



CONSORZIO DEL TICINO

TRAVERSA DELLA MIORINA - COMUNE DI GOLASECCA (VA)



LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER IL
RIPRISTINO DELLA CAPACITA' D'INVASO DI RITENUTA

INTERVENTO SU CAMPATE 1 E 2 IN SPONDA SINISTRA TICINO

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA



RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
SIG.RA DORIANA BELLANI

RESPONSABILE COORDINATORE PROGETTO
DOTT. ING. BEATRICE MAJONE

STRUTTURE PROVVISORIE E CANTIERIZZAZIONE

MAJONE&PARTNERS
ENGINEERING

DOTT. ING. DENIS CERLINI - DOTT. ING. NICOLA PESSARELLI

CARPENTERIE



DOTT. ING. STEFANO BARBARESI
DOTT. ING. FRANCESCO BARBARESI

VIA DEL MONACO, 3 - 61121 PESARO (PU)
TEL. 0721403695 - FAX 072140895
EMAIL: bbprogetti.barbaresi@gmail.com
P.I. 02304940410

SICUREZZA E GESTIONE

STUDIO DI ARCHITETTURA ED INGEGNERIA

M I C R O N

DOTT.ING. MASSIMO MARSILI
via Brescia n.2 - 20063 Cernusco sul Naviglio (MI)
Tel. 335.67.63.018
E-Mail: massimo.marsili@studiomicon.it

ASPETTI IDRAULICI PAESAGGISTICI E AMBIENTALI



DOTT. ING. MASSIMO SARTORELLI

DATA:
APR 2020

REV.1
REV.2
REV.3

SCALA:

FILE:

TAVOLA:

RGG 05

La presente tavola è tutelata dai diritti di copyright. Art. 1151-2-3 C.C.

**CONSORZIO DEL TICINO
MILANO**



**DIGA DI REGOLAZIONE
DEL LAGO MAGGIORE ALLA RAPIDA MIORINA**

**RAPPORTO TECNICO
INDAGINI GEOGNOSTICHE**



EDILPINTA S.r.l.

Dott. Geol. **TIZIANA DA PRADA**
Ordine dei Geologi della Lombardia,
n°772
Via Statale, 33 – 23034 GROSOTTO (SO)
Tel. – Fax: 0342 848506

DATA

Marzo 2004

TIMBRO



FIRMA

SOMMARIO

1. PREMESSA.....	3
2. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA'.....	3
3. ATTREZZATURA UTILIZZATA.....	3
4. METODOLOGIA DI LAVORO	4
4.1. SONDAGGI.....	4
4.2. STANDARD PENETRATION TEST – S.P.T.....	5
5. MODALITA' DELLA DESCRIZIONE STRATIGRAFICA.....	6
5.1. DESCRIZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI	6
5.2. DESCRIZIONE DEL CALCESTRUZZO	7
6. STRATIGRAFIE	8
7. DESCRIZIONE DEI FORI	8
7.1. SONDAGGI IN CORRISPONDENZA DELLE PILE	8
7.2. SONDAGGI IN CORRISPONDENZA DEL TAGLIONE DI MONTE	9
8. RISULTATI DELLE PROVE	10
8.1. PROVE SPT	10
UBICAZIONE DEI FORI.....	14
10. STRATIGRAFIE	15
11. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA.....	25

1. PREMESSA

Il presente rapporto tecnico riassume i dati relativi alle indagini in sito (sondaggi, prove SPT e posa di piezometri) eseguite dalla ditta Edilpinta S.r.l. di Morbegno (So) nei mesi di febbraio-marzo 2004, sulla diga di regolazione del Lago Maggiore alla rapida Miorina.

Vengono di seguito riportati la descrizione dell'attrezzatura utilizzata e delle modalità esecutive nonché quelle utilizzate per la stesura del presente rapporto tecnico; i dati delle prove condotte, la stratigrafia dei fori e la documentazione fotografica.

2. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA'

La campagna di indagini è consistita nell'esecuzione di complessivamente sette sondaggi, tre (FORO1, FORO2 e FORO 3) in corrispondenza delle pile e quattro (FORO4, FORO 5, FORO 6 e FORO 7) in corrispondenza del taglione di monte, tutti verticali, la cui ubicazione è di seguito riportata.

Sui tutti i sondaggi, rispettivamente della lunghezza di 23 m (foro 1) e 22 m (foro 2 e 3), 15 m (foro 4 e 5), 14.5 m (foro 6) e 13 m (foro 7) sono state inoltre state condotte prove SPT il cui posizionamento è di seguito riassunto.

Nei primi tre fori, quelli in corrispondenza delle pile (foro 1, 2 e 3), sono infine stati posizionati un piezometro del tipo Casagrande ciascuno: a fondo foro nel sondaggio 1, a 2.5 m sotto il calcestruzzo (e quindi ad una profondità di 19.7 m) nel sondaggio 2 e a 0.5 m sotto il calcestruzzo (e quindi ad una profondità di 17.5 m) nel sondaggio 3.

3. ATTREZZATURA UTILIZZATA

Per l'esecuzione dei sondaggi è stata impiegata una sonda cingolata.

Come utensili di perforazione sono stati usati carotieri semplici con diametro interno di 100 mm e lunghezza di 1500 mm equipaggiati con corone di vidiam (per l'attraversamento dei terreni sciolti) e carotieri doppi T6 con diametro esterno di 101 mm e lunghezza di 1500 mm equipaggiati con corone diamantate (per l'avanzamento in calcestruzzo).

Le aste di perforazione utilizzate sono del tipo a manicotto conico dal diametro esterno di 76 mm e lunghezza di 1500 e 3000 mm.

Per la realizzazione delle prove SPT è stato inoltre utilizzato un campionatore con diametro 130 mm.

4. METODOLOGIA DI LAVORO

Vengono di seguito descritte le metodologie adottate per l'esecuzione dei sondaggi e delle prove condotte.

4.1. Sondaggi

Per i sondaggi a carotaggio continuo è stato utilizzato il sistema tradizionale ad aste, tramite il metodo a rotazione con circolazione diretta del fluido di perforazione, rappresentato da acqua nel calcestruzzo e a secco nei terreni sciolti.

Le singole manovre di carotaggio sono state eseguite senza soluzione di continuità e le carote estratte sono state riposte in apposite cassette catalogatrici in legno lunghe 1 m e munite di scomparti divisorii e coperchio.

Su ogni cassetta i recuperi delle singole manovre sono stati differenziati con l'indicazione delle profondità di fine manovra.

Su ogni cassa sono poi state scritte le seguenti indicazioni:

- committente
- cantiere
- numero del sondaggio
- numero della cassa
- profondità d'inizio e fine dei materiali contenuti
- data
- ditta esecutrice

Ogni singola cassetta è inoltre stata fotografata (si veda documentazione fotografica).

4.2. Standard Penetration Test – S.P.T.

Sono state realizzate mediante l'infissione (tramite colpi di un maglio del peso di 63 kg che cade da un'altezza di 760 mm) nel terreno al fondo del foro di sondaggio preventivamente pulito di un campionatore del diametro di 130 mm avviato al fondo di una batteria di aste del diametro di 51 mm con un peso lineare di 7 kg/m.

Sono stati contati i colpi necessari ad un infissione preliminare di 150 mm procedendo poi all'infissione di un successivo tratto da 300 mm e contando il numero di colpi relativo ai primi ed ai secondi 150 mm.

La prova è stata considerata conclusa quando è stato raggiunto il rifiuto, corrispondente a più di 50 colpi necessari per l'infissione preliminare o all'ottenimento di 100 colpi per un avanzamento minore o uguale a 300 mm.

5. MODALITA' DELLA DESCRIZIONE STRATIGRAFICA

La descrizione stratigrafica raccoglie in ordine prefissato tutte le indicazioni desunte dall'osservazione dei materiali recuperati dai sondaggi a carotaggio continuo e contenuti nelle casse catalogatrici.

Prima delle osservazioni di dettaglio è stato esaminato il carotaggio nel suo complesso per individuare i limiti tra intervalli della successione stratigrafica macroscopicamente omogenei, rappresentati anzitutto dal limite tra calcestruzzo e rocce sciolte, nonché da una diversa percentuale legante/inerti, dimensione e/o natura degli inerti, fratturazione e/o alterazione per il primo e da un tipo predominante di granulometria e di colore per le seconde.

Definita la successione degli strati, i cui limiti sono espressi in metri, ne è stata redatta una descrizione.

5.1. Descrizione geotecnica dei terreni

I terreni sono stati identificati specificando il materiale predominante e quelli subordinati, aventi caratteristiche differenti (granulometria, natura o colore).

Del materiale predominante sono strati descritti:

- granulometria (in base alla dimensione dei granuli costituenti e alla loro percentuale relativa secondo le definizioni AGI-1977, attribuendo il nome della percentuale più rilevante seguita da ulteriori specificazioni per indicare le frazioni minori);
- colore
- natura (in base alla litologia degli elementi e considerando il dimetro, la forma e l'arrotondamento degli stessi);
- assortimento (con i termini fine, medio, grossolano, medio/fine, medio/grossolano ed eterometrico);

- addensamento e/o consistenza (nei termini sciolto – si rompe con le dita; mediamente addensato – difficile da rompersi con le dita, può essere tagliato con una pala; molto addensato – non può essere rotto con le dita, può essere tagliato con un piccone; estremamente addensato – difficile da rompere con un piccone, richiede il martello pneumatico);
- struttura (considerando la presenza o meno – in questo caso struttura indistinta – di laminazioni sedimentarie evidenti);
- particolarità quali alterazione, ossidazione o presenza di eventuali strutture subordinate (livelli, laminazioni, lenti, noduli o granuli).

Del materiale subordinato è stato indicato l'intervallo di profondità all'interno del quale è stato osservato indicando inoltre la frequenza del medesimo con gli aggettivi "raro" (<5%), "qualche" (5-25%), "frequente" (>25%).

5.2. Descrizione del calcestruzzo

Il materiale è stato descritto prendendo in considerazione anzitutto la natura litologica (in base alla classificazione classica delle rocce) degli inerti nonché la loro forma e la loro dimensione massima.

Sono state inoltre individuate le zone di discontinuità più evidenti (vespai), la presenza di pori o cavità e l'eventuale riempimento di queste ultime.

E' stata infine segnalata la presenza di iniezioni cementizie e sono state descritte le fratture presenti (inclinazione, alterazione, eventuale riempimento).

E' stato poi determinato anche il recupero percentuale modificato o indice R.Q.D.(Rock Quality Designation) rappresentato dalla sommatoria degli spezzoni interi di carota di lunghezza superiore a 10 cm, senza considerare le rotture meccaniche, rapportata in percentuale alla lunghezza di perforazione considerata. Tale grandezza è stata definita misurando gli spezzoni lungo l'asse e raggruppando i tratti di ogni manovra di campionatura.

6. STRATIGRAFIE

Sono riportate in allegato e sono suddivise in due parti principali.

In quella superiore sono indicate le informazioni per l'identificazione del sondaggio (cantiere, committente, ditta esecutrice, compilatore e numero del sondaggio).

Nella parte sottostante le varie colonne rappresentano nell'ordine:

- la scala grafica;
- la profondità dei diversi livelli individuati;
- la rappresentazione grafica e la descrizione degli stessi;
- l'RQD;
- le dimensioni degli spezzoni in cm;
- la descrizione dell'attrezzatura utilizzata;
- il numero della cassa che contiene il materiale prelevato alle corrispondenti profondità indicate.

7. DESCRIZIONE DEI FORI

Viene di seguito riportata una breve descrizione dei sondaggio eseguiti, le cui caratteristiche sono per altro riassunte nella stratigrafia riportata in allegato.

7.1. *Sondaggi in corrispondenza delle pile*

Tutti i fori attraversano inizialmente, sino ad una progressiva di circa 17 m (in particolare 17.5 m nel foro 1, 17.20 m nel foro 2 e 17 m nel foro 3) il calcestruzzo della diga, il quale appare globalmente in buone condizioni, compatto e poco fratturato, ed esclusione del tratto terminale a partire da una profondità di circa 15 m.

In particolare a partire da 15.33 m nel foro 1, da 15.20 m nel foro 2 e da 15 m nel foro 3, il calcestruzzo appare da vacuolare a fratturato sino a disintegrato con mancanza di legante e presenza di inerti sciolti.

In questo tratto, l'RQD appare infatti compreso tra valori che vanno dal 47% (tra 15.5 m e 17.5 m nel foro 1) al 20% (tra 14.80 m e 16.8 m nel foro 3), mentre nella porzione superiore dei sondaggi raggiunge valori del 100% con minimi del 72% per un unico tratto di circa 1 m all'inizio del foro 1.

Nel foro 3 v a inoltre segnalata la perdita totale dell'acqua di circolazione a 15.20 m.

I sottostanti terreni di fondazione sono rappresentati da sabbie e sabbie limose debolmente argillose che solo nel foro 3 presentano una certa percentuale di ghiaia.

Il colore è prevalentemente grigio ed il grado di addensamento da scarso a moderato.

Il livello dell'acqua misurato nei piezometri installati è infine pari a 4.3 m nel foro 1 e 2 e 5.3 m nel foro 3.

7.2. Sondaggi in corrispondenza del taglione di monte

Tutti i sondaggi hanno attraversato inizialmente, sino ad una progressiva di 9.8 m, il calcestruzzo della diga (ad esclusione del foro 6 dove il contatto calcestruzzo-terreni di fondazione sembra essere impostato a 9.7 m).

Questi appare globalmente in buone condizioni, compatto e poco fratturato, ed esclusione del tratto terminale a partire da una profondità di circa 8 m (ad esclusione del foro 5 dove il degrado del calcestruzzo sembra iniziare solo a 9.3 m), in particolare a 7.8 m nel foro 4, a 8.15 m nel foro 6 e a 7.8 m nel foro 7.

A partire da tali progressive, il calcestruzzo appare infatti da vacuolare a fratturato sino a disintegrato con mancanza di legante e presenza di inerti sciolti (nei fori 4, 6 e 7).

Nei fori 4 e 6 va inoltre segnalato il mancato recupero del campione rispettivamente a 9.45 m (per 0.8 m) e tra 9.2 m e 9.7 m.

Nei tratti con calcestruzzo di scarsa qualità, l'RQD presenta infatti valori che arrivano allo 0% (per un breve tratto intorno agli 8 m nel foro 4 ed intorno ai 9 m nel foro 6), mentre nella porzione superiore dei sondaggi si raggiunge il 100% con minimi dell'80%.

I sottostanti terreni di fondazione sono rappresentati da sabbie e sabbie limose debolmente argillose che nei fori 5 e 7 presentano una certa percentuale di ghiaia.

I colori prevalenti sono il grigio ed il marrone-nocciola ed il grado di addensamento da scarso a moderato.

8. RISULTATI DELLE PROVE

Vengono di seguito riassunti i risultati delle prove SPT condotte nei fori, nonché fornita la loro esatta ubicazione.

8.1. Prove SPT

I risultati delle prove penetrometriche effettuate nei sondaggi, oltre che essere riportati nelle stratigrafie, sono riassunti nella tabella seguente:

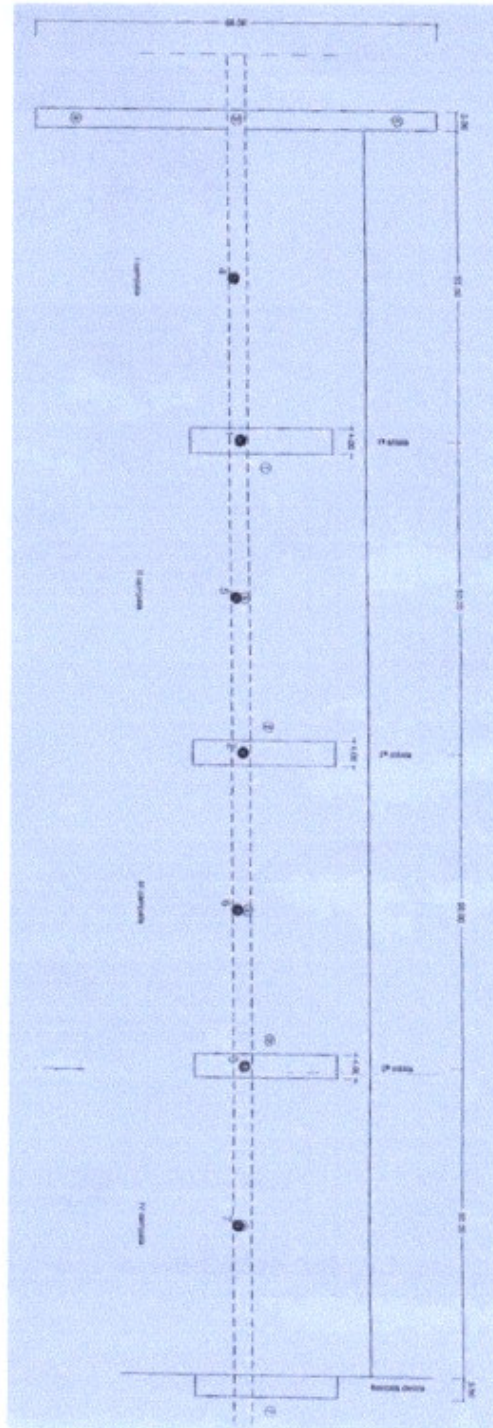
N. FORO	N. PROVA	PROFONDITA' DI ESECUZIONE (m)	INFISSIONE (cm)	N. COLPI
F1	1	18.00	15	10
			15	16
			15	21
F1	2	19.00	15	9
			15	13
			15	18
F1	3	20.00	15	11
			15	16
			15	22
F1	4	21.00	15	8
			15	12
			15	21

F2	1	18.00	15	18
			15	18
			15	25
F2	2	19.00	15	16
			15	19
			15	24
F2	3	20.00	15	23
			15	31
			15	38
F2	4	21.00	15	21
			15	26
			15	32
F3	1	17.50	15	26
			15	38
			15	41
F3	2	18.50	15	21
			15	19
			15	24
F3	3	19.50	15	16
			15	27
			15	39
F3	4	20.5	15	21
			15	26
			15	29
F4	1	10.5	15	11
			15	20
			15	23
F4	2	11.5	15	18
			15	24
			15	39
F4	3	12.5	15	21
			15	36
			15	42

			13	28
F4	4	13.50	15	19
			15	28
			15	40
F5	1	10.50	15	19
			15	21
			15	36
F5	2	11.50	15	21
			15	30
			15	36
F5	3	12.50	15	20
			15	38
			15	51
F5	4	13.50	15	31
			15	44
			15	59
F6	1	9.50	15	16
			15	29
			15	36
F6	2	10.50	15	28
			15	47
			15	59
F6	3	11.50	15	21
			15	34
			15	41
F6	4	12.50	15	18
			15	26
			15	39
F7	1	10.50	15	39
			15	45
			15	60

F7	2	11.50	15	28
			15	41
			15	60
F7	3	12.50	15	26
			15	51
			15	66
F7	4	13.50	15	18
			15	24
			15	32

9. UBICAZIONE DEI FORI



10. STRATIGRAFIE

Sigla sondaggio: FORO 1				Committente: CONSORZIO DEL TICINO - MILANO					
Ditta esecutrice: EDILPINTA S.r.l.-BUGLIOINMONTE(SO)				Cantiere: DIGA DI MIORINA					
Scala sondaggio: 1:100				Compilatore: Dott.Geol.T.Da Prada-GROSOTTO (SO)					
Scala 1:100	Profondità	Stratigrafia	Descrizione	Falda	SPT	Spezzoni (cm)	RQD (%)	Cassetta	Attrezzatura
1			calcestruzzo poco fratturato con inerti poligenici da subangolari a subarrotondati di dimensioni massime pari a 8 cm, locale presenza di pori millimetrici; fratture suborizzontali fresche o leggermente decolorate	4.30		7-33	72	1	carotiere doppio T6 con corona diamantata
2					6-55	99			
3						42-90	100	2	
4	3.65 3.70		frammento di legno				98		
5			calcestruzzo fratturato, ma compatto con pori scarsi o assenti; inerti poligenici subangolari di dimensioni fino a 8 cm; discontinuità suborizzontali, planari, fresche o leggermente decolorate			19-90	100	3	
6							97		
7								4	
8							100		
9								5	
10							100		
11			calcestruzzo poco fratturato con inerti poligenici subarrotondati di dimensione massima 5 cm; assenza di pori e una sola discontinuità suborizzontale inalterata; ferro da 20 mm a 11.30 m			28-63	99	6	
12									
13			calcestruzzo poco fratturato con rari pori di dimensioni millimetriche; inerti poligenici, subangolari di dimensioni fino a 9 cm; fratture suborizzontali da inalterate a leggermente decolorate; a 15.30 m ferro in sezione longitudinale di lunghezza 1.5 cm e larghezza 1 cm			5-82	100		
14							100		
15							68		
16	15.33		calcestruzzo disintegrato con inerti subarrotondati poligenici privi di legante				47		
17	17.50		calcestruzzo da vacuolare e fratturato passante ad inerti privi di legante, subarrotondati, poligenici, di dimensioni fino a 5-7 cm						

Scala 1:100	Profondità	Stratigrafia	Descrizione	Falda	SPT	Spezzoni (cm)	RQD (%)	Cassetta	Attrezzatura
18	17.50		sabbie con ghiaia ad elementi subarrotondati fino a 5 cm, grigie, sciolte		18.00	5-82		5	carotiere semplice 100 mm - SPT con campionatore 130m-m
19	17.80		sabbia da fine a debolmente limoso-argillosa, mediamente addensata di colore inizialmente grigio bruno poi grigio chiaro		15-15-15 10-18-21 19.00				
20	19.80		ciottoli granitici subangolari di dimensione pari a 5 cm		15-15-15 9-13-18 20.00				
21	20.00		sabbia fine, debolmente limoso-argillosa, mediamente addensata, colore grigio chiaro		15-15-15 11-18-22 21.00			7	
22					15-15-15 8-12-21				
23	23.00								

NOTE:
Piezometro tipo Casagrande installato a fondo foro
Misura della superficie piezometrica: 4.3 m dalla bocca foro

Sigla sondaggio: FORO 2				Committente: CONSORZIO DEL TICINO - I					
Ditta esecutrice: EDILPINTA S.r.l.-BUGLIOINMONTE(SO)				Cantiere: DIGA DI MIORINA					
Scala sondaggio: 1:100				Compilatore: Dott.Geol.T.Da Prada-GROSC					
Scala 1:100	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Falda	SPT	Spezzoni (cm)	RQD (%)	Cassetta	Attrezzatura
1			calcestruzzo poco fratturato compatto e omogeneo con inerti poligenici subarrotondati, di dimensioni variabili fino ad un massimo di 6-7 cm; discontinuità suborizzontali, inalterate localmente ricementate (a 8.9 m)	4.30		13-150	100	1	carotiere doppio T6 con corona diamantata
2							100		
3							100		
4							100		
5							100	2	
6							97		
7							100		
8							100	3	
9	9.00						100		
10			calcestruzzo poco fratturato, con inerti poligenici prevalentemente subarrotondati, di dimensioni leggermente inferiori allo strato superiore (max 5 cm), compatto e omogeneo ad esclusione di brevi tratti con alcuni vuoti di dimensioni massime 1 cm (a 10.65 m, a 11.25 m e tra 12.15 e 12.35 m) e cavità di circa 7 cm a 11.50 m e di 2 cm a 13 m; discontinuità suborizzontali, inalterate			9-154	95		
11							95	4	
12							98		
13							100		
14			calcestruzzo molto fratturato e vacuolare, a tratti disintegrato, con mancanza di legante (in particolare tra 15.70 m e 15.90 m), con vespei continui di dimensioni centimetriche; inerti subarrotondati di dimensione massima 5 cm			5-25	77	5	
15	15.20						42		
16							84	6	
17	17.20								

Scala 1:100	Profondità	Stratigrafia	Descrizione	Falda	SPT	Spezzoni (cm)	RQD (%)	Cassetta	Attrezzatura
	17.20		limo argilloso grigio, da poco a mediamente addensato		15.00	5-25		6	carotiere semplice 100 mm - campionatore 130 mm per le prove SPT
18					15-15-15				
19					18-18-25				
20					19.00				
21	20.90				15-15-15				
22	22.20		sabbia limosa, debolmente argillosa, di colore da grigio a grigio chiaro, da sciolta a mediamente addensata		16-19-24			7	
					20.00				
					15-15-15				
					23-31-38				
					21.00				
					15-15-15				
					21-26-32				

NOTE
Piezometro tipo Casagrande installato a 19.7 m
Livello acqua nel foro. 4.3 m dalle teste

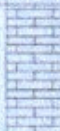
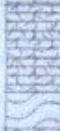
Sigla sondaggio: FORO 3				Committente: CONSORZIO DEL TICINO - MILANO					
Ditta esecutrice: EDILPINTA S.r.l.-BUGLIOINMONTE(SO)				Cantiere: DIGA DI MIORINA					
Scala sondaggio: 1:100				Compilatore: dott.geol.T.Da Prada-GROSOTTO(SO)					
Scala 1:100	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Falda	SPT	Spezzoni (cm)	RQD (%)	Cassetta	Attrezzatura
1			calcestruzzo poco fratturato e compatto, con i- nerti poligenici subarrotondati di dimensione mas- sima 7 cm; fratture suborizzontali inalterate					1	carotiere T8 doppio con coro- na dia- mantata
2									
3									
4									
5									
6				5.30		13-137	100	2	
6.25									
7			calcestruzzo come sopra, ma con una leggera di- minuzione della percentuale di inerti, comunque poligenici e da subarrotondati a subangolari, me- diamente di dimensioni leggermente inferiori (co- munque con un massimo di 6 cm); fratture subo- rizzontali o inclinate massimo di 10°, inalterate					3	
8									
9									
9.05									
10			calcestruzzo poco fratturato e compatto con inerti poligenici subarrotondati di dimensione massima 5 m; fratture suborizzontali inalterate o decolora- te, localmente ricementate (a 9.60 m)			9-150	91		
11							95	4	
12							97		
13							98		
14							100	5	
15									
15.00									
16			calcestruzzo disgregato con locale completa as- senza di legante; inerti poligenici subarrotondati di dimensione massima 5 cm - A 15.20 m PERDITA TOTALE DELL'ACQUA DI PERFORAZIONE			5-25	20	6	
17	17.00								

Scala 1:100	Profondità	Stratigrafia	Descrizione	Falda	SPT	Spezzoni (cm)	RQD (%)	Cassetta	Attrezzatura
	17.00				17.50	5-25			
	18.00		sabbia fine debolmente limosa localmente con rari elementi litici subangolari di 2-3 cm, mediamente addensata di colore da grigio-bruno a grigio chiaro e scuro		15-15-15 26-38-41 18.50			6	carotiere semplice 100 mm - campiatore T6 130 mm per le prove SPT
	19.00		ghiaia e sabbie localmente limose, con ciottoli subarrotondati di dimensioni massime fino a 7 cm, sciolti a poco addensata, colore grigio		15-15-15 21-19-24 19.50				
	20.00		sabbie fine limoso-argillose, da poco a mediamente addensata, colore da grigio chiaro a grigio scuro		15-15-15 18-27-39 20.50			7	
	21.00		sabbie da fine a grossolana, con ghiaia in subordinata formata da clasti subangolari poligenici, da sciolti a mediamente addensata, colore da grigio chiaro a grigio scuro		15-15-15 21-26-29				
	22.00								

NOTE:
Piezometro tipo Casagrande installato a 0.5 m sotto il calcestruzzo.
Livello dell'acqua nel foro misurato a 5.3 m di profondità dalla testa foro

Sigla sondaggio: FORO 4			Committente: CONSORZIO DEL TICINO - MILANO					
Ditta esecutrice: EDILPINTA S.r.l.-BUGLIOIN MONTE(SO)			Cantiere: DIGA DI MIORINA					
Scala sondaggio: 1:100			Compilatore: dott.geol.T.Da Prada-GROSOTTO(SO)					
Scala 1:100	Profondità'	Stratigrafia	Descrizione	SPT	Spezzoni (cm)	RQD (%)	Cassetta	Attrezzatura
1			ciottolo granitico di 23 cm ad inizio foro poi calcestruzzo poco fratturato con inerti poligenici subarrotondati, di dimensione massima 5 cm; fratture suborizzontali (più una discontinuità verticale di circa 20 cm a 7.10 m) prevalentemente inalterate, ma localmente leggermente ossidate (a 5.80 m e a 5.65 m), a tratti con tracce di cementazione (a 1.80 m); piccoli vespai di dimensione massima 1 cm a 2.5 m, a 3.9 m, a 5.1 m e tra 5.6 m e 6.2 m; cavità di 5 cm a 4.35 m e di 15 cm a 7.1 m (assenza di legante); piccoli pori sparsi millimetrici a 0.6 m, tra 1.7 m e 2.5 m, tra 3.15 m e 3.35 m e tra 7.3 m e 7.7 m; spezzone di ferro di circa 10 cm a 7.25 m		17-85	97	1	carotiere doppio T6 con corona diamantata
2				93				
3				100				
4				80				
5				95				
6				97				
7				96				
8	7.80							
9			calcestruzzo inizialmente da molto fratturato a disintegrato, poi piuttosto compatto (tra 9.45 m e 9.6 m) con vespai centimetrici a 9.55 m; frattura verticale tra 7.8 m e 7.95 m con incrostazioni calcaree marroni di spessore millimetrico; mancanza di legante tra 7.95 m e 9.45 m (con mancato recupero per 0.8 m); a 8.40 m deposito di sabbia marrone su frammenti di calcestruzzo		5-33	0	2	
10	9.80							
11	10.40		sabbia medio-groscolana in matrice limoso-argillosa, mediamente addensata, colore marrone	10.50			3	carotiere semplice 100 mm; campionatore 130 mm per prove SPT
12			sabbia marrone sciolta con intercalati livelli di sabbia fine limosa da poco a mediamente addensata (da 11.8 m a 12 m, tra 13.15 m e 13.5 m, tra 14.1 m e 14.2 m e tra 14.8 m e 15 m)	15-15-15 11-20-23 11.50				
13				15-15-15 18-24-39 12.50				
14				15-15-15 21-38-42 13.50				
15	15.00			15-15-15 19-28-40			4	

Sigla sondaggio: FORO 5			Committente: CONSORZIO DEL TICINO - MILANO					
Ditta esecutrice: EDILPINTA S.r.l.-BUGLIOINMONTE(SO)			Cantiere: DIGA DI MIORINA					
Scala sondaggio: 1:100			Compilatore: dott.geol.T.Da Prada-GROSOTTO(SO)					
Scala 1:100	Profondità'	Stratigrafia	Descrizione	SPT	Spezzoni (cm)	RQD (%)	Cassetta	Attrezzatura
1	2.50		calcestruzzo poco fratturato con inerti poligenici subarrotondati di dimensione massima di 8 cm; fratture suborizzontali, plane, fresche; ad inizio foro ferri a sezione ellittica 1.5 cm per 1 cm		11-41	100		carotiere doppio T6 con corona diamantata
2			calcestruzzo poco fratturato, ma con vespai nei primi 20 cm, tra 2.5 e 2.6 m e da 5.65 m a 6.6 m e fratture scabre e irregolari, con inclinazione fino a 25°, localmente con cristallizzazioni sulle superfici (tra 2.6 m e 3.4 m, a 4.4 m, a 4.7 m a 5.4 m e a 5.65 m)			93	1	
3						92		
4					100			
5					95	2		
6					94			
7	6.60		calcestruzzo con inerti poligenici, mediamente fratturato, con scarsi pori di dimensione centimetriche; fratture da suborizzontali a leggermente inclinate, irregolari, fresche o localmente leggermente alterate (a 8.5 m); ferro tra 8.05 m e 8.20 m		2-62	100		
8						91	3	
9						96		
10						98		
11	9.30		calcestruzzo con inerti poligenici subangolari di dimensione massima 7 cm, con vespai centimetrici localmente alterati e fratture poco inclinate, fresche	10.50	9-56			carotiere semplice 100 mm . campionatore 130 m- m per prove SPT
12	sabbia media con ghiaia ad elementi subarrotondati, sciolte, di colore grigio		15-15-15 19-21-38 11.50					
13	limo argilloso compatto con sabbia in subordine, colore grigio		15-15-15 21-30-36 12.50					
14	sabbia con ghiaia ad elementi subarrotondati di dimensione media 1.5 cm, ma fino a 5 cm, sciolte di colore grigio, localmente passanti a limo sabbioso (tra 13.6 m e 13.8 m e a fondo foro)		15-15-15 20-38-51 13.50					
15			15-15-15 31-44-59					
15	15.00							

Sigla sondaggio: FORO 6				Committente: CONSORZIO TICINO - MILANO				
Ditta esecutrice: EDILPINTA S.r.l.-BUGLIOINMONTE(SO)				Cantiere: DIGA DI MIORINA				
Scala sondaggio: 1:100				Compilatore: dott.geol.T.Da Prada-GROSOTTO(SO)				
Scala 1:100	Profondità'	Stratigrafia	Descrizione	SPT	Spezzoni (cm)	RQD (%)	Cassetta	Attrezzatura
1	2.40		calcestruzzo poco fratturato, compatto, localmente con piccoli pori millimetrici; inerti poligenici da subangolari a subarrotondati; fratture orizzontali inalterate		12-59	95	1	carotiere doppio T6 con corona diamantata
2								
3								
4								
5	3.90		calcestruzzo con inerti poligenici da subangolari a subarrotondati, poco fratturato con discontinuità suborizzontali, inalterate o leggermente decorate tra 3 m e 3.9 m, con diffusi pori di dimensioni fino a 1 cm e vespaie centimetriche tra 2.8 m e 3 m e tra 3.4 m e 3.9 m	46-53	100			
6			calcestruzzo con inerti poligenici subarrotondati di dimensioni progressivamente inferiori ma comunque fino a 4 cm, compatto e moderatamente fratturato; discontinuità suborizzontali, inalterate; ferro di 20 mm di diametro a 7.5 m e frammento di legno a 6 m	10-76	96	2		
7								
8								
9	6.15		calcestruzzo disintegrato e privo di legante fino a 8.45 m con perdita complice tra 9.2 m e 9.7 m; per il resto calcestruzzo interessato da fratture suborizzontali inalterate e con pori di dimensioni fino a centimetriche; tra 9 m e 9.2 m vuoti e frattura verticale riempita da sabbia grigia	9.50	73	3		
10	9.70		sabbia limosa grigia con rari ciottoli mediamente addensata passante a sabbia grigia sciolta negli ultimi 25 cm	15-15-15 16-29-36 10.50	1-5	0		
11	10.35			limo argilloso debolmente sabbioso, colore grigio, da poco a molto addensato	15-15-15 28-47-59 11.50			carotiere semplice 100 mm - campionatore 130 mm per prove SPT
12					15-15-15 21-34-41 12.50			
13		15-15-15 18-28-39						
14	14.50							

11. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Sigla sondaggio: FORO 7				Committente: CONSORZIO DEL TICINO - MILANO					
Ditta esecutrice: EDILPINTAS.r.l.-BUGLIOINMONTE(SO)				Cantiere: DIGA DI MIORINA					
Scala sondaggio: 1:100				Compilatore: dott.geol.T.Da Prada-GROSOTTO(SO)					
Scala 1:100	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	SPT	Spezzoni (cm)	RQD (%)	Cassetta	Attrezzatura	
1			calcestruzzo con inerti poligenici subarrotondati di dimensioni fino a 6 cm, poco fratturato e compatto, localmente con pori di dimensioni fino a 2-3 cm (tra 3 m e 4.25 m); fratture suborizzontali fresche; ferro da 10 e 20 mm a inizio foro e a 3 m		15-70	100	1	carotiere doppio T8 con corona diamantata	
2									
3									
4						15-80		2	
5									
6									
7									
8	7.80		calcestruzzo maggiormente fratturato, vespai con incrostazioni calcaree tra 7.8 e 8 m e tra 8.3 e 9.15 m, tracce di cementazione tra 8 m e 8.3 m, mancanza di legante a 8.9 m e nuovamente vespai diffusi tra 9.15 m e 9.6 m		3-60	54	3		
9						92			
10	9.80		ciottolo di gneiss inalterato, non fratturato			95			
	10.00			10.50					
11			sabbia grossolana con ghiaia ad elementi subangolari e subarrotondati, sciolti, con iniziale livello decimetrico limoso grigio chiaro compatto	15-15-15 39-45-60 11.50			4	carotiere semplice 100 mm-campione 130 mm per prove SPT	
12	11.80		limo sabbioso, debolmente argilloso con poca ghiaia ad elementi subarrotondati, grado di addensamento da debole a medio, colore grigio	15-15-15 28-41-60 12.50					
			ghiaia ad elementi subangolari, sciolti, con poca sabbia, passante a sabbia da grossa a fine limosa con rari ciottoli (dimensione massima 5 cm), mediamente addensata, colore grigio-bruno	15-15-15 28-51-66 13.50					
13	13.00								
				15-15-15 18-24-32					

Fig. 11.2, FORO 7 - scala 1:100



CONSORZIO DEL TICINO

TRAVERSA DELLA MIORINA - COMUNE DI GOLASECCA (VA)



LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER IL
RIPRISTINO DELLA CAPACITA' D'INVASO DI RITENUTA

INTERVENTO SU CAMPATE 1 E 2 IN SPONDA SINISTRA TICINO

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA



RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
SIG.RA DORIANA BELLANI

COORDINAMENTO PROGETTO
DOTT. ING. MAURIZIO GANDOLFO

STRUTTURE E CANTIERIZZAZIONE

STUDIO DI ARCHITETTURA ED INGEGNERIA

M I C R O N

DOTT.ING. MASSIMO MARSILI - DOTT.ING. ANTONIO BAGGI
via Brescia n.2 - 20063 Cernusco sul Naviglio (MI)
Tel. 02.92.37.04.27 - Fax. 02.92.10.44.61
E-Mail: massimo.marsili@studiomicon.it

CARPENTERIE

DOTT. ING. AMBROGIO PIATTI

ASPETTI IDRAULICI PAESAGGISTICI E AMBIENTALI



DATA:

GIU 2018

REV.1

REV.2

REV.3

SCALA:

FILE:

TAVOLA:

RGG 03

La presente tavola è tutelata dai diritti di copyright. Art. 1131-2-3 C.C.

STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE

Dr. Geologo GIOVANNI FASSER

Ordine dei Geologi della Lombardia n. 561 AP sez. A

Via Amba d'Oro, 82 - 25123 BRESCIA

Web : www.studiofasser.it

E-mail : info@studiofasser.it

Regione Lombardia

Provincia di Varese

COMUNE DI GOLASECCA



VERIFICA SISMICA DELLO SBARRAMENTO DELLA MIORINA E DELLE OPERE ACCESSORIE - INDAGINI GEOGNOSTICHE PROPEDEUTICHE ALLA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI DI RINFORZO DELLE STRUTTURE DELL'EDIFICIO UFFICI E MAGAZZINO.

RELAZIONE GEOLOGICA

(R3) ai sensi della DGR 2616/2011, (R1) ai sensi del DM 14/01/08.

RELAZIONE GEOTECNICA

(R2) ai sensi del DM 14/01/08.

Committente :

Consorzio del Ticino – Milano.



Responsabile/Progettista :

Dr. Geol. Giovanni Fasser

Brescia, 18 luglio 2016

Tel. +39/030/362144 - Cell. +39/339/3519730

C.F. FSS GNN 56B27 B157N - Part. IVA 03397620174

stampato su carta riciclata (cer no CQ-COQ-09)



Indice generale

1. PREMESSA.....	3
1.1 ALLEGATI :	4
1.3 RIFERIMENTI NORMATIVI.....	4
2. MODELLO GEOLOGICO PRELIMINARE.....	5
2.1 inquadramento geologico e strutturale.....	5
2.2 STRATIGRAFIA.....	5
2.3 GEOMORFOLOGIA.....	7
2.4 IDROGEOLOGIA.....	9
3. MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO.....	10
4. SISMICITA'.....	11
4.1 INDAGINE GEOFISICA.....	11
4.1.1 ANALISI HVSR.....	11
4.1.2 INDAGINE SISMICA MASW.....	15
4.2 risposta sismica locale.....	20
4.2.2 Analisi di 2° livello.....	20
4.3 PARAMETRI SISMICI.....	21
5. MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO.....	23
5.1 INDAGINE GEOTECNICA.....	23
5.1.1 Sondaggi a carotaggio continuo.....	23
5.1.2 Prove di permeabilità in foro di sondaggio (tipo LEFRANC).....	24
5.2 NATURA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI (VALORI DERIVATI).....	26
5.3 PARAMETRI GEOTECNICI - VALORI CARATTERISTICI.....	28
6. CONCLUSIONI.....	29
TAVOLE FOTOGRAFICHE.....	35

1. PREMESSA

A seguito dei colloqui intercorsi con il Direttore Sign. Dorian Bellani, su incarico del Consorzio del Ticino, è stata eseguita un'indagine geognostica per la progettazione degli interventi di rinforzo delle strutture dell'edificio uffici e magazzino presso la diga della Miorina, in via Roma, 6, Alzaia sul Ticino, comune di Golasecca (VA).

L'indagine si è svolta in ottemperanza alle normative di legge vigenti in materia (Norme Tecniche sulle Costruzioni, D.M. 14/01/08 e ss.mm.ii.) e secondo le prescrizioni e gli oneri contenuti nelle raccomandazioni A.G.I. (1977) ed Eurocodice 7-8.

Il Comune di Golasecca è classificato sismico in Zona 4 (O.P.C.M. n. 3274/03 e D.G.R. 11 luglio 2014 – N. X/2129 e ss.mm.ii.), pertanto lo studio è stato condotto in prospettiva sismica trattandosi di edificio rilevante durante gli eventi sismici.

Secondo le prescrizioni delle N.T.A. della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT di Leno (ai sensi della D.G.R. 30/11/2011 – N. IX/2616) l'area in esame ricade in una classe di fattibilità geologica IVa, con gravi limitazioni, riferita ad "aree interessate da esondazione fluviale, sottoposte a normativa specifica (PAI)", nelle quali sono consentiti interventi edificatori "Esclusivamente per opere pubbliche o di interesse pubblico, riferite a servizi essenziali non altrimenti localizzabili, i progetti devono essere corredati da uno studio di compatibilità secondo quanto previsto dalla normativa P.A.I.".

Pertanto lo studio geologico, idrogeologico e sismico si è articolato nelle seguenti fasi :

- acquisizione dati da studi generali, cartografia esistente, studi di pianificazione territoriale, dati forniti dal Consorzio;
- rilevamento geologico-tecnico di dettaglio e indagini in sito per l'elaborazione del modello geologico di riferimento (MGR);
- indagini geotecniche in sito mediante l'esecuzione di :
 - n.2 sondaggi a rotazione, a carotaggio continuo, con prove SPT (standard penetration test) e prove di permeabilità (tipo Lefranc);
 - n. 1 sismogramma di sismica multicanale con acquisizione delle onde di superficie (Reyleigh, Love) ed elaborazione dei dati secondo la procedura MASW;
 - n° 1 indagine sismica passiva con misura dei microtrempi (metodo HVSR).

1.1 ALLEGATI :

- TAV.1 - CARTA LITOLOGICA CON ELEMENTI MORFOLOGICI (scala 1: 5.000);
- Planimetria con ubicazione indagini (non in scala);
- n. 2 stratigrafie dei sondaggi;
- Tavole fotografiche

1.3 RIFERIMENTI NORMATIVI

I codici di riferimento, che sono stati tenuti in conto nella realizzazione dello studio, sono i seguenti :

- **L.R. 1/2000 – D.G.R. N. 7/7868** e successive modifiche, attribuzione ai comuni dei compiti di Polizia Idraulica sul reticolo idrico minore;
- **PAI** o Adozione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico per il bacino di rilievo nazionale del Fiume Po (**Deliberazione dell'Autorità di Bacino n. 18 del 26/04/2001**) e **D.P.C.M. 24/05/2001**;
- **Ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003** e ss.mm.ii.;
- **d.d.u.o. n. 19904 del 21/11/2003**, con l'elenco delle tipologie di edifici classificabili come strategici e rilevanti;
- **D.Lgs. n.152/2006** e ss.mm.ii. - Norme tecniche in materia ambientale;
- **D.M. 14/01/2008 Norme Tecniche sulle Costruzioni**, che sancisce l'obbligo di effettuare la progettazione antisismica e la relazione geologica e geotecnica.
- **Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti** approvata dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008; **Circolare 5 agosto 2009 del M.I.T** approvata dal C.S.LLPP, Nuove norme tecniche per le costruzioni "Cessazione del regime transitorio di cui all'articolo 20, comma 1, del decreto-legge 31 dicembre 2007, n. 248"; **Circolare 11 dicembre 2009 del M.I.T** approvata dal C.S.LLP, Entrata in vigore delle norme tecniche per le costruzioni, Circolare 5 agosto 2009 - Ulteriori considerazioni esplicative.
- **D.G.R. 30 novembre 2011 – N. IX/2616** Aggiornamento dei Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologico, idrogeologica e sismica del piano di Piano di Governo del Territorio (art. 57, comma 1 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12).
- **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).
- **D.G.R. 30 marzo 2016 - n. X/5001** - Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015)

RELAZIONE GEOLOGICA

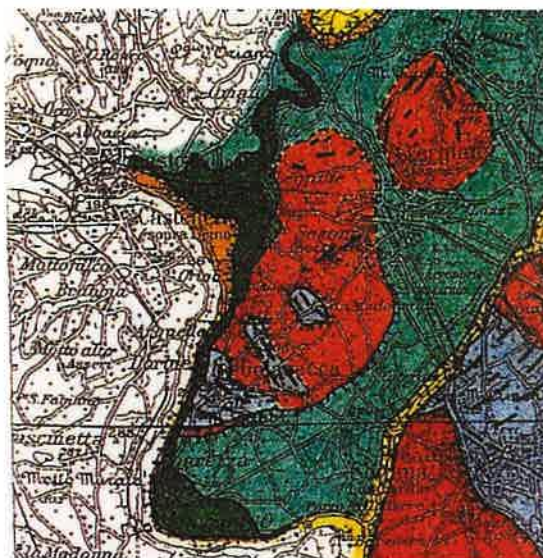
2. MODELLO GEOLOGICO PRELIMINARE

2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E STRUTTURALE

L'area in esame è ubicata in sinistra idrografica del Fiume Ticino, in corrispondenza della traversa della Miorina.

La zona in esame si sviluppa all'interno dell'apparato morenico del Verbano, compreso tra la cerchia morenica più interna (nasce il Ticino come emissario del Lago Maggiore) e la porzione apicale della conoide di transizione (sistema deposizionale di transizione tra l'anfiteatro morenico e le piane fluvio-glaciali di età tardo-pleistocenica ed olocenica).

La geologia della zona perciò è caratterizzata dalla presenza di depositi alluvionali, glaciali e fluvio-glaciali ed è collegata alle vicende deposizionali ed erosive dei ghiacciai quaternari e delle successive fasi di smantellamento e rideposizione degli stessi materiali ad opera degli scaricatori fluvio-glaciali, che hanno permesso l'accumulo di potenti successioni alluvionali prevalentemente grossolane.



Da Bini A., 1997

2.2 STRATIGRAFIA

La successione stratigrafica delle unità presenti nel territorio in oggetto è rappresentata da terreni alluvionali e glaciali riferibili al Quaternario.

Negli ultimi anni si sono imposti nuovi criteri di rilevamento dei depositi quaternari che hanno stravolto i vecchi metodi e le idee che li giustificavano. Sono state introdotte accanto alle Unità Litostratigrafiche le Unità Allostratigrafiche. Un'Unità Allostratigrafica corrisponde ad un corpo di rocce identificato sulla base delle discontinuità che lo delimitano e non dalle caratteristiche interne dei suoi depositi (litologia, sedimentologia, ecc.); essa comprende pertanto i sedimenti appartenenti ad un determinato evento deposizionale. I limiti sono rappresentati da superfici di discontinuità, compresa l'attuale superficie topografica, corrispondenti a lacune stratigrafiche di estensione cronologica ed areale significativa.

La successione dei terreni può essere così schematizzata (dai più recenti ai più antichi):

Unità postglaciale (Pg) (Olocene-attuale): in questa unità vengono raggruppati i corpi sedimentari depositi dopo la fusione del ghiaccio dell'ultimo grande evento glaciale Pleistocenico con l'instaurarsi di processi erosivi/sedimentari slegati da quelli glaciali propri dell'area in esame. Nell'ambito dell'area di indagine all'unità sono riferibili i depositi alluvionali attuali e recenti del Fiume Ticino, caratterizzati da prevalenti sabbie e ghiaie pulite con ciottoli e/o blocchi con matrice scarsa e generalmente confinata in letti sottili e/o lenti. I clasti sono poligenici, generalmente subarrotondati, debolmente alterati. All'unità post glaciale sono attribuibili anche depositi di versante al piede della scarpata morfologica del Ticino.

Alloformazione di Cantù (Ca - Bini, 1987) (Pleistocene superiore, Wurm auct.): prevalenti ghiaie a supporto di matrice sabbiosa medio grossolana con ciottoli sparsi; localmente depositi più marcatamente sabbiosi, come nell'area in esame. Comprende i depositi che formano i terrazzi più bassi del Ticino, sospesi di circa 15 m rispetto al Ticino attuale.

Allogruppo di Besnate (Riss pro parte e Wurm pro parte auct., Pleistocene medio-superiore): costituisce l'unità con maggior diffusione areale nell'ambito dell'Anfiteatro morenico del Verbano. Comprende al suo interno varie unità informali:

Unità di Daverio (BDa) (Da Rold, 1990): sabbie e ghiaie di origine fluvioglaciale passanti localmente a ghiaie grossolane o ghiaie sabbiose grossolane con rari ciottoli poligenici. L'unità è delimitata in una fascia che si sviluppa con buona continuità in corrispondenza della scarpata morfologica del fiume Ticino.

Unità di Sumirago (BSu) (Da Rold, 1990): L'unità è costituita sia da depositi morenici a forte componente sabbiosa sia da depositi di origine fluvioglaciale a prevalenti ghiaie, generalmente stratificate, alternate a sabbie grossolane.

Alloformazione di Golasecca (Go) (Riss pro parte, Würm pro parte auct., Pleistocene medio): costituita essenzialmente da diamicton massivi (till di origine glaciale) a supporto di matrice caratterizzati da una forte componente sabbiosa con ciottoli sparsi. La matrice è limosa e/o sabbioso-limosa, localmente debolmente argillosa, giallastra; i ciottoli sono irregolarmente sparsi mentre nettamente subordinata la ghiaia.

Materiali di riporto

Sono presenti in corrispondenza dell'alveo e dei versanti per la regolarizzazione o sistemazione degli stessi.

2.3 GEOMORFOLOGIA

La zona in esame possiede una configurazione morfologica che può essere riferita ad alcuni processi morfogenetici che si sono alternati nel tempo, spesso tra loro sovrapposti, e che hanno portato il paesaggio alla configurazione attuale. Nell' area in oggetto si possono individuare alcune unità morfologiche caratterizzanti il paesaggio fisico legati alla dinamica fluviale e glaciale, ma anche a fenomeni gravitativi, in particolare:

- ✓ forme legate alla dinamica glaciale :
 - i depositi morenici, fluvio-glaciali e glacio-lacustri sono associati a fenomeni di avanzamento e ritiro del fronte glaciale. Sono presenti vari cordoni morenici con forme arrotondate, ad est dell'area in esame. I depositi sono frequentemente rimaneggiati dall'intervento antropico e, in più parti, incisi ad opera del ruscellamento da parte delle acque meteoriche.
- ✓ Forme legate all'idrografia superficiale :
 - i depositi recenti e l'alveo ordinario del Fiume Ticino, con i processi sedimentari attuali o registrati in tempi storici lungo l'alveo.
 - le scarpate di terrazzo fluviale : si presentano come versanti molto acclivi, ormai relitte, con scarsi fenomeni di ruscellamento concentrato da parte delle acque superficiali provenienti dai sovrastanti ripiani.
 - le antiche superfici fluviali : si tratta degli antichi ripiani del Ticino che conferiscono al territorio il caratteristico aspetto a gradoni e che risultano sospesi sull'attuale alveo; le superfici sono, in genere, coperte da una fitta vegetazione arborea e in parte coltivate.
 - Le conoidi di deiezione sono localizzate preferenzialmente allo sbocco delle principali incisioni vallive afferenti al Fiume Ticino o alla base delle scarpate di raccordo fra terrazzi morfologici.
 - alveo con tendenza all'approfondimento o solco di erosione concentrata : porzioni di territorio in cui risulta dominante l'azione erosiva delle acque di ruscellamento incanalate. Una situazione di questo tipo è stata rilevata a ovest dell'impianto di depurazione e a sud del fabbricato in oggetto.
 - Aree soggette ad alluvionamento in occasione di portate di piena conseguenti ad eventi meteorici a carattere eccezionale. L' area in esame, anche se rilevata rispetto all'alveo, rientra in tale scenario di pericolosità idraulica (fascia A del PAI).
 - Erosione di sponda : caratterizzata dall'azione delle acque correnti laddove la linea di maggior velocità, e quindi di maggior capacità erosiva, si sposta verso il margine convesso dell'alveo in corrispondenza delle anse fluviali.
- ✓ Forme legate all' azione della gravità :
 - fenomeni di instabilità, fatto salvo incisioni dovute al ruscellamento concentrato da parte delle acque superficiali provenienti dai sovrastanti ripiani. A valle della Miorina (sponda sinistra), invece, è stata rilevata una nicchia di erosione dovuta ad un modesto fenomeno di erosione accelerata da parte di un sovrastante canale; sono presenti inoltre dissesti di piccola entità. A monte

del fabbricato in oggetto si hanno due scivolamenti della coltre superficiale attualmente stabilizzati con interventi di ingegneria naturalistica, come il versante adiacente.

- spesso negli impluvi dei tributari del Ticino lo scalzamento indotto dall'erosione torrentizia induce fenomeni di scivolamento.
- ✓ Forme antropiche
 - Protezioni spondali (indipendentemente dalla loro natura) e opere di sbarramento del Ticino (es. la Miorina), in quanto interferenti direttamente con l'alveo attivo. Sono presenti anche i resti della Peschiera di S. Maurizio, poco a valle della Miorina e dei manufatti ubicati sul fondo alveo a monte della Miorina, interpretati anche come presunti resti di un ponte romano.
 - Terrazzamento antropico, ciglio di scarpata artificiale realizzati sia per stabilizzare i versanti (come a monte del fabbricato) sia per le pratiche agricole (vigneti, frutteti *etc.*).
 - Porzione di versante consolidata con interventi di ingegneria naturalistica, relativo ad una ampia porzione di versante a monte della traversa della Miorina recentemente interessata da interventi di riconformazione morfologica e consolidamento con tecniche di ingegneria naturalistica.

Il Fiume Ticino (2/M El. AA.PP.) è considerato reticolo idrico principale dallo sbocco per tutto il tratto corrente in Provincia e che ne è confine, a valle della diga della Miorina, mentre il tratto di fiume che risulta compreso fra la traversa e il Lago Maggiore viene considerato lago (in carta identificato come "Ticino sublacuale").

Sono presenti anche numerosi corpi idrici facenti parte del Reticolo idrico Minore del Comune di Golasecca (in totale 13). Ci sono anche vari corsi d'acqua temporanei sui quali, a seguito di precipitazioni intense o temporali violenti, si ha scorrimento libero di acqua.

2.4 IDROGEOLOGIA

Il modello idrogeologico della pianura Padana (Regione Lombardia, "Geologia degli acquiferi Padani della Regione Lombardia" - 2002) è caratterizzato da una successione verticale di quattro unità idrogeologiche (o U.I.S. unità idrostratigrafiche sequenziali) ben distinte anche se non sono sempre individuabili altrettanto chiaramente. Nel territorio in esame sono state individuate le seguenti :

A) Unità sabbioso-ghiaiosa : e' costituita dalle ghiaie e ghiaie sabbiose dei sedimenti alluvionali recenti e dei sedimenti fluvioglaciali;

B) Unità a conglomerati e fluvioglaciale (Mindel-Riss auct.) : si tratta di una successione di conglomerati e ghiaie più o meno cementate, spesso acquiferi, con scarse intercalazioni argillose.

C) Unità Villafranchiana continentale : rappresenta il substrato poco permeabile degli acquiferi superficiali più produttivi; è costituita da depositi continentali formati da limi, limi sabbiosi e argillosi con intercalazioni di sabbie e rare ghiaie.

D) Unità Villafranchiana marina : si tratta di sedimenti del pleistocene inferiore di origine marina. Ha un andamento molto irregolare, legato anche alla tettonica recente.

Nell'area in esame si può riconoscere, a partire dalla superficie, una successione di alluvioni di spessore variabile fra 20-40 m a prevalenza di ghiaie e sabbie, a matrice sabbiosa da media a molto grossolana, con subordinati intervalli di sabbia da media a molto grossolana, spesso ciottolosa (fluvioglaciale Wurm auct.). Tale materasso alluvionale coincide con l'unità idrostratigrafica denominata Gruppo Acquifero A.

Più in profondità si passa a sabbie da fini a grossolane con intercalazioni subordinate di argilla siltosa e silt (40-50 m) (Riss-Mindel Auct.) o a conglomerati e arenarie (Gruppo Acquifero B).

Al di sotto di tali unità (oltre 80-100 m) si incontrano facies continentali e di transizione (unità sabbioso-argillosa riferibile al Villafranchiano o Gruppo Acquifero C del Pleistocene medio-inferiore, con acquifero multifalda) e alle argille marine del Pliocene che costituiscono la base impermeabile degli acquiferi sovrastanti.

Il primo acquifero è sede di falda a pelo libero (freatica), con livello piezometrico profondo, che in fregio al Ticino (pozzo dell'acquedotto) si approssima alla superficie (condizioni di bassa soggiacenza della falda = 5-8 m p.c.), come rilevato nei sondaggi /- 4,70 m dal p.c.). Nel complesso si ha una direzione di flusso delle acque sotterranee orientata ENE-WSW, fortemente influenzata dal Fiume Ticino e dai relativi depositi fluviali, i quali possono esercitare una azione drenante: in particolare il livello idrometrico del Fiume costituisce il "livello di base" del circuito idrogeologico sotterraneo, modificandone i gradienti piezometrici. Con riferimento alla vulnerabilità della falda nelle alluvioni recenti del Ticino si ha una vulnerabilità da alta a elevata.

3. MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

Sulla base delle indagini di campagna (rilevamento geologico, geomorfologico, scavi esplorativi, ecc.), dei dati di letteratura e di archivio si è potuto elaborare un modello geologico relativo all'area in oggetto.

La morfologia dell'area, in sponda sinistra del Ticino, è subpianeggiante, delimitata a valle dalle opere di arginatura e dello sbarramento, a monte da un versante acclive, terrazzato e interessato da opere di ingegneria naturalistica, quindi stabilizzato. L' area inoltre rientra nella fascia A di esondabilità del PAI, per piene legate ad eventi eccezionali.

Dato l'ambiente di deposizione fluviale si può prevedere una certa variabilità laterale delle litologie, con una prevalenza di terreni a grana media e grossolana (non coesivi), in matrice sabbiosa, subordinatamente limosa.

I depositi dell'area in esame sono costituiti prevalentemente, a parte un primo strato superficiale di terreno rimaneggiato (spessori 0,30-0,40 m), da depositi alluvionali costituiti da sabbie e ghiaie sabbiose, a tratti limose, con differenti stati di addensamento, fino a profondità di 20,00 m dal p.c.. Il grado di addensamento di tali terreni è da medio ad alto. A vari livelli si possono avere terreni molto grossolani (ciottoli e trovanti) di spessore limitato. Quindi si hanno ancora sabbie e sabbie ghiaiose fino ad una profondità di 60,00 m circa, con un grado di addensamento crescente con la profondità.

Il livello piezometrico della falda a pelo libero può variare tra 4,70 e 5,00 m dal p.c., ed è influenzato dall'altezza idrometrica del Ticino.

RELAZIONE SISMICA

4. SISMICITA'

Il territorio comunale di Golasecca è classificato sismico in Zona 4, a cui corrisponde un' accelerazione di picco orizzontale del suolo, pianeggiante, al bedrock, in condizioni free-field (a_g/g) = 0,03765 ((O.P.C.M. n. 3274/03 e D.G.R. 11 luglio 2014 – N. X/2129). La potenziale pericolosità sismica di un' area dipende dalle proprie caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e geotecniche. Il sito in esame presenta :

- condizioni morfologiche subpianeggianti (T1);
- un substrato (bedrock sismico) a profondità > 30 m;
- presenza di una falda acquifera (livello piezometrico = - 4,70 m dal p.c.).

Secondo la componente geologica, idrogeologica e sismica del territorio comunale l'area in esame rientra in uno scenario di Pericolosità Sismica Locale, PSL = Z4a - Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi, con possibilità di amplificazione litologica.

Poichè il fabbricato in oggetto rientra negli edifici rilevanti e strategici, anche nelle zone 4 la normativa regionale (All.5 alla D.G.R. X/2616/2011) richiede una analisi sismica di II livello, per verificare se la normativa nazionale, sito dipendente, copra gli effetti di sito e i possibili fenomeni di amplificazione sismica locale. A tale scopo è stata programmata un' indagine sismica sul sito in esame.

4.1 INDAGINE GEOFISICA

Le indagini in sito sono consistite nell'esecuzione di n° 1 profilo di sismica multicanale con acquisizione delle onde di superficie ed elaborazione dei dati mediante metodologia MASW e nell'esecuzione di n° 1 indagine sismica passiva con metodo HVSR, a cura della CRESTANA S.r.l.s..

Mediante tali metodologie è stato possibile ricostruire l'andamento medio delle onde Vs in profondità ed eseguire la valutazione del parametro V_{s30} di sito, al fine di classificare il terreno di fondazione (tabelle allegate al D.M. 14/01/08) e misurare il periodo proprio di vibrazione di sito.

4.1.1 ANALISI HVSR

Allo scopo di migliorare la definizione del profilo verticale Vs nelle porzioni più profonde e di calcolare la possibile frequenza di risonanza di sito, si è scelto di eseguire una misurazione dei microtremori sismici ambientali per la definizione e l'analisi del rapporto spettrale H/V.

Cenni sulla metodologia HVSR

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è basata sulla misura dei rapporti medi fra le ampiezze spettrali delle componenti orizzontali e verticale del rumore sismico ambientale. La prova a stazione singola, consiste nella valutazione sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzonta-

li (H) e la componente verticale (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno misurati in un punto con un apposito sismometro a tre componenti. Il risultato di questa prova è una curva sperimentale, che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni in funzione della frequenza di vibrazione. Le frequenze alla quali la curva H/V mostra dei massimi, sono legate alle frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura. L'ampiezza di questi massimi è proporzionale (anche se non linearmente) all'entità del contrasto di impedenza sismica esistente alla base della copertura. In particolare, in presenza di forti variazioni nel profilo di velocità delle onde S nel sottosuolo (legate per esempio alla transizione fra sedimenti soffici e basamento rigido), la funzione H/V mostra dei massimi marcati in corrispondenza della frequenza di risonanza f_r relativa alla configurazione stratigrafica del sito (con f_r circa uguale al rapporto fra la velocità media delle onde S fino alla profondità del salto di velocità e il quadruplo di questa profondità). Pertanto, questa prova ha lo scopo principale di mettere in luce la presenza di fenomeni di risonanza sismica e consentire una stima delle frequenze alle quali il moto del terreno può risultare amplificato a causa di questi fenomeni.

Nell'area d'indagine l'acquisizione dei dati è stata eseguita, mediante stazione singola, una misura di rumore sismico ambientale per un tempo di registrazione massimo di 20 minuti. I risultati delle analisi sono stati ottenuti con il software winMASW versione Accd 7.0, che permette di determinare i rapporti medi fra le componenti spettrali del rumore, misurate sul piano orizzontale e verticale. A questo scopo, l'acquisizione del rumore ambientale è stata suddivisa in una serie di finestre temporali di uguale durata (finestre di 20 ms), per ciascuna delle quali è stato determinato lo spettro del moto.

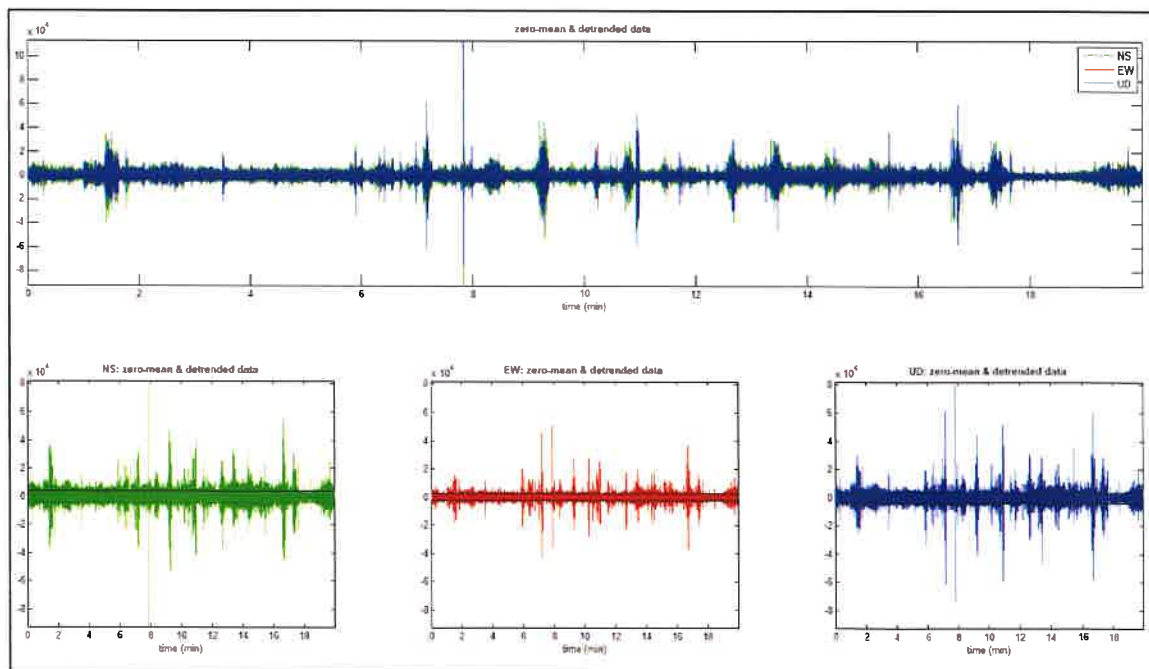


Fig. 1 - Visualizzazione dei dati prima della rimozione di eventi transienti.

La determinazione della curva HVSR ha previsto in sintesi i seguenti steps:

1. Eliminazione manuale da parte dell'utente delle parti di segnale costituite dal disturbo arrecato da eventi non conformi al rumore ambientale (transienti). Questa operazione produce una diminuzione della lunghezza del segnale analizzato (vedi figura precedente).
2. Definizione della lunghezza degli intervalli entro cui calcolare le curve HVSR (20 ms).
3. Calcolo delle trasformate di Fourier delle tre componenti x, y, z del moto.
4. Operazione di smoothing degli spettri di Fourier.
5. Somma delle due componenti orizzontali x e y.
6. Calcolo delle curve HVSR come rapporto spettrale tra la componente orizzontale H e la componente verticale V negli N intervalli temporali stazionari.
7. Calcolo della curva HVSR media tra le *n* curve HVSR.

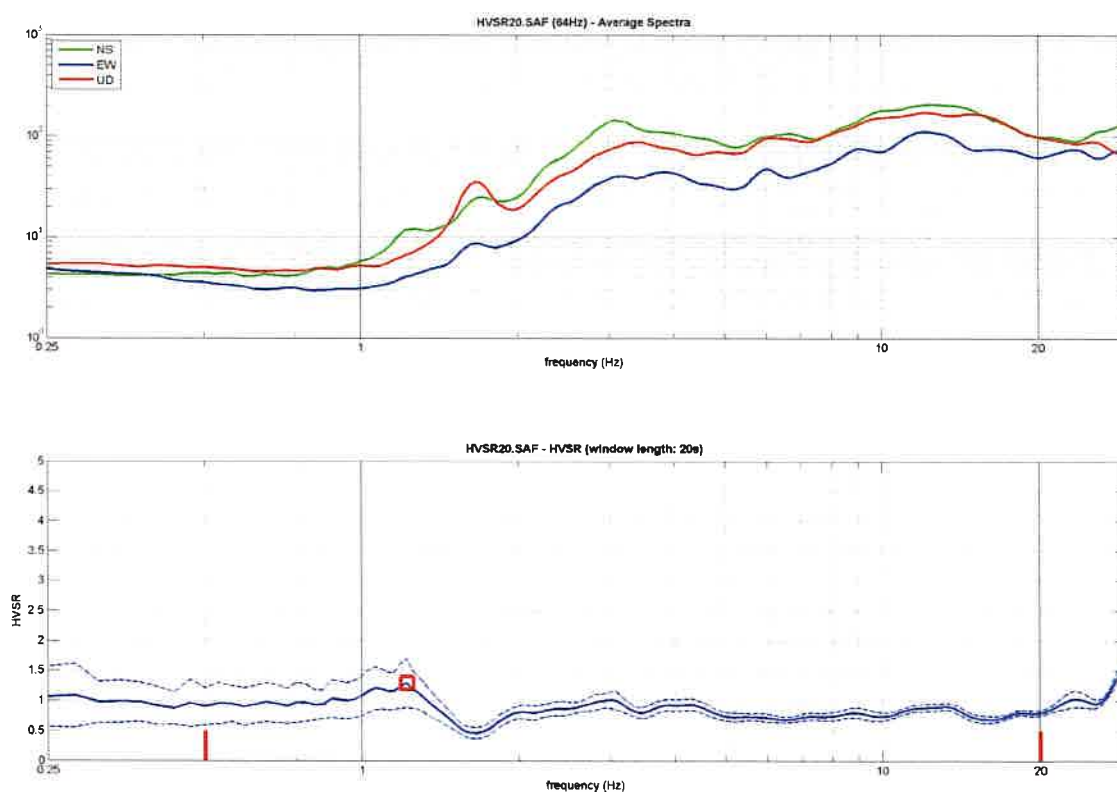


Fig. 2 - Visualizzazione della curva HVSR e spettro medio di ampiezza del sito indagato.

I risultati parziali ottenuti, durante le fasi di elaborazione delle curve H/V, sono stati iterativamente control-

lati andando a valutare la direttività e la stabilità nel tempo della curva HVSR. Un buon valore di direttività e cioè un'uniformità spaziale del segnale, ed una sua buona persistenza nel tempo, sono indice della validità stratigrafica del segnale sismico elaborato.

La curva HVSR calcolata, indica un picco principale a circa 1,2 Hz; la sua validità viene verificata, mediante software winMASW, secondo i criteri di ammissibilità del progetto SE-SAME (che definiscono la robustezza statistica della curva HVSR e degli eventuali picchi presenti).

Criteria for a reliable H/V curve (Criteri per una curva affidabile)

- #1. $[f_0 > 10/Lw]$: $1.220 > 0.5$ (OK)
- #2. $[nc > 200]$: $1830 > 200$ (OK)
- #3. $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$ (OK)

Criteria for a clear H/V peak (Criteri per un picco H/V chiaro)

- #1. $[\text{exists } f_- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid AH/V(f_-) < A_0/2]$: yes (considering standard deviations), at frequency 0.5Hz (OK)
- #2. $[\text{exists } f_+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid AH/V(f_+) < A_0/2]$: yes, at frequency 1.5Hz (OK)
- #3. $[A_0 > 2]$: $1.3 < 2$ (NO)
- #4. $[f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%]$: (NO)
- #5. $[\sigma_A(f) < \epsilon(f_0)]$: $2.272 > 0.122$ (NO)
- #6. $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]$: $0.412 < 1.78$ (OK)

Il picco a 1,2 Hz e di ampiezza pari 1,3 rispetta tutti i criteri SESAME per una curva affidabile; tuttavia non è rispettata la condizione che prevede la verifica di un minimo di 5 criteri su 6 per un picco chiaro, nonostante siano stati modificati, in diverso modo, i parametri di elaborazione affinché essi fossero tutti verificati. Dall'analisi della curva HVSR, eseguita tra 0,5 Hz e 20 Hz (frequenze di interesse ingegneristico), è quindi risultata una possibile frequenza principale di risonanza attorno a 1,2 Hz. Questa però non può essere definita come certamente significativa ai fini della definizione di una possibile frequenza di risonanza di sito. Al picco principale individuato, può essere attribuito comunque un significato stratigrafico, riconducendo la sua frequenza ad un possibile contrasto di impedenza sismica presente in profondità all'interno della sequenza alluvionale. L'assenza di un picco in profondità, chiaro e statisticamente valido, è data dall'assenza di forti contrasti di impedenza sismica all'interno della sequenza alluvionale individuata nel sito (prospezione MASW). Visto i risultati ottenuti si è ritenuto opportuno non utilizzare le curve HVSR calcolate per la modellazione dei profili verticali di V_s , desunti invece dalle analisi MASW.

4.1.2 INDAGINE SISMICA MASW

Cenni sulla metodologia MASW

Con una prospezione sismica *MASW* (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*) si analizza il fenomeno della dispersione che le onde di superficie subiscono in un mezzo stratificato. La velocità di propagazione per una certa lunghezza d'onda (λ), quindi frequenza è influenzata dalle proprietà che il sottosuolo attraversato possiede ed è detta *velocità di fase*. Le *MASW attive* sono realizzate tramite analisi di onde di Rayleigh, onde di Love, oppure congiuntamente Rayleigh + Love. Queste rappresentano le onde di superficie prodotte dall'interazione delle onde di corpo (P e S) con una superficie di discontinuità fisica. Le onde di Rayleigh, e più precisamente le loro componenti verticali, vengono registrate tramite i comuni geofoni verticali a bassa frequenza e generate da una sorgente ad impatto verticale (la classica martellata). Le onde di Love invece vengono acquisite mediante geofoni a componente orizzontale e generate applicando una sorgente di taglio al terreno, questo perché le loro componenti si muovono solamente sul piano orizzontale, con oscillazione perpendicolare rispetto alla direzione di propagazione dell'onda. Durante l'indagine in oggetto lungo lo stendimento sismico sono state registrate per motivi operativi solo le componenti verticali delle onde di Rayleigh.

Il principio della tecnica MASW prevede che, poiché la dispersione delle onde di superficie dipende dalle caratteristiche del sottosuolo e dalle sue variazioni verticali, dalla determinazione delle curve di dispersione del segnale è possibile ricavare le caratteristiche fondamentali del mezzo (ad esempio la velocità delle onde di taglio V_s e lo spessore degli strati). La velocità delle onde di Rayleigh (V_R) infatti è correlabile alla V_s , essendo pari a circa il 90% della velocità delle onde di taglio. L'analisi del fenomeno della dispersione, che avviene attraverso la *curva di dispersione*, permette quindi di determinare le caratteristiche del sottosuolo. La curva di dispersione del *dataset* è ottenuta mediante il passaggio dal dominio *spazio-tempo* (sismogramma) al dominio *velocità di fase/frequenza* (spettro di velocità) effettuato mediante specifica operazione con software dedicato. Tenuto conto di quanto richiesto per l'applicazione della normativa relativa alla progettazione geotecnica, si ritiene che la metodologia di analisi *MASW*, risulti idonea alla definizione dei dati richiesti. Tale scelta risulta avvalorata dalle seguenti considerazioni:

1. La percentuale di energia convertita in onde Rayleigh o di Love è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%).
2. La propagazione e dispersione delle onde di Rayleigh o di Love si verifica senza problemi anche in caso di inversioni di velocità. Rispetto alla sismica a rifrazione, infatti, il metodo MASW non presenta problemi legati alla presenza di strati soffici compresi tra strati più rigidi.
3. La propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione innanzitutto della V_s , parametro di fondamentale importanza nella caratterizzazione geotecnica di un sito (categoria di suolo in base al NTC/08).

L'acquisizione dei dati è avvenuta mediante registrazione della propagazione delle onde di Rayleigh generate da una sorgente ad impatto (martellata), tramite uno stendimento sismico di 24 geofoni a componente verticale ed un sismografo multicanale. L'ubicazione e la lunghezza dello stendimento è stata scelta in funzione della logistica dei luoghi e dell'ingombro dell'edificio esistente nell'area di progetto. L'allineamento sismico per l'acquisizione delle onde di Rayleigh ha previsto una distanza tra i geofoni pari a 1,0 m ed una serie di scoppi esterni all'ultimo geofono con offset variabili (1-3-5-7-10-15 m) a diversa intensità di energizzazione.

La strumentazione utilizzata si compone nello specifico di:

- una sorgente meccanica in grado di generare onde elastiche direzionali e ricche di energia realizzata mediante la battuta verticale e orizzontale di una mazza battente di 10 kg su piastra;
- un sistema di ricezione costituito alternativamente da uno stendimento di 24 geofoni (onde di Rayleigh) a movimento verticale (*Geospace GS11D*) a frequenza di 4,5 Hz e tripode in alluminio, collegati mediante un cavo multielettrodo;
- un sistema di acquisizione e memorizzazione costituito da un sismografo modulare in grado di registrare in modo digitale le forme d'onda generate (*Geode Geometrics Mod. 3-1000*); il sismografo A/D è in grado di campionare segnali tra 0.025 ms e 16 ms. Il sistema di acquisizione è completato da dispositivo di *trigger*, computer per l'analisi e la memorizzazione del segnale e appositi cavi di collegamento.

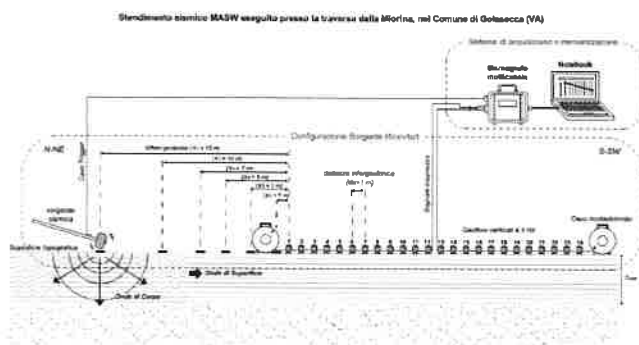


Fig. 3 - Schema di acquisizione adottato per lo stendimento sismico MASW.

Determinazione degli spettri di velocità ed individuazione delle curve di dispersione

La stima dell'andamento in profondità delle velocità V_s , mediante acquisizione sismica multicanale è ottenuta tramite l'analisi del segnale nel dominio frequenza/velocità di fase. Viene utilizzato lo spettro di velocità in quanto è il dominio dove è chiaramente più immediato e naturale comprendere le proprietà dispersive del mezzo attraversato, determinando con precisione la velocità di ciascuna componente del segnale registrato. Dopo aver scelto quindi il sismogramma più idoneo, quello solitamente con il miglior rapporto segnale/rumore, si esegue una trasformata dal dominio spazio/tempo al dominio frequenza/velocità (Fig. 4). Particolare attenzione nell'interpretazione delle curve di dispersione è posta in considerazione del fatto che le vibrazioni indotte dalle onde di superficie sono correlabili a diversi "modi", che possono sovrapporsi all'interno dello spettro di velocità. Se tale sovrapposizione avviene, come in questo caso, può generarsi una curva di dispersione apparente, che può risultare fuorviante in fase di interpretazione. Nel caso in esame, è stato individuato il "modo fondamentale ed il primo modo superiore".

Di seguito i dati relativi ai parametri di acquisizione del dataset prescelto, utilizzati per la successiva modellazione della curva di dispersione.

MASW Golasacca
Dati relativi allo shot 2 - file4R5.sgy
offset del dataset utilizzato: 10 m
distanza intergeofonica: 1,0 m
Intervallo di campionamento: 0,5 ms
Tempo di acquisizione: 1 s

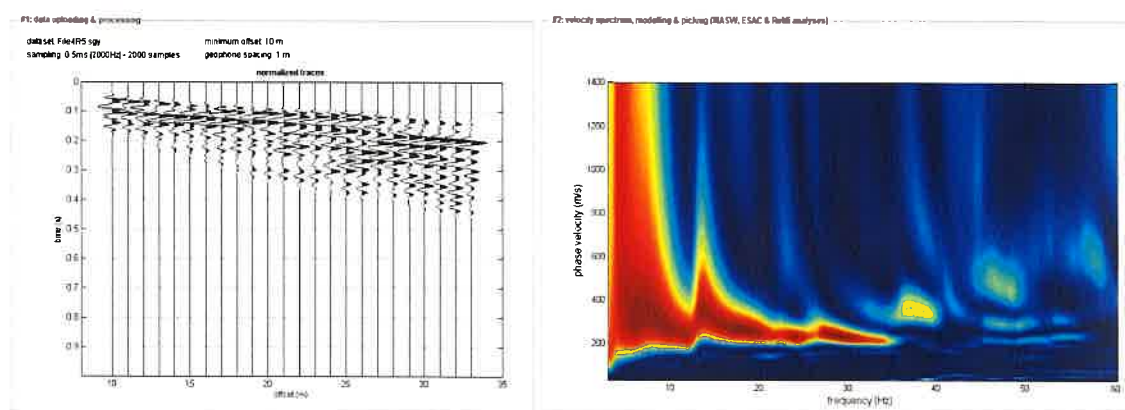


Fig. 4 - Caricamento dati e visualizzazione dei sismogrammi acquisiti (sx) e spettro di velocità di fase delle onde di Rayleigh (dx).

Procedure di modellazione diretta della curva di dispersione

Analizzati i sismogrammi e i rispettivi spettri di velocità si è proceduto alla ricostruzione della distribuzione verticale delle Vs. Partendo dalla curva di dispersione delle onde di Rayleigh è stato ricostruito il modello che è responsabile di quella curva, effettuando quindi un'inversione, vale a dire che si è ricavato il modello di sottosuolo che ha determinato il dato di campagna. Lo spettro di velocità di fase è stato interpretato identificando le curve modali, mediante modellazione diretta, studiando l'andamento dei vari modi in funzione del modello atteso (Fig. 5). Questo è stato iterativamente modificato fino ad ottenere una buona sovrapposizione degli andamenti delle curve di dispersione sui vari modi riconosciuti. Oltre al classico metodo legato all'identificazione delle curve modali, è stata eseguita parallelamente una verifica del modello di velocità attraverso l'approccio FVS (Full Velocity Spectrum). Tale metodo si basa sulla generazione di sismogrammi sintetici e considera l'intero spettro di velocità e non le curve di dispersione scelte dall'operatore. I due metodi hanno rappresentato un valido elemento di interpretazione dello spettro di velocità ottenuto per il sismogramma prescelto, permettendo di ottenere un modello di velocità maggiormente vincolato.

Per l'elaborazione del modello di velocità è stato impostato l'utilizzo di 6 strati, compatibili con l'assetto stratigrafico del sito d'interesse, con le evidenze dei sondaggi geognostici eseguiti nella medesima area d'indagine e con le finalità del presente studio.

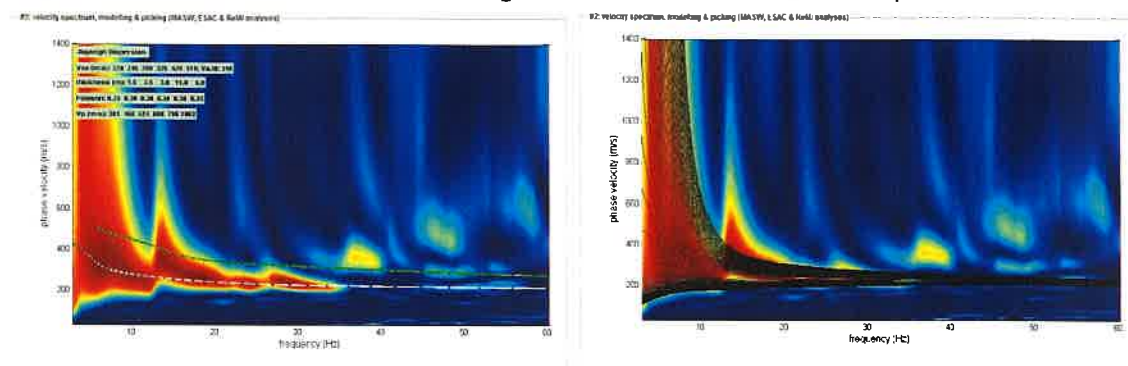


Fig. 5 - A sinistra: modellazione diretta dello spettro di velocità mediante individuazione del modo fondamentale che compone lo spettro di velocità.
A destra: spettro di velocità con modellazione diretta mediante approccio FVS.

PROFILO SISMOSTRATIGRAFICO

Nella seguente tabella sono riportati i valori delle velocità medie e gli spessori di ciascun sismostrato, in modo da definire un modello geofisico medio, ottenuto mediante analisi delle onde di superficie con metodologia MASW. Si riportano indicativamente le stime dei valori di V_p , densità e modulo di Poisson eseguite dal software di elaborazione. Poiché la dispersione delle onde di superficie dipende essenzialmente dalla V_s e degli spessori degli strati (cioè dalla geometria), tali valori di densità e V_p devono essere considerati solamente come stime largamente approssimative. Viene riportato, inoltre, il valore del modulo di taglio iniziale che tra i moduli elastici è l'unico che non dipende da V_p , ma solamente da V_s e densità.

MODELLO GEOFISICO MEDIO - Traversa della Miorina, Comune di Golasacca (VA)								
Sismostrato	V_s (m/s)	Spessore (m)	Profondità da p.c. (m)	Stima della V_p (m/s)	V_p/V_s	Stima densità (g/cm ³)	Modulo di Poisson	Modulo di Taglio (MPa)
1	220	1,5	-1,5	381	1,73	1,82	0,25	88
2	245	3,5	-5,0	458	1,87	1,87	0,30	112
3	280	3,0	-8,0	524	1,87	1,90	0,30	149
4	325	15,0	-23,0	608	1,87	1,93	0,30	204
5	420	6,0	-29,0	786	1,87	2,00	0,30	352
6	510	6,0	-35,0	1062	2,08	2,07	0,35	538

I valori sopra riportati sono riferiti a moduli dinamici e quindi a condizioni di bassa deformazione, essendo stimati sulla base delle deformazioni indotte nel terreno. Questo comporta alti valori dei moduli dinamici calcolati. Per deformazioni significativamente superiori, come di norma nei calcoli geotecnici, i valori dovranno essere idoneamente corretti mediante curve di degradazione.

Modello medio	Vs30 calcolato mediante l'espressione 3.2.1 del D.M. 14/01/2008.	Categoria di sottosuolo:
Vs ₃₀	318 m/s	C

Si riporta la stratigrafia schematica del modello medio ottenuto fino a -35 m dal p.c., utilizzato per il calcolo del parametro Vs30 (**Fig. 6**).

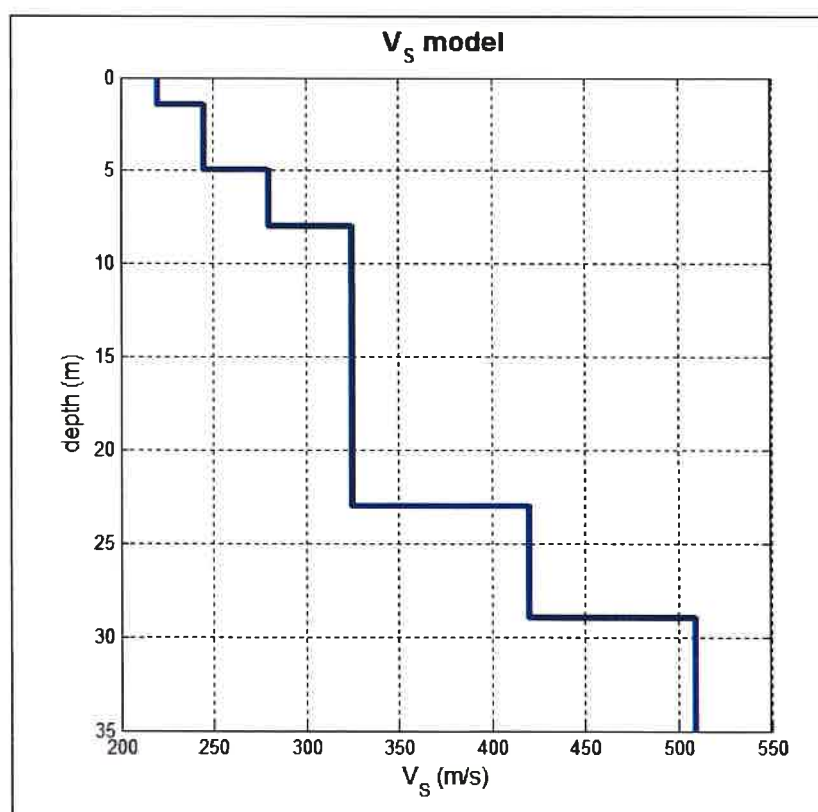


Fig. 6 - Profilo sismostratigrafico.

4.2 RISPOSTA SISMICA LOCALE

Nello studio geologico per il PGT è stata effettuata un'analisi di risposta sismica locale di I livello e l'area in esame è stata inserita all'interno dello scenario Z4a – zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e /o depositi fluvioglaciali granulari e/o coesivi, con possibili effetti litologici.

4.2.2 Analisi di 2° livello

Si è quindi proceduto ad effettuare una caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione sismica locale in termini di Fattore di Amplificazione (Fa). L'applicazione del 2° livello permette quindi di valutare se la normativa nazionale (D.M. 14/01/08) è sufficiente a salvaguardare gli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato < Fa di soglia comunale, come dal modello a cura del Politecnico di Milano per la Regione Lombardia).

La procedura, come indicato nelle direttive regionali (All.5 della D.G.R. 8/7374/08), prevede la stima quantitativa della risposta sismica locale dei terreni in termini di Fattore di Amplificazione (Fa) dell'impulso sismico. Le indagini e le analisi sono stati condotti con metodi quantitativi semplificati e hanno permesso di effettuare una zonazione dell'area in esame in funzione del fattore di amplificazione calcolato. I risultati sono riportati nella scheda allegata. Il valore di Fa calcolato si riferisce agli intervalli di periodo tra 0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s, in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie più rappresentate nell'area. Per stimare gli effetti litologici i parametri da prendere in considerazione sono :

- ◆ litologia prevalente;
- ◆ stratigrafia del sito;
- ◆ spessore degli strati;
- ◆ andamento delle Vs con la profondità fino a $V_s > 800$ m/s;
- ◆ modello geotecnico e geofisico del sito.

La litologia prevalente e la stratigrafia dei terreni del sottosuolo sono stati ricostruiti in dettaglio nell'indagine geognostica effettuata e sulla base di studi geologici precedenti in aree limitrofe, mentre il modello geofisico è stato costruito sulla base dell'indagine geofisica, pertanto il grado di attendibilità delle indagini risulta elevato.

I valori di Fa ottenuti possono essere schematizzati come segue :

Sondaggi S1-S2 MASW		Suolo tipo C	$V_{s30} = 318$ m/s
T	0,393	Soglia suolo B	Soglia suolo C
Fa _{0,1 - 0,5 s}	1,7	$1,5 \pm 0,1$	$1,9 \pm 0,1$
Fa _{0,5 - 1,5 s}	0,6	$1,7 \pm 0,1$	$2,4 \pm 0,1$

Tenendo conto della presenza di suoli di categoria C, come stimato dalle indagini sopra riportate, si può notare come nel caso di edifici con periodo proprio (T) compreso tra 0,1 e 0,5 s e tra 0,5 e 1,0 s, i fattori di amplificazione calcolati risultino inferiori rispetto ai valori di soglia forniti dallo studio del Politecnico di Milano-Regione Lombardia. Pertanto,

data la natura e le caratteristiche geotecniche dei terreni riscontrate, l'applicazione dello spettro elastico previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14/01/08) risulta sufficiente a coprire gli effetti litologici di sito nel caso di terreni di categoria C.

4.3 PARAMETRI SISMICI

La stima della pericolosità sismica (con l'entrata in vigore delle NTC - DM 14/01/08) viene definita mediante un approccio "sito dipendente", quindi, dopo aver stimato la categoria di suolo ($V_{s30} = 320$ m/s - categoria di suolo C) sulla scorta di indagini geofisiche effettuate nella stessa zona, le condizioni morfologiche (T1), date le coordinate geografiche del sito, mediante software dedicato, si potranno calcolare i parametri sismici riportati di seguito.

Sito in esame	Coordinate ED50		Coordinate WGS84	
	latitudine:	45,706595	45,705662	
	longitudine:	8,656032	8,654956	
Siti di riferimento				
Sito 1	ID: 11143	Lat: 45,6874	Lon: 8,6285	Distanza: 3017,800
Sito 2	ID: 11144	Lat: 45,6903	Lon: 8,6997	Distanza: 3848,038
Sito 3	ID: 10922	Lat: 45,7402	Lon: 8,6957	Distanza: 4843,681
Sito 4	ID: 10921	Lat: 45,7374	Lon: 8,6244	Distanza: 4210,684
Classe:	4	Vita nominale:		50

Parametri sismici

Categoria sottosuolo:	C	Categoria topografica:	T1
Periodo di riferimento:	100 anni	Coefficiente cu:	2

Operatività (SLO):		Salvaguardia della vita (SLV):	
Probabilità di superamento:	81 %	Probabilità di superamento:	10 %
Tr:	60 [anni]	Tr:	949 [anni]
ag:	0,019 g	ag:	0,045 g
Fo:	2,533	Fo:	2,665
Tc*:	0,182 [s]	Tc*:	0,300 [s]
Danno (SLD):		Prevenzione dal collasso (SLC):	
Probabilità di superamento:	63 %	Probabilità di superamento:	5 %
Tr:	101 [anni]	Tr:	1950 [anni]
ag:	0,024 g	ag:	0,053 g
Fo:	2,595	Fo:	2,757
Tc*:	0,210 [s]	Tc*:	0,300 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:		SLD:		SLV:		SLC:	
Ss:	1,500	Ss:	1,500	Ss:	1,500	Ss:	1,500
Cc:	1,840	Cc:	1,760	Cc:	1,560	Cc:	1,530
St:	1,000	St:	1,000	St:	1,000	St:	1,000
Kh:	0,006	Kh:	0,007	Kh:	0,013	Kh:	0,016
Kv:	0,003	Kv:	0,004	Kv:	0,007	Kv:	0,008
Amax:	0,283	Amax:	0,349	Amax:	0,660	Amax:	0,775
Beta:	0,200	Beta:	0,200	Beta:	0,200	Beta:	0,200

L'indagine geognostica ha messo in evidenza la presenza di terreni sabbiosi e ghiaiosi, da mediamente a ben addensati, fino a 20 m di profondità. Il livello piezometrico della falda acquifera si trova a profondità di - 4,70/5,00 m dal p.c.. Dato il grado di addensamento dei terreni più superficiali e la presenza della falda acquifera, non si possono escludere fenomeni di liquefazione dei terreni in condizioni sismiche (Sherif e Ishibashi, 1978).

Sono state quindi effettuate verifiche del potenziale di liquefazione, con metodi semplificati basati sul rapporto tra la resistenza ciclica (CRR) e la tensione ciclica (CSR), come secondo Tokimatsu&Yoshimi,1983, dalle quali è risultato un coefficiente di sicurezza F_s (CRR/CSR) minimo $> 3,00$, quindi a favore della stabilità.

RELAZIONE GEOTECNICA

5. MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

L'area in oggetto è ubicata sulla Strada Alzaia in sinistra idrografica del Ticino, in corrispondenza dello sbarramento della Miorina, in comune di Golasecca, dove si hanno depositi fluviali medio-grossolani (sabbie e ghiaie).

5.1 INDAGINE GEOTECNICA

Sulla base del modello geologico preliminare e dei dati geofisici e geotecnici acquisiti in indagini precedenti è stata programmata un'indagine geognostica allo scopo di integrare e verificare i dati già acquisiti e stimare i parametri geotecnici dei terreni. L'indagine è stata pianificata in funzione delle condizioni al contorno (litologie, morfologia, grado di sismicità), dell'importanza, del tipo di opere in progetto e del fattore logistico. Sono stati quindi eseguiti:

- n. 2 sondaggi a rotazione, a carotaggio continuo, a secco, con prelievo di campioni semi-disturbati, ed esecuzione di prove penetrometriche dinamiche in foro (S.P.T.), con attrezzatura standard (Plico-Nenzi), n.1 prova di permeabilità tipo Lefranc in un foro di sondaggio (S2);
- Indagini geofisiche : n. 1 stendimento di sismica multicanale con acquisizione delle onde di superficie (Reyleigh, Love) ed elaborazione dei dati secondo la procedura MASW, n° 1 indagine sismica passiva con misura dei microtremiti (metodo HVSR).

5.1.1 Sondaggi a carotaggio continuo

La perforazione è stata eseguita mediante perforatrice idraulica cingolata ATLAS COPCO MUSTANG A 66 a rotazione, montata su autocarro.

ATLAS COPCO MUSTANG A66 S

CENTRALINA DI POTENZA

Tipo : Deutz diesel F6L912, raffreddato ad aria

Potenza : 120 Hp

GRUPPO DI ROTAZIONE

TESTA DI ROTAZIONE

Velocità di rotazione 8 velocità - 0-815 giri/min.

Coppia max 13.000 Nm.

MAST DI PERFORAZIONE

Corsa utile effettiva per aste di lunghezza l= 6 m.

Tiro / Spinta 100 KN (9.800 Kg)

Velocità : 650 rpm.

Morsa doppia con passaggio massimo 300 mm.

Pompa triplex da sondaggi; portata massima 200 lt/min, pressione 35 bar.



Attrezzatura di perforazione impiegata

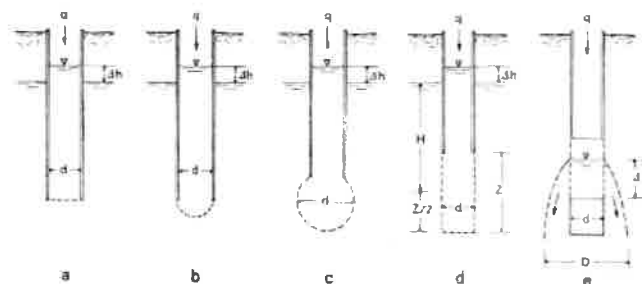
- Aste di perforazione : diametro . 66, 76 mm – lunghezza : 500, 1500 mm
- Tubi di rivestimento : diametro esterno 152 mm – lunghezza : 1000, 1500 mm
- Carotieri semplici a pareti sottili : diametro esterno 131, diametro utile della carota 114 mm
- Corone on prismi in WIDIA

La perforazione è stata effettuata secondo le norme A.G.I. (1977) mediante un utensile (carotiere semplice) che ruota sul fondo del foro staccando frammenti di materiale. La stabilizzazione del foro è stata ottenuta mediante l'uso di tubi di rivestimento provvisorio che seguivano l'avanzamento del carotiere. L'avanzamento del carotiere è sempre stato condotto senza circolazioni di fluidi, mentre per i tubi di rivestimento è stata utilizzata circolazione d'acqua. I sondaggi a carotaggio continuo sono stati eseguiti nei giorni 21-22/06/2016, la prova sismica è stata effettuata in data 22/06/2014. I sondaggi hanno consentito la realizzazione di complessivi 40,00 m di perforazione in corrispondenza di 2 fori di sondaggio. Le carote recuperate sono state riposte in apposite cassette catalogatrici in plastica, contenenti 5,00 m lineari di campioni, munite di scomparti e di divisori. Sul fianco di ogni cassa sono riportate: Committente, Cantiere, n. del sondaggio, n. di ordine progressivo della cassa, profondità dei materiali contenuti. In allegato sono riportate le stratigrafie dei sondaggi rilevate in campagna dagli assistenti. Sono stati definiti sia la successione degli strati sia la natura e le caratteristiche dei terreni rilevabili in sito; i terreni sono stati descritti facendo riferimento alle Raccomandazioni A.G.I. (1977) e al metodo U.S.C.S. (Unified Soil Classification System). Viene riportata inoltre, sempre in allegato, la documentazione fotografica relativa alle cassette catalogatrici in appositi moduli con la descrizione sommaria dei terreni.

5.1.2 Prove di permeabilità in foro di sondaggio (tipo LEFRANC)

Le prove in foro di sondaggio permettono di determinare la permeabilità di terreni al di sopra o al di sotto del livello di falda. Tali prove sono eseguibili al fondo di un foro di sondaggio : va realizzata una sezione filtrante al fondo del foro, sollevando per una lunghezza prestabilita la colonna di rivestimento o eseguendo un tratto di perforazione sotto la scarpa della colonna stessa. Tutto il tratto del foro non interessato dalla prova deve essere rivestito con una tubazione. Le prove possono essere condotte:

- a) a carico idraulico costante, mantenendo fisso il livello dell'acqua immessa nel tubo di rivestimento e misurando la portata di regime;
- b) a carico idraulico variabile, misurando la variazione nel tempo del livello dell'acqua nel foro, dopo aver creato un temporaneo innalzamento (o anche abbassamento, per prove eseguite al di sotto della falda acquifera) riempiendo il foro d'acqua (o emungendo acqua dalla falda).



6.2 Interpretazione dei risultati delle prove geotecniche

Il metodo di interpretazione adottato è quello che si basa sulle correlazioni tra N_{DP} e N_{SPT} e quindi utilizzando tutte le relazioni note per la prova SPT. Le correlazioni menzionate si basano su recenti studi effettuati nel Piemonte e Lombardia (A. Tisconi, SGI, F. Cestari, Cancelli, ecc.) e sull'esperienza dello scrivente. La ricostruzione stratigrafica è stata basata sia sulla geologia di inquadramento dei depositi quaternari, sia dall'interpretazione dei diagrammi penetrometrici. Per la stima dei parametri geotecnici da N_{SPT} si fa riferimento ai seguenti autori :

	Parametro	Autori
$(N_1)_{60}$	N_{SPT} corretto per gli effetti di efficienza e della pressione geostatica	Liao & Whitman, Skempton, Bazaara
c_u	Coesione non drenata	Terzaghi-Peck, De Mello
D_r	Densità relativa	Terzaghi-Peck, Gibbs-Hotz, Meyerhof, Skempton, Mayne
ϕ'	Angolo di attrito efficace	Peck, Hanson & Thorburn, Meyerhof, Schmertmann, De Mello, Mayne, Sano-Okamoto, Vesic.
E	Modulo di elasticità (Young)	Denver, D'Apollonia, Schultze Menzenbach, Webb
E_0	Modulo di elasticità dinamico	Ohta & Goto
G_0	Modulo di taglio dinamico iniziale	Ohta & Goto, Jamiolkowski
V_s	Velocità delle onde di taglio (s)	Ohta & Goto, Yoshida

Per le prove di permeabilità in foro le formule normalmente utilizzate per il calcolo della permeabilità sono le seguenti:

$$\text{coefficiente di forma: } \frac{3\pi L}{\ln \left[1.5 \frac{L}{D} + \sqrt{1 + \left(\frac{1.5L}{D} \right)^2} \right]} \quad (16)$$

$$\text{prova a carico costante: } K = \frac{Q}{F \times h} \quad (17)$$

$$\text{prova a carico variabile: } K = A / (F \times T) \quad (18)$$

dove:

L= lunghezza tasca di prova;

D= diametro;

Q= portata;

F= coefficiente di forma;

h= differenza di carico idraulico che genera il flusso;

T= tempo di riequilibrio.

Il coefficiente di permeabilità calcolato è $K_v = 1,10 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$.

5.2 NATURA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI (VALORI DERIVATI)

Per la caratterizzazione dei terreni da un punto di vista geotecnico sono state effettuate indagini in sito, basandosi anche su dati provenienti da precedenti indagini effettuate in aree limitrofe (sondaggi, prove penetrometriche, ecc.). La successione dei terreni può essere schematizzata come di seguito, a partire dal piano di campagna :

STRATO 1 da 0,00 a - 0,30 m dal p.c. : si ha asfalto con massiciata, compatta.

STRATO 2 da - 0,30 a - 5,00 m dal p.c. : si hanno depositi alluvionali costituiti da sabbia media e fine debolmente limosa (SW) passante a ghiaie sabbia con trovanti (GW), addensata. Le caratteristiche geotecniche dei terreni in oggetto sono le seguenti.

γ	19-21	KN/m ³	Peso unitario del terreno sopra falda
D_r	70-80	%	Densità relativa (Skempton)
C	0	KPa	Coesione
ϕ'	31-35	°	Angolo di resistenza al taglio efficace
E	40-45	MPa	Modulo di deformazione
G_0	140-160	MPa	Modulo di taglio dinamico a piccole deformazioni
V_s	220-280	m/s	Velocità onde S

STRATO 3 da - 5,00 a - 10,00 m dal p.c. : si hanno depositi alluvionali costituiti da sabbia media e grossolane ghiaiose (SW), ben addensata. Le caratteristiche geotecniche dei terreni in oggetto sono le seguenti.

γ	19-21	KN/m ³	Peso unitario del terreno sopra falda
γ'	11-13	KN/m ³	Peso unitario del terreno immerso
D_r	60-70	%	Densità relativa (Skempton)
C	0	KPa	Coesione
K_v	$1,10 \cdot 10^{-4}$	m/s	Coefficiente di permeabilità
ϕ'	30-34	°	Angolo di resistenza al taglio efficace
E	34-40	MPa	Modulo di deformazione
G_0	80-100	MPa	Modulo di taglio dinamico a piccole deformazioni
V_s	260-300	m/s	Velocità onde S

STRATO 4 da - 10,00 a - 23,00 m dal p.c. : si hanno depositi alluvionali costituiti da sabbia media debolmente limosa a tratti ghiaiosa (SW), ben addensata. Le caratteristiche geotecniche dei terreni in oggetto sono le seguenti.

γ	19-21	KN/m ³	Peso unitario del terreno sopra falda
γ'	11-13	KN/m ³	Peso unitario del terreno immerso
Dr	70-90	%	Densità relativa (Skempton)
C	0	KPa	Coesione
ϕ'	34-36	°	Angolo di resistenza al taglio efficace
E	42-46	MPa	Modulo di deformazione
G ₀	160-200	MPa	Modulo di taglio dinamico a piccole deformazioni
V _s	300-360	m/s	Velocità onde S

STRATO 5 da - 23,00 m a - 30,00 dal p.c. : si si hanno depositi alluvionali costituiti da sabbia grossolana con ghiaia, (SW-GW), ben addensata. Le caratteristiche geotecniche dei terreni in oggetto sono analoghe a quelle dello strato 4, con un grado di addensamento che tende a crescere con la profondità e V_s= 400-450 m/s.

Il livello piezometrico della falda a pelo libero varia da - 4,70 a -5,00 m dal piano campagna.

5.3 PARAMETRI GEOTECNICI - VALORI CARATTERISTICI

Sulla scorta di dati geotecnici ricavati da indagini geognostiche, dell'elaborazione degli stessi, sono stati individuati i valori caratteristici dei parametri geotecnici, da una stima ragionata e cautelativa dei valori dei parametri derivati, in relazione agli stati limiti di riferimento. La successione dei terreni (modello geotecnico del sottosuolo) può essere schematizzata come segue, a partire dal piano di campagna attuale :

STRATO 1	R (GW)	0,00-0,30 m	Riporto : ghiaia sabbiosa compatta
γ_{nk}	19	KN/m ³	Peso unitario del terreno naturale
C'_k	0	KPa	Coesione
ϕ'_k	31	°	Angolo di resistenza al taglio efficace
E_k	25	MPa	Modulo di deformazione
G_{Ok}	60	MPa	Modulo di taglio dinamico a piccole deformazioni

STRATO 2	SW-GW	0,30-5,00 m	Sabbia con ghiaia, debol. limosa, mediamente addensata
γ_{nk}	20	KN/m ³	Peso unitario del terreno naturale
C_k	0	KPa	Coesione
ϕ'_k	33	°	Angolo di resistenza al taglio efficace
E_k	40	MPa	Modulo di deformazione
G_{Ok}	150	MPa	Modulo di taglio dinamico a piccole deformazioni

STRATO 3	SW	5,00-10,00 m	Sabbia con Ghiaia, addensata
γ_{nk}	20	KN/m ³	Peso unitario del terreno naturale
γ'_{nk}	11	KN/m ³	Peso unitario del terreno immerso
C_k	0	KPa	Coesione
ϕ'_k	32	°	Angolo di resistenza al taglio efficace
E_k	34	MPa	Modulo di deformazione
G_{Ok}	90	MPa	Modulo di taglio dinamico a piccole deformazioni

STRATO 4	SW	10,00-20,00 m	Sabbia con Ghiaia, addensata
γ_{nk}	20	KN/m ³	Peso unitario del terreno naturale
γ'_{nk}	11	KN/m ³	Peso unitario del terreno immerso
C_k	0	KPa	Coesione
ϕ'_k	35	°	Angolo di resistenza al taglio efficace
E_k	42	MPa	Modulo di deformazione
G_{Ok}	180	MPa	Modulo di taglio dinamico a piccole deformazioni

Livello piezometrico (falda freatica) = compreso tra 4,70 e 5,00 m dal p.c..

6. CONCLUSIONI

L'area su cui insiste il fabbricato in oggetto si trova in sinistra idrografica del Ticino, in corrispondenza dello sbarramento della Miorina, nel comune di Golasecca (VA).

Si è in presenza di depositi fluviali e fluvio glaciali, prevalentemente sabbiosi e ghiaiosi, con scarsa matrice limosa, in genere ben addensati.

Da un punto di vista geomorfologico l'area risulta stabile, anche se potenzialmente allagabile (fascia A del PAI).

La falda acquifera è presente a profondità variabili tra - 4,70 e 5,00 m dal p.c..

Per l'area in esame si hanno condizioni litologiche per il verificarsi di fenomeni di amplificazione sismica locale, ma la normativa nazionale copre gli effetti di sito. E' stato verificato il potenziale di liquefazione dei terreni di fondazione, per la presenza di terreni sabbiosi e ghiaiosi e della falda acquifera a pelo libero. Data la natura e l'addensamento dei terreni è stato calcolato un coefficiente di sicurezza a favore della stabilità.

Le indagini geognostiche hanno permesso di stimare i parametri geotecnici dei terreni.

Sulla scorta delle indagini effettuate e delle considerazioni sopra ricordate (si tratta di edificio rilevante e strategico) si dà parere favorevole, da un punto di vista geologico, agli interventi in progetto.

Dr geologo Giovanni Fasser

Brescia, 18 luglio 2016

ALLEGATI

CARTA GEOLITOLOGICA CON ELEMENTI MORFOLOGICI scala 1:5.000

GEOLOGIA

	UNITA' POSTGLACIALE (Depositi alluvionali) - (Olocene attuali)
	ALLOFORMAZIONE DI CANTU' (Depositi fluvioglaciali) - (Pleistocene Sup)
	UNITA' DI DAVERIO (Depositi fluvioglaciali) - (Pleistocene Medio. - Sup)
	UNITA' DI SUMIRAGO (Depositi glaciali) - (Pleistocene Sup)
	ALLOFORMAZIONE DI GOLASECCA (Depositi morenici) - (Pleistocene Medio)

MORFOLOGIA

FORME, PROCESSI E DEPOSITI LEGATI ALLA GRAVITA'

STATO DI ATTIVITA'

ATTIVO QUERSCENTE INATTIVO



Orlo di scarpata di degradazione e/o di frana



Frana non fedelmente cartografabile

FORME, PROCESSI E DEPOSITI LEGATI ALLE ACQUE SUPERFICIALI

STATO DI ATTIVITA'

ATTIVO QUERSCENTE INATTIVO



Conoide di deiezione



Solco di erosione

FORME PROCESSI E DEPOSITI ANTROPICI



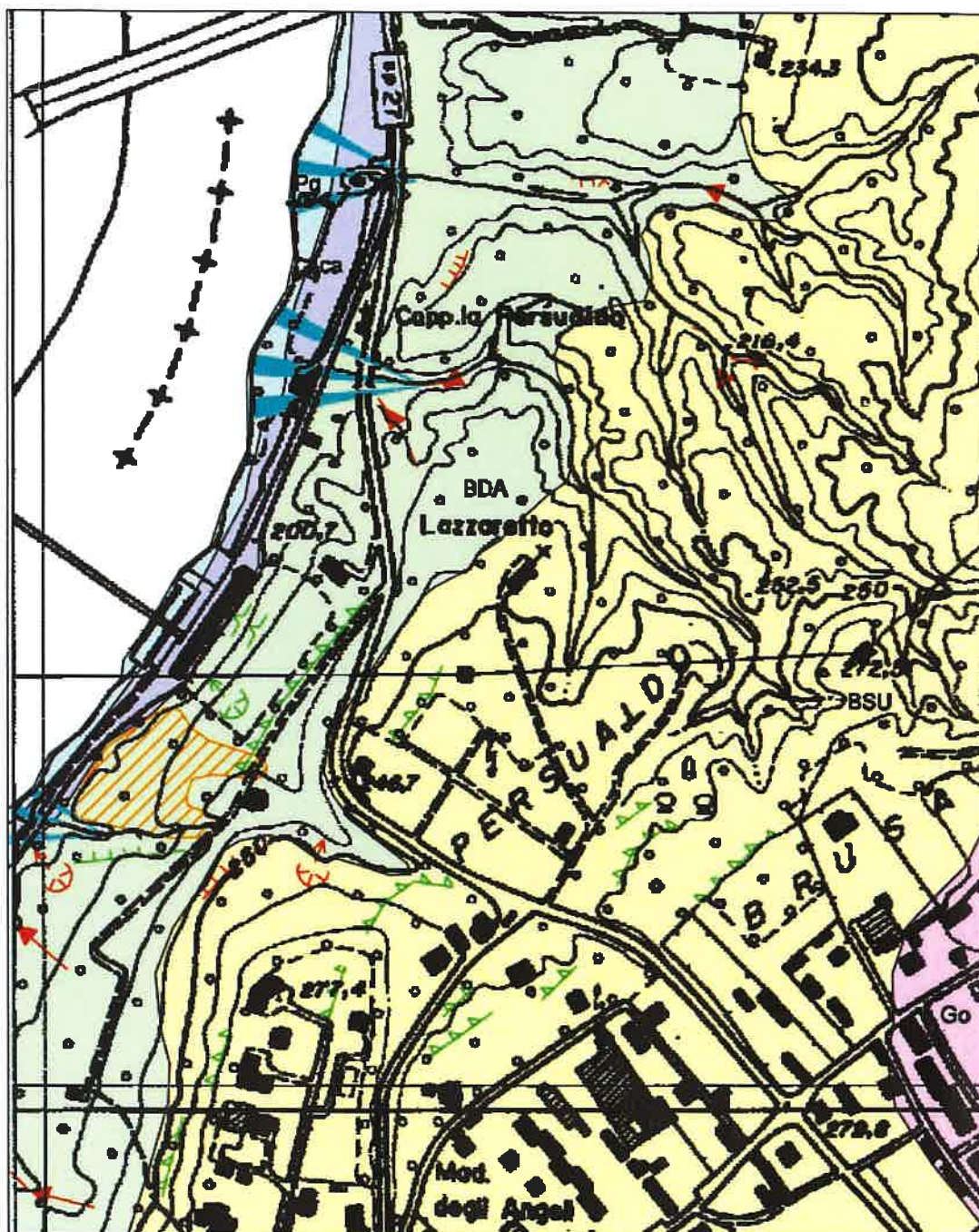
Scarpata antropica



Terrazzamenti

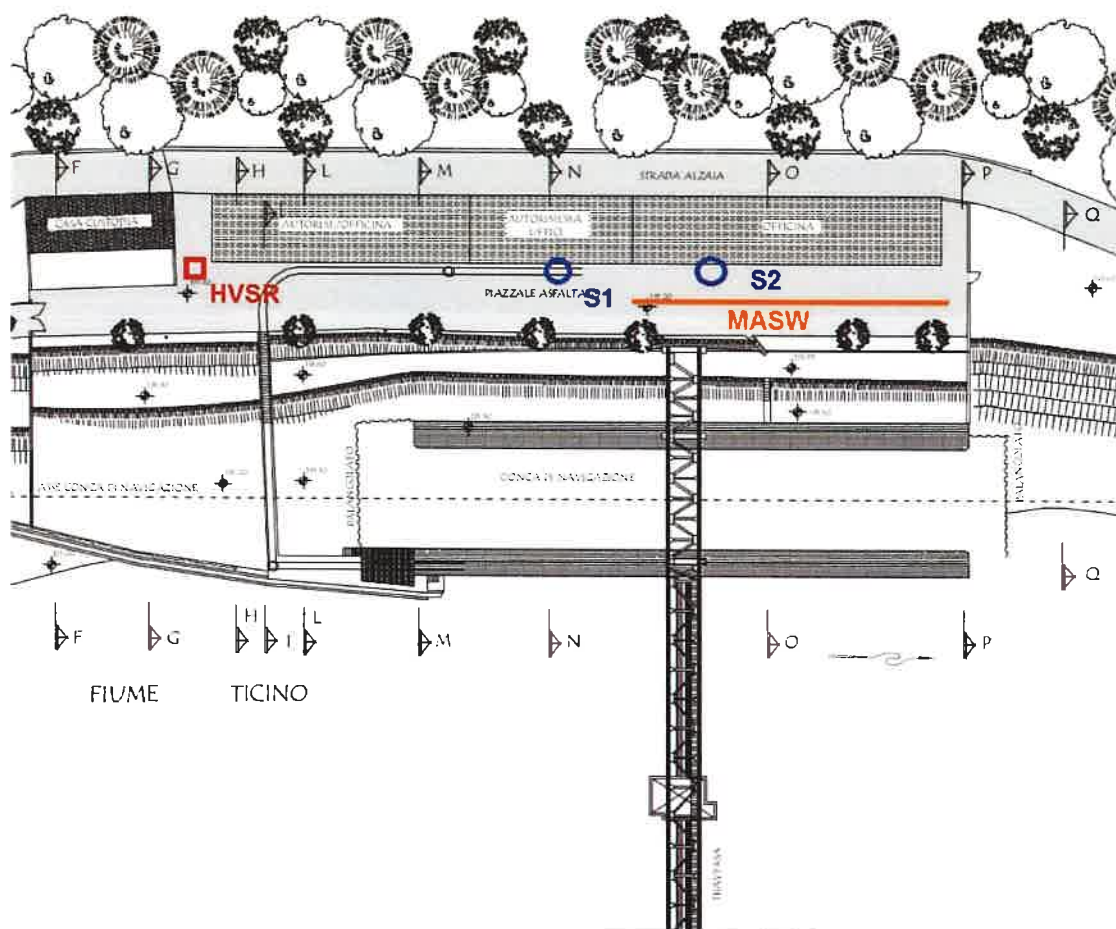


Versante consolidato con interventi di ing. naturalistica



PLANIMETRIA GENERALE STATO DI FATTO

SCALA 1:500



UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE (non in scala)

- S1** sondaggio a carotaggio continuo
- MASW** indagine sismica con analisi delle onde superficiali
- HVSR** stazione singola di misura dei microtremori

TAVOLE FOTOGRAFICHE



Sondaggio S1





Sondaggio 2





Indagine sismica (MASW-HVSR)

CR S O D ■ M DM W DH ●	CAMPIONE RIMANEGLIATO CAMPIONATORE SHELBY CAMPIONATORE OSTERBERG CAMPIONATORE DENISON CAMP. SPT CAMPIONATORE NAZIER CORONA DIAMANTATA CORONA WIDA TUBO PVC 3 LEFRANC LUGEOIN				RILIEVO ACQUA DURANTE LA PERFORAZIONE				COMMITTENTE: CONSORZIO DEL TICINO - MILANO CANTIERE: VERIFICHE SISMICHE DELLO SBARRAMENTO DELLA MIORINA DATA INIZIO: 21/06/16 DATA ULTIMAZIONE: 21/06/16 TIPO DI ATTREZZATURA: ATLAS COPCO A 86 S				DR. GIOVANNI FASSER STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE via Amba d'Oro 82 25123 - BRESCIA tel. 030362144 Portatile 3393519730 e-mail studiolfasser@libero.it																																				
	PROFONDITA' FORO		RIVEST. 18,5		MATTINA GG H		SERA GG H		OPERATORE: BONOMELLI SAVIO		RESPONSABILE: DR. GIOVANNI FASSER		SONDAGGIO N.1																																				
	DATA	METODO DI PERFORAZIONE	ATTREZZO DI PERFORAZIONE	RIVESTIMENTO	FLUIDO DI PERFORAZIONE	PROFONDITA' D.P. C.	COLONNA STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	U.S.C.S.	R.Q.D. MODIFICATO				CAMPIONI		S.P.T.	TOR VANE	PROVE PERMEABILITA'		NOTE																													
										10	20	30	40	50	60	70	80	90	100		NUMERO	TIPO DI CAMPION	PROF. DI PRELIEVO	PROFOND.	N. COLPI	PROFOND.	KG/CMQ	PROFOND.	TIPOLOGIA																				
21/06/2016										PAVIMENTAZIONE IN CEMENTO PRF. MARBICCATA GHIAIOSA - SABBIOSA																																							
TOT 1										SABBIA MEDIO - FINE DEBOLMENTE LIMOSA E/O GHIAIOSA, GRIGIA, ADDENSATA										SW																													
SEGUE /										SABBIA MEDIO - GROSSOLANA DEBOLMENTE GHIAIOSA, GRIGIA, ADDENSATA										SW																													
PAGINA 1										SABBIA MEDIA DEBOLMENTE GHIAIOSA (pietrali poligamici, dimensioni medie 5 cm) GRIGIA, BEN ADDENSATA										SW																													
ROTAZIONE A CAROTAGGIO CONTINUO																																																	
CAROTIERE SEMPLICE CON CORONA WIDA																																																	
φ RIVESTIMENTO 152 mm; φ CAROTIERE 131 mm																																																	
ACQUA																																																	
0.30																																																	
5.00																																																	
6.80																																																	
13.00																																																	
20.00																																																	

CR CAMPIONE RIMANEGLIATO S CAMPIONATORE SHELBY O CAMPIONATORE OSTERBERG D CAMPIONATORE DENISON M CAMP. SPT DM CAMPIONATORE MAZIER W CORONA DIAMANTATA DI TUBO PVC 3 L LEFRANC ● LUGNON		RILIEVO ACQUA DURANTE LA PERFORAZIONE <table border="1"> <tr> <th colspan="2">PROFONDITA'</th> <th colspan="2">MATTINA</th> <th colspan="2">SERA</th> </tr> <tr> <th>FORO</th> <th>RIVEST.</th> <th>GG</th> <th>H</th> <th>GG</th> <th>H</th> </tr> </table>						PROFONDITA'		MATTINA		SERA		FORO	RIVEST.	GG	H	GG	H	COMMITTENTE: CONSORZIO DEL TICINO - MILANO CANTIERE: VERIFICHE SISMICHE DELLO SBARRAMENTO DELLA MIORINA DATA INIZIO: 22/06/16 DATA ULTIMAZIONE: 22/06/16 TIPO DI ATTREZZATURA: ATLAS COPCO A 66 S				DR. GIOVANNI FASSER STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE via Amba d'Oro 82 25123 - BRESCIA tel. 030362144 Portatile 3393519730 e-mail studiofasser@libero.it			
		PROFONDITA'		MATTINA		SERA																					
		FORO	RIVEST.	GG	H	GG	H																				
		OPERATORE: BONOMELLI SAVIO			RESPONSABILE: DR. GIOVANNI FASSER			SONDAGGIO N.2																			
DATA 22/06/2016		METODO DI PERFORAZIONE ROTAZIONE A CAROTAGGIO CONTINUO	ATTREZZO DI PERFORAZIONE CAROTIERE SEMPLICE CON CORONA WIDIA	RIVESTIMENTO Ø RIVESTIMENTO 152 mm; Ø CAROTIERE 131 mm	FLUIDO DI PERFORAZIONE ACQUA	PROFONDITA' DI P. C. 0.30 1.70 4.20 4.70 5.00 10.6 20.00	COLONNA STRATIGRAFICA 	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA PAVIMENTAZIONE IN CEMENTO PZ MASSICCATA GRIGIA - SABBIA GHIAIA SABBIOSA CON CIOTTOLO POLIGONICI SUBARROTONDATI E TROVANTI, GRIGIA, BEN ADDENSATA SABBIA E GHIAIA CON CIOTTOLO POLIGONICI SUBARROTONDATI, COLORE GRIGIO MARRONE, BEN ADDENSATA TROVANTI POLIGONICI SABBIA GRIGIA/DEBOLMENTE LIMOSA, MARRONICINA, ADDENSATA SABBIA CON GHIAIA CON CIOTTOLO POLIGONICI SUBARROTONDATI, GRIGIA, MOLTO ADDENSATA SABBIA DEBOLMENTE LIMOSA, A TRATTI DEBOLMENTE GRIGIA/GRIGIA, MOLTO ADDENSATA	U.S.C.S. GW SW GW SW GW SW	R.Q.D. MODIFICATO 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100	CAMPIONI NUMERO C4	S.P.T. PROF. DI PRELIEVO 1.5 4.5 21.36	TOR VANE PROFOND. KG/CMQ 7.5	PROVE PERMEABILITA' PROFOND. TIPOLOGIA carico variabile	NOTE H ₂ O												