

REALIZZAZIONE DI OPERE DI LAMINAZIONE NELL'ALTO SEVESO

CUP: B83H19000350002 – CIG: 8150878D4C

(CO-E-158)

PROGETTO DEFINITIVO

MARZO 2022

ELABORATO:

RELAZIONE GEOLOGICA - IDROGEOLOGICA ZONA NORD

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDAZIONE	VERIFICA
00	PRIMA EMISSIONE	MARZO 2022	S. Frati	G. B. Peduzzi
01				

RUP

Dott. Ing. MARCO LA VEGLIA

ATI:

MANDATARIA



20133 MILANO – via Bassini, 23 – tel. 0226681264
fax 0226681553 – E-Mail: etatec@etatec.it

Prof. Ing. ALESSANDRO PAOLETTI
Dott. Ing. GIOVANNI BATTISTA PEDUZZI
Dott. Ing. STEFANO CROCI
Dott. Ing. FILIPPO MALINGENGO
Dott. Ing. VINCENZO CICCARELLI

MANDANTI

STUDIO PAOLETTI
INGEGNERI ASSOCIATI

20133 MILANO – via Bassini, 23 – tel. 0226681264
fax 0226681553 – E-Mail: studiopaoletti@etatec.it

Dott. Ing. CRISTINA GIUSEPPINA PASSONI

Studio Frati
geologia applicata

22079 VILLA GUARDIA (CO) – via Monte Grappa, 43a
Tel 3388587308 – E-Mail: frati@geologi.it

Dott. Geol. STEFANO FRATI

FABRIZIO MONZA
ARCHITETTO

20014 NERVIANO (MI) – via Ticino, 27
Tel. 0331415944 – E-Mail: studio@archimonza.it

Arch. FABRIZIO MONZA


DOTT. SSA
ILARIA FRONTORI
ARCHEOLOGA

20093 COLOGNO MONZESE (MI) – via Santa Margherita, 14
Tel. 3383775512 – E-Mail: ilaria.frontori@gmail.com

Dott. ILARIA FRONTORI

TIPOLOGIA

PD

COMMESSA

250–46

DOCUMENTO

ATTI

NUMERO

A.4.4.2

INDICE

1. PREMESSA.....	1
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICO.....	1
3. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	4
4. RISULTANZE STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE: STUDIO GEOLOGICO COMUNALE	8
5. INDAGINI PREGRESSE.....	11
5.1 INDAGINI PER NUOVO OSPEDALE SANT'ANNA	11
6. INDAGINI REALIZZATE	18
7. RICOSTRUZIONE DELLA PIEZOMETRIA LOCALE	20
8. ASPETTI SIMICI.....	21
8.1 INQUADRAMENTO SISMICO	21
8.2 MODELLO SISMICO E SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	22
9. MODELLO GEOLOGICO	25
9.1 MODELLO GENERALE.....	25
9.2 ASPETTI LITOTECNICI.....	30
10. ASPETTI AMBIENTALI	33

1. PREMESSA

La presente relazione riporta nello specifico i caratteri geologici dell'Area Nord. Per gli inquadramenti di carattere generale si rimanda all'apposita relazione di inquadramento.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICO

Le descrizioni geologiche di dettaglio sono state desunte da analisi e studi precedenti. Particolare attenzione è stata posta all'analisi della componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del PGT vigente.

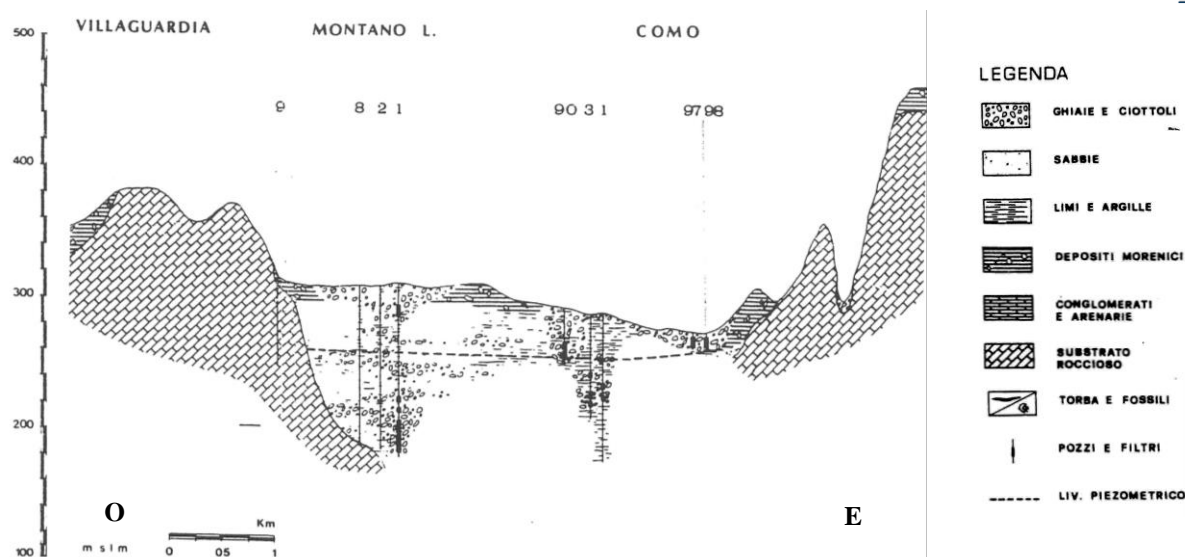
L'area in esame è posta sul territorio comunale di Montano Lucino, nei pressi del confine comunale con Como e San Fermo della Battaglia.

La zona è caratterizzata da blande ondulazioni collinari intervallate da profonde incisioni vallive che si collegano, verso sud, alla piana alluvionale del torrente Seveso.

Nel dettaglio l'area in esame si sviluppa all'interno delle piane alluvionali create dal Seveso e dal suo affluente Torrente Val Grande, posto in sponda sinistra idrografica, incuneate tra il rilievo collinare su cui sorge Lucino Alto, a ovest, quello su cui è posta la porzione meridionale del comune di San Fermo della Battaglia, a nord, e le dolci colline collocate a ovest.

L'area si presenta subpianeggiante, con una debole inclinazione verso sud. A ovest la collina su cui sorge Lucino Alto presenta pendenze più accentuate con ampie scarpate di raccordo tra i terrazzi superiori, sui quali sorgono gli abitati dei comuni adiacenti, con la piana di studio.

Uno schema generale della geologia dell'area in esame è osservabile dalle sezioni riportate nello studio "Lineamenti idrogeologici del settore sub-lacuale della provincia di Como" - 1986 (G.P. Beretta, E. Denti, V. Francani, P. Sola).

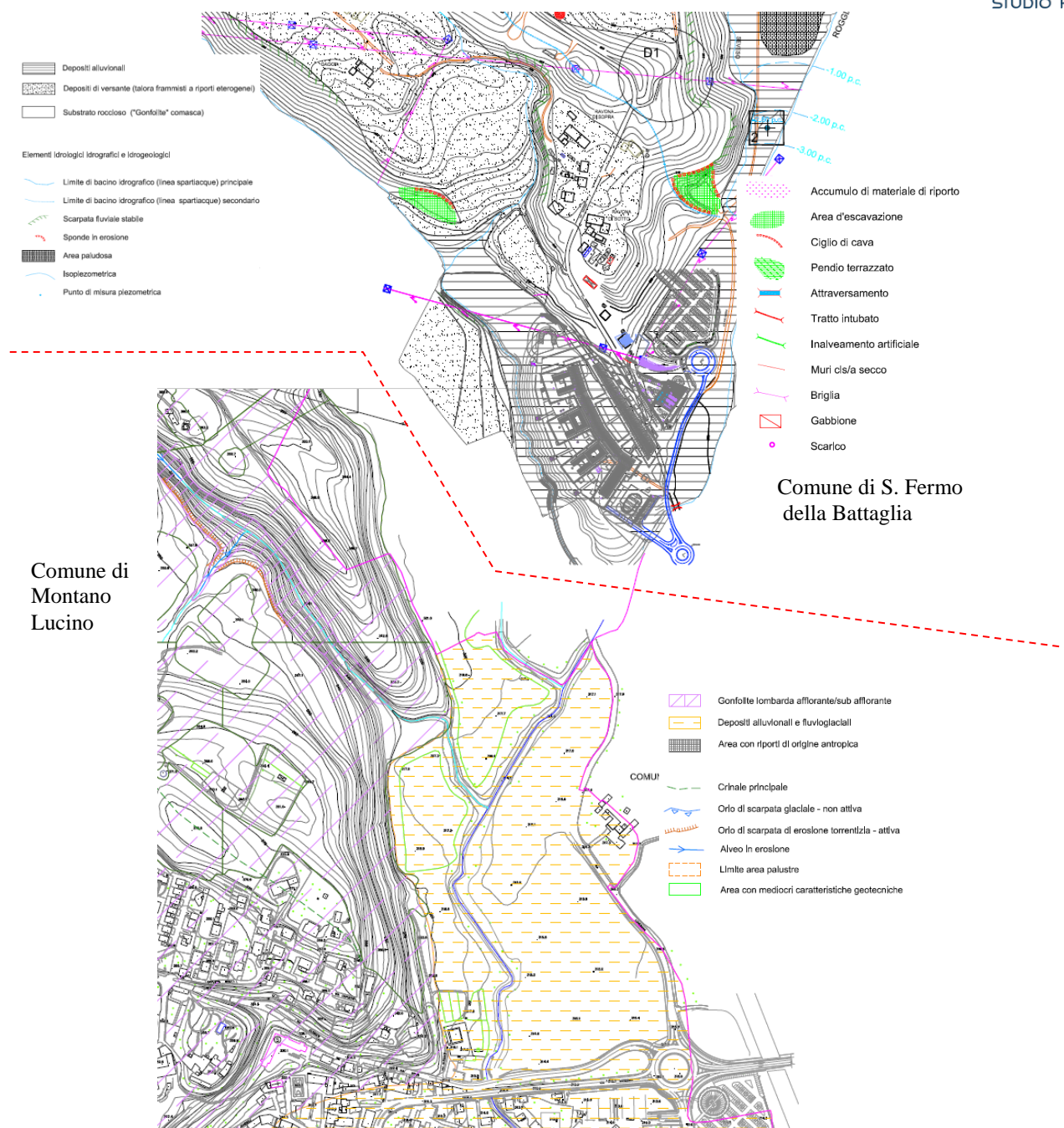


La sezione, orientata in senso ovest-est, evidenzia che la struttura dell'area in esame è rappresentata da un bacino profondo, di estensione verticale superiore ai 100 m, delimitato da pareti rocciose verticali e ripide. Il bacino è costituito nella porzione superficiale da depositi morenici, principalmente presenti sui margini del bacino, e dai depositi alluvionali recenti in ghiaie e ciottoli ai quali seguono alternanze di potenti banchi di tipo limoso-argilloso; il substrato roccioso che delimita il bacino è costituito dalla Gonfolite Lombarda.

Tale formazione è presente nella zona per lo più come Arenarie della Val Grande. Essa prevale nel settore nord e ovest mentre verso sud compare il Conglomerati di Lucino.

La facies prevalente è quella arenacea. Affiora o in banchi massicci o stratificata, con spessori variabili fino al metro, alternata a sottili strati, di spessore massimo pari a circa 50 cm, di materiale marnoso di colore grigio, con rottura scagliosa.

Nelle aree collinari che bordano la piana oggetto di intervento la Gonfolite è sub-affiorante ed è mascherata da una copertura eluviale-colluviale di natura limoso-sabbiosa con spessore variabile, da qualche decina di centimetri fino ad un metro e da depositi glaciali che hanno spessori variabili e che raggiungono spessori significativi (10-20 m) in corrispondenza dei cordoni morenici localizzati a sud (Villaguardia-Luisago) e a nord-ovest (Gironico) di Montano Lucino (Sintema di Cantù).



La piana di fondovalle, generata dai fiumi presenti nell'area in esame, è occupata superficialmente da depositi fluvio-glaciali tardivi ed alluvionali di natura prevalentemente sabbiosa.

Si segnala la presenza (carta del Progetto CARG) di una zona con terreni in facies lacustre.

3. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

In linea generale nel territorio di Montano Lucino e San Fermo della Battaglia, in ragione della pressoché assoluta impermeabilità del substrato roccioso, la possibilità di accumulo di risorse idriche sotterranee risulta limitata alle coltri superficiali di depositi continentali sciolti, che localmente mascherano la roccia. Queste ultime, dato lo spessore estremamente esiguo, consentono unicamente la formazione di falde idriche di entità ed estensione areale assai modeste che tendono ad affiorare in superficie alimentando diffusamente il reticolo idrografico e dando luogo a fenomeni di impaludamento in corrispondenza dei settori morfologicamente depressi.

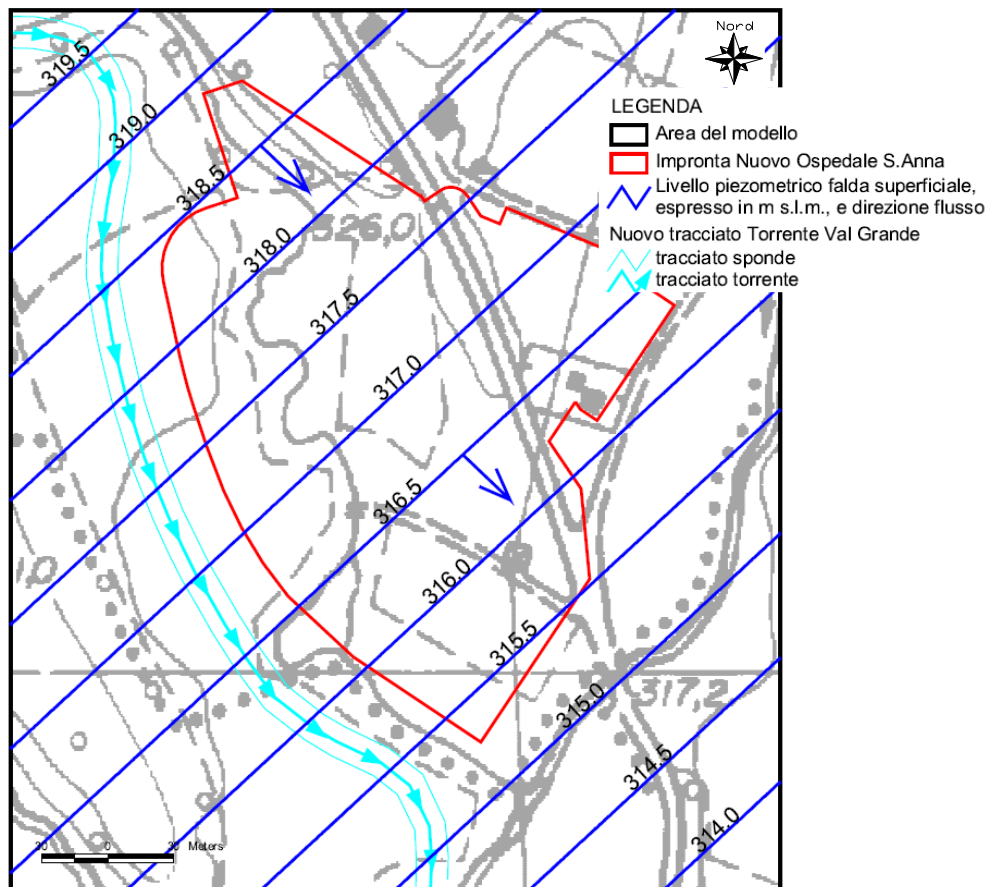
La conformazione idrogeologica si modifica sensibilmente in corrispondenza della porzione meridionale dei territori, nella zona della Piana del Seveso, ove l'assetto morfologico subpianeggiante ed il brusco approfondimento del substrato roccioso costituiscono il presupposto per la presenza di corpi idrici sotterranei contraddistinti da maggiore potenza e continuità laterale. Le misurazioni piezometriche condotte evidenziano in questa zona la superficialità della falda.

In questo settore la base della sequenza stratigrafica tipo è rappresentata (al di sopra del substrato gonfolitico impermeabile) da limi argillosi varvati, da grigi a giallastri, con fossili e intercalazioni lenticolari sabbioso-ghiaiose ("villafranchiano"). Al di sopra di questi sedimenti, si rinvencono direttamente le coltri di depositi fluvio-glaciali e alluvionali prevalentemente sabbioso-ghiaiosi che rappresentano l'orizzonte acquifero superficiale.

A supporto della costruzione dell'Ospedale Sant'Anna (posto a nord del sito in esame) sono state eseguite, durante i mesi di gennaio e febbraio 2005, alcune indagini idrogeologiche volte alla definizione delle caratteristiche di dettaglio degli acquiferi..

La misura dei livelli piezometrici (febbraio 2005) ha permesso di ricostruire l'andamento delle falde sotterranee, di individuarne la soggiacenza rispetto al piano campagna e la direzione di flusso. La soggiacenza è risultata variabile tra -2,8 e -1,4 m da p.c..

La ricostruzione effettuata dell'andamento della falda superficiale, mostra una direzione di moto da NO a SE, con gradiente pari a circa 1,2%. La piezometria va da un valore massimo nella zona di NW di circa 320 m slm ad un valore minimo, a SE, di circa 316.5m slm.



Ricostruzione dell'andamento piezometrico della falda superficiale realizzato per la costruzione del nuovo ospedale Sant'Anna– fuori scala

Nello studio per la progettazione dell'ospedale è stata inoltre costruita una sezione idrogeologica elaborata sulla base delle stratigrafie dei piezometri e dei sondaggi presenti. La sezione è orientata nel senso della lunghezza della piana alluvionale del Fiume Seveso, con direzione nord-sud.

In base a quanto schematizzato è possibile ipotizzare che la piana del Seveso rappresenti un bacino profondo, superiore ai 40 m da piano campagna, delimitato sulle pareti e sul letto da un substrato roccioso, rappresentato dalla Gonfolite. Le pareti del bacino sono sub-verticali, il fondo non è piatto ma presenta delle ondulazioni più o meno accentuate.

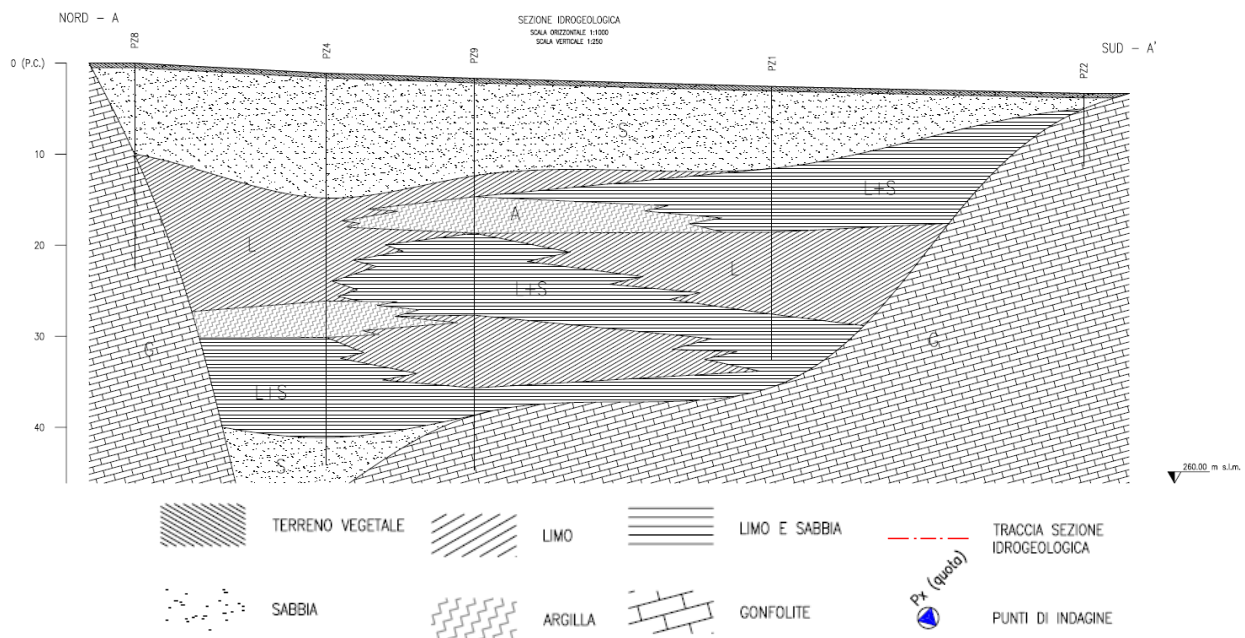
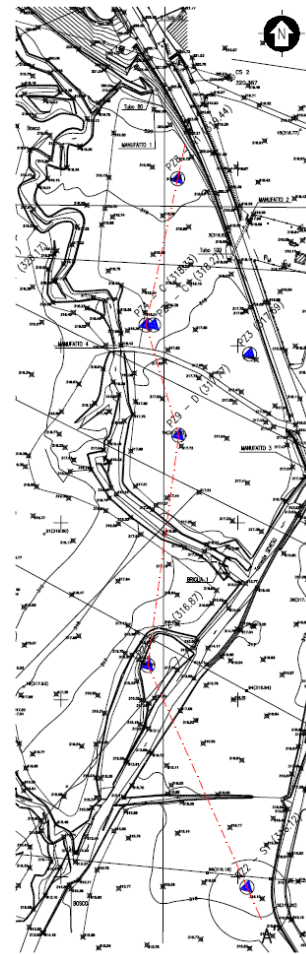
All'interno del bacino si sono depositati, in tempi successivi, sedimenti di tipo glaciale, prodotti dai processi di avanzamento e di ritiro dei ghiacciai che erano presenti nell'area in esame, e sedimenti fluviali ed alluvionali, prodotti dai corsi d'acqua che occupavano la zona di studio. Questi sedimenti potevano deporsi all'interno del bacino anche nello stesso periodo temporale. Attualmente il bacino è colmato da questi depositi.

I depositi affioranti costituiscono delle lenti o degli strati più o meno continui di varia tipologia: da sabbie e sabbie limose, limi-sabbiosi, limi-argillosi ed argille.

La sezione riportata sotto evidenzia come questi depositi giacciono gli uni accanto agli altri sia in senso verticale che in senso orizzontale.

Superiormente è presente un livello di sabbie (sabbie, sabbie limose) con uno spessore medio pari a circa 10 m e delimitato inferiormente da un contatto netto con limi e limi sabbiosi. Lo strato di sabbia si chiude passando da nord a sud con la Gonfolite affiorante.

Al di sotto è presente un potente banco di limi e limi-sabbiosi, di spessore medio circa 30 m, nel quale si trovano lenti di argilla in eteropia con i limi. Inferiormente i limi-sabbiosi sono prevalenti e rappresentano il limite inferiore di questo strato che passa a sabbie e sabbie con limo, entrambe debolmente ghiaiose, di spessore non noto, e che sembrano chiudere il bacino verso il basso.



Mandanti:

6

La ricostruzione ha individuato più orizzonti idrici. Superficialmente è localizzabile un primo acquifero: questo è costituito in prevalenza da materiali sabbiosi il cui spessore si attesta intorno ai 10 -15 m circa e all'interno dei quali è ubicata la falda freatica avente carattere di estrema superficialità (soggiacenza media intorno a 1-2 m). A base di tale acquifero si colloca un consistente strato di limi argillosi il cui spessore raggiunge i 20-30 m e che svolge funzione di isolamento nei confronti di quanto posto al di sotto dello stesso.

A profondità maggiori di 30-40 m, infine, si rileva la presenza significativa di lenti sabbiose, localmente anche di ghiaia e ciottoli, all'interno dei quali si ritrova la presenza di acqua. Si tratta in questo caso di piccole falde confinate in pressione, ma il cui livello statico risulta inferiore a quello della soprastante falda superficiale. I due orizzonti acquiferi così individuati paiono indipendenti l'uno dall'altro, in ragione della natura del materiale limo-argilloso base della falda superficiale. Tuttavia non si escludono localmente delle interconnessioni, come evidenziato in una delle prove realizzate.

4. RISULTANZE STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE: STUDIO GEOLOGICO COMUNALE

Di seguito verrà analizzata la componente geologica del PGT comunale.

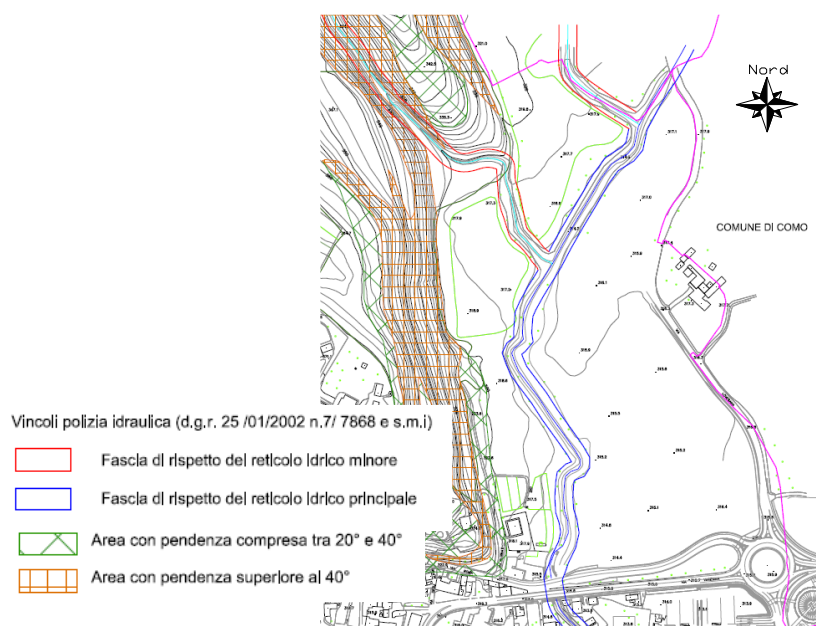
Per quanto attiene a tutti gli altri aspetti e studi bibliografici si rimanda alle rispettive relazioni specialistiche.

Il Comune di Montano Lucino è dotato di uno studio geologico di supporto alla pianificazione territoriale (ultimo aggiornamento del 2013)

In tale elaborato vengono analizzate le caratteristiche geologiche generali del territorio, e cioè le componenti geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, idrografiche e geotecniche. Tutte queste informazioni, opportunamente sintetizzate, portano alla redazione della carta di fattibilità, che fornisce indicazioni in merito alle limitazioni e destinazioni di uso del territorio, alle prescrizioni per gli interventi urbanistici, agli studi ed indagini da effettuare.

La Carta di Sintesi, riporta le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità riferita allo specifico fenomeno che la genera. Tale carta è infatti costituita da una serie di poligoni che definiscono una porzione di territorio caratterizzata da pericolosità omogenea per la presenza di uno o più fenomeni di dissesto idrogeologico in atto o potenziale o da vulnerabilità idrogeologica.

Essa, per la zona in esame, indica solamente le aree di pertinenza idraulica dei corsi d'acqua.

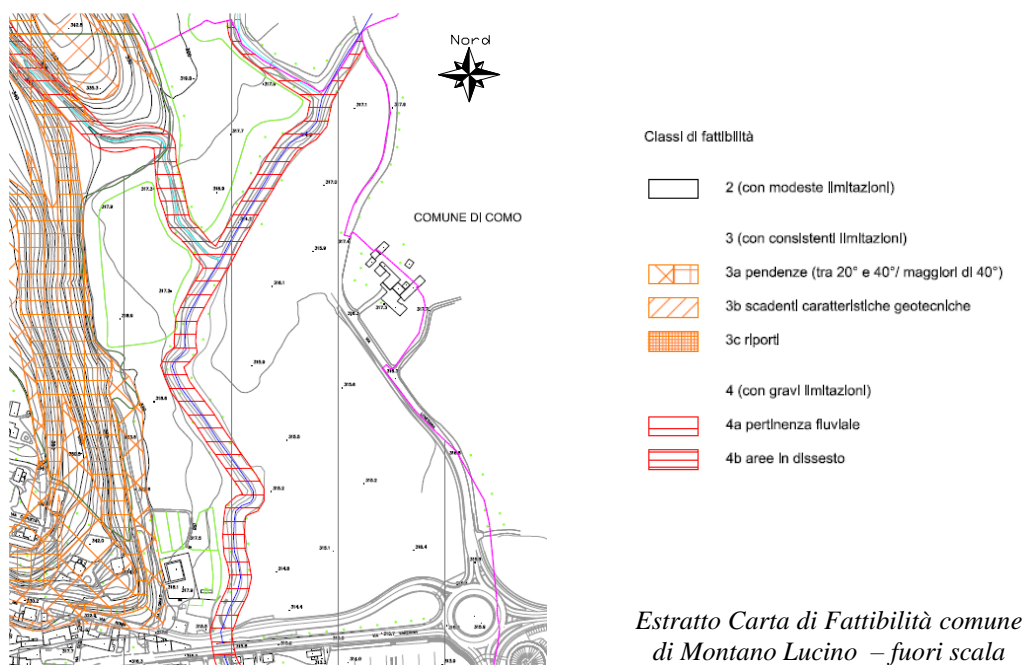


*Estratto Carta di Sintesi
comune di Montano Lucino – fuori scala*

I tematismi riportati nella carta di Sintesi portano alla definizione della Carta di Fattibilità, che fornisce indicazioni in merito alle limitazioni e alle destinazioni di uso del territorio, alle prescrizioni per gli interventi urbanistici, agli studi e alle indagini da effettuare.

I principali tematismi che interessano le zone di intervento e quelle immediatamente adiacenti sono le seguenti.

- Classe 2 (Fattibilità con modeste limitazioni). Comprende i settori di versante con pendenze medie comprese fra 0° e 20°, per lo più modellati a balze, non interessati da fenomeni di dissesto e da particolari problematiche di ordine idrogeologico, occupati da terreni con discrete caratteristiche geotecniche a partire da profondità generalmente non superiori a 2 metri dal piano campagna.
- Classe 4 (Fattibilità con gravi limitazioni) ed in sottoclasse 4a: le aree di pertinenza idraulica dei corsi d'acqua e/o comunque interessate dalla loro dinamica evolutiva.



Per quanto riguarda i Vincoli geologici, idraulici ed idrogeologici nel sito in esame si osservano solamente i vincoli di polizia idraulica ovvero le fasce di rispetto di natura idraulica del Reticolo principale.

La Carta della Pericolosità Sismica Locale, inserisce il terreno in esame nello scenario Z4a. Tale scenario comprende la zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi che potrebbero comportare effetti di amplificazione litologica e geometrica.

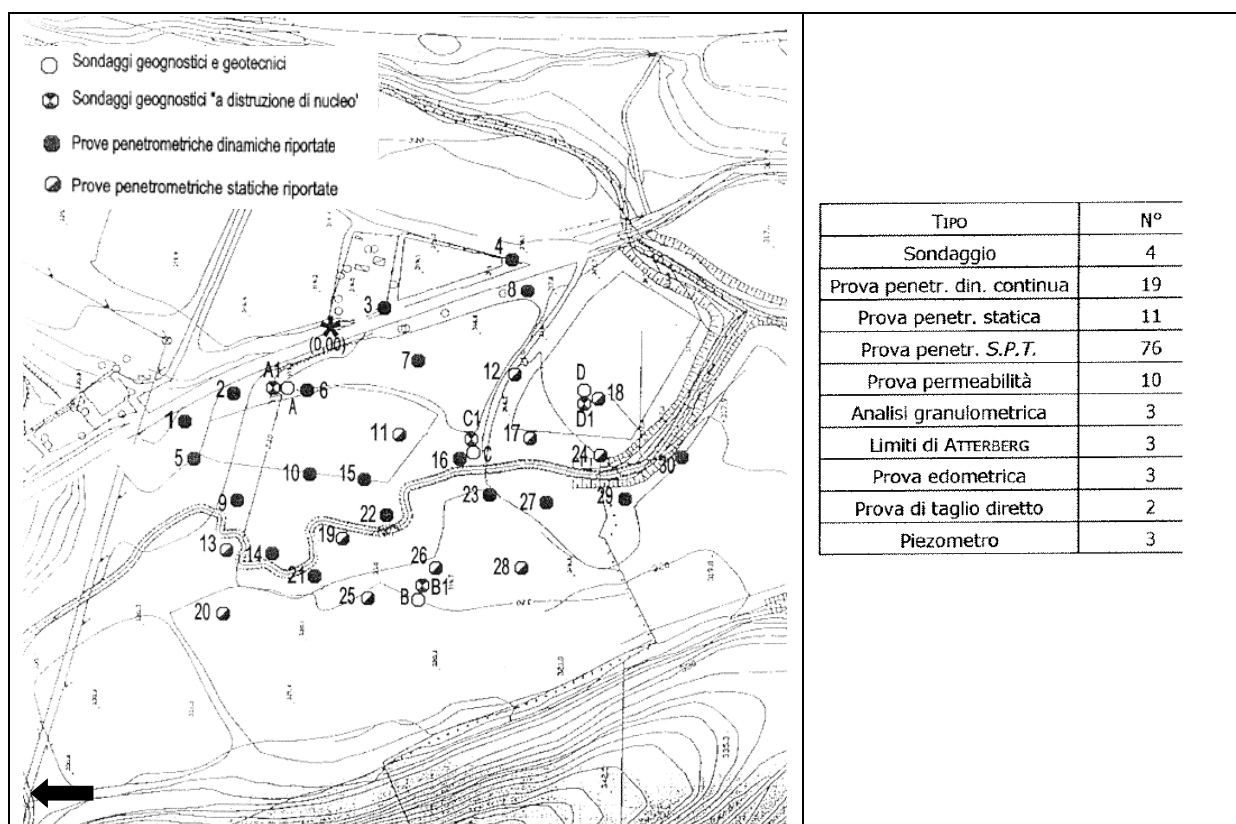
Gli interventi in progetto, data la loro natura e tipologia risultano del tutto compatibili con quanto sopra riportato.

5. INDAGINI PREGRESSE

Nel capitolo seguente verranno sintetizzati i risultati di indagini pregresse realizzate nei dintorni dell'area in esame.

5.1 INDAGINI PER NUOVO OSPEDALE SANT'ANNA

La campagna di indagini geognostiche visionata è consistita nell'esecuzione di prove penetrometriche statiche e dinamiche continue, di sondaggi geotecnici (con prove SPT in avanzamento) e di prove di laboratorio (prove edometriche, prove di taglio diretto e prove di classificazione).



Dai risultati dell'indagine geotecnica nel suo complesso, i terreni dell'area in esame sono schematizzati come di seguito esposto.

Primo livello

È costituito da sabbia media limosa con tracce di ghiaia con un'intercalazione, in prossimità del tetto, di limo sabbioso prevalente avente uno spessore dell'ordine di 1,5 m.

I terreni del primo livello sono caratterizzati da una resistenza penetrometrica dinamica continua e SPT dell'ordine dei 2-3 colpi/piede e da una resistenza alla punta del penetrometro statico Q_c pari a 1,5 - 2 MPa.

Dal complesso delle determinazioni eseguite, utilizzando le usuali correlazioni, i terreni in esame risultano avere associate caratteristiche meccaniche scadenti. Il letto del primo livello è posto a quote alquanto variabili arealmente (da circa 1,5 m a oltre 20 m).

Secondo livello

È costituito da limo argilloso sabbioso con tracce di ghiaia.

È caratterizzato da un locale lieve incremento della resistenza penetrometrica che dai bassi valori tipici del primo livello si attesta su valori dell'ordine dei 10 - 15 colpi/piede.

Globalmente anche i terreni del secondo livello presentano scadenti caratteristiche meccaniche.

Terzo livello

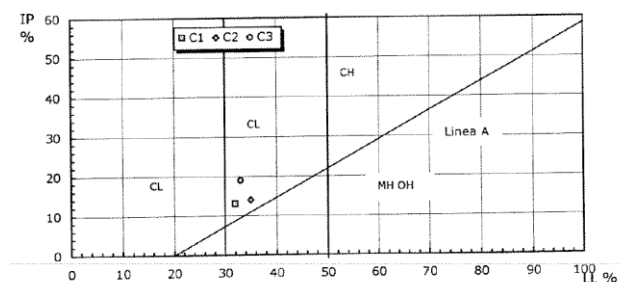
È costituito da alternanze di limo sabbioso argilloso e limo argilloso con sabbia.

È caratterizzato da un deciso incremento delle resistenze penetrometriche.

In particolare la SPT registra resistenze molto disperse a causa della presenza sporadica dei ciottoli e della ghiaia; si possono prefissare comunque valori di N_{spt} tipici rappresentativi del livello compresi tra 20 e 30.

I penetrometri continui, sia statico che dinamico, registrano il “rifiuto” dopo pochi metri di penetrazione nel livello.

I terreni di tale formazione presentano caratteristiche di plasticità medio-basse essendo ubicati nella Carta di Casagrande al disopra della linea A, nel campo CL delle argille e limi inorganici.



Interessanti informazioni sulle caratteristiche meccaniche di tali materiali sono fornite dalle prove edometriche e dalle prove alla scatola di Casagrande. Queste indicano terreni con un sensibile grado di sovra-consolidazione e con caratteristiche di deformabilità e di resistenza al taglio associabili a materiali di consistenza medio-alta.

Quarto livello

È stato rinvenuto in corrispondenza di un sondaggio (sondaggio A) a circa -8 m da p.c. originario mentre negli altri a quota di -33 m circa da inizio indagine o non rinvenuto fino ai 40 m di profondità da inizio indagine. È costituito al tetto da frammenti calcarei marnosi e arenacei che in corrispondenza dei due sondaggi sono seguiti da arenaria grigia discretamente compatta.

Caratteristiche geotecniche

Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche geotecniche medie dei terreni in esame.

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DI RIFERIMENTO⁴

LIVELLO	Q_{lm} m	N /	γ kN/m ³	c_u kPa	c' kPa	φ gradi	D_r %	m	n	C_c /	C_r /	OCR /	k m/s	v /
PRIMO	-9.7÷-16.2	4	19	/	/	22.5	35	250	.7	/	/	/	2.3^{-5}	.4
SECONDO	-16.7÷-22.7	10	19	25	~ 0	27÷28	/	/	.5	?	?	?	$\leq 1.4^{-5}$.4
TERZO	-33.8÷-39.9	25	19	100	≤ 30	33÷34	/	/	/	.1	.01	2.1	$\leq 2.2^{-5}$.4
QUARTO	/	R	20	/	≥ 0	38?	85	1800	.5	/	/	/	?	.3

⁴ Nella tabella si è indicato con:

Q_{lm} la quota media del letto dello strato (cfr. anche tabelle 2.1, 2.2, 2.3),

N il numero dei colpi,

γ il peso di volume del terreno naturale,

c_u - c' la coesione totale-efficace,

φ l'angolo d'attrito,

D_r la densità relativa = $(e_n - e_m)/(e_M - e_m)$; e = indice dei vuoti; e_n in situ, e_m minimo; e_M massimo,

m il gradiente del modulo di JOUNG E nella formulazione $E = m (\sigma_v/\sigma'_v)^n \sigma'_v$ (JANBU), calcolato secondo la correlazione di JAMOLKOWSKI-PASQUALINI (1975) utilizzando la D_r ; σ'_v rispettivamente la pressione di contenimento efficace e la pressione di riferimento, quest'ultima pari a 100 per E e σ'_v in kPa,

C_c - C_r l'indice di compressibilità-di ricomprensione edometrica/(1+ e_0),

OCR il rapporto di sovraconsolidazione,

k il coefficiente di permeabilità medio,

v il rapporto di POISSON.

N.B. Le prove di permeabilità eseguite nei terreni del secondo e terzo livello sono da ritenere poco affidabili. Pertanto i valori di k da queste dedotti potrebbero non essere rappresentativi della reale permeabilità dei terreni.

I parametri del quarto livello sono del tutto orientativi e si riferiscono al cappellaccio.

Si riportano di seguito alcune delle indagini.

SONDAGGIO GEONOSTICO N° A

Dis.n°:5451AS

DATA: 28-1-2005

Località : S. FERMO DELLA BATTAGLIA

Inizio sondaggio m. 2.3

Fine sondaggio m. 22.3

Quota m	Prof. m	Litologia	γ _s Kg/cm ³	γ _t Kg/cm ³	S.P.T. n° colpi x 15 cm	R ₉₀ m
1						
2		INIZIO SONDAGGIO				
3		Sabbia fine debolmente limosa - colore: marrone chiaro. Presenza di resti di vegetali.				
4	3.80	Sabbia fine limosa - colore: marrone chiaro.				4.40
5	5.30		1.00	0.50	2 3 3	
6		5.7 Limo con sabbia fine argilloso - colore: grigio scuro. Locale aumento della % argillosa.	1.20	0.60		
7	6.80		1.50	0.70	2 4 2	
8		7.2 Sabbia media limosa con tracce di ghiaia fine - colore: marrone.				
9	8.30	Sabbia media debolmente limosa - colore: marrone.			2 3 4	
10	9.80				3 6 8	
11		10.2 Frammenti di arenaria in matrice limosa-sabbiosa (sabbia fine) - colore: grigio/verde.				
12	11.30				26 33 41	
13	12.80	Arenaria con locali intercalazioni di limo sabbioso (sabbia fine) - colore: grigio/verde.			36 44 50	
14					x cm 2	
15	14.30	Arenaria - colore: grigio/verde.			50	
16	15.80				x cm 7	
17					50	
18	17.30				x cm 10	
19	18.80					
20					50	
21	20.30				x cm 4	
22	21.80				50	
23		22.3			x cm 5	
24						
25						

N.B. - ● SPT con punta conica 60°.

Mandanti:

14

SONDAGGIO GEOGNOSTICO N° D

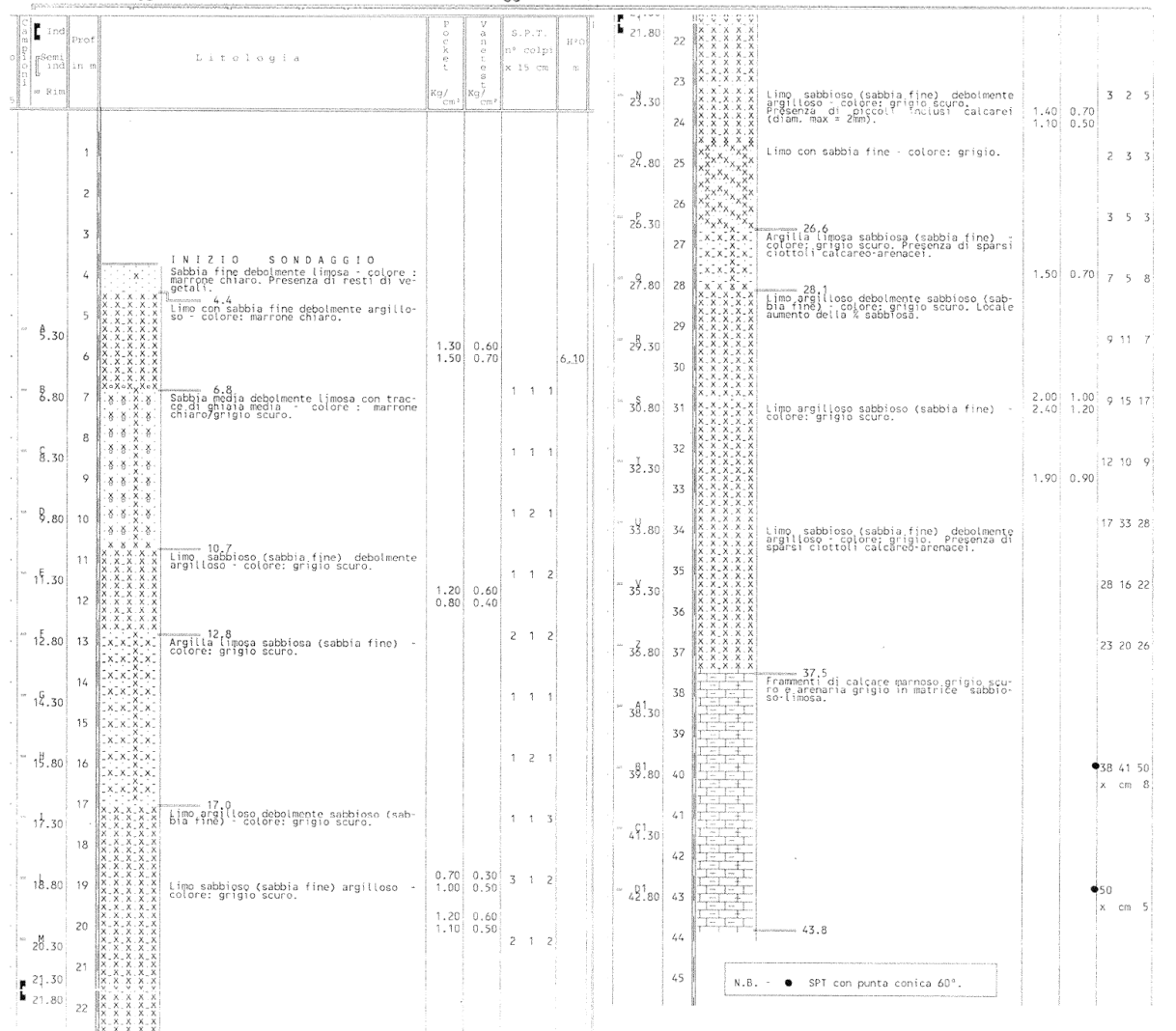
DATA: 14-2-2005

Dis.n°:5451DS

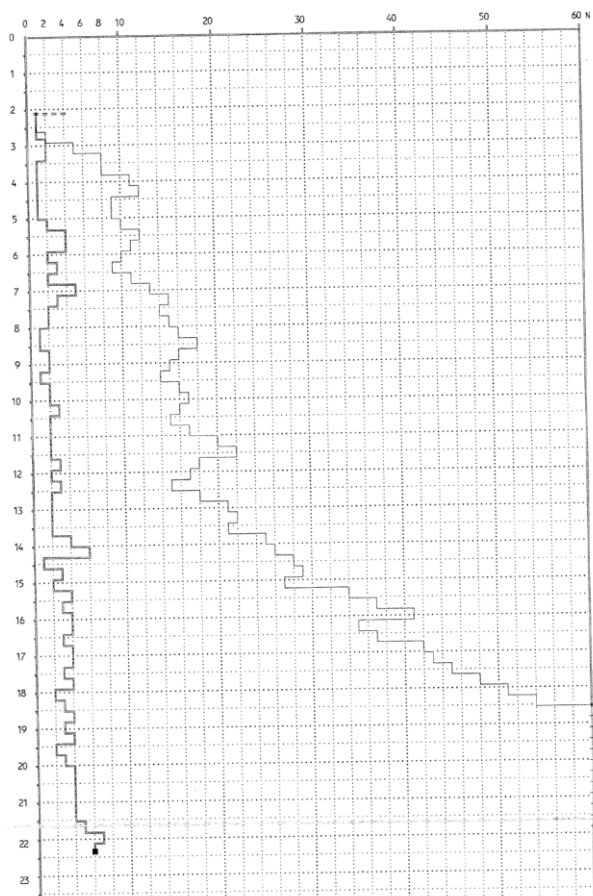
Località : S. FERMO DELLA BATTAGLIA

inizio sondaggio m. 3.8

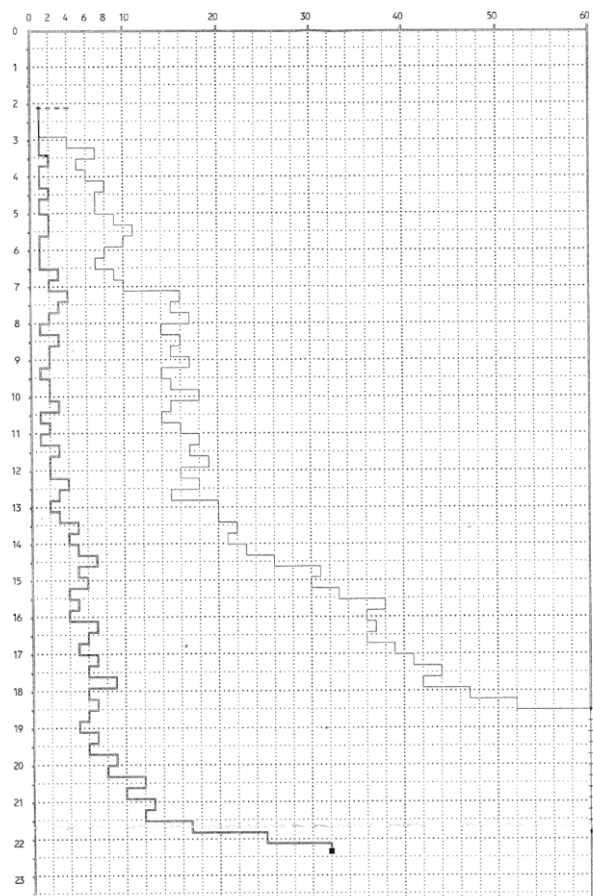
Fine sondaggio m. 43.8



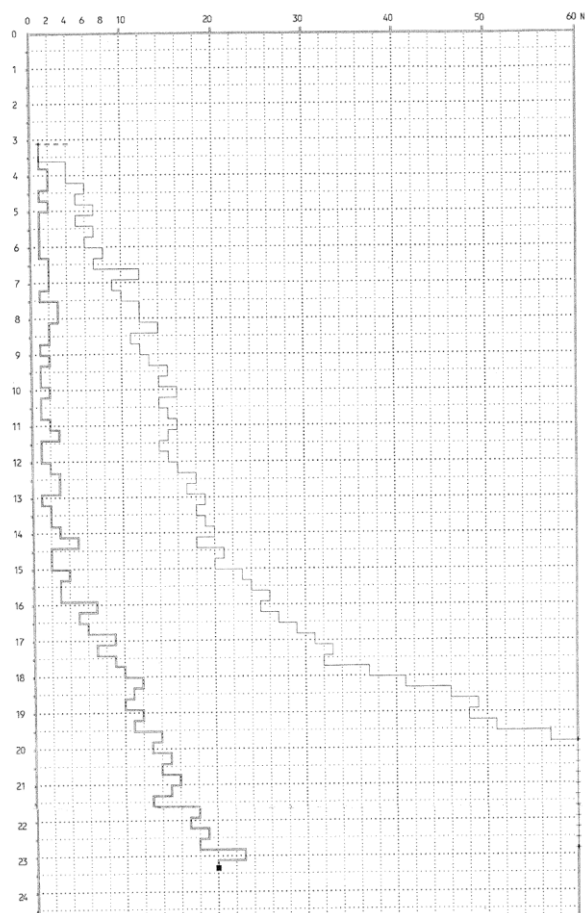
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°:3 DATA: 14-12-2004
 Disegno n°:54513H Località : SAN FERMO DELLA BATTAGLIA
 Penetrometro con asta isolata dal terreno circostante
 N = Numero di colpi/piede di affondamento con mazza battente da 160 libbre e volata da 30 pollici
 --- Punta 60° $\phi = 2''$ --- Tubazione di rivestimento $\phi = 1''1/2$
 - - - Inizio prova m. 2.10 Presenza acqua da m.4.30 ■ fine prova m.22.40



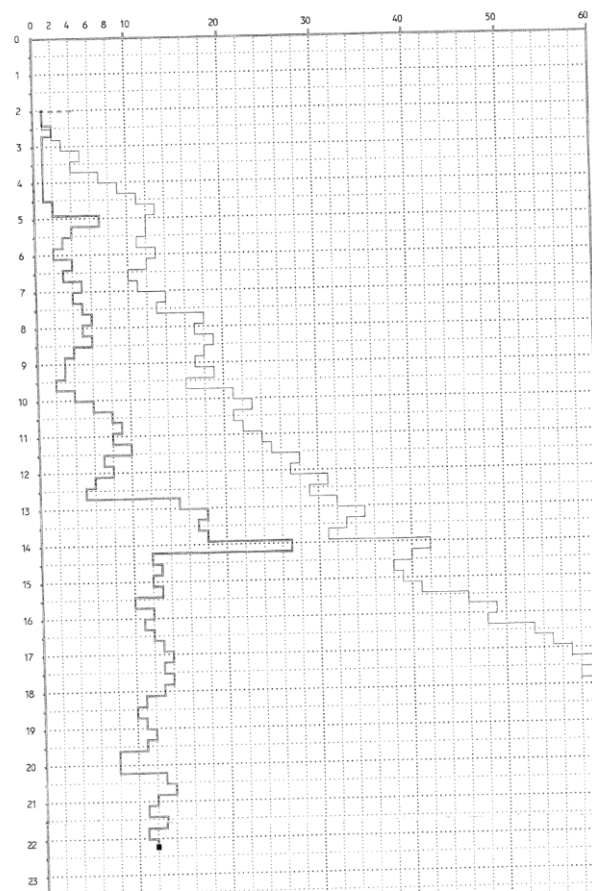
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°:9 DATA: 15-12-2004
 Disegno n°:54519H Località : SAN FERMO DELLA BATTAGLIA
 Penetrometro con asta isolata dal terreno circostante
 N = Numero di colpi/piede di affondamento con mazza battente da 160 libbre e volata da 30 pollici
 --- Punta 60° $\phi = 2''$ --- Tubazione di rivestimento $\phi = 1''1/2$
 - - - Inizio prova m. 2.10 Presenza acqua da m.3.60 ■ Fine prova m.22.40



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°:16 DATA: 29-12-2004
 Disegno n°:545116H Località : SAN FERMO DELLA BATTAGLIA
 Penetrometro con asta isolata dal terreno circostante
 N = Numero di colpi/piede di affondamento con mazza battente da 160 libbre e volata da 30 pollici
 — Punta 60° $\phi = 2''$ — Tubazione di rivestimento $\phi = 1''1/2$
 - - - Inizio prova m. 3.10 Presenza acqua da m.4.60 ■ Fine prova m.23.40



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°:21 DATA: 17-12-2004
 Disegno n°:545121H Località : SAN FERMO DELLA BATTAGLIA
 Penetrometro con asta isolata dal terreno circostante
 N = Numero di colpi/piede di affondamento con mazza battente da 160 libbre e volata da 30 pollici
 — Punta 60° $\phi = 2''$ — Tubazione di rivestimento $\phi = 1''1/2$
 - - - Inizio prova m. 2.00 Presenza acqua da m.3.90 ■ Fine prova m.22.30



6. INDAGINI REALIZZATE

Nella zona di studio sono state condotte le indagini riportate nelle tabelle seguenti.

L'ubicazione e i report delle singole indagini sono riportate nella relazione sulle indagini.

- 12 saggi esplorativi (8 scavi + 4 trincee)
- 7 campioni per laboratorio terre
- 8 campioni per analisi chimiche
- 5 prove permeabilità
- 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo
- 2 prove penetrometriche dinamiche (DPSH)
- 2 prove penetrometriche statiche (CPT)
- 1 prospezione sismica MASW - 2 misure di sismica passiva HVSR

Nome indagine	Tipo indagine	
NA1	scavo	rilievo prelievo campione per laboratorio terre prelievo campione per laboratorio chimico
NA2	scavo	rilievo prelievo campione per laboratorio terre prelievo campione per laboratorio chimico prova permeabilità
NA3	scavo	rilievo prelievo campione per laboratorio terre prelievo campione per laboratorio chimico prova permeabilità
NA4	scavo	rilievo prelievo campione per laboratorio terre prelievo campione per laboratorio chimico prova permeabilità
NA5	scavo	rilievo prelievo campione per laboratorio terre prelievo campione per laboratorio chimico prova permeabilità
NB1	scavo	rilievo prelievo campione per laboratorio terre prelievo campione per laboratorio chimico
NB2	scavo	rilievo prelievo campione per laboratorio chimico
NB3	scavo	rilievo prelievo campione per laboratorio chimico
NC1	trincea	rilievo
NC2	trincea	rilievo prova permeabilità
NC3	trincea	rilievo
NC4	trincea	rilievo prelievo campione per laboratorio terre

Mandanti:

18

Nome indagine	Tipo indagine	
Pz1	sondaggio (lungh. 10 m)	rilievo stratigrafia 6 SPT in foro posa tubo piezometrico
Pz2	sondaggio (lungh. 10 m)	rilievo stratigrafia 6 SPT in foro posa tubo piezometrico
P1 - P2	prove penetrometriche	prova dinamica (DPSH)
P3 - P4	prova penetrometriche	prova statica (CPT)
Masw 3 - HVSr 3 / 3A	indagini geofisiche:	1 prospezione sismica MASW 2 misure di sismica passiva HVSr

Campioni per laboratorio analisi chimiche		
Nome campione	profondità campionamento	Set analitico
NA1	-0,4/-1,0 m	A
NA2	-0,4/-0,7 m	B
NA3	-0,1/-0,5 m	A
NA4	-0,5/-1 m	B
NA5	-0,5/-1 m	B
NB1	-0,3/-0,5 m	A
NB2	-1,9/-2,0 m	A
NB3	-0,5/-1 m	B

7. RICOSTRUZIONE DELLA PIEZOMETRIA LOCALE

Nome indagine	Soggiacenza falda da p.c. (m da p.c.)		
	mar-21	27/10/2021	09/11/2021
NA1	2,8		
NA2	assente fino -3,0		
NA3	2,7		
NA4	assente fino -2		
NA5	assente fino -2,9		
NB1	2,5		
NB2	assente fino -2,2		
NB3	assente fino -1,8		
NC1	3,0		
NC2	3,3		
NC3	2,9		
NC4	assente fino -2,2		
P1		6,60	
P2		2,85	
P3		2,38	
P4		3,35	
Pz1		2,61	2,56
Pz2		assente fino a -10,0	assente fino a -10,0

Le indagini condotte hanno rilevato la presenza di una falda superficiale (falda sospesa) caratterizzata da bassi valori di soggiacenza nel settore settentrionale dell'area in esame. Verso sud tale livello idrico si approfondisce repentinamente. Il sondaggio Pz1 ha individuato il livello idrico a circa -2,5 m da p.c. mentre nel piezometro Pz2 non sono state incontrate acque sotterranee fino alla profondità di 10 m.

Da evidenziare come tale livello freatico sia da ricondurre a una falda sospesa a carattere stagionale e legata al regime delle precipitazioni meteoriche. Tale falda non viene sfruttata da opere di captazione. I pozzi pubblici presenti nel territorio comunale di Montano Lucino si alimentano da una falda di tipo confinato posta al di sotto della litofacie limosa che caratterizza il territorio in profondità.

8. ASPETTI SIMICI

8.1 INQUADRAMENTO SISMICO

Per l'applicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 marzo 2003, è stata redatta una mappa della pericolosità sismica di base per tutto il territorio nazionale, con l'individuazione di quattro zone sismiche a pericolosità decrescente (zona 1, zona 2, zona 3, zona 4) e la formazione degli elenchi dei comuni compresi in ciascuna zona.

Ogni zona sismica è contrassegnata da un diverso "range" di valori del parametro a_g corrispondente alla accelerazione di picco orizzontale del suolo, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità g , secondo la seguente tabella.

zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a_g/g]	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a_g/g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

- Zona 1: è la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti
- Zona 2: zona in cui possono verificarsi terremoti abbastanza forti
- Zona 3: zona in cui possono verificarsi scuotimenti modesti
- Zona 4: zona meno pericolosa; possibilità di danni sismici basse

La Regione Lombardia, con la D.G.R. 7 novembre 2003 n. 7/14964 "Disposizioni preliminari per l'attuazione dell'ordinanza Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 recante primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", ha confermato la classificazione sismica dei singoli comuni proposta dalla OPCM sopracitata ed ha stabilito i modi e i tempi di applicabilità della nuova normativa sismica sia per le costruzioni esistenti che per quelle future.

Al comune Montano Lucino è stata attribuita la zona sismica 4.

L'Ordinanza PCM 3274 ha richiesto anche la compilazione di una nuova mappa di pericolosità del territorio Nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s). Tale mappa è stata approvata con Ordinanza PCM 28 aprile 2006 n. 3519.

Il nuovo studio di pericolosità, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio.

La Regione Lombardia, con D.G.R. 11 luglio 2014, n. X/2129 “Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)”, ha provveduto all’aggiornamento della classificazione sismica dei Comuni.

Secondo questa classificazione è stata confermata la zona sismica 4.

8.2 MODELLO SISMICO E SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Il D.M. 17 gennaio 2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni” (NTC 2018) ha proposto una classificazione delle categorie di sottosuolo per l’utilizzo dell’approccio semplificato nelle verifiche sismiche.

Per quanto riguarda il sito in esame, le analisi sismiche condotte hanno permesso di attribuire al sito in esame la categoria di sottosuolo C: “depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine 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.”

Per la definizione dell’azione sismica locale con l’approccio semplificato, oltre che la categoria sismica di sottosuolo, è necessario determinare una categoria topografica.

Al lotto in esame è possibile attribuire una categoria topografica T1: “*superficie pianeggiante. Pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$* ”.

APPROFONDIMENTO SISMICO DI SECONDO LIVELLO

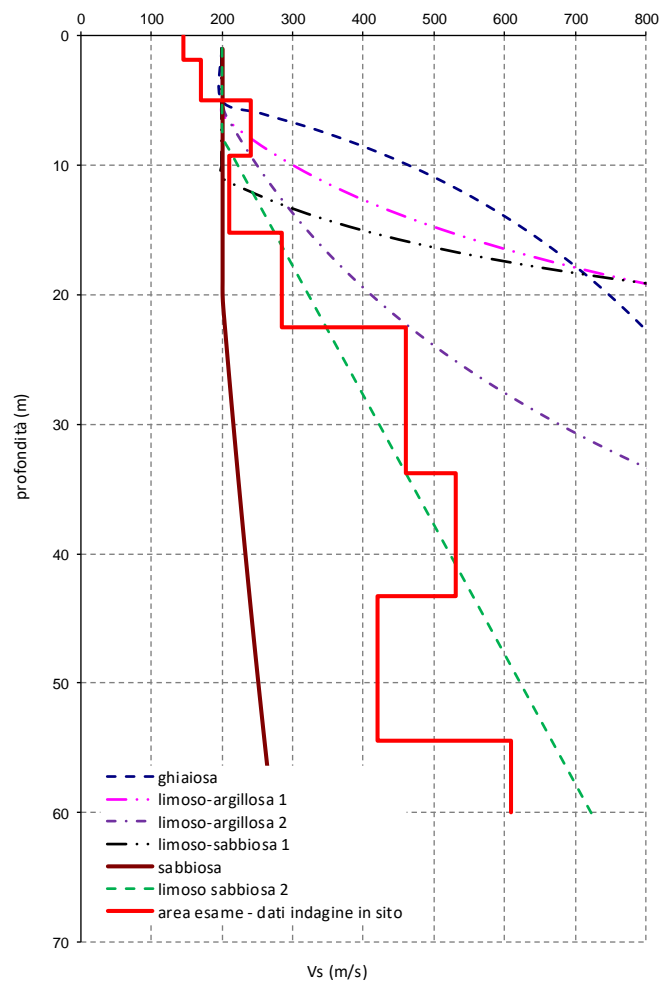
Data la natura del progetto è stato effettuato il 2° livello di approfondimento sismico così come prescritto dalla vigente normativa regionale.

L’applicazione del secondo livello consente di verificare se, per il sito in esame, la normativa nazionale risulta sufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato minore a Fa di soglia comunali forniti da Regione).

Con i risultati delle indagini geofisiche condotte è stata utilizzata la procedura riportata nella normativa di riferimento per la determinazione dei fattori di amplificazione locali.

Inizialmente è stata individuata la scheda litologica di riferimento tra quelle proposte da Regione Lombardia.

Sulla base all'andamento delle Vs con la profondità, ricavato dall'indagine con la metodologia MASW, per l'area in esame si è scelta la scheda "sabbiosa".



Sulla base della velocità media Vs, e dello spessore dello strato superficiale, è stata scelta la curva da utilizzare nel grafico T-Fa → curva 2 verde

Il valore del periodo proprio del sito, ricavato dall'analisi tromografica, è risultato il seguente:

→ Frequenza di risonanza $\cong 2,5$ Hz - Periodo del sito = 0,4 s

Successivamente sono stati determinati i valori di Fa per i due intervalli di periodo 0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s.

→ Intervallo di periodo 0,1 – 0,5 s Fa = 1,63

→ Intervallo di periodo 0,5 – 1,5 s Fa = 1,64

Tali valori sono stati confrontati con i valori di soglia forniti da Regione Lombardia per il comune di Montano Lucino. I valori di soglia rappresentano i valori oltre i quali lo spettro proposto dalla normativa nazionale risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

	Valori di soglia – comune Montano Lucino			
	Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
PERIODO 0,1 - 0,5 s	1,4	1,9	2,2	2,0
PERIODO 0,5 - 1,5 s	1,7	2,4	4,2	3,1

L'analisi effettuata ha definito che i valori di F_a previsti dalla normativa nazionale (sia per opere con periodo nell'intervallo 0,1-0,5 s che in quello 0,5-1,0 s) sono sufficienti a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito esaminato. Sarà quindi possibile applicare lo spettro previsto dalla normativa vigente.

9. MODELLO GEOLOGICO

9.1 MODELLO GENERALE

Dal punto di vista litologico le indagini condotte hanno messo in luce una certa disomogeneità tipica dell'ambiente deposizionale che ha originato i depositi subaffioranti; in ogni caso è possibile semplificare il modello geologico locale con la presenza di due orizzonti principali (orizzonte A e orizzonte B).

Si discosta dal quadro generale la zona sud est dell'area in esame.

Orizzonte A

Questo orizzonte è costituito, al di sotto di un livello di terreno di coltivo con spessore mediamente di 0,2 - 0,6 m, da sabbia con limo argillosa e limo con sabbia argilloso di colore marrone. Talora si osserva la presenza di ghiaia subordinata.

E' stato rinvenuto in tutte le indagini realizzate ma con spessori differenti. Essi variano tra 0,7 m dello scavo NA4 a 2,2 m nello scavo NA1. Non si nota un trend areale dell'andamento dello spessore, che varia in maniera irregolare.

Questo orizzonte è stato campionato in due punti di indagine e sottoposto ad analisi di laboratorio geotecnico ed è stato indagato tramite prove di permeabilità.

Si riassumono di seguito le caratteristiche salienti.

Percentuali granulometriche

- Le analisi granulometriche hanno evidenziato una buona componente di terreno fine (limi+argille) → variabile tra circa 44% e 58%
- La percentuale di sabbia è di circa 35 - 36%
- La percentuale di limo varia tra il 29% circa e il 38% circa
- La percentuale di argilla è di circa 16 - 20%

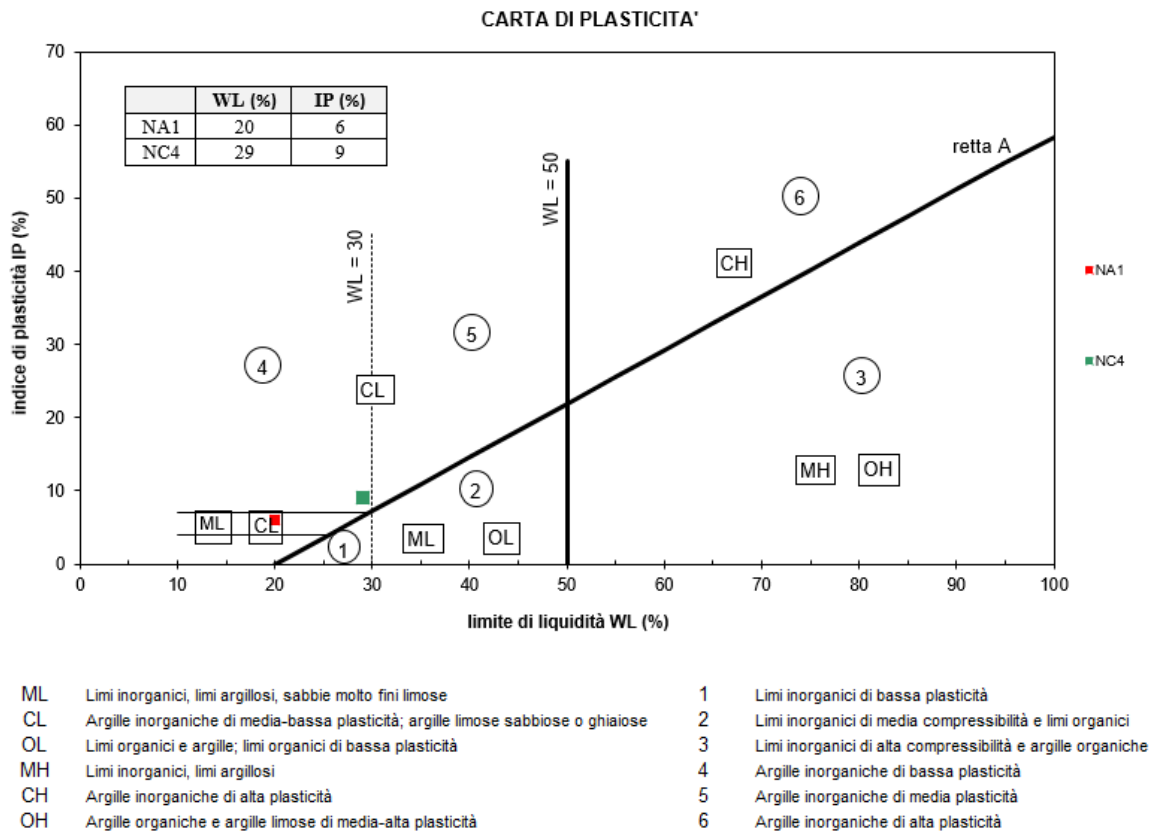
Orizzonte A							
	% ghiaia	% sabbia	% limo	% argilla	descrizione	*	**
NA1	18,66	36,59	28,94	15,81	Sabbia con limo ghiaiosa ed argillosa	A4	SM-SC
NC4	6,44	35,12	38,7	19,74	Limo con sabbia argilloso debolmente ghiaioso	A4	CL

* classificazione Norma AASHTO - UNI CNR 10006

** classificazione Norma USC SYSTEM

Limiti di Atterberg

- L'indice plastico varia tra 6 e 9 → poco plastico.



Classificazioni

- Secondo la classificazione AASHTO - UNI CNR 10006 i terreni rientrano nelle terre limo-argillose nel gruppo A4.
- Secondo la classificazione USC SYSTEM i terreni sono denominati SM-SC (sabbie limose, associazione di sabbie e limi poco gradati / sabbie argillose, associazioni di sabbie e argille poco gradate) o CL (argille inorganiche di media-bassa plasticità; argille limose sabbiose o ghiaiose).

Permeabilità

I valori ottenuti dalle prove di permeabilità realizzati in questo orizzonte sono sintetizzati nella tabella seguente.

prova	Coeff. permeabilità k (m/s)		
NA2	$4,3 \cdot 10^{-6}$ m/s	permeabilità bassa →	drenaggio povero
NA3	$3,6 \cdot 10^{-6}$ m/s	permeabilità bassa →	drenaggio povero
NA5	$3,9 \cdot 10^{-6}$ m/s	permeabilità bassa →	drenaggio povero
NC2	$3,3 \cdot 10^{-6}$ m/s	permeabilità bassa →	drenaggio povero
Valore medio	$3,8 \cdot 10^{-6}$ m/s		

Orizzonte B

Questo orizzonte è costituito da sabbia con ghiaia limoso/argillosa; sono presenti anche ciottoli (non in tutti gli scavi visionati). I clasti sono poligenici, prevalentemente subarrotondati/arrotondati con dimensioni dei ciottoli fino a 10-12 cm (abbondanti) e, più rari, fino a 20-25 cm.

Si intercalano lenti/livelli a maggiore percentuale di ghiaia (ghiaia sabbiosa limo-argillosa / ghiaia con sabbia limo-argillosa) e zone a prevalenza di sabbia.

E' stato rinvenuto in tutte le indagini realizzate; in linea generale (negli scavi) sembrerebbe che con la profondità aumenti la quantità di ciottoli.

Fa eccezione la zona delle trincee NC1 e NC2 dove si hanno alternanze di sabbie fini, limo, sabbie, sabbie e ghiaie. Il colore è variegato con alternanze di marrone ocra, marrone scuro e grigio (i livelli grigi sono costituiti da sabbia).

Nel sondaggio PZ1 a partire dalla profondità di -6 m circa (e fino alla massima profondità investigata di 6 m) la ghiaia è assente; sono state rinvenute sabbia debolmente limosa di colore marrone grigiastro.

L'orizzonte B è sede della falda sospesa che caratterizza l'area.

Questo orizzonte è stato campionato in 5 punti di indagine e sottoposto ad analisi di laboratorio geotecnico.

Si riassumono di seguito le caratteristiche salienti.

Percentuali granulometriche

- Le analisi granulometriche hanno evidenziato una scarsa componente di terreno grossolana è la prevalente.
- La percentuale di ghiaia varia tra il 65% circa (NA4) e il 2% circa (NB1)
- La percentuale di sabbia varia tra il 77% circa (NB1) e il 22% circa (NA4)
- La percentuale di terreno fine (limi+argille) varia tra il 11% circa (NA2) e il 32% circa (NA5)

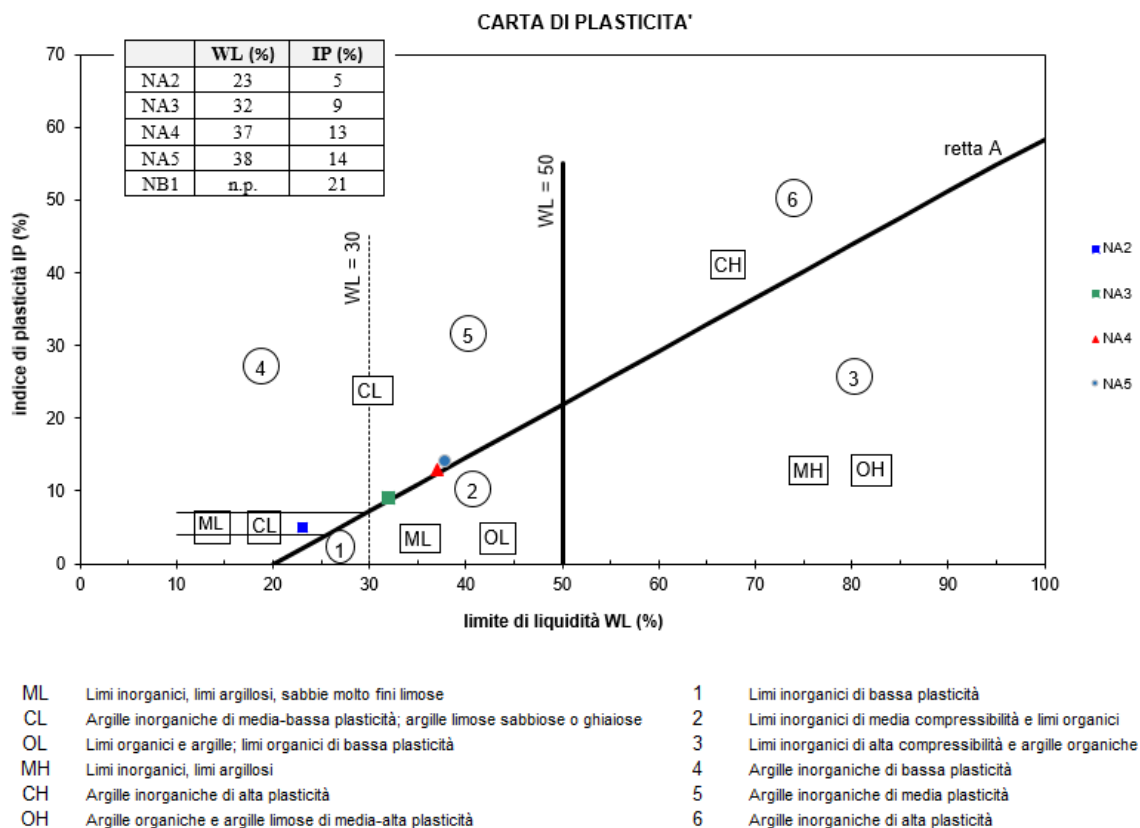
Orizzonte B						
	% ghiaia	% sabbia	% Limo + argilla	descrizione	*	**
NA2	34,82	54,07	11,11	Sabbia con ghiaia limo-argillosa	A1-b	SM-SC
NA3	39,25	42,62	18,13 - limo 12,23 - argilla 5,9	Sabbia con ghiaia limosa debolmente argillosa	A2-4	SC
NA4	65,78	22,95	11,27	Ghiaia sabbiosa e limo-argillosa	A2-6	GW-GC
NA5	39,29	28,76	31,95 - limo 22,68 - argilla 9,27	Ghiaia con sabbia limosa debolmente argillosa	A2-6	GC
NB1	2,37	77,18	20,45 - limo 13,63 - argilla 6,82	Sabbia limosa debolmente argillosa con tracce di ghiaia	A2-4	SM

* classificazione Norma AASHTO - UNI CNR 10006

** classificazione Norma USC SYSTEM

Limiti di Atterberg

- L'indice plastico varia tra 5 e 14 → poco plastico
- Per quanto riguarda il campione NB1 in laboratorio non è stato possibile eseguire il limite plastico in quanto il terreno è "non plastico".



Classificazioni

- Secondo la classificazione AASHTO - UNI CNR 10006 i terreni rientrano nelle terre ghiaioso-sabbiose e nei gruppi gruppo A1-b, A2-4 e A2-6.
- Secondo la classificazione USC SYSTEM i terreni sono denominati SM / SC / GW / GC o miscele di essi.

SM (sabbie limose, associazione di sabbie e limi poco gradati)

SC (sabbie argillose, associazioni di sabbie e argille poco gradate)

GW (ghiaie ben gradate, associazioni di ghiaie e sabbie; frazioni fini assenti o poco presenti)

GC (ghiaie argillose, associazioni di ghiaie –sabbie-argille poco gradate)

Permeabilità

Il valore ottenuto dalla prova di permeabilità realizzata in tale orizzonte è riportato nella tabella seguente.

prova	Coeff. permeabilità k (m/s)
NA4	1,1*10 ⁻⁵ m/s permeabilità media → drenaggio buono

I valori di permeabilità riportati nei report delle indagini di laboratorio per questo livello, ottenuti dalla relazione empirica proposta da Hazen che lega la permeabilità di un terreno alla granulometria ed in particolare al D_{10} , non sono ritenuti attendibili in quanto le caratteristiche del terreno (caratteristiche granulometriche) sono fortemente al di fuori dei limiti di applicabilità della relazione suddetta.

Come già accennato il settore sud-est dell'area in esame presenta caratteristiche differenti.

Il sondaggio PZ2 e lo scavo NA4 hanno messo in luce le caratteristiche seguenti:

- L'orizzonte A presenta uno spessore notevolmente ridotto (30 cm) o risulta assente / inglobato nell'orizzonte di coltivo; lo spessore totale del livello di terreni di coltivo più orizzonte A è inferiore a 1 m (0,5 – 0,7 m).
- L'orizzonte B è costituito da terreni granulari con limitata presenza di materiali fini. Si passa da sabbie ghiaiose limo-argillose a sabbie con ghiaie a ghiaie con sabbie contenenti ciottoli (con presenza anche di blocchi sparsi).

La componente ghiaiosa è maggiore rispetto alle altre verticali indagate.

9.2 ASPETTI LITOTECNICI

Per quanto riguarda gli aspetti litotecnici si possono individuare livelli a differente grado di addensamento.

In linea generale si osserva un andamento simile nella variazione del grado di addensamento con la profondità nelle varie verticali di indagine, ma i passaggi tra i vari livelli sono posti a profondità nettamente differenti nelle varie postazioni indagate.

L'andamento generale della consistenza vede un livello superficiale (livello 1) che può essere ricondotto all'orizzonte superficiale A (terreno di coltivo / sabbia con limo argillosa e limo con sabbia argilloso) caratterizzato da un basso grado di addensamento.

Il sottostante orizzonte B è suddivisibile in diversi livelli con grado di addensamento variabile; si ha dapprima un livello poco addensato (livello 2), seguito da un livello caratterizzato da un aumento del grado di addensamento (livello 3).

Al di sotto il grado di addensamento ridiminuisce (livello 4 - terreni sciolti).

Dato l'ambiente deposizionale di origine dei depositi è possibile l'incontro di altri livelli.

Stato di addensamento	Nspt (colpi/30 cm)	Qc (Kg/cm ²)
molto sciolto	0 – 4	< 20
sciolto	4 – 10	20 – 40
moderatamente addensato	10 – 30	40 – 120
addensato	30 – 50	120 – 200
molto addensato	> 50	> 200

Con riferimento alle prove penetrometriche P1, P2, P3 e P3 ed al sondaggio PZ1 le caratteristiche dei livelli individuati sono le seguenti.

➤ Livello 1

E' costituito da terreni molto sciolti con valori medi di Nspt minori di 4 c/p e valori medi di Qc di 14 – 22 Kg/cm².

Lo spessore individuato nelle verticali di indagine varia da circa 0,6 m a poco più di 2 m.

Corrisponde in linea generale all'orizzonte litologico A (terreno di coltivo / sabbia con limo argillosa e limo con sabbia argilloso).

I livelli seguenti possono essere, in linea generale, ricondotti all'orizzonte litologico B.

➤ Livello 2

E' costituito da terreni molto sciolti / sciolti con valori medi di Nspt di 3 – 5 c/p.

Si estende fino a profondità variabili tra circa -1,2 e -8 m da p.c..

Questo livello non è stato individuato dalle prove statiche in quanto presenta caratteristiche molto simili al livello 1.

➤ Livello 3

E' costituito da terreni moderatamente addensati con valori medi di Nspt di 11 – 24 c/p e valori medi di Qc di 67 – 86 Kg/cm².

Si estende fino a profondità variabili tra circa -2,8 e -10 m da p.c. (fino a max. prof investigata in alcune verticali).

➤ Livello 4

E' costituito da terreni sciolti con valori medi di N_{spt} di 5 - 6 c/p e valori medi di Q_c di 26 - 29 Kg/cm².

Si estende fino alla massima profondità investigata.

Anche per quanto riguarda il grado di addensamento dei depositi la zona sud-est dell'area in esame presenta caratteristiche differenti.

Le prove SPT eseguite nel sondaggio PZ2 hanno dato i risultati seguenti:

- prova spt eseguita tra -1,5 e 1,95 m da p.c. → $N_{spt} = 6$ c/p
- le altre prove (-3 m/-4,5 m/-6,0 m/-7,5 m/-9,0 m da p.c.) → $N_{spt} =$ da 47 c/p a "rifiuto"
→ terreno addensato / molto addensato

10. ASPETTI AMBIENTALI

Come già accennato, sono stati prelevati dei campioni di terreno al fine di caratterizzarli chimicamente.

Campioni per laboratorio analisi chimiche		
Nome campione	profondità campionamento	Set analitico
NA1	-0,4/-1,0 m	A
NA2	-0,4/-0,7 m	B
NA3	-0,1/-0,5 m	A
NA4	-0,5/-1 m	B
NA5	-0,5/-1 m	B
NB1	-0,3/-0,5 m	A
NB2	-1,9/-2,0 m	A
NB3	-0,5/-1 m	B
<u>Set analitico A</u> ✓ Metalli: Arsenico, Cadmio, Cobalto, Cromo totale, Cromo VI, Nichel, Mercurio, Piombo, Rame, Zinco ✓ Idrocarburi pesanti: C>12 ✓ Amianto		
<u>Set analitico B</u> ✓ Metalli: Arsenico, Cadmio, Cobalto, Cromo totale, Cromo VI, Nichel, Mercurio, Piombo, Rame, Zinco ✓ Idrocarburi pesanti: C>12 ✓ Idrocarburi leggeri: C<12 ✓ Amianto ✓ IPA ✓ Composti organici aromatici (BTEX)		

Per quanto riguarda i limiti normativi di riferimento sono stati individuati nelle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) dell'Allegato 5 della Parte Quarta, del d.lgs. 152/06.

I risultati delle analisi chimiche condotte evidenziano come tutti i parametri ricercati presentano una concentrazione al di sotto dei limiti imposti per aree a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale (colonna A).

Il terreno naturale (per quanto attiene ai campioni analizzati) presenta quindi le caratteristiche ambientali per poter essere riutilizzato in sito o gestito come sottoprodotto.

Villa Guardia, dicembre 2021

Dott. geologo
Frati Stefano



Mandanti:

34