

OPERATORE

CLOTILDE S.r.l.
Piazza della Repubblica 7
Vedano al Lambro (MB)

COMUNE DI MONZA
PROVINCIA DI MONZA E BRIANZA
PROGRAMMA INTEGRATO D'INTERVENTO
V.LE UGO FOSCOLO - VIA G. PASCOLI - VIA S.PELLICO
VARIANTE 2019

PROGETTO ARCHITETTONICO

3OERI
STEFANO
BOERI
ARCHITETTI

Stefano Boeri Architetti
via Gaetano Donizetti, 4
20122 Milano
t +39 0255014101
f +39 0236769185

D

C

B

A REV1 08.10.2019

revisione data

emissione 06.08.2019

livello

PROGETTO DI PII - VARIANTE 2019

elaborato

**STATO DI PROGETTO -
RELAZIONE GEOLOGICA - GEOTECNICA**

commessa

PII

scala

formato

A4

n. tavola

PII-V

ALL C

**RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA
PER REALIZZAZIONE DI NUOVO COMPLESSO
RESIDENZIALE IN VIA FOSCOLO,18
COMUNE DI MONZA
aggiornamento**

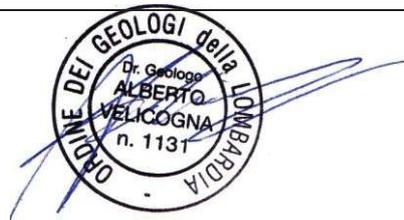
COMMITTENTE: Clotilde Srl-P.zza della Repubblica,7-Vedano al Lambro

Tecnico incaricato:

Dott.Geol.Alberto Velicogna

Iscr.Albo Regione Lombardia n. 1131

Dott.Geol.Goffredo Muggiati



settembre 2019

INDICE

PREMESSA	3
1.0 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
2.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO.....	5
2.2 Verifica PSAI AdBR -aree rischi frana.....	9
3.0 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO ED IDROGRAFICO	10
3.1 Idrogeologia.....	10
3.2 Idrografia	10
3.3 Verifica PSAI Ad BR- aere a rischio idraulico.....	10
4.0 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA	12
4.1 Classificazione sismica secondo le NTC 2008	12
4.1.1 Azione sismica	12
4.1.2 Valutazione pericolosità sismica	12
PROVA MASW.....	15
4.1.3 Categorie di sottosuolo	22
4.1.5 Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali	22
4.1.6 Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali	23
4.1.7 Spettro di risposta elastico in spostamento delle componenti orizzontali.....	23
4.1.8 Spostamento orizzontale e velocità orizzontale nel terreno	24
5.0 CARATTERISITICHE GEOTECNICHE.....	25
5.1 Descrizione indagini - Metodologia	25
5.1.1 Ubicazione prove	26
5.1.2 Capacità portante e cedimenti.....	35
5.2 Descrizione del modello geotecnico.....	36
5.2.1 Stratigrafia.....	36
5.3 Verifica alla liquefazione	37
6.0 CALCOLO DEI CEDIMENTI.....	38
7.0 FATTIBILITA' E VINCOLI.....	39
8.0 CONCLUSIONI.....	41

PREMESSA

L'aggiornamento alla relazione redatta e presentata al mese di luglio 2019 si rende necessario, su richiesta degli Enti, a seguito di una diversa disposizione degli edifici sull'area in oggetto.

A questo proposito, si è provveduto quindi ad aggiornare le planimetrie contenute nella relazione.

Su incarico della Proprietà dell'area, è stata redatta la seguente relazione geologico-tecnica a supporto del progetto di realizzazione di nuovo complesso ad uso residenziale.

Per la definizione delle caratteristiche geologico-tecniche e delle condizioni geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, sismiche e geotecniche dell'area in studio si è provveduto a eseguire:

- un sopralluogo nell'area in esame,
- consultazione dello studio geologico a supporto del PGT del Comune di Monza depositato presso l'Ufficio Tecnico Comunale.
- consultazione delle tavole progettuali di massima
- analisi dell'interferenza delle opere in progetto con la situazione geologica, geomorfologica e idrologica locale;
- individuazione delle caratteristiche dei terreni su cui si intersteranno le fondazioni delle opere in progetto e che saranno interessati dal sistema di scarico su suolo, determinazione delle caratteristiche geotecniche e stratigrafiche mediante l'esecuzione di n.9 prove penetrometriche dinamiche DPSH fino a rifiuto della punta alla penetrazione e una prova sismica MASW.

L'area entro cui ricade l'intervento è compresa nella perimetrazione dello Studio Geologico Tecnico redatto a supporto del PGT come "*classe di fattibilità 3B*"

Le normative di riferimento sono le seguenti:

- DM 11/03/1988: "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";
- "Norme Tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 settembre 2005, pubblicato sulla G.U. n.222 del 23 settembre 2005.
- DM 14/01/2008 Norme Tecniche per le Costruzioni
- DRG n. X/5001 del 30 marzo 2016
- NTC DM 17/01/2018

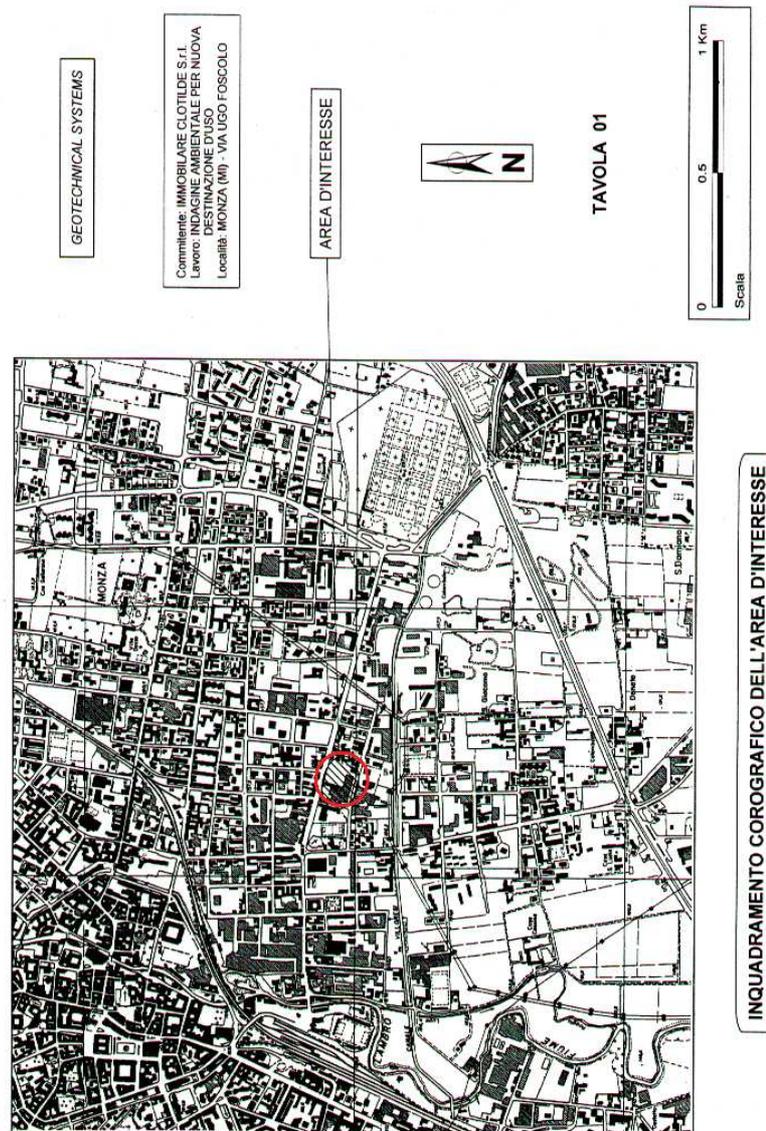
1.0 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il Comune di Monza si colloca nella media Pianura Padana e si sviluppa sulle rive del Fiume Lambro. La base cartografica utilizzata per la stesura della presente relazione è data dalla CTR in scala 1:10.000.

L'area oggetto di studio è situata nel centro del nucleo abitativo di Monza, in località via Foscolo, 18 ad una quota media di circa 156 m s.l.m.

Le coordinate geografiche dell'area sono :

latitudine: 45,578066
 longitudine: 9,286573





L'area viene individuata catastalmente al foglio n.73 mappali 14-15-18-19-234

2.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICO

La caratterizzazione geologica e geomorfologica dell'area in esame deriva dai principali avvenimenti geologici verificatisi dal Pliocene superiore fino a tutto il Quaternario.

Uno sguardo d'insieme alla carta geologica allegata consente di osservare le principali caratteristiche per interpretare l'assetto geologico della zona. Procedendo da Nord a Sud si osserva un decremento dei livelli di altitudine e rispettivamente una variazione morfologica da ambiente collinare e terrazzato a zona di pianura. L'insieme degli elementi mette in risalto due aspetti morfologici principali e successivi nel tempo, costituiti da un ambiente tipicamente glaciale con cordoni morenici eterocroni disposti a semicerchio procedendo da Nord a Sud che progradano in una piana fluvio-glaciale e, sovrainposta, una morfologia di tipo fluviale connessa allo sviluppo dei corsi d'acqua principali.

Prima dell'era quaternaria la linea di costa marina lambiva i bordi prealpini fino al Pliocene superiore - Pleistocene inferiore, momento in cui si assiste ad una importante fase di regressione marina con conseguente inizio della sedimentazione di depositi di pertinenza continentale fluvio-lacustri, deltizi e di piana costiera, prevalentemente costituiti da materiale a granulometria non grossolana (sabbie fini, limi ed argille).

Questa unità sedimentaria, attribuibile al Villafranchiano, a causa di un sollevamento successivo alla sua deposizione, risulta fortemente erosa nella parte sommitale e sostituita da sedimenti marini e continentali depositati a seguito della successione ciclica di fasi trasgressive. Nei solchi vallivi così creati si deposero ghiaie e sabbie localmente anche in grandi spessori, che col tempo hanno subito fenomeni di cementazione, ed attualmente sono rilevabili in affioramento nel settore settentrionale della Provincia di Milano ("Ceppo").

Successivamente ebbe luogo la deposizione di una vasta coltre di sedimenti di natura glaciale, relativi alle fasi glaciali Mindel, Riss, Wurm, nella zona pedemontana e fluvio-glaciale nella media e bassa pianura. Si riconosce uno sviluppo "centripeto" dei rilievi morenici, con i terreni più recenti ai piedi dell'anfiteatro morenico posti a quota inferiore e più interni rispetto a quelli più antichi. La morfologia glaciale attualmente rilevabile è consequenziale ad agenti principali, quali l'erosione, il trasporto e la deposizione ad opera della massa glaciale (Glaciale Riss e Wurm) e l'azione di lisciviazione e di deposito ad opera delle acque di fusione dei ghiacci e delle fiumane glaciali (Fluvio-glaciale Mindel, Riss e Wurm).

Dal Pleistocene superiore all'Olocene si è verificato un lento sollevamento dell'alta pianura con il conseguente affioramento in superficie dei depositi più antichi e, nelle zone in cui si è manifestato in maggior entità, con la formazione di dorsali, specialmente nel settore nord-orientale della provincia, e di depositi alluvionali di spessore consistente nei settori compresi tra quelli sollevati.

– UNITÀ GEOLOGICHE

Unità Villafranchiana Auct.

Appartiene alla parte sommitale di un imponente accumulo di sedimenti (oltre 1000 m di spessore) ed è definita anche col nome di "Argille sotto il Ceppo". Si tratta di sedimenti a granulometria fine costituiti da argille-limi passanti a sabbie-torbe con la locale presenza di fossili che raggiungono uno spessore localmente superiore ai 100 m, anche se l'erosione a cui sono state soggette nella parte sommitale impedisce di determinare lo spessore originario. Generalmente si trova collocata ad una profondità variabile dai 90 ai 150 m e rappresenta sedimenti di ambiente deposizionale deltizio-lagunare ed anche di piccoli bacini lacustri intermorenici, presenti soprattutto nella zona nord-ovest della provincia di Milano. Affiora lungo le valli incise dal fiume Lambro e dal fiume Adda; nel sottosuolo questa unità è costituita da potenti spessori argillosi passanti verso il tetto dell'unità stessa a frazioni granulometriche più grossolane (sabbioso-argillose), che progressivamente aumentano il loro spessore procedendo verso sud. In corrispondenza di Milano denotano una variazione di ambiente deposizionale, da marino (litozona argillosa) a transizionale e infine continentale (litozona sabbioso-argillosa).

Ceppo

Denominato anche "Ceppo d'Adda" o "Ceppo Lombardo", costituisce la più antica formazione continentale affiorante nel territorio della provincia di Milano. Gli affioramenti sono abbondanti nella parte alta della pianura in corrispondenza delle incisioni vallive generate dall'azione erosiva dei corsi d'acqua (Olona, Adda, Molgora e Lambro). La configurazione morfologica degli affioramenti di Ceppo è caratteristica; la sua notevole compattezza unita ad un elevato grado di permeabilità gli consentono di mantenersi facilmente in pareti verticali. Dove affiora più estesamente la superficie del Ceppo è caratterizzata da una grande varietà di forme: sacche di dimensioni varie, canali più o meno profondi, dossi variamente configurati. Il Ceppo è costituito da arenarie e conglomerati, a grado di cementazione variabile, passanti a ghiaie e sabbie, dalle quali si sono originati. Gli elementi del Ceppo sono costituiti principalmente da calcari mesozoici, selci del Giurassico medio-superiore, arenarie prevalentemente cretache, conglomerati di tipo Verrucano, dioriti, tonaliti, graniti riferibili ai massicci intrusivi della Valtellina, dell'Adamello ed infine gneiss, micascisti, filladi e quarziti del basamento cristallino. I ciottoli calcarei, di solito prevalenti, sono soprattutto grigi, neri o nocciola; le selci sono varicolori, le arenarie per lo più grigie. I ciottoli sono inglobati in una matrice sabbioso-limosa a cemento calcareo; il grado di cementazione è variabile. Il conglomerato, nella maggior parte dei casi, presenta stratificazione poco distinta, talora massiccia. L'intero spessore del Ceppo è variabile e degradante, nella parte meridionale della provincia di Milano, dove assume una struttura a banchi e lenti di ordine metrico; nella parte sommitale presenta un andamento discontinuo a causa dell'erosione postdeposizionale dovuta al sollevamento dell'unità stessa. Le caratteristiche litologiche testimonierebbero un ambiente deposizionale di tipo fluviale a canali anastomizzati.

Morene del Mindel

Le morene del Mindel si sviluppano nella parte nord-orientale della provincia di Milano e costituiscono i rilievi più esterni dell'anfiteatro morenico posto ai piedi delle Prealpi lombarde; morfologicamente denotano un forte grado di erosione che ha ridotto le originarie peculiarità morfologiche. Si tratta di depositi limosi inglobanti materiali ciottolosi, sabbiosi ed argillosi, caratterizzati nella parte sommitale da uno strato di alterazione simile a quello dei ripiani terrazzati coevi. La natura dei clasti è spesso difficilmente riconoscibile per la loro profonda alterazione. Si tratta comunque di calcari e calcari dolomitici riferibili a formazioni del Trias medio-superiore, dolomie, selci e quarziti, gneiss e micascisti della "Serie dei Laghi", rocce granitoidi e di origine vulcanica. L'alterazione dei ciottoli diminuisce con la profondità, le dimensioni sono molto variabili, talora il grado di arrotondamento è abbastanza elevato. La matrice che li ingloba, di natura prevalentemente argillosa, contenente ossidi di ferro, ha una colorazione rosso-mattone, con tonalità rosso-cupo o giallastra. Lo strato sommitale di alterazione è noto con il nome di "ferretto", un vetusol spesso 3-4 m, molto compatto e poco permeabile.

Fluvio-glaciale Mindeliano

Si estende nella parte settentrionale della provincia di Milano: forma estesi pianalti prevalentemente allungati nord-sud e separati tra loro da aree più depresse colmate da depositi più recenti. Si tratta di depositi costituiti da ciottoli arrotondati con alto grado di selezione deposti in letti sub-orizzontali ed immersi in una matrice sabbioso-argillosa di colore giallastra-rossastra. La loro genesi deriva dalla erosione e smantellamento, quasi contemporaneo alla deposizione, dei depositi morenici mindelliani connessa all'azione delle acque degli scaricatori glaciali. Questi sedimenti costituiscono alcuni dei terrazzi maggiori (Groane, Albate-Sovico-Macherio, Paderno-Verderio-Mezzago, Olgiate Molgora, Bernareggio, Gerno-Camparada-Velate), e presentano la parte superficiale ricoperta di vetusol, denominato "Ferretto", che raggiunge spessori di 3-4 m ed è caratterizzato da un colore marrone-rossiccio e da una elevata compattazione che lo rende poco permeabile alle acque di infiltrazione. Talvolta è presente anche un deposito limoso di probabile origine eolica.

Morene del Riss

Costituite da depositi caotici, ghiaiosi e sabbiosi con abbondante matrice argillosa in cui sono frequentemente inglobati blocchi provenienti dall'arco prealpino ed alpino. Morfologicamente si evidenziano in cordoni morenici pressoché paralleli, interni alla cerchia morenica mindelliana, e formano le cerchie degli apparati del Lario, del Lambro e dell'Adda.

Fluvio-glaciale Rissiano

Con questo nome si indicano i terreni costituenti quei terrazzi ubicati ad una quota intermedia tra quelli più elevati mindelliani e la pianura. Geograficamente si trovano presso Garbagnate Milanese, Monza, Vimercate, Bellinzago Lombardo. Affiorano nella parte settentrionale della provincia di Milano e costituiscono estese spianate che si allungano da nord a sud assottigliandosi a meridione. Difficilmente distinguibile dai depositi fluvio-glaciali mindelliani è costituito da ciottoli grossolani arrotondati con ghiaie in matrice sabbiosa giallo ocrea, con locale presenza di lenti conglomeratiche. Presentano una alterazione superficiale con caratteristiche simili al "Ferretto", localmente ricoperta da loess.

Morene del Wurm

Rappresentano l'ultimo episodio della fase glaciale quaternaria, sono caratterizzate da ghiaie, ciottoli e limi prevalenti con tessitura caotica spesso inglobanti massi erratici anche di notevoli dimensioni con debole strato di alterazione. Morfologicamente formano morene laterali, frontali e di fondo della cerchia più interna al passaggio con le Prealpi più a Nord.

Fluvio-glaciale Wurmiano

Si tratta di depositi di ghiaie e sabbie in matrice limosa con locali lenti di argilla, e costituiscono il cosiddetto "Livello fondamentale della pianura". La natura dei ciottoli è varia: prevalgono graniti, granodioriti, porfidi quarziferi, porfiriti, micascisti quarziti, calcari dolomitici e dolomie. Hanno dimensioni variabili fino a 10 cm circa ed una forma piuttosto arrotondata. Si differenzia dal fluvio-glaciale più antico per l'assenza di un evidente strato di alterazione: esiste tutt'al più una coltre di humus marroncino spessa fino a 50 cm. Procedendo verso Sud si rileva un aumento della frazione granulometrica più fine, consequenziale alla diminuzione di energia di trasporto delle acque con la distanza; superiormente presentano un livello sabbioso-argilloso che convoglia grosse quantità di acqua verso gli orizzonti sottostanti i quali, per l'elevata porosità, costituiscono un ottimo serbatoio per l'acqua di falda.

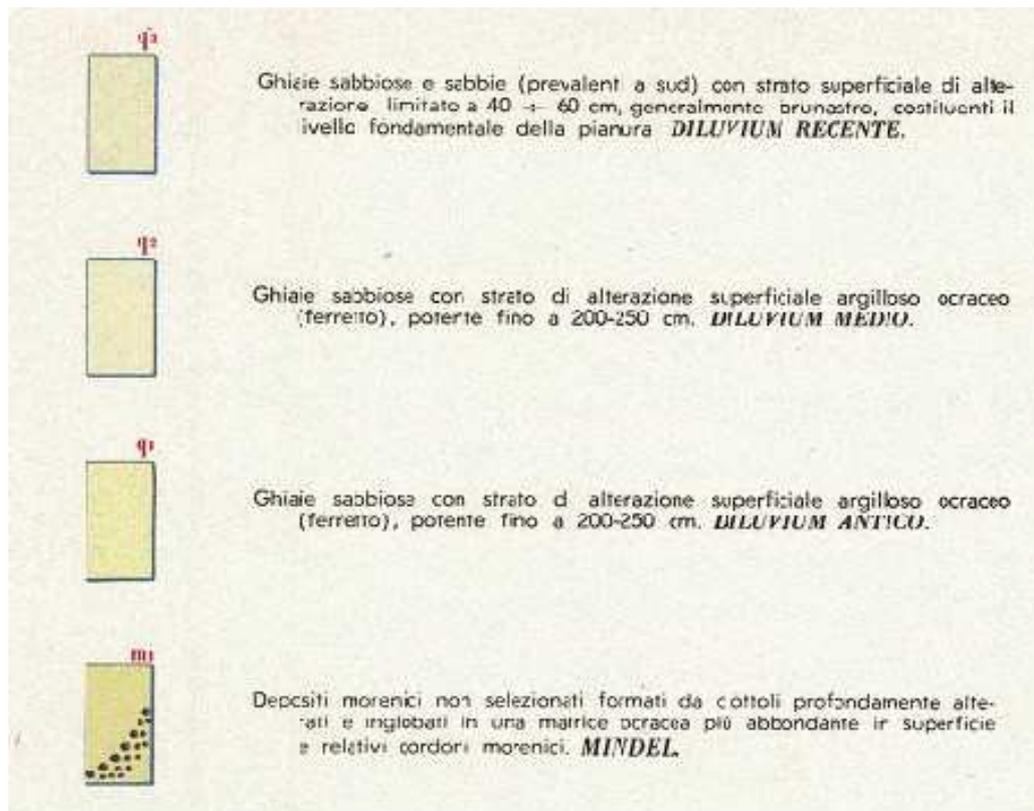
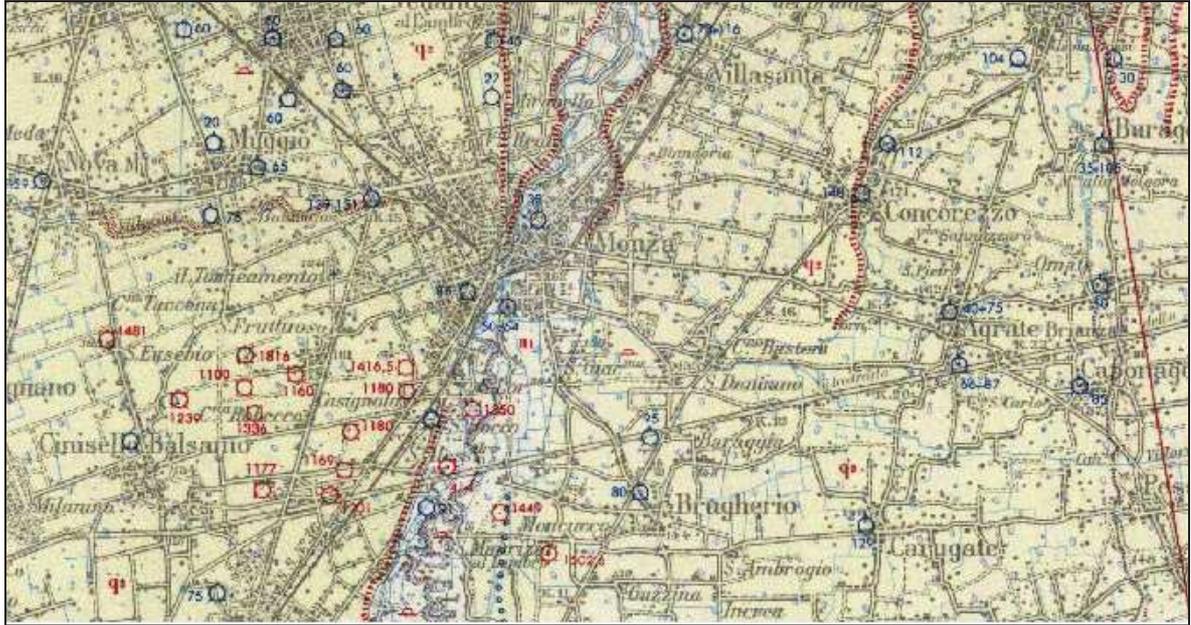
Alluvioni antiche

Affiorano estesamente nella zona d'interesse. Cronologicamente sono deposte dopo la fase di glaciazione wurmiana. Si tratta di ghiaie ciottolose passanti a ghiaie sabbiose verso Sud, intercalate a livelli sabbioso-limosi legati a fasi di esondazione. Le dimensioni dei ciottoli vanno diminuendo da monte verso valle. Le alluvioni antiche si estendono in corrispondenza dei corsi d'acqua principali ad una quota più bassa rispetto al "Livello fondamentale della pianura".

Alluvioni recenti ed attuali

Si tratta di depositi ghiaiosi e sabbiosi con lenti limoso-argillose variamente estese, sono state generate dalle esondazioni dei fiumi dal loro alveo.

CARTA GEOLOGICA FOGLIO 45 MILANO
Estratto Carta Geologica d'Italia



– INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Aree dei depositi morenici

I depositi delle cerchie moreniche quaternarie si sviluppano da Camparada a Veduggio secondo una morfologia tipicamente collinare con evidenze sempre più marcate con il decrescere dell'età del deposito. Le cerchie moreniche più esterne (più recenti) si sviluppano con estrema continuità nel settore compreso tra Canonica Lambro, Camparada e Maresco (CO) seguite, procedendo in direzione Nord, da allineamenti minori contraddistinti da minore continuità (settore a nord di Canonica Lambro, Correzzana e Triuggio), intervallati da ondulazioni ed avvallamenti intramorenici.

Aree dei terrazzi pleistocenici

Nel settore della pianura milanese settentrionale sono distinguibili tre grandi settori terrazzati sviluppati, da Ovest verso Est, nelle aree delle Groane e Meda, l'area della Brianza centrale ed infine il settore compreso tra Vimercate ed il fiume Adda. Tutte le suddette aree presentano situazioni paragonabili tra loro da un punto di vista pedologico anche se attribuibili a formazioni quaternarie assai differenziate. In linea generale sono riconoscibili due serie terrazzate principali ed una serie di superfici secondarie di tipo transizionale, erosivo e/o deposizionale.

Tra le superfici più antiche rientrano il terrazzamento delle Groane (di notevole estensione), quello di Camparada ed i terrazzamenti ad est del torrente Molgora; questi ultimi sono suddivisibili in due serie differenziate sviluppate tra Ronco Briantino-Carnate e Bernareggio.

Le superfici sviluppate a quota intermedia tra i pianalti ferrettizzati ed il "Livello fondamentale della pianura" si caratterizzano per un'omogeneità strutturale assai maggiore rispetto a quelle più antiche, per la mancanza di reticolo di drenaggio ed in linea generale risultano maggiormente interessate dalle attività antropiche. Si caratterizzano per dislivelli altimetrici assai variabili rispetto alla pianura: si passa infatti da settori privi sostanzialmente di evidenze morfologiche terrazzate, ad aree con dislivelli da 2 a 5 metri (Cavenago, Cambiago, a valli incise dagli scaricatori glaciali, sino a giungere in zone come all'interno del parco di Monza in cui vengono superati i 5 m di dislivello.

Aree di Pianura

Le superfici costituenti la pianura fluvioglaciale sono state suddivise, secondo un criterio morfologico, in strutture a conoide riferibili all'attività erosivo-deposizionale dei corsi d'acqua principali che attraversano l'area. Le recenti ricerche geomorfologiche hanno permesso di distinguere l'esistenza e l'estensione delle conoidi dell'Olonza, del Lura-Bozzente, Seveso, Lambro, Molgora ed Adda. Lungo la conoide del Lambro, tale pendenza media tende a salire lievemente presentando valori medi intorno a 0,65 % con valori anche superiori nei settori più interni della pianura in prossimità dell'apice della conoide medesima (0,70 %). Tali pendenze tendono a diminuire notevolmente, parallelamente alle evidenze morfologiche, procedendo verso sud all'interno dei settori di pianura con pendenze prossime a 0,40 %, valore che potrebbe costituire il limite di acclività tra media ed alta pianura (Ersal 1999).

Aree delle valli fluviali

Lo sviluppo dei principali corsi d'acqua, nel nostro caso il Fiume Lambro, si articola attraverso territori con morfologie assai differenziate passanti da colline moreniche a settori terrazzati sino alle aree di pianura incidendo profondamente tali strutture morfologiche. Ne deriva pertanto lo sviluppo di dislivelli altimetrici tra i depositi alluvionali attuali e recenti ed i depositi più antichi attraversati ed erosi: nel caso del Fiume Lambro tali dislivelli variano da 30-60 metri dei settori collinari, a 10 metri circa all'interno del parco di Monza sino a 2 metri nel settore di Cologno Monzese.

2.2 Verifica aree di frana

Dallo studio della cartografia a supporto del PGT comunale l'area in esame risulta non essere interessata da fenomeni franosi attivi.

3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO ED IDROGRAFICO

3.1 Idrogeologia

Il Fiume Lambro ha origine nelle Prealpi Lariane, tra le province di Como e Lecco, scorre da Nord verso Sud, parallelamente al Ticino e all'Adda, per circa 130 km fino alla confluenza con il Po. Nella parte superiore del bacino il sistema è caratterizzato da regime torrentizio e da una rete densamente ramificata di affluenti di portata ridotta.

Nell'area collinare della Brianza, densamente urbanizzata e industrializzata, il Lambro riceve contributi dalle falde che interessano i corpi morenici, dalla rete idrica naturale e di superficie e dagli scarichi degli impianti di trattamento delle acque fognarie, ove esistenti. A sud dell'area metropolitana di Milano il Lambro riceve le acque del Naviglio Martesana e dei fiumi Olona e Seveso con i relativi canali.

Va rilevato che dal suo ingresso nel Parco di Monza il corso del fiume è caratterizzato dalla presenza di un alveo pensile in cui non vi è diretto collegamento tra l'acqua di falda e le acque che scorrono nell'alveo del fiume.

A livello idrografico nel comune di Monza ,oltre al fiume Lambro , si segnala la presenza di alcuni canali irrigui: oltre a canali minori ad ambito puramente locale va rilevata la presenza del Canale Villosesi che scorre con direzione prevalente Ovest-Est e si presenta con alveo completamente cementato.

3.2 Idrografia

Secondo i dati reperiti presso il SIF (Sistema Informativo Falda) della Provincia di Milano la soggiacenza media della falda freatica in quest'area del comune di Monza si attesta a profondità comprese tra 25 e 35 m dal p.c. (vedasi carta della soggiacenza allegata).

Secondo le carte isofreatiche consultate (dal 1992 al 2004) la direzione di flusso della falda freatica nell'area indagata assume un andamento N-S tendente a NNE – SSO, con gradiente idraulico pari a circa il 7 ‰ .

Osservando l'andamento delle isopiezometriche negli ultimi anni, si osserva che nell'area indagata la quota della superficie freatica ha subito frequenti oscillazioni, pertanto si ritiene che l'esatto livello della superficie freatica dovrà essere accertato mediante indagine puntuale.

3.3 Verifiche PSAI AdBR- aree a rischio idraulico

E' stata effettuata la verifica delle aree a rischio Idraulico PSAI-Autorità di Bacino Regionale.

Per quanto riguarda l'area in oggetto di studio, non è stata rilevata alcuna zona delimitata e soggetta a rischio.



4.0 CLASSIFICAZIONE SISMICA

4.1.1 Azione sismica

La classificazione sismica del territorio nazionale e le normative tecniche per le costruzioni in zona sismica sono regolate dalle norme contenute nella O.P.C.M. n. 3274/2003, pubblicata sulla G.U. n. 105 dell'8 Maggio 2003.

La Regione Lombardia, con il D.G.R. 14964 del 7 Novembre 2003, ha preso atto della nuova classificazione dell'Ordinanza 3274/2003, entrata in vigore dal 23 Ottobre 2005, in concomitanza con la pubblicazione del D.M. 14 Settembre 2005 "Norme tecniche per le costruzioni" che attribuisce al comune di Monza Zona 4 ("bassa sismicità"), la quale sostituisce la categoria "non classificato" della normativa precedente.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

Con il decreto Regionale del 2016 vengono stabilite le nuove classificazioni che collocano il Comune di Monza in Classe 3

Le azioni sismiche di progetto in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primaria per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} .

Ai fini delle nuove NTC le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;

F_o : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

4.1.2 Valutazione pericolosità sismica

In base al DM 14/01/08 (Norme Tecniche Costruzioni) la struttura da realizzare è classificata di tipo 2 (opere ordinarie) e di classe II (costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti) ne consegue che $V_N = 50$ anni (vita nominale della struttura) e $C_u = 1,0$ (coefficiente d'uso), quindi $V_R = V_N \times C_u = 50$ anni (vita di riferimento della struttura).

In base alla localizzazione del sito (coordinate geografiche mediate rispetto all'ampiezza del lotto ed ai vari stati limite di progettazione contemplati dalla nuova normativa si hanno i seguenti parametri sismici sintetizzati nella tabella di seguito riportata:

Parametri sismici

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	30	[anni]
ag:	0,020	g
Fo:	2,552	
Tc*:	0,166	[s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	50	[anni]
ag:	0,026	g
Fo:	2,542	
Tc*:	0,196	[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	475	[anni]
ag:	0,057	g
Fo:	2,622	
Tc*:	0,281	[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	975	[anni]
ag:	0,071	g
Fo:	2,639	
Tc*:	0,295	[s]

SLO:

Ss:	1,000
Cc:	1,000
St:	1,000
Kh:	0,004
Kv:	0,002
Amax:	0,198
Beta:	0,200

SLD:

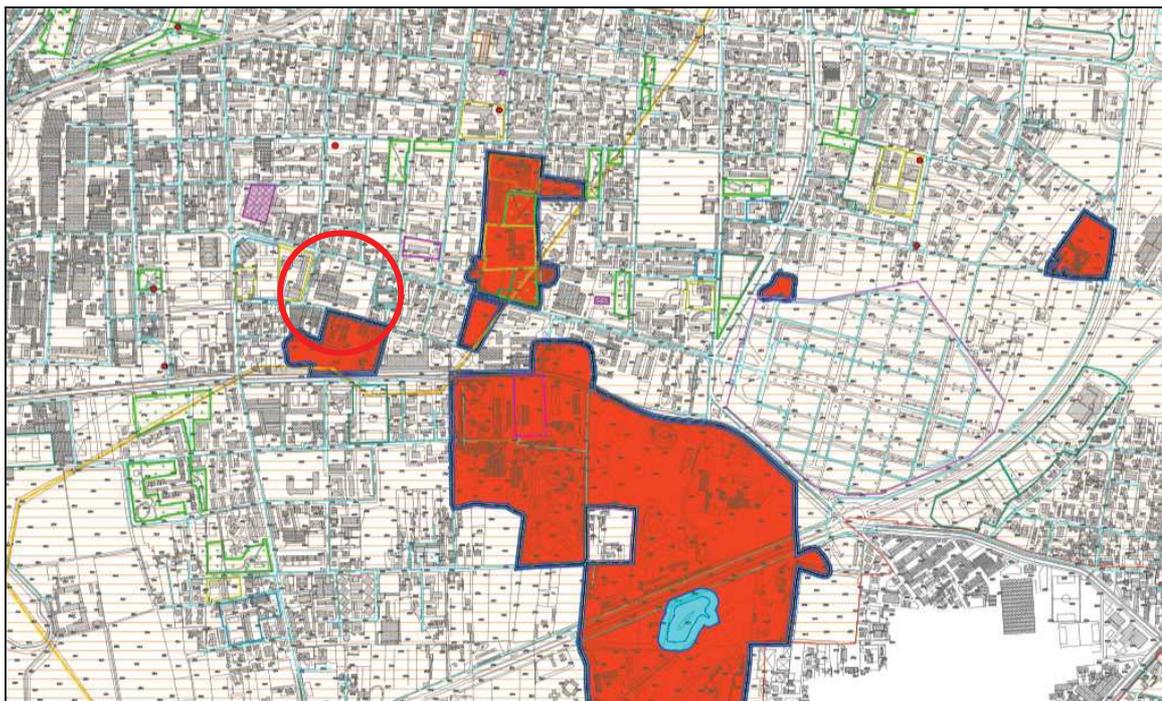
Ss:	1,000
Cc:	1,000
St:	1,000
Kh:	0,005
Kv:	0,003
Amax:	0,257
Beta:	0,200

SLV:

Ss:	1,000
Cc:	1,000
St:	1,000
Kh:	0,011
Kv:	0,006
Amax:	0,560
Beta:	0,200

SLC:

Ss:	1,000
Cc:	1,000
St:	1,000
Kh:	0,014
Kv:	0,007
Amax:	0,697
Beta:	0,200



SIGLA	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	POSSIBILI EFFETTI INDOTTI	CLASSE DI PERICOLOSITA' SISMICA
Z2a 	Zone con possibile presenza di terreni di fondazione particolarmente scadenti - Ambiti estrattivi dismessi	Fenomeni di addensamento disomogenei con conseguenti cedimenti differenziali	H2
Z2b 	Zone con possibile presenza di terreni di fondazione particolarmente scadenti - terreni granulari fini con falda superficiale	Fenomeni di liquefazione e/o cedimenti	H2
Z3a 	Zona di ciglio H > 10 m e pendio sottostante Ciglio di scarpata	Amplificazioni topografiche	H2
Z4a 	Zone di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche	H2
Z5 	Zona di contatto stratigrafico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche difformi Limite di contatto	Cedimenti differenziali e distorsioni angolari	H2

Come da estratto tavole allegate al PGT ,l'area viene classificata sismicit  Z4a con pericolosit  Sismica H2

Prova MASW

A completamento della campagna di indagine (supportata dall'esecuzione di n.9 prove penetrometriche dinamiche), è stata effettuata n.1 indagine sismica MASW, finalizzata alla misura diretta della velocità equivalente delle onde di taglio V_{s30} per la determinazione della categoria sismica di appartenenza dei terreni del sottosuolo.

L'indagine MASW si è svolta in tre fasi: acquisizione delle onde superficiali (ground roll), costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s .

Le onde di superficie sono state generate con una mazza battente (sorgente sismica) da due punti di energizzazione e sono state registrate con 12 geofoni lungo uno stendimento di 50 m.

Il modello sismico monodimensionale (V_s -profondità) che si è ricavato costituisce l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche sulla pericolosità sismica di base (amplificazioni di natura litologica).

I risultati dell'indagine MASW sono riportati nella tavola riprodotta di seguito. Il valore di V_{s30} calcolato è pari a 461 m/s .

Il valore determinato consentirebbe di attribuire ai terreni di fondazione categoria di suolo B (aventi valore V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s), valutati i valori di N_{SPT} ricavati dalle prove penetrometriche dinamiche e tenuto conto del fatto che il valore di V_{s30} calcolato è buono , si ritiene di attribuire ai terreni di fondazione categoria di suolo B.

PROSPEZIONE SISMICA M.A.S.W. (MULTICHANNEL ANALYSIS SURFACE WAVES)

Metodologia d'indagine

A completamento della definizione categoriale dei suoli di fondazione, sulla base di quanto previsto dalla normativa antisismica in vigore è stata condotta un'indagine sismica finalizzata alla definizione delle velocità delle onde di taglio (s) estesa sino alla profondità di 30 m dall'attuale piano campagna. I dati ottenuti sono risultati in buon accordo con la definizione di V_s stimata attraverso i dati dei tests penetrometrici S.P.T. permettendo di estendere a maggiore profondità (30 m dall'attuale piano campagna) il campo d'indagine.

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione. Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali. La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale,

una proprietà critica per molti studi geotecnici. L'intero processo comprende tre passi successivi: L'acquisizione delle onde superficiali e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs. Per ottenere un profilo Vs è necessario produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi. L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati. Dei valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità sono necessari per ottenere il profilo verticale Vs dalla curva di dispersione e vengono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali.

Quando si generano le onde piane della modalità fondamentale delle onde di Reyleigh, vengono generate anche una molteplicità di tipi diversi di onde. Fra queste le onde di corpo, le onde superficiali non piane, le onde riverberate (Back Scattered) dalle disomogeneità superficiali, il rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane. Le onde di corpo sono in vario modo riconoscibili in un sismogramma multicanale. Quelle rifratte e riflesse sono il risultato dell'interazione fra le onde e l'impedenza acustica (il contrasto di velocità) fra le superfici di discontinuità, mentre le onde di corpo dirette viaggiano, come è implicito nel nome, direttamente dalla sorgente ai ricevitori (geofoni).

Le onde che si propagano a breve distanza dalla sorgente sono sempre onde superficiali. Queste onde, in prossimità della sorgente, seguono un complicato comportamento non lineare e non possono essere trattate come onde piane. Le onde superficiali riverberate (Back Scattered) possono essere prevalenti in un sismogramma multicanale se in prossimità delle misure sono presenti discontinuità orizzontali quali fondazioni e muri di contenimento. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente.

Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno. La scomposizione di un campo di onde registrate in un formato a frequenza variabile consente l'identificazione della maggior parte del rumore, analizzando la fase e la frequenza indipendentemente dalla distanza dalla sorgente. La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzare il rumore durante l'acquisizione. La scelta dei parametri di elaborazione così come del miglior intervallo di frequenza per il calcolo della velocità di fase, può essere fatto con maggior accuratezza utilizzando dei sismogrammi multicanale.

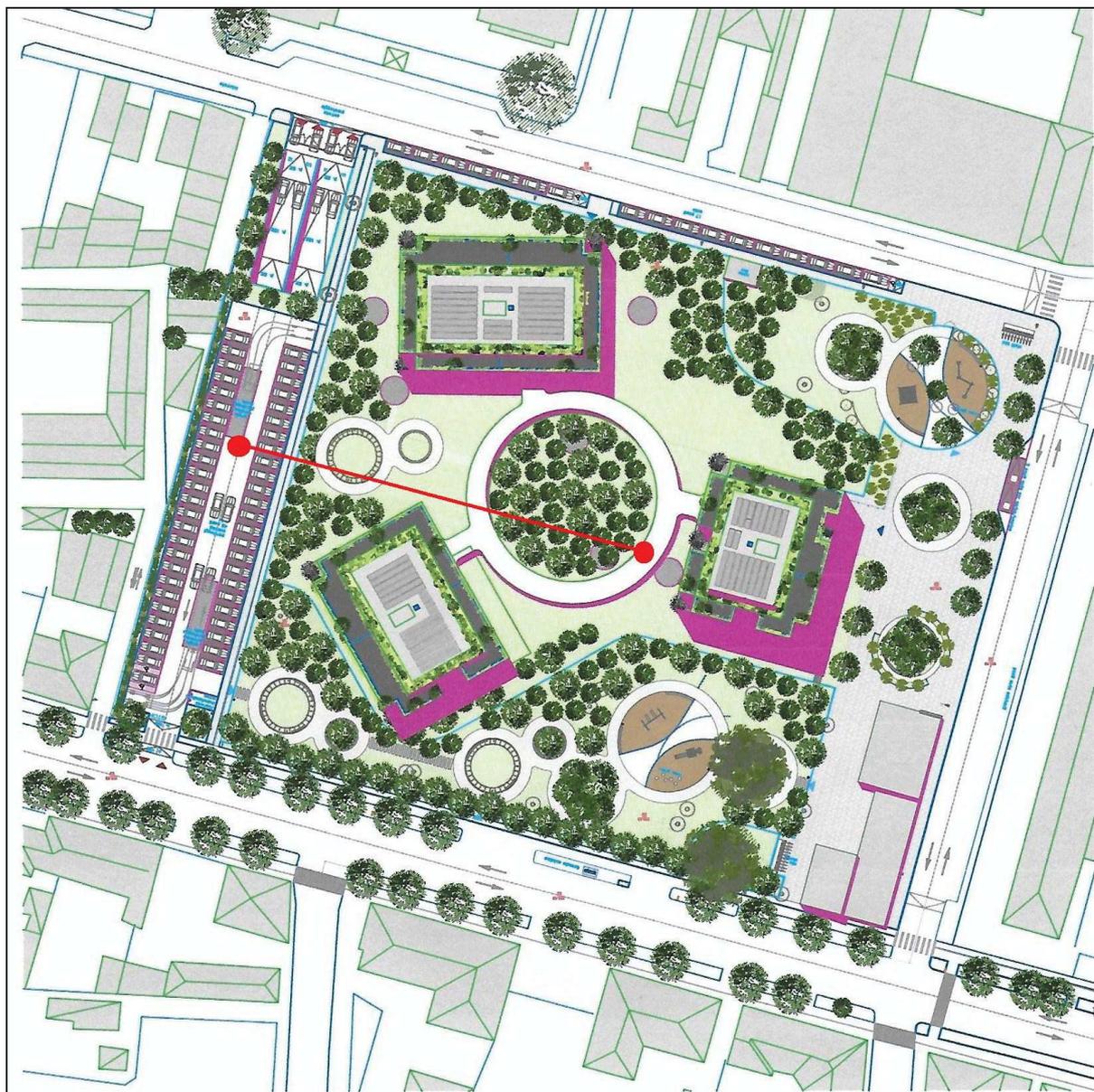
Una volta scomposto il sismogramma, una opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel dominio della frequenza può essere utilizzata per calcolare la velocità di fase rispetto alla frequenza. La velocità di fase e la frequenza sono le due variabili (x ; y), il cui legame costituisce la curva di dispersione. E' anche possibile determinare l'accuratezza del calcolo della curva di dispersione analizzando la pendenza lineare di ciascuna componente di frequenza delle onde superficiali in un singolo sismogramma.

In questo caso MASW permette la miglior registrazione e separazione ad ampia banda ed elevati rapporti S/N (Signal/Noise). Un buon rapporto S/N assicura accuratezza nel calcolo della curva di dispersione, mentre l'ampiezza di banda migliora la risoluzione e la possibile profondità di indagine del profilo Vs di inversione. Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente o un cannone sismico. La strumentazione utilizzata per l'esecuzione delle indagini si compone di un sismografo a 24 canali ad elevata sensibilità, 24 geofoni a 4,5 Hz e mazza battente.

Il principale vantaggio di un metodo di registrazione multicanale è la capacità di riconoscimento dei diversi comportamenti, che consente di identificare ed estrarre il segnale utile dall'insieme di varie e differenti tipi di onde sismiche. Quando un impatto è applicato sulla superficie del terreno, tutte queste

onde vengono simultaneamente generate con differenti proprietà di attenuazione, velocità e contenuti spettrali.

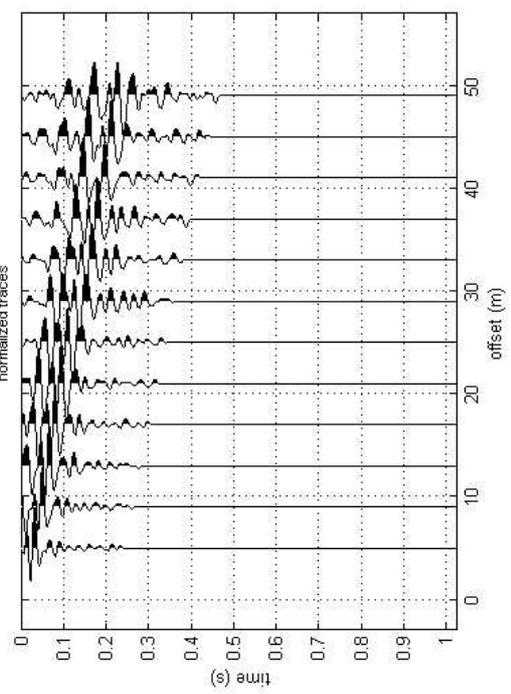
Queste proprietà sono individualmente identificabili in una registrazione multicanale e lo stadio successivo del processo fornisce grande versatilità nell'estrazione delle informazioni utili. I risultati ottenuti, vengono discussi nei paragrafi successivi e riportati, come allegati.



Ubicazione standimento prova MASW

#1: uploading & processing (MASW analyses)

dataset: 008.DAT
 sampling: 0.125 ms
 minimum offset: 5 m
 geophone spacing: 4 m



resampling: 1
 resample: accept
 data selection: activate, select, cancel, save

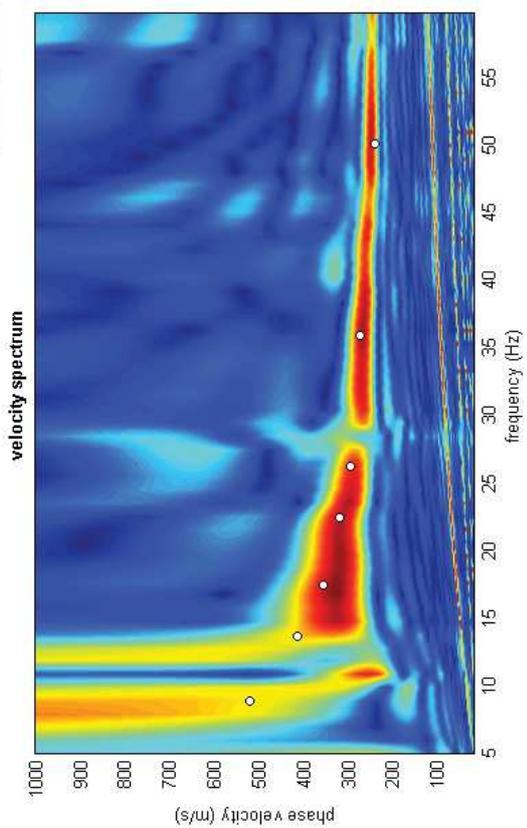
filtering & spectra: filter (0-50Hz), spectrum, spectrogram, cancel

refraction: refraction (100), upload, save, clear refraction

other tools & setting: 1.02388, Time length to visualize (s), done, flip traces, zero padding

#2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & ReMI analyses)

MASW: compute velocity spectrum
 phase velocity F-k group velocity
 save, upload, merge, explore spectrum, mode separation



general setting: Rayleigh (3), phase vel, Reference depth, Refraction, HVSR (4), H/V modes

about Poisson: calculate, upload mod., save model, refresh, rnd models, report

Vs (m/s): 90, 180, 160, 200, 300, 900, 0
 Poisson: 0.35, 0.35, 0.35, 0.35, 0.35, 0.35, 0.35
 thickness (m): 1, 2, 5, 7, 20, 0

modelling: ZVF, elastic, shows DC, synthetics

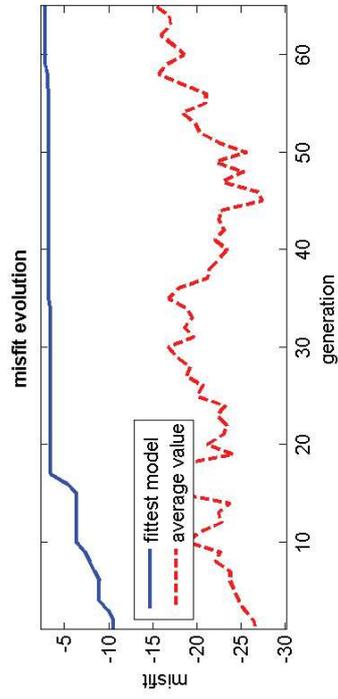
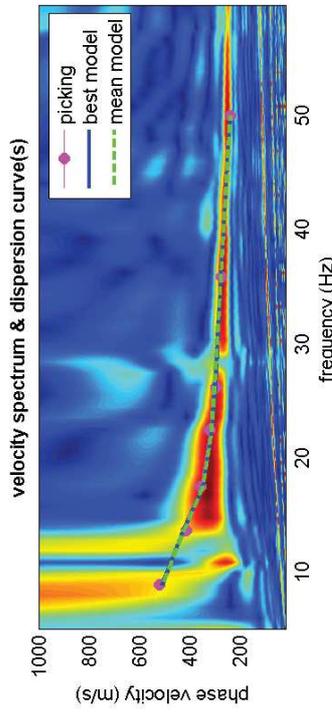
visualize curves: input curve, ?

picking: show F-k, fundamental, to select the last point of the considered mode click the right button, save picking, ?

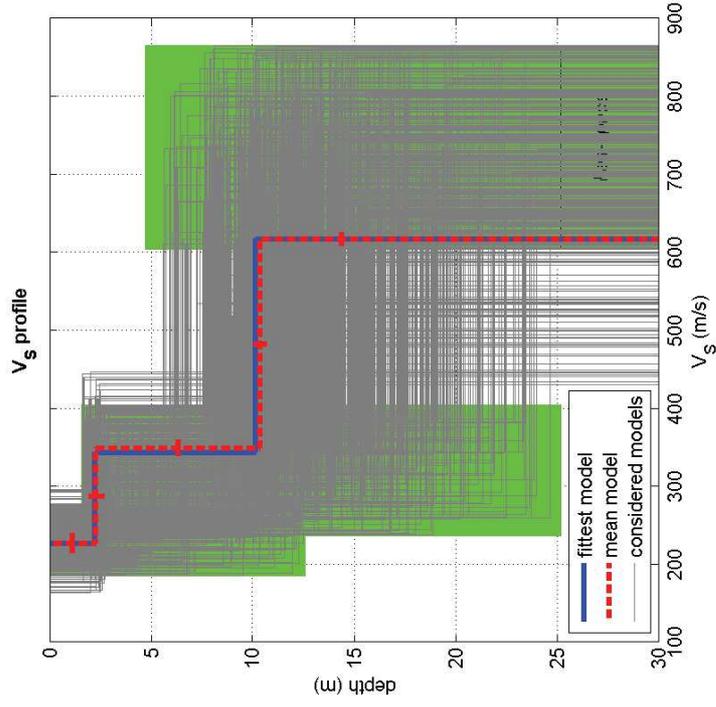
Menza via Foscolo.it: cancel picking

inversion: inversion, Joint DC-HV inv.



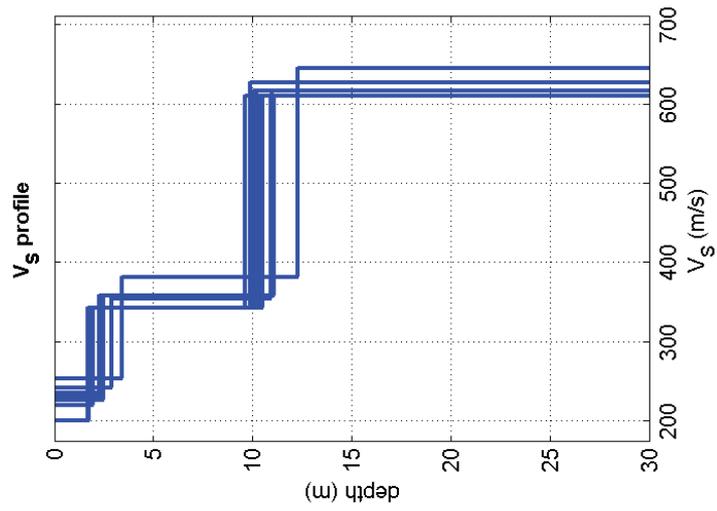
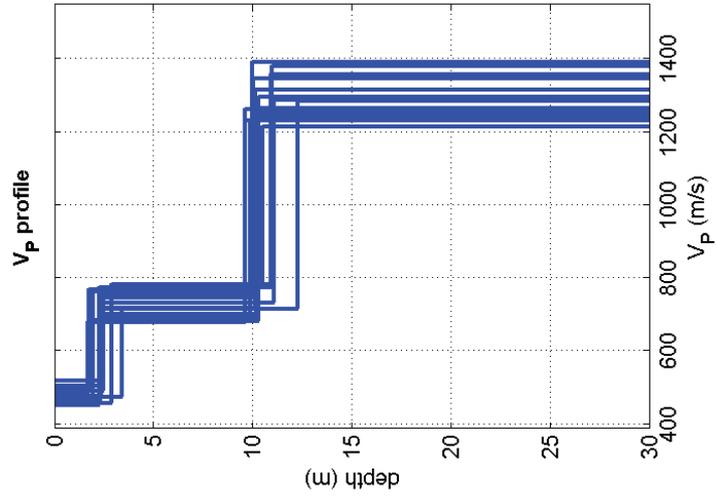
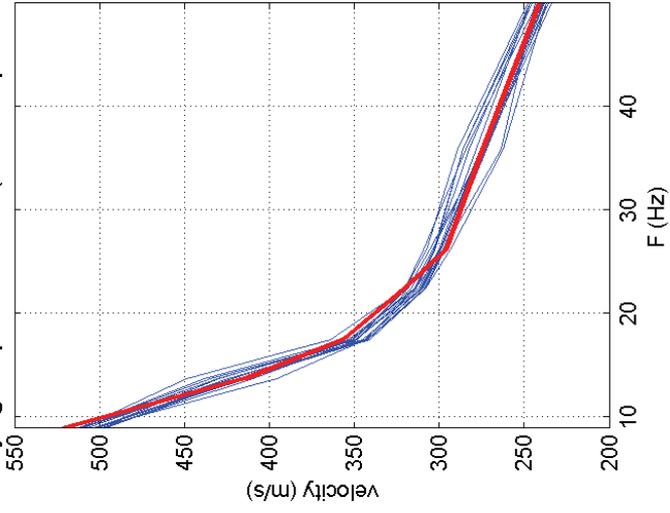


www.winmasw.com



dataset: 008.DAT
 dispersion curve: Monza via Foscolo.cdp
 V_{s30} (best model): 461 m/s
 V_{s30} (mean model): 461 m/s

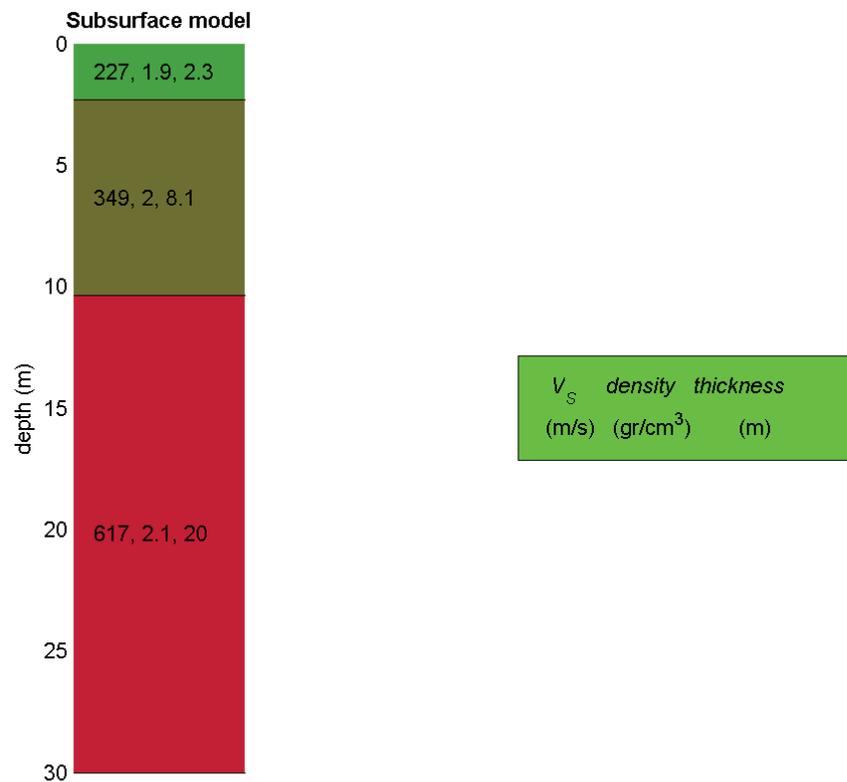
Rayleigh dispersion curves (in red the picked one)



CARATTERIZZAZIONE CATEGORIALE DEL SUOLO DI FONDAZIONE

L'analisi categoriale del suolo di fondazione è stata condotta mediante l'esecuzione di prospezioni sismiche M.A.S.W. La prospezione sismica è stata eseguita nell'intorno dell'area d'interesse in seguito a problematiche logistiche connesse al reperimento, all'interno del cantiere, degli spazi minimi necessari per l'esecuzione dello stendimento sismico.

I risultati ottenuti dalla prospezione sismica M.A.S.W., hanno permesso di individuare la categorizzazione stimata dei terreni costituenti il sottosuolo di specifico interesse sino alla massima profondità di oltre 30 m dal piano campagna. In particolare sono stati individuati quattro sismostrati principali contraddistinti da velocità delle onde s diversificate:



a) - Il primo strato, contraddistinto da minore velocità, si sviluppa sino a 2,3 m circa di profondità dal piano campagna, con V_s 227 m/sec, molto basse. Caratteristiche geotecniche scarse

b) - secondo strato si contraddistingue per velocità superiori ,349 m/sec sviluppandosi sino alla profondità di 10 m circa dal piano campagna. Caratteristiche geotecniche buone

c) - il terzo strato con velocità decisamente buone 617 m/sec e caratteristiche geotecniche buone

Il valore medio delle velocità delle onde S entro i primi 30 m di profondità ($V_s 30$) calcolato a partire dal piano campagna, si caratterizza quindi per una velocità media pari a **461 m/sec**.

Procedendo al calcolo delle $V_s 30$ secondo quanto indicato dalla normativa, ovvero a partire dal piano fondazionale di progetto (circa 3,50 m da piano campagna) le velocità sismiche restano basse .

Al fine di attuare valutazioni conservative a favore di sicurezza, viene indicata la **classe categoriale B** come quella progettualmente rappresentativa per l'area d'interesse. Risulta comunque facoltà dell'Ingegnere progettista incaricato valutare l'opportunità di adottare una classe categoriale di progetto differente da quella consigliata.

Di seguito sono riportate le categorie di sottosuolo come definite dalla tabella 3.2.II del D.M. 14/01/08.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si definiscono le seguenti categorie di sottosuolo:

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_s 30$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori fino a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $C_{U,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < C_U < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $C_U < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 3.2.II NTC 2008 – categorie di sottosuolo.

In aggiunta a queste categorie, per le quali nel punto vengono definite le azioni sismiche da considerare nella progettazione, se ne definiscono altre 2, per le quali sono richiesti studi speciali per l'azione sismica da considerare:

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_{S30} inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < C_{U,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tabella 3.2.II NTC 2008 – categorie aggiuntive di sottosuolo.

4.1.4 Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie topografica 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 $15 \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 3.2.IV NTC 2008 – categorie topografiche.

L'area oggetto di studio ricade interamente all'interno della categoria di riferimento T1 in quanto le pendenze massime dell'area sono dell'ordine dell'7 -9% ben inferiori ai 15°

4.1.5 Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente:

$$S = S_s \times S_T$$

Essendo S_s il coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi Tab. 3.2.V) e S_T il coefficiente di amplificazione topografica (vedi Tab. 3.2.VI) C_c è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo.

Categoria di sottosuolo	S_s	C_c
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \times F_0 \times a_{g/g} \leq 1,20$	$1,10 \times (TC) - 0,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \times F_0 \times a_{g/g} \leq 1,50$	$1,05 \times (TC) - 0,33$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \times F_0 \times a_{g/g} \leq 1,80$	$1,25 \times (TC) - 0,50$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \times F_0 \times a_{g/g} \leq 1,60$	$1,15 \times (TC) - 0,40$

Tabella 3.2.V NTC 2008 – espressioni di S_s e C_c . Amplificazione stratigrafica.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,00
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,20
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,20
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,40

Tabella 3.2.VI NTC 2008 – valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T . Amplificazione topografica

4.1.6 Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Categorie di sottosuolo	S_s	T_B	T_C	T_D
A – B – C – D - E	1,0	0,05 _s	0,15 _s	1,0 _s

Tabella 3.2.VII NTC 2008 – valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale

4.1.7 Spettro di risposta elastico in spostamento delle componenti orizzontali

Categorie di sottosuolo	T_E	T_F
A	4,5	10,0
B	5,0	10,0
C – D - E	6,0	10,0

Tabella 3.2.VIII NTC 2008 – valori dei parametri T_E e T_F

4.1.8 Spostamento orizzontale e velocità orizzontale nel terreno

I valori dello spostamento orizzontale dg e della velocità orizzontale vg massimi del terreno sono dati dalle seguenti espressioni:

$$dg = 0,025 \times ag \times S \times T_C \times T_d$$

$$vg = 0,16 \times ag \times S \times T_C$$

dove $ag - S - T_C - T_D$ assumono i valori già definiti.

5.0 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Dall'esame delle tavole progettuali ,si evince che le opere in progetto saranno le seguenti,

- Realizzazione di nuovo complesso ad uso residenziale

Le nuove costruzioni sorgeranno su un terreno di natura mista fluvio-glaciale , inoltre le fondazioni stesse verranno immorsate nel terreno alla profondità di mt.3,50 -4,50

Il terreno è stato indagato a partire dalla quota del piano campagna fino alle seguenti profondità calcolate da inizio prova:

prova	profondità mt
1	5,40
2	3,00
3	3,20
4	4,60
5	4,40
6	4,00
7	4,00
8	3,60
9	3,40

Non è stata riscontrata la presenza d'acqua nei fori penetrometrici, a conferma dei dati idrogeologici in nostro possesso che, come precedentemente accennato, indicano la presenza della superficie freatica ad una profondità non inferiore a 25 metri rispetto alla quota di piano campagna.

Nelle prove è stata raggiunta la profondità in cui si è verificato il rifiuto della punta alla penetrazione,

5.1 Descrizione indagini - Metodologia

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni costituenti il substrato interessato dalle opere in progetto sono state eseguite *n.9 prove penetrometriche dinamiche DPSH*, in ottemperanza alle richieste progettuali. Le indagini sono state eseguite nel dicembre 2008 e a giugno 2019, dalla Geotechnical Systems srl , incaricata dal Committente .

Per le indagini è stata utilizzata una macchina "Pagani" su cingolato gommato, trasportabile. La *prova penetrometrica dinamica DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)* consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard, infissa per battitura nel terreno, per mezzo di un idoneo dispositivo di percussione. Viene registrato il numero di colpi necessari per l'infissione ogni 20 cm di affondamento. L'attrezzatura è composta da una batteria di aste lunghe 1 metro con

diametro di 32 mm, alla cui estremità inferiore è collegata una punta conica avente angolo di apertura di 60° e da un maglio battente di 63.5 kg che viene fatto cadere da un'altezza di 75 cm. Le informazioni fornite dalle prove penetrometriche dinamiche sono di tipo continuo. Il campo di utilizzazione è molto vasto anche se viene tendenzialmente effettuata su terreni a granulometria grossolana. La prova fornisce una valutazione qualitativa del grado di addensamento e di consistenza dei terreni attraversati.

5.1.1 ubicazione prove

Le prove penetrometriche previste in numero di 9 sono state localizzate come riportato nell'allegata planimetria ,cercando di distribuirle uniformemente sull'area tenendo conto di posizionarle dove saranno presumibilmente insistenti i carichi maggiori.



Ubicazione prove penetrometriche

I risultati delle prove penetrometriche consentono di suddividere il terreno nelle seguenti litozone sulla base dei diversi parametri geotecnici medi che le caratterizzano (le profondità sono considerate a partire dalla quota di piano campagna attuale):

S.C.P.T. 2 - 4 - 5 - 7 - 8 - 9

Litologia	Profondità (m)	γ (T/m^3)	N_{SCPT}	γ_{SPT}	ϕ ϕ ϕ ϕ	$K's$ (kN/m^3)
A	0.4 -1.6/3.00	1.5 - 1.6	4 - 6	7 - 10	26	$8 - 25 \times 10^3$
B	1.6/3.00 - 3.20	1.6 - 1.8	12 - 14	16 - 18	26-28	30×10^3
C	>3.2	2.00	> 23	> 36	> 33	$> 67 \times 10^3$

S.C.P.T. 3 - 6

Litologia	Profondità (m)	γ (T/m^3)	N_{scpt}	γ_{spt}	ϕ ϕ	K' (kN/m^3)
B	0.6-2.0	1.6- 1.8	12 - 14	16 - 18	26-28	30×10^3
C	>2.4	2.00	>26	>36	>30	$> 65 \times 10^3$

dove:

N_{SCPT} = numero di colpi necessario per ottenere un avanzamento di 30 cm in una prova

SCPT

N_{SPT} = numero di colpi SPT correlati

γ = peso di volume del terreno (T/m^3)

ϕ = angolo di attrito del terreno ($^\circ$)

Nelle tabelle è indicata la successione delle litozone riscontrata nelle verticali penetrometriche eseguite. Orizzonte A costituito da litologie sabbioso limose sciolte con caratteristiche geotecniche scarse.

Successivamente si passa a terreni con caratteristiche buone (orizzonte B)

Nella prova n. 3 non sono presenti terreni con caratteristiche dell'orizzonte A (caratteristiche geotecniche scarse).

La prova n.1 rappresenta una situazione a parte in quanto l'orizzonte con caratteristiche geotecniche scarse è presente anche a profondità.

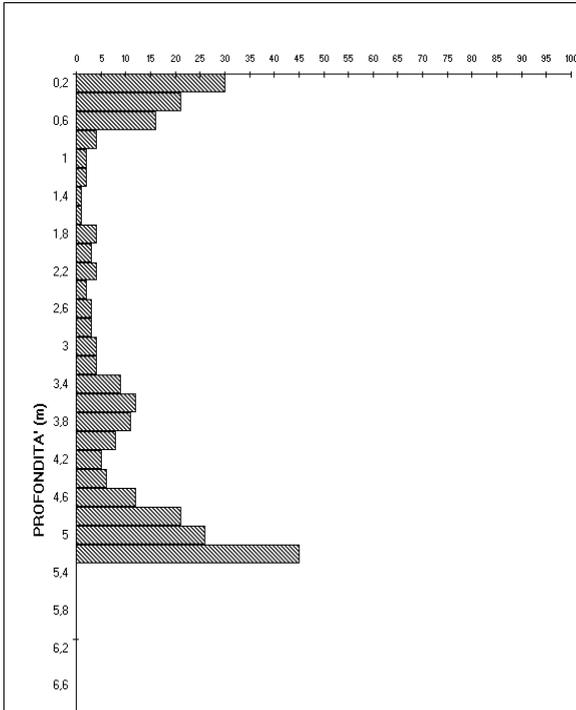
Tale situazione, del tutto anomala , fa ritenere che in quest'area vi sia stato nel passato un qualche disturbo di natura antropica come escavazione di ghiaia e successivo riempimento con materiale di riporto che ha modificato la situazione geotecnica "naturale" .

E' importante sottolineare che la maggior parte delle prove eseguite hanno dato rifiuto alla penetrazione prima del raggiungimento della quota prevista per il piano di imposta della fondazioni - 4,50 mt dal p.c.

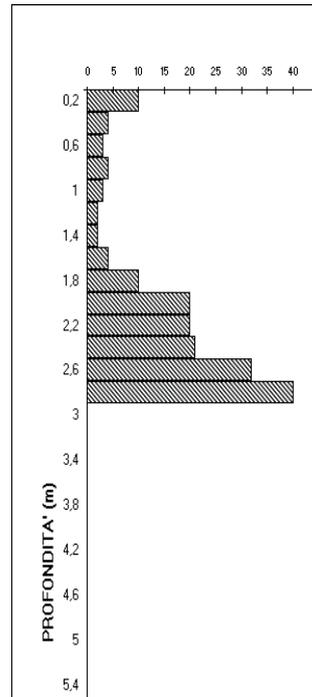
PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE					
COMMITTENTE		CLOTILDE SRL			
CANTIERE		VIA FOSCOLO,18-			
QUOTA DI RIFERIMENTO:		p.c.		DATA	dic-08
Profondità (m)	prova 1	prova 2	prova 3	prova 4	prova 5
0,2	30	10	20	25	25
0,4	21	4	20	40	30
0,6	16	3	14	24	20
0,8	4	4	13	7	6
1	2	3	12	7	3
1,2	2	2	13	7	4
1,4	1	2	15	4	3
1,6	1	4	14	5	3
1,8	4	10	16	5	2
2	3	20	16	5	3
2,2	4	20	20	4	2
2,4	2	21	20	4	8
2,6	3	32	35	3	10
2,8	3	40	35	2	10
3	4	R	45	4	12
3,2	4		R	13	13
3,4	9			21	20
3,6	12			27	29
3,8	11			16	35
4	8			11	40
4,2	5			40	45
4,4	6			45	R
4,6	12			R	
4,8	21				
5	26				
5,2	45				
5,4	R				
5,6					
5,8					
6					

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE					
COMMITTENTE		Clotilde Srl			
CANTIERE		via Foscolo,18-Monza			
QUOTA DI RIFERIMENTO:		p.c.	DATA	giu-19	
Profondità (m)	prova 6	prova 7	prova 8	prova 9	prova 10
0,2	9	10	12	11	
0,4	3	9	4	3	
0,6	4	5	5	8	
0,8	6	2	6	4	
1	9	3	5	4	
1,2	10	3	4	5	
1,4	10	4	3	8	
1,6	22	4	4	13	
1,8	20	3	8	15	
2	15	5	13	18	
2,2	15	6	19	18	
2,4	20	15	26	17	
2,6	22	21	26	22	
2,8	24	24	24	25	
3	21	17	22	31	
3,2	25	16	25	35	
3,4	27	10	35	R	
3,6	30	21	R		
3,8	35	35			
4	R	R			
4,2					
4,4					
4,6					
4,8					
5					
5,2					
5,4					
5,6					
5,8					
6					

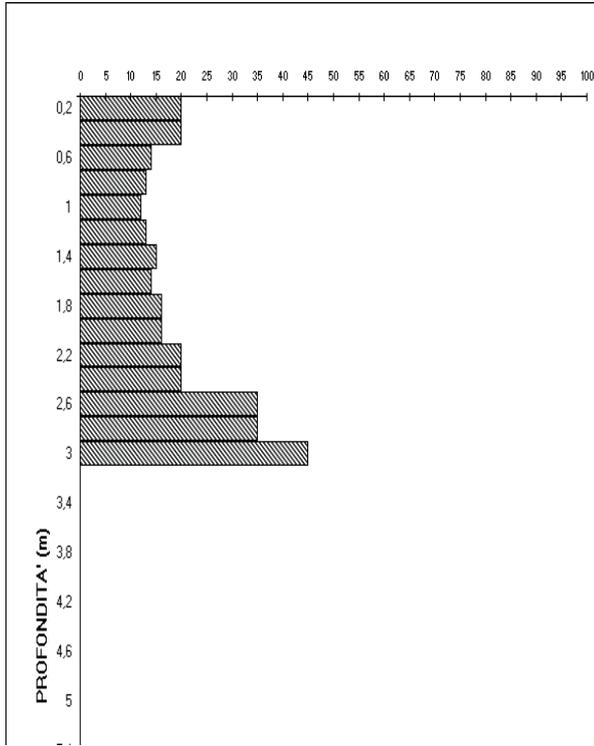
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n. 1



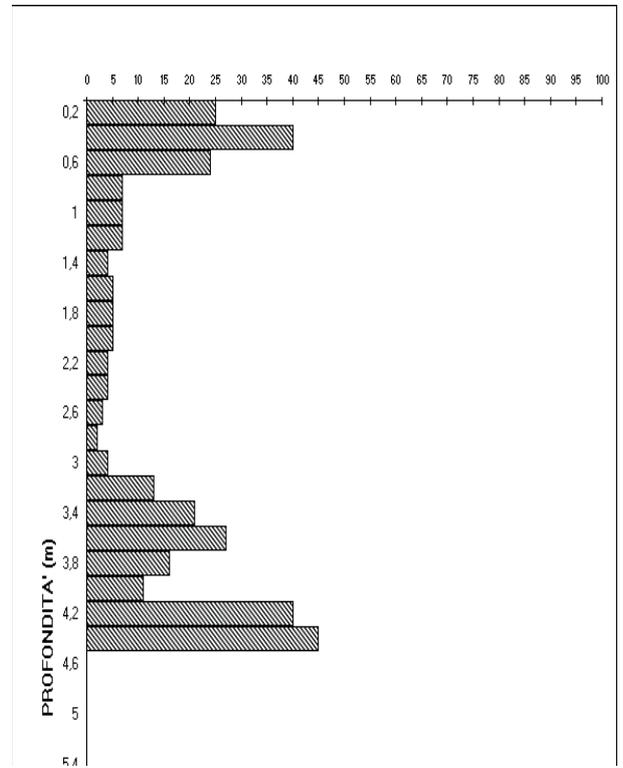
PROVA PENETROME



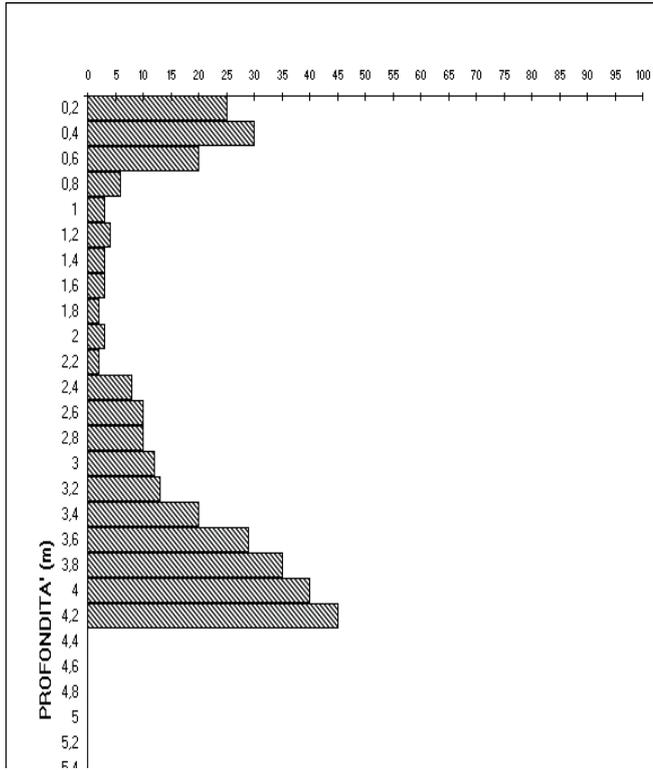
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n. 3



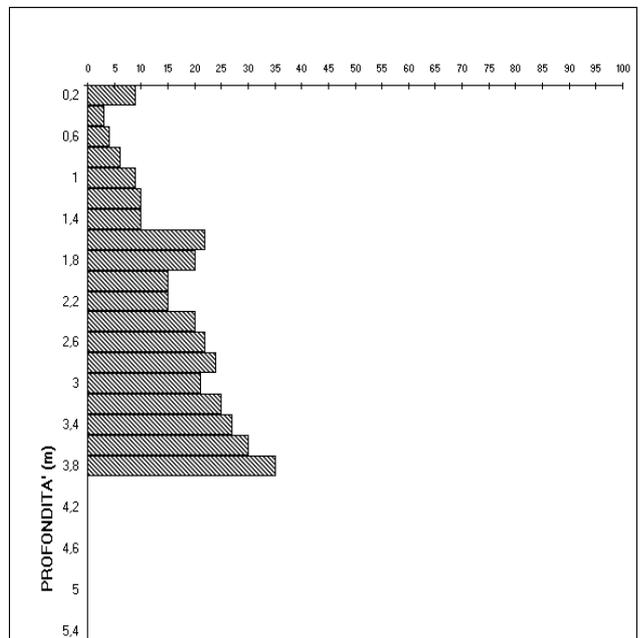
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n. 4



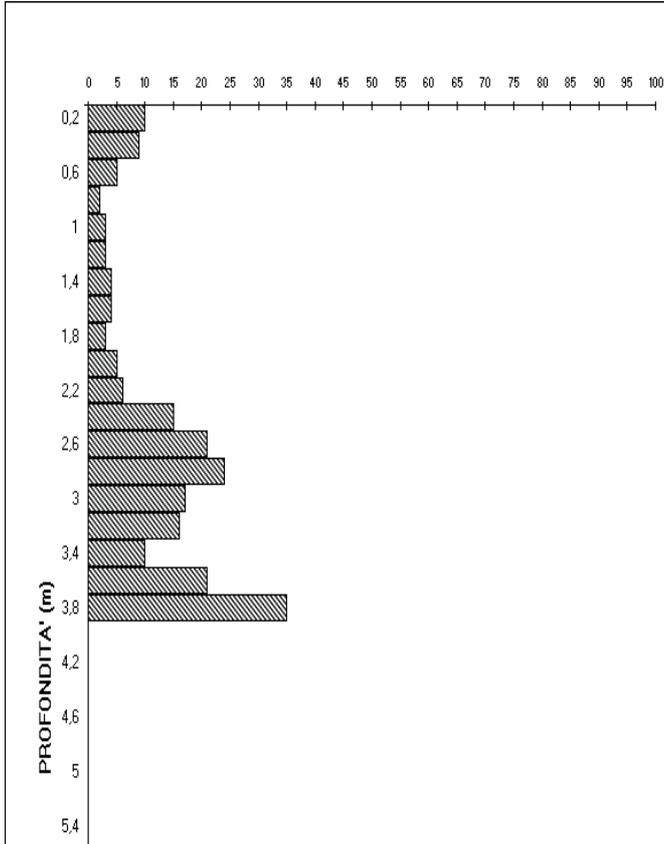
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n. 5



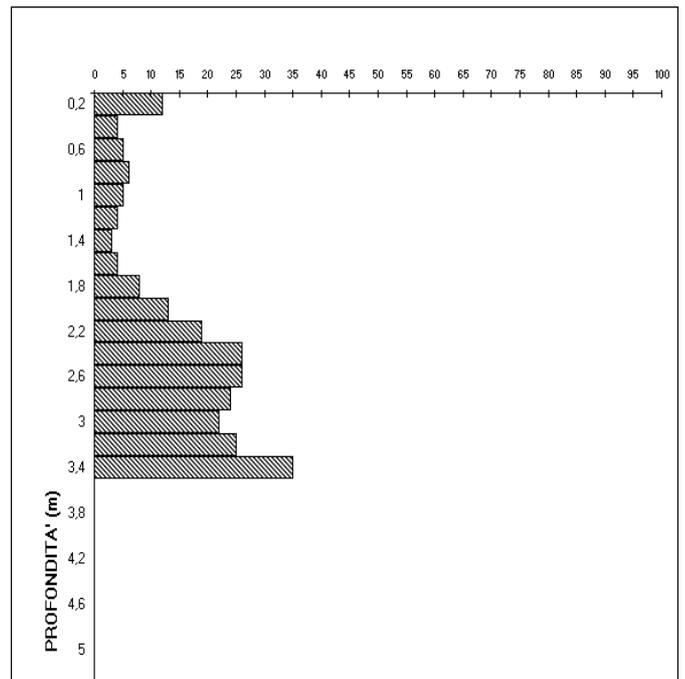
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n. 6



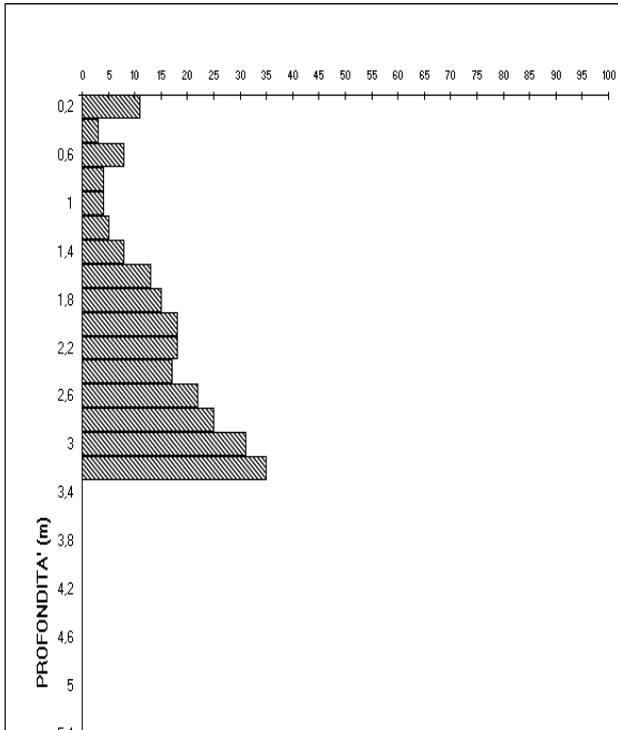
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n. 7



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n. 8



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n. 9



5.1.2 CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE E DEI CEDIMENTI

Le verifiche di capacità portante sono state eseguite considerando il modello geotecnico precedentemente descritto con i relativi parametri di resistenza calcolati.

La base del piano di posa delle fondazioni risulta localizzata a profondità di circa di 3,5/4,5 m da p.c.,

La capacità portante ammissibile è stata ricavata mediante applicazione della seguente relazione di Brinch – Hansen:

$$q_{lim.} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c + q \cdot N_q \cdot d_q \cdot s_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_y \cdot s_g \cdot d_g \cdot i_g$$

N_c, N_q, N_g = fattori di capacità portante

s_c, s_q, s_g = fattori di forma

d_c, d_q, d_g = fattori di profondità

$i_c, i_q, i_g, b_c, b_q, b_g, g_c, g_q, g_g$ = fattori di inclinazione

$q = \gamma \cdot d_f$

γ = peso dell'unità di volume

d_f = profondità d'imposta della fondazione.

B = larghezza della fondazione continua

Considerato che la trasmissione dei carichi sia affidata alle strutture sopra descritte si sono ottenuti i valori di capacità portante ammissibile indicati nelle tabelle successive, considerando un immersione delle strutture di fondazione, a favore di sicurezza, di 0,25 metri ed un fattore di sicurezza come previsto dalla normativa pari a 3.

La falda non è stata introdotta nel modello considerato in quanto non rilevata alle profondità di interesse. Nei calcoli si è valutata la capacità portante per fondazioni superficiali dirette costituite da travi rovesce di 1.00/2.00 mt con un piano di posa delle fondazioni posto ad una profondità di circa 3,50/4,5 m da p. c.

Alla luce dei risultati delle prove, nei punti di indagine il carico ammissibile risulterebbe superiore di 1,3 Kg/cm².

All'applicazione dei carichi ammissibili seguono cedimenti del terreno che non devono superare i 30 mm, a garanzia dell'integrità delle opere d'arte.

Per il calcolo dei cedimenti è stata utilizzata la seguente relazione di Burland-Burbridge, utilizzando

$$Stot. = F_s \cdot F_h \cdot \left(\sigma \cdot B^{0.7} \cdot \frac{I_c}{3} + (Q - \sigma) \cdot B^{0.7} \cdot I_c \right) \cdot (F_t - 1)$$

valori di carico ammissibile precedentemente calcolati:

dove: $F_t = 1 + R_3 + R_0 \log(T/3)$ con $R_3=0.3$ e $R_0= 0,2$ per carichi statici e $T = 10$ anni

I_c = fattore che tiene conto della probabilità che il cedimento reale superi quello calcolato, in questo caso si riferisce alla probabilità del 70% che il cedimento reale non superi quello calcolato.

σ = pressione efficace al piano di posa della fondazione

Q = carico applicato alla fondazione

B = lato corto della fondazione

F_t = fattore di profondità significativa dove calcolare il valore di SPT

5.2 Descrizione del modello geotecnico

Per modello geotecnico si intende uno schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche, del regime delle pressioni interstiziali e della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce comprese nel volume significativo, finalizzato all'analisi quantitativa di uno specifico problema geotecnico (da NTC – D.M. 14/01/2008).

5.2.1 Stratigrafia

La ricostruzione stratigrafica del terreno di fondazione è stata effettuata utilizzando stratigrafie di pozzi eseguiti in zone limitrofe. Le caratteristiche del terreno sotto riportate individuano i livelli di seguito sintetizzati :

Profondità da 0 a 0.60 m da P. C.

1° strato

Coltre superficiale costituita da terreno di coltivo o da materiale di riporto con caratteristiche assai eterogenee. Complessivamente si tratta di terreni di copertura, con caratteristiche geotecniche scarse.

Profondità da 0,60 a 2.70 m da P. C.

II° strato

Sabbie debolmente limose con intercalati livelli di ghiaie e rari ciottoli. I livelli più addensati, presenti a differenti profondità all'interno dello strato, evidenziati da intervalli di N30 con colpi più elevati rispetto agli intervalli circostanti, sono attribuiti a ghiaia grossolana.

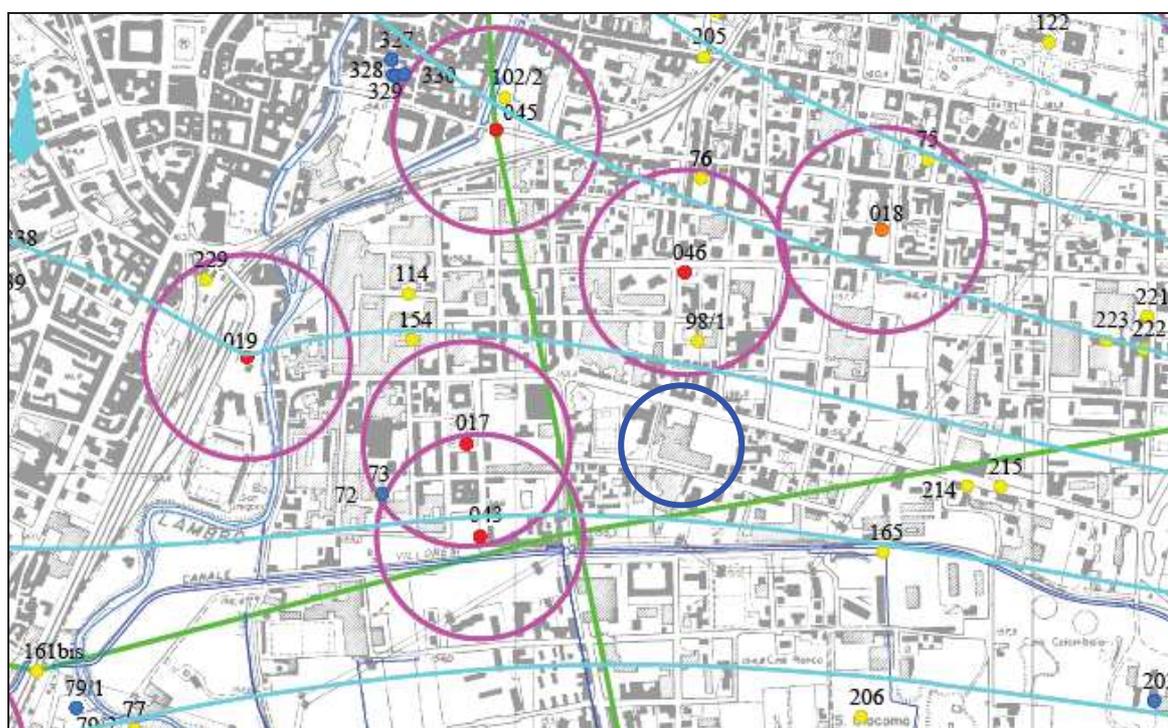
Profondità da 2.70 a 5.00 m da P. C.

III° strato

Livelli di ghiaia con sabbia, addensati, e ciottoli arrotondati (da 2-3 cm a 10 cm secondo le descrizioni riportate nella stratigrafia). Il terzo strato è individuato dalla presenza ricorrente di intervalli con colpi di $N_{30} > 5$ necessari per attraversare i livelli contenenti ciottoli.

5.3 Verifica alla liquefazione

Le caratteristiche granulometriche dei terreni investigati escludono questa ipotesi in quanto gli stessi mostrano granulometrie sabbiose ma molto variabili, e comunque non riferibili a fusi granulometrici critici. Inoltre la presunta assenza di falda esclude a priori ogni criticità: pertanto le caratteristiche dell'area rispetto a questa problematica rientrano nelle circostanze espresse al punto 3 (profondità media stagionale della falda superiore a 20 m dal piano campagna e strutture con fondazioni superficiali) delle NTC, cap. 7.11.3.4.2 "Esclusione della verifica a liquefazione". In ottemperanza alle NTC i terreni interessati non rientrano in quelli soggetti a liquefazione.



Sono state prese in considerazione le stratigrafie dei pozzi n. 13-17-18-46 prossimi all'area in oggetto

6.0 Calcolo dei cedimenti

Per il calcolo dei cedimenti, trattandosi di un terreno non coesivo, si può utilizzare il metodo di Burland e Burbridge (1984) che è basato sull'utilizzo dei dati ricavati da prove penetrometriche dinamiche.

L'espressione di calcolo dei cedimenti (espressi in mm) è la seguente:

$$S = f_s f_h f_t [\sigma_{vo} B^{0.7} I_c/3 + (q' - \sigma_{vo}) B^{0.7} I_c]$$

dove: $f_s f_h f_t$ sono fattori correttivi che tengono conto rispettivamente della forma, dello spessore dello strato compressibile e della componente viscosa dei cedimenti.

B = larghezza fondazioni

I_c = indice di compressibilità (tiene conto dei valori N_{SPT} ricavati nel corso delle prove)

q' = pressione efficace lorda (KPa)

σ_{vo} = tensione verticale efficace agente alla quota d'imposta delle fondazioni (KPa)

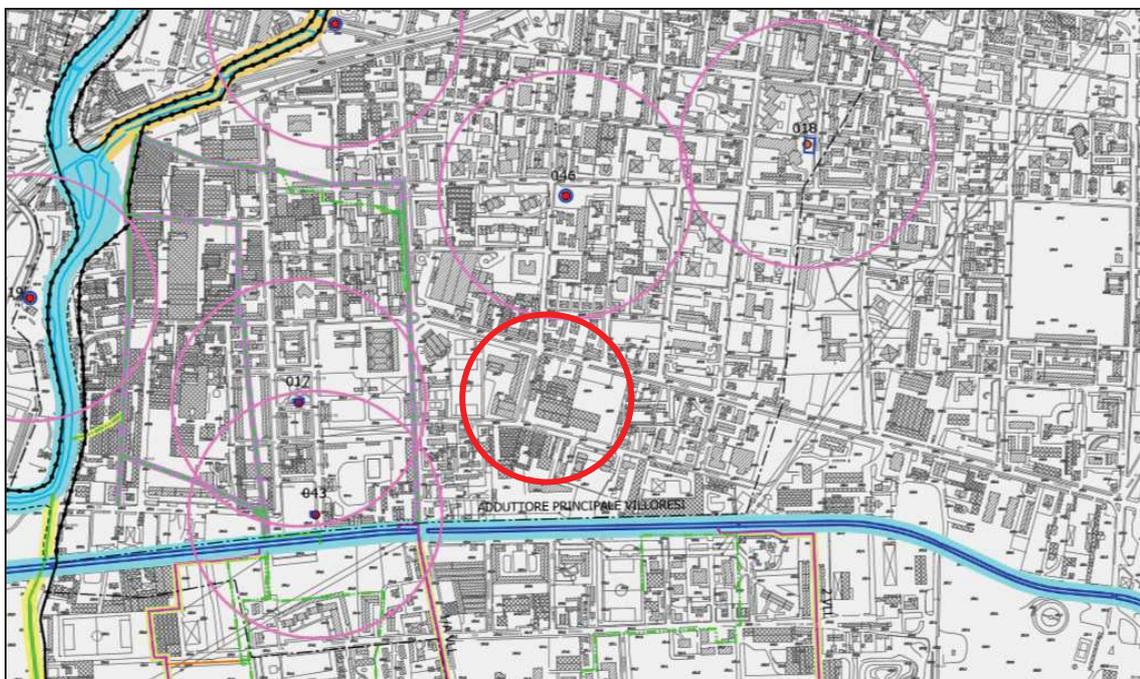
Secondo le indicazioni del Progettista è prevista la realizzazione di un piano interrato e la quota di imposta delle fondazione sarà a -4,50 mt dal p.c.

A questa quota, come evidenziato dalle prove, sono presenti depositi caratterizzati da elevati parametri geotecnica.

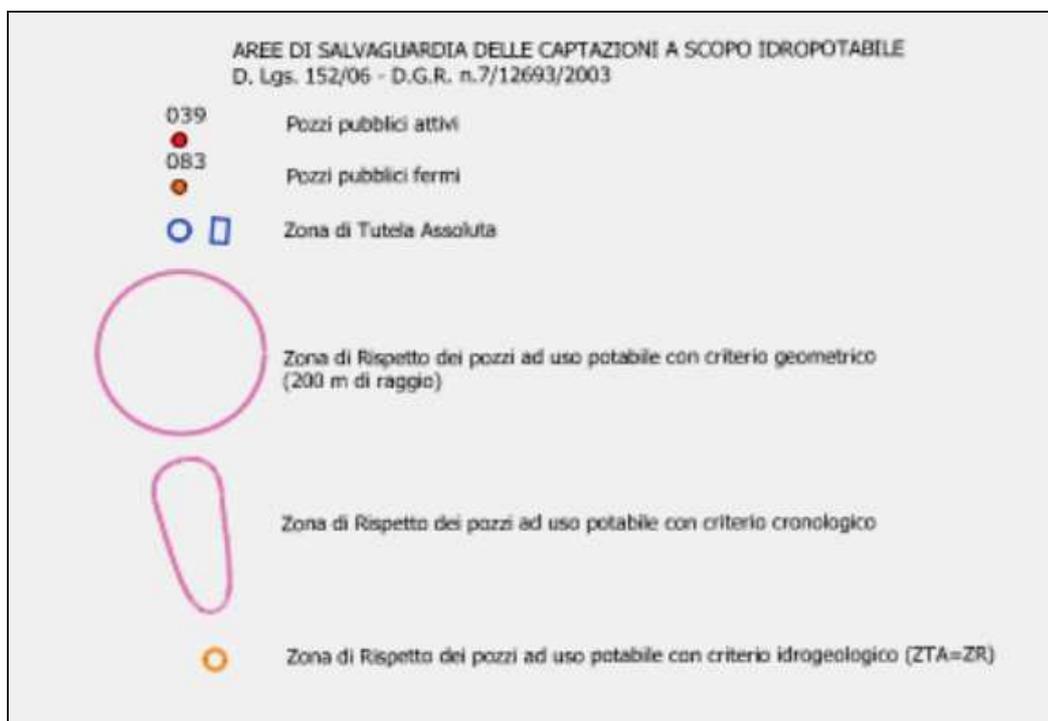
Nel caso di fondazioni a trave rovescia poste a quota 4.50 m da piano campagna, si potrà esercitare una pressione di contatto pari a **1.30 Kg/cm²** che produrrà cedimenti immediati variabili tra 10 e 15 mm, e cedimenti totali a 50 anni nell'ordine dei 25 mm con probabili cedimenti differenziali intorno a 10 mm.

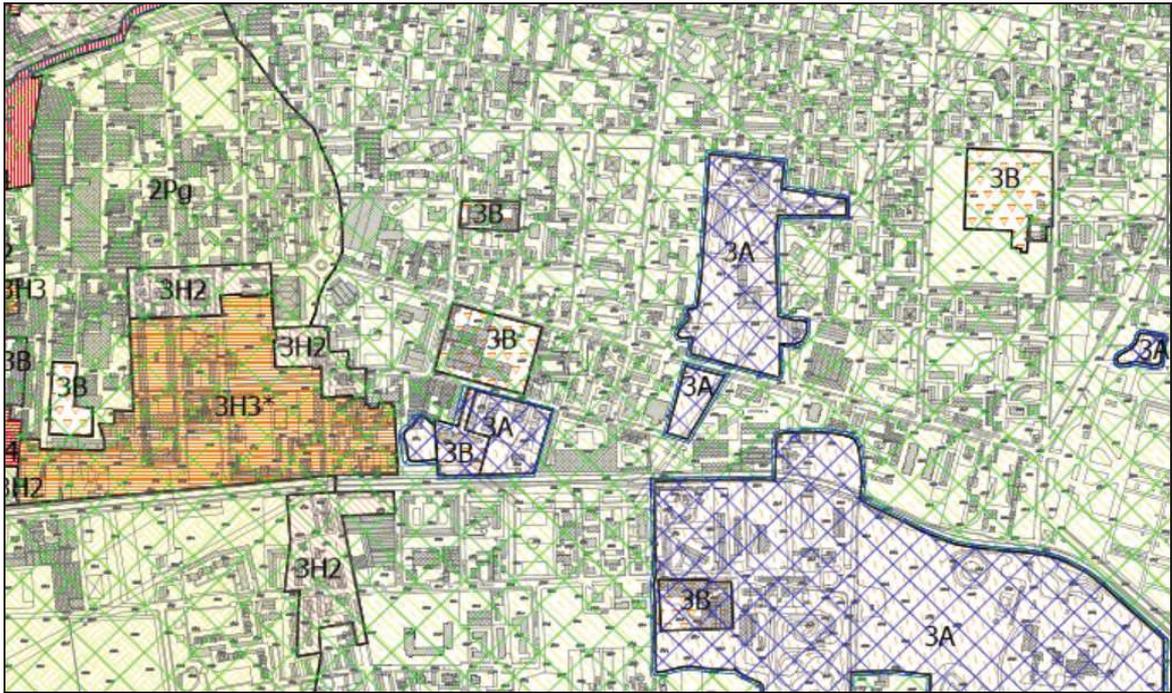
7.0 Fattibilità geologica e vincoli

Dalla consultazione delle tavole allegate alla relazione geologica del vigente PGT si evince che l'area in esame non è sottoposta a vincoli geologici ed è classificata ai fini della fattibilità ,in classe 3B con Consistenti limitazioni



Estratto carta vincoli-PGT





Estratto carta fattibilità-PGT

<p>Classe 3b Aree degradate</p> <p>FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI</p>	<p>Aree degradate per la presenza di:</p> <ul style="list-style-type: none"> - pregressa attività di discarica di rifiuti e materiali vari; - ambiti oggetto di caratterizzazione ambientale e bonifica; - impianto di depurazione. 	<p>Favorevole con limitazioni legate alla verifica dello stato di contaminazione dei suoli e delle caratteristiche geotecniche dei terreni/materiali di riporto</p>
<p>Classe 3a Cave</p> <p>FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI</p>	<p>Aree caratterizzate dalla presenza di ambiti estrattivi attivi, cessati, recuperati e/o parzialmente/totalmente ritombati.</p> <p>Aree con accumuli/stoccaggio di terreni di riporto e/o inerti</p>	<p>Favorevole con limitazioni legate alla valutazione puntuale della capacità portante dei terreni e alla verifica dello stato di salubrità dei suoli</p>
<p>Classe 3 c Ridotta soggiacenza</p> <p>FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI</p>	<p>Aree pianeggianti o debolmente acclivi, litologicamente costituite da sabbie limose e/o ghiaiose.</p> <p>Presenza di ridotta soggiacenza dell'acquifero libero (< 10 m)</p>	<p>Favorevole con consistenti limitazioni dovute alla verifica delle caratteristiche portanti dei terreni e alla salvaguardia dell'acquifero libero</p>
<p>Classe 2 Bi Binago</p> <p>FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI</p>	<p>Aree pianeggianti o debolmente acclivi nelle fasce di raccordo dei terrazzi principali, litologicamente costituiti da ghiaie a supporto clastico con matrice da limoso sabbiosa a sabbiosa pedogenizzata. Presenza di limi sabbiosi o argilloso sabbiosi superficiali</p> <p>Possibile presenza di cavità nel sottosuolo ("occhi pollini") con problematiche legate a cedimenti differenziali</p>	<p>Favorevole con modeste limitazioni legate alla valutazione puntuale delle caratteristiche geotecniche e di drenaggio delle acque</p>

8.0 CONCLUSIONI

Su incarico della Proprietà, è stata redatta la presente relazione geotecnica -geologica

Per la definizione delle caratteristiche geologico-tecniche e delle condizioni geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, sismiche e geotecniche dell'area in studio si è provveduto a eseguire:

- un sopralluogo nell'area in esame,
- consultazione dello studio geologico a supporto del PGT del Comune
- consultazione delle tavole progettuali di massima ;
- analisi dell'interferenza delle opere in progetto con la situazione geologica, geomorfologica e idrologica locale;
- individuazione delle caratteristiche dei terreni su cui si intersteranno le fondazioni delle opere in progetto e che saranno interessati dal sistema di scarico su suolo.

In sintesi le conclusioni del lavoro svolto e le relative indicazioni progettuali:

Geomorfologia:

In relazione ai caratteri geomorfologici sopra descritti non sussistono condizioni geomorfologiche ostative alla realizzazione dell'opera in titolo, non avendo ravvisato elementi di potenziale criticità, attivi e/o pregressi; le modeste pendenze unite alle caratteristiche geomeccaniche dei terreni escludono, infatti, possibilità di dissesti significativi ed è quindi lecito omettere la verifica rispetto alla stabilità dei versanti. La verifica del *PSAI - rischio frana* non ha evidenziato aree a potenziale rischio che interferiscono con il progetto.

Geologia: Le indagini eseguite hanno evidenziato un comportamento di terreni granulari da sciolti a poco addensati per quanto riguarda le coperture riferibile a terreni in facies di coperture fluvio-glaciale e/o riporto; al di sotto di questi litofacies mostra un comportamento geomeccanico di terreno granulare discretamente addensato con buone caratteristiche geotecniche .

Idrogeologia e Idrografia: dal punto di vista idrogeologico i terreni caratterizzanti l'area di progetto sono ascrivibili al "complesso dei terreni sciolti, a media permeabilità. Le indagini svolte, non hanno intercettato alcun livello di falda superficiale: in ogni caso si esclude l'interazione con le opere di fondazione. Il livello di falda più superficiale si attesta a profondità non inferiori ai 20m di profondità. Dal punto di vista idrografico, nell'area non si segnalano elementi di rilievo: l'idrografia superficiale è essenzialmente costituita da fossetti interpoderali e canali che garantiscono, comunque, un regolare smaltimento delle acque di superficie: infatti, da quanto osservato non sono state rilevate fenomenologie di dissesto legate a ruscellamento diffuso e/o concentrato.

Caratterizzazione sismica: oltre alla *valutazione della pericolosità sismica* effettuata rispetto alla tipologia di costruzione ed alla sua ubicazione geografica, è stata valutata la *categoria di sottosuolo* in base alle caratteristiche geotecnico-stratigrafiche derivate dalle indagini: il valore di NSPT calcolato in base ai dati delle prove ha consentito di classificare il sito nella categoria di sottosuolo B; per quanto riguarda le *condizioni topografiche* il sito rientra nella categoria T1.

Geotecnica: Il modello geotecnico-stratigrafico derivato dalle indagini è a 2 livelli, il più superficiale dei quali, rinvenuto e intercettato solo nella prova eseguita a quote topografiche più basse, caratterizzata in superficie da un accumulo, anche cospicuo, di materiali eluvio-colluviali e/o riporti. Il livello più profondo il substrato geologico, dotato di scarse proprietà geomeccaniche.

I dati raccolti durante le indagini geognostiche eseguite in via Foscolo a Monza possono essere così sintetizzati:

- essendo previsto un piano interrato, il piano di imposta delle fondazioni sarà posto a quota - 3,50/4.50 mt dal p.c.
- potranno essere adottate fondazioni a trave rovescia di larghezza compresa tra 1,20 e 1,40 mt
- si potrà esercitare una pressione di contatto fino a **1,30 kg/cm²** che produrrà cedimenti immediati compresi fra 10 e 15 mm e cedimenti a 50 anni di 25 mm
- i cedimenti differenziali saranno intorno a 10 mm.

Poiché quasi tutte le prove penetrometriche eseguite non hanno raggiunto una profondità di indagine da considerare soddisfacente a livello geognostico, considerata la tipologia e l'importanza dell'intervento, si consiglia vivamente, in via precauzionale, di effettuare una indagine supplementare tramite l'esecuzione di 2-3 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 20-25 mt. dal p.c. con l'esecuzione di prove SPT in foro

L'esecuzione di sondaggi, potrebbe essere l'unico modo per riuscire ad investigare direttamente il terreno oltre la profondità raggiunta dalle prove penetrometriche.

Dott. Geol. Alberto Velicogna

Iscr. Albo Regione Lombardia n. 1131



Geotechnical Systems Srl
Via Valcava, 15-20900 Monza - tel. 3486429014 - C.F.P. Iva 03019070964
E-mail: muggiati@libero.it - muggiati@epap.sicurezzapostale.it