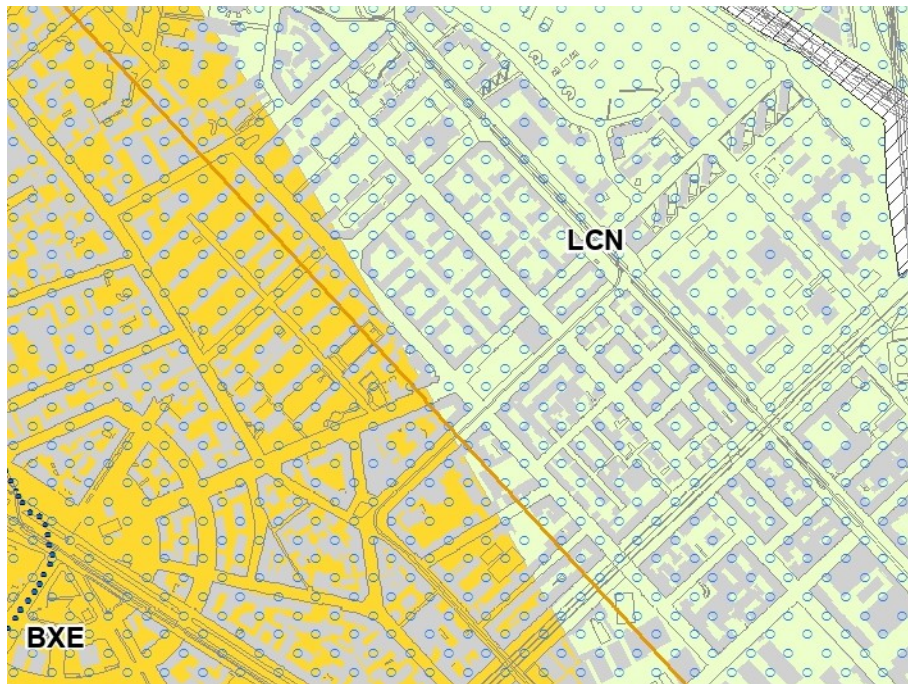
2.2 Geologia

Dal punto di vista più strettamente geologico, il territorio comunale è caratterizzato dalla presenza di depositi alluvionali legati all'attività dei corsi d'acqua del bacino Lambro, Seveso, Olona.

Dalla documentazione geologica di PGT si deduce che l'area indagata è costituita dai depositi appartenenti all'"Alloformazione di Cantù (LCN)", del tardo Pleistocene superiore.

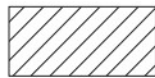
L'unità è costituita da depositi fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi che si differenziano per variazioni litologiche nelle sequenze sommitali.

Le ghiaie sono sempre caratterizzate da supporto clastico, matrice sabbiosa o sabbioso limosa e clasti arrotondati/subarrotondati, in prevalenza centimetrici.



GEOLOGIA

Coperture quaternarie



Terreno di riporto generico



LCN - Alloformazione di Cantu'



BXE - Unità di Bulgarograsso (ex Porto d'Adda Superiore BPs)



Sezioni Geologiche

Litologia superficiale



deposito alluvionale a ghiaie prevalenti

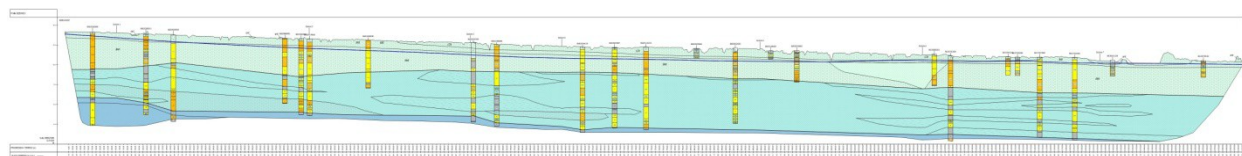
RETICOLO IDROGRAFICO



Tombinato

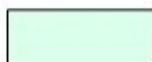
Stralcio della carta geologica, fonte PGT, scala 1:10.000

Di seguito si riporta la sezione n. 09 che passa a SW del sito in esame.



LEGENDA

SUCCESSIONE QUATERNARIA CONTINENTALE



SUPERSISTEMA LOMBARDO SUPERIORE :

- **ant** - Terreni di riporto generici
ATTUALE
- **POI** - **Sistema del Po** - Ghiaie a supporto clastico e di matrice; sabbie, limi e limi debolmente argillosi (depositi fluvio-glaciali)
PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE

SUPERSISTEMA DEI LANGHI

- **LCN** - **Sistema di Cantù** - Ghiaie a prevalente supporto clastico, con matrice sabbiosa; sabbie, sabbie limose, limi sabbiosi argillosi massivi (depositi fluvio-glaciali)
PLEISTOCENE SUPERIORE
- **LCN4** - **Subsistema di Ronchetto delle Rane** - Sabbie e sabbie limose, da massime a laminare; limi e limi argillosi massivi (depositi fluvio-glaciali a bassa energia)
PLEISTOCENE SUPERIORE

SUPERSISTEMA DI BESNATE

- **BXE** - **Unità di Bulgarograsso** - Ghiaie a prevalente supporto clastico; matrice sabbiosa o sabbioso limosa (depositi fluvio-glaciali)
PLEISTOCENE MEDIO - PLEISTOCENE SUPERIORE
- **BIM** - **Unità di Minoprio** - Ghiaie a supporto clastico e di matrice; matrice sabbiosa e sabbioso limosa; limi ghiaiosi; sabbie, sabbie limose e limi (depositi fluvio-glaciali)
PLEISTOCENE MEDIO - PLEISTOCENE SUPERIORE
- **BEZ** - **Unità di Guanzate** - Ghiaie a supporto clastico, con matrice sabbiosa o sabbioso limosa (depositi fluvio-glaciali)
PLEISTOCENE MEDIO



SUPERSISTEMA LOMBARDO INFERIORE

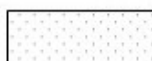


SUPERSISTEMA PADANO

LITOLOGIE PREVALENTI



Ghiaia



Sabbia



Argilla

SONDAGGI

CODICE REGIONALE



Ghiaia

Sabbia

Argilla

FALDA FREATICA

— Livello piezometrico

3. CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA E IDROGEOLOGICA DEL SITO

3.1 Idrografia

Il reticolo idrografico principale del territorio comunale comprende il fiume Lambro Meridionale, il torrente Garbogera, il fiume Lambro, il torrente Nirone o delle Baragge o delle Bareggie, il fiume Olona, il torrente Pudiga o Lombra o Mussa, il cavo Redefossi, il canale Derivatore Olona e il torrente Seveso.

Il reticolo minore è costituito da 66 corsi d'acqua.

Esistono inoltre un reticolo idrografico privato, costituito da 127 corsi d'acqua, e un reticolo idrografico di bonifica (RIB), costituito da 25 canali.

Non sono presenti in un intorno significativo dell'area indagata corpi idrici superficiali tali da coinvolgerla con le relative dinamiche idrauliche quali esondazioni e/o erosioni di sponda: il corso d'acqua più prossimo al sito di intervento è il torrente Pudiga, che scorre intubato ad una distanza di circa 605 m a SW.

3.2 Idrogeologia

La piezometria riportata nel PGT è stata elaborata considerando come valore di riferimento quello massimo, scelto tra il massimo assoluto tra i valori misurati nel periodo 2009-2018 e la media dei valori massimi annui registrati nello stesso periodo, incrementato della variazione presumibile del livello piezometrico in un arco di 10 anni.

In base a tale elaborazione l'area oggetto di intervento, che s'intesta alla quota media di circa 130,5 m slm, risulta attraversata dall'isopieza 117 m slm.

La direzione di flusso della falda in questo settore risulta verso SSE.

La soggiacenza risulta quindi di circa 13,5 m, come confermato anche dalla carta della soggiacenza e degli spessori di sabbie in falda del PGT, che fa rientrare il settore di intervento nella fascia compresa tra i 12,5 e i 15 m.

In corrispondenza del sito di intervento è presente un piezometro utilizzato per le elaborazioni.

Sono state quindi considerate le freatimetrie relative ai mesi di marzo e di settembre 2025 disponibili sul portale MM La Tua Acqua: la soggiacenza della falda in corrispondenza del piezometro di riferimento (evidenziato nelle carte allegate) risulta di 18,42 m da p.c. a marzo 2025 e di 16,97 m da p.c. a settembre 2025.

Le concentrazioni di riferimento per la bonifica (CRB) nel settore di intervento sono di 5,1 microgrammi/litro per quanto riguarda il tetracloroetilene (PCE) e di 1,5 microgrammi/litro per quanto riguarda il triclorometano (TCM).



GEOMORFOLOGIA

Andamento morfologico

——— Scarpate morfologiche

IDROGRAFIA

Acque superficiali

Tombinato

..... Reticolo idrografico

IDROGEOLOGIA

Pozzi

Norme in materia ambientale (DLgs n. 152/2006) e Direttive per la disciplina delle attività all'interno delle zone di rispetto (DGR n. 7/12693/2003 - Allegato 1)

• Pozzi acquedottistici

● Zona di tutela assoluta (10 m)



Aree di protezione (200 m, 60 m o criterio cronologico)

Stralcio della carta idrogeologica, fonte PGT, scala 1:20.000

PIEZOMETRIA

Piezometri

- Piezometri MM utilizzati per le elaborazioni

Linee isopiezometriche

—120— Isopiezometriche principali (ogni 5 m)

- - - Isopiezometriche ausiliarie (ogni 1 m)

Fasce di soggiacenza

 >10 m

INQUINAMENTO DIFFUSO

L'inquinamento diffuso è definito dal d.lgs. 152/2006 come la contaminazione o le alterazioni chimiche, fisiche o biologiche delle matrici ambientali determinate da fonti diffuse e non imputabili ad una singola origine. Tale tipologia di inquinamento è contraddistinta da concentrazioni di contaminanti di rilevanti estensioni territoriali e dall'assenza di sorgenti puntuali univocamente identificabili.

Le aree per l'inquinamento della falda acquifera da Tetracloroetilene e Triclorometano sono definite dal Decreto n. 5590 del 16/05/2017 RL Direzione Generale Ambiente, Energia e Sviluppo sostenibile.

Concentrazioni di riferimento per la bonifica (CRB). Valori in microgrammi/litro

Tetracloroetilene (PCE)

 5,1

 8,5

Triclorometano (TCM)

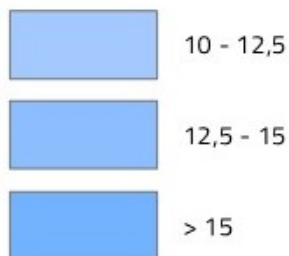
 1,5

Stralcio della carta idrogeologica, fonte PGT, scala 1:20.000



SOGGIACENZA DELLA FALDA FREATICA

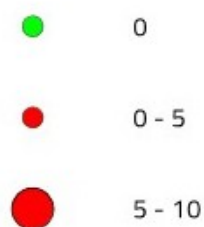
(espressa in m dal piano campagna)



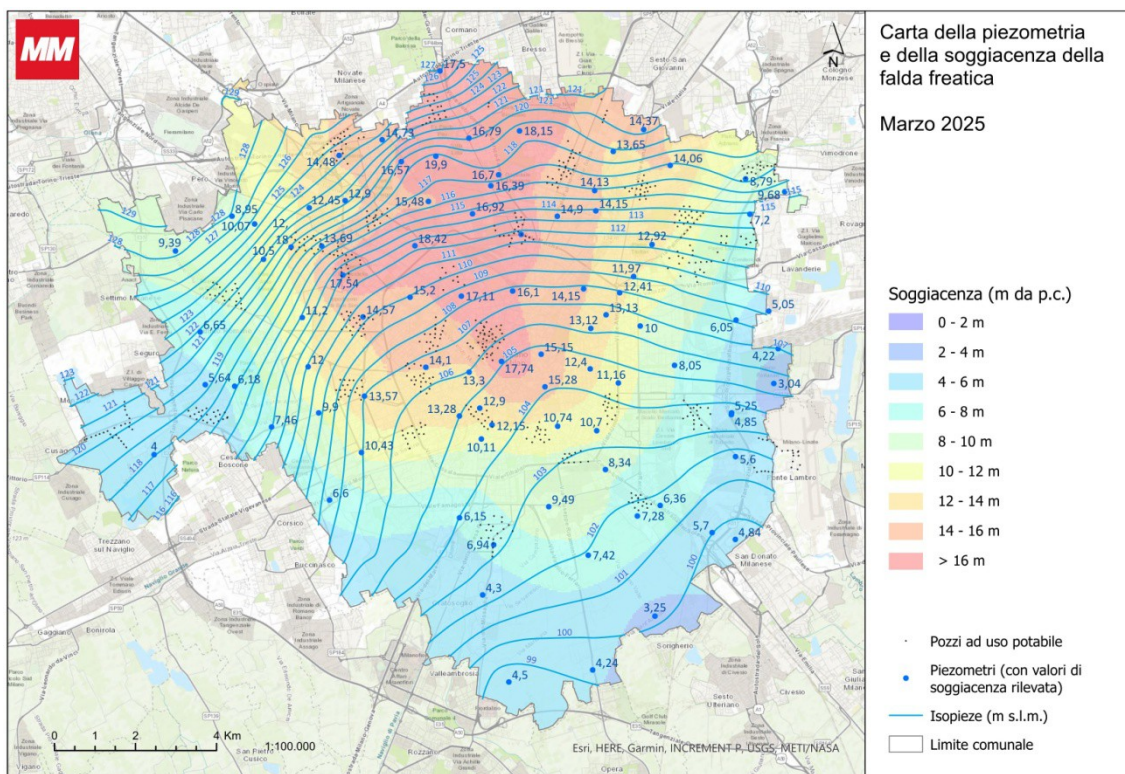
2,5 Linee di ugual soggiacenza (esprese in m da p.c.)

SPESSORE CUMULATO DELLE LITOLOGIE SABBIOSE IN FALDA

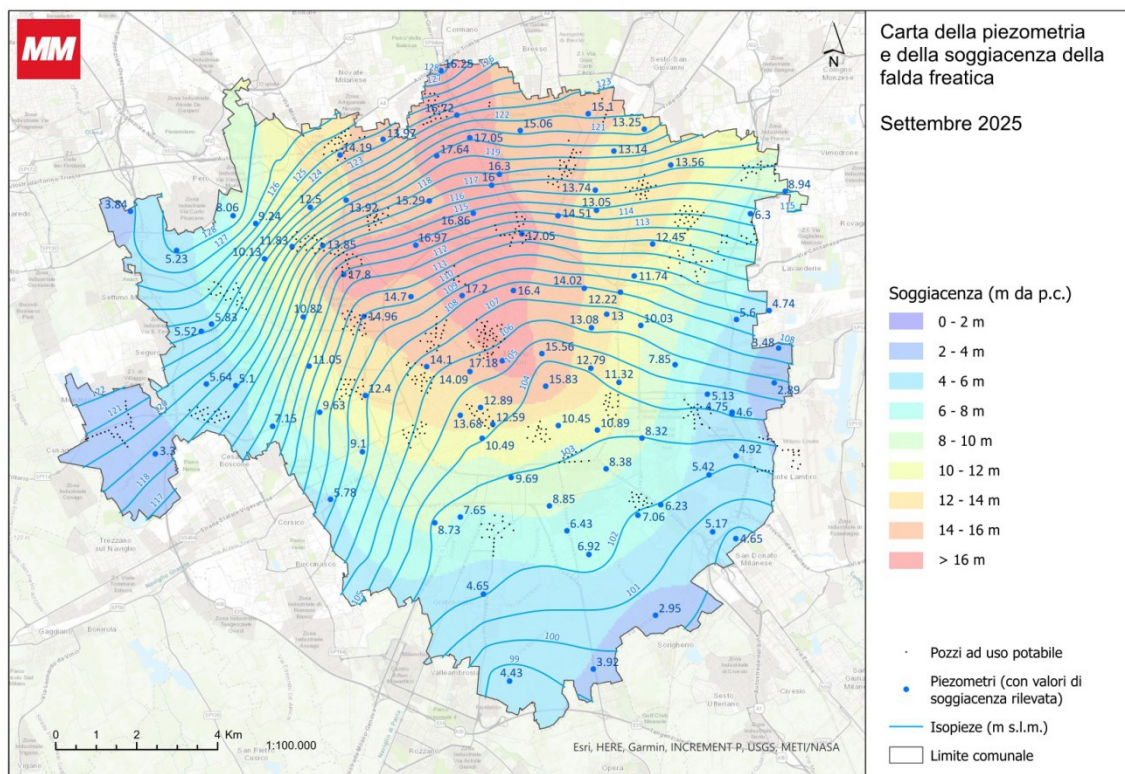
Variabilità degli spessori (espressi in m)



Stralcio della carta della soggiacenza e degli spessori di sabbie in falda, fonte PGT,
scala 1:20.000

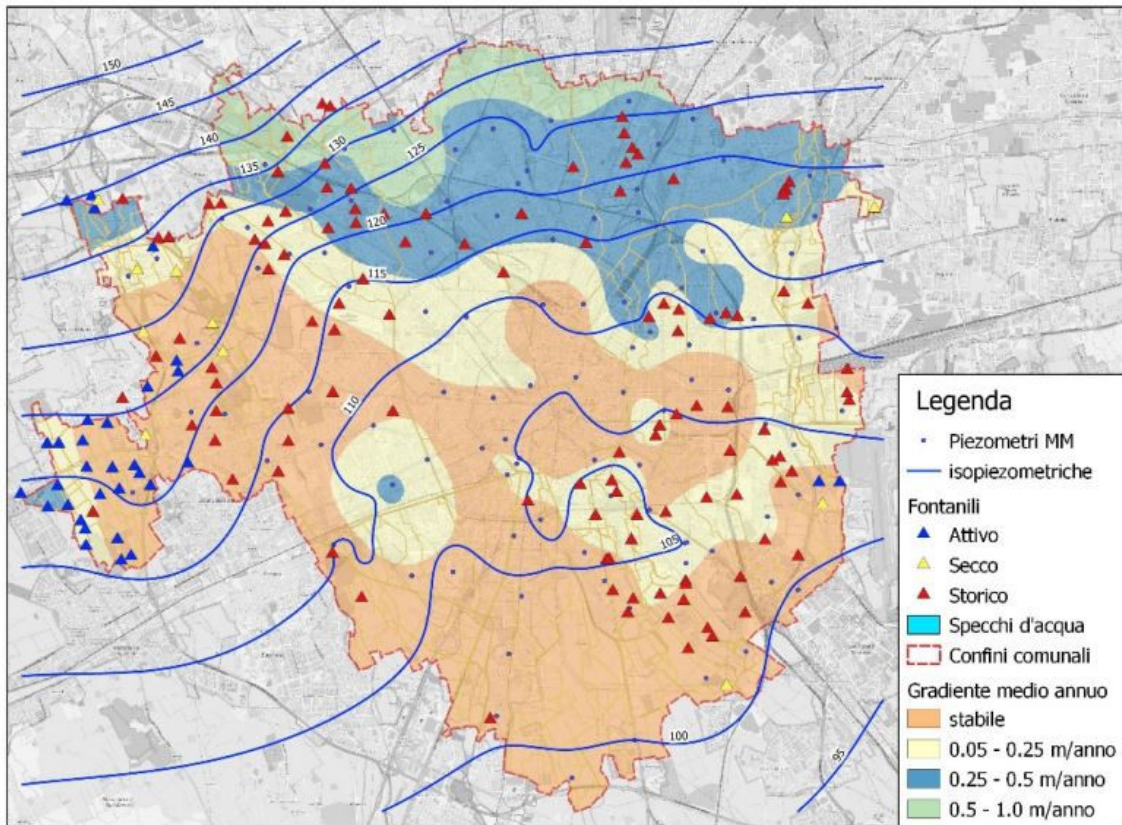


Carta della piezometria e della soggiacenza della falda freatica - marzo 2025,
fonte MM La Tua Acqua



Carta della piezometria e della soggiacenza della falda freatica - settembre 2025,
fonte MM La Tua Acqua

La figura seguente riporta l'andamento del gradiente medio annuo di evoluzione della falda. Si intende che valori positivi indicano una riduzione della soggiacenza ovvero una risalita del livello piezometrico. Si nota che la massima velocità di risalita si ha nell'area Nord, dove viceversa la soggiacenza è generalmente maggiore. Ove invece la falda è più superficiale per lo più i livelli sono stabilizzati.



Gradiente medio annuo di risalita della falda nel comune di Milano, fonte PGT

Ai terreni presenti in sito è attribuibile una permeabilità alta, k da 10^{-1} a 10^{-3} m/s.

k (m/s)	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}
GRADO DI PERMEABILITÀ	alto			medio		basso		molto basso		impermeabile		
DRENAGGIO	buono					povero			praticamente impermeabile			
TIPO DI TERRENO	ghiaia pulita		sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita			sabbia fine, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati			terreni impermeabili argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici			
						terreni impermeabili modificati dagli effetti della vegetazione e del tempo						

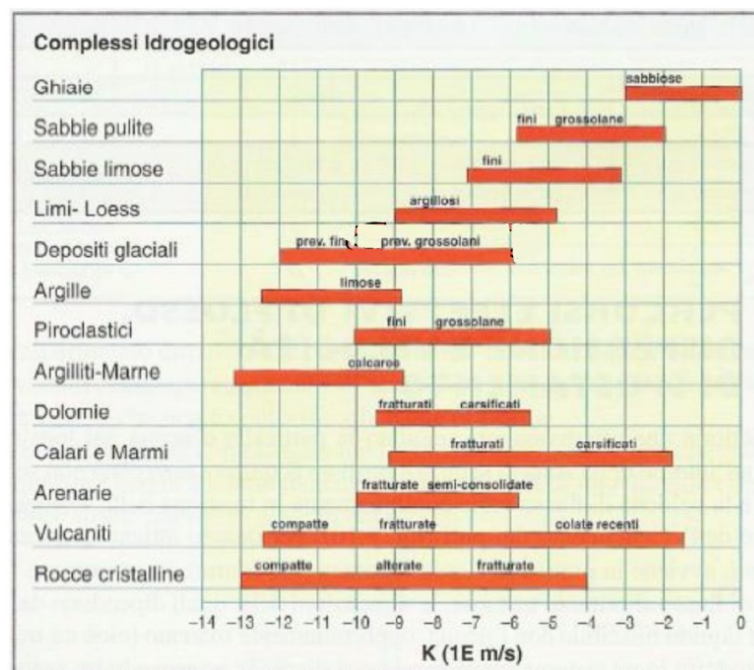
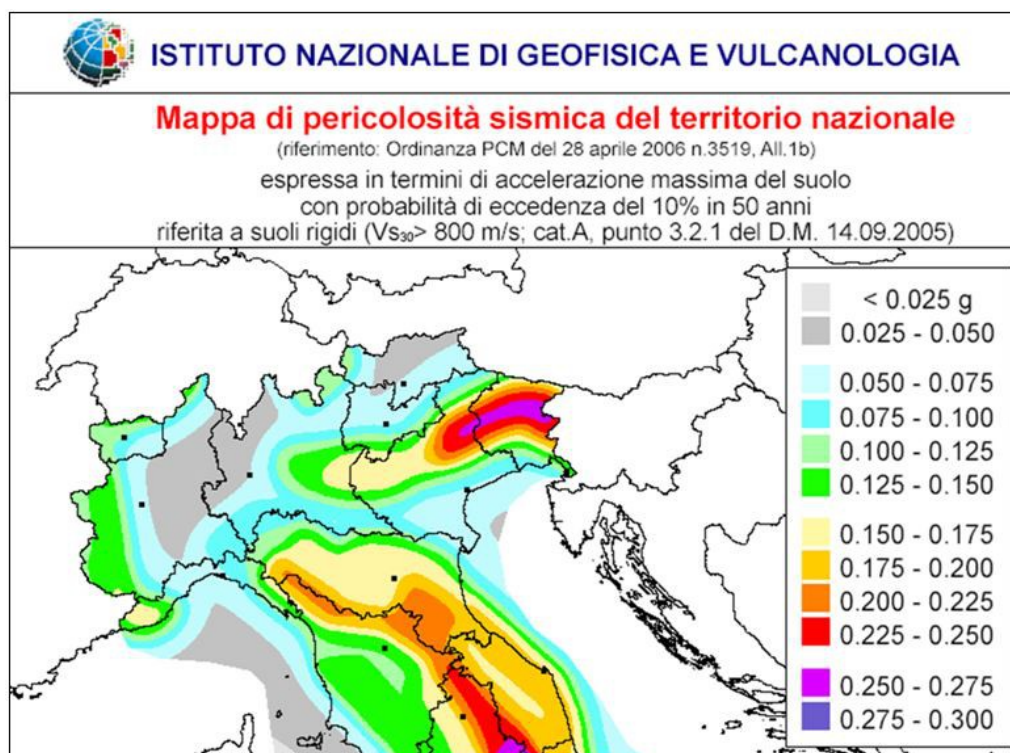


Tabelle correlazione tipo di terreno, permeabilità, drenaggio

4. SISMICA

Macrozonazione e segnali sismici

Con l'emanazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 28 aprile 2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" sono stati approvati i criteri generali e la mappa di pericolosità sismica di riferimento a scala nazionale (macro-zonazione) riportata in figura.

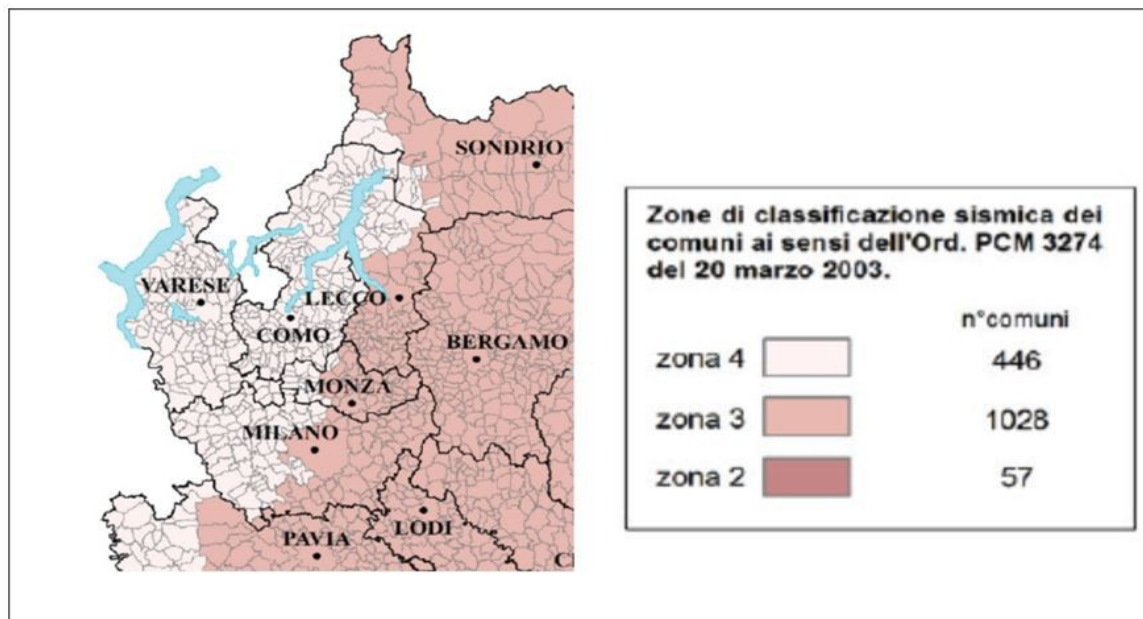


La mappa riportata rappresenta graficamente la pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo a_g , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferita ai suoli rigidi (*Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi* categoria A di cui al punto 3.2.1 del D.M. 14/09/05) caratterizzati da una velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio $V_{s30} > 800$ m/s.

Tale mappatura e i rispettivi valori di accelerazione massima si traducono in zone sismiche così suddivise dalla più gravosa:

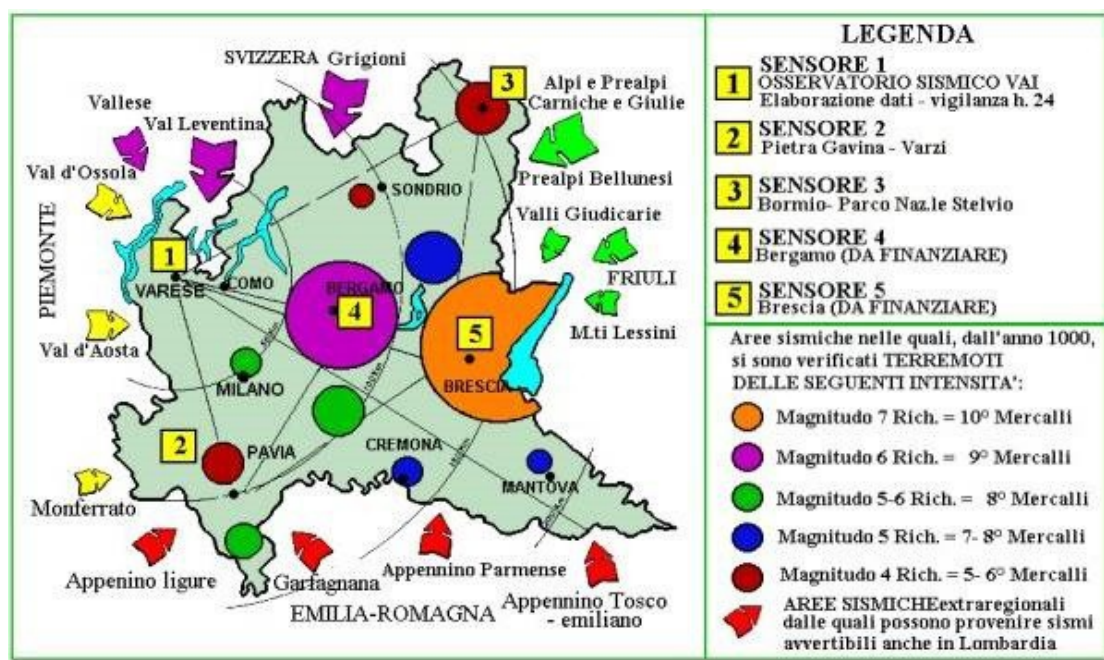
ZONA	ACCELERAZIONE CON PROBABILITA' DI SUPERAMENTO PARI A 10% IN 50 ANNI (m/s)
1	$0,25 < a_g < 0,35g$
2	$0,15 < a_g < 0,25g$
3	$0,05 < a_g \leq 0,15g$
4	$\leq 0,05g$

La regione Lombardia con la D.G.R. del 11 Luglio 2014 n. X/2129 "Aggiornamento delle zone sismiche in Lombardia" ha identificato quanto segue:



Considerato quanto sopra esposto si rileva che il territorio comunale di Milano rientra completamente in classe sismica terza (3).

Archivio segnali sismici



La carta soprastante illustra i principali terremoti storici dall'anno mille ad oggi in Lombardia e le zone sismogenetiche adiacenti da cui possono giungere terremoti risentiti dalla popolazione.

Liquefazione

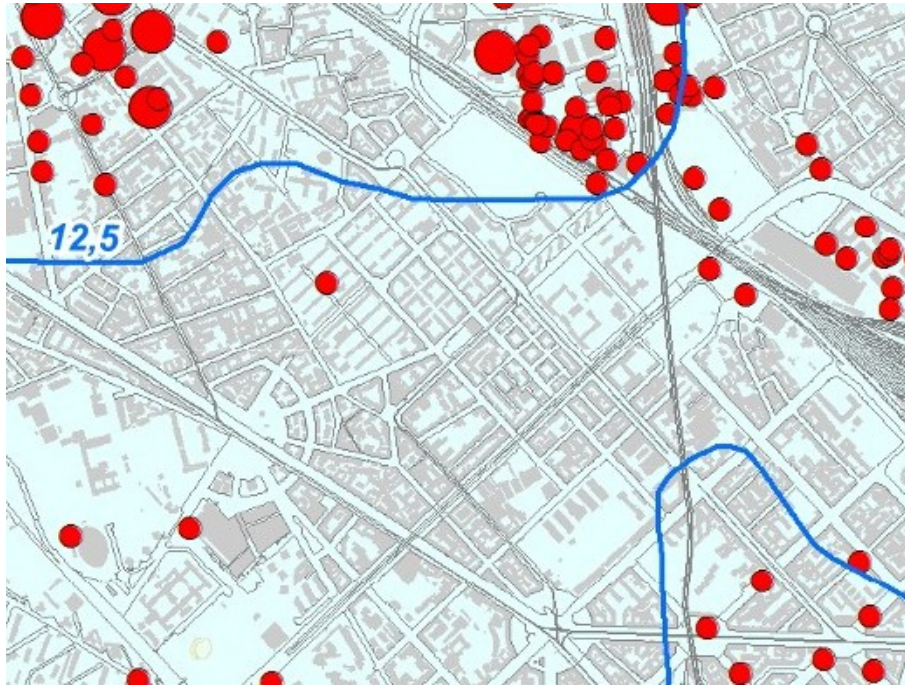
Il sito presso il quale è previsto l'intervento deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti cinque circostanze:

- 1) eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
- 2) accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;
- 3) profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- 4) depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ 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 qc_{1N} 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 specifica esterna al campo principale delle sabbie sia per terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ sia nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

In base alle caratteristiche stratigrafiche, sismiche ed idrogeologiche, il PGT fa rientrare il settore di intervento fra le aree in cui è improbabile lo sviluppo del fenomeno della liquefazione.



SOGGIACENZA DELLA FALDA FREATICA

— 2,5 — Linee di ugual soggiacenza (espresse in m da p.c.)

SPESSORE CUMULATO DELLE LITOLOGIE SABBIOSE IN FALDA

Variabilità degli spessori (espressi in m)

● 0 - 5

● 5 - 10

PERICOLO LIQUEFAZIONE

Area in cui le caratteristiche stratigrafiche, idrogeologiche e sismiche rendono improbabile lo sviluppo del fenomeno della liquefazione

Stralcio della carta della pericolosità da liquefazione, fonte PGT, scala 1:20.000

Inoltre, secondo la classificazione di Youd e Perkins (1978) che fornisce un'indicazione qualitativa della vulnerabilità alla liquefazione dei terreni in funzione dell'età e della loro origine, **la propensione alla liquefazione locale è bassa.**

Tipo deposito	Età del deposito			
	<500 anni	Olocene	Pleistocene	Pre-Pleistocene
Depositi continentali				
Canali fluviali	Molto alta	Alta	Bassa	Molto bassa
Pianure di esondazione	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Pianure e conoidi alluvionali	Moderata	Bassa	Bassa	Molto bassa
Spianate e terrazzi marini	----	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Deltaici	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Lacustri	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Colluvioni	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Scarpate	Bassa	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Dune	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Loess	Alta	Alta	Alta	Molto bassa
Glaciali	Bassa	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Tuff	Bassa	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Tephra	Alta	Alta	?	?
Terreni residuali	Bassa	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Sebkha	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Zone costiere				
Deltaici	Molto alta	Alta	Bassa	Molto bassa
Di estuario	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Di spiaggia con elevata energia delle onde	Moderata	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Di spiaggia con bassa energia delle onde	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Lagunari	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Litorali	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Riempimenti artificiali				
Non compattati	Molto alta	----	----	----
Compattati	Bassa	----	----	----

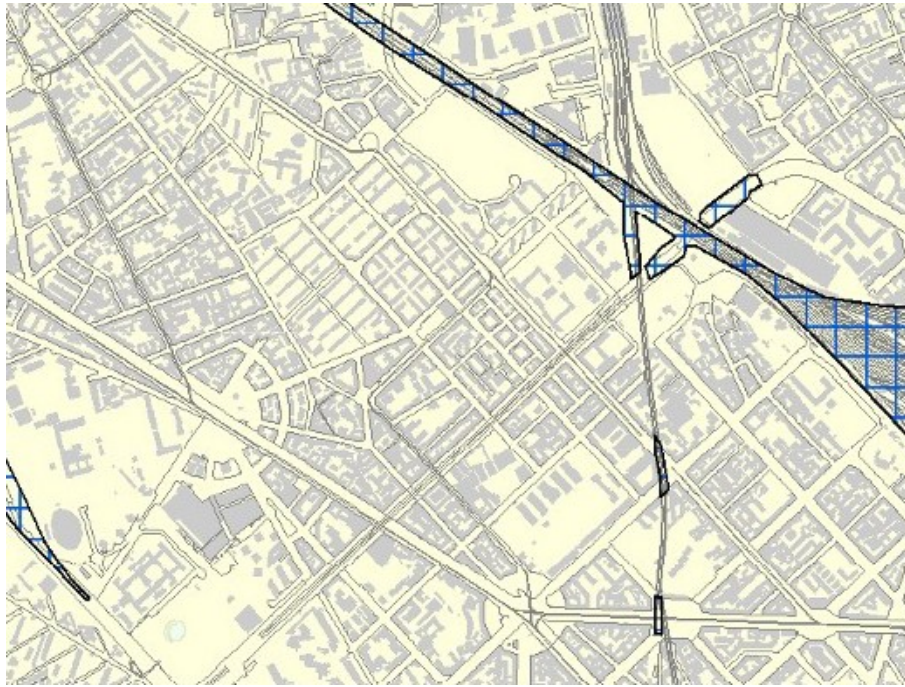
Tabella propensione alla liquefazione

Microzonazione sismica

La **microzonazione sismica** è una tecnica di analisi sismica di un territorio che ha lo scopo di riconoscere ad una scala sufficientemente piccola (scala comunale o sub comunale) le condizioni geologiche locali (zone di versante, terreni non consolidati, aree in frana, sedimenti liquefacibili, ecc) che possono alterare più o meno sensibilmente le caratteristiche del movimento sismico atteso e/o produrre deformazioni permanenti e critiche per le costruzioni e le infrastrutture in loco.

I passi per identificare la pericolosità sismica locale partono dall'individuazione di alcuni scenari di pericolosità sismica locale individuati alla scala di porzioni di territorio comunale per poi concentrarsi sulle peculiarità topografiche e litologiche del sito.

In base agli elaborati del PGT, il sito di intervento rientra in uno scenario Z4a.



SCENARIO DI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Descrizione delle aree e i relativi effetti



Z2a - Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)



CEDIMENTI



Z4a - Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi



AMPLIFICAZIONI
LITOLOGICHE E
GEOMETRICHE

Stralcio della carta della Pericolosità Sismica di Base, fonte PGT, scala 1:20.000

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Tabella scenari pericolosità sismica locale

Le norme tecniche per le costruzioni espone nel D.M. 14/01/2008 e successive modifiche 2018, al fine di valutare la microzonazione sismica elencano in ambito topografico alcune condizioni in grado di amplificare in maniera crescente gli effetti di un sisma (valide per rilievi superiori ai 30 m): a) T1 Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $I \leq 15^\circ$; b) T2 Pendii con inclinazione media $>15^\circ$; c) T3 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media compresa tra 15 e 30° ; d) T4 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media maggiore di 30° .

Per l'area in corso di studio si tratta di una classe T1.

Le N.T.C. Altresì identificano in ambito stratigrafico alcune categorie di suolo in base alla misurazione della velocità media delle onde Vs nei primi 30 m di suolo al di sotto del piano di posa delle fondazioni; è stata quindi confrontata la litologia dei depositi presenti nel sito in esame con i dati forniti dalle tabelle sottostanti (correlazione litologia – Vs).

Categoria	Litologia
A	Calcere, Gesso, Marne, Rocce generiche
B	Ghiaia fine, media, grossolana, blocchi, massi
C	Sabbia fine, media, grossolana
D	Limo, Argilla

Velocità caratteristiche delle onde S nei vari tipi di suolo (Borchedt, 1994)

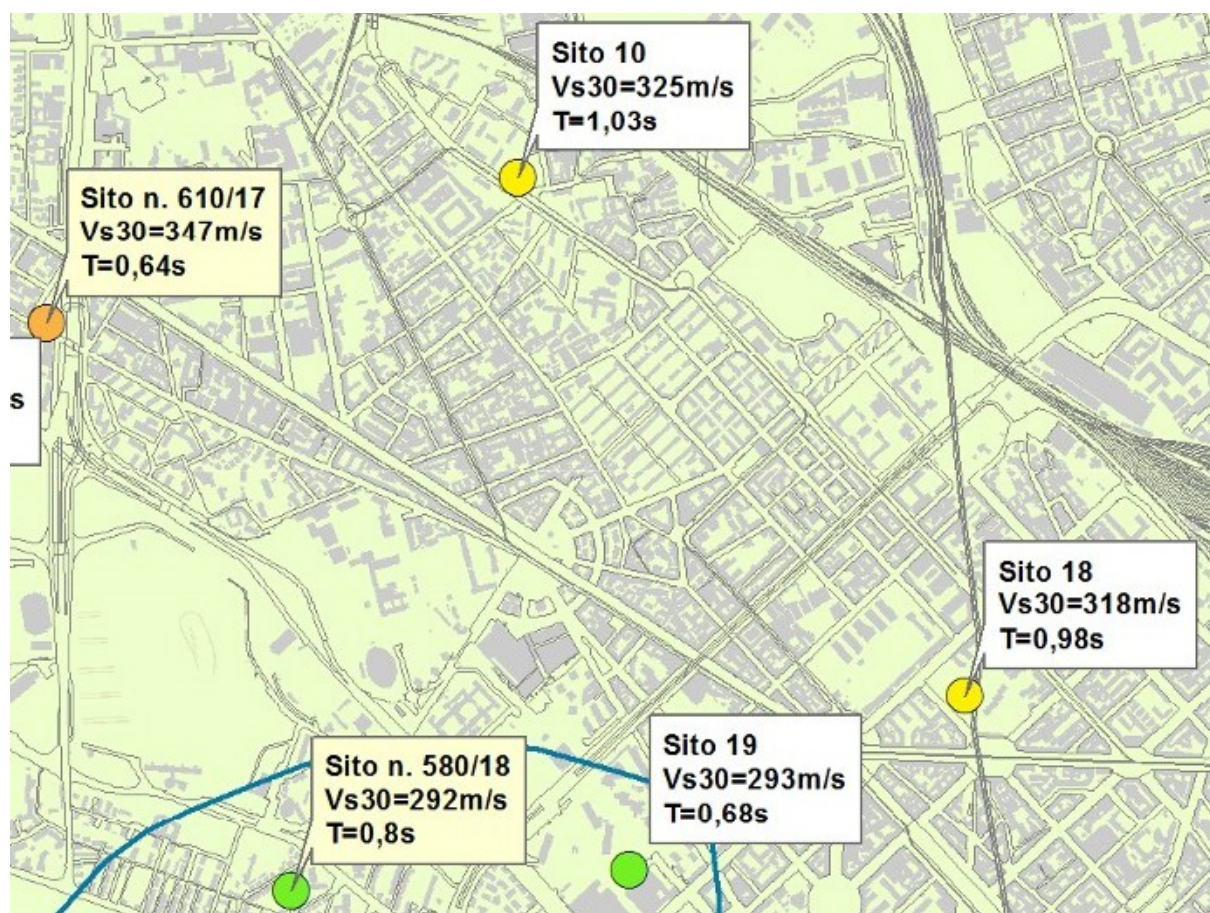
TIPO DI SUOLO	Vs min (m/s)	Vs media (m/s)	Vs max (m/s)
ROCCE MOLTO DURE (es. rocce metamorfiche molto-poco fratturate)	1400	1620	
ROCCE DURE (es. graniti, rocce ignee, conglomerati, arenarie e argilliti,	700	1050	1400
SUOLI GHIAIOSI e ROCCE DA TENERE A DURE (es. rocce sedimentarie ignee, tenere, arenarie, argilliti, ghiaie	376	540	700
ARGILLE COMPATTE e SUOLI SABBIOSI (es. sabbie da sciolte a molto compatte, limi e argille sabbiose, argille da medie a compatte	200	290	375
TERRENI TENERI (es. terreni di riempimento sotto falda, argille tenere	100	150	200

Correlazione litologie prevalenti/Vs (fonte protezione civile)

Per la caratterizzazione sismica del territorio, in fase di redazione del PGT è stata condotta una campagna di indagine utilizzando differenti metodologie di acquisizione del segnale sismico finalizzate alla migliore definizione del modello sismostratigrafico nel punto d'indagine.

L'analisi congiunta dei risultati ha consentito la determinazione del modello in termini di velocità Vs, la definizione del parametro Vs30 e l'individuazione della profondità del substrato con Vs>800 m/s.

Le indagini più prossime al sito di intervento hanno fornito valori compresi tra 292 m/s e 347 m/s, facendo così rientrare il suolo di fondazione nella categoria C.



VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO Vs

Classi di Vs30 (m/s)

- 180 - 300 (Suolo tipo C - NTC '18)
- 300 - 330 (Suolo tipo C - NTC '18)
- 330 - 360 (Suolo tipo C - NTC '18)

— 300 — Linee a uguale valore di Vs30

Relativa ad indagini pregresse
Vs30 (m/s)

Periodo proprio del sito (s)

Indagine realizzata Ex-Novo
Vs30 (m/s)

Periodo proprio del sito (s)

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO COME DA TAB. 3.2.II - NTC 2018

TIPO 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

PARAMETRI SOGLIA DI AMPLIFICAZIONE DEFINITI PER IL COMUNE DI MILANO DA DGR 7374-2008

COMUNE	INTERVALLO (s)	Valori soglia per tipo di suolo			
		B	C	D	E
MILANO	0.1 - 0.5	1,4	1,8	2,2	2,0
MILANO	0.5 - 1.5	1,7	2,4	4,2	3,1

Stralcio della carta della Vs30 e del periodo proprio di sito, fonte PGT, scala 1:20.000

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>

Tabella 3.1.II delle N.T.C. 2018

5. CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA PRELIMINARE DEL SITO

In generale, le caratteristiche geotecniche dei terreni in sito sono le seguenti:

Caratteri morfologici: area pianeggiante

Caratteri litologici: depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaie sabbiose e sabbie-ghiaiose

Caratteristiche geologico-tecniche: terreni prevalentemente granulari dotati generalmente di buone caratteristiche geotecniche

Classificazione U.S.C.S.: GW, GP, SW, SP, SM

Tabella X: Proprietà fisico-meccaniche e indicazioni a scopo ingegneristico dei terreni (da: Washington Division of Geology and Earth Resources Bulletin 78-1989, modificato)

classificazione		Peso di volume secco	angolo di resistenza al taglio	coesione	erodibilità relativa	capacità portante	difficoltà di scavo	inclinazione scarpata
origine	USCS	g/cm^3	$^{\circ}$	kg/cm^2		kg/cm^2		%
alluvionali								
alta energia	GW, GP, GM	1.85 – 2.10	30 - 35	0	bassa	0,75 – 1,00	bassa	50÷65
bassa energia	ML, SM, SP, SW	1.45 – 1.85	15 - 30	0 – 0.25	medio-alta	0.25 – 0,75	bassa	25÷50
glaciali								
till	SM, ML	1.90 – 2.25	35 - 45	0.50 – 2.00	medio-bassa	0.75 – 2.50	medio-alta	50÷100
fluvioglaciali	GW, GP, SW, SP, SM	1.85 – 2.10	30 - 40	0 – 0,50	medio-bassa	0.75 – 1.50	medio-bassa	50÷70
glaciolacustri	ML, SP, SM	1.60 – 1.90	30 - 40	0 – 1.50	medio-alta	0.50 – 1.00	media	25÷50
lacustri								
inorganici	ML, SM, MH	1.10 – 1.60	5.0 - 20	0 – 0.10	alta	0 – 0.25	bassa	0÷25
organici	OL, PT	0.5 – 1.10	0 - 10	0 – 0.10	alta	0 – 0.25	bassa	0÷25
eolici								
loess	ML, SM	1.25 – 1.60	20 - 30	0.25 – 0.50	molto alta	0.25 – 0.50	bassa	25÷50

Di seguito si riportano i dati relativi alle indagini più prossime al sito di intervento, tratti dalla "Banca dati geologica del sottosuolo" consultabile sul Geoportale della Regione Lombardia.

S1 - Sondaggio geognostico (ID: 1435)



BANCA DATI GEOLOGICA DI SOTTOSUOLO

INFORMAZIONI INDAGINE

ID: 1435 IDE: B6B212897455 COMUNE: MILANO

QUOTA (m s.l.m.): 128,6 PROFONDITA'(m): 23,7 NUMERO STRATI: 13

PROFONDITA' FALDA(m): ND

Strato	Da	A	Spessore	Descrizione	Sigla
1	0	2,1	2,1	riporto: sabbia limosa bruno nocciola con ghiaia ghiaietto e resti lateritici	ZR
2	2,1	3,0	0,9	limo sabbioso grigio nocciola ingl.resti vegetali	ZS
3	3,0	4,9	1,9	sabbia medio fine deb.limosa nocciola ingl.ghiaia e ghiaietto poligenici	S3 S4 L G
4	4,9	5,6	0,7	sabbia fine limosa bruno nocciola ingl.ghiaia ghiaietto e rari ciottoli (diam.max 7 cm)	S4 L G GG
5	5,6	6,0	0,4	sabbia media grigio nocciola con ghiaia e ghiaietto poligenici	S3 G GG
6	6,0	8,2	2,2	ghiaia e ghiaietto poligenici in matrice sabbiosa medio grossolana deb.limosa nocciola scuro	G GG S3 S2
7	8,2	9,0	0,8	ghiaia e ghiaietto poligenici in abb.matrice sabbiosa media deb.limosa bruno nocciola	G GG S3 L
8	9,0	10,4	1,4	sabbia media deb.limosa bruno nocciola ingl.ghiaia e ghiaietto poligenici	S3 L G GG
9	10,4	12,0	1,6	ghiaia ghiaietto e ciottoli (diam.max 7 cm) in abb.matrice sabbiosa medio grossolana deb.limosa bruno nocciola	G GG GC S3
10	12,0	16,0	4,0	ghiaia ghiaietto e ciottoli (diam.max 10 cm) poligenici in abb.matrice sabbiosa eterometrica loc.deb.limosa bruno nocciola	G GG GC S
11	16,0	18,0	2,0	sabbia medio fine loc.deb.limosa nocciola con ghiaia ghiaietto e rari ciottoli (diam.max 8 cm)	S3 S4 L G
12	18,0	20,3	2,3	ghiaia e ghiaietto in abb.matrice sabbiosa medio grossolana loc.deb.limosa bruno nocciola loc.grigio verde	G GG S3 S2
13	20,3	23,7	3,4	sabbia medio fine loc.deb.limosa nocciola ingl.rara ghiaia e ghiaietto	S3 S4 L G

S2 - Sondaggio geognostico (ID: 28136)



BANCA DATI GEOLOGICA DI SOTTOSUOLO

INFORMAZIONI INDAGINE

ID: 28136 IDE: B6B223648363 COMUNE: MILANO

QUOTA (m s.l.m.): 131,0 PROFONDITA'(m): 30,0 NUMERO STRATI: 8

PROFONDITA' FALDA(m): ND

Strato	Da	A	Spessore	Descrizione	Sigla
1	0	0,5	0,5	materiale di riporto, assenza di odori di prodotto	ZR
2	0,5	2,5	2,0	ghiaia sabbiosa con ciottoli (d. 4-5 cm), marrone, umida, assenza, di odori di prodotto	G S GC
3	2,5	4,3	1,8	ghiaia sabbiosa con ciottoli (d. 4-5 cm), rossastro, umida, assenza, di odori di prodotto	G S GC
4	4,3	6,0	1,7	ghiaia sabbiosa con ciottoli (d. 4-5 cm), marrone, umida, assenza, di odori di prodotto	G S GC
5	6,0	19,5	13,5	ghiaia sabbiosa con ciottoli (d. 3-4 cm), grigia, orizzonte nerastro tra 9,8 e 10,5 m. assenza, di odori di prodotto	G S GC
6	19,5	22,5	3,0	sabbia con rari ciottoli, grigia, umida, presenza di leggeri odori di prodotto	S GC
7	22,5	26,0	3,5	ghiaia sabbiosa con ciottoli (d. 3-4 cm), grigia, bagnata, assenza di odori di prodotto	G S GC
8	26,0	30,0	4,0	ghiaia sabbiosa con ciottoli (d. 5-6 cm), grigio, orizzonte rossastro da 28 a 28,6, bagnata, presenza di leggeri odori di prodotto	G S GC

S3 - Sondaggio geognostico (ID: 875)



INFORMAZIONI INDAGINE

ID: 875

IDE: B6B226918297

COMUNE: MILANO

QUOTA (m s.l.m.): 133,0 PROFONDITA'(m): 35,0

NUMERO STRATI: 8

PROFONDITA' FALDA(m): ND

Strato	Da	A	Spessore	Descrizione	Sigla
1	0	1,0	1,0	materiale di riporto: ghiaia e ciottoli debolmente sabbiosi, presenza di rari frammenti laterizi	ZR
2	1,0	2,5	1,5	materiale di riporto: sabbie ghiaiose con resti di laterizi alternate irregolarmente a livelli di limo argilloso con resti di laterizi	ZR
3	2,5	3,4	0,9	ghiaia sabbiosa debolmente limosa	G S L
4	3,4	13,4	10,0	ghiaia grossolana con ciottoli aventi diametro di 6 cm, a volte debolmente sabbiosa	G2 GC S
5	13,4	16,4	3,0	sabbia media ghiaiosa	S3 G
6	16,4	17,0	0,6	ghiaia e ciottoli (d. 6-5 cm) debolmente sabbiosa	G GC S
7	17,0	18,0	1,0	ghiaia e ciottoli cementati (conglomerato)	G GC
8	18,0	35,0	17,0	sabbia grossolana debolmente ghiaiose alternate irregolarmente a livelli di ghiaie grossolane con rari ciottoli sparsi (d. 5-6 cm)	S2 G G2 GC

S4 - Sondaggio geognostico (ID: 1008)



INFORMAZIONI INDAGINE

ID: 1008

IDE: B6B226638136

COMUNE: MILANO

QUOTA (m s.l.m.): 127,0 PROFONDITA'(m): 20,5

NUMERO STRATI: 11

PROFONDITA' FALDA(m): ND

Strato	Da	A	Spessore	Descrizione	Sigla
1	0	1,9	1,9	riporto: sabbia fine limosa bruna ingl. ghiaia e ghiaietto	ZR
2	1,9	3,7	1,8	sabbia medio fine debolmente limosa nocciola con ghiaia (d. max 5 cm) e ghiaietto	S3 S4 L G
3	3,7	8,5	4,8	ghiaia, ghiaietto e rari ciottoli (d. 10 cm) in matrice sabbiosa grossolana grigio nocciola	G GG GC S2
4	8,5	10,0	1,5	sabbia medio grossolana debolmente limosa nocciola con ghiaia, ghiaietto e rari ciottoli (d. max 5 cm)	S3 S2 L G
5	10,0	12,5	2,5	sabbia media debolmente limosa nocciola ingl. ghiaia, ghiaietto e rari ciottoli (d. max 7 cm)	S3 L G GG
6	12,5	13,0	0,5	sabbia medio fine limosa nocciola ingl. raro ghiaietto	S3 S4 L GG
7	13,0	15,0	2,0	sabbia medio grossolana limosa nocciola ingl. ghiaia e ghiaietto	S3 S2 L G
8	15,0	16,0	1,0	sabbia medio fine nocciola ingl. raro ghiaietto e rara ghiaia	S3 S4 GG G
9	16,0	18,0	2,0	sabbia medio grossolana debolmente limosa nocciola con ghiaia, ghiaietto e ciottoli (d. max 10 cm)	S3 S2 L G
10	18,0	20,4	2,4	ghiaia, ghiaietto e ciottoli (d. max 10 cm) in matrice sabbiosa grossolana debolmente limosa grigio nocciola	G GG GC S2
11	20,4	20,5	0,1	sabbia fine limosa giallastra	S4 L

P1 - Stratigrafia pozzo (ID: 1388)



INFORMAZIONI INDAGINE

ID: 1388

IDE: B6B216508100

COMUNE: MILANO

QUOTA (m s.l.m.): 130,6 PROFONDITA'(m): 60,0

NUMERO STRATI: 8

PROFONDITA' FALDA(m): ND

Strato	Da	A	Spessore	Descrizione	Sigla
1	0	10,0	10,0	ghiaia e ciottoli	G GC
2	10,0	22,0	12,0	sabbia rossiccia argillosa	S A
3	22,0	36,0	14,0	sabbia, ghiaia grossa	S G2
4	36,0	40,0	4,0	sabbia fine, ghiaia argilla	S4 G A
5	40,0	53,0	13,0	sabbia fine, ghiaia	S4 G
6	53,0	55,0	2,0	argilla	A
7	55,0	59,5	4,5	ghiaia poca sabbia	G S
8	59,5	60,0	0,5	argilla	A

P2 - Stratigrafia pozzo (ID: 1197)



INFORMAZIONI INDAGINE

ID: 1197

IDE: B6B226218379

COMUNE: MILANO

QUOTA (m s.l.m.): 130,3 PROFONDITA'(m): 98,0

NUMERO STRATI: 31

PROFONDITA' FALDA(m): ND

Strato	Da	A	Spessore	Descrizione	Sigla
1	0	3,5	3,5	materiale di riporto	ZR
2	3,5	5,0	1,5	ghiaia con ciottoli	G GC
3	5,0	7,3	2,3	ghiaia con ciottoloni	G GC
4	7,3	11,0	3,7	ghiaia con ciottoli	G GC
5	11,0	16,5	5,5	ghiaia	G
6	16,5	19,5	3,0	ghiaia sporca di argilla	G A
7	19,5	19,7	0,2	ghiaia con grossi ciottoli	G GC
8	19,7	25,0	5,3	ghiaia con ciottoli	G GC
9	25,0	30,0	5,0	ghiaia grossa	G2
10	30,0	41,0	11,0	ghiaia e sabbia	G S
11	41,0	49,0	8,0	sabbia giallastra finissima	SS
12	49,0	52,0	3,0	sabbia cenere	S
13	52,0	60,0	8,0	ghiaia	G
14	60,0	60,7	0,7	argilla giallastra sabbiosa	A S
15	60,7	61,0	0,3	argilla cenere durissima	A
16	61,0	61,5	0,5	argilla giallastra	A
17	61,5	67,0	5,5	sabbia cenere	S
18	67,0	67,5	0,5	argilla giallastra sabbiosa	A S
19	67,5	76,0	8,5	sabbia finissima	SS
20	76,0	76,7	0,7	argilla scura	A
21	76,7	77,2	0,5	argilla cenere	A
22	77,2	80,5	3,3	argilla giallastra	A
23	80,5	83,5	3,0	ghiaia	G
24	83,5	84,3	0,8	argilla	A
25	84,3	86,3	2,0	argilla giallastra	A
26	86,3	87,3	1,0	conglomerato compatto	G
27	87,3	89,9	2,6	ghiaia	G
28	89,9	91,8	1,9	sabbia con arenaria durissima	SS
29	91,8	96,8	5,0	sabbia granosa	S1
30	96,8	97,5	0,7	argilla giallastra	A
31	97,5	98,0	0,5	sabbia con trovanti d'argilla	SA

Relativamente all'attribuzione dei valori dei *parametri geotecnici fondamentali* ai terreni si è fatto riferimento anche ad esperienze personali condotte in contesti confrontabili ed in zone limitrofe, nonché a dati dedotti dalla bibliografia tecnica (cf. P. COLOMBO, 1975; R. LANCELLOTTA, 1987; TERZAGHI PECK 1967; TANZINI 2009; CASADIO-ELMI 2006; CESTARO 2009) espressi in medie ponderate.

ESPOSIZIONE RISULTATI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE							
Cantiere:		Comune di Milano					
Committente:		Vari					
Data:		17-mag-25					
P1					E MPa	M kg/cm ²	Cu kg/cm ²
METRI	N10	NSPT	Media	Ang. Attri	Mod Elas	Mod Edom	Coesione
0,1	8,8571429	7	7	25	18,3	48,4	0,5
0,2	8,8571429	7		25	18,3	48,4	0,5
0,3	7,5	6		24	16,8	41,0	0,4
0,4	7,5	6	6	24	16,8	41,0	0,4
0,5	7,4285714	6		24	16,7	40,6	0,4
0,6	6,7142857	5		24	15,9	36,7	0,3
0,7	6,7142857	5		24	15,9	36,7	0,3
0,8	8,7857143	7	8	25	18,2	48,0	0,0
0,9	8,8571429	7		25	18,3	48,4	0,0
1	10	8		26	19,4	54,6	0,0
1,1	10,428571	8		26	19,8	57,0	0,0
1,2	10,357143	8		26	19,8	56,6	0,0
1,3	8,5	7		25	17,9	46,4	0,0
1,4	8,5	7		25	17,9	46,4	0,0
1,5	8,7857143	7		25	18,2	48,0	0,0
1,6	13,214286	10		27	22,3	72,2	0,0
1,7	15,071429	12		28	23,8	82,3	0,0
1,8	13,5	10		27	22,6	73,7	0,0
1,9	16,857143	13		29	25,2	92,1	0,0
2	14,642857	11		28	23,5	80,0	0,0
2,1	13,928571	11		28	22,9	76,1	0,0
2,2	15,214286	12		28	23,9	83,1	0,0
2,3	14	11	15	28	23,0	76,5	0,0
2,4	17,071429	13		29	25,4	93,2	0,0
2,5	16,714286	13		29	25,1	91,3	0,0
2,6	16,285714	13		29	24,8	88,9	0,0
2,7	16,285714	13		29	24,8	88,9	0,0
2,8	15	12		28	23,8	81,9	0,0
2,9	14,928571	11		28	23,7	81,5	0,0
3	14,142857	11		28	23,1	77,2	0,0
3,1	16,571429	13		29	25,0	90,5	0,0
3,2	16,571429	13		29	25,0	90,5	0,0
3,3	17,928571	14		29	26,0	97,9	0,0
3,4	16,5	13		29	24,9	90,1	0,0
3,5	15,714286	12		28	24,3	85,8	0,0
3,6	19,428571	15		30	27,1	106,1	0,0
3,7	19,857143	15		30	27,4	108,5	0,0
3,8	22,571429	17		31	29,2	123,3	0,0
3,9	23,785714	18		32	29,9	129,9	0,0
4	24,142857	19		32	30,2	131,9	0,0
4,1	23,428571	18		31	29,7	128,0	0,0
4,2	22,214286	17		31	28,9	121,3	0,0
4,3	22	17		31	28,8	120,2	0,0
4,4	22,071429	17		31	28,8	120,5	0,0
4,5	21,785714	17		31	28,7	119,0	0,0
4,6	22,285714	17		31	29,0	121,7	0,0
4,7	17,5	13		29	25,7	95,6	0,0
4,8	17,428571	13		29	25,6	95,2	0,0

Report media prove primo sotto-suolo milanese

Nomenclatura terreni

Nei paragrafi seguenti per la definizione dei terreni si è seguita la nomenclatura, consigliata dall'Associazione Geotecnica Italiana (AGI):

NOME DELLA FRAZIONE PRINCIPALE

“CON” 50÷25%

“OSO” 25÷10%

“DEBOLMENTE OSO” 10÷5%

“CON TRACCE” < 5%

Ad esempio:

ciottoli (37%), ghiaia (56%), sabbia (7%)

Denominazione attribuita: “*ghiaia con ciottoli debolmente sabbiosa*”.

Le percentuali, qualora non specificato, sono state stimate in sito con visione diretta dei litotipi, qualora venga realizzata un'analisi granulometrica verrà descritto per esteso.

Simbolo del gruppo	Denominazioni tipiche
Terreni a grana grossolana (più del 50% è costituito da particelle con diametro > di 75 µm)	
GW	ghiaie ben classate, miscele di ghiaia e sabbia, senza o con poco fine
GP	ghiaie mal classate, miscele di ghiaia e sabbia, senza o con poco fine
GM	ghiaie limose, miscele di ghiaia-sabbia-limo mal classate
GC	ghiaie argillose, miscele di ghiaia-sabbia-argilla mal classate
SW	sabbie ben classate, sabbie ghiaiose, senza o con poco fine
SP	sabbie mal classate, sabbie ghiaiose, senza o con poco fine
SM	sabbie limose, miscele di sabbia e limo mal classate
SC	sabbie argillose, miscele di sabbia e argilla mal classate
Terreni a grana fine (più del 50% è costituito da particelle con diametro < di 75 µm)	
ML	limi inorganici e sabbie molto fini, sabbie fini limose o argillose di bassa plasticità, terreni limosi o sabbiosi fini
CL	argille inorganiche di plasticità da media a bassa, argille ghiaiose, argille sabbiose, argille limose; argille “magre”
OL	limi organici e argille limose organiche di bassa plasticità
MH	limi inorganici, terreni sabbiosi (sabbie fini) o limosi micacei, limi “elastici”
CH	argille inorganiche di elevata plasticità; argille “grasse”
OH	argille organiche di plasticità da media ad elevata
Terreni ad alto contenuto di sostanza organica	
Pt	torbe e altri terreni ricchi di materia organica

.Tabella classificazione terreni

Tabella X: Proprietà fisico-meccaniche e indicazioni a scopo ingegneristico dei terreni (da: Washington Division of Geology and Earth Resources Bulletin 78-1989, modificato)

classificazione		Peso di volume secco	angolo di resistenza al taglio	coesione	erodibilità relativa	capacità portante	difficoltà di scavo	inclinazione scarpata
origine	USCS	g/cm^3	$^\circ$	kg/cm^2		kg/cm^2		%
alluvionali								
alta energia	GW, GP, GM	1.85 – 2.10	30 - 35	0	bassa	0,75 – 1,00	bassa	50÷65
bassa energia	ML, SM, SP, SW	1.45 – 1.85	15 - 30	0 – 0.25	medio-alta	0.25 – 0,75	bassa	25÷50
glaciali								
till	SM, ML	1.90 – 2.25	35 - 45	0.50 – 2.00	medio-bassa	0.75 – 2.50	medio-alta	50÷100
fluvioglaciali	GW, GP, SW, SP, SM	1.85 – 2.10	30 - 40	0 – 0,50	medio-bassa	0.75 – 1.50	medio-bassa	50÷70
glaciolacustri	ML, SP, SM	1.60 – 1.90	30 - 40	0 – 1.50	medio-alta	0.50 – 1.00	media	25÷50
lacustri								
inorganici	ML, SM, MH	1.10 – 1.60	5.0 - 20	0 – 0.10	alta	0 – 0.25	bassa	0÷25
organici	OL, PT	0.5 – 1.10	0 - 10	0 – 0.10	alta	0 – 0.25	bassa	0÷25
eolici								
loess	ML, SM	1.25 – 1.60	20 - 30	0.25 – 0.50	molto alta	0.25 – 0.50	bassa	25÷50

DESCRIZIONE LITOLOGICA	INTERVALLO DEI VALORI [kg/cm^3]
Sabbia sciolta	0,48 – 1,60
Sabbia mediamente compatta	0,96 – 8,00
Sabbia compatta	6,40 – 12,80
Sabbia argillosa mediamente compatta	2,40 – 4,80
Sabbia limosa mediamente compatta	2,40 – 4,80
Sabbia e ghiaia compatta	10,00 – 30,00
Terreno argilloso con $qu < 2kg/cm^2$	1,20 – 2,40
Terreno argilloso con $(2 < qu < 4)kg/cm^2$	2,20 – 4,80
Terreno argilloso con $qu > 4kg/cm^2$	> 4,80

Relativamente all'attribuzione dei valori dei *parametri geotecnici fondamentali* ai terreni si è fatto riferimento anche ad esperienze personali condotte in contesti confrontabili ed in zone limitrofe (esecuzione di back-analysis), nonché a dati dedotti dalla bibliografia tecnica (cf. P. COLOMBO, 1975; R. LANCELLOTTA, 1987; TERZAGHI PECK 1967; TANZINI 2009; CASADIO-ELMI 2006; CESTARO 2009) espressi in medie ponderate.

6. MODELLO LITOTECNICO LOCALE E PRESTAZIONI GEO-MECCANICHE

Modello litotecnico locale:

Unità litotecnica 1: tra 0 e 0,7 m di profondità, terreni prevalentemente limosi, range NSPT da 0 a 6, angolo di attrito interno 19-24°, peso di volume 1,6-1,7 t/mc, coesione non drenata/apparente 0,2/0,4 kg/cmq, comportamento frizionale (coesivo a breve termine), modulo elastico E 154 Kg/cmq, modulo edometrico M 34 kg/cmq, addensamento scadente, non saturi, USCS ML.

Unità litotecnica 2: da 0,7 a 2,3 m dal p.c, terreni prevalentemente sabbiosi, range NSPT da 7 a 11, angolo di attrito interno 25-28°, peso di volume 1,7-1,8 t/mc, coesione nulla, modulo elastico E 200 Kg/cmq, modulo edometrico M 61 kg/cmq, addensamento medio, comportamento frizionale, non saturi, USCS SM, SW, SW.

Unità litotecnica 3: tra 2,3 e 4,8 m dal p.c, terreni prevalentemente ghiaiosi, range NSPT da 12 a 18, angolo di attrito interno 29-31 °, peso di volume 1,8-1,9 t/mc, coesione nulla, modulo elastico E 162 kg/cmq, modulo edometrico M 38 kg/cmq comportamento frizionale, non saturi, discretamente addensati, USCS GM, GP.

Unità litotecnica 4: sabbia media con ghiaia media ciottolosa, da 4 a 10 m di profondità, 32° angolo attrito, peso volume 1,9 ton/mc, coesione nulla.

Spessore terreni compressibili superficiali ($N_{spt} < 6$): presente coltre superficiale cedevole prevalentemente limosa-sabbiosa spessa 0,7-1 m;

Profondità tetto orizzonte terreni resistenti ($N_{spt} > 19$): substrato ghiaioso ciottoloso ben addensato in matrice sabbiosa limosa riscontrato oltre i 5 m dal p.c.

Piani di posa fondazioni esistenti/in progetto/modellate: - 3,5 / - 4 m, modellate;

Tipologia fondazioni in progetto/modellate: fondazioni tipo platee;

Approccio calcolistico: combinazione A1M1R3, formule Brinch-Hansen e Burland e Burdbridge;

Peculiarità geo-meccaniche caratteristiche sedime fondazioni: coesione nulla a favore della sicurezza, peso volume γ 1,8 t/mc, angolo attrito ϕ 29°;

Prestazioni geo-meccaniche sedime di fondazione (resistenze verticali e carichi esercizio massimi):

SLU - SLE

Tipo di fondazione	Profondità piano posa m	Capacità portante (resistenze verticali) kPa	Cedimento totale mm	Carico di esercizio max kPa	K Winkler Kg/cmc
A	B	C (SLU)	D	E (SLE)	F
(0,6 x 0,6) m	– 0,8	90	14	160	4,2
(0,8 x 0,8) m	– 0,8	97	18	130	3,6
(1 x 1) m	– 0,8	103	22	110	3,2
(0,6 x 10) m	– 0,8	80	18	105	4,2
(0,8 x 10) m	– 0,8	90	25	90	3,6
(1 x 10) m	– 0,8	100	32	75	3,2

La combinazione dei carichi (azioni) di progetto ricadenti sui modelli fondazionali in condizioni statiche non dovranno superare i valori della colonna C per quanto riguarda gli SLU mentre la combinazione agli stati limite di esercizio SLE non dovrà superare i valori della colonna E che rappresentano i carichi tali da indurre cedimenti pari a 25 mm

In condizioni dinamiche i valori di SLU ed SLE subiranno un decremento del 20% prendendo in considerazione le formule di Paolucci e Pecker che utilizzano i fattori sismici kh e kv per ottenere SLV e SLD, in funzione di un fattore di sicurezza cautelativo pari a 2,3 invece di 1,8.

Pendenza stabile a lungo termine eventuali fronti di scavo: 50°;

Metodo di calcolo di capacità portanti e cedimenti fondazioni superficiali

Si sono verificate delle fondazioni tramite i metodi di Brinch Hansen e di Burland e Burdibdge.

Il metodo di Brinch-Hansen esprime la portata limite, q_{lim} come:

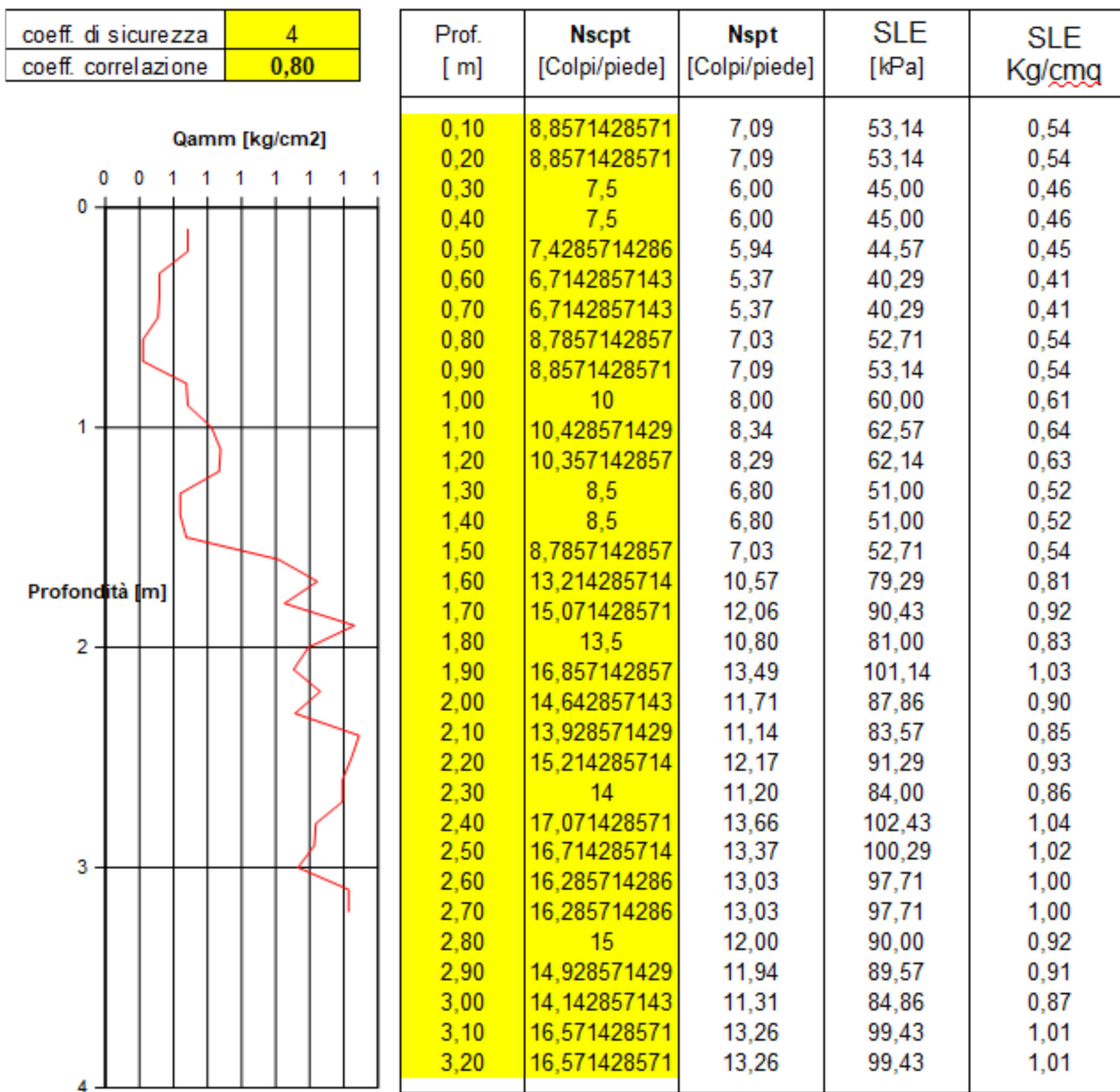
$$q_{lim} = cN_c s_c d_c i_c b_c g_c + q' N_q s_q d_q i_q b_q g_q + 1/2 \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma$$

Si consideri che nei terreni incoerenti la pressione ammissibile di una fondazione è subordinata al cedimento tollerabile dalla sovrastruttura e non dalla capacità portante; si è pertanto provveduto

ad utilizzare il metodo statistico di Burland e Burdridge che esprime i cedimenti indotti dai carichi, S , tramite la:

$$S = f_s f_H f_t \left[\sigma'_{vo} B^{0.7} I_c / 3 + (q' - \sigma'_{vo}) B^{0.7} I_c \right]$$
 riferendosi ad un valore limite totale accettabile di 25 mm (in rosso nelle tabelle i cedimenti non ammissibili secondo i suggerimenti di Terzaghi e Peck).

In calcolistica l'”influenza sismica” viene tenuta in conto modificando i fattori “ I ” della formula di Brinch-Hansen che agiscono valutando la componente verticale del carico relazionata a inclinazione ed eccentricità delle spinte sulle fondazioni.



.Stima carico esercizio massimo (SLE max) in funzione delle profondità valida per fondazioni continue larghe da 0,5 a 1 m con cedimenti rispettivamente di 16 e 24 mm

7. CONCLUSIONI

Fattibilità geologica: fattibilità 2 con modeste limitazioni all'urbanizzazione

Limitazioni alla Fattibilità: possibile presenza di terreni granulari/coesivi con mediocri caratteristiche geotecniche fino a 5-6 m circa di profondità

Attività geomorfologiche in atto: assenti

Dissesti idrogeologici pregressi e/o prevedibili: assenti

Scenario pericolosità sismica locale: Z4a

Categoria sismica topografica: T1

Categoria sismica suoli: C

Propensione alla liquefazione dei sedimenti: bassa; secondo il PGT è improbabile lo sviluppo del fenomeno della liquefazione

Profondità falda acquifera principale: circa 13,5 m dal p.c.

Acquifero: freatico

Vincoli legati a opere captazione idropotabili: nessuno

Permeabilità: alta (k da 10^{-1} a 10^{-3} m/s)

Classe di radioattività naturale: media

Vincoli di natura idraulica idrologica legati a corpi idrici superficiali: nessuno

Spessore terreni compressibili: 1 m, da 0 a 1 m dal p.c., limi e sabbie prevalenti

Profondità tetto orizzonte terreni resistenti: ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa ben addensati oltre i 5 m di profondità;

Pendenza stabile a lungo termine fronti di scavo: 50°

Piani di posa fondazioni in progetto: - 3,5 m dal p.c.

Peculiarità geo-meccaniche sedime fondazioni: coesione nulla a favore della sicurezza, peso volume γ 1,8 t/mc, angolo attrito ϕ 29°;

Prescrizioni e/o attenzioni: Terreni da mediamente a scarsamente addensati, miscele di sabbie e ghiaie, utilizzare fondazioni rigide.

Per garantire la massima efficienza esecutiva delle opere sarà inoltre opportuno rispettare le seguenti ulteriori prescrizioni particolari:

- si consiglia di realizzare gli interventi con la massima rapidità in periodi contrassegnati da scarsi apporti idrici, al fine di evitare sia il fastidioso rammollimento dei terreni sia la presenza di filtrazioni dalle pareti e dal fondo scavo; nel primo caso sarà opportuno riparare gli scavi dall'azione delle acque meteoriche, apponendo teli impermeabili;
- nell'esecuzione degli scavi andrà previsto il sostegno dei fronti, particolarmente ove sia necessario approfondirsi oltre la profondità di 2 m soprattutto se in fregio a fondazioni di edifici esistenti, strade, ecc;
- qualora si evidenzi filtrazione di acque sulle pareti di scavo si dovrà assolutamente prevedere il sostegno degli scavi stessi, in quanto si perderebbe la relativa stabilità dei fronti stessi.
- Le considerazioni sopra effettuate derivano da indagini puntuali, nel caso si riscontri l'esistenza di condizioni litostratigrafiche difformi da quanto previsto, andrà interpellato il consulente geologo e dovranno essere eventualmente adottati correttivi alle scelte progettuali previste.
- D.Lgs 81/2008, art. 118: Nei lavori di splateamento o sbancamento eseguiti senza l'impiego di escavatori meccanici, le pareti delle fronti di attacco devono avere una inclinazione o un tracciato tali, in relazione alla natura del terreno, da impedire franamenti. Quando la parete del fronte di attacco supera l'altezza di m 1,50, e' vietato il sistema di scavo manuale per scalzamento alla base e conseguente franamento della parete.
- Quando per la particolare natura del terreno o per causa di piogge, di infiltrazione, di gelo o disgelo, o per altri motivi, siano da temere frane o scoscendimenti, deve essere provveduto all'armatura o al consolidamento del terreno.
- Nello scavo di pozzi e di trincee profondi piu' di m 1,50, quando la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilità, anche in relazione alla pendenza delle pareti, si deve provvedere, man mano che procede lo scavo, alla applicazione delle necessarie armature di sostegno.
- E' vietato costituire depositi di materiali presso il ciglio degli scavi. Qualora tali depositi siano necessari per le condizioni del lavoro, si deve provvedere alle necessarie puntellature.

Rispettando quanto sopra esposto si può considerare l'intervento in progetto compatibile con le condizioni geologiche locali.