

Dott. Geologo Michele Salvatore
Ordine dei Geologi della Lombardia n° iscr. 1326
Via Dante Alighieri, 239/b
21050 Castelseprio (VA)

COMUNE DI TRADATE

RELAZIONE GEOLOGICA R3 (ai sensi della DGR 2616/2011)

RELAZIONE GEOLOGICA R1 (ai sensi del DM 17/01/2018)

RELAZIONE GEOTECNICA R2 (ai sensi del DM 17/01/2018)

ai sensi del DM 17-01-2018 (Verifica della sicurezza nei confronti degli Stati

Limite Ultimi SLU; GEO: stato limite della resistenza del terreno)

a supporto della realizzazione di una serie di colombari all'interno del Cimitero di

Abbate Guazzone in Via Rimembranze in Comune di Tradate (VA)

Castelseprio, luglio 2020

INDICE

1. Premessa
2. Relazione geologica ai sensi della DGR 2616/2011 (R3)
 - 2.1 Inquadramento geografico
 - 2.2 Inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico
 - 2.3 Classe di fattibilità, quadro vincolistico, norme geologiche di piano e pericolosità sismica locale
3. Relazione geologica e geotecnica ai sensi del dm 17/01/2018 (R1 e R2)
 - 3.1 Indagine geognostica
 - 3.2 Caratterizzazione geologico-tecnica del sottosuolo
 - ◆ Metodologia di indagine
 - ◆ Interpretazione
 - 3.3 Classificazione sismica del sottosuolo
 - 3.4 Classificazione del tipo di opera e della classe d'uso
 - 3.5 Inquadramento sismico del sito
 - 3.6 Verifica della sicurezza nei confronti degli Stati Limite Ultimi
 - ◆ Normative di riferimento
 - ◆ Teoria applicata
 - 3.7 Verifica agli Stati Limite di Esercizio – Valutazione dei cedimenti dei terreni di fondazione
 - ◆ Normative di riferimento
 - ◆ Teoria applicata
 - 3.8 Risultati
- 4 Conclusioni

Allegati

- ◆ Grafico e tabella prova penetrometrica dinamica
- ◆ Ricostruzione colonna litostratigrafica
- ◆ Spettrogramma prova H/V

1 PREMESSA

Le recenti normative in materia di costruzioni in zona sismica ovvero la Legge Regionale 33/2015 e la Delibera della Giunta Regionale 5001/2016 hanno introdotto nuove disposizioni e nuove procedure amministrative. In campo geologico la relazione di supporto ad un intervento edilizio si compone di tre elementi che, a seconda della complessità dell'intervento e delle criticità del terreno in cui esso deve essere realizzato, possono essere presentati in tempi diversi.

La seguente relazione contiene le tre componenti definite nell'allegato E della DGR 5001/2016 art. 6 comma 9 e 10 e individuate come R1, R2 e R3.

La caratterizzazione geologica e tecnica del terreno, ai sensi della normativa sopra richiamata, è stata affidata allo scrivente dall'Arch.Carabelli.

La caratterizzazione è propedeutica alla realizzazione di una struttura ospitante colombari all'interno dell'area cimiteriale di Via Rimembranze in Abbiate Guazzone.

2 RELAZIONE GEOLOGICA ai sensi della DGR 2616/2011

2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area sulla quale è prevista la realizzazione del manufatto è situata nel settore sud orientale dell'abitato di Tradate. Provenendo da Saronno lungo la SP 233, alla prima rotonda interna al Comune di Tradate si prosegue dritto e, alla rotonda successiva, si svolta a destra per il sottopasso di Via Marone. Seguendo la strada dopo il sottopasso, in corrispondenza di una curva a sinistra che conduce ad Abbiate Guazzone, si svolta a destra per Via Rimembranze. Si percorre la Via per circa 200 m e, sulla destra, è presente l'entrata principale del Cimitero. Il settore dove sono in progetto i nuovi colombari è situato in corrispondenza del limite meridionale dell'area cimiteriale (figura 1).

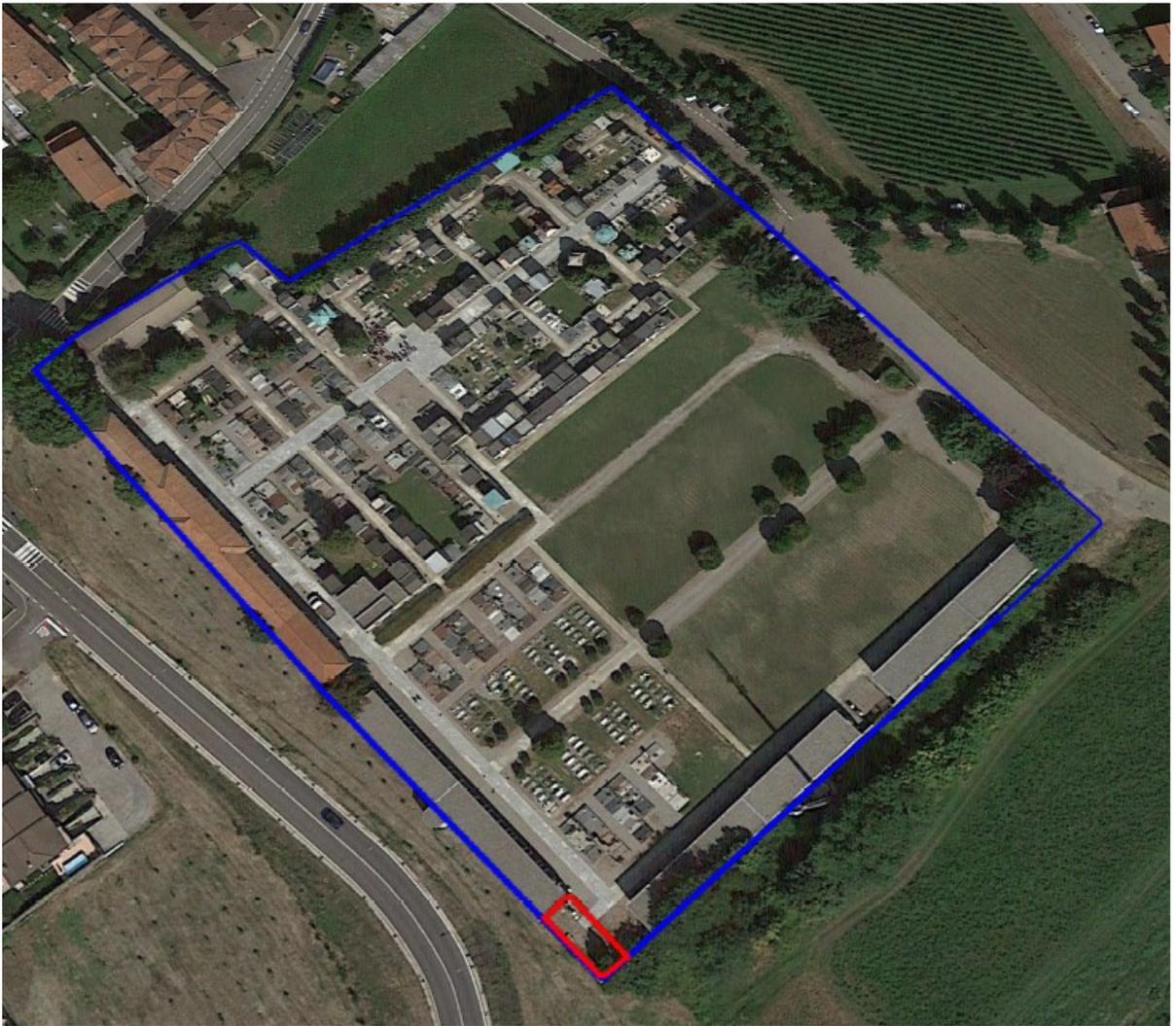


Figura 1: area cimiteriale, contornata in blu, e area di intervento, con contorno rosso
(immagine tratta da Google Earth)

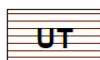
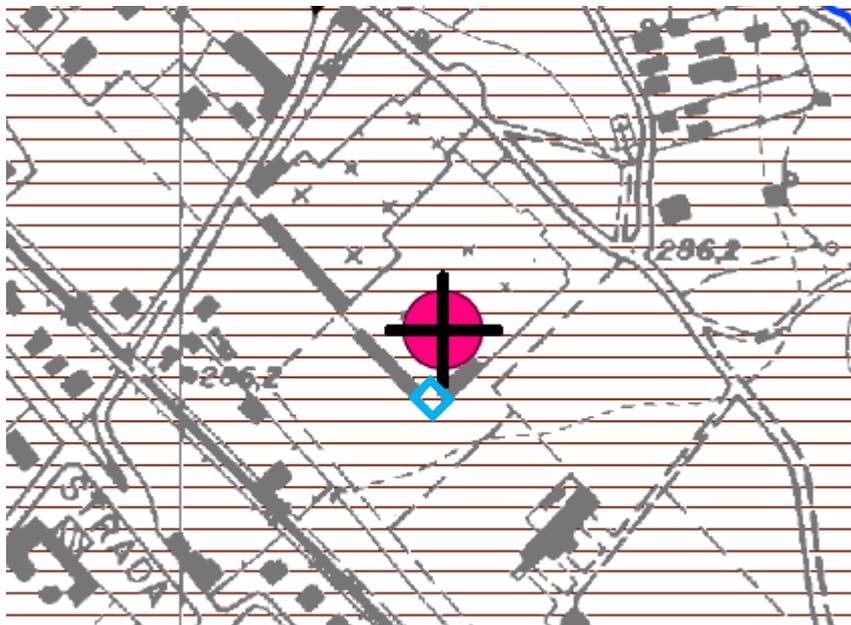
La quota altimetrica del sito di interesse è di circa 283.5 m s.l.m. (figura 2).



Figura 2: individuazione dell'area di indagine, in rosso, su CTR 1:10000

2.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

L'area di indagine giace su un terreno appartenente all'Unità Geologica di Tradate (Riss circa 200.000 anni fa): l'Unità è in prevalenza costituita da depositi fluvioglaciali, in prevalenza ghiaiosi, in matrice limoso-argillosa. Solitamente i depositi sono sormontati da un livello di materiali fini (loess) a composizione limoso-argillosa (figura 3).



Unità di Tradate - assimilata all'Alloformazione di Albizzate (Fuvioglaciale Riss A.A.)

Depositi fluvioglaciali prevalentemente grossolani (ghiaie a supporto clastico con matrice limoso argillosa di colore marrone ocraceo); presenza di un livello superiore di limi argillosi massivi (loess); grado di alterazione medio (clasti carbonatici argillificati e metamorfici fortemente alterati).



Punto di riferimento stratigrafico (scavi di cantiere e affioramenti naturali)

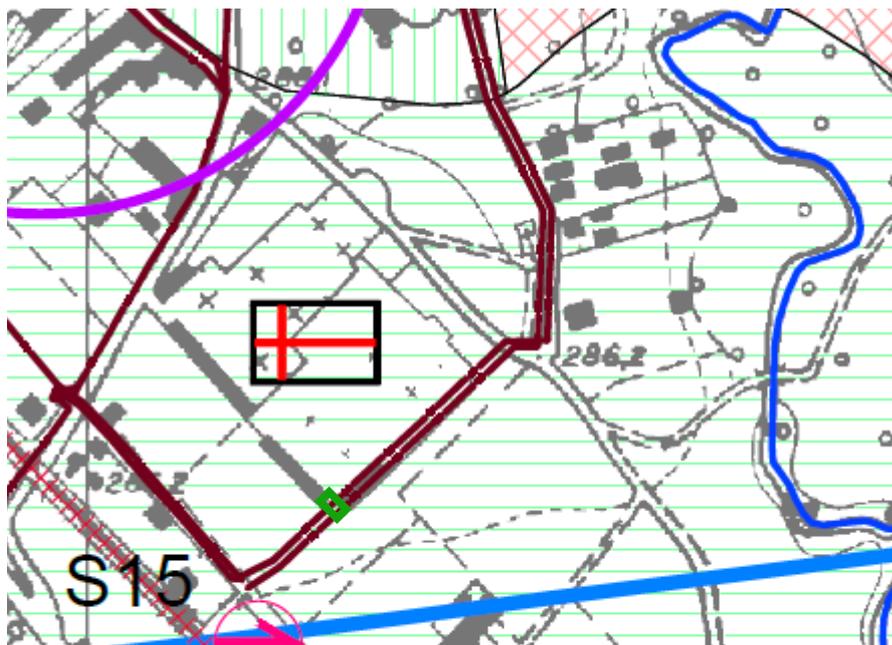


Reticolo idrico

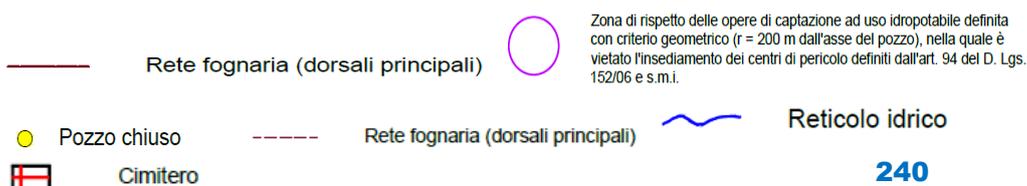
Figura 3: estratto della Tavola 1 (Carta di Inquadramento Geologico) allegata allo studio Geologico a supporto del PGT di Tradate con area di interesse delimitata in azzurro (Dott. Geol. Marco Parmigiani – giugno 2014 -scala 1:5000).

L'area su cui è in progetto il manufatto è pianeggiante e si trova in corrispondenza del confine Sud del Cimitero di Abbiate Guazzone.

Nell'area di indagine e nel suo intorno non sono presenti corsi d'acqua o tracce di canali o fossi artificiali. A circa 350 m A nord est del sito di interesse scorre il Torrente Gradaluso, proveniente da Nord all'interno del Parco della Pineta. Secondo lo Studio Geologico a Supporto del PGT di Tradate (Dott. Geol. Marco Parmigiani _ giugno 2014) la falda superficiale si trova a circa 45 m di profondità dal piano campagna e presenta una direzione di flusso da NNW-SSE (figura 5). La permeabilità sub superficiale dei terreni viene definita da bassa, mentre il grado di vulnerabilità della falda viene definito medio.



310 — Linee isopiezometriche della falda principale e relative quote (m s.l.m.)



GRADO DI PERMEABILITA' DEI TERRENI SUPERFICIALI				GRADO DI VULNERABILITA'					CARATTERISTICHE DELL'ACQUIFERO	
A	M	B	BB	ee	e	a	m	b		bb
							m1			Acquifero di tipo libero in materiali alluvionali <u>parzialmente protetto in superficie</u> da depositi discontinui prevalentemente fini di <u>spessore superiore a 5 m</u> . Soggiacenza della falda superiore a 35 m.
							m2			Acquifero di tipo libero in materiali alluvionali <u>protetto in superficie</u> da depositi prevalentemente fini di <u>spessore inferiore a 5 m</u> . Soggiacenza della falda superiore a 35 m.

Figura 5: estratto della Tavola 2 (Idrogeologia, Piezometria e vulnerabilità degli acquiferi) allegata allo studio Geologico a supporto del PGT di Tradate con area di interesse delimitata in verde (Dott. Geol. Marco Parmigiani – giugno 2014 -scala 1:5000).

2.3 CLASSE DI FATTIBILITÀ, QUADRO VINCOLISTICO, NORME GEOLOGICHE DI PIANO E PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Nella Carta di Fattibilità facente parte dello Studio Geologico a supporto del PGT Locale, l'area oggetto dell'indagine ricade in Classe 2b ovvero: fattibilità con modeste limitazioni di carattere geotecnico (figura 6).

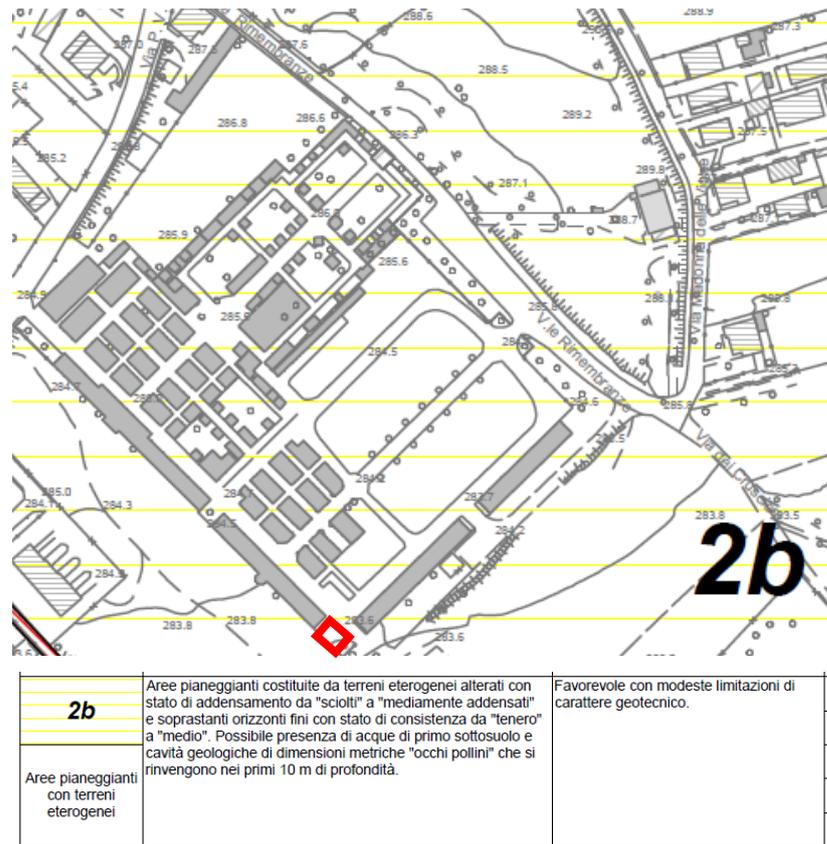
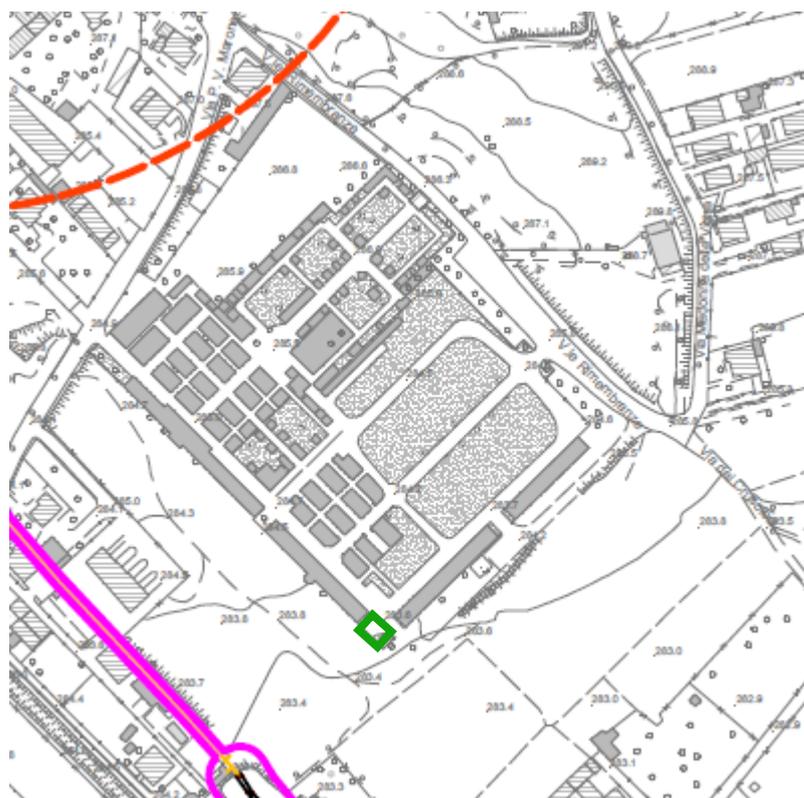


Figura 6: estratto della Tavola 14/a sud (Carta della fattibilità geologica delle azioni di piano) allegata allo studio Geologico a supporto del PGT di Tradate con area di interesse delimitata in rosso (Dott. Geol. Marco Parmigiani – giugno 2014 -scala 1:5000)

Sull'area di indagine non insistono vincoli di carattere geologico, idrogeologico o vincoli sovraordinati (figura 7).



Zona di rispetto delle opere di captazione di acque destinate al consumo umano (geometriche o con criterio temporale $t = 60$ gg D.G.R 15137/96) nelle quali è vietato l'insediamento dei centri di pericolo definiti dall'art. 94 del D. Lgs. 152/06 e s.m.i.

VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA



Fascia di rispetto assoluto estesa a 10 m dagli argini

fascia di inedificabilità assoluta estesa a 10 m dagli argini secondo quanto definito dal R.D. 523/1904, ridotta eccezionalmente a 2 m per i tratti intubati del Fosso Re e del T. Croesa, in presenza di condizioni idrauliche favorevoli

Figura 7: estratto della Tavola 13 sud (Carta dei Vincoli) allegata allo studio Geologico a supporto del PGT di Tradate con area di interesse delimitata in verde (Dott. Geol. Marco Parmigiani – giugno 2014 -scala 1:5000

Le Norme Geologiche di Piano a cui fare riferimento per l'intervento edilizio in progetto nell'area di indagine di Via Rimembranze, sono di seguito riportate e rappresentano uno stralcio della Relazione Geologica Generale allegata allo Studio Geologico a supporto del PGT di Tradate (Dott. Geol. Marco Parmigiani – giugno 2014)

Classe 2b – Aree pianeggianti con terreni eterogenei

Principali caratteristiche

Aree pianeggianti costituite da terreni eterogenei alterati con stato di addensamento da "sciolti" a "mediamente addensati" e soprastanti orizzonti fini con stato di consistenza da "tenero" a "medio". Possibile presenza di acque di primo sottosuolo e cavità geologiche di dimensioni metriche "occhi pollini" che si rinvencono nei primi 10 m di profondità.

Parere geologico sulla modifica di destinazione d'uso

Favorevole con modeste limitazioni di carattere geotecnico.

Azioni edificatorie e opere ammissibili

È ammissibile qualunque tipo di azione edificatoria

Approfondimenti ed indagini minime necessarie

Per tutte le azioni edificatorie e opere ammissibili è sempre necessaria un'indagine geognostica (IGT) commisurata alla tipologia e all'entità dell'intervento in ottemperanza al D.M. 14/01/2008.

Interventi da prevedere in fase progettuale

Sono sempre da prevedere opere per la regimazione delle acque meteoriche (RE) e l'eventuale drenaggio di acque di primo sottosuolo (DR).

Nel settore in cui si colloca l'area interna al Cimitero di Abbiate Guazzone, in base alla tavola di Pericolosità Sismica Locale allegata allo Studio Geologico a supporto del PGT di Tradate, è presente lo scenario di pericolosità Sismica Locale Z4a: in caso di sisma sono da prevedersi amplificazioni litologiche e geometriche.

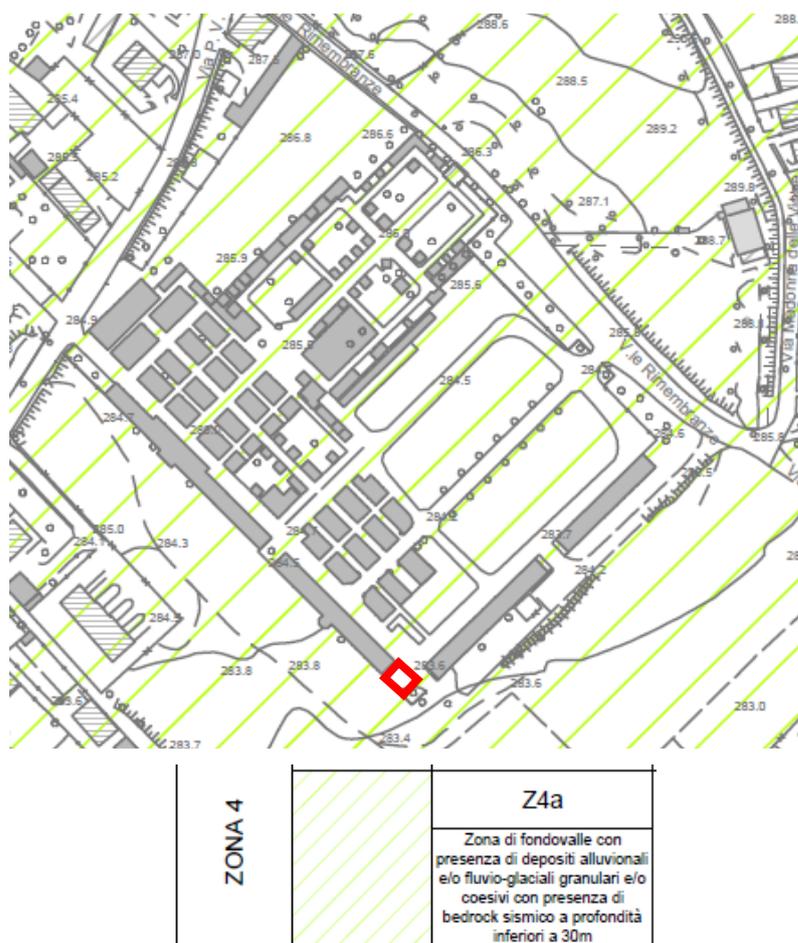


Figura 8: estratto della Tavola 10 sud (Carta della Pericolosità Sismica Locale) allegata allo studio Geologico a supporto del PGT di Tradate con area di interesse delimitata in rosso (Dott. Geol. Marco Parmigiani – giugno 2014 -scala 1:5000

Si riporta di seguito un estratto tratto dalla Relazione Generale dello Studio Geologico a supporto del PGT di Tradate per ciò che concerne la normativa sismica negli ambiti di amplificazione sismica locale:

14.3.3 Norme relative agli ambiti di amplificazione sismica locale

L'analisi della sismicità effettuata sul territorio di Tradate ha permesso di individuare di diversi scenari di Pericolosità Sismica Locale (Cap. 10 e Tav. 10):

Z3 – Zone con possibili effetti di amplificazione topografica

Z4 – Zone con possibili effetti di amplificazione litologica

Fermo restando l'applicazione del D.M. 14/01/2008 su tutto il territorio comunale, all'interno dei suddetti ambiti di amplificazione sismica, la documentazione di progetto delle opere rientranti nelle seguenti classi d'uso:

Classe II (limitatamente ai complessi residenziali ed industriali strutturalmente consistenti e opere infrastrutturali di maggiore importanza),

Classe III,

Classe IV,

nonché delle opere classificabili come:

“strategiche” o “rilevanti” rientranti nelle definizioni del D.D.U.O.

21/11/2003 n. 19904 (opere il cui uso prevede affollamenti significativi, edifici industriali con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti e con funzioni sociali essenziali), dovrà comprendere la definizione degli effetti di amplificazione sismica attesi per i singoli scenari.

Pertanto, più in dettaglio, nelle zone Z3 e Z4 la documentazione di progetto dovrà comprendere la caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi (livello 2 dell'Allegato 5 della D.G.R. 9/2616/11) e nel caso in cui il fattore di amplificazione calcolato risulti superiore ai valori soglia della normativa nazionale la caratterizzazione quantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi (livello 3 dell'Allegato 5 della D.G.R. 9/2616/11) oppure l'adozione dello spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 17/01/2018) consentono l'esclusione della verifica a liquefazione se l'accelerazione massima attesa al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) è minore di 0,1 g (comma 1 paragrafo 7.11.3.4.2). in base alla Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale, presente sul sito dell'INGV (Istituto nazionale di Geofisica e Vulcanologia), Il territorio di Tradate rientra nel settore dove l'accelerazione massima al suolo è compresa tra 0,025 e 0,05 g. Risulta pertanto verificata la condizione secondo cui l'accelerazione massima attesa è inferiore a 0,1 g e, di conseguenza, per il territorio di Tradate, è esclusa la verifica a liquefazione dei terreni.



Foto 1: posizionamento ed esecuzione prova DP1



Foto 2: posizionamento ed esecuzione prova DP2



Foto 3: posizionamento strumentazione HVSR (Tromino)



Foto 4: esecuzione prova HV



Foto 5: ubicazione micropiezometro e misurazione

Le due prove DP hanno raggiunto la profondità di 10 m.

Le aste in estrazione non hanno mostrato tracce di umidità. In corrispondenza della prova DP 1 è stato introdotto un micropiezometro fino alla profondità di 6 m da paino campagna. Le prime misurazioni eseguite non hanno riscontrato la presenza di acqua.

Le prove sono state eseguite utilizzando un penetrometro super pesante Pagani modello TG 63 – 150.

Le principali caratteristiche tecniche del penetrometro sono:

- Massa del maglio 73 Kg
- Altezza di caduta libera 75 cm
- Lunghezza aste 1 m
- Massa aste 4,6 Kg
- Diametro base punta conica 50,8 mm
- Angolo apertura cono 60°

La tabella e il grafico relativo alla prova DP è riportato in allegato. La trasformazione dal numero di colpi ai valori standard N_{spt} è stata relazizzata tramite software Geostru dedicato che, attraverso vari algoritmi, trasforma i colpi considerando la profondità raggiunta.

Tutti i dati di Nspt sono stati normalizzati in funzione della pressione efficace alla quota di misura. Sulla base della seguente equazione:

$$Nspt(\text{corretto}) = Nspt/\sigma'(v_0)^{0.56} \quad (\text{Jamiolkowski et al., 1985})$$

◆ **Interpretazione**

A partire da piano campagna sono stati individuati: un livello di riporto spesso circa 30 cm (litozona 1), seguito da uno strato costituito in prevalenza da Sabbia limosa poco addensata (litozona 2) e spesso circa 1,8 m. Al disotto di questo livello è stata riconosciuta una litozona, di spessore 6,4 m, prevalentemente sabbioso ghiaiosa in matrice limosa, mediamente addensata (litozona 3). L'ultima litozona è costituita da Ghiaia e Sabbia in matrice limosa (litozona 4), da mediamente a molto addensata.

3.2 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA DEL SOTTOSUOLO

La caratterizzazione geotecnica dei litotipi individuati è stata effettuata mediante l'interpretazione dell'indagine svolta e la correlazione con le informazioni contenute nello Studio Geologico a supporto del PGT Locale.

Le caratteristiche geologico tecniche dei terreni descritti al paragrafo precedente vengono riportate nella seguente tabella:

	PROVA DP1	PROVA DP2	DESCRIZIONE LITOLOGICA	PROPRIETÀ GEOTECNICHE
L I T O Z O N A 1	Da m 0,0 a m 0,3	Da m 0,0 a m 0,3	Terreno di riporto	
L I T O Z O N A 2	da m 0,3 a m 2,1	da m 0,3 a m 2,1	Sabbia limosa, poco addensata.	Nspt = 4 colpi (media su due prove) ϕ' =29° circa γ nat = 1,49 t/m3 γ sat = 1,88 t/m3 DR = 41
L I T O Z O N A 3	da m 2,1 a m 8,4	da m 2,1 a m 8,7	Sabbia ghiaiosa, in matrice limosa, mediamente addensata.	Nspt = 14 colpi (media su due prove) ϕ' =31° circa γ nat = 1,86 t/m3 γ sat = 1,94 t/m3 DR = 67
L I T O Z O N A 4	da m 8,4 a m 9,9	da m 8,7 a m 9,9	Ghiaia e Sabbia, da mediamente a molto addensata	Nspt = 21 colpi (media su due prove) ϕ' =33° circa γ nat = 1,98 t/m3 γ sat = 2,01 t/m3 DR = 78

3.3 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO

A seguito dell'analisi dei dati ottenuti con l'indagine geognostica (prova penetrometrica), delle caratteristiche geologiche dell'area (desunte dallo Studio Geologico a supporto del PGT Locale) e della prova sismica H/V, è stato possibile assegnare una categoria al sottosuolo del sito indagato, secondo la Tabella 3.2.11 delle NTC 2018 (tabella 2)

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Annessi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Tabella 2: tabella delle categorie di sottosuolo tratta dal testo delle nuove NTC 2018

La metodologia sismica HVSR (Horizontal to Vertical Spectrum Ratio) misura il rumore sismico ambientale che è presente ovunque sulla superficie terrestre, ed è prodotto dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, microterremoti, vento) e dall'attività antropica.

Il rumore sismico ambientale viene anche chiamato *microtremore* in quanto costituito da oscillazioni di piccolissima ampiezza se confrontate con quelle associate ai terremoti.

La denominazione di sismica passiva dipende dal fatto che il rumore non viene generato *artificialmente*, come nella energizzazione della sismica attiva, ma è presente naturalmente.

In qualsiasi luogo pianeggiante sono sempre presenti delle vibrazioni associate alle onde oceaniche con dei picchi a 0,14 e 0,07 Hz. A questo comportamento spettrale di "fondo", sempre presente in varia forma, e soggetto a scarsissima attenuazione, si sovrappongono le sorgenti locali dovute alle attività antropiche (traffico, macchinari ecc..) e naturali. L'effetto di queste sorgenti locali è soggetto ad attenuazioni quanto maggiori all'aumentare della frequenza e dovute all'assorbimento anelastico associato all'attrito interno delle rocce e dei terreni.

La metodologia HVSR è stata introdotta da Nakamura (1989) per la determinazione delle frequenze di risonanza dei terreni e la stima dell'amplificazione sismica locale, elementi di grande utilità per l'ingegneria sismica.

La frequenza fondamentale di risonanza (F) dello strato di terreno n è data dalla formula:

$$F_n = V_s / 4 h$$

in cui V_s è la velocità media delle onde S nello strato N ed h è lo spessore.

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Questo, insieme ad una stima delle velocità è in grado di fornire previsioni sullo spessore h degli strati.

Viceversa, nota la stratigrafia è teoricamente possibile fornire una valutazione approssimativa della velocità delle onde S nei singoli strati.

I risultati (grafici) visibili in allegato alla presente relazione, sono stati ottenuti mediante impiego di un geofono triassiale TROMINO TRZ 0179-/01 - 12

La V_s Eq ricavata è 377 m/s. Pertanto il sottosuolo dell'area di indagine rientra in categoria B ossia:

- Rocce e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresa tra 360 m/s e 800 m/s

3.4 CLASSIFICAZIONE DEL TIPO DI OPERA E DELLA CLASSE D'USO

Per stabilire con quali modalità procedere nell'esecuzione dei calcoli geotecnici di seguito illustrati, è necessario classificare la classe d'uso della costruzione. Questa informazione è contenuta nel paragrafo 2.4.2 delle NTC-18. Per l'opera in progetto si fa riferimento quindi alla seguente definizione:

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

3.5 INQUADRAMENTO SISMICO DEL SITO

Con riferimento all'allegato 1 dell'O.P.C.M. 3274 del 20/03/2003 in cui il territorio nazionale è diviso in 4 categorie a diverso grado di rischio sismico, il territorio di Tradate rientra in Categoria 4 a cui corrispondono i valori più bassi di accelerazione orizzontale al suolo, espressi in funzione dell'accelerazione di gravità g . La zona sismica 4 è stata confermata nella D.G.R. di Regione Lombardia (Aggiornamento delle Zone Sismiche in Regione Lombardia) n. X/2129 dell'11 luglio 2014.

Secondo la Carta di Pericolosità Sismica Locale inclusa nello Studio Geologico a supporto del PGT di Tradate, l'area di indagine rientra in parte nello scenario Z4a: in caso di sisma sono da prevedersi amplificazioni litologiche e geometriche.

3.6 VERIFICA DELLA SICUREZZA NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI

◆ Normative di riferimento

Norme tecniche per le Costruzioni 2018

Norme tecniche per le costruzioni D.M. 17 gennaio 2018.

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.

◆ Teoria applicata

Formula Brich-Hansen (EC 7 – EC 8)

Affinché una fondazione possa resistere il carico di progetto con sicurezza nei riguardi della rottura generale, per tutte le combinazioni di carico relative allo SLU (stato limite ultimo), deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza:

$$V_d \leq R_d$$

Dove V_d è il carico di progetto allo SLU, normale alla base della fondazione, comprendente anche il peso della fondazione stessa; mentre R_d è il carico limite di progetto della fondazione nei confronti di carichi normali, tenendo conto anche dell'effetto di carichi inclinati o eccentrici.

Nella valutazione analitica del carico limite di progetto R_d si devono considerare le situazioni a breve e a lungo termine nei terreni a grana fine.

Il carico limite di progetto in condizioni non drenate si calcola come:

$$R/A' = (2 + \pi) c_u s_c i_c + q$$

Dove:

$A' = B' L'$ area della fondazione efficace di progetto, intesa, in caso di carico eccentrico, come l'area ridotta al cui centro viene applicata la risultante del carico.

c_u Coesione non drenata.

q pressione litostatica totale sul piano di posa.

s_c Fattore di forma

$s_c = 1 + 0,2 (B'/L')$ per fondazioni rettangolari

$s_c = 1,2$ Per fondazioni quadrate o circolari.

i_c Fattore correttivo per l'inclinazione del carico dovuta ad un carico H .

$$i_c = 0,5 \left(1 + \sqrt{1 - H/A' c_u} \right)$$

Per le condizioni drenate il carico limite di progetto è calcolato come segue.

$$R/A' = c' N_c s_c i_c + q' N_q s_q i_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma s_\gamma i_\gamma$$

Dove:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi'} \tan^2 (45 + \phi' / 2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$$

$$N_\gamma = 2(N_q - 1) \tan \phi'$$

Fattori di forma

$$s_q = 1 + (B'/L') \cdot \text{sen}\phi' \text{ per forma rettangolare}$$

$$s_q = 1 + \text{sen}\phi' \text{ per forma quadrata o circolare}$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3(B'/L') \text{ per forma rettangolare}$$

$$s_\gamma = 0,7 \text{ per forma quadrata o circolare}$$

$$s_c = (s_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1) \text{ per forma rettangolare, quadrata o circolare.}$$

Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a L'

$$i_q = i_c = 1 - H / (V + A' \cdot c' \cdot \cot \phi')$$

$$i_c = (i_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1)$$

Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a B'

$$i_q = [1 - 0,7H / (V + A' \cdot c' \cdot \cot \phi')]^3$$

$$i_\gamma = [1 - H / (V + A' \cdot c' \cdot \cot \phi')]^3$$

$$i_c = (i_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1)$$

Oltre ai fattori correttivi di cui sopra sono considerati quelli complementari della profondità del piano di posa e dell'inclinazione del piano di posa e del piano campagna (Hansen).

Metodo di Richards et. Al.

Richards, Helm e Budhu (1993) hanno sviluppato una procedura che consente, in condizioni sismiche, di valutare sia il carico limite sia i cedimenti indotti, e quindi di procedere alle verifiche di entrambi gli stati limite (ultimo e di danno). La valutazione del carico limite viene perseguita mediante una semplice estensione del problema del carico limite al caso della presenza di forze di inerzia nel terreno di fondazione dovute al sisma, mentre la stima dei cedimenti viene ottenuta mediante un approccio alla Newmark (cfr. Appendice H di "Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica" – Associazione Geotecnica Italiana). Gli autori hanno esteso la classica formula trinomia del carico limite:

$$q_L = N_q \cdot q + N_c \cdot c + 0.5N_\gamma \cdot \gamma \cdot B$$

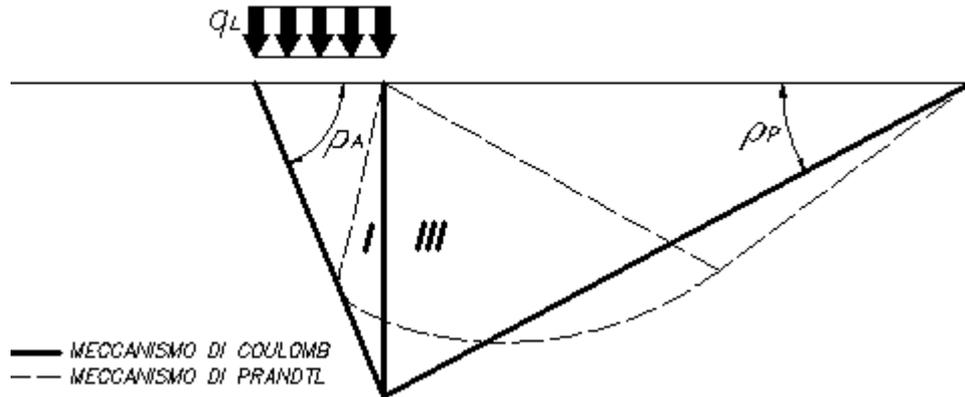
Dove i fattori di capacità portante vengono calcolati con le seguenti formule:

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot(\phi)$$

$$N_q = \frac{K_{pE}}{K_{AE}}$$

$$N_\gamma = \left(\frac{K_{pE}}{K_{AE}} - 1 \right) \cdot \tan(\rho_{AE})$$

Esaminando con un approccio da equilibrio limite, un meccanismo alla Coulomb e portando in conto le forze d'inerzia agenti sul volume di terreno a rottura. In campo statico, il classico meccanismo di Prandtl può essere infatti approssimato come mostrato nella figura che segue, eliminando la zona di transizione (ventaglio di Prandtl) ridotta alla sola linea AC, che viene riguardata come una parete ideale in equilibrio sotto l'azione della spinta attiva e della spinta passiva che riceve dai cunei I e III:



Schema di calcolo del carico limite (qL)

Gli autori hanno ricavato le espressioni degli angoli ρ_A e ρ_P che definiscono le zone di spinta attiva e passiva, e dei coefficienti di spinta attiva e passiva K_A e K_P in funzione dell'angolo di attrito interno φ del terreno e dell'angolo di attrito δ terreno – parete ideale:

$$\rho_A = \varphi + \tan^{-1} \cdot \left\{ \frac{\sqrt{\tan(\varphi) \cdot (\tan(\varphi) \cdot \cot(\varphi)) \cdot (1 + \tan(\delta) \cdot \cot(\varphi))} - \tan(\varphi)}{1 + \tan(\delta) \cdot (\tan(\varphi) + \cot(\varphi))} \right\}$$

$$\rho_P = -\varphi + \tan^{-1} \cdot \left\{ \frac{\sqrt{\tan(\varphi) \cdot (\tan(\varphi) \cdot \cot(\varphi)) \cdot (1 + \tan(\delta) \cdot \cot(\varphi))} + \tan(\varphi)}{1 + \tan(\delta) \cdot (\tan(\varphi) + \cot(\varphi))} \right\}$$

$$K_A = \frac{\cos^2(\varphi)}{\cos(\delta) \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi)}{\cos(\delta)}} \right\}^2}$$

$$K_P = \frac{\cos^2(\varphi)}{\cos(\delta) \left\{ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi)}{\cos(\delta)}} \right\}^2}$$

E' comunque da osservare che l'impiego delle precedenti formule assumendo $\phi=0.5\delta$, conduce a valore dei coefficienti di carico limite molto prossimi a quelli basati su un analisi alla Prandtl. Richards et. Al. hanno quindi esteso l'applicazione del meccanismo di Coulomb al caso sismico, portando in conto le forze d'inerzia agenti sul volume di terreno a rottura. Tali forze di massa, dovute ad accelerazioni $k_h g$ e $k_v g$, agenti rispettivamente in direzione orizzontale e verticale, sono a loro volta pari a $k_h \gamma$ e $k_v \gamma$. Sono

state così ottenute le estensioni delle espressioni di ρ_a e ρ_p , nonché di K_A e K_P , rispettivamente indicate come ρ_{AE} e ρ_{PE} e come K_{AE} e K_{PE} per denotare le condizioni sismiche:

$$\rho_{AE} = (\varphi - \vartheta) + \tan^{-1} \cdot \left\{ \frac{\sqrt{(1 + \tan^2(\varphi - \vartheta)) \cdot [1 + \tan(\delta + \vartheta) \cdot \cot(\varphi - \vartheta)]} - \tan(\varphi - \vartheta)}{1 + \tan(\delta + \vartheta) \cdot (\tan(\varphi - \vartheta) + \cot(\varphi - \vartheta))} \right\}$$

$$\rho_{PE} = -(\varphi - \vartheta) + \tan^{-1} \cdot \left\{ \frac{\sqrt{(1 + \tan^2(\varphi - \vartheta)) \cdot [1 + \tan(\delta + \vartheta) \cdot \cot(\varphi - \vartheta)]} - \tan(\varphi - \vartheta)}{1 + \tan(\delta + \vartheta) \cdot (\tan(\varphi - \vartheta) + \cot(\varphi - \vartheta))} \right\}$$

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\varphi - \vartheta)}{\cos(\vartheta) \cdot \cos(\delta + \vartheta) \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \vartheta)}{\cos(\delta + \vartheta)}} \right\}^2}$$

$$K_{PE} = \frac{\cos^2(\varphi - \vartheta)}{\cos(\vartheta) \cdot \cos(\delta + \vartheta) \left\{ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \vartheta)}{\cos(\delta + \vartheta)}} \right\}^2}$$

I valori di N_q e N_γ sono determinabili ancora avvalendosi delle formule precedenti, impiegando naturalmente le espressioni degli angoli ρ_{AE} e ρ_{PE} e dei coefficienti K_{AE} e K_{PE} relative al caso sismico. In tali espressioni compare l'angolo θ definito come:

$$\tan(\theta) = \frac{k_h}{1 - k_v}$$

FATTORI CORRETTIVI SISMICI: PAOLUCCI E PECKER

Per tener conto degli effetti inerziali indotti dal sisma sulla determinazione del q_{lim} vengono introdotti i fattori correttivi z :

$$z_q = \left(1 - \frac{k_h}{\text{tg}\phi} \right)^{0,35}$$

$$z_c = 1 - 0,32 \cdot k_h$$

$$z_\gamma = z_q$$

Dove K_h è il coefficiente sismico orizzontale.

Calcolo coefficienti sismici

Le **NTC 2018** calcolano i coefficienti K_h e K_v in dipendenza di vari fattori:

$$K_h = \beta \times (a_{\max}/g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \times K_h$$

β = coefficiente di riduzione accelerazione massima attesa al sito;
 a_{\max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
 g = accelerazione di gravità;

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{\max} = S_S S_T a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica): $0.90 \leq S_S \leq 1.80$; è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

S_T (effetto di amplificazione topografica) per fondazioni in prossimità di pendii.

Il valore di S_T varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

$$T1 (S_T = 1.0) \quad T2 (S_T = 1.20) \quad T3 (S_T = 1.20) \quad T4 (S_T = 1.40).$$

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - PVR)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Per l'applicazione dell'**Eurocodice 8** (progettazione geotecnica in campo sismico) il coefficiente sismico orizzontale viene così definito:

$$K_h = a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S / (g)$$

a_{gR} : accelerazione di picco di riferimento su suolo rigido affiorante,
 γ_I : fattore di importanza,
 S : soil factor e dipende dal tipo di terreno (da A ad E).

$$a_g = a_{gR} \cdot \Gamma_i \text{ è la "design ground acceleration on type A ground".}$$

Il coefficiente sismico verticale K_v è definito in funzione di K_h , e vale:

$$K_v = \pm 0.5 \cdot K_h$$

3.7 VERIFICA AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO – Valutazione dei cedimenti dei terreni di fondazione

◆ Normative di riferimento

Norme tecniche per le Costruzioni 2018

Norme tecniche per le costruzioni D.M. 17 gennaio 2018.

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.

◆ Teoria applicata

Metodo di Burland e Burbidge

Qualora si disponga di dati ottenuti da prove penetrometriche dinamiche 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. L'espressione del cedimento proposta dai due autori è la seguente:

$$S = f_S \cdot f_H \cdot f_t \cdot \left[\sigma'_{v0} \cdot B^{0.7} \cdot I_C / 3 + (q' - \sigma'_{v0}) \cdot B^{0.7} \cdot I_C \right]$$

nella quale:

q' = pressione efficace lorda;

σ'_{v0} = tensione verticale efficace alla quota d'imposta della fondazione;

B = larghezza della fondazione;

I_C = indice di compressibilità;

f_S , f_H , f_t = fattori correttivi che tengono conto rispettivamente della forma, dello spessore dello strato compressibile e del tempo, per la componente viscosa.

L'indice di compressibilità I_C è legato al valore medio N_{AV} di N_{spt} all'interno di una profondità significativa z :

$$I_C = \frac{1.706}{N_{AV}^{1.4}}$$

Per quanto riguarda i valori di N_{spt} da utilizzare nel calcolo del valore medio N_{AV} va precisato che i valori vanno corretti, per sabbie con componente limosa sotto falda e $N_{spt} > 15$, secondo l'indicazione di Terzaghi e Peck (1948)

$$N_c = 15 + 0.5 (N_{spt} - 15)$$

dove N_c è il valore corretto da usare nei calcoli.

Per depositi ghiaiosi o sabbioso-ghiaiosi il valore corretto è pari a:

$$N_c = 1.25 N_{spt}$$

Le espressioni dei fattori correttivi f_S , f_H ed f_t sono rispettivamente:

$$f_S = \left(\frac{1.25 \cdot L / B}{L / B + 0.25} \right)^2$$

$$f_H = \frac{H}{z_i} \left(2 - \frac{H}{z_i} \right)$$

$$f_t = \left(1 + R_3 + R \cdot \log \frac{t}{3} \right)$$

Con

t = tempo in anni > 3;

R3 = costante pari a 0.3 per carichi statici e 0.7 per carichi dinamici;

R = 0.2 nel caso di carichi statici e 0.8 per carichi dinamici

3.8 RISULTATI

Tenendo conto delle caratteristiche geotecniche del terreno, dell'intervento edilizio in programma e delle ipotesi predisposte dal progettista, sono state prese in considerazione delle tipologie di fondazioni impostate a -1,2 m di profondità dal piano campagna e quindi all'interno della litozona 2. Si prenderanno in considerazione una serie di fondazioni trave rovescia. I calcoli per la valutazione dei carichi ammissibili e dei relativi cedimenti è il seguente:

PIANO DI POSA A -1,2 m da piano campagna

FONDAZIONE A DATI GENERALI

Azione sismica	NTC 2018
Zona	Via Rimembranze Abbiate Guazzone
Lat./ Long. [WGS84]	45.699023/8.924463
Larghezza fondazione	1.2 m
Lunghezza fondazione	8.8 m
Profondità piano di posa	1.2 m
Altezza di incastro	0.5 m
Profondità falda	40.0

SISMA

Accelerazione massima (ag/g)	0.058
Effetto sismico secondo Paolucci e Pecker (1997)	
Coefficiente sismico orizzontale	0.0116

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.15	2.58	0.16
S.L.D.	50.0	0.19	2.55	0.17
S.L.V.	475.0	0.38	2.63	0.28
S.L.C.	975.0	0.46	2.67	0.31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.225	0.2	0.0046	0.0023
S.L.D.	0.285	0.2	0.0058	0.0029
S.L.V.	0.57	0.2	0.0116	0.0058
S.L.C.	0.69	0.2	0.0141	0.007

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [kN/m ³]	Peso unità di volume saturo [kN/m ³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [kN/m ²]	Coesione non drenata [kN/m ²]	Modulo Elastico [kN/m ²]	Modulo Edometrico [kN/m ²]	Poisson	Coeff. consolid. az. primaria [cmq/s]	Coeff. consolidazione secondaria	Descrizione
0.3	18.0	19.0	30.0	0.0	0.0	5000.0	8000.0	0.0	0.0	0.0	riporto
1.8	14.66	18.43	29.0	0.0	0.0	3750.0	6800.0	0.0	0.0	0.0	sabbia limosa
6.4	18.24	19.07	31.0	0.0	0.0	8900.0	12600.0	0.0	0.0	0.0	sabbia ghiaiosa
1.4	19.47	19.71	33.0	0.0	0.0	11200.0	17350.0	0.0	0.0	0.0	ghiaia e sabbia

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m ²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3	90.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	Sisma	90.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	90.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	90.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	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. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	2.3	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...Sisma Autore: HANSEN (1970)

Carico limite [Qult] 272.55 kN/m²
 Resistenza di progetto [Rd] 118.5 kN/m²
 Tensione [Ed] 90.85 kN/m²
 Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] 3.0
 Condizione di verifica [Ed<=Rd] **Verificata**

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982) Costante di Winkler 10901.86 kN/m³

A1+M1+R3

CEDIMENTI BURLAND E BURBIDGE

Pressione normale di progetto 90.0 kN/m²
 Tempo 0.0
 Profondità significativa Zi (m) 1.239
 Media dei valori di N_{spt} all'interno di Zi 17.5
 Fattore di forma fs 1.461
 Fattore strato compressibile fh 1
 Fattore tempo ft 1
 Indice di compressibilità 0.031
 Cedimento 3.997 mm

CEDIMENTI BURLAND E BURBIDGE

Pressione normale di progetto	90.0 kN/m ²
Tempo	30.0
Profondità significativa Zi (m)	1.239
Media dei valori di N _{spt} all'interno di Zi	17.5
Fattore di forma fs	1.461
Fattore strato compressibile fh	1
Fattore tempo ft	1.5
Indice di compressibilità	0.031
Cedimento	5.996 mm

FONDAZIONE B DATI GENERALI

Azione sismica	NTC 2018	
Zona	Via Rimembranze Abbiate Guazzone	
Lat./ Long. [WGS84]	45.699023/8.924463	
Larghezza fondazione	1.1	m
Lunghezza fondazione	6.05	m
Profondità piano di posa	1.2	m
Altezza di incastro	0.5	m
Profondità falda	40.0	

SISMA

Accelerazione massima (ag/g)	0.058
Effetto sismico secondo Paolucci e Pecker (1997)	
Coefficiente sismico orizzontale	0.0116

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.15	2.58	0.16
S.L.D.	50.0	0.19	2.55	0.17
S.L.V.	475.0	0.38	2.63	0.28
S.L.C.	975.0	0.46	2.67	0.31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.225	0.2	0.0046	0.0023
S.L.D.	0.285	0.2	0.0058	0.0029
S.L.V.	0.57	0.2	0.0116	0.0058
S.L.C.	0.69	0.2	0.0141	0.007

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [kN/m ³]	Peso unità di volume saturo [kN/m ³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [kN/m ²]	Coesione non drenata [kN/m ²]	Modulo Elastico [kN/m ²]	Modulo Edometrico [kN/m ²]	Poisson	Coeff. consolid. az. primaria [cmq/s]	Coeff. consolidazione secondaria	Descrizione
0.3	18.0	19.0	30.0	0.0	0.0	5000.0	8000.0	0.0	0.0	0.0	riporto
1.8	14.66	18.43	29.0	0.0	0.0	3750.0	6800.0	0.0	0.0	0.0	sabbia limosa
6.4	18.24	19.07	31.0	0.0	0.0	8900.0	12600.0	0.0	0.0	0.0	sabbia ghiaiosa
1.4	19.47	19.71	33.0	0.0	0.0	11200.0	17350.0	0.0	0.0	0.0	ghiaia e sabbia

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m ²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3	86.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	Sisma	86.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	86.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	86.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	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. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	2.3	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...Sisma

Autore: HANSEN (1970)

Carico limite [Qult] 259.11 kN/m²
 Resistenza di progetto [Rd] 112.66 kN/m²
 Tensione [Ed] 86.37 kN/m²
 Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] 3.0
 Condizione di verifica [Ed<=Rd] **Verificata**

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 10364.55 kN/m³

A1+M1+R3

CEDIMENTI BURLAND E BURBIDGE

Pressione normale di progetto 80.0 kN/m²
 Tempo 0.0
 Profondità significativa Zi (m) 1.239
 Media dei valori di N_{spt} all'interno di Zi 17.5
 Fattore di forma fs 1.43
 Fattore strato compressibile fh 1
 Fattore tempo ft 1
 Indice di compressibilità 0.031
 Cedimento 3.205 mm

CEDIMENTI BURLAND E BURBIDGE

Pressione normale di progetto	80.0 kN/m ²
Tempo	30.0
Profondità significativa Zi (m)	1.239
Media dei valori di N _{spt} all'interno di Zi	17.5
Fattore di forma fs	1.43
Fattore strato compressibile fh	1
Fattore tempo ft	1.5
Indice di compressibilità	0.031
Cedimento	4.808 mm

FONDAZIONE C1

DATI GENERALI

Azione sismica	NTC 2018	
Zona	Via Rimembranze Abbiate Guazzone	
Lat./ Long. [WGS84]	45.699023/8.924463	
Larghezza fondazione	1.3	m
Lunghezza fondazione	2.35	m
Profondità piano di posa	1.2	m
Altezza di incastro	0.5	m
Profondità falda	40.0	

SISMA

Accelerazione massima (ag/g)	0.058
Effetto sismico secondo Paolucci e Pecker (1997)	
Coefficiente sismico orizzontale	0.0116

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.15	2.58	0.16
S.L.D.	50.0	0.19	2.55	0.17
S.L.V.	475.0	0.38	2.63	0.28
S.L.C.	975.0	0.46	2.67	0.31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.225	0.2	0.0046	0.0023
S.L.D.	0.285	0.2	0.0058	0.0029
S.L.V.	0.57	0.2	0.0116	0.0058
S.L.C.	0.69	0.2	0.0141	0.007

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [kN/m ³]	Peso unità di volume saturo [kN/m ³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [kN/m ²]	Coesione non drenata [kN/m ²]	Modulo Elastico [kN/m ²]	Modulo Edometrico [kN/m ²]	Poisson	Coeff. consolid. az. primaria [cmq/s]	Coeff. consolidazione secondaria	Descrizione
0.3	18.0	19.0	30.0	0.0	0.0	5000.0	8000.0	0.0	0.0	0.0	riporto
1.8	14.66	18.43	29.0	0.0	0.0	3750.0	6800.0	0.0	0.0	0.0	sabbia limosa
6.4	18.24	19.07	31.0	0.0	0.0	8900.0	12600.0	0.0	0.0	0.0	sabbia ghiaiosa
1.4	19.47	19.71	33.0	0.0	0.0	11200.0	17350.0	0.0	0.0	0.0	ghiaia e sabbia

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazioni	Pressione normale di progetto [kN/m ²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3	97.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	Sisma	97.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	97.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	97.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	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. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	2.3	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...Sisma

Autore: HANSEN (1970)

Carico limite [Qult] 293.37 kN/m²
 Resistenza di progetto [Rd] 127.55 kN/m²
 Tensione [Ed] 97.79 kN/m²
 Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] 3.0
 Condizione di verifica [Ed<=Rd] **Verificata**

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 11734.72 kN/m³

A1+M1+R3

CEDIMENTI BURLAND E BURBIDGE

Pressione normale di progetto 90.0 kN/m²
 Tempo 0.0
 Profondità significativa Zi (m) 1.239
 Media dei valori di N_{spt} all'interno di Zi 17.5
 Fattore di forma fs 1.206
 Fattore strato compressibile fh 1
 Fattore tempo ft 1
 Indice di compressibilità 0.031
 Cedimento 3.489 mm

CEDIMENTI BURLAND E BURBIDGE

Pressione normale di progetto	90.0	kN/m ²
Tempo	30.0	
Profondità significativa Zi (m)	1.239	
Media dei valori di N _{spt} all'interno di Zi	17.5	
Fattore di forma fs	1.206	
Fattore strato compressibile fh	1	
Fattore tempo ft	1.5	
Indice di compressibilità	0.031	
Cedimento	5.233	mm

FONDAZIONE C2

DATI GENERALI

Azione sismica	NTC 2018	
Zona	Via Rimembranze Abbiate Guazzone	
Lat./ Long. [WGS84]	45.699023/8.924463	
Larghezza fondazione	1.3	m
Lunghezza fondazione	6.55	m
Profondità piano di posa	1.2	m
Altezza di incastro	0.5	m
Profondità falda	40.0	

SISMA

Accelerazione massima (ag/g)	0.058
Effetto sismico secondo Paolucci e Pecker (1997)	
Coefficiente sismico orizzontale	0.0116

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.15	2.58	0.16
S.L.D.	50.0	0.19	2.55	0.17
S.L.V.	475.0	0.38	2.63	0.28
S.L.C.	975.0	0.46	2.67	0.31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.225	0.2	0.0046	0.0023
S.L.D.	0.285	0.2	0.0058	0.0029
S.L.V.	0.57	0.2	0.0116	0.0058
S.L.C.	0.69	0.2	0.0141	0.007

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [kN/m ³]	Peso unità di volume saturo [kN/m ³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [kN/m ²]	Coesione non drenata [kN/m ²]	Modulo Elastico [kN/m ²]	Modulo Edometrico [kN/m ²]	Poisson	Coeff. consolid. az. primaria [cmq/s]	Coeff. consolidazione secondaria	Descrizione
0.3	18.0	19.0	30.0	0.0	0.0	5000.0	8000.0	0.0	0.0	0.0	riporto
1.8	14.66	18.43	29.0	0.0	0.0	3750.0	6800.0	0.0	0.0	0.0	sabbia limosa
6.4	18.24	19.07	31.0	0.0	0.0	8900.0	12600.0	0.0	0.0	0.0	sabbia ghiaiosa
1.4	19.47	19.71	33.0	0.0	0.0	11200.0	17350.0	0.0	0.0	0.0	ghiaia e sabbia

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m ²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3	93.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	Sisma	93.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	93.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	93.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	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. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	2.3	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...Sisma

Autore: HANSEN (1970)

Carico limite [Qult] 280.69 kN/m²
 Resistenza di progetto [Rd] 122.04 kN/m²
 Tensione [Ed] 93.56 kN/m²
 Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] 3.0
 Condizione di verifica [Ed<=Rd] **Verificata**

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 11227.49 kN/m³

A1+M1+R3

CEDIMENTI BURLAND E BURBIDGE

Pressione normale di progetto 90.0 kN/m²
 Tempo 0.0
 Profondità significativa Zi (m) 1.239
 Media dei valori di N_{spt} all'interno di Zi 17.5
 Fattore di forma fs 1.418
 Fattore strato compressibile fh 1
 Fattore tempo ft 1
 Indice di compressibilità 0.031
 Cedimento 4.103 mm

CEDIMENTI BURLAND E BURBIDGE

Pressione normale di progetto	90.0	kN/m ²
Tempo	30.0	
Profondità significativa Zi (m)	1.239	
Media dei valori di N _{spt} all'interno di Zi	17.5	
Fattore di forma fs	1.206	
Fattore strato compressibile fh	1	
Fattore tempo ft	1.5	
Indice di compressibilità	0.031	
Cedimento	5.233	mm

FONDAZIONE D1 DATI GENERALI

Azione sismica	NTC 2018	
Zona	Via Rimembranze Abbiate Guazzone	
Lat./ Long. [WGS84]	45.699023/8.924463	
Larghezza fondazione	0.6	m
Lunghezza fondazione	2.2	m
Profondità piano di posa	1.2	m
Altezza di incastro	0.5	m
Profondità falda	40.0	

SISMA

Accelerazione massima (ag/g)	0.058
Effetto sismico secondo Paolucci e Pecker (1997)	
Coefficiente sismico orizzontale	0.0116

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.15	2.58	0.16
S.L.D.	50.0	0.19	2.55	0.17
S.L.V.	475.0	0.38	2.63	0.28
S.L.C.	975.0	0.46	2.67	0.31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.225	0.2	0.0046	0.0023
S.L.D.	0.285	0.2	0.0058	0.0029
S.L.V.	0.57	0.2	0.0116	0.0058
S.L.C.	0.69	0.2	0.0141	0.007

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [kN/m ³]	Peso unità di volume saturo [kN/m ³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [kN/m ²]	Coesione non drenata [kN/m ²]	Modulo Elastico [kN/m ²]	Modulo Edometrico [kN/m ²]	Poisson	Coeff. consolid. az. primaria [cmq/s]	Coeff. consolidazione secondaria	Descrizione
0.3	18.0	19.0	30.0	0.0	0.0	5000.0	8000.0	0.0	0.0	0.0	riporto
1.8	14.66	18.43	29.0	0.0	0.0	3750.0	6800.0	0.0	0.0	0.0	sabbia limosa
6.4	18.24	19.07	31.0	0.0	0.0	8900.0	12600.0	0.0	0.0	0.0	sabbia ghiaiosa
1.4	19.47	19.71	33.0	0.0	0.0	11200.0	17350.0	0.0	0.0	0.0	ghiaia e sabbia

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m ²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3	73.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	Sisma	73.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	73.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	73.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	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. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	2.3	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...Sisma

Autore: TERZAGHI (1955)

Carico limite [Qult] 221.04 kN/m²
 Resistenza di progetto [Rd] 96.1 kN/m²
 Tensione [Ed] 73.68 kN/m²
 Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] 3.0
 Condizione di verifica [Ed<=Rd] **Verificata**

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 8841.63 kN/m³

A1+M1+R3

CEDIMENTI BURLAND E BURBIDGE

Pressione normale di progetto 73.0 kN/m²
 Tempo 0.0
 Profondità significativa Zi (m) 1.239
 Media dei valori di N_{spt} all'interno di Zi 17.5
 Fattore di forma fs 1.369
 Fattore strato compressibile fh 1
 Fattore tempo ft 1
 Indice di compressibilità 0.031
 Cedimento 1.801 mm

CEDIMENTI BURLAND E BURBIDGE

Pressione normale di progetto	73.0	kN/m ²
Tempo	30.0	
Profondità significativa Zi (m)	1.239	
Media dei valori di N _{spt} all'interno di Zi	17.5	
Fattore di forma fs	1.369	
Fattore strato compressibile fh	1	
Fattore tempo ft	1.5	
Indice di compressibilità	0.031	
Cedimento	2.701	mm

FONDAZIONE D2 DATI GENERALI

Azione sismica	NTC 2018	
Zona	Via Rimembranze Abbiate Guazzone	
Lat./ Long. [WGS84]	45.699023/8.924463	
Larghezza fondazione	0.8	m
Lunghezza fondazione	3.9	m
Profondità piano di posa	1.2	m
Altezza di incastro	0.5	m
Profondità falda	40.0	

SISMA

Accelerazione massima (ag/g)	0.058
Effetto sismico secondo Paolucci e Pecker (1997)	
Coefficiente sismico orizzontale	0.0116

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.15	2.58	0.16
S.L.D.	50.0	0.19	2.55	0.17
S.L.V.	475.0	0.38	2.63	0.28
S.L.C.	975.0	0.46	2.67	0.31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.225	0.2	0.0046	0.0023
S.L.D.	0.285	0.2	0.0058	0.0029
S.L.V.	0.57	0.2	0.0116	0.0058
S.L.C.	0.69	0.2	0.0141	0.007

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [kN/m ³]	Peso unità di volume saturo [kN/m ³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [kN/m ²]	Coesione non drenata [kN/m ²]	Modulo Elastico [kN/m ²]	Modulo Edometrico [kN/m ²]	Poisson	Coeff. consolid. primaria [cmq/s]	Coeff. consolidazione secondaria	Descrizione
0.3	18.0	19.0	30.0	0.0	0.0	5000.0	8000.0	0.0	0.0	0.0	riporto
1.8	14.66	18.43	29.0	0.0	0.0	3750.0	6800.0	0.0	0.0	0.0	sabbia limosa
6.4	18.24	19.07	31.0	0.0	0.0	8900.0	12600.0	0.0	0.0	0.0	sabbia ghiaiosa
1.4	19.47	19.71	33.0	0.0	0.0	11200.0	17350.0	0.0	0.0	0.0	ghiaia e sabbia

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m ²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3	80.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	Sisma	80.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	80.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	80.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	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. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	2.3	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...Sisma

Autore: HANSEN (1970)

Carico limite [Qult] 240.39 kN/m²
 Resistenza di progetto [Rd] 104.52 kN/m²
 Tensione [Ed] 80.13 kN/m²
 Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] 3.0
 Condizione di verifica [Ed<=Rd] **Verificata**

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 9615.43 kN/m³

A1+M1+R3

CEDIMENTI BURLAND E BURBIDGE

Pressione normale di progetto 80.0 kN/m²
 Tempo 0.0
 Profondità significativa Zi (m) 1.239
 Media dei valori di N_{spt} all'interno di Zi 17.5
 Fattore di forma fs 1.414
 Fattore strato compressibile fh 1
 Fattore tempo ft 1
 Indice di compressibilità 0.031
 Cedimento 2.537 mm

CEDIMENTI BURLAND E BURBIDGE

Pressione normale di progetto	80.0	kN/m ²
Tempo	30.0	
Profondità significativa Zi (m)	1.239	
Media dei valori di N _{spt} all'interno di Zi	17.5	
Fattore di forma fs	1.414	
Fattore strato compressibile fh	1	
Fattore tempo ft	1.5	
Indice di compressibilità	0.031	
Cedimento	3.805	mm

FONDAZIONE E DATI GENERALI

Azione sismica	NTC 2018	
Zona	Via Rimembranze Abbiate Guazzone	
Lat./ Long. [WGS84]	45.699023/8.924463	
Larghezza fondazione	1.2	m
Lunghezza fondazione	2.5	m
Profondità piano di posa	1.2	m
Altezza di incastro	0.5	m
Profondità falda	40.0	

SISMA

Accelerazione massima (ag/g)	0.058
Effetto sismico secondo Paolucci e Pecker (1997)	
Coefficiente sismico orizzontale	0.0116

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.15	2.58	0.16
S.L.D.	50.0	0.19	2.55	0.17
S.L.V.	475.0	0.38	2.63	0.28
S.L.C.	975.0	0.46	2.67	0.31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.225	0.2	0.0046	0.0023
S.L.D.	0.285	0.2	0.0058	0.0029
S.L.V.	0.57	0.2	0.0116	0.0058
S.L.C.	0.69	0.2	0.0141	0.007

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [kN/m ³]	Peso unità di volume saturo [kN/m ³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [kN/m ²]	Coesione non drenata [kN/m ²]	Modulo Elastico [kN/m ²]	Modulo Edometrico [kN/m ²]	Poisson	Coeff. consolid. primaria [cmq/s]	Coeff. consolidazione secondaria	Descrizione
0.3	18.0	19.0	30.0	0.0	0.0	5000.0	8000.0	0.0	0.0	0.0	riporto
1.8	14.66	18.43	29.0	0.0	0.0	3750.0	6800.0	0.0	0.0	0.0	sabbia limosa
6.4	18.24	19.07	31.0	0.0	0.0	8900.0	12600.0	0.0	0.0	0.0	sabbia ghiaiosa
1.4	19.47	19.71	33.0	0.0	0.0	11200.0	17350.0	0.0	0.0	0.0	ghiaia e sabbia

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m ²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3	95.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	Sisma	95.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	95.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	95.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	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. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	2.3	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...Sisma

Autore: HANSEN (1970)

Carico limite [Qult] 286.63 kN/m²
 Resistenza di progetto [Rd] 124.62 kN/m²
 Tensione [Ed] 95.54 kN/m²
 Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] 3.0
 Condizione di verifica [Ed<=Rd] **Verificata**

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 11465.24 kN/m³

A1+M1+R3

CEDIMENTI BURLAND E BURBIDGE

Pressione normale di progetto 95.0 kN/m²
 Tempo 0.0
 Profondità significativa Zi (m) 1.239
 Media dei valori di N_{spt} all'interno di Zi 17.5
 Fattore di forma fs 1.246
 Fattore strato compressibile fh 1
 Fattore tempo ft 1
 Indice di compressibilità 0.031
 Cedimento 3.627 mm

CEDIMENTI BURLAND E BURBIDGE

Pressione normale di progetto	95.0 kN/m ²
Tempo	30.0
Profondità significativa Zi (m)	1.239
Media dei valori di N _{spt} all'interno di Zi	17.5
Fattore di forma fs	1.246
Fattore strato compressibile fh	1
Fattore tempo ft	1.5
Indice di compressibilità	0.031
Cedimento	5.44 mm

FONDAZIONE F1 DATI GENERALI

Azione sismica	NTC 2018	
Zona	Via Rimembranze Abbiate Guazzone	
Lat./ Long. [WGS84]	45.699023/8.924463	
Larghezza fondazione	0.6	m
Lunghezza fondazione	4.65	m
Profondità piano di posa	1.2	m
Altezza di incastro	0.5	m
Profondità falda	40.0	

SISMA

Accelerazione massima (ag/g)	0.058
Effetto sismico secondo Paolucci e Pecker (1997)	
Coefficiente sismico orizzontale	0.0116

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.15	2.58	0.16
S.L.D.	50.0	0.19	2.55	0.17
S.L.V.	475.0	0.38	2.63	0.28
S.L.C.	975.0	0.46	2.67	0.31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.225	0.2	0.0046	0.0023
S.L.D.	0.285	0.2	0.0058	0.0029
S.L.V.	0.57	0.2	0.0116	0.0058
S.L.C.	0.69	0.2	0.0141	0.007

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [kN/m ³]	Peso unità di volume saturo [kN/m ³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [kN/m ²]	Coesione non drenata [kN/m ²]	Modulo Elastico [kN/m ²]	Modulo Edometrico [kN/m ²]	Poisson	Coeff. consolid. az. primaria [cmq/s]	Coeff. consolidazione secondaria	Descrizione
0.3	18.0	19.0	30.0	0.0	0.0	5000.0	8000.0	0.0	0.0	0.0	riporto
1.8	14.66	18.43	29.0	0.0	0.0	3750.0	6800.0	0.0	0.0	0.0	sabbia limosa
6.4	18.24	19.07	31.0	0.0	0.0	8900.0	12600.0	0.0	0.0	0.0	sabbia ghiaiosa
1.4	19.47	19.71	33.0	0.0	0.0	11200.0	17350.0	0.0	0.0	0.0	ghiaia e sabbia

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m ²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3	73.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	Sisma	73.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	73.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	73.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	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. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	2.3	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...Sisma

Autore: TERZAGHI (1955)

Carico limite [Qult] 221.04 kN/m²
 Resistenza di progetto [Rd] 96.1 kN/m²
 Tensione [Ed] 73.68 kN/m²
 Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] 3.0
 Condizione di verifica [Ed<=Rd] **Verificata**

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 8841.63 kN/m³

A1+M1+R3

CEDIMENTI BURLAND E BURBIDGE

Pressione normale di progetto 73.0 kN/m²
 Tempo 0.0
 Profondità significativa Zi (m) 1.239
 Media dei valori di Nspt all'interno di Zi 17.5
 Fattore di forma fs 1.466
 Fattore strato compressibile fh 1
 Fattore tempo ft 1
 Indice di compressibilità 0.031
 Cedimento 1.928 mm

CEDIMENTI BURLAND E BURBIDGE

Pressione normale di progetto	73.0	kN/m ²
Tempo	30.0	
Profondità significativa Zi (m)	1.239	
Media dei valori di N _{spt} all'interno di Zi	17.5	
Fattore di forma fs	1.466	
Fattore strato compressibile fh	1	
Fattore tempo ft	1.5	
Indice di compressibilità	0.031	
Cedimento	2.892	mm

FONDAZIONE F2 DATI GENERALI

Azione sismica	NTC 2018	
Zona	Via Rimembranze Abbiate Guazzone	
Lat./ Long. [WGS84]	45.699023/8.924463	
Larghezza fondazione	1.3	m
Lunghezza fondazione	1.45	m
Profondità piano di posa	1.2	m
Altezza di incastro	0.5	m
Profondità falda	40.0	

SISMA

Accelerazione massima (ag/g)	0.058
Effetto sismico secondo Paolucci e Pecker (1997)	
Coefficiente sismico orizzontale	0.0116

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.15	2.58	0.16
S.L.D.	50.0	0.19	2.55	0.17
S.L.V.	475.0	0.38	2.63	0.28
S.L.C.	975.0	0.46	2.67	0.31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.225	0.2	0.0046	0.0023
S.L.D.	0.285	0.2	0.0058	0.0029
S.L.V.	0.57	0.2	0.0116	0.0058
S.L.C.	0.69	0.2	0.0141	0.007

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [kN/m ³]	Peso unità di volume saturo [kN/m ³]	Angolo di attrito [°]	Coesion e [kN/m ²]	Coesion e non drenata [kN/m ²]	Modulo Elastico [kN/m ²]	Modulo Edometrico [kN/m ²]	Poisson	Coeff. consolid. az. primaria [cmq/s]	Coeff. consolidazione secondaria	Descrizione
0.3	18.0	19.0	30.0	0.0	0.0	5000.0	8000.0	0.0	0.0	0.0	riporto
1.8	14.66	18.43	29.0	0.0	0.0	3750.0	6800.0	0.0	0.0	0.0	sabbia limosa
6.4	18.24	19.07	31.0	0.0	0.0	8900.0	12600.0	0.0	0.0	0.0	sabbia ghiaiosa
1.4	19.47	19.71	33.0	0.0	0.0	11200.0	17350.0	0.0	0.0	0.0	ghiaia e sabbia

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m ²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3	101.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	Sisma	101.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	101.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	101.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesion efficace	Coesion non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	2.3	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...Sisma

Autore: HANSEN (1970)

Carico limite [Qult] 305.64 kN/m²
 Resistenza di progetto [Rd] 132.89 kN/m²
 Tensione [Ed] 101.88 kN/m²
 Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] 3.0
 Condizione di verifica [Ed<=Rd] **Verificata**

CEDIMENTI BURLAND E BURBIDGE

Pressione normale di progetto 101.0 kN/m²
 Tempo 0.0
 Profondità significativa Zi (m) 1.239
 Media dei valori di Nspt all'interno di Zi 17.5
 Fattore di forma fs 1.043
 Fattore strato compressibile fh 1
 Fattore tempo ft 1
 Indice di compressibilità 0.031
 Cedimento 3.444 mm

CEDIMENTI BURLAND E BURBIDGE

Pressione normale di progetto	101.0	kN/m ²
Tempo	30.0	
Profondità significativa Zi (m)	1.239	
Media dei valori di N _{spt} all'interno di Zi	17.5	
Fattore di forma fs	1.043	
Fattore strato compressibile fh	1	
Fattore tempo ft	1.5	
Indice di compressibilità	0.031	
Cedimento	5.166	mm

4 CONCLUSIONI

Sul sito di Via Rimembranze, all'interno del Cimitero di Abbiate Guazzone in corrispondenza del confine Sud, è stata condotta una indagine geognostica volta a valutare le caratteristiche geologico-tecniche del terreno, in previsione della realizzazione di una struttura per l'ampliamento dei Colombari.

L'indagine in campo è stata eseguita attraverso l'esecuzione di due prove penetrometriche dinamiche, una prova H/V per la registrazione dei microtremori ambientali, ai fini del calcolo delle velocità delle onde sismiche e l'inserimento di un micropiezometro allo scopo di verificare la presenza/assenza di acqua nel sottosuolo.

I risultati dell'indagine hanno portato al riconoscimento di un terreno suddiviso in quattro litozone da piano campagna fino alla profondità massima raggiunta dal penetrometro (9,9 m).

A partire da piano campagna sono stati individuati: un livello di riporto spesso circa 30 cm (litozona 1), seguito da uno strato costituito in prevalenza da Sabbia limosa poco addensata (litozona 2) e spesso circa 1,8 m. Al disotto di questo livello è stata riconosciuta una litozona, di spessore 6,4 m, prevalentemente sabbioso ghiaiosa in matrice limosa, mediamente addensata (litozona 3). L'ultima litozona è costituita da Ghiaia e Sabbia in matrice limosa (litozona 4), da mediamente a molto addensata.

Nel corso dell'esecuzione della prova non è stata rilevata la presenza di acqua e le aste in estrazione sono risultate asciutte. L'inserimento di un micropiezometro fino alla profondità di 6 m da piano campagna, in corrispondenza del foro creatosi per la prova DP 1, ha consentito l'esecuzione di misurazioni che non hanno rilevato la presenza di acqua.

L'area di indagine rientra, in base allo Studio Geologico a supporto del PGT di Tradate, in classe di fattibilità 2b ovvero: fattibilità con modeste limitazioni legate prevalentemente alla verifica della portanza dei terreni. La categoria di sottosuolo sismico, determinata attraverso la registrazione dei microtremori ambientali (HVSR), è B.

In base alle caratteristiche del progetto, le valutazioni relative ai carichi ammissibili e ai cedimenti sono state formulate considerando fondazioni superficiali a trave rovescia impostate a -1,2 m da piano campagna.

I cedimenti valutati (con tempo 0 e dopo 30 anni) risultano essere accettabili per ogni tipo di fondazione considerata.

Castelseprio, 21 luglio 2020

Dott. Geol. Michele Salvatore

(Ordine dei Geologi della Lombardia n° iscr. 1326)

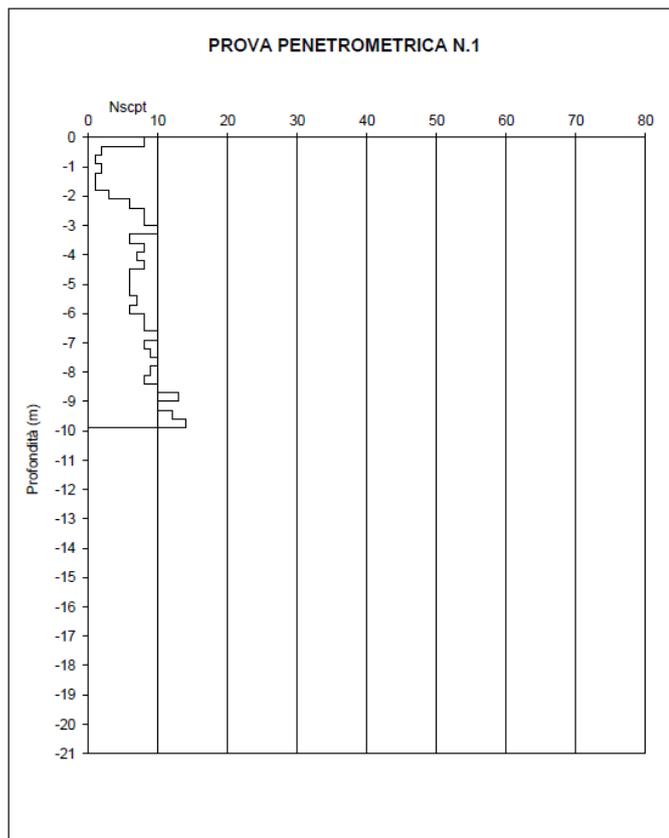
ALLEGATI

Grafici e tabelle prove penetrometriche dinamiche

COMMITTENTE: Michele Salvatore
CANTIERE DI ABBIATE GUAZZONE - VIALE RIMEMBRANZE -
PROFONDITA' DELLA FALDA : NON RILEVATA
DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE : 24/06/20

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA S.C.P.T. (STANDARD A.G.I.)

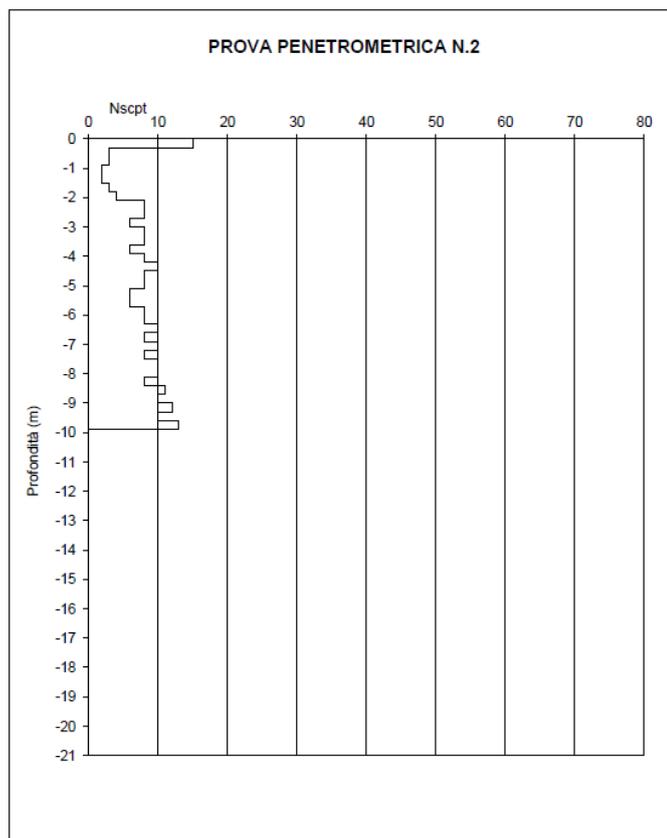
	RP	RL		RP	RL		RP	RL
0	8			10				
	2			9				
	1			8				
	2			10				
-1,5	1		-9	13		-16,5		
	1			10				
	3			12				
	6			14				
	8							
-3	8		-10,5			-18		
	10							
	6							
	8							
	7							
-4,5	8		-12			-19,5		
	6							
	6							
	6							
	7							
-6	6		-13,5			-21		
	8							
	8							
	10							
	8							
-7,5	9		-15			-22,5		



COMMITTENTE: Michele Salvatore
CANTIERE DI ABBIATE GUAZZONE - VIALE RIMEMBRANZE -
PROFONDITA' DELLA FALDA : NON RILEVATA
DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE : 24/06/20

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA S.C.P.T. (STANDARD A.G.I.)

	RP	RL		RP	RL		RP	RL
0	15			10				
	3			10				
	3			8				
	2			11				
-1,5	2		-9	10		-16,5		
	3			12				
	4			10				
	8			13				
	8							
-3	6		-10,5			-18		
	8							
	8							
	6							
	8							
-4,5	10		-12			-19,5		
	8							
	8							
	6							
	6							
-6	8		-13,5			-21		
	8							
	10							
	8							
	10							
-7,5	8		-15			-22,5		



Ricostruzione colonne stratigrafiche

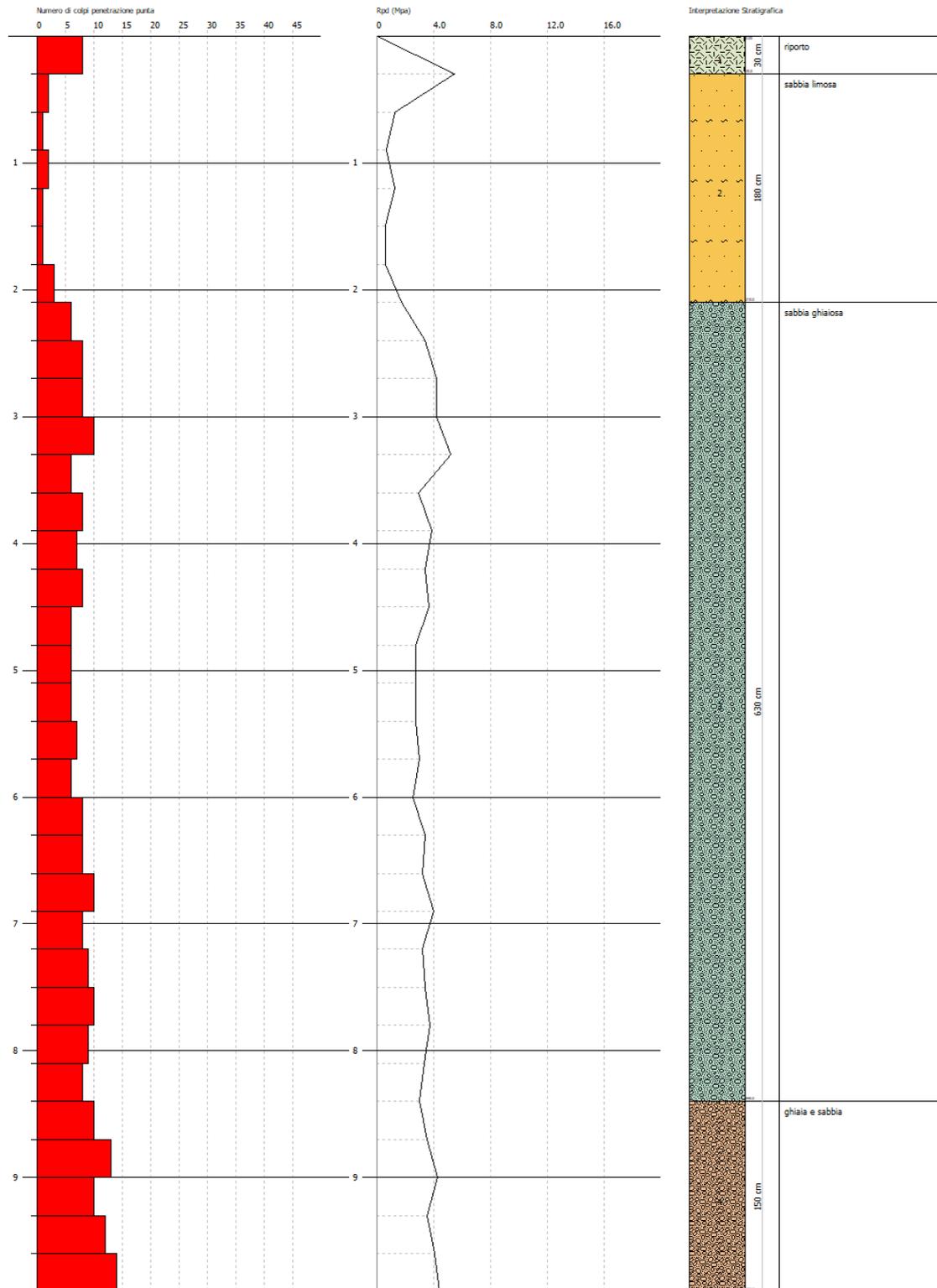
GEOSTRU SOFTWARE SRL
VIA LUNGOMARE
98032 BIANCO RIC ITALY
www.geostru.com

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DP 1
Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI

Committente: Comune di TRADATE
Cantiere: Cimitero Abbiate
Località: Via Rimembranze

Data: 24/06/2020

Scala 1:44



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

Dott. Geol. Michele Salvatore
Via Dante Alighieri 239/b
Castelseprio (VA)

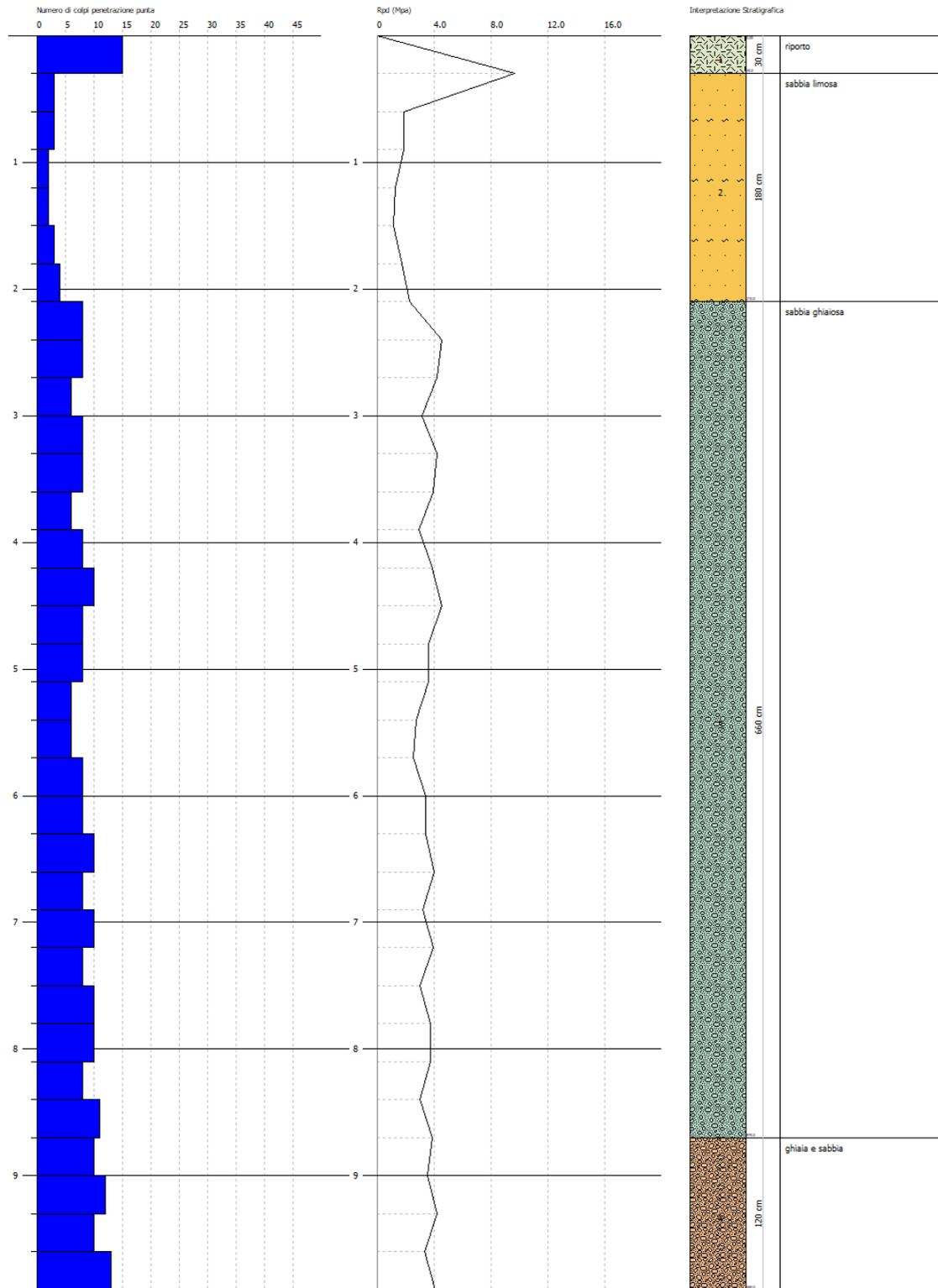
GEOSTRU SOFTWARE SRL
 VIA LUNGOMARE
 89032 BIANCO RC ITALY
 www.geostru.com

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DP 2
Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI

Committente: Comune di TRADATE
 Cantiere: Cimitero Abbiate
 Località: Via Rimembranze

Data: 24/06/2020

Scala 1:44



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

Dott. Geol. Michele Salvatore
 Via Dante Alighieri 239/b
 Castelseprio (VA)

Spettro frequenze da prova H/V

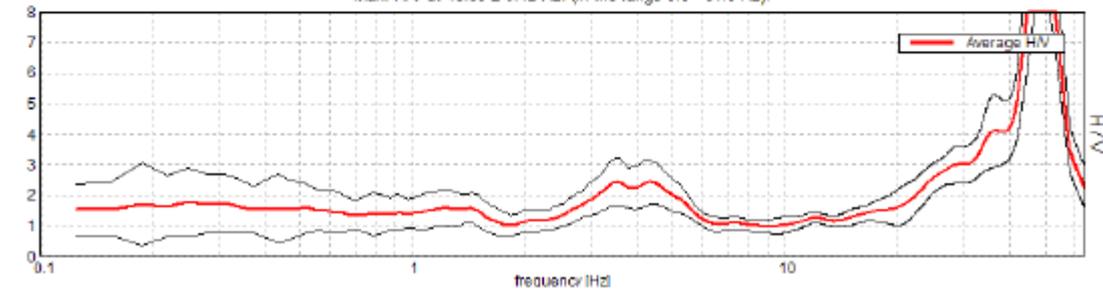
TRADATE (VA), CIMITERO ABBIATE

Strumento: TRZ-0179/01-12
Inizio registrazione: 07/07/20 13:19:03 Fine registrazione: 07/07/20 13:39:03
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

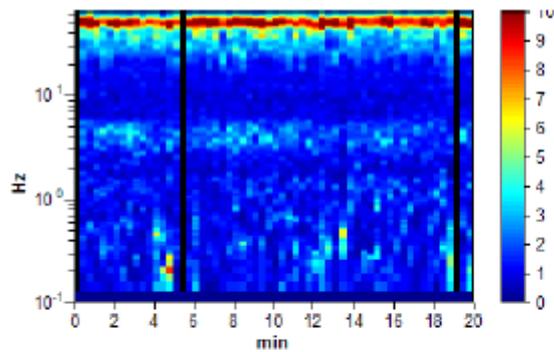
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 95% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

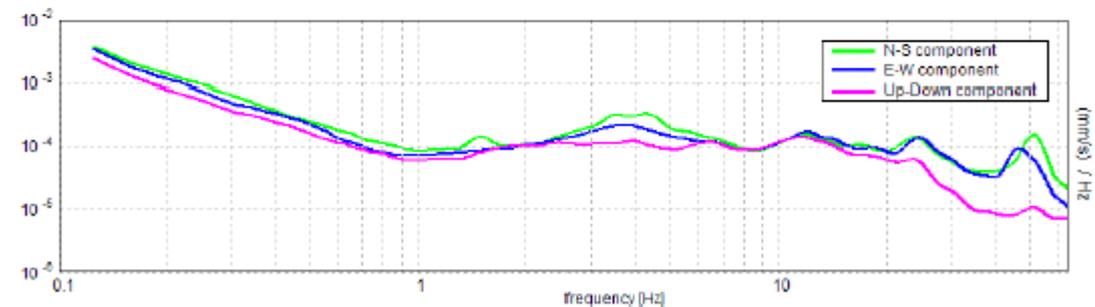
Max. H/V at 48.69 ± 0.12 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



SERIE TEMPORALE H/V

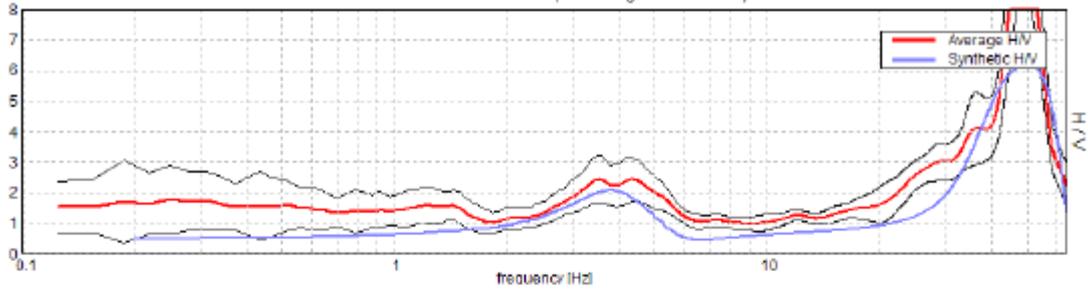


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



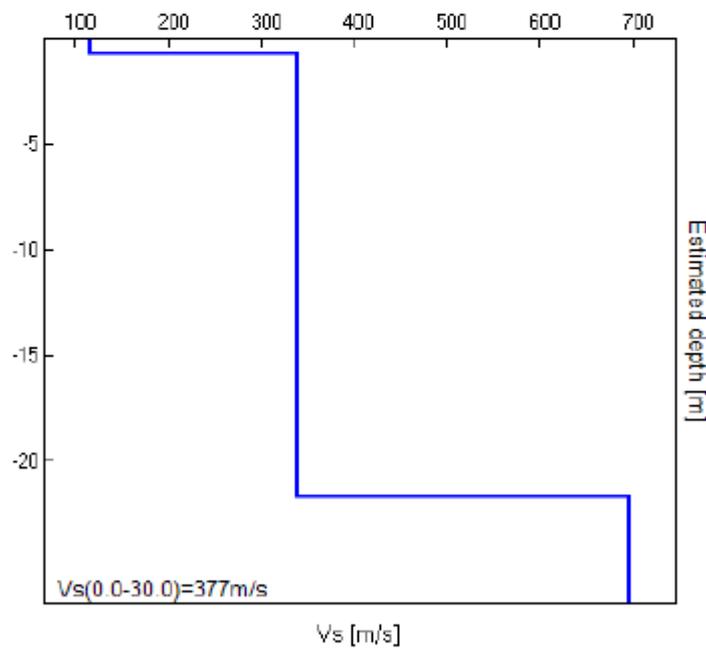
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 48.69 ± 0.12 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz)



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.70	0.70	118	0.35
21.70	21.00	340	0.35
inf.	inf.	695	0.35

Vs(0.0-30.0)=377m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 48.69 ± 0.12 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	48.69 > 0.50	OK	
$n_0(f_0) > 200$	55503.8 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1270	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	42.031 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	56.406 Hz	OK	
$A_0 > 2$	10.13 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00122 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.05922 < 2.43438	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.6923 < 1.58	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20