

COMUNE DI CAVERNAGO

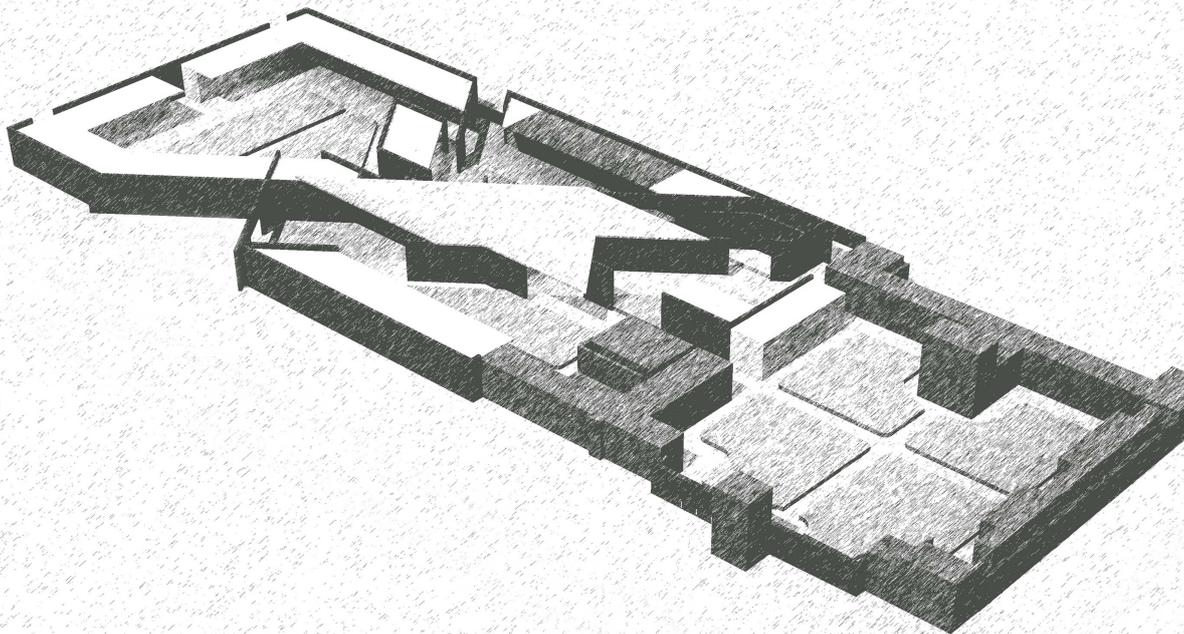
Provincia di Bergamo

PIANO REGOLATORE CIMITERIALE



PIANO REGOLATORE CIMITERIALE

data	descrizione	elaborato	verificato
03/12/12	1° Bozza	ft/frc	mf
20/09/13	2° Bozza a seguito revisione ASL	dfp	mf
03/02/14	Consegna Febbraio 2014	dfp	mf



allegato

oggetto

05

Relazione geologica

Archivio\C\comuni\cavernago\655_12 Prc\07.P.R.C.\001-Consegna_Feb14

prot. 655_12

Studio Facchinetti & Partners - Architetti Associati

Sede legale: 24060 Casazza - Bergamo - Italia, Piazza della Pieve n.1

Sedi operative: BERGAMO MILANO BELGRADO

Sede di riferimento: 24125 - Bergamo - Italia, via Daste e Spalenga n.45

T. +39 - 035 300359 F. +39 - 035 4236322

e.mail: info@facchinetti-partners.com

<http://www.facchinetti-partners.com>

F A C C H I N E T T I
&
P A R T N E R S
A R C H I T E T T I A S S O C I A T I
MASSIMO FACCHINETTI CARLO BONO ALESSANDRA BOCCALARI

timbro



Hattusas s.r.l. Consulenze nel campo vasto della geologia e dell'ambiente
Via Vespucci 47 – 24060 Grassobbio (BG)
Tel. e fax 035 4425112 E-mail info@hattusas.it

COMUNE DI CAVERNAGO

Committente

Amministrazione Comunale

PIANO CIMITERIALE COMUNALE

Relazione geologico-geotecnica

Grassobbio (BG), dicembre 2012

Dr. Geol. Andrea Gritti

Iscrizione Ordine dei Geologi della Lombardia n. 1461






INDICE

PREMESSA	3
LINEAMENTI GENERALI DELL'AREA	4
Inquadramento geografico-ambientale	4
Quadro vincolistico di riferimento	6
Inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico	7
CAMPAGNA DI CARATTERIZZAZIONE GEOGNOSTICA	11
INDAGINE SISMICA	11
RELAZIONE GEOTECNICA	17
STRATIGRAFIA GEOLOGICO TECNICA	17
VALUTAZIONE DEGLI STATI LIMITE ULTIMI E DI ESERCIZIO (SLU, SLE)	19
Geometria della fondazione	24
Condizioni di carico	27
Conclusioni	35
CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE	35
RELAZIONE SISMICA	36
Classificazione del sito	36
CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	38

ALLEGATO

Parametri sismici



PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Cavernago, è stato predisposto il presente rapporto geologico che illustra le caratteristiche del sottosuolo ricadente presso l'ambiti cimiteriali comunali in via Giuseppe Ungaretti.

Le considerazioni espone nel presente elaborato aderiscono alla normativa vigente riferita al T.U. sui lavori pubblici DM 14 gennaio 2008 e alle normative in materia di piani cimiteriali.

Il progetto viene esposto nelle planimetrie fornite dallo Studio Facchinetti & Partners - Architetti Associati.

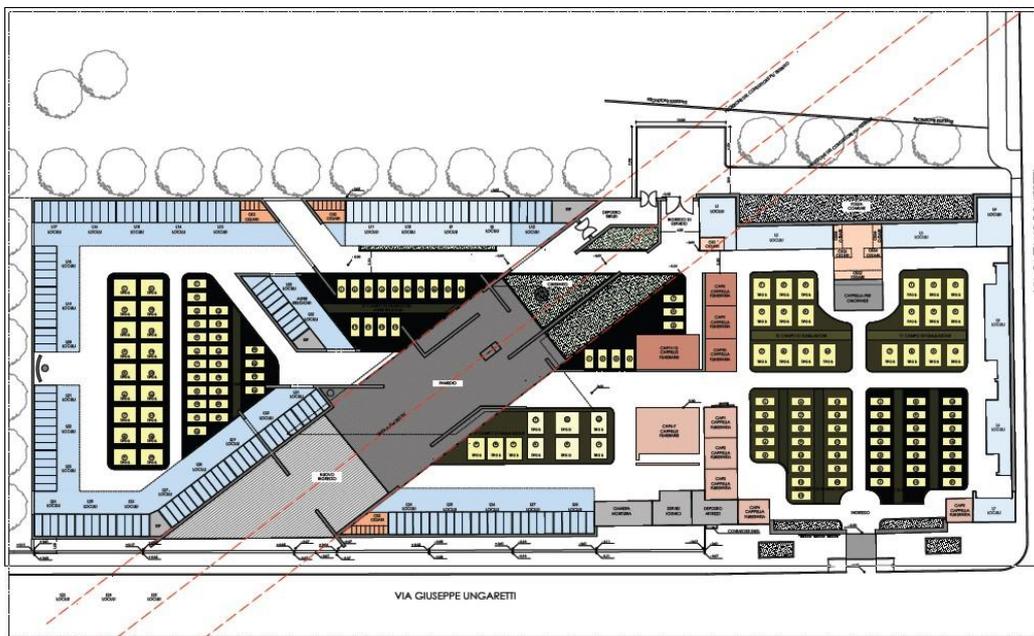


Figura 1: Planimetria Planimetria dell'area



LINEAMENTI GENERALI DELL'AREA

Inquadramento geografico-ambientale

L'area oggetto di indagine è ubicata ad una quota di circa 193 m s.l.m., è caratterizzata da una morfologia pianeggiante, ed è collocata in un contesto urbanizzato a sud del centro abitato di Cavernago .

Con la presenza dei tecnici progettisti incaricati sono stati dunque eseguiti alcuni sopralluoghi in sito, per la valutazione generale dello stato di fatto e si sono poi concordate le modalità operative di indagine.

I parametri raccolti hanno poi consentito di ricavare valori di portanza relativi al piano di posa delle fondazioni e di fornire la caratterizzazione sismica delle aree di progetto secondo la normativa vigente.

Le informazioni ricavate ed elaborate con opportuni software e le conclusioni sono descritte nella presente relazione.



Figura 2 - Ortofotografia del sito di intervento (fonte: RL volo IT2000 2007).



L'esatta ubicazione dell'area è visibile nelle immagini sotto riportate. La base topografica è costituita dalla C.T.R. della Regione Lombardia.

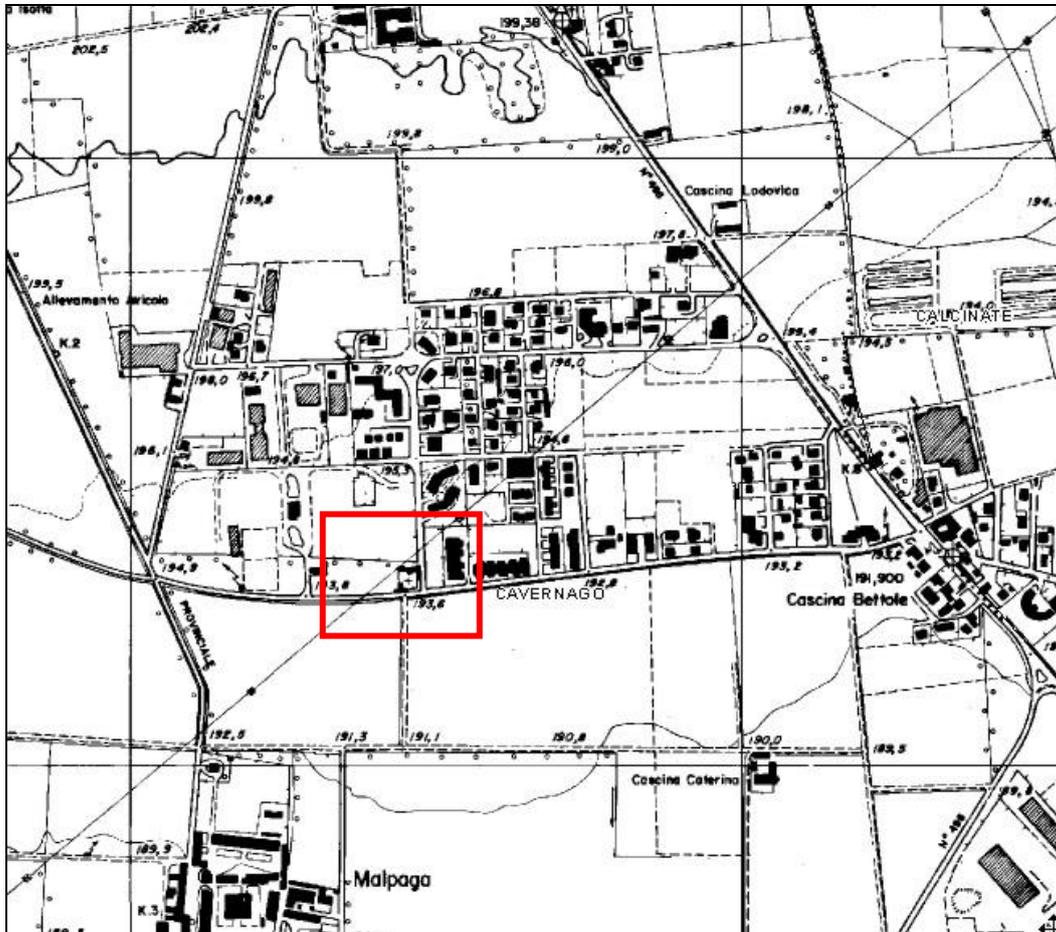


Figura 3 – Corografia dell'area cimiteriale su base C.T.R.



Quadro vincolistico di riferimento

Dalla disamina degli strumenti normativi di riferimento, è emerso che l'area di intervento, secondo il SITER Provinciale, non è inserita fra le aree interessate da fenomeni di dissesto attivo o quiescente.

Secondo la carta del vincolo idrogeologico (ex R.D. n. 3267 del 1923, ex L.r. n. 8/76, ex L.r. n. 27/04; L.r. n. 31/08; L.r. n. 12/05 e s.m.i.) consultabile sul SITER della Provincia di Bergamo, le aree non ricade in ambiti interessati da questo vincolo.

Relativamente agli altri vincoli ambientali, il sito in esame:

- non ricade in ambito sottoposto a Vincolo idrogeologico (ex R.D. n. 3267/23);
- non ricade in biotopo o geotopo d'interesse Regionale o Nazionale;
- non ricade nel limite dei Parchi Regionali (L.r. 86/83, art. 1, lett. b);
- non ricade nel limite delle Riserve naturali (L.r. 86/83, art. 1, lett. c);
- non ricade in aree con Monumenti naturali (L.r. 86/83, art. 1, lett. d);
- non ricade in aree di rilevanza naturale e ambientale (L.r. 86/83, art. 1, lett. e);
- non ricade nelle Aree di elevata naturalità di cui all'art. 17 del P.T.P.R.;
- non ricade in ambito S.I.C. o Z.P.S.



Inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico

L'area oggetto delle indagini è collocata in una zona pianeggiante e in un contesto

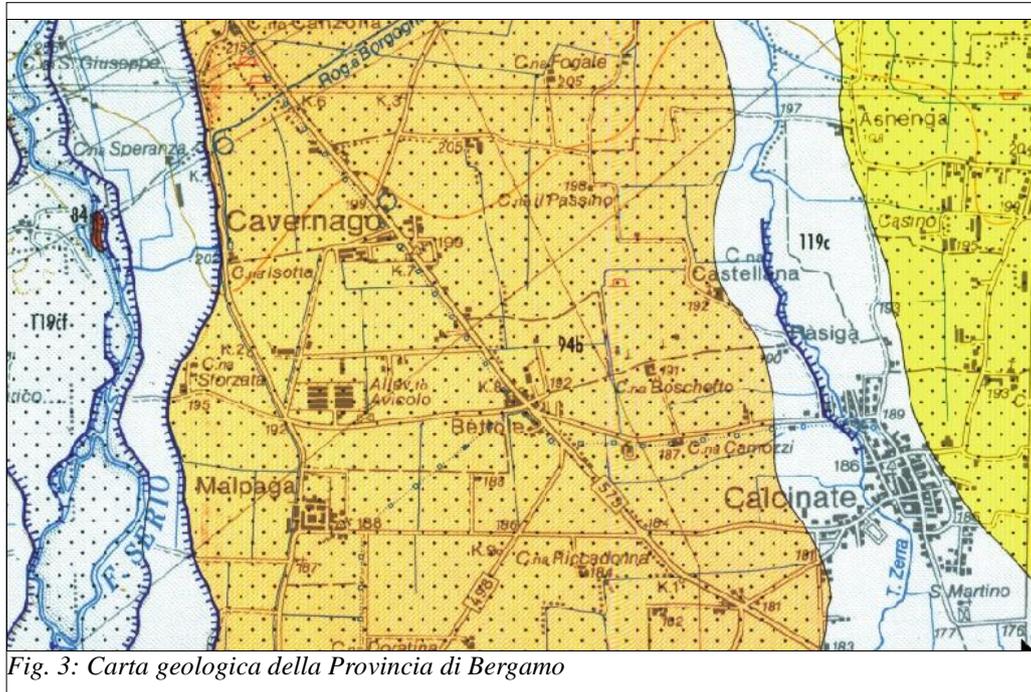


Fig. 3: Carta geologica della Provincia di Bergamo

urbanizzato e collocato in prossimità della strada S573 che collega Bergamo a Brescia che si trova poco più ad est.

L'assetto geologico di riferimento, nei dintorni di Cavernago, è quello caratteristico dell'alta pianura fluvioglaciale, che si caratterizza per la presenza di livelli del substrato caratterizzati da ciottoli, ghiaie in matrice sabbioso-limoso.

Spesso i depositi riferibili alle diverse fasi deposizionali non sono facilmente distinguibili; in ogni caso, per maggiori e più completi dettagli relativi alla caratterizzazione geologica dell'area, si rimanda a pubblicazioni o studi di maggiore dettaglio e specificamente rivolti a descrivere le condizioni geologiche di riferimento.

Le aree in prossimità dei siti in esame, appartengono al Complesso del Serio che riunisce corpi sedimentari formati in un intervallo di tempo compreso tra la deposizione del Complesso di Ponte della Selva e l'Olocene, quindi entro il Pleistocene superiore e più probabilmente nella sua parte terminale. Esso



comprende l'ultima grande avanzata glaciale, non essendo però possibile dimostrare l'isocronia delle varie unità non si può escludere che almeno una parte dei depositi considerati siano da riferirsi a fasi precedenti”.

In particolare, i suoli delle aree oggetto di studio appartengono all'Unità di Cologno i quali sono composti da depositi fluvio-glaciali: ghiaie a supporto clastico con matrice sabbiosa, prevalentemente da medio - grossolane a grossolane, in subordinate molto grossolane con locale presenza di massi. Da mediamente selezionate a ben selezionate nelle aree più a S; da arrotondate a sub-arrotondate e discoidali. Stratificazione sub-orizzontale grossolana; in subordinate stratificazione incrociata concava; presente gradazione diretta ed embricatura a basso angolo.

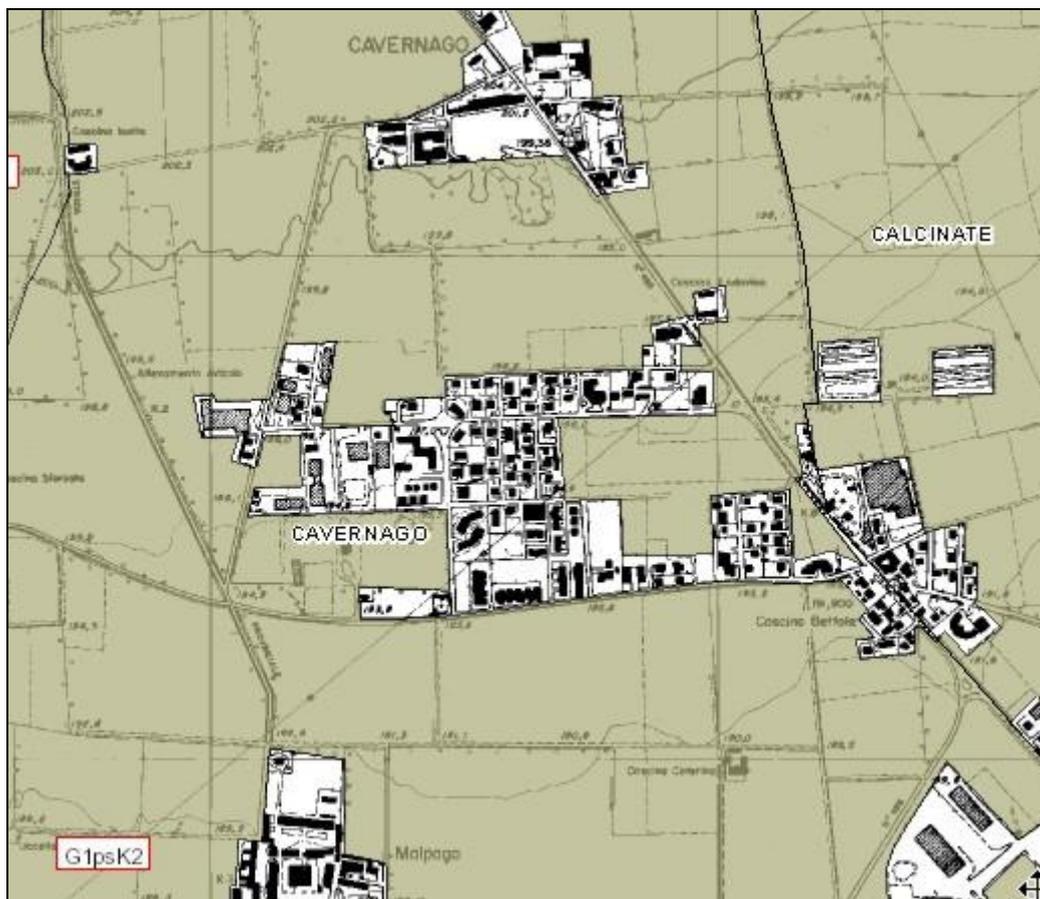


Figura 4: Carta litologica della Provincia di Bergamo

Presenti strati sabbiosi e lenti a laminazione orizzontale ed incrociata a basso angolo; locali lenti di limi. Localmente la sommità mostra una copertura di limi argillosi. Cementazione diffusa, scarsa. I profili pedologici maggiormente diffusi



sull'Unità mostrano: colore dell'orizzonte argillico variabile da bruno al bruno giallastro scuro, raramente bruno rossastro; i limi argillosi presenti localmente alla sommità delle ghiaie presentano un colore bruno scuro e sono caratterizzati da Inceptisuoli o Alfisuoli poco espressi. L'orizzonte argillico sviluppato sulle ghiaie presenta spessori variabili da 20 a 60 cm; il fronte di de-carbonatazione raggiunge una profondità massima osservata di 110 cm, ma localmente è presente matrice calcarea già a 50-60 cm.

Il Complesso del Serio riunisce corpi sedimentari formati in un intervallo di tempo compreso tra la deposizione del Complesso del Ponte di Selva e l'Olocene, quindi entro il Pleistocene superiore è più probabilmente nella sua parte terminale. Esso comprende l'ultima grande avanzata glaciale, non essendo però possibile dimostrare l'isocronia delle unità descritte non si può escludere che almeno una parte dei depositi considerati siano da riferirsi a fasi precedenti.

CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE E PIEZOMETRIA

Come noto, il sottosuolo della pianura lombarda risulta caratterizzato da tre unità idrogeologiche principali:

Aquifero superficiale o primo acquifero

Rappresentato dalle alluvioni oloceniche e dai depositi fluvioglaciali recenti, è costituito da sedimenti ghiaioso-sabbiosi con scarse lenti argillose e contiene falde libere a trasmissività in genere elevata; presenta spessori variabili da pochi metri nell'alta pianura fino ad un massimo di alcune decine di metri nella media pianura, mentre nella bassa pianura torna a ridursi fino a circa una decina di metri. I terreni del primo acquifero sono alimentati direttamente dalle piogge, dai corsi d'acqua e dalle irrigazioni; l'alimentazione è successivamente trasmessa alle falde degli acquiferi sottostanti.



Acquifero tradizionale o secondo acquifero

Rappresentato dai depositi fluvioglaciali antichi e dal cosiddetto “Ceppo”, contiene falde semiconfinate o confinate a media trasmissività. L'acquifero è costituito da paleovalvi permeabili scavati all'interno di sedimenti argilloso-limosi più antichi, che si comportano come diaframmi impermeabili o semipermeabili; esso è dunque caratterizzato da diversi livelli produttivi di spessore ridotto, separati da aquicludes o da aquitard, che possiedono una rilevante continuità laterale. L'acquifero raggiunge spessori complessivi variabili da 60-80 m nell'alta pianura fino ad oltre 100m nella media e bassa pianura (con spessori massimi intorno ai 180 m), attestandosi attorno ai 40 m in prossimità del Po.

Nell'alta pianura la mancanza di continuità nei livelli argilloso-limosi favorisce il passaggio delle acque dalla prima alla seconda falda, tanto da poter considerare il sistema dei due acquiferi come se fosse costituito da un unico complesso acquifero; i carichi piezometrici attribuibili alla prima ed alla seconda falda si differenziano gradualmente dalla media alla bassa pianura, dove gli interscambi fra i due acquiferi sono più ridotti, inducendo notevoli differenze tra i loro bilanci idrici.

Acquifero profondo o terzo acquifero

Rappresentato dall'unità nota in letteratura come “Villafranchiano” che verso il basso passa gradualmente ai sedimenti marini plio-quadernari a bassa permeabilità, è costituito da banchi argillosi anche molto spessi e continui ai quali sono intercalati lenti e banchi di ghiaie e sabbie. Si tratta di un acquifero tipicamente multistrato che contiene falde confinate a bassa trasmissività che ricevono alimentazione dagli altri acquiferi dove l'erosione ha intagliato i livelli argillosi sovrastanti.



CAMPAGNA DI CARATTERIZZAZIONE GEOGNOSTICA

Quadro ricognitivo e indagini preliminari

La prima fase di indagine si è basata sulla ricerca bibliografica delle caratteristiche stratigrafiche dei terreni presenti in sito. Successivamente, sono stati presi come riferimento i risultati di indagini eseguiti in prossimità del sito in esame. Fra le indagini ricordiamo l'esecuzione di un sondaggio geognostico ubicato a poca distanza dal cimitero.

INDAGINE SISMICA

Introduzione

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla “pericolosità sismica di base”, in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

La consultazione di vari cataloghi sismici (Catalogo ISC, Catalogo macrosismico dell'Istituto Nazionale di Geofisica, ecc...) ha permesso la raccolta di numerosi dati indicanti un'ampia “case history” riguardante i terremoti avvenuti all'interno del territorio italiano. Una prima considerazione che si può ottenere dando una rapida occhiata alla figura seguente è che nell'area di nostro interesse, nel lasso di tempo considerato, non vi sono mai stati terremoti con magnitudo > 6 .

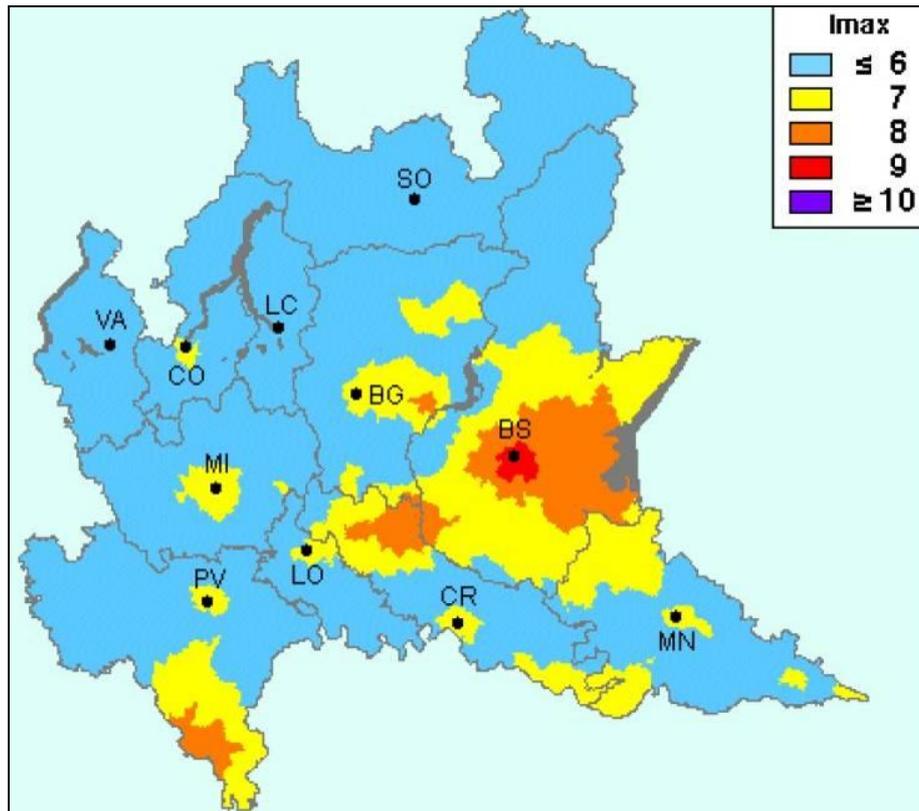


Figura 5 - Distribuzione delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni lombardi.

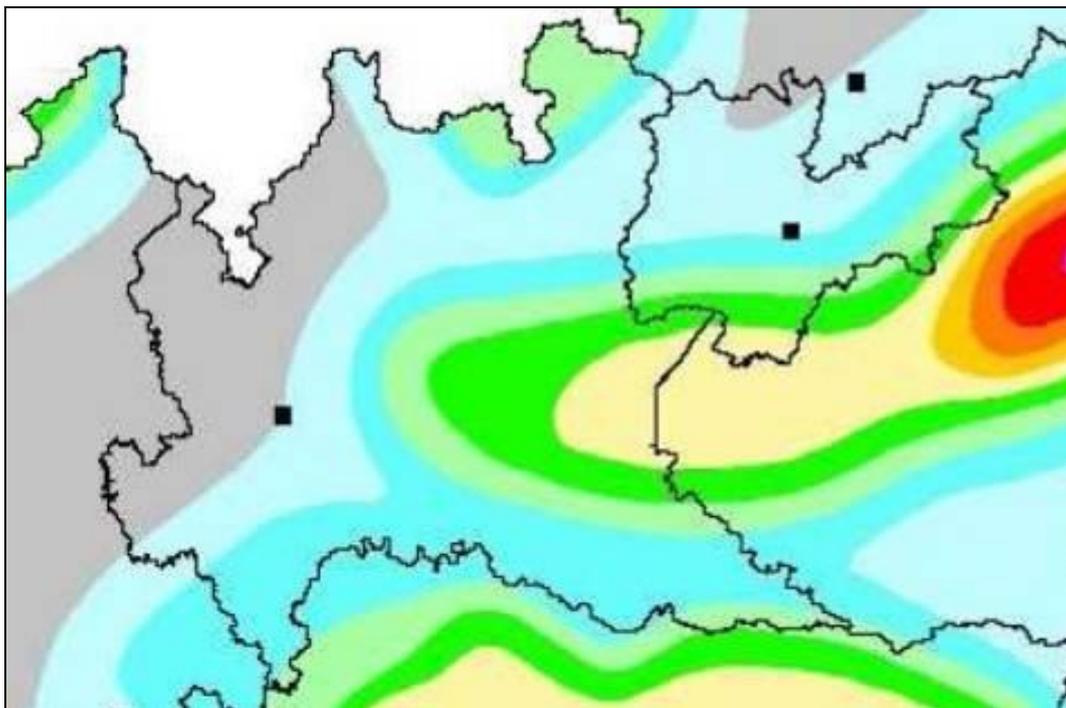


Figura 6 - Carta della pericolosità sismica.



Le zone sismogenetiche che potrebbero potenzialmente influenzare l'area di nostro interesse, capaci cioè di fare risentire all'interno della zona di studio moti sismici significativi, sono le seguenti:

- zona sismogenetica del Friuli;
- zona sismogenetica del Monte Baldo;
- zona sismogenetica del Veronese, che comprende il Veronese pedemontano, i Monti Lessini e, ad Ovest, la struttura del “Gomito del Garda”. La zona presenta motivi strutturali importanti che producono un campo di sollecitazione complesso. L'intensità massima registrata è del X MCS (Terremoto del 1117); altri eventi significativi sono il terremoto di Verona IX MCS (1410), un terremoto del 1478 e del 1492 con intensità massima VIII MCS. La massima magnitudo registrata è invece pari a 4,5 M (1968);
- zona sismogenetica del Bresciano e del Bergamasco: essa presenta un quadro strutturale analogo a quella dell'area del Gomito del Garda in quanto si riconosce anche qui un accentuato sistema di embricazione in corrispondenza di una torsione situata più all'interno, mentre, più ad Ovest, nell'area di Bergamo, si osserva una sismicità attribuibile al riattivarsi del sistema strutturale pedemontano. La sismicità più importante si manifesta nei centri sismici di Brescia, di Salò e lungo il sistema Triumplino. L'intensità massima registrata è del IX MCS (terremoto di Brescia 1222 e Bergamo 1661). La massima magnitudo registrata è invece pari a 4,5 M (1960 terremoto di Vestone);
- zona sismogenetica dell'Engadina;

Per quanto riguarda la sismicità locale essa può essere considerata potenzialmente pericolosa per la vicinanza a due zone sismogenetiche molto attive, quella bresciana e bergamasca e quella del veronese.

In definitiva risulta quindi che i livelli di sismicità rilevabili nella zona di interesse sono dovuti a movimenti provenienti da queste ultime due zone sismogenetiche e caratterizzate da una debole-modesta sismicità locale. Le caratteristiche



sismogenetiche dell'area ben si inquadrano e si giustificano su basi geologiche e tettoniche, sia per quanto riguarda l'ubicazione degli ipocentri, sia per quanto riguarda la potenzialità sismica dei vari eventi. In conclusione, visti i dati raccolti, si possono escludere eventi sismici di intensità superiore a quelli già osservati in tempi storici e i livelli di sismicità attesi sono tali da includere l'area di progetto fra le aree classificate come zone sismiche.

Questo è in accordo con la classificazione dei Comuni a rischio sismico effettuata dal SSN (Servizio Sismico Nazionale).

Il Comune di Cavernago in cui ricade l'area in esame, è classificato in classe 3^a ai sensi della recente Ordinanza del PCM n. 3274 del 20/03/2003, "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" (aggiornamenti al 10.10.03).

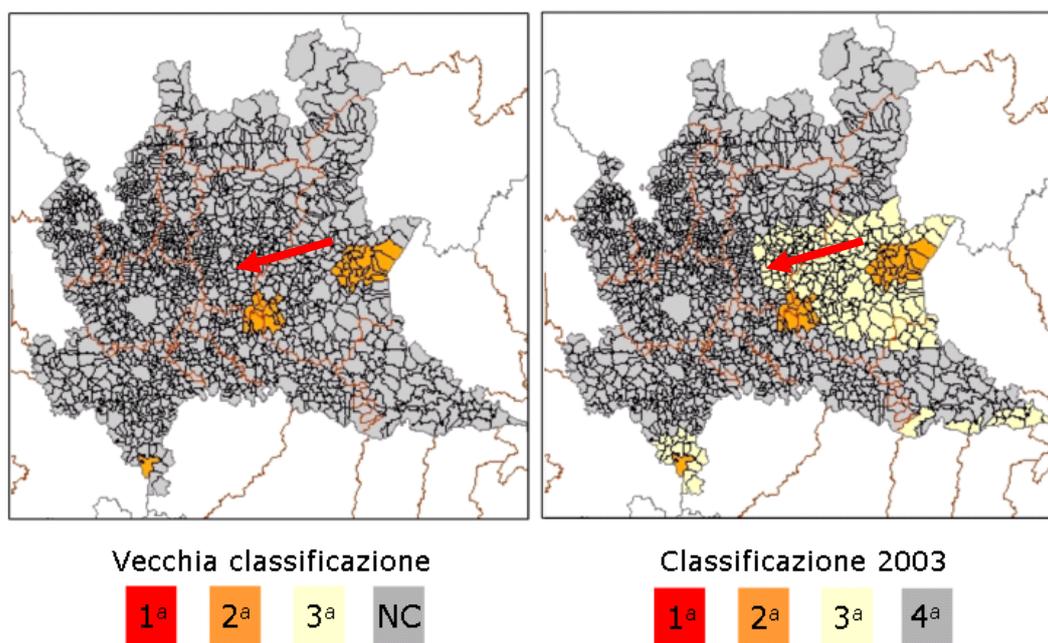


Figura 7 - Attuale classificazione sismica della Regione Lombardia.

La nuova proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale deriva dagli sviluppi e dai risultati delle ricerche nel campo della determinazione della



pericolosità di base, con la continua revisione ed aggiornamento dei cataloghi storici, dei modelli e calcoli dell'attenuazione al sito e dalle nuove determinazioni nel campo della zonazione geologico-strutturale del territorio. In base alla nuova proposta risulterebbe che in Lombardia diminuirebbe la pericolosità di base (terremoti con intensità probabilistica minore), ma aumenterebbero i comuni sismici, specie nell'area dell'Oltrepò Pavese, dove peraltro attualmente solo Varzi è classificato come sismico. Anche nell'area bresciana è previsto un aumento del numero di comuni sismici e, inoltre, a differenza della classificazione attuale, saranno individuate le tre categorie sismiche già determinate a livello nazionale ma non ancora individuate sul territorio regionale. Gli scenari di rischio in caso di evento per la nostra regione sono molto differenziati in funzione dell'entità del fenomeno sismico atteso: si passerebbe da danni minimi agli edifici per valori di intensità basse, al crollo di strutture per edifici antichi o strutturalmente già precari e danni alle infrastrutture.



Contenuti dell'indagine sismica

Una particolare attenzione è stata rivolta, nell'ambito delle elaborazioni e delle interpretazioni tecniche, all'applicazione della nuova normativa in materia di rischio sismico sezione 3.2.2 del DM 14 gennaio 2008 “Categorie di suolo e condizioni topografiche” che sostituisce integralmente l'OPCM 3274/2003 (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del marzo 2003).

In particolare, sono state affrontate le problematiche relative:

- alla caratterizzazione del sito da un punto di vista sismico;
- alla stima degli effetti di sito, in particolare al calcolo dell'amplificazione sismica e degli spettri di risposta elastici del terreno;
- alla valutazione dell'influenza del sisma sul comportamento meccanico del terreno.

La caratterizzazione del sito consente di valutare qualitativamente la vulnerabilità sismica dell'area indagata, mentre la classificazione a livello comunale viene formalmente mantenuta. Il calcolo del terremoto di progetto permette di stimare la massima intensità sismica prevedibile nel sito in corrispondenza di un determinato tempo di ritorno. Combinando la caratterizzazione del sito con il terremoto di progetto è possibile valutare in modo quantitativo o semi-quantitativo gli effetti di sito e in particolare l'accelerazione sismica in superficie. Nota questa grandezza si può precedere alla stima delle forze dinamiche agenti sull'opera e agli effetti del sisma sul comportamento meccanico del terreno.

Per quanto riguarda l'azione sismica, il DM 14 gennaio 2008 prevede l'impiego dei valori di base considerando una griglia di lato di circa 5 km. Secondo quanto disposto dalla precedente Ordinanza 3274, **il territorio di Cavernago (Bg) viene classificato nella Zona 3 di rischio sismico.**



RELAZIONE GEOTECNICA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

Le indagini eseguite in prossimità del sito in esame hanno mostrato che la stratigrafia dei terreni presenti nell'area è relativamente semplice entro i primi metri di profondità; l'interpretazione dei dati forniti dalle prove consente infatti di riconoscere la presenza, al di sotto di un primo orizzonte costituito da livelli di ghiaie in abbondante matrice limo-argillosa che si alternano a strati leggermente più argillose a livelli costituiti da argille nere nei livelli più profondi.

L'interpretazione e l'elaborazione dei dati forniti delle prove SPT in foro ha consentito di attribuire agli orizzonti attraversati i parametri litotecnici di seguito riportati.

Maggiori informazioni sono evidenziate nelle tabelle e nei grafici allegati alla presente relazione. Risulta a carico del progettista l'accertamento delle reali condizioni geotecniche specificate nella seguente relazione; qualora si riscontrassero difformità si dovrà immediatamente provvedere alle necessarie integrazioni dell'indagine.

Le prove Spt effettuate avevano evidenziato un aumento dei valori con l'aumento della profondità di indagine, tendenzialmente oltre i 5 metri di profondità, essenzialmente dovuti ad alternanze di livelli ghiaiosi con livelli debolmente limoso-argillosi. Intorno ai 13-14 metri di profondità si è evidenziato un locale aumento delle percentuali di limo-sabbioso a scapito della frazione ghiaiosa, quest'ultima si riconferma poi nel rimanente tratto di colonna investigata.

STRATIGRAFIA GEOLOGICO TECNICA

L'elaborazione dei dati di terreno, implementati dalle prove geotecniche eseguite, hanno permesso di definire il substrato attraversato, sotto forma di unità geotecniche, assegnando indici di qualità alla roccia e descrivendo i terreni secondo il sistema USCS mediante dati bibliografici; ai dati geotecnici si sono aggiunti i risultati delle prove sismiche in foro che hanno permesso di meglio definire le unità.



<i>orizzonte</i>	<i>A</i>	<i>B</i>
denominazione	Ghiaie e ciottoli in matrice limosa	Limi e argille sabbiose con rare ghiaie
spessore	0 – 13 mt	13 – 15 mt
coerenza	Incoerente-subcoerente	subcoerente
USCS		
1 E	368 - 1000	1326
2 G	130 -300	500
3 v	0,42	0,44
4 Dvp	500-1000	1500
5 Dvs	240 - 400	500

Non essendo stato possibile eseguire indagini in sito tali parametri andranno verificati puntualmente dall'impresa escuttrice delle opere in presenza del geologo incaricato.

¹Modulo di Young medio E

²Modulo di taglio in Mpa

³V= coefficiente di Poisson

⁴Dvp= velocità onde compressive

⁵Dvs= velocità onde trasversali



VALUTAZIONE DEGLI STATI LIMITE ULTIMI E DI ESERCIZIO (SLU, SLE)

Premessa

Le ipotesi progettuali prevedono l'ampliamento del cimitero comunale. La committenza non ha previsto l'esecuzione di indagini dirette in sito, pertanto l'indagine ha previsto una ricerca bibliografica al fine di determinare i parametri caratteristici del sito.

Per il calcolo dei parametri meccanici dei terreni e della capacità portante, si sono per semplicità ipotizzate fondazioni nastriformi; si ricorda, in ogni caso, che in ultima analisi è specifica competenza del tecnico strutturista la scelta e il dimensionamento delle tipologie di fondazioni ritenute più idonee alla soluzione ottimale del problema geotecnico specifico.

In ottemperanza alle Nuove Norme Tecniche, per le verifiche allo Stato Limite Ultimo (S.L.U.) dovrà necessariamente essere verificata dallo strutturista la seguente relazione:

$$Ed \leq Rd \quad (1)$$

dove:

- Rd: valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico;
- Ed: valore di progetto dell'azione o degli effetti delle azioni;

Ai fini della verifica sono state ipotizzate fondazioni a plinto collocate ad una profondità di 1 metri dal p.c. I carichi usati per le verifiche sono del tutto indicativi, per cui la verifica allo stato limite ultimo andrà effettuata dal tecnico strutturista una volta determinati i carichi.

I risultati sono di seguito esposti.



Normative di riferimento

- Legge n. 1086 del 05/11/1971.
- Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge n. 64 del 02/02/1974.
- Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.
- Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.
- Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996
- Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche
- D.M. 16 Gennaio 1996
- Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'
- D.M. 16 Gennaio 1996
- Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.
- Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.
- Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)
- Circolare 617 del 02/02/2009



- Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi sul terreno di fondazione deve essere superiore a η_q . Cioè, detto Q_u , il carico limite ed R la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$Q_u / R \geq \eta_q$$

Terzaghi ha proposto la seguente espressione per il calcolo della capacità portante di una fondazione superficiale.

$$q_u = cN_c s_c + qN_q + 0.5B\gamma N_\gamma s_\gamma$$

La simbologia adottata è la seguente:

- c coesione del terreno in fondazione;
- ϕ angolo di attrito del terreno in fondazione;
- γ peso di volume del terreno in fondazione;
- B larghezza della fondazione;
- D profondità del piano di posa;
- q pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I fattori di capacità portante sono espressi dalle seguenti relazioni:

$$N_q = \frac{e^{2(0.75\pi - \phi/2)\text{tg}(\phi)}}{2\cos^2(45 + \phi/2)}$$

$$c = (N_q - 1)\text{ctg}\phi$$

$$N_\gamma = \frac{\text{tg}\phi}{2} \left(\frac{K_{p\gamma}}{\cos^2\phi} - 1 \right)$$



I fattori di forma s_c e s_γ che compaiono nella espressione di q_u dipendono dalla forma della fondazione. In particolare valgono 1 per fondazioni nastriformi o rettangolari allungate e valgono rispettivamente 1.3 e 0.8 per fondazioni quadrate. Il termine $K_{p\gamma}$ che compare nell'espressione di N_γ non ha un'espressione analitica. Pertanto si assume per N_γ l'espressione proposta da Vesic

$$N_\gamma = 2(N_q + 1)\text{tg}\phi$$

Per tenere conto del sisma, si può ridurre l'angolo d'attrito del terreno secondo il criterio di Vesic. Il valore che propone Vesic è $d\phi = 2,00^\circ$. Questo valore può però variare in funzione dell'esperienza.



Cedimenti della fondazione

Metodo Edometrico

Il metodo edometrico è il classico procedimento per il calcolo dei cedimenti in terreni a grana fina, proposto da Terzaghi negli anni '20.

L'ipotesi edometrica è verificata con approssimazione tanto migliore quanto più ridotto è il valore del rapporto tra lo spessore dello strato compressibile e la dimensione in pianta della fondazione.

Tuttavia il metodo risulta dotato di ottima approssimazione anche nei casi di strati deformabili di grande spessore.

L'implementazione del metodo è espressa secondo la seguente espressione:

$$\Delta H = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta \sigma_i}{E_{ed,i}} \Delta z_i$$

dove:

$\Delta \sigma$ è la tensione indotta nel terreno, alla profondità z , dalla pressione di contatto della fondazione;

E_{ed} è il modulo elastico determinato attraverso la prova edometrica e relativa allo strato i -esimo;

Δz rappresenta lo spessore dello strato i -esimo in cui è stato suddiviso lo strato compressibile e per il quale si conosce il modulo elastico.



Geometria della fondazione

Simbologia adottata

Descrizione Destrizione della fondazione

Forma Forma della fondazione (N=Nastriforme, R=Rettangolare, C=Circolare)

X Ascissa del baricentro della fondazione espressa in [m]

Y Ordinata del baricentro della fondazione espressa in [m]

B Base/Diametro della fondazione espressa in [m]

L Lunghezza della fondazione espressa in [m]

D Profondità del piano di posa in [m]

α Inclinazione del piano di posa espressa in [°]

ω Inclinazione del piano campagna espressa in [°]

Descrizione	Forma	X	Y	B	L	D	α	ω
Fondazione	(R)	0,00	0,00	1,00	5,00	1,00	0,00	0,00

Descrizione terreni e falda

Caratteristiche fisico-meccaniche

Simbologia adottata

Descrizione Descrizione terreno

γ Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]

γ_{sat} Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]

ϕ Angolo di attrito interno del terreno espresso in gradi

δ Angolo di attrito palo-terreno espresso in gradi

c Coesione del terreno espressa in [kg/cm^q]

ca Adesione del terreno espressa in [kg/cm^q]

Descrizione	γ	γ_{sat}	ϕ	δ	<i>c</i>	<i>ca</i>
Terreno	2000,0	2200,0	33,00	22,00	0,000	0,000

Caratteristiche di deformabilità

Simbologia adottata

Descr Descrizione terreno

E_{ed} Modulo edometrico espresso in [kg/cm^q]

Descr	<i>E_{ed}</i>
Terreno	100



Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata

n° Identificativo strato

Z1 Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°1 espressa in [m]

Z2 Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°2 espressa in [m]

Z3 Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°3 espressa in [m]

Terreno Terreno dello strato

Punto di sondaggio n° 1: X = 0,0 [m] Y = 0,0 [m]

Punto di sondaggio n° 2: X = 3,0 [m] Y = 0,0 [m]

Punto di sondaggio n° 3: X = 0,0 [m] Y = 3,0 [m]

N	Z1	Z2	Z3	Terreno
1	-13	-13	-13	Terreno

Normativa: N.T.C. 2008

Calcolo secondo: Approccio 2

Simbologia adottata

γ_{Gsfav} Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti

γ_{Gfav} Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti

γ_{Qsfav} Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili

γ_{Qfav} Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili

$\gamma_{tan\phi}$ Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato

$\gamma_{c'}$ Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata

γ_{cu} Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata

γ_{qu} Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo

γ_{γ} Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce

Coefficienti parziali combinazioni statiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,30	1,00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,50	1,30

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	M1	M2
-----------	----	----



Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1,00	1,00

Coefficienti parziali combinazioni sismiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,00	1,00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$		1,00	1,25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$		1,00	1,25
Resistenza non drenata	γ_{cu}		1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}		1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}		1,00	1,00

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche geotecniche.

		<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>
Capacità portante	γ_r	1,00	1,80	2,30
Scorrimento	γ_r	1,00	1,10	1,10

Coeff. di combinazione $\Psi_0= 0,70$ $\Psi_1= 0,50$ $\Psi_2= 0,20$



Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

<i>Fondazione</i>	Nome identificativo della fondazione
<i>N</i>	Sforzo normale totale espressa in [kg]
<i>M_x</i>	Momento in direzione X espressa in [kgm]
<i>M_y</i>	Momento in direzione Y espresso in [kgm]
<i>e_x</i>	Eccentricità del carico lungo X espressa in [m]
<i>e_y</i>	Eccentricità del carico lungo Y espressa in [m]
<i>β</i>	Inclinazione del taglio nel piano espressa in [°]
<i>T</i>	Forza di taglio espressa in [kg]

Condizione n° 1 (Condizione n° 1) [PERMANENTE]

Fondazione	N	M_x	M_y	e_x	e_y	β	T
Fondazione	50000,0	0,0	0,0	0,0	0,0	90,0	0,0

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

γ Coefficiente di partecipazione della condizione

Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

C Coefficiente totale di partecipazione della condizione

Combinazione n° 1 SLU - Approccio 2

	γ	Ψ	<i>C</i>
Condizione n° 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 2 SLU - Approccio 2

	γ	Ψ	<i>C</i>
Condizione n° 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 3 SLE - Quasi Permanente

	γ	Ψ	<i>C</i>
Condizione n° 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 4 SLE - Frequente

	γ	Ψ	<i>C</i>
Condizione n° 1	1.00	1.00	1.00



Combinazione n° 5 SLE - Rara

	γ	Ψ	C
Condizione n° 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 6 SLE - Quasi Permanente - Sismica

	γ	Ψ	C
Condizione n° 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 7 SLE - Frequente - Sismica

	γ	Ψ	C
Condizione n° 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 SLE - Rara - Sismica

	γ	Ψ	C
Condizione n° 1	1.00	1.00	1.00

Analisi in condizioni non drenate

Verifica della portanza per carichi verticali

Il calcolo della portanza è stato eseguito col metodo di Terzaghi
La relazione adottata è la seguente:

$$q_u = c N_c s_c + q N_q s_q + 0.5 B \gamma N_\gamma s_\gamma$$

Altezza del cuneo di rottura: AUTOMATICA

Il criterio utilizzato per il calcolo del macrostrato equivalente è stato la MEDIA ARITMETICA

Nel calcolo della portanza sono state richieste le seguenti opzioni:

Riduzione sismica: VESIC [2,00°]

Coefficiente correttivo su N_γ per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU):
1,00

Coefficiente correttivo su N_γ per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE):
1,00

Riduzione per carico eccentrico: MEYERHOF

Riduzione per rottura locale o punzonamento del terreno: TERZAGHI

Meccanismo di punzonamento in presenza di falda.



Fondazione

Combinazione n° 1

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 0,32	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 2000,00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 23,41$	[°]
Coesione	c = 0,00	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	G = 300,00	[kg/cm ²]
Base ridotta	B' = B - 2 ex = 1,00	[m]
Lunghezza ridotta	L' = L - 2 ey = 5,00	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 22,39$	$N_q = 10,69$	$N_\gamma = 10,13$
$s_c = 1,30$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 0,80$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0,00 + 2,14 + 0,81 = 2,95 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 147434,03 \text{ [kg]}$$

$$Q_d = 64101,75 \text{ [kg]}$$

$$V = 50000,00 \text{ [kg]}$$

$$\eta = Q_u / V = 147434,03 / 50000,00 = 2,95$$

Indici rigidezza

$$I_c = 1,00 \quad I_{rc} = 184,74$$

Combinazione n° 2

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 0,32	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 2000,00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 23,41$	[°]
Coesione	c = 0,00	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	G = 300,00	[kg/cm ²]
Base ridotta	B' = B - 2 ex = 1,00	[m]
Lunghezza ridotta	L' = L - 2 ey = 5,00	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 22,39$	$N_q = 10,69$	$N_\gamma = 10,13$
$s_c = 1,30$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 0,80$



Il valore della capacità portante è dato da:

$$\begin{aligned}q_u &= 0,00 + 2,14 + 0,81 = 2,95 \text{ [kg/cmq]} \\Q_u &= 147434,03 \text{ [kg]} \\Q_d &= 64101,75 \text{ [kg]} \\V &= 50000,00 \text{ [kg]} \\ \eta &= Q_u / V = 147434,03 / 50000,00 = 2,95\end{aligned}$$

Indici rigidezza

$$I_c = 1,00 \qquad I_{rc} = 184,74$$

Combinazione n° 3

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 0,32	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 2000,00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 23,41$	[°]
Coesione	c = 0,00	[kg/cmq]
Modulo di taglio	G = 300,00	[kg/cmq]
Base ridotta	$B' = B - 2 e_x = 1,00$	[m]
Lunghezza ridotta	$L' = L - 2 e_y = 5,00$	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$$\begin{aligned}N_c &= 22,39 & N_q &= 10,69 & N_\gamma &= 10,13 \\s_c &= 1,30 & s_q &= 1,00 & s_\gamma &= 0,80\end{aligned}$$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$\begin{aligned}q_u &= 0,00 + 2,14 + 0,81 = 2,95 \text{ [kg/cmq]} \\Q_u &= 147434,03 \text{ [kg]} \\Q_d &= 147434,03 \text{ [kg]} \\V &= 50000,00 \text{ [kg]} \\ \eta &= Q_u / V = 147434,03 / 50000,00 = 2,95\end{aligned}$$

Indici rigidezza

$$I_c = 1,00 \qquad I_{rc} = 184,74$$

Combinazione n° 4

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 0,32	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 2000,00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 23,41$	[°]



Coesione	$c = 0,00$	[kg/cmq]
Modulo di taglio	$G = 300,00$	[kg/cmq]
Base ridotta	$B' = B - 2 e_x = 1,00$	[m]
Lunghezza ridotta	$L' = L - 2 e_y = 5,00$	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 22,39$	$N_q = 10,69$	$N_\gamma = 10,13$
$s_c = 1,30$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 0,80$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0,00 + 2,14 + 0,81 = 2,95 \text{ [kg/cmq]}$$
$$Q_u = 147434,03 \text{ [kg]}$$
$$Q_d = 147434,03 \text{ [kg]}$$
$$V = 50000,00 \text{ [kg]}$$
$$\eta = Q_u / V = 147434,03 / 50000,00 = 2,95$$

Indici rigidezza

$$I_c = 1,00 \quad I_{rc} = 184,74$$

Combinazione n° 5

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	$H = 0,32$	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 2000,00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 23,41$	[°]
Coesione	$c = 0,00$	[kg/cmq]
Modulo di taglio	$G = 300,00$	[kg/cmq]
Base ridotta	$B' = B - 2 e_x = 1,00$	[m]
Lunghezza ridotta	$L' = L - 2 e_y = 5,00$	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$N_c = 22,39$	$N_q = 10,69$	$N_\gamma = 10,13$
$s_c = 1,30$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 0,80$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0,00 + 2,14 + 0,81 = 2,95 \text{ [kg/cmq]}$$
$$Q_u = 147434,03 \text{ [kg]}$$
$$Q_d = 147434,03 \text{ [kg]}$$
$$V = 50000,00 \text{ [kg]}$$
$$\eta = Q_u / V = 147434,03 / 50000,00 = 2,95$$

Indici rigidezza



$$I_c = 1,00$$

$$I_{rc} = 184,74$$

Combinazione n° 6 (SISMICA)

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 0,32	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 2000,00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 21,83$	[°]
Coesione	c = 0,00	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	G = 300,00	[kg/cm ²]
Base ridotta	B' = B - 2 ex = 1,00	[m]
Lunghezza ridotta	L' = L - 2 ey = 5,00	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$$N_c = 20,03$$

$$N_q = 9,03$$

$$N_\gamma = 8,03$$

$$s_c = 1,30$$

$$s_q = 1,00$$

$$s_\gamma = 0,80$$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$q_u = 0,00 + 1,81 + 0,64 = 2,45 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

$$Q_u = 122378,13 \text{ [kg]}$$

$$Q_d = 122378,13 \text{ [kg]}$$

$$V = 50000,00 \text{ [kg]}$$

$$\eta = Q_u / V = 122378,13 / 50000,00 = 2,45$$

Indici rigidezza

$$I_c = 1,00$$

$$I_{rc} = 184,74$$

Combinazione n° 7 (SISMICA)

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 0,32	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 2000,00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 21,83$	[°]
Coesione	c = 0,00	[kg/cm ²]
Modulo di taglio	G = 300,00	[kg/cm ²]
Base ridotta	B' = B - 2 ex = 1,00	[m]
Lunghezza ridotta	L' = L - 2 ey = 5,00	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$$N_c = 20,03$$

$$N_q = 9,03$$

$$N_\gamma = 8,03$$

$$s_c = 1,30$$

$$s_q = 1,00$$

$$s_\gamma = 0,80$$



Il valore della capacità portante è dato da:

$$\begin{aligned}q_u &= 0,00 + 1,81 + 0,64 = 2,45 \text{ [kg/cmq]} \\Q_u &= 122378,13 \text{ [kg]} \\Q_d &= 122378,13 \text{ [kg]} \\V &= 50000,00 \text{ [kg]} \\ \eta &= Q_u / V = 122378,13 / 50000,00 = 2,45\end{aligned}$$

Indici rigidezza

$$I_c = 1,00 \qquad I_{rc} = 184,74$$

Combinazione n° 8 (SISMICA)

Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno equivalente

Spessore dello strato	H = 0,32	[m]
Peso specifico terreno	$\gamma = 2000,00$	[kg/mc]
Angolo di attrito	$\phi = 21,83$	[°]
Coesione	c = 0,00	[kg/cmq]
Modulo di taglio	G = 300,00	[kg/cmq]
Base ridotta	$B' = B - 2 e_x = 1,00$	[m]
Lunghezza ridotta	$L' = L - 2 e_y = 5,00$	[m]

Coefficienti di capacità portante e fattori correttivi del carico limite.

$$\begin{aligned}N_c &= 20,03 & N_q &= 9,03 & N_\gamma &= 8,03 \\s_c &= 1,30 & s_q &= 1,00 & s_\gamma &= 0,80\end{aligned}$$

Il valore della capacità portante è dato da:

$$\begin{aligned}q_u &= 0,00 + 1,81 + 0,64 = 2,45 \text{ [kg/cmq]} \\Q_u &= 122378,13 \text{ [kg]} \\Q_d &= 122378,13 \text{ [kg]} \\V &= 50000,00 \text{ [kg]} \\ \eta &= Q_u / V = 122378,13 / 50000,00 = 2,45\end{aligned}$$

Indici rigidezza

$$I_c = 1,00 \qquad I_{rc} = 184,74$$



Cedimenti

Il calcolo dei cedimenti è stato eseguito con il metodo Edometrico utilizzando il modulo edometrico.

Per il calcolo dei cedimenti, è stata impostata un'altezza dello strato compressibile legato alla percentuale tensionale.

In particolare la percentuale impostata è: 0,05 (%)

E' stato richiesto di tenere in conto della fondazione compensata.

Cedimento complessivo

Simbologia adottata

Comb Identificativo della combinazione

w_f cedimento finale espresso in [cm]

H spessore strato compressibile espresso in [m]

X coordinata X punto di calcolo cedimento espressa in [m]

Y coordinata Y punto di calcolo cedimento espressa in [m]

Fondazione

Comb	w_f	H	X	Y
1	1,34	6,20	0,00	0,00
2	1,34	6,20	0,00	0,00
3	1,34	6,20	0,00	0,00
4	1,34	6,20	0,00	0,00
5	1,34	6,20	0,00	0,00
6	1,34	6,20	0,00	0,00
7	1,34	6,20	0,00	0,00
8	1,34	6,20	0,00	0,00



Conclusioni

Per le verifiche effettuate, non essendo stati forniti carichi ufficiali da parte del tecnico progettista, sono stati utilizzati carichi del tutto indicativi, che una volta ultimato il progetto dovranno essere nuovamente riverificati.

Nella verifica sono state ipotizzate fondazioni nastriforme ubicate ad una profondità di 1 metro dal p.c. I risultati risultano essere i seguenti:

Fondazione largh(B)– lung(L) (m²)	Piano di posa fondazione	Superficie fondazione (m ²)	Qamm (Kg/cm ²)	Qamm (Kg/cm²) verifica cedimenti	Carico permanente applicato (Kg)	Cedimenti (cm)
1 X 5	-1 mt	5	0,87	1	50000	1,34

CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Per quanto riguarda le caratteristiche idrogeologiche in cui insiste l' insediamento cimiteriale è presente l'unità idrogeologica caratteristica dei terreni per lo più ghaiosa con ciottoli in matrice limosa con permeabilità media compresa entro valori di 10⁻³ e 10⁻⁴ cm/sec. In cui è preponderante la matrice fine.

Tali condizioni sono state confermate in sede di indagini, in cui non si è riscontrata la presenza di falda superficiale, non si può escludere tuttavia la presenza di falde a carattere intermittente che possono interessare anche i livelli più superficiali.

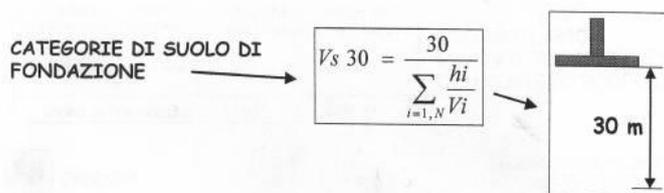
Sebbene dunque non vi siano interferenze dirette tra le opere di progetto, data la natura degli interventi si rende necessario prevedere comunque l'isolamento delle opere per la salvaguardia dei livelli del substrato profondo.



RELAZIONE SISMICA

Valutazione del rischio sismico

Il parametro $V_s 30$ è stato determinato mediante un'indagine sismica eseguita in prossimità del sito. Secondo i risultati ottenuti e riportati in allegato, il terreno in esame può essere collocato nella categoria B dei suoli di fondazione secondo la distinzione indicata dal N.T.C 14 Gennaio 2008 con il valore di $V_s 30 < 800$ m/s.



Merita essere ricordato che i parametri ricavati per via dinamica hanno in genere valori superiori a quelli ricavati da prove statiche in laboratorio proprio per il diverso campo di sollecitazione applicata e la diversa deformazione raggiunta.

Classificazione del sito

Per quanto riguarda la classificazione di base del sito, il D.M. 14 gennaio 2008, riprendendo quanto definito dall' Euro codice 8, fa essenzialmente riferimento alla velocità delle onde S nel substrato che allo spessore dello stesso. L'Euro codice 8 distingue 5 classi, A, B, C, D e E ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:



<i>Classe</i>	<i>Descrizione</i>
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT, 30 > 50 nei terreni a grana grossa e $cu_{,30}$ > 250 kPa nei terreni a grana fine).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fine).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s (ovvero $NSPT_{,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{,30}$ nei terreni a grana fine).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_{s30} inferiori a 100 metri al sec. (ovvero $10 < Cu_{30} < 20$ Kpa, che includono uno strato di almeno 8 metri di terreni a grana fine a bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 metri di torba.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti.

Merita essere ricordato che i parametri ricavati per via dinamica hanno in genere valori superiori a quelli ricavati da prove statiche in laboratorio proprio per il diverso campo di sollecitazione applicata e la diversa deformazione raggiunta.



CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il presente rapporto geologico, redatto per conto dell'Amministrazione Comunale di Cavernago, è stato predisposto per la definizione delle caratteristiche geologico-geotecniche e simili delle aree entro cui ricade il cimitero comunale, per supportare il redigendo Piano Cimiteriale Comunale.

L'indagine si è articolata in sopralluoghi in sito ed indagine bibliografica per la definizione delle caratteristiche dei terreni.

Le osservazioni di terreno hanno permesso di rilevare una stratigrafia costituita da terreni essenzialmente sciolti, ghiaiosi con ciottoli in matrice limosa a tratti argillosa con tracce di materiale di riporto che sovrastano il substrato roccioso.

La cartografia disponibile e le osservazioni di terreno escludono altresì la presenza di significativi fenomeni destabilizzanti attivi.

Ad ogni modo, tutte le strutture di sbancamento dovranno essere scelte e dimensionate dallo Strutturista incaricato sotto la propria responsabilità, che dovrà altresì valutare e adottare, in accordo con la D.L., tutti i necessari presidi di difesa provvisori e definitivi secondo le disposizioni della vigente normativa in materia.

Le prescrizioni di carattere generale contenute nella presente relazione sono da considerarsi finalizzate alla sola espressione della fattibilità del progetto, e non vogliono prevaricare le competenze proprie dell'Ingegnere Strutturista incaricato; come tale, le stesse dovranno essere sottoposte al giudizio del professionista stesso.

Durante l'esecuzione delle opere, l'impresa esecutrice dovrà verificare la corrispondenza tra le caratteristiche dei terreni riscontrate e quelle prospettate nella presente relazione geologica; in presenza di difformità si dovranno tempestivamente avvisare la Direzione Lavori e lo scrivente, che si dichiara sin d'ora disponibile per eventuali sopralluoghi che dovessero rendersi necessari per l'adozione di nuove e/o diverse soluzioni.



Nel rispetto delle condizioni sopra riportate e contenute nella presente relazione si ritiene che, eseguendo i lavori a regola d'arte, non vi siano controindicazioni di carattere geologico-geotecnico alla realizzazione delle opere di progetto.

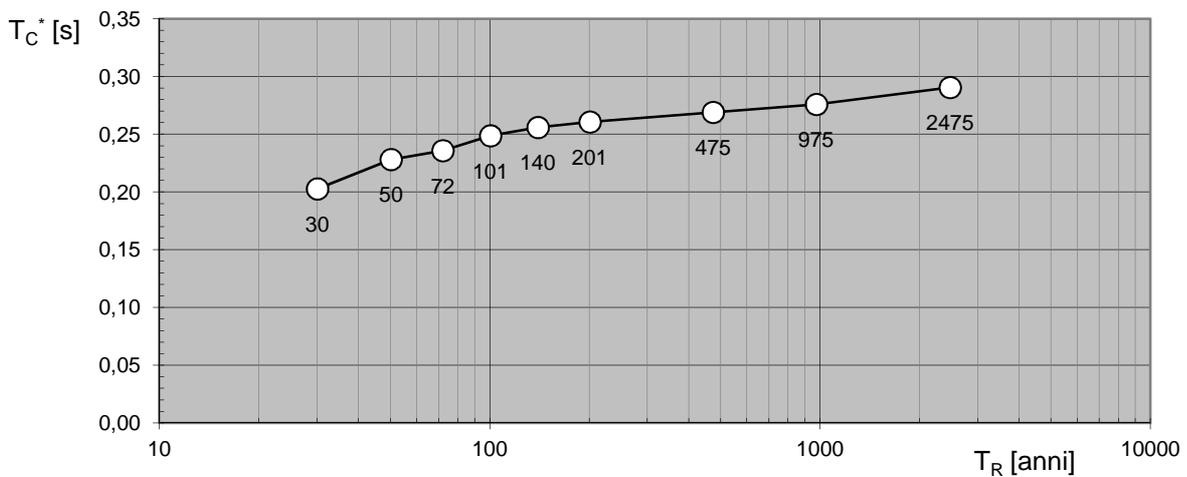
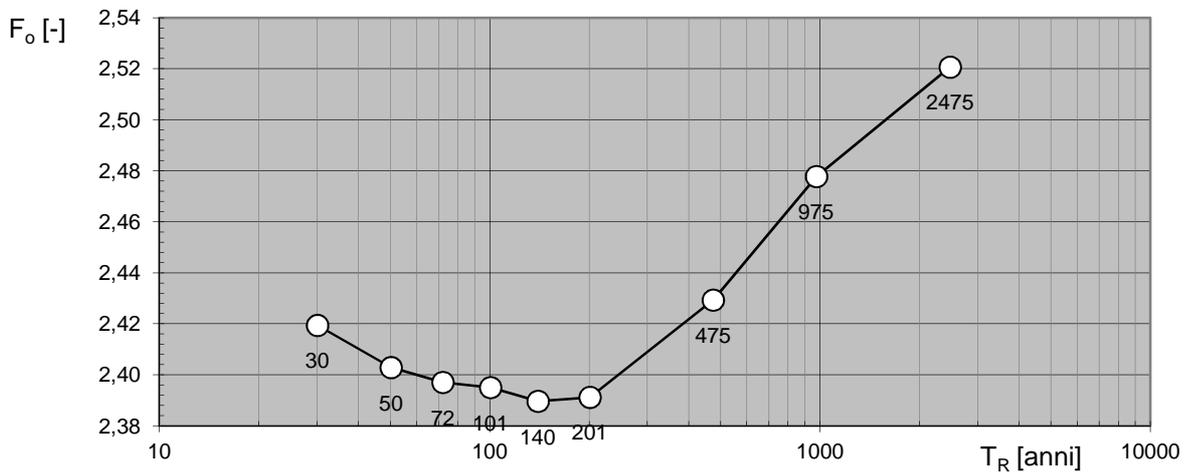
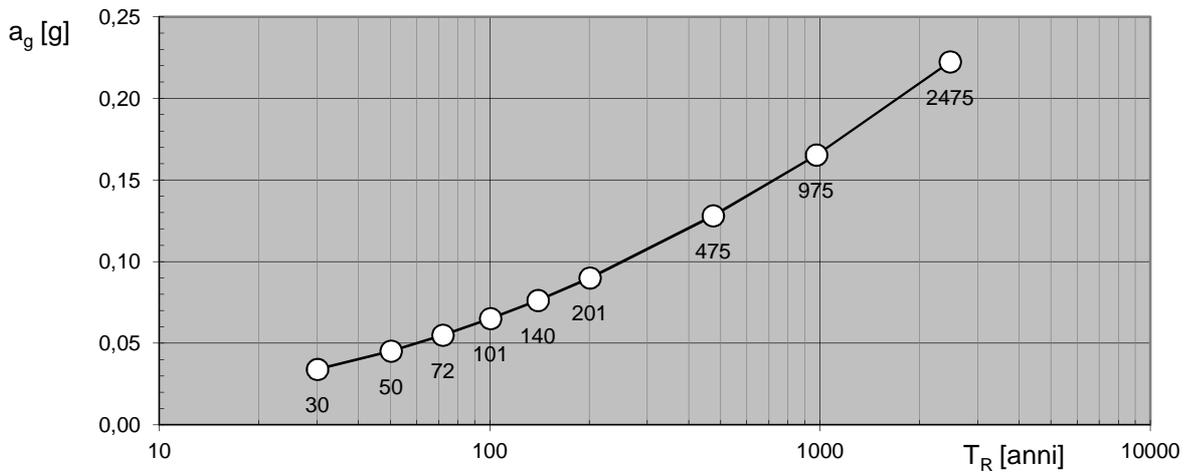
Grassobbio (BG), dicembre 2012

Dr. Geol. Andrea Gritti

Iscrizione Ordine dei Geologi della Lombardia n. 1461

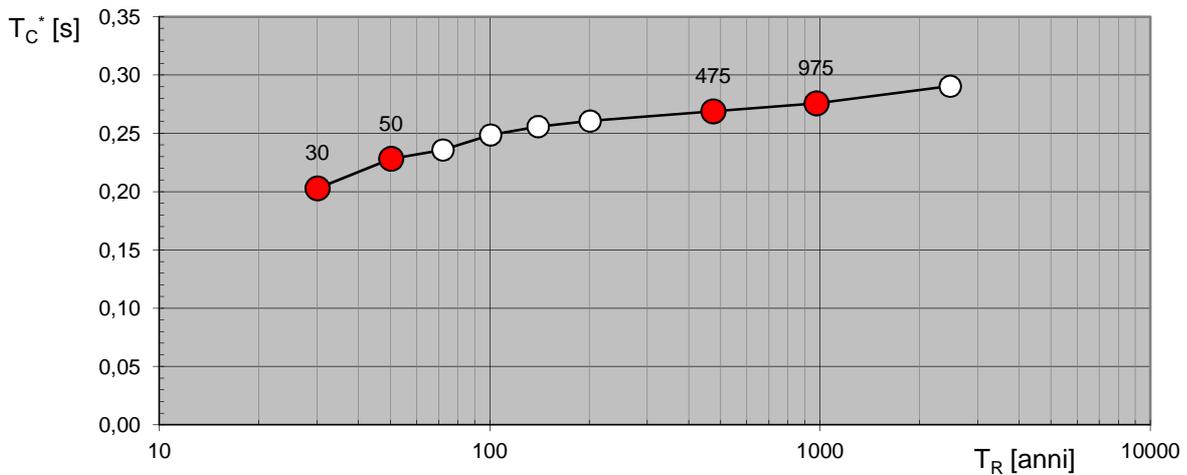
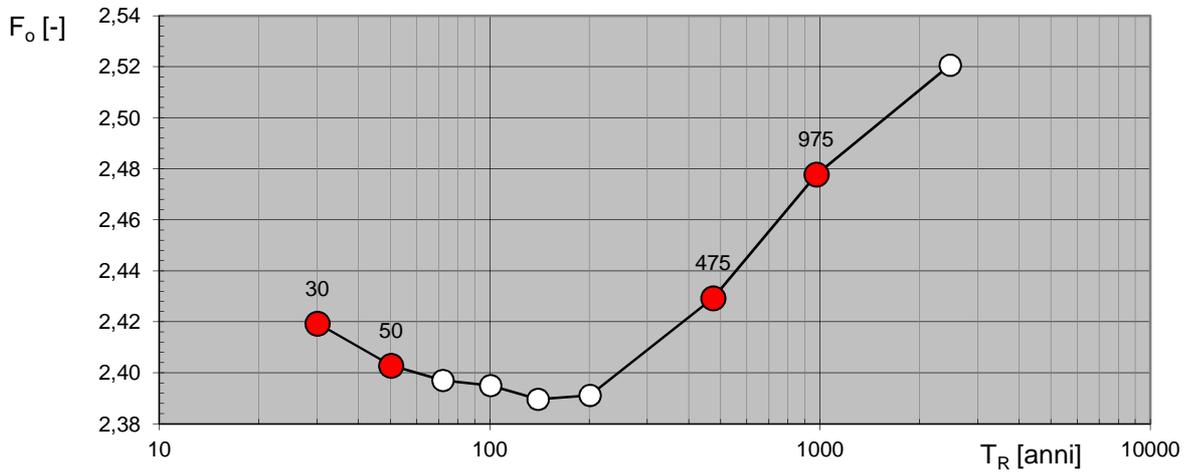
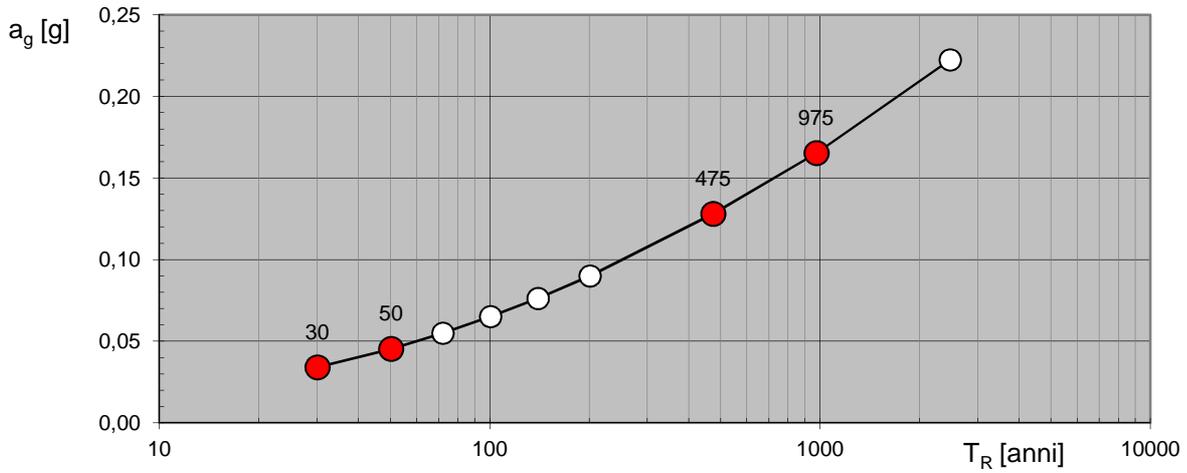



Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* : variabilità col periodo di ritorno T_R

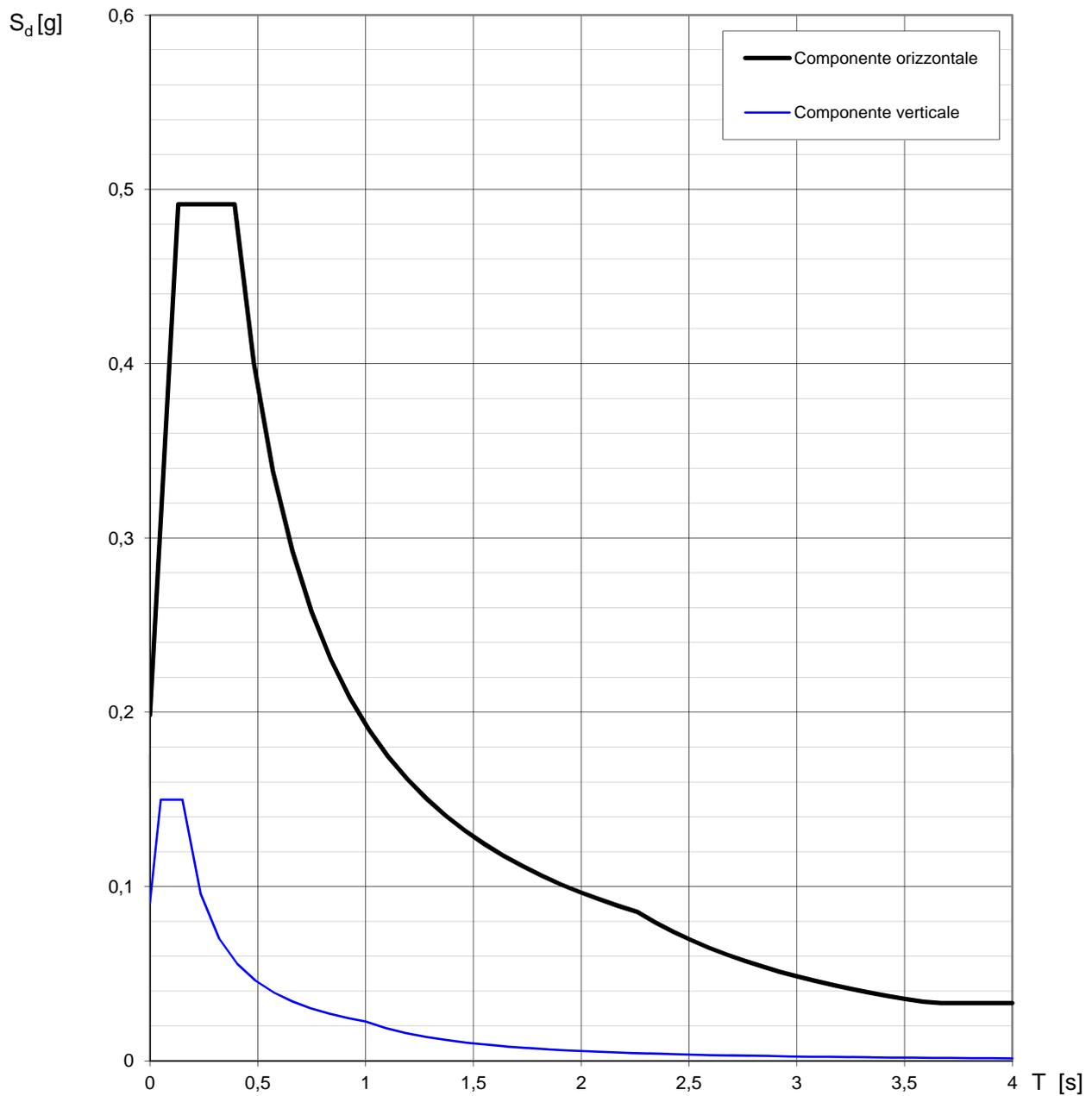


La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_C^* in funzione del periodo di ritorno T_R



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLC

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLC

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLC
a_g	0,165 g
F_o	2,478
T_c^*	0,276 s
S_s	1,200
C_c	1,423
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,200
η	1,000
T_B	0,131 s
T_C	0,393 s
T_D	2,261 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,198
$T_B \leftarrow$	0,131	0,492
$T_C \leftarrow$	0,393	0,492
	0,482	0,401
	0,571	0,338
	0,660	0,293
	0,748	0,258
	0,837	0,230
	0,926	0,208
	1,015	0,190
	1,104	0,175
	1,193	0,162
	1,282	0,150
	1,371	0,141
	1,460	0,132
	1,549	0,125
	1,638	0,118
	1,727	0,112
	1,816	0,106
	1,905	0,101
	1,994	0,097
	2,083	0,093
	2,172	0,089
$T_D \leftarrow$	2,261	0,085
	2,344	0,079
	2,427	0,074
	2,510	0,069
	2,592	0,065
	2,675	0,061
	2,758	0,057
	2,841	0,054
	2,924	0,051
	3,006	0,048
	3,089	0,046
	3,172	0,043
	3,255	0,041
	3,338	0,039
	3,420	0,037
	3,503	0,036
	3,586	0,034
	3,669	0,033
	3,752	0,033
	3,834	0,033
	3,917	0,033
	4,000	0,033

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLC

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLC
a_{qv}	0,091 g
S_S	1,000
S_T	1,000
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	1,360
S	1,000
η	0,667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

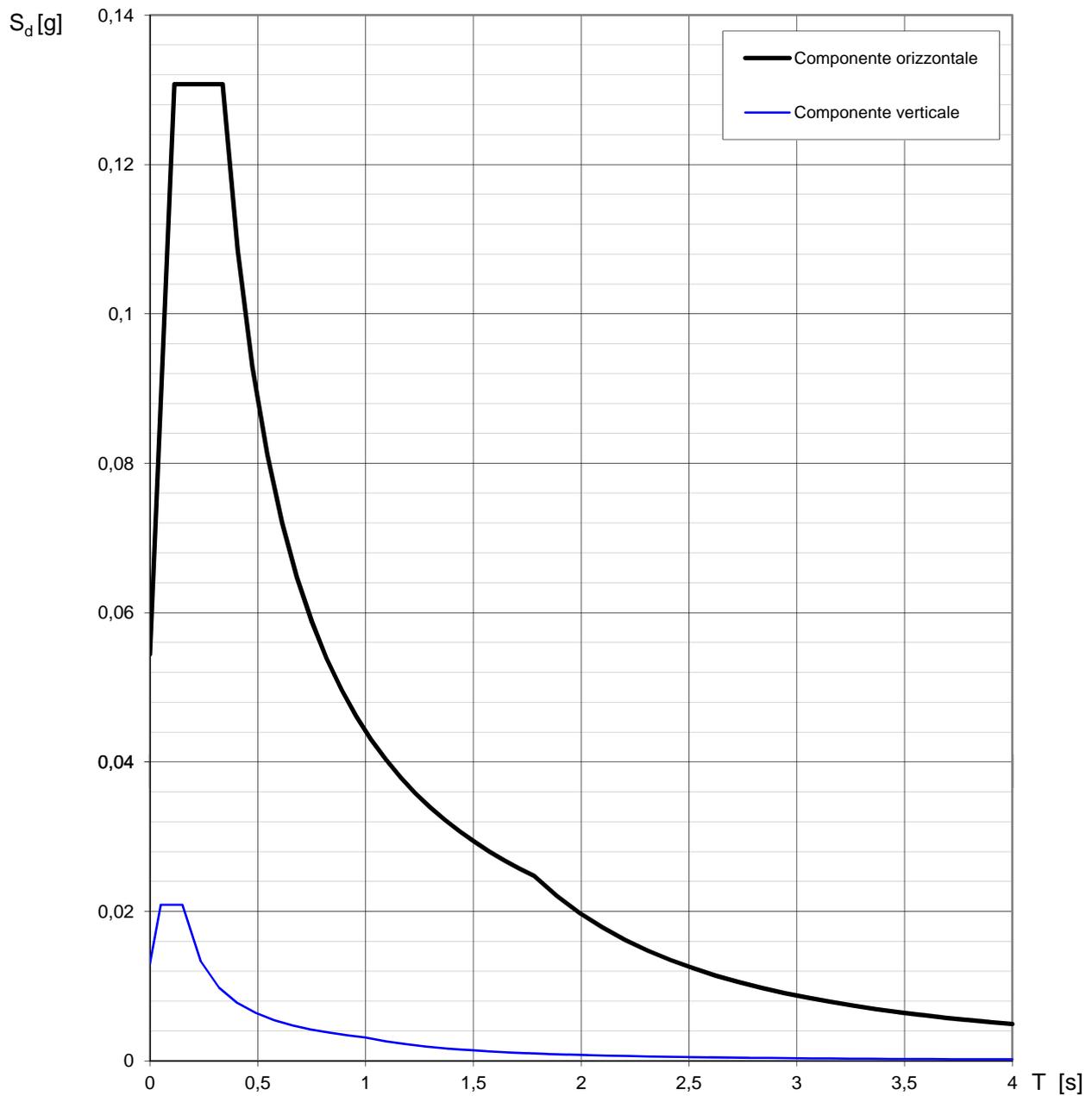
$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,091
$T_B \leftarrow$	0,050	0,150
$T_C \leftarrow$	0,150	0,150
	0,235	0,096
	0,320	0,070
	0,405	0,056
	0,490	0,046
	0,575	0,039
	0,660	0,034
	0,745	0,030
	0,830	0,027
	0,915	0,025
$T_D \leftarrow$	1,000	0,022
	1,094	0,019
	1,188	0,016
	1,281	0,014
	1,375	0,012
	1,469	0,010
	1,563	0,009
	1,656	0,008
	1,750	0,007
	1,844	0,007
	1,938	0,006
	2,031	0,005
	2,125	0,005
	2,219	0,005
	2,313	0,004
	2,406	0,004
	2,500	0,004
	2,594	0,003
	2,688	0,003
	2,781	0,003
	2,875	0,003
	2,969	0,003
	3,063	0,002
	3,156	0,002
	3,250	0,002
	3,344	0,002
	3,438	0,002
	3,531	0,002
	3,625	0,002
	3,719	0,002
	3,813	0,002
	3,906	0,001
	4,000	0,001

La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLD

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0,045 g
F_o	2,403
T_c^*	0,228 s
S_s	1,200
C_c	1,478
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,200
η	1,000
T_B	0,112 s
T_C	0,337 s
T_D	1,781 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,054
$T_B \leftarrow$	0,112	0,131
$T_C \leftarrow$	0,337	0,131
	0,406	0,109
	0,475	0,093
	0,544	0,081
	0,612	0,072
	0,681	0,065
	0,750	0,059
	0,819	0,054
	0,887	0,050
	0,956	0,046
	1,025	0,043
	1,094	0,040
	1,163	0,038
	1,231	0,036
	1,300	0,034
	1,369	0,032
	1,438	0,031
	1,506	0,029
	1,575	0,028
	1,644	0,027
	1,713	0,026
$T_D \leftarrow$	1,781	0,025
	1,887	0,022
	1,993	0,020
	2,098	0,018
	2,204	0,016
	2,310	0,015
	2,415	0,013
	2,521	0,012
	2,627	0,011
	2,732	0,011
	2,838	0,010
	2,944	0,009
	3,049	0,008
	3,155	0,008
	3,260	0,007
	3,366	0,007
	3,472	0,007
	3,577	0,006
	3,683	0,006
	3,789	0,005
	3,894	0,005
	4,000	0,005

La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLD

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_{qv}	0,013 g
S_S	1,000
S_T	1,000
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	0,691
S	1,000
η	0,667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

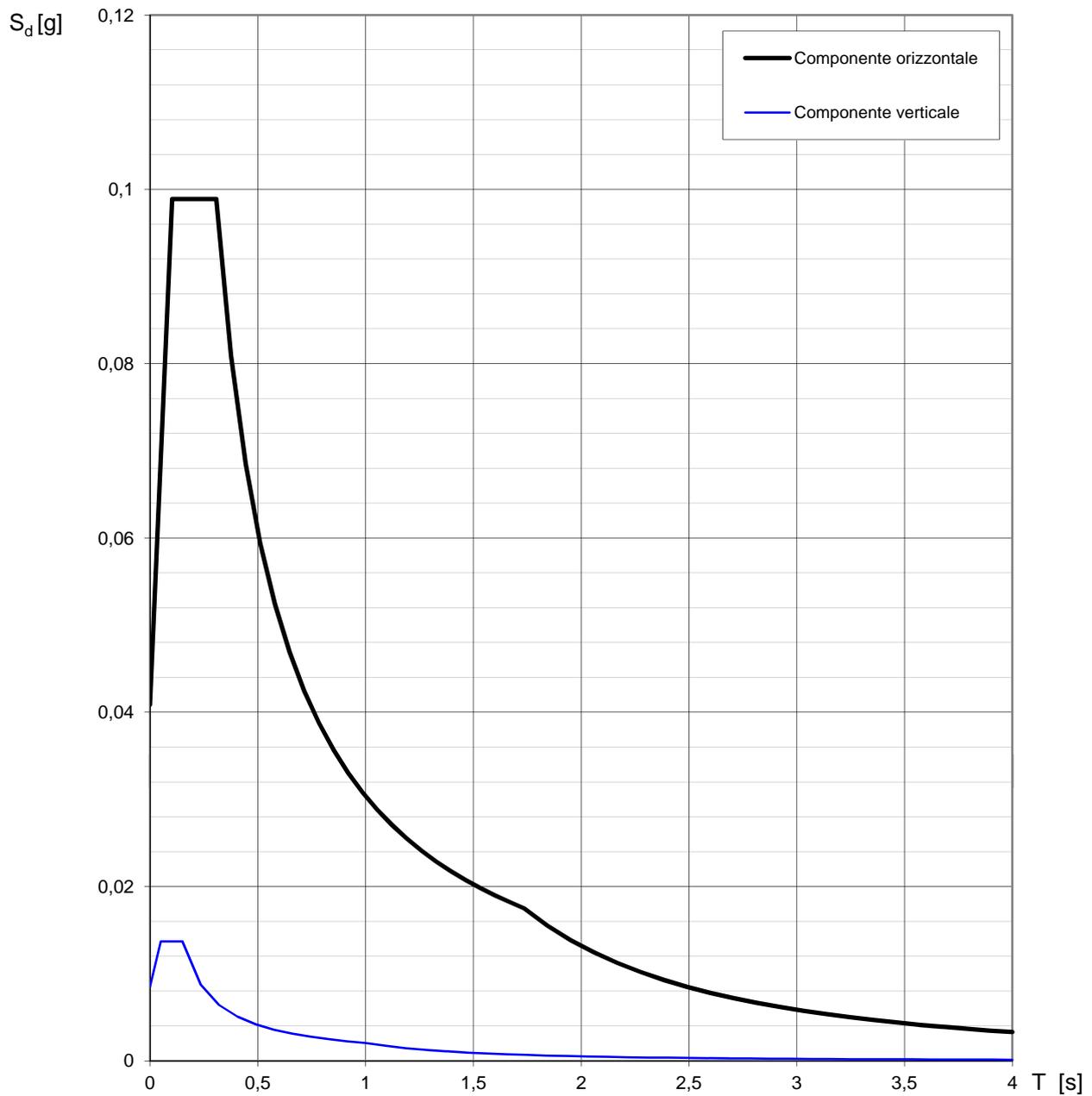
$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,013
$T_B \leftarrow$	0,050	0,021
$T_C \leftarrow$	0,150	0,021
	0,235	0,013
	0,320	0,010
	0,405	0,008
	0,490	0,006
	0,575	0,005
	0,660	0,005
	0,745	0,004
	0,830	0,004
	0,915	0,003
$T_D \leftarrow$	1,000	0,003
	1,094	0,003
	1,188	0,002
	1,281	0,002
	1,375	0,002
	1,469	0,001
	1,563	0,001
	1,656	0,001
	1,750	0,001
	1,844	0,001
	1,938	0,001
	2,031	0,001
	2,125	0,001
	2,219	0,001
	2,313	0,001
	2,406	0,001
	2,500	0,001
	2,594	0,000
	2,688	0,000
	2,781	0,000
	2,875	0,000
	2,969	0,000
	3,063	0,000
	3,156	0,000
	3,250	0,000
	3,344	0,000
	3,438	0,000
	3,531	0,000
	3,625	0,000
	3,719	0,000
	3,813	0,000
	3,906	0,000
	4,000	0,000

La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLO

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLO

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLO
a_g	0,034 g
F_o	2,419
T_c^*	0,203 s
S_s	1,200
C_c	1,513
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,200
η	1,000
T_B	0,102 s
T_C	0,307 s
T_D	1,736 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,041
$T_B \leftarrow$	0,102	0,099
$T_C \leftarrow$	0,307	0,099
	0,375	0,081
	0,443	0,069
	0,511	0,059
	0,579	0,052
	0,647	0,047
	0,715	0,042
	0,783	0,039
	0,852	0,036
	0,920	0,033
	0,988	0,031
	1,056	0,029
	1,124	0,027
	1,192	0,025
	1,260	0,024
	1,328	0,023
	1,396	0,022
	1,464	0,021
	1,532	0,020
	1,600	0,019
	1,668	0,018
$T_D \leftarrow$	1,736	0,017
	1,844	0,016
	1,952	0,014
	2,060	0,012
	2,167	0,011
	2,275	0,010
	2,383	0,009
	2,491	0,008
	2,599	0,008
	2,706	0,007
	2,814	0,007
	2,922	0,006
	3,030	0,006
	3,138	0,005
	3,245	0,005
	3,353	0,005
	3,461	0,004
	3,569	0,004
	3,677	0,004
	3,784	0,004
	3,892	0,003
	4,000	0,003

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLO

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLO
a_{qv}	0,008 g
S_S	1,000
S_T	1,000
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	0,603
S	1,000
η	0,667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

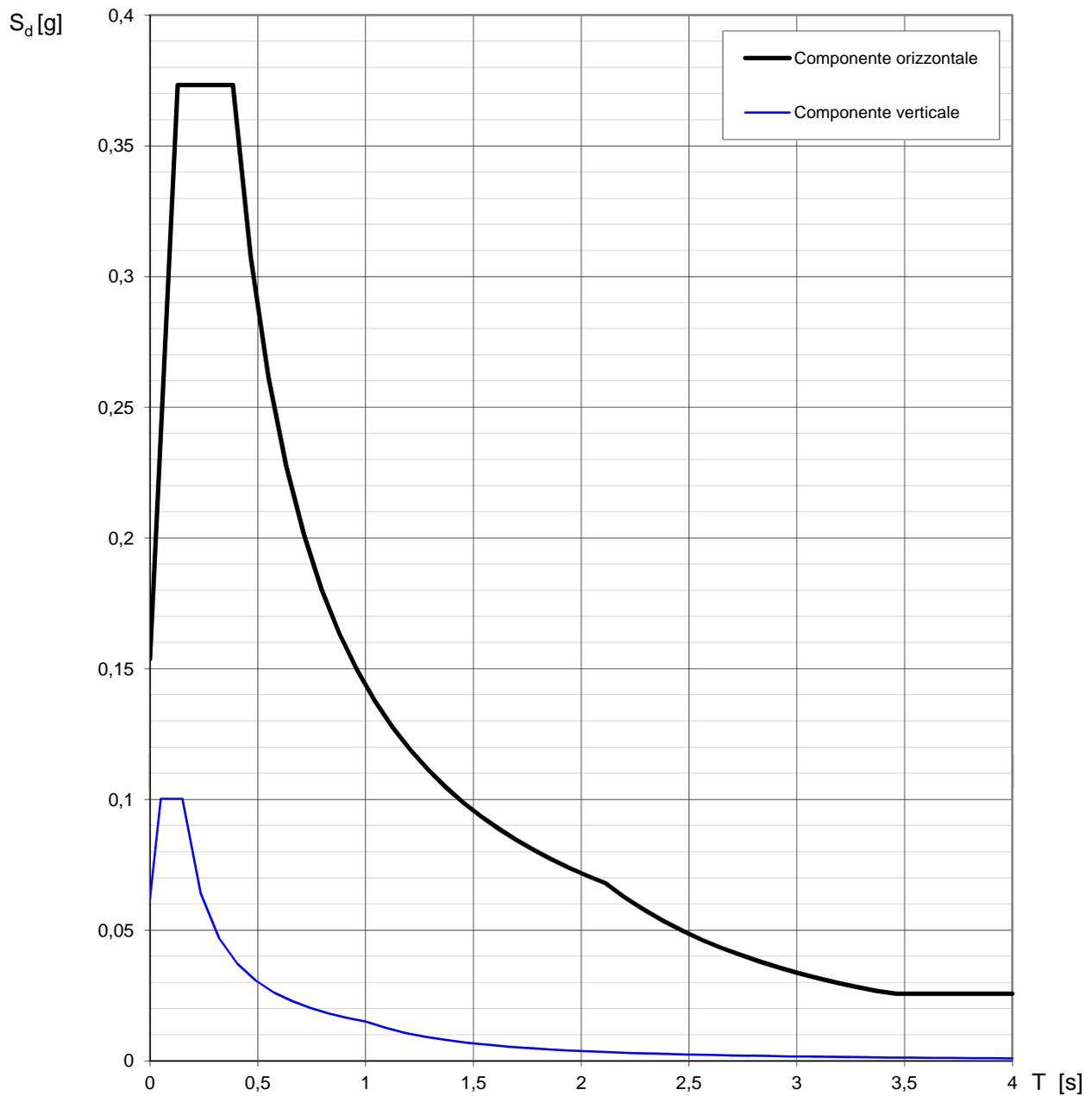
$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,008
$T_B \leftarrow$	0,050	0,014
$T_C \leftarrow$	0,150	0,014
	0,235	0,009
	0,320	0,006
	0,405	0,005
	0,490	0,004
	0,575	0,004
	0,660	0,003
	0,745	0,003
	0,830	0,002
	0,915	0,002
$T_D \leftarrow$	1,000	0,002
	1,094	0,002
	1,188	0,001
	1,281	0,001
	1,375	0,001
	1,469	0,001
	1,563	0,001
	1,656	0,001
	1,750	0,001
	1,844	0,001
	1,938	0,001
	2,031	0,000
	2,125	0,000
	2,219	0,000
	2,313	0,000
	2,406	0,000
	2,500	0,000
	2,594	0,000
	2,688	0,000
	2,781	0,000
	2,875	0,000
	2,969	0,000
	3,063	0,000
	3,156	0,000
	3,250	0,000
	3,344	0,000
	3,438	0,000
	3,531	0,000
	3,625	0,000
	3,719	0,000
	3,813	0,000
	3,906	0,000
	4,000	0,000

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,128 g
F_o	2,429
T_c^*	0,269 s
S_s	1,200
C_c	1,430
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,200
η	1,000
T_B	0,128 s
T_C	0,385 s
T_D	2,112 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,154
$T_B \leftarrow$	0,128	0,373
$T_C \leftarrow$	0,385	0,373
	0,467	0,308
	0,549	0,261
	0,631	0,227
	0,714	0,201
	0,796	0,180
	0,878	0,163
	0,961	0,149
	1,043	0,138
	1,125	0,128
	1,207	0,119
	1,290	0,111
	1,372	0,105
	1,454	0,099
	1,536	0,093
	1,619	0,089
	1,701	0,084
	1,783	0,081
	1,865	0,077
	1,948	0,074
	2,030	0,071
$T_D \leftarrow$	2,112	0,068
	2,202	0,063
	2,292	0,058
	2,382	0,053
	2,472	0,050
	2,562	0,046
	2,652	0,043
	2,741	0,040
	2,831	0,038
	2,921	0,036
	3,011	0,033
	3,101	0,032
	3,191	0,030
	3,281	0,028
	3,371	0,027
	3,461	0,026
	3,551	0,026
	3,640	0,026
	3,730	0,026
	3,820	0,026
	3,910	0,026
	4,000	0,026

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{qv}	0,062 g
S_S	1,000
S_T	1,000
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	1,174
S	1,000
η	0,667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,062
$T_B \leftarrow$	0,050	0,100
$T_C \leftarrow$	0,150	0,100
	0,235	0,064
	0,320	0,047
	0,405	0,037
	0,490	0,031
	0,575	0,026
	0,660	0,023
	0,745	0,020
	0,830	0,018
	0,915	0,016
$T_D \leftarrow$	1,000	0,015
	1,094	0,013
	1,188	0,011
	1,281	0,009
	1,375	0,008
	1,469	0,007
	1,563	0,006
	1,656	0,005
	1,750	0,005
	1,844	0,004
	1,938	0,004
	2,031	0,004
	2,125	0,003
	2,219	0,003
	2,313	0,003
	2,406	0,003
	2,500	0,002
	2,594	0,002
	2,688	0,002
	2,781	0,002
	2,875	0,002
	2,969	0,002
	3,063	0,002
	3,156	0,002
	3,250	0,001
	3,344	0,001
	3,438	0,001
	3,531	0,001
	3,625	0,001
	3,719	0,001
	3,813	0,001
	3,906	0,001
	4,000	0,001

La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.