

STUDIO di  
**INGEGNERIA**  
BORGHI ing. FILIPPO

via Vittorio Veneto n. 34/b  
22070 ROVELLO PORRO (CO)  
TEL. 0296750846 - FAX 0296751405  
e-mail: filippo.borghi@borghialberio.it

LA PROPRIETA'  
**Pegaso s.r.l.**  
p.IVA 03426020131  
Via Vittorio Vento, 34/b - Rovello Porro (CO)



PROGETTO  
**PIANO DI RECUPERO - VIA LUIGI CARONNI, 11/27**  
Demolizione con ricostruzione di edificio residenziale

RELAZIONI GEOLOGICA E GEOTECNICA

SCALA

/

DATA

18 marzo 2019

ELABORATO

03

P

697

T

PR

PR\_Via Caronni

LA PROPRIETA'

\_\_\_\_\_

IL PROGETTISTA E D.L.

\_\_\_\_\_

**Studio Geologico per ristrutturazione edilizia in via Caronni a Saronno**

**RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA**

N° Doc. Ingegneria:	Foglio 1 di 47	Rev.: 0	N° Doc. Cliente:
---------------------	-------------------	------------	------------------

<b>Contraente:</b> 	<b>Progetto:</b>  Studio Geologico per ristrutturazione edilizia in via Caronni a Saronno	<b>Cliente:</b>  Ing. Borghi	
	<b>N° Contratto :</b>		
<b>N° Doc:</b> 901	<b>Foglio</b> 1 di 24	<b>Data</b> 23.08.2018	<b>N° Doc. Cliente:</b>

**RELAZIONE GEOLOGICA E RELAZIONE GEOTECNICA AI SENSI DELLE  
 NTC 2018  
 RELAZIONE GEOLOGICA AI SENSI DELLA DGR N. 2616/2011**

**A cura di:**

Dr. Geol. Giovanni Coduri

Dr. Simone Boxler



00	08/03/2019	EMISSIONE	Boxler	Coduri
REV	DATA	TITOLO REVISIONE	PREPARATO	CONTROLLATO APPROVATO

Studio Geologico per realizzazione ristrutturazione edilizia a Saronno in via L. Caronni.			
<b>RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA</b>			
N° Doc. Ingegneria:	Foglio 2 di 47	Rev.: 0	N° Doc. Cliente:

## Sommario

<b>1. PREMESSA E SCOPO DELL'INDAGINE</b>	<b>4</b>
<b>2. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA IN ESAME</b>	<b>5</b>
2.1. Area di studio	5
2.2. Caratteristiche geologiche dell'area in esame	5
2.2.1. Inquadramento geologico	5
2.2.2. Fattibilità geologica	7
2.2.3. Dissesti	8
2.2.4. Pericolosità sismica	8
2.2.5. Idrogeologia	8
<b>3. CARATTERISTICHE DELL'EQUIPAGGIAMENTO PENETROMETRICO</b>	<b>9</b>
<b>4. UBICAZIONE DELLE PROVE ESEGUITE</b>	<b>11</b>
<b>5. INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO DELL'AREA</b>	<b>12</b>
<b>6. STIMA CATEGORIA SUOLO</b>	<b>14</b>
6.1. Dpm-1 Stima categoria suolo	14
6.1. Dpm-2 Stima categoria suolo	15
6.2. Risultati	15
<b>7. SISMICITÀ DELL'AREA</b>	<b>16</b>
7.1. Premessa	16
7.1.1. Microzonizzazione sismica	17
7.1.2. Analisi di pericolosità sismica di 1° livello	18
7.1.3. Analisi di pericolosità sismica di 2° livello	18
7.2. Approfondimento sismico di primo livello	19
7.3. Effetti di amplificazione topografica	20
7.4. PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO	23

<b>Studio Geologico per realizzazione ristrutturazione edilizia a Saronno in via L. Caronni.</b>			
<b>RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA</b>			
N° Doc. Ingegneria:	<b>Foglio</b> 3 di 47	<b>Rev.:</b> 0	N° Doc. Cliente:

<b>7.5. Verifica a liquefazione</b>	<b>25</b>
<b>8. PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE</b>	<b>27</b>
8.1. Elaborazione statistica delle prove penetrometriche	28
8.2. Elaborazione probabilistica e calcolo valori caratteristici dei terreni	29
<b>9. CONSIDERAZIONI SULLA PORTANZA DEL TERRENO DI FONDAZIONE</b>	<b>33</b>
<b>10. CALCOLI DI PORTANZA</b>	<b>33</b>
10.1. Formula degli olandesi	33
10.2. Verifica della portanza	36
10.2.1. Verifica portanza terreno – prova DPM1 Carichi di progetto agenti sulla fondazione 100 KN/mq, profondità 1.7 m	37
10.3. Cedimenti	38
<b>11. CONCLUSIONI</b>	<b>38</b>
<b>ALLEGATI</b>	<b>40</b>
<b>GRAFICI PENETROMETRICI</b>	<b>40</b>
<b>ELABORAZIONI STATISTICHE</b>	<b>40</b>

<b>Studio Geologico per realizzazione ristrutturazione edilizia a Saronno in via L. Caronni.</b>			
<b>RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA</b>			
N° Doc. Ingegneria:	<b>Foglio</b> 4 di 47	<b>Rev.:</b> 0	N° Doc. Cliente:

## 1. PREMESSA E SCOPO DELL'INDAGINE

Su incarico dell'Ing Borghi, in previsione della ristrutturazione a seguito della demolizione degli edifici esistenti a Saronno in via L. Caronni, è stata prodotta la seguente relazione che illustra i risultati di un'indagine geologica, geomorfologica e idrogeologica basati su dati di indagini geologico geotecniche realizzate nell'area di progetto e sulla base del PGT del comune di Saronno per appurare la compatibilità del progetto con le normative e le limitazioni contenute in esso.

L'indagine si è articolata nelle seguenti fasi:

- Sopralluogo con la committenza
- Ricerca bibliografica
- Realizzazione di 2 prove penetrometriche dinamiche.
- Elaborazione dei dati scaturiti dalle indagini di campagna e stima dei parametri geotecnici dei terreni

**RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA**

N° Doc. Ingegneria:

Foglio  
5 di 47

Rev.:

0

N° Doc. Cliente:

## 2. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA IN ESAME

### 2.1. Area di studio



Ubicazione area di studio

L'area interessata dall'indagine è ubicata nel comune di Saronno, in Via L. Caronni, si presenta a morfologia pianeggiante ed è attualmente occupata da un edificio residenziale nel centro del comune di Saronno.

### 2.2. Caratteristiche geologiche dell'area in esame

#### 2.2.1. Inquadramento geologico

Il territorio di Saronno è caratterizzato da depositi continentali formatisi in ambiente fluvioglaciale. In particolare, si tratta di depositi alluvionali sabbiosi, ghiaiosi e ciottolosi più o meno limoso/argillosi con una litozona superficiale limoso/argillosa.

RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA

N° Doc. Ingegneria:

Foglio

6 di 47

Rev.:

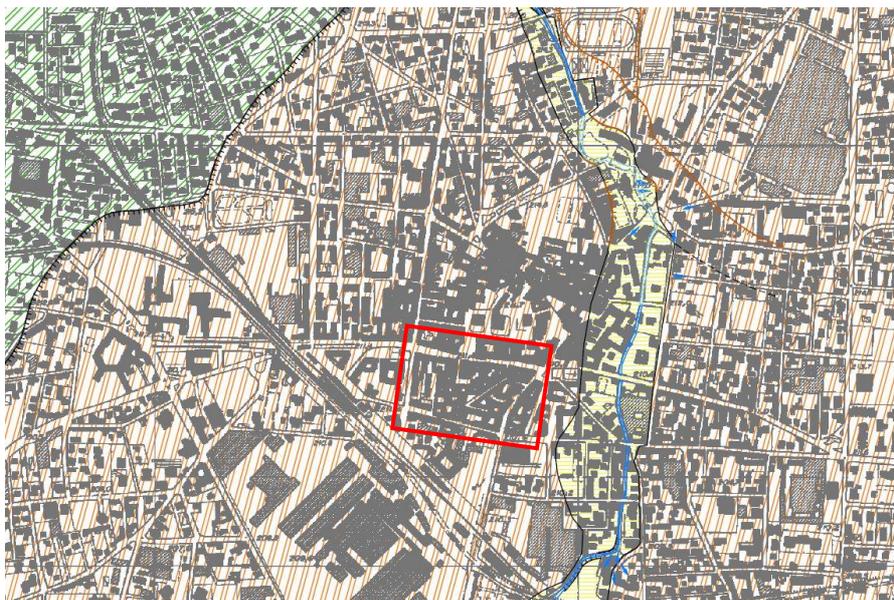
0

N° Doc. Cliente:

Nell'area di studio in superficie si ritrovano unità riferibili al **SUPERSINTEMA DI BESNATE** (Pleistocene medio – superiore)

Questa unità è costituita da ghiaie a supporto clastico, localmente a supporto di matrice. La matrice è prevalentemente sabbiosa, anche grossolana, e si alterna a sabbia più fine con limo scarso o assente. Alla profondità di circa 300 cm da piano campagna si osserva la presenza frequente di strati ghiaiosi a granulometria più grossolana. I ciottoli sono prevalentemente arrotondati, poligenici, di dimensioni massime di 40÷60 cm, modali di circa 10 cm. Il grado di alterazione è generalmente debole, colpendo circa il 20% dei clasti che si presentano da decarbonatati ad argillificati (clasti carbonatici) e da fragili ad arenizzati (clasti cristallini). Il colore della matrice rientra nelle pagine 7.5 YR e 10 YR delle Munsell Soil Color Chart. I depositi sono massivi o organizzati in livelli ben definiti, identificabili per variazioni granulometriche. Le strutture sedimentarie, rare e concentrate in pochi livelli, sono rappresentate da embriciature e isorientazione dei ciottoli.

La parte superiore dell'unità è costituita da depositi fini aventi uno spessore variabile tra 40 e 80 cm e da un punto di vista pedologico vengono classificati come suoli sottili (Alfisuoli e Inceptisuoli).



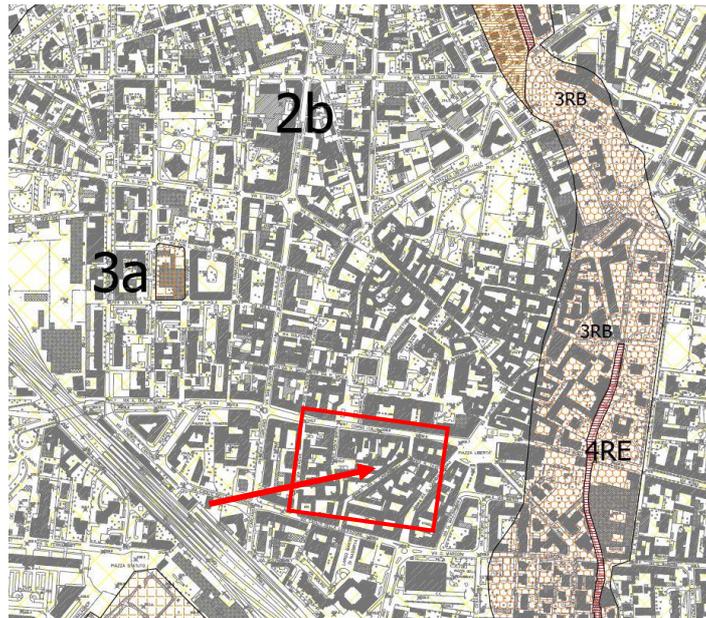
RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA

N° Doc. Ingegneria:	Foglio 7 di 47	Rev.: 0	N° Doc. Cliente:
---------------------	-------------------	------------	------------------

<p><b>SUPERSINTEMA DI BESNATE (Pleistocene medio - Pleistocene superiore)</b>                  Depositi fluvioglaciali con profilo di alterazione superficiale poco evoluto. Colore della matrice 10YR e 7.5YR. Copertura loessica in genere presente. (Würm - Riss A.A.)</p>		<p>Ghiaie poligeniche grossolane a prevalente supporto di matrice da sabbioso-limosa a limosa, localmente a supporto clastico con matrice sabbioso-limosa. Superiormente sono in genere presenti suoli e sedimenti fini (limi sabbiosi massivi con rari clasti sparsi) per uno spessore di 0.5-1.0 m</p>
---	---	--

2.2.2. Fattibilità geologica

L'area di studio ricade in Classe 2b, ovvero aree morfologicamente pianeggianti, costituiti da ghiaie poligeniche a supporto di matrice sabbioso limosa, con presenza di terreni fini superficiali.



<p><b>Classe 2b (Fluvioglaciali Besnate)</b></p> <p><b>FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI</b></p>	<p>Area a morfologia subpianeggiante, litologicamente costituita da ghiaie poligeniche a supporto di matrice da sabbioso-limosa a limosa, con presenza di terreni fini superficiali con profilo di alterazione poco evoluto. Presenza di sedimenti fini superficiali</p>	<p>Possibile presenza di terreni siltati, con discrete caratteristiche geotecniche fino a 2,7-3,3 m di profondità, localmente fino a 6 m da p.c., Miglioramento delle caratteristiche portanti a maggiore profondità</p>	<p>Favorevole con modeste limitazioni legate alle caratteristiche portanti del terreno e alla salvaguardia dell'acquifero libero</p>
--	--	--	--

	IGT	RE - CO	La progettazione dovrà essere condotta adottando i criteri antisismici del d.m. 14 gennaio 2008 "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni", definendo le azioni sismiche di progetto, per gli edifici strategici e rilevanti di cui al d.d.u.o. n. 1990/03 di nuova previsione, a mezzo di approfondimento di 3° livello.
	IGT	RE - CO	
	IGT - SV	RE - CO	
	IGT - SV	RE - CO - CA	
	IGT - SV - ISS	RE - CO - CA - BO	
	IGT - SV	RE - CO	

RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA

N° Doc. Ingegneria:

Foglio  
8 di 47

Rev.:

0

N° Doc. Cliente:

### 2.2.3. Dissesti

In base alla cartografia del PGT non sono riscontrabili dissesti in atto.

### 2.2.4. Pericolosità sismica

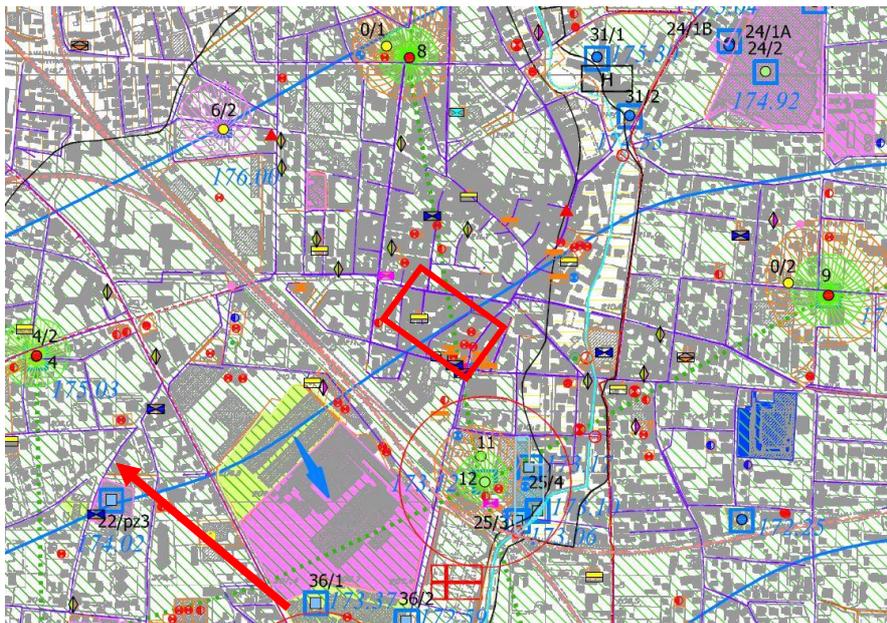
In base al PGT del comune di Saronno e all'assetto morfologico del sito consentono di escludere la presenza di scenari di pericolosità sismica locale in grado di modificare lo spettro di risposta elastica atteso in superficie.

In particolare, non si riscontrano situazioni litostratigrafiche tali da innescare apprezzabili fenomeni di amplificazione del segnale sismico.

### 2.2.5. Idrogeologia

Viene riportato uno stralcio della carta idrogeologica del PGT, dal quale si deduce che la falda si trova mediamente a circa 30 metri di profondità. Il grado di vulnerabilità dell'acquifero è stato valutato come elevato.

La natura dell'opera in progetto escludono possibili interazioni negative con la falda.



**RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA**

N° Doc. Ingegneria:	Foglio 9 di 47	Rev.: 0	N° Doc. Cliente:
---------------------	-------------------	------------	------------------

GRADO DI VULNERABILITA'						CARATTERISTICHE DEGLI ACQUIFERI
Ee	E	A	M	B	BB	
						Acquifero di tipo libero in materiale alluvionale con corso d'acqua (T. Lura) sospeso rispetto alla piezometrica media della falda; locali sequenze sommitali limose ridotte (spessore massimo di 1 m). Sogglacenza > 30 m
						Acquifero libero in materiale alluvionale in corrispondenza dei depositi fluvio-glaciali del Supersistema di Besnate, con sequenze sommitali limoso-sabbiose (spessore 0,5-1 m). Sogglacenza > 30 m
						Acquifero libero in materiali alluvionali del Sistema di Binago, protetto da sequenze sommitali limose mediamente spesse 2-3 m e da depositi fluvio-glaciali parzialmente alterati. Sogglacenza > 30 m

EE: estremamente elevato E: elevato A: alto M: medio B: basso BB: molto basso

### 3. CARATTERISTICHE DELL'EQUIPAGGIAMENTO PENETROMETRICO

Per l'esecuzione delle indagini in situ è stato utilizzato, il seguente equipaggiamento:

**DM30-SA G penetrometro dinamico medio automatico, sonda automatica, estrattore idraulico.**

Si tratta di un penetrometro dinamico medio - classificato ISSMFE 1988 - accoppiato ad un gruppo sonda. Il gruppo sonda scorre sulla colonna di guida ed estrazione idraulica ancorata al suolo, permettendo l'utilizzo in continuo dei carotieri a coclea.

Si possono eseguire:

- prove penetrometriche dinamiche con massa battente da 30 kg. utilizzando punte a recupero o a perdere, con l'uso di rivestimenti antiattrito laterale.
- sondaggi continui in automatico mediante carotieri a coclea (Ø 38x1000mm.)
- sondaggi a percussione, utilizzando un apposito carotiere; si ottiene un campione a basso grado di disturbo in fustella di PVC (Ø 40mm).

Gruppo motore e centralina oleodinamica a doppia funzione, dotata di motore a scoppio, 4 tempi, 5Hp di potenza.

**RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA**

N° Doc. Ingegneria:	<b>Foglio</b>	<b>Rev.:</b>	N° Doc. Cliente:
	10 di 47	0	

Sistema d'infissione a maglio oleodinamico del peso di 30 Kg (20+10), con frequenza di battuta di 50-60 colpi/min, con base in acciaio trattato dotata di alloggiamento per l'infissione di aste ( $\varnothing$  22mm) e di rivestimenti antiattrito laterale.

Gruppo sonda Composto da:

- testa di rotazione potenziata, montata su carrello, completamente automatica
- carotieri a coclea  $\varnothing$  38x1000 mm
- aste di prolunga a diametro maggiorato ( $\varnothing$  25 mm)

Colonna di guida ed estrattore idraulico Colonna in acciaio, ancorabile al suolo mediante due puntoni; struttura di guida per l'esecuzione della prova penetrometrica e del sondaggio, per l'innalzamento automatico della massa battente e della testa di rotazione, per l'estrazione idraulica delle aste, dei rivestimenti e dei carotieri.

**RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA**

N° Doc. Ingegneria:

Foglio

11 di 47

Rev.:

0

N° Doc. Cliente:

#### 4. UBICAZIONE DELLE PROVE ESEGUITE

Per la stima dei parametri geotecnici sono state realizzate 2 prove penetrometriche dinamiche.

Le prove Dpm-1, Dpm-2 sono state eseguite al di sotto della copertura presente nella corte interna della palazzina e hanno raggiunto profondità inferiori ai 3 m a causa di livelli molto addensati riferibili a terreni ghiaiosi.



Ubicazione prove.

<b>Studio Geologico per realizzazione ristrutturazione edilizia a Saronno in via L. Caronni.</b>			
<b>RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA</b>			
N° Doc. Ingegneria:	<b>Foglio</b> 12 di 47	<b>Rev.:</b> 0	N° Doc. Cliente:

## 5. INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO DELL'AREA

L'interpretazione stratigrafica è stata eseguita sulla base delle risultanze di tutte le prove penetrometriche attribuendo una litologia alle differenti tratte in funzione del numero di colpi di avanzamento del penetrometro. Entrambe le prove, Dpm-1 e Dpm-2, sono state spinte a profondità basse (da 2,4 e 2,6m) a causa del raggiungimento del rifiuto alla penetrazione dovuto alla natura molto consistente dei materiali incontrati.

A partire dal p.c. è presente uno strato di 30 cm di pavimentazione e riporto costituito da da cemento o asfalto per i primi 10 cm e da ghiaia con ciottoli arrotondati.

Al di sotto di questo strato superficiale sino a una profondità di 1,8 m vi sono alternanze di terreni riferibili a sabbie con contenuto di limo variabile e che presentano caratteristiche geotecniche da scadenti a discrete. Al di sotto della verticale penetrometrica Dpm-2 risulta uno spessore del riporto inferiore e caratteristiche geotecnicamente più scadenti in questo strato.

Al di sotto di questo livello sono presenti terreni riferibili a sabbie più addensate che con l'aumentare della profondità presentano caratteristiche geotecniche via via migliori a causa del progressivo aumentare della presenza di ciottoli e di frazione ghiaiosa. Questo livello che si estende sino al termine del sondaggio ha portato al rifiuto alla penetrazione e presenta caratteristiche geotecniche da buone a ottime.

RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA

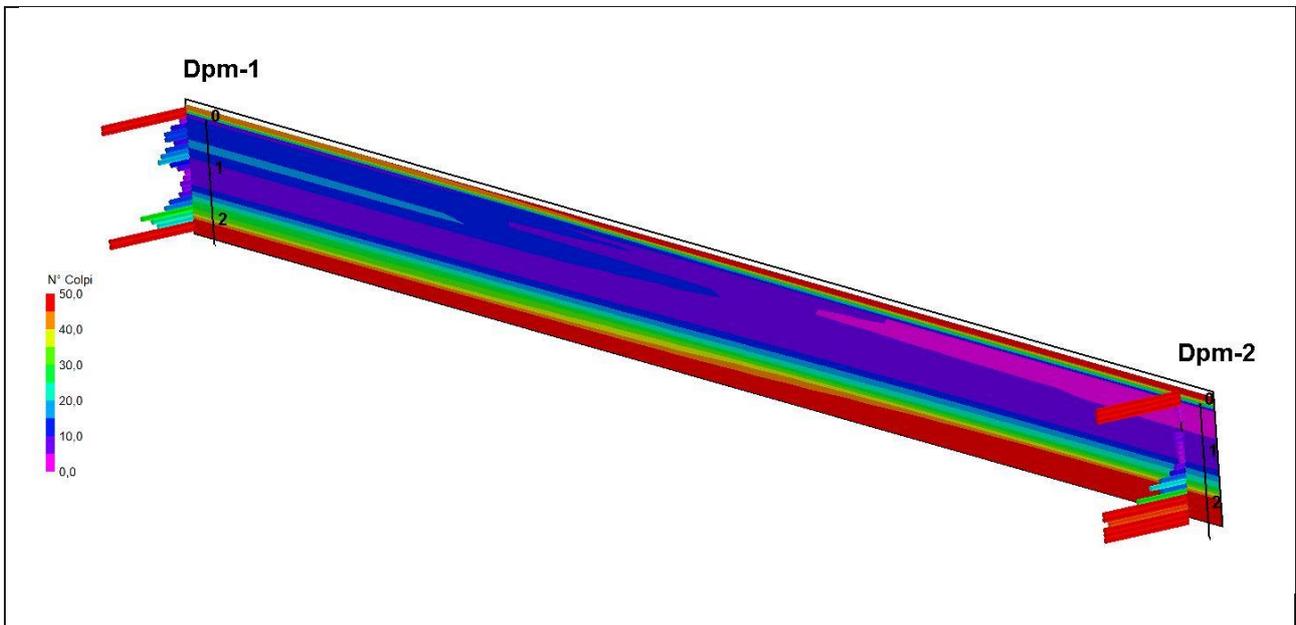
N° Doc. Ingegneria:

Foglio  
13 di 47

Rev.:

0

N° Doc. Cliente:



*sezione penetrometrica interpretativa:*

Colore viola/blu: caratteristiche geotecniche da scadenti a discrete

Colore azzurro/verde: caratteristiche geotecniche da discrete a buone

Colore giallo/rosso: buone/ottime caratteristiche geotecniche

*Sezione penetrometrica interpretativa*

Studio Geologico per realizzazione ristrutturazione edilizia a Saronno in via L. Caronni.				
<b>RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA</b>				
N° Doc. Ingegneria:	Foglio	Rev.:	N° Doc. Cliente:	
	14 di 47	0		

## 6. STIMA CATEGORIA SUOLO

Stima categoria di sottosuolo secondo le norme tecniche per le Costruzioni 17-01-2018 (NTC 2018).

Si sottolinea come la stima ottenuta tramite prove penetrometriche, sebbene accettata, fornisce mediamente valori molto cautelativi.

### 6.1.Dpm-1 Stima categoria suolo

Stima categoria di sottosuolo secondo le norme tecniche per le Costruzioni NTC 2018.

				Prova n.	Dpm-1
Profondità (m)	Descrizione	Tipo	ID Tipo	Vs (Otha e Goto 1978) (m/s)	
0,3	riporto	Incoerente	1	99,37	
1,1	sabbia	Incoerente	1	93,42	
1,7	sabbia debolmente limosa	Incoerente	1	77,42	
2	sabbia ghiaiosa	Incoerente	1	90,71	
15	ghiaia	Incoerente	1	207,41	

Vs,30

190,31 m/s

Individuazione categoria di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II C. 3.2.2) secondo: NTC 2018

#### Categoria suolo tipo: C

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità' del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità' e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Studio Geologico per realizzazione ristrutturazione edilizia a Saronno in via L. Caronni.				
<b>RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA</b>				
N° Doc. Ingegneria:	Foglio	Rev.:	N° Doc. Cliente:	
	15 di 47	0		

## 6.1. Dpm-2 Stima categoria suolo

Stima categoria di sottosuolo secondo le norme tecniche per le Costruzioni NTC 2018.

Prova n.				Dpm-2
Profondità (m)	Descrizione	Tipo	ID Tipo	Vs (Otha e Goto 1978) (m/s)
0,3	riporto	Incoerente	1	105,7
0,8	sabbia limosa	Incoerente	1	64,88
1,5	sabbia debolmente limosa	Incoerente	1	77,99
1,9	sabbia	Incoerente	1	91,75
15	ghiaia	Incoerente	1	216,08

Vs,30

194,90 m/s

Individuazione categoria di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II C. 3.2.2) secondo: NTC 2018

### Categoria suolo tipo: C

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità' del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità' e da valori di velocità' equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

## 6.2. Risultati

Entrambe le prove hanno dato come risultato "**categoria suolo C**" ovvero: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Studio Geologico per realizzazione ristrutturazione edilizia a Saronno in via L. Caronni.			
<b>RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA</b>			
N° Doc. Ingegneria:	Foglio 16 di 47	Rev.: 0	N° Doc. Cliente:

## 7. SISMICITÀ DELL'AREA

### 7.1. Premessa

Di seguito viene fornito un inquadramento generale sulla classificazione sismica dell'area in esame nel rispetto delle disposizioni delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del Decreto Ministeriale del 17/01/2018.

- a) Secondo la normativa vigente la tipologia del suolo di fondazione è dipendente dal valore  $V_{s,eq}$  definito dalla seguente equazione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro

$V_{s,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità

- b) Le verifiche strutturali nei diversi stati limiti vanno condotte adottando le azioni sismiche che sono funzione della "pericolosità sismica" dell'area in esame. La "pericolosità sismica" è definita a partire dall'accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su suolo rigido, con piano campagna orizzontale.

Le azioni di progetto dovute al sisma si ricavano dalle accelerazioni  $a_g$  e dalle relative forme spettrali definite in funzione dei parametri:

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima al sito,

$F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,

$T_c^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

<b>Studio Geologico per realizzazione ristrutturazione edilizia a Saronno in via L. Caronni.</b>			
<b>RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA</b>			
N° Doc. Ingegneria:	<b>Foglio</b> 17 di 47	<b>Rev.:</b> 0	N° Doc. Cliente:

I valori di tali parametri sono riportati nella tabella esposta nell'Allegato A del decreto, grazie alla quale i parametri dell'area in esame vengono ottenuti per interpolazione lineare tra quattro punti di una griglia di punti prefissati sul territorio

Utilizzando il software dedicato si ricavano gli spettri di risposta elastica delle componenti orizzontali di moto, per i diversi periodi di ritorno considerati dal D.M.

#### 7.1.1. Microzonizzazione sismica

La microzonazione sismica ha lo scopo di riconoscere ad una scala sufficientemente piccola (scala comunale o sub comunale) le condizioni di sito che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso (risposta sismica locale) o possono produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni e le infrastrutture.

In sostanza lo studio di microzonazione restituisce una mappa del territorio nella quale sono indicate:

- le zone in cui il moto sismico viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di terreno rigido (suolo A della norma nazionale) e pianeggiante, a causa delle caratteristiche litostratigrafiche del terreno e geomorfologiche del territorio.
- le zone in cui sono presenti o suscettibili di attivazione fenomeni di deformazione permanenti del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, assestamenti, liquefazioni, fagliazione superficiale).

Nel caso in esame, la copertura superficiale appare superiore alla profondità di posa delle fondazioni, ed il bedrock sismico ( $V_s > 800$  m/sec) non viene raggiunto; si avrà pertanto un'amplificazione sismica locale dovuta alla presenza del "letto" superficiale di sedimenti.

<b>Studio Geologico per realizzazione ristrutturazione edilizia a Saronno in via L. Caronni.</b>			
<b>RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA</b>			
N° Doc. Ingegneria:	<b>Foglio</b> 18 di 47	<b>Rev.:</b> 0	N° Doc. Cliente:

### 7.1.2. Analisi di pericolosità sismica di 1° livello

E' una fase prettamente qualitativa che si basa sulle considerazioni dirette degli effetti dei terremoti e prevede l'individuazione di una serie di zone passibili di amplificazione sismica o in cui possono verificarsi problemi particolari (liquefazione, riattivazione frane, ecc.) in caso di sisma.

### 7.1.3. Analisi di pericolosità sismica di 2° livello

Si applica in base alle risultanze del livello 1 ed in relazione alla classificazione sismica del Comune e prevede un approccio semiquantitativo per valutare quali sono gli effetti di amplificazione attesi e se la normativa vigente è in grado di sopportarli.

Il 2° livello prevede la caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi e l'individuazione, nell'ambito degli scenari qualitativi suscettibili di amplificazione (zone Z3 e Z4), di aree in cui la normativa nazionale risulta sufficiente o insufficiente a tenere in considerazione gli effetti sismici.

Per quanto riguarda gli aspetti geologici (Z4), per poter effettuare le verifiche con le schede predisposte dalla Regione Lombardia è necessaria una conoscenza corretta del sottosuolo oltre che in termini litologici, anche in termini di Vs e di struttura geologica, di conseguenza a supporto del livello 2 di analisi, sono state eseguite delle indagini geofisiche specifiche, al fine di acquisire i dati ed i parametri necessari.

	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1^ livello fase pianificatoria	2^ livello fase pianificatoria	3^ livello fase progettuale
Zona sismica 2-3	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nelle aree indagate con il 2^ livello quando Fa calcolato &gt; valore soglia comunale;</li> <li>- Nelle zone PSL Z1 e Z2.</li> </ul>
Zona sismica 4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o.n. 19904/03)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nelle aree indagate con il 2^ livello quando Fa calcolato &gt; valore soglia comunale;</li> <li>- Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti.</li> </ul>

PSL = Pericolosità Sismica Locale

<b>Studio Geologico per realizzazione ristrutturazione edilizia a Saronno in via L. Caronni.</b>			
<b>RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA</b>			
N° Doc. Ingegneria:	<b>Foglio</b> 19 di 47	<b>Rev.:</b> 0	N° Doc. Cliente:

Livelli di approfondimento e sintesi delle procedure - D.G.R. IX/2616/2011 Secondo la classificazione sismica vigente (Delibera Giunta regionale 11).

## 7.2. Approfondimento sismico di primo livello

La procedura di 1° livello è un approccio di tipo qualitativo e consente l'individuazione, a partire dalle informazioni già acquisite nella fase di analisi territoriale di base (caratterizzazione geologica e geologico-tecnica), di ambiti areali caratterizzati da specifici scenari di pericolosità sismica locale in cui gli effetti della sollecitazione sismica di base attesa sono prevedibili con sufficiente approssimazione.

Secondo quanto riportato nella tavola "Pericolosità Sismica Locale" (1° livello) l'area di studio viene collocata nell'ambito dello scenario di pericolosità sismica locale Z4a, secondo la classificazione riportata nella Tabella 1 dell'Allegato 5 alla D.G.R. IX/2616/2011, qui sotto allegata:

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

<b>Studio Geologico per realizzazione ristrutturazione edilizia a Saronno in via L. Caronni.</b>			
<b>RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA</b>			
N° Doc. Ingegneria:	Foglio 20 di 47	Rev.: 0	N° Doc. Cliente:

Le tipologie di terreni che rientrano nello scenario Z4a possono dare luogo, in occasione di eventi sismici, a fenomeni di amplificazione litologica e/o geometrica.

Nel caso specifico, considerando che le opere in progetto non costituiscono edifici strategici e rilevanti di cui al d.d.u.o. n. 19904/03, non è richiesto l'approfondimento sismico di 2° livello. Ai sensi della normativa vigente, quindi, è sufficiente l'approfondimento sismico di 1° livello.

### 7.3. Effetti di amplificazione topografica

Le verifiche sugli effetti di amplificazione topografica si basano puramente su criteri di tipo morfometrico/morfologico; per le sezioni e le misurazioni si è fatto riferimento alla cartografia disponibile.

Categoria topografica	Ubicazione opera	St
T1 (sup. pianeggiante, pendii e rilievi isolati con incl. media $\leq 15^\circ$ )	-	1.0
T2 (pendii con inclinazione media $> 15^\circ$ )	Sommità del pendio	1.2
T3 (rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media compresa tra $15-30^\circ$ )	Cresta del rilievo	1.2
T4 (rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media $> 30^\circ$ )	Cresta del rilievo	1.4

Valori massimi del coeff. di amplificazione topografica (tabella 3.2.IV della N.T.C.):

Nel caso specifico, trattandosi di una superficie pianeggiante, il valore di riferimento è  $St = 1.0$

**RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA**

N° Doc. Ingegneria:	Foglio 21 di 47	Rev.:	N° Doc. Cliente:
		0	

**PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE**

Data: 04/03/2019

Vita nominale (Vn): 50 [anni]  
 Classe d'uso: II  
 Coefficiente d'uso (Cu): 1  
 Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 45,6254539 [°]  
 Longitudine (WGS84): 9,0357122 [°]  
 Latitudine (ED50): 45,6263847 [°]  
 Longitudine (ED50): 9,0367785 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	11592	45,601360	8,992738	4413,22
2	11593	45,603980	9,064032	3271,08
3	11371	45,653920	9,060216	3562,96
4	11370	45,651290	8,988935	4637,28

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

**Punto 1**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,016	2,558	0,159
SLD	50	0,020	2,540	0,167
	72	0,023	2,512	0,195
	101	0,026	2,595	0,204
	140	0,029	2,614	0,219
	201	0,032	2,637	0,232
SLV	475	0,040	2,664	0,287
SLC	975	0,049	2,708	0,306

**RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA**

N° Doc. Ingegneria:

Foglio

22 di 47

Rev.:

0

N° Doc. Cliente:

	2475	0,059	2,815	0,329
--	------	-------	-------	-------

**Punto 2**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,017	2,557	0,159
SLD	50	0,021	2,533	0,188
	72	0,024	2,584	0,193
	101	0,027	2,599	0,205
	140	0,030	2,622	0,219
	201	0,034	2,646	0,232
SLV	475	0,042	2,656	0,284
SLC	975	0,051	2,717	0,304
	2475	0,063	2,813	0,325

**Punto 3**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,016	2,564	0,159
SLD	50	0,020	2,544	0,187
	72	0,024	2,523	0,194
	101	0,027	2,601	0,203
	140	0,030	2,624	0,217
	201	0,033	2,643	0,231
SLV	475	0,042	2,646	0,285
SLC	975	0,050	2,707	0,303
	2475	0,062	2,801	0,325

**Punto 4**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,016	2,565	0,159
SLD	50	0,019	2,545	0,167
	72	0,023	2,515	0,194
	101	0,026	2,597	0,203
	140	0,029	2,612	0,218
	201	0,032	2,633	0,232
SLV	475	0,040	2,656	0,286
SLC	975	0,048	2,691	0,306
	2475	0,059	2,800	0,329

**Punto d'indagine**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,016	2,561	0,159
SLD	50	0,020	2,540	0,179
SLV	475	0,041	2,655	0,285

**RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA**

N° Doc. Ingegneria:	Foglio 23 di 47	Rev.:	N° Doc. Cliente:
		0	

SLC	975	0,050	2,707	0,304
-----	-----	-------	-------	-------

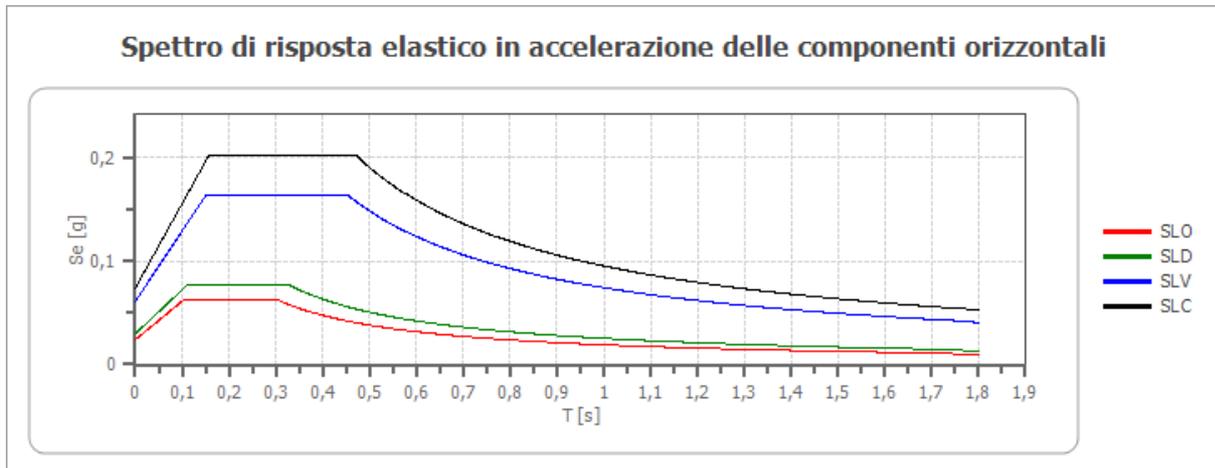
**7.4. PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO**

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %  
 Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ : 1,000  
 Categoria sottosuolo: C  
 Categoria topografica:  
 T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

**Stabilità di pendii e fondazioni**

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,005	0,006	0,012	0,015
kv	0,002	0,003	0,006	0,007
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,238	0,296	0,605	0,732
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

**Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali**



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1,0	0,016	2,561	0,159	1,500	1,930	1,000	1,500	1,000	0,102	0,307	1,665	0,024	0,062
SLD	1,0	0,020	2,540	0,179	1,500	1,850	1,000	1,500	1,000	0,110	0,331	1,680	0,030	0,077
SLV	1,0	0,041	2,655	0,285	1,500	1,590	1,000	1,500	1,000	0,151	0,454	1,764	0,062	0,164
SLC	1,0	0,050	2,707	0,304	1,500	1,550	1,000	1,500	1,000	0,157	0,472	1,799	0,075	0,202

**Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali**

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %  
 Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ : 1,000

RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA

N° Doc. Ingegneria:

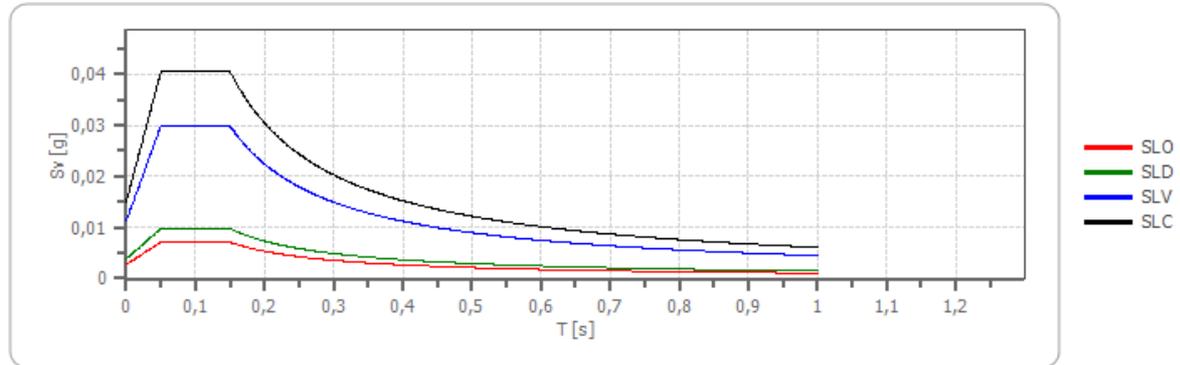
Foglio  
24 di 47

Rev.:

0

N° Doc. Cliente:

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



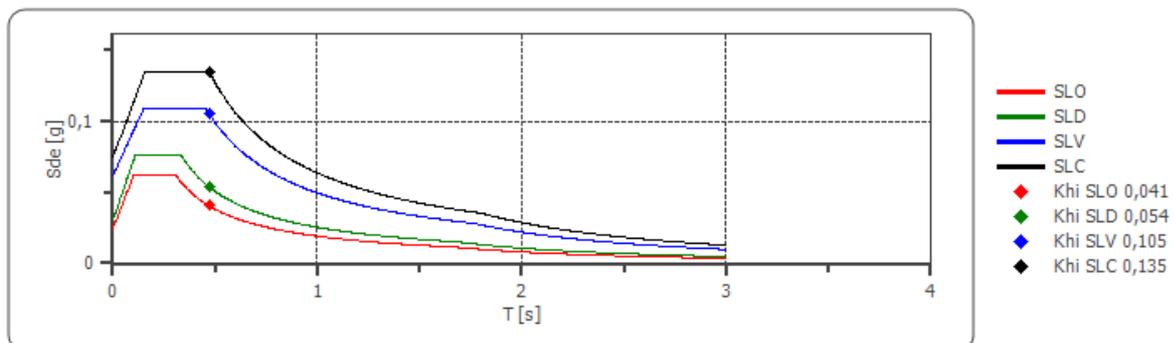
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1,0	0,016	2,561	0,159	1	1,930	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,003	0,007
SLD	1,0	0,020	2,540	0,179	1	1,850	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,004	0,010
SLV	1,0	0,041	2,655	0,285	1	1,590	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,011	0,030
SLC	1,0	0,050	2,707	0,304	1	1,550	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,015	0,041

Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1,50  
 Fattore di struttura spettro verticale q: 1,50  
 Periodo fondamentale T: 0,47 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
k <sub>hi</sub> = S <sub>de</sub> (T) Orizzontale [g]	0,041	0,054	0,105	0,135
k <sub>v</sub> = S <sub>dve</sub> (T) Verticale [g]	0,002	0,003	0,006	0,009

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA

N° Doc. Ingegneria:

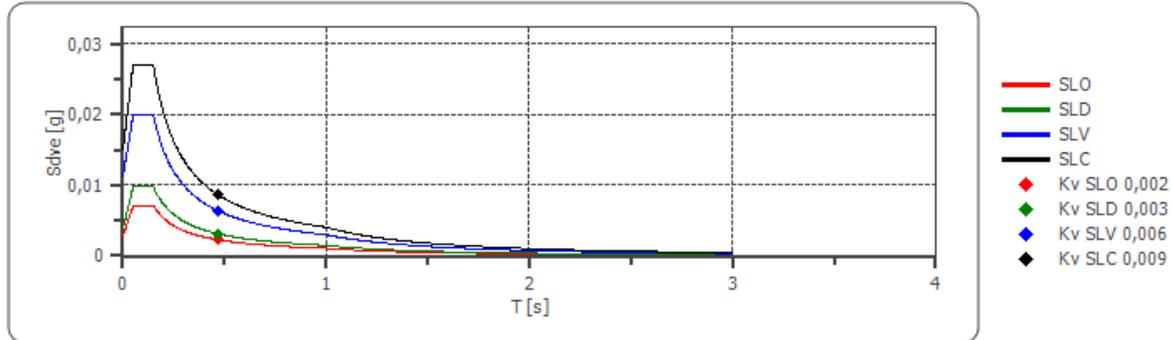
Foglio  
25 di 47

Rev.:

0

N° Doc. Cliente:

Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(T B) [g]
SLO orizzontale	1,0	0,016	2,561	0,159	1,500	1,930	1,000	1,500	1,000	0,102	0,307	1,665	0,024	0,062
SLO verticale	1,0	0,016	2,561	0,159	1,500	1,930	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,003	0,007
SLD orizzontale	1,0	0,020	2,540	0,179	1,500	1,850	1,000	1,500	1,000	0,110	0,331	1,680	0,030	0,077
SLD verticale	1,0	0,020	2,540	0,179	1,500	1,850	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,004	0,010
SLV orizzontale	1,0	0,041	2,655	0,285	1,500	1,590	1,000	1,500	1,500	0,151	0,454	1,764	0,062	0,109
SLV verticale	1,0	0,041	2,655	0,285	1,500	1,590	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,011	0,020
SLC orizzontale	1,0	0,050	2,707	0,304	1,500	1,550	1,000	1,500	1,500	0,157	0,472	1,799	0,075	0,135
SLC verticale	1,0	0,050	2,707	0,304	1,500	1,550	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,015	0,027

7.5. Verifica a liquefazione

Secondo le NTC, la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti una delle seguenti circostanze.

<b>Studio Geologico per realizzazione ristrutturazione edilizia a Saronno in via L. Caronni.</b>			
<b>RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA</b>			
N° Doc. Ingegneria:	<b>Foglio</b> 26 di 47	<b>Rev.:</b> 0	N° Doc. Cliente:

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

- a. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
- b. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- c. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- d. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1 (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e in Fig. 7.11.1 (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

Da quanto più sopra esposto quasi tutte le circostanze elencate si manifestano nel sito in esame. Pertanto, si può ritenere trascurabile la suscettibilità dei terreni in esame alla liquefazione.

Studio Geologico per realizzazione ristrutturazione edilizia a Saronno in via L. Caronni.			
<b>RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA</b>			
N° Doc. Ingegneria:	Foglio 27 di 47	Rev.: 0	N° Doc. Cliente:

## 8. PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

**Premessa:** le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele.

Infatti, una netta distinzione tra parametri drenati o non drenati è spesso di difficile applicazione, in quanto il tipo di prova non permette l'individuazione della litologia dei terreni attraversati. E' possibile però avere una classificazione dello stato di consistenza dei terreni incoerenti e coesivi attraversati ed una indicazione della profondità dei livelli maggiormente addensati o del substrato roccioso.

In base alle evidenze stratigrafiche riscontrate nelle aree limitrofe ed alla documentazione disponibile è stata condotta una scelta sulla natura prevalente dei terreni investigati (incoerente, coesiva, coesiva /incoerente, terreno dotato di comportamento intermedio e non inquadrabile in maniera certa).

**RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA**

N° Doc. Ingegneria:	Foglio		Rev.:				N° Doc. Cliente:
	28	di	47	0			

In base a quanto riportato nella premessa, i risultati ottenuti dalle prove penetrometriche hanno permesso di suddividere ogni verticale penetrometrica in differenti litozone aventi uniformi caratteristiche geotecniche.

**8.1. Elaborazione statistica delle prove penetrometriche**

**Dpm-1**

DPM 2									
litozona	prof. (m)	spessore litozona (m)	Nspt	Tipo	Gamma (Kg/m <sup>3</sup> )	Gamma sat (Kg/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	classificazione AGI
1	0,3	0,3	26,28	Incoerente	20,5	19,81	35,36	0	MODERATAMENTE ADDENSATO
2	1,1	0,8	10,23	Incoerente	17,06	18,83	30,86	0	MODERATAMENTE ADDENSATO
3	1,7	0,6	4,75	Incoerente	15	18,53	29,33	0	POCO ADDENSATO
4	2	0,3	15,52	Incoerente	18,53	19,12	32,35	0	MODERATAMENTE ADDENSATO
5	2,4	0,4	24,28	Incoerente	20,3	19,71	34,8	0	MODERATAMENTE ADDENSATO

**Dpm-2**

DPM 2									
litozona	prof. (m)	spessore litozona (m)	Nspt	Tipo	Gamma (Kg/m <sup>3</sup> )	Gamma sat (Kg/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	classificazione AGI
1	0,3	0,3	37,55	Incoerente	2,19	2,09	38,51	0	ADDENSATO
2	0,8	0,5	2,1	Incoerente	1,41	1,87	28,59	0	SCIOLTO
3	1,5	0,7	4,18	Incoerente	1,5	1,88	29,17	0	POCO ADDENSATO
4	1,9	0,4	12,02	Incoerente	1,8	1,93	31,37	0	MODERATAMENTE ADDENSATO
5	2,5	0,6	34,1	Incoerente	2,17	2,07	37,55	0	ADDENSATO

Studio Geologico per realizzazione ristrutturazione edilizia a Saronno in via L. Caronni.			
<b>RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA</b>			
N° Doc. Ingegneria:	Foglio 29 di 47	Rev.: 0	N° Doc. Cliente:

## 8.2. Elaborazione probabilistica e calcolo valori caratteristici dei terreni

Tramite software dedicato i risultati parametri ottenuti sono stati utilizzati per definire i parametri geotecnici caratteristici secondo un approccio probabilistico, considerando quindi le quantità statistiche ricavate su un opportuno campione di prove.

Con l'introduzione del concetto di *stato limite* è stato sviluppato parallelamente anche quello di valore caratteristico.

L'Eurocodice 7, riguardante la progettazione geotecnica, introduce per la prima volta i valori caratteristici dei parametri geotecnici e attualmente le Norme Tecniche per le costruzioni (D.M. 17.01.2018) adottano tale concetto. Il valore caratteristico, inteso come una stima cautelativa del parametro che influenza l'insorgere dello stato limite in considerazione, dovrà essere utilizzato in qualsiasi tipo di verifica geotecnica: le opere dovranno essere verificate per gli stati limite ultimi che possono presentarsi, in conseguenza alle diverse combinazioni delle azioni, e per gli stati limite di esercizio definiti in relazione alle prestazioni attese.

Nelle NTC 2018 lo stato limite viene definito come:

*"Stato limite è la condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze elencate nella presente norma"*.

Si parla di Stato limite ultimo quando lo stato limite è associato al valore estremo della capacità portante della struttura, il superamento di uno stato limite ultimo ha carattere irreversibile e si definisce collasso. Si parla invece di Stato limite di esercizio quando è legato al raggiungimento di un particolare stato dell'opera che pur non generando il collasso compromette aspetti funzionali importanti che limitano le prestazioni in condizione d'esercizio.

Studio Geologico per realizzazione ristrutturazione edilizia a Saronno in via L. Caronni.

**RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA**

N° Doc. Ingegneria:	<b>Foglio</b>	<b>Rev.:</b>	N° Doc. Cliente:
	30 di 47	0	

Definire il valore caratteristico significa pertanto scegliere il parametro geotecnico che influenza il comportamento del terreno in quel determinato stato limite, ed adottarne un valore, o stima, a favore della sicurezza.

Ai valori caratteristici trovati si applicano dei coefficienti di sicurezza parziali in funzione dello stato limite considerato.

I risultati dell'analisi, condotte su Dpm-1 b sono riportati di seguito:

**RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA**

N° Doc. Ingegneria:	Foglio		Rev.:					N° Doc. Cliente:
	31	di	47	0				

**Sondaggio n. 1**

<b>Nome</b>	Dpm-1
<b>Data della prova</b>	01/03/2019
<b>Latitudine[°]</b>	--
<b>Longitudine[°]</b>	--
<b>Altitudine[m.s.l.m.]</b>	--
<b>Descrizione</b>	
<b>Tipo di prova</b>	Dinamica continua
<b>Profondità prova[m]</b>	2,40
<b>Falda</b>	Non presente
<b>Categoria del suolo</b>	C
<b>Note</b>	

**Risultati elaborazione**

	Angolo di resistenza al taglio [°]	Coesione drenata [kN/mq]	Coesione non drenata [kN/mq]	Densità relativa [%]	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq]	Modulo di Young [kN/mq]	N spt [n.]	Peso di volume naturale [kN/mc]	Peso di volume saturo [kN/mc]	Modulo di Poisson [-]
riporto	26,37	--	--	31,86	1521,89	42894,29	-5,82	12,54	17,85	0,24
sabbia	29,71	--	--	59,40	3923,94	21048,27	6,11	15,66	18,57	0,33
sabbia debolmente limosa	28,77	--	--	36,55	3244,53	2141,04	2,73	14,11	18,34	0,33
sabbia ghiaiosa	29,21	--	--	53,22	3561,11	17546,40	4,31	15,84	18,48	0,30
ghiaia	30,43	--	--	77,94	4432,69	23252,83	8,63	17,97	18,72	0,26

**RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA**

N° Doc. Ingegneria:	Foglio		Rev.:					N° Doc. Cliente:
	32	di	47	0				

**Sondaggio n. 2**

<b>Nome</b>	Dpm-2
<b>Data della prova</b>	01/03/2019
<b>Latitudine[°]</b>	--
<b>Longitudine[°]</b>	--
<b>Altitudine[m.s.l.m.]</b>	--
<b>Descrizione</b>	
<b>Tipo di prova</b>	Dinamica continua
<b>Profondità prova[m]</b>	2,60
<b>Falda</b>	Non presente
<b>Categoria del suolo</b>	C
<b>Note</b>	

**Risultati elaborazione**

	Angolo di resistenza al taglio [°]	Coesione drenata [kN/mq ]	Coesione non drenata [kN/mq ]	Densità relativa [%]	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq ]	Modulo di Young [kN/mq ]	N spt [n.]	Peso di volume naturale [kN/mc ]	Peso di volume saturo [kN/mc ]	Modulo di Poisson [-]
riporto	38,51	--	--	100,00	10256,77	42894,29	37,55	21,48	20,50	0,28
sabbia limosa	28,30	--	--	24,71	2908,90	843,87	1,07	13,32	18,34	0,35
sabbia debolmente limosa	28,78	--	--	37,34	3252,88	2172,98	2,78	14,10	18,34	0,34
sabbia	29,67	--	--	54,80	3894,88	21690,37	5,97	15,70	18,53	0,32
ghiaia	35,24	--	--	98,85	7904,88	35396,32	25,87	20,35	19,80	0,27

Studio Geologico per realizzazione ristrutturazione edilizia a Saronno in via L. Caronni.			
<b>RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA</b>			
N° Doc. Ingegneria:	<b>Foglio</b> 33 di 47	<b>Rev.:</b> 0	N° Doc. Cliente:

## 9. CONSIDERAZIONI SULLA PORTANZA DEL TERRENO DI FONDAZIONE

### NORMATIVE DI RIFERIMENTO

#### **Norme tecniche per le Costruzioni 2018**

*Aggiornamneto alle Norme tecniche per le costruzioni D.M. 17 gennaio 2018.*

#### **Norme tecniche per le Costruzioni 2008**

*Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008 e circolare.*

#### **Eurocodice 7**

*Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.*

#### **Eurocodice 8**

*Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.*

## 10. CALCOLI DI PORTANZA

### 10.1. Formula degli olandesi

Come prima stima diretta desunta dalle prove penetrometriche è stata adottata la correlazione proposta da da Herminier (formula degli Olandesi), che fornisce un valore di portanza su strato ammissibile generalmente cautelativa.

RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA

N° Doc. Ingegneria:

Foglio  
34 di 47

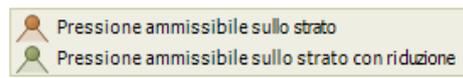
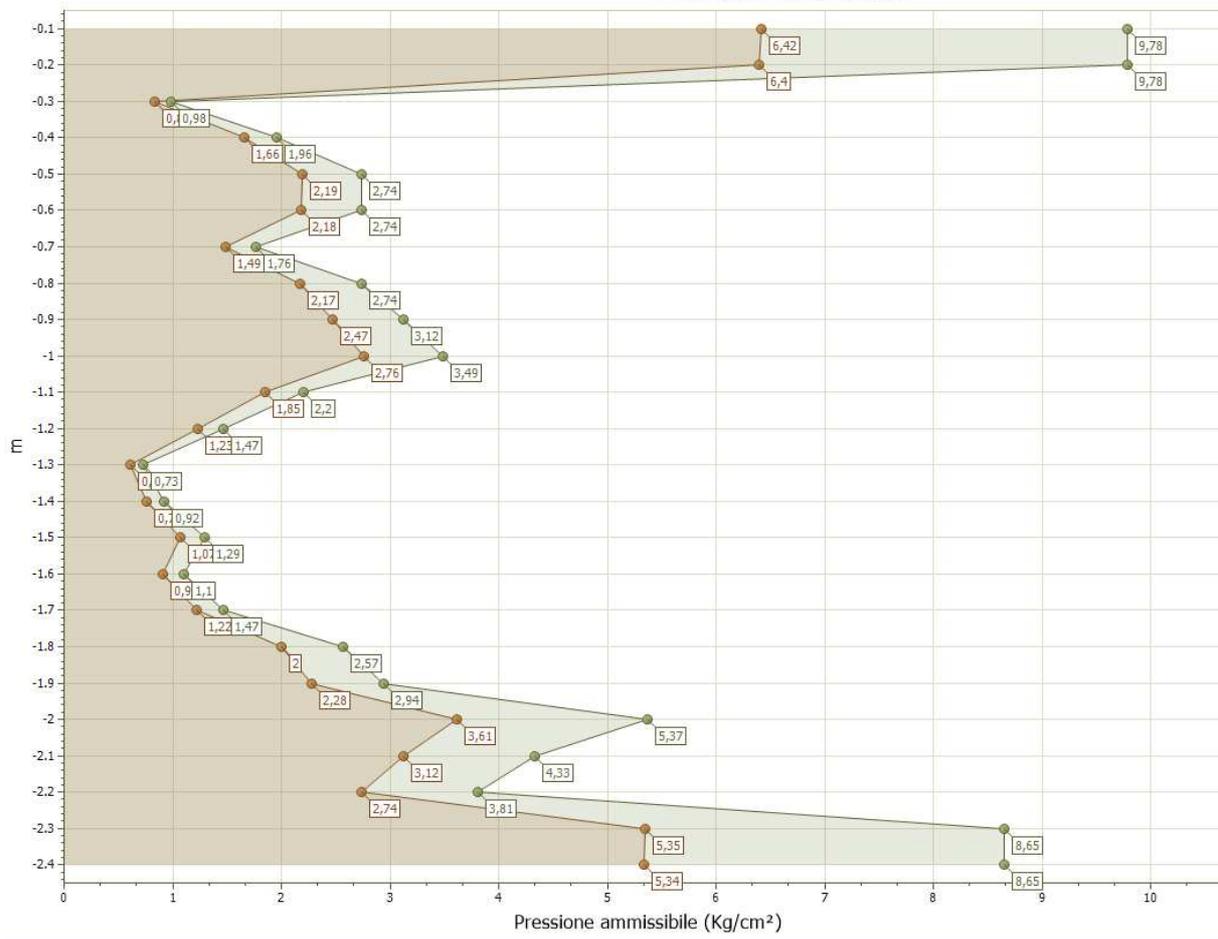
Rev.:

0

N° Doc. Cliente:

DPM 1

Pressioni sullo strato



RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA

N° Doc. Ingegneria:

Foglio  
35 di 47

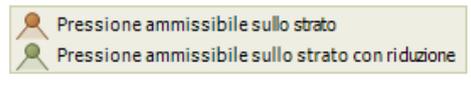
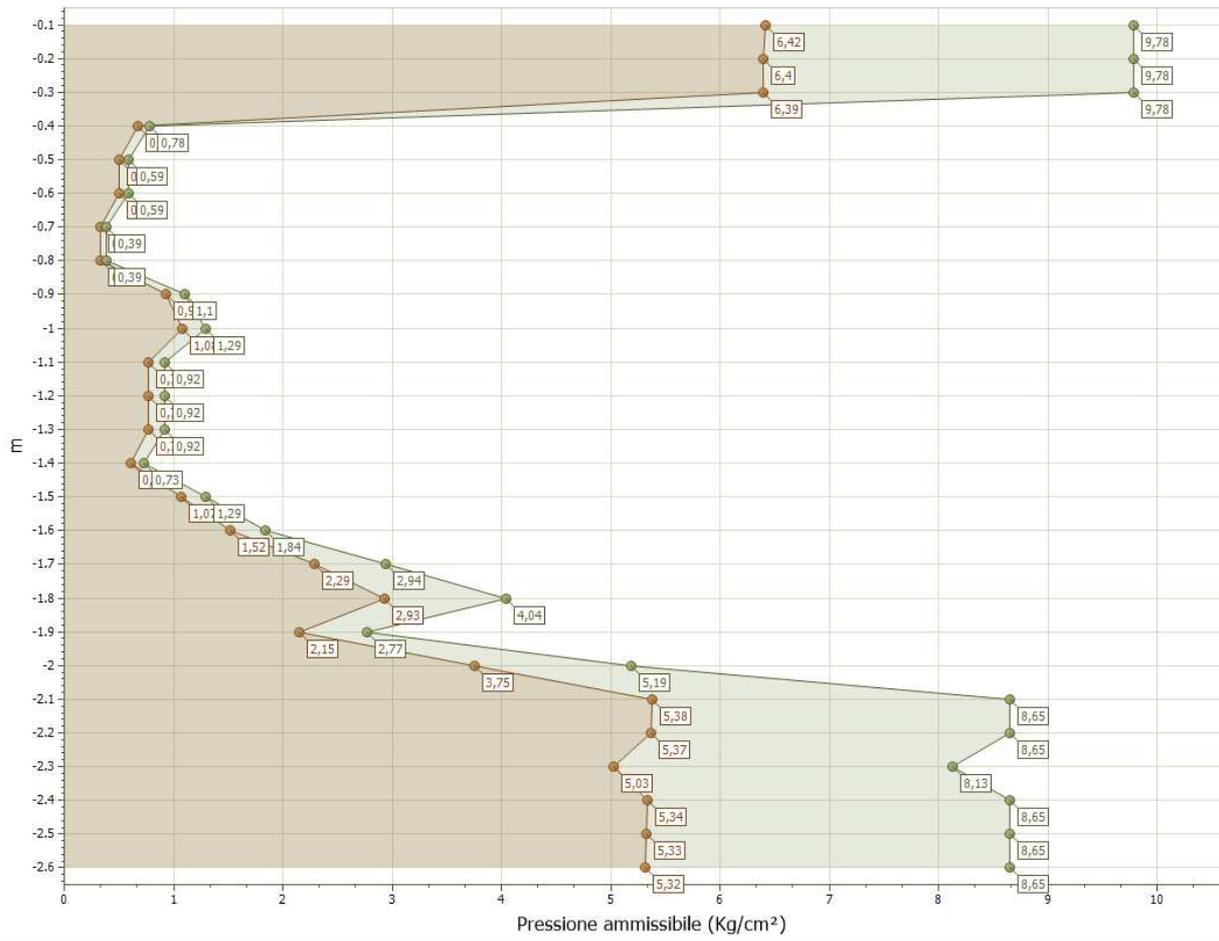
Rev.:

0

N° Doc. Cliente:

DPM 2

Pressioni sullo strato



<b>Studio Geologico per realizzazione ristrutturazione edilizia a Saronno in via L. Caronni.</b>			
<b>RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA</b>			
N° Doc. Ingegneria:	<b>Foglio</b> 36 di 47	<b>Rev.:</b> 0	N° Doc. Cliente:

La Formula degli Olandesi non permette di correlare la portanza alle caratteristiche geometriche della fondazione, e in particolare al parametro D (profondità di posa della fondazione). Va quindi usata con molta prudenza e solo per prime stime. La portanza ricavata fornisce direttamente la portanza ammissibile.

In generale si ottengono dall'elaborazione carichi superiori ad 1 Kg/cm<sup>2</sup> alla profondità di 1,7 m.

**10.2. Verifica della portanza**

Successivamente è stata condotta la verifica della portanza a rottura del terreno di fondazione con le metodiche di Hansen, Terzaghi, Meyerhof e Vesic.

I calcoli sono stati eseguiti considerando tutte le verticali penetrometriche.

La tipologia di fondazione adottata per il calcolo è una trave di 1 per 10 m posta a 1,7 m di profondità rispetto al p.c. con una sottofondazione di 10 cm.

**DATI GENERALI**

=====

Normativa	NTC 2018
Zona	Saronno
Larghezza fondazione	1.0 m
Lunghezza fondazione	10.0 m
Profondità piano di posa	1.7 m
Sottofondazione...Sporgenza, Altezza	0.1/0.1 m

**SISMA**

Accelerazione massima (ag/g)	0.024
Effetto sismico secondo	NTC 2018

**RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA**

N° Doc. Ingegneria:	Foglio 37 di 47	Rev.:	N° Doc. Cliente:
		0	

10.2.1. Verifica portanza terreno – prova DPM1 Carichi di progetto agenti sulla fondazione 100 KN/mq, profondità 1.7 m

**Carichi di progetto agenti sulla fondazione**

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto (kN/m <sup>2</sup> )	N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)	Hx (kN)	Hy (kN)	Tipo	ID
1	A1+M1+R3	100	0	0	0	0	0	Progetto	0
2	SISMA	100	0	0	0	0	0	Progetto	0
3	S.L.E.	100	0	0	0	0	0	Servizio	1
4	S.L.D.	100	0	0	0	0	0	Servizio	1

**Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze**

Nr	Correzione Sismica (NTC 2018)	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. C capacità portante orizzontale
1	yes	1	1	1	1	1	1.8	1.1
2	yes	1	1	1	1	1	1.8	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

**Carico limite verticale**

Nome combinazione	Autore	Carico limite [Qult] (kN/m <sup>2</sup> )	Resistenza di progetto [Rd] (kN/m <sup>2</sup> )	Tensione [Ed] (kN/m <sup>2</sup> )	Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	Condizione di verifica [Ed<Rd]	Costante sottofondo (kN/m <sup>3</sup> )
A1+M1+R3							
	HANSEN (1970)	572.88	318.27	100.00	5.73	Verificata	22915.19
	TERZAGHI (1955)	568.76	315.98	100.00	5.69	Verificata	22750.28
	MEYERHOF (1963)	574.74	319.30	100.00	5.75	Verificata	22989.59
	VESIC (1975)	412.57	229.20	100.00	4.13	Verificata	16502.72
	Brinch - Hansen 1970	604.24	335.69	100.00	6.04	Verificata	24169.45
*	Meyerhof and Hanna (1978)	376.82	209.35	100.00	3.77	Verificata	24169.45
SISMA							
	HANSEN (1970)	572.88	318.27	100.00	5.73	Verificata	22915.19
	TERZAGHI (1955)	568.76	315.98	100.00	5.69	Verificata	22750.28
	MEYERHOF (1963)	574.74	319.30	100.00	5.75	Verificata	22989.59
	VESIC (1975)	412.57	229.20	100.00	4.13	Verificata	16502.72
	Brinch - Hansen 1970	604.24	335.69	100.00	6.04	Verificata	24169.45
	Meyerhof and Hanna (1978)	376.82	209.35	100.00	3.77	Verificata	24169.45

<b>Studio Geologico per realizzazione ristrutturazione edilizia a Saronno in via L. Caronni.</b>			
<b>RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA</b>			
N° Doc. Ingegneria:	<b>Foglio</b> 38 di 47	<b>Rev.:</b> 0	N° Doc. Cliente:

### 10.3. Cedimenti

Disponendo di dati ottenuti da prove SPT per il calcolo dei cedimenti è possibile fare affidamento al metodo di Burland e Burbidge (1985), nel quale viene correlato un indice di compressibilità  $I_c$  al risultato  $N$  della prova penetrometrica dinamica.

Sono stati ipotizzati carichi di 100kN/mq, e la stima ottenuta mostra i seguenti cedimenti:

Prova	DPM1
Cedimenti (mm)	4,601

## 11. CONCLUSIONI

Non sono stati evidenziati fattori che sconsiglino l'opera in progetto.

I terreni indagati presentano caratteristiche tecniche variabili sia in senso verticale che orizzontale, dagli scavi di sondaggio superficiale è risultata la presenza di uno strato di riporto nell'area di progetto dalle buone caratteristiche geotecniche, al di sotto di quest'ultimo sono presenti livelli riferibili a sabbie posti su strati che, a causa del loro alto livello di addensamento o dalla presenza di livelli ghiaiosi con clasti di grosse dimensioni, hanno comportato l'arresto delle prove a una profondità nell'ordine dei 2,5m.

Le stime dei carichi ammissibili, ottenute mediante l'elaborazione delle prove geotecniche eseguite, indicano generalmente carichi ammissibili di 100 kN/mq a 1,4 m da P.C.

I cedimenti di consolidazione immediati (considerando la natura del terreno di fondazione come granulare) conseguenti all'applicazione di un carico di 100 KN/mq sono calcolati in 4,601 mm

**RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA**

N° Doc. Ingegneria:

**Foglio**

39 di 47

**Rev.:**

0

N° Doc. Cliente:

Nell'area di Saronno da sondaggi precedenti e da bibliografia emerge la presenza di piccole falde superficiali, di carattere effimero e stagionale dovute alla presenza di livelli superficiali di bassa permeabilità. In fase di scavo è dunque opportuno verificare l'eventuale presenza o assenza di livelli saturi che possono interagire con le opere di fondazione.

Si consiglia perciò in fase di scavo, di verificare eventuali variazioni nei terreni di fondazione, in modo da verificare la presenza e la continuità laterale di lenti a comportamento geotecnico differente, e verificare l'estensione effettiva dello strato di riporto incontrato, soprattutto al fine di evitare possibili cedimenti differenziali.

Si rimanda agli elaborati progettuali per quanto concerne la rappresentazione di dettaglio delle soluzioni fondali, nonché per quanto concerne la valutazione dell'entità dei carichi trasmessi. A tale proposito si rileva che, in ogni caso, questi ultimi dovranno essere compatibili con le caratteristiche meccaniche del sottofondo, in presenza di cedimenti trascurabili per tutti i tipi di fondazioni, lasciando al progettista la scelta della tipologia e delle dimensioni più idonee.

**RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA**

N° Doc. Ingegneria:	<b>Foglio</b>	<b>Rev.:</b>	N° Doc. Cliente:
	40 di 47	0	

**ALLEGATI**

**GRAFICI PENETROMETRICI**

**ELABORAZIONI STATISTICHE**

PROVA ...Dpm-1

Strumento utilizzato... DM30 DEEP DRILL  
 Prova eseguita in data 01/03/2019  
 Profondità prova 2,40 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,10	50	0,657	12,60	19,19	629,91	959,35
0,20	50	0,655	12,56	19,19	628,02	959,35
0,30	5	0,853	1,64	1,92	81,80	95,93
0,40	10	0,851	3,26	3,84	163,24	191,87
0,50	14	0,799	4,29	5,37	214,59	268,62
0,60	14	0,797	4,28	5,37	214,09	268,62
0,70	9	0,845	2,92	3,45	145,94	172,68
0,80	14	0,793	4,26	5,37	213,10	268,62
0,90	17	0,792	4,85	6,12	242,37	306,21
1,00	19	0,790	5,41	6,84	270,28	342,23
1,10	12	0,838	3,62	4,32	181,13	216,15
1,20	8	0,836	2,41	2,88	120,50	144,10
1,30	4	0,835	1,20	1,44	60,13	72,05
1,40	5	0,833	1,50	1,80	75,01	90,06
1,50	7	0,831	2,10	2,52	104,80	126,09
1,60	6	0,830	1,79	2,16	89,65	108,07
1,70	8	0,828	2,39	2,88	119,30	144,10
1,80	14	0,776	3,92	5,04	195,77	252,17

Studio Geologico per realizzazione ristrutturazione edilizia a Saronno in via L. Caronni.

RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA

N° Doc. Ingegneria:	Foglio 41 di 47	Rev.:	N° Doc. Cliente:
		0	

1,90	17	0,775	4,47	5,77	223,55	288,54
2,00	31	0,673	7,08	10,52	354,21	526,16
2,10	25	0,722	6,12	8,49	306,21	424,33
2,20	22	0,720	5,38	7,47	268,90	373,41
2,30	50	0,619	10,50	16,97	525,00	848,65
2,40	50	0,617	10,47	16,97	523,74	848,65

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,3	35	13,43	Incoerente	0	20,5	19,81	3,08	0,75	26,28	riporto
1,1	13,62	5,09	Incoerente	0	17,06	18,83	12,97	0,75	10,23	sabbia
1,7	6,33	2,28	Incoerente	0	15,0	18,53	24,3	0,75	4,75	sabbia debolmente limosa
2	20,67	7,11	Incoerente	0	18,53	19,12	31,58	0,75	15,52	sabbia ghiaiosa
2,4	32,33	10,98	Incoerente	0	20,3	19,71	38,42	0,75	24,28	ghiaia

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - riporto	26,28	0,30	64,81	100	100	59,48
[2] - sabbia	10,23	1,10	38,76	73,62	88,36	33,5
[3] - sabbia debolmente limosa	4,75	1,70	21,2	47,01	51,95	20,16
[4] - sabbia ghiaiosa	15,52	2,00	44,04	81,84	85,42	43,95
[5] - ghiaia	24,28	2,40	53,39	99,03	100	57,07

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - riporto	26,28	0,30	26,28	34,51	27,51	35,36	37,81	38,8	42	32-35	34,85	34,88	47,42	37,93
[2] - sabbia	10,23	1,10	10,23	29,92	22,92	30,86	33,16	33,76	38,31	<30	27,39	30,07	38,8	29,3
[3] - sabbia debolmente limosa	4,75	1,70	4,75	28,36	21,36	29,33	30,55	31,56	0	<30	23,44	28,42	31,66	24,75

**Studio Geologico per realizzazione ristrutturazione edilizia a Saronno in via L. Caronni.**

**RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA**

N° Doc. Ingegneria:	<b>Foglio</b> 42 di 47	<b>Rev.:</b> 0	N° Doc. Cliente:
---------------------	---------------------------	-------------------	------------------

[4] - sabbia ghiaiosa	15,52	2,00	15,52	31,43	24,43	32,35	31,9	35,65	39,46	30-32	30,26	31,66	41,72	32,62
[5] - ghiaia	24,28	2,40	24,28	33,94	26,94	34,8	32,2	38,28	41,86	30-32	34,08	34,28	45,36	37,04

**Modulo di Young (Mpa)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - riporto	26,28	0,30	26,28	35,88	20,62	30,48	36,98	20,24
[2] - sabbia	10,23	1,10	10,23	22,39	8,03	11,91	25,18	12,37
[3] - sabbia debolmente limosa	4,75	1,70	4,75	---	3,73	---	---	---
[4] - sabbia ghiaiosa	15,52	2,00	15,52	27,58	12,18	18,03	29,07	14,96
[5] - ghiaia	24,28	2,40	24,28	34,49	19,05	28,16	35,51	19,26

**Modulo Edometrico (Mpa)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - riporto	26,28	0,30	26,28	15,46	7,99	18,30	15,22
[2] - sabbia	10,23	1,10	10,23	6,02	4,75	7,12	8,20
[3] - sabbia debolmente limosa	4,75	1,70	4,75	---	3,65	3,31	5,80
[4] - sabbia ghiaiosa	15,52	2,00	15,52	9,13	5,82	10,81	10,51
[5] - ghiaia	24,28	2,40	24,28	14,29	7,58	16,91	14,35

**Classificazione AGI**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - riporto	26,28	0,30	26,28	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[2] - sabbia	10,23	1,10	10,23	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - sabbia debolmente limosa	4,75	1,70	4,75	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[4] - sabbia ghiaiosa	15,52	2,00	15,52	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[5] - ghiaia	24,28	2,40	24,28	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
[1] - riporto	26,28	0,30	26,28	Meyerhof et al.	20,50
[2] - sabbia	10,23	1,10	10,23	Meyerhof et al.	17,06
[3] - sabbia debolmente limosa	4,75	1,70	4,75	Meyerhof et al.	15,00
[4] - sabbia ghiaiosa	15,52	2,00	15,52	Meyerhof et al.	18,53
[5] - ghiaia	24,28	2,40	24,28	Meyerhof et al.	20,30

**Peso unità di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
[1] - riporto	26,28	0,30	26,28	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,81
[2] - sabbia	10,23	1,10	10,23	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,83

**Studio Geologico per realizzazione ristrutturazione edilizia a Saronno in via L. Caronni.**

**RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA**

N° Doc. Ingegneria:	Foglio 43 di 47	Rev.: 0	N° Doc. Cliente:
---------------------	--------------------	------------	------------------

[3] - sabbia debolmente limosa	4,75	1,70	4,75	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,53
[4] - sabbia ghiaiosa	15,52	2,00	15,52	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,12
[5] - ghiaia	24,28	2,40	24,28	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,71

**Modulo di Poisson**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - riporto	26,28	0,30	26,28	(A.G.I.)	0,3
[2] - sabbia	10,23	1,10	10,23	(A.G.I.)	0,33
[3] - sabbia debolmente limosa	4,75	1,70	4,75	(A.G.I.)	0,34
[4] - sabbia ghiaiosa	15,52	2,00	15,52	(A.G.I.)	0,32
[5] - ghiaia	24,28	2,40	24,28	(A.G.I.)	0,31

**Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - riporto	26,28	0,30	26,28	137,68	90,33
[2] - sabbia	10,23	1,10	10,23	56,72	50,75
[3] - sabbia debolmente limosa	4,75	1,70	4,75	27,58	31,76
[4] - sabbia ghiaiosa	15,52	2,00	15,52	83,92	65,47
[5] - ghiaia	24,28	2,40	24,28	127,81	86,06

**Velocità onde di taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - riporto	26,28	0,30	26,28	Ohta & Goto (1978) Limi	83,5
[2] - sabbia	10,23	1,10	10,23	Ohta & Goto (1978) Limi	95,48
[3] - sabbia debolmente limosa	4,75	1,70	4,75	Ohta & Goto (1978) Limi	95,59
[4] - sabbia ghiaiosa	15,52	2,00	15,52	Ohta & Goto (1978) Limi	123,8
[5] - ghiaia	24,28	2,40	24,28	Ohta & Goto (1978) Limi	138,31

**Liquefazione**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - riporto	26,28	0,30	26,28	Seed e Idriss (1971)	--
[2] - sabbia	10,23	1,10	10,23	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - sabbia debolmente limosa	4,75	1,70	4,75	Seed e Idriss (1971)	--
[4] - sabbia ghiaiosa	15,52	2,00	15,52	Seed e Idriss (1971)	--
[5] - ghiaia	24,28	2,40	24,28	Seed e Idriss (1971)	--

**Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - riporto	26,28	0,30	26,28	Navfac 1971-1982	5,07
[2] - sabbia	10,23	1,10	10,23	Navfac 1971-1982	2,15
[3] - sabbia debolmente limosa	4,75	1,70	4,75	Navfac 1971-1982	0,93
[4] - sabbia ghiaiosa	15,52	2,00	15,52	Navfac 1971-1982	3,23
[5] - ghiaia	24,28	2,40	24,28	Navfac 1971-1982	4,76

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

**Studio Geologico per realizzazione ristrutturazione edilizia a Saronno in via L. Caronni.**

**RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA**

N° Doc. Ingegneria:	Foglio 44 di 47	Rev.:	N° Doc. Cliente:
		0	

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] - riporto	26,28	0,30	26,28	Robertson 1983	5,15
[2] - sabbia	10,23	1,10	10,23	Robertson 1983	2,01
[3] - sabbia debolmente limosa	4,75	1,70	4,75	Robertson 1983	0,93
[4] - sabbia ghiaiosa	15,52	2,00	15,52	Robertson 1983	3,04
[5] - ghiaia	24,28	2,40	24,28	Robertson 1983	4,76

PROVA ...Dpm-2

Strumento utilizzato... DM30 DEEP DRILL  
 Prova eseguita in data 01/03/2019  
 Profondità prova 2,60 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,10	50	0,657	12,60	19,19	629,91	959,35
0,20	50	0,655	12,56	19,19	628,02	959,35
0,30	50	0,653	12,52	19,19	626,16	959,35
0,40	4	0,851	1,31	1,53	65,29	76,75
0,50	3	0,849	0,98	1,15	48,86	57,56
0,60	3	0,847	0,98	1,15	48,75	57,56
0,70	2	0,845	0,65	0,77	32,43	38,37
0,80	2	0,843	0,65	0,77	32,36	38,37
0,90	6	0,842	1,82	2,16	90,95	108,07
1,00	7	0,840	2,12	2,52	105,88	126,09
1,10	5	0,838	1,51	1,80	75,47	90,06
1,20	5	0,836	1,51	1,80	75,31	90,06
1,30	5	0,835	1,50	1,80	75,16	90,06
1,40	4	0,833	1,20	1,44	60,01	72,05
1,50	7	0,831	2,10	2,52	104,80	126,09
1,60	10	0,830	2,99	3,60	149,42	180,12
1,70	16	0,778	4,48	5,76	224,20	288,20
1,80	22	0,726	5,76	7,93	287,82	396,27
1,90	16	0,775	4,21	5,43	210,40	271,57
2,00	30	0,723	7,36	10,18	368,24	509,19
2,10	50	0,622	10,55	16,97	527,56	848,65
2,20	50	0,620	10,53	16,97	526,27	848,65
2,30	47	0,619	9,87	15,95	493,50	797,73
2,40	50	0,617	10,47	16,97	523,74	848,65
2,50	50	0,616	10,45	16,97	522,50	848,65
2,60	50	0,614	10,43	16,97	521,28	848,65

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,3	50	6,4	Incoerente	0	21,48	20,5	3,22	0,75	37,55	riporto
0,8	2,8	0	Incoerente	0	13,83	18,34	9,9	0,75	2,1	sabbia limosa
1,5	5,57	0	Incoerente	0	14,71	18,44	18,51	0,75	4,18	sabbia debolmente limosa
1,9	16	0	Incoerente	0	17,65	18,93	27,19	0,75	12,02	sabbia
2,5	45,4	0	Incoerente	0	21,28	20,3	37,1	0,75	34,1	ghiaia

**TERRENI INCOERENTI**

Densità relativa

Studio Geologico per realizzazione ristrutturazione edilizia a Saronno in via L. Caronni.

RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA

N° Doc. Ingegneria:	Foglio	Rev.:	N° Doc. Cliente:
	45 di 47	0	

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - riporto	37,55	0,30	75,05	100	100	70,37
[2] - sabbia limosa	2,1	0,80	10	34	44,5	12,68
[3] - sabbia debolmente limosa	4,18	1,50	19,94	45,54	52,49	18,61
[4] - sabbia	12,02	1,90	39,18	73,65	78,63	37,28
[5] - ghiaia	34,1	2,50	62,57	100	100	67,41

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - riporto	37,55	0,30	37,55	37,73	30,73	38,51	38,29	41,1	42	35-38	38,73	38,26	50,53	42,4
[2] - sabbia limosa	2,1	0,80	2,1	27,6	20,6	28,59	31,18	30,42	0	<30	20,61	27,63	25,09	21,48
[3] - sabbia debolmente limosa	4,18	1,50	4,18	28,19	21,19	29,17	30,94	31,32	0	<30	22,92	28,25	30,77	24,14
[4] - sabbia	12,02	1,90	12,02	30,43	23,43	31,37	31,81	34,42	38,31	30-32	28,43	30,61	39,65	30,5
[5] - ghiaia	34,1	2,50	34,1	36,74	29,74	37,55	32,83	40,5	42	32-35	37,62	37,23	48,37	41,12

Modulo di Young (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - riporto	37,55	0,30	37,55	42,89	29,46	43,52	45,27	25,77
[2] - sabbia limosa	2,1	0,80	2,1	---	1,65	---	---	---
[3] - sabbia debolmente limosa	4,18	1,50	4,18	---	3,28	---	---	---
[4] - sabbia	12,02	1,90	12,02	24,27	9,43	13,98	26,49	13,25
[5] - ghiaia	34,1	2,50	34,1	40,88	26,75	39,53	42,73	24,08

Modulo Edometrico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - riporto	37,55	0,30	37,55	22,09	10,26	26,14	20,15
[2] - sabbia limosa	2,1	0,80	2,1	---	3,12	1,46	4,65
[3] - sabbia debolmente limosa	4,18	1,50	4,18	---	3,54	2,91	5,55
[4] - sabbia	12,02	1,90	12,02	7,07	5,11	8,37	8,98
[5] - ghiaia	34,1	2,50	34,1	20,06	9,56	23,74	18,64

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - riporto	37,55	0,30	37,55	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
[2] - sabbia limosa	2,1	0,80	2,1	Classificazione A.G.I	SCIOLTO

**Studio Geologico per realizzazione ristrutturazione edilizia a Saronno in via L. Caronni.**

**RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA**

N° Doc. Ingegneria:	Foglio 46 di 47	Rev.:	N° Doc. Cliente:
		0	

[3] - sabbia debolmente limosa	4,18	1,50	4,18	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[4] - sabbia	12,02	1,90	12,02	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[5] - ghiaia	34,1	2,50	34,1	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
[1] - riporto	37,55	0,30	37,55	Meyerhof et al.	21,48
[2] - sabbia limosa	2,1	0,80	2,1	Meyerhof et al.	13,83
[3] - sabbia debolmente limosa	4,18	1,50	4,18	Meyerhof et al.	14,71
[4] - sabbia	12,02	1,90	12,02	Meyerhof et al.	17,65
[5] - ghiaia	34,1	2,50	34,1	Meyerhof et al.	21,28

**Peso unità di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
[1] - riporto	37,55	0,30	37,55	Terzaghi-Peck 1948-1967	20,50
[2] - sabbia limosa	2,1	0,80	2,1	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,34
[3] - sabbia debolmente limosa	4,18	1,50	4,18	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,44
[4] - sabbia	12,02	1,90	12,02	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,93
[5] - ghiaia	34,1	2,50	34,1	Terzaghi-Peck 1948-1967	20,30

**Modulo di Poisson**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - riporto	37,55	0,30	37,55	(A.G.I.)	0,28
[2] - sabbia limosa	2,1	0,80	2,1	(A.G.I.)	0,35
[3] - sabbia debolmente limosa	4,18	1,50	4,18	(A.G.I.)	0,35
[4] - sabbia	12,02	1,90	12,02	(A.G.I.)	0,33
[5] - ghiaia	34,1	2,50	34,1	(A.G.I.)	0,29

**Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - riporto	37,55	0,30	37,55	192,56	112,34
[2] - sabbia limosa	2,1	0,80	2,1	12,80	19,29
[3] - sabbia debolmente limosa	4,18	1,50	4,18	24,45	29,37
[4] - sabbia	12,02	1,90	12,02	66,00	56,01
[5] - ghiaia	34,1	2,50	34,1	175,88	105,91

**Velocità onde di taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - riporto	37,55	0,30	37,55	Ohta & Goto (1978) Limi	88,82
[2] - sabbia limosa	2,1	0,80	2,1	Ohta & Goto (1978) Limi	69,3
[3] - sabbia debolmente limosa	4,18	1,50	4,18	Ohta & Goto (1978) Limi	90,01
[4] - sabbia	12,02	1,90	12,02	Ohta & Goto (1978) Limi	116,53
[5] - ghiaia	34,1	2,50	34,1	Ohta & Goto (1978) Limi	146,68

**RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA**

N° Doc. Ingegneria:	Foglio 47 di 47	Rev.:	N° Doc. Cliente:			
		0				

**Liquefazione**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - riporto	37,55	0,30	37,55	Seed e Idriss (1971)	--
[2] - sabbia limosa	2,1	0,80	2,1	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - sabbia debolmente limosa	4,18	1,50	4,18	Seed e Idriss (1971)	--
[4] - sabbia	12,02	1,90	12,02	Seed e Idriss (1971)	--
[5] - ghiaia	34,1	2,50	34,1	Seed e Idriss (1971)	--

**Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - riporto	37,55	0,30	37,55	Navfac 1971-1982	6,59
[2] - sabbia limosa	2,1	0,80	2,1	Navfac 1971-1982	0,29
[3] - sabbia debolmente limosa	4,18	1,50	4,18	Navfac 1971-1982	0,79
[4] - sabbia	12,02	1,90	12,02	Navfac 1971-1982	2,53
[5] - ghiaia	34,1	2,50	34,1	Navfac 1971-1982	6,16

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] - riporto	37,55	0,30	37,55	Robertson 1983	7,36
[2] - sabbia limosa	2,1	0,80	2,1	Robertson 1983	0,41
[3] - sabbia debolmente limosa	4,18	1,50	4,18	Robertson 1983	0,82
[4] - sabbia	12,02	1,90	12,02	Robertson 1983	2,36
[5] - ghiaia	34,1	2,50	34,1	Robertson 1983	6,69