

|           |           |                   |         |             |            |           |
|-----------|-----------|-------------------|---------|-------------|------------|-----------|
|           |           |                   |         |             |            |           |
| 0         | Aprile 22 | Prima emissione   |         |             |            |           |
| Revisione | Data      | Oggetto Revisione | Redatto | Controllato | Verificato | Approvato |

## BAGNI CASTELLUCCIO S.R.L.

Sede Legale: Via Fieschi, 3/17 – 16121 Genova  
 Tel.+390106121111 - E-mail: [castelluccio@fastwebnet.it](mailto:castelluccio@fastwebnet.it)  
 Part.I.V.A.: 02218930101



### COORDINAMENTO PROGETTAZIONE

|   |   |
|---|---|
| Progetto Architettonico<br>Dott.Arch.Marco Roggeri – mag.MA architetture<br>Via Cardinal Meglia, 28 – 18010 – Santo Stefano al Mare - IM<br>Tel.+393476185301 – E-mail: <a href="mailto:info@mag-ma.it">info@mag-ma.it</a><br>Part.I.V.A.: 01211220080            | Progettazione Opere Marittime<br>Studio Ballerini Associati<br>Via Caffaro, 27/10 – 16124 – GE<br>Tel.+390102091295 – E-mail: <a href="mailto:studioballerini@gmail.com">studioballerini@gmail.com</a><br>Part.I.V.A.: 02555620992                            |
| Progetto Strutturale<br>Dott.Ing.Davide Barilli - BD INGEGNERIA STP S.r.l.<br>Piazza R.Baldini, 4/28 – 16149 – GE<br>Tel.+39010532074 – E-mail: <a href="mailto:studio@bdingegneria.com">studio@bdingegneria.com</a><br>Part.I.V.A.: 02533670994                  | Progettazione Opere Fluviali<br>Dott.Ing.Giampiero Nobile – OAC INNOVATION S.r.l.<br>Via di Sottoripa, 1A/81 – 16124 – GE<br>Tel.+390108698603 – E-mail: <a href="mailto:gnobile@oacingegneria.com">gnobile@oacingegneria.com</a><br>Part.I.V.A.: 02790430991 |
| Progetto Impianti<br>Dott.Ing.Maurizio Cambiaso – CAMBIASO INGEGNERIA S.r.l.<br>Piazza della Vittoria, 15/23 – 16121 – GE<br>Tel.+390108690286 – E-mail: <a href="mailto:cambiaso.maurizio@gmail.com">cambiaso.maurizio@gmail.com</a><br>Part.I.V.A.: 02360420992 | Progettazione Geologica<br>Dott.Geol.Andrea Guardiani<br>Piazza S.Benedetto, 8 - 18018 – Taggia – IM<br>Tel.+390184475874 – E-mail: <a href="mailto:aguardiani.ag@gmail.com">aguardiani.ag@gmail.com</a><br>Part.I.V.A.: 01277730089                          |
| Progettazione Acustica<br>Dott.Ing.Gianluca Agliata<br>Via Montelungo, 80/2 – 16133 – GE<br>Tel.+393356116854 – E-mail: <a href="mailto:gianluca.agliata@gmail.com">gianluca.agliata@gmail.com</a><br>Part.I.V.A.: 01438460998                                    | Progettazione Geologica<br>Dott.Geol.Paolo Anfossi<br>Via Lungo Argentina, 19 - 18018 – Taggia – IM<br>Tel.+393937684781 – E-mail: <a href="mailto:anfossipaolo@libero.it">anfossipaolo@libero.it</a><br>Part.I.V.A.: 01532840087                             |
| Progettazione Geologica<br>Dott.Geol.Stefano Romanelli<br>Piazza S.Giovanni, 9/3 – 16043 – Chiavari – GE<br>Tel.+390185312417 – E-mail: <a href="mailto:romanelli.stefano@libero.it">romanelli.stefano@libero.it</a><br>Part.I.V.A.: 02318810302                  | Rilievi<br>Geom.Alberto Centenari – 4geo<br>Via Colombo, 13 – 16121 – GE<br>Tel.+390105957355 – E-mail: <a href="mailto:centenari@4geo.it">centenari@4geo.it</a><br>Part.I.V.A.: 03787920101  |

|  |                        |              |
|--|------------------------|--------------|
| Intervento/Opera   | Scala                  | Data         |
| Realizzazione di una struttura dedicata alla nautica da diporto a Genova Pegli – Procedimento previsto dal D.P.R.2/12/1997 n.509<br><b>PROGETTO DEFINITIVO</b> | -                      | 20 aprile 22 |
| Oggetto della Tavola   | Tavola n°              |              |
| Relazione geotecnica-sismica   | <b>D-STR-PR-D003-0</b> |              |
| Livello di Progettazione   | DEFINITIVO             |              |

**INDICE**

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 01.    | Premessa .....                                 | 3  |
| 02.    | Caratterizzazione sismica del sito .....       | 4  |
| 02.1   | Parametri sismici di progetto .....            | 7  |
| 02.2   | Zonizzazione sismica .....                     | 8  |
| 03.    | Spettri di risposta di progetto .....          | 9  |
| 03.1   | Opere sopra il piano banchina .....            | 9  |
| 03.1.1 | Spettro per lo Stato Limite di Danno .....     | 9  |
| 03.1.2 | Spettro per lo Stato Limite di Vita .....      | 11 |
| 03.1.3 | Spettro per lo Stato Limite di Danno .....     | 13 |
| 03.1.4 | Spettro per lo Stato Limite di Vita .....      | 15 |
| 04.    | Caratterizzazione geotecnica del terreno ..... | 19 |
| 04.1   | Granulometria e classificazione .....          | 20 |
| 04.2   | Peso di volume .....                           | 20 |
| 04.3   | Resistenza al taglio .....                     | 20 |
| 05.    | Prescrizioni per i materiali di riporto .....  | 20 |
| 05.1   | Materiale per riempimenti .....                | 21 |

## 01. PREMESSA

Il presente progetto definitivo per la realizzazione di una struttura dedicata alla nautica da diporto nell'area compresa fra il Castelluccio ed il Risveglio a Genova Pegli si configura quale aggiornamento del progetto preliminare redatto nel 2020 e ammesso alla fase successiva della procedura, progettazione definitiva, ai sensi dell'art. 5 del D.P.R. n. 509/1997, con Determina Dirigenziale n. 2020-118.0.0.-133 della Direzione Urbanistica del Comune di Genova.

Il presente progetto è stato rielaborato in adeguamento alle osservazioni degli enti partecipanti alla Conferenza dei Servizi, in modo tale che le opere siano rispondenti e conformi alle sopravvenute osservazioni e disposizioni degli enti interessati.

Nell'ambito della progettazione che prevede la realizzazione del porticciolo turistico dedicato alla nautica da diporto per 647 posti barca e 250 posti auto da realizzarsi nello specchio acqueo di Genova Pegli, saranno realizzate al di sopra del piano di banchina e del conseguente riempimento a tergo delle opere marittime, diverse opere necessarie per la realizzazione delle infrastrutture e dei corpi di fabbrica a corredo del complesso nautico oggetto della presente progettazione.

Tali manufatti oggetto della presente progettazione risultano:

- opere di contenimento del terrapieno da realizzarsi tra l'attuale scarpata di massi e le nuove opere di banchina, oltre che di raccordo con Via Zaccaria;
- opere infrastrutturali relative alla nuova foce del rio Sacchi-Grillé con realizzazione di vasca di sedimentazione e nuovi muri andatori d'argine dello stesso rio, con ponte carrabile e ponte pedonale;
- opere civili relative alla formazione di nuovi volumi a destinazione commerciale e tecnica in fregio al muro di contenimento del riempimento verso Via Zaccaria;
- opere civili relative alla realizzazione di locali depositi sottostanti alla passeggiata pedonale sul nuovo molo di protezione;
- opere relative all'arredo urbano tra cui locali servizi, pergolati per auto, ecc.

## 02. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

Facendo riferimento alla nuova classificazione sismica e alle modifiche introdotte in tal senso con il D.M. n. 8 del 17/01/2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni” l’accelerazione massima prevista per il sito in esame viene valutata con riferimento alla situazione stratigrafica (coefficiente stratigrafico  $S_s$ ) e topografica (coefficiente topografico  $S_T$ ):

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_T \cdot a_g$$

$S_s$  (coefficiente stratigrafico) può essere calcolato assegnando al tipo di suolo una delle categorie seguenti:

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l’utilizzo dell’approccio semplificato.

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica   |
|-----------|--|
| A         | Ammassi 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.   |
| B         | 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.  |
| C         | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.   |
| D         | 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. |
| E         | 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.  |

Sulla base delle risultanze delle indagini geognostiche disponibili e di quanto riportato alla relazione geotecnica allegata si assume la categoria di sottosuolo B.

Per ognuna delle quali il valore di  $S_s$  è determinato in base alla seguente tabella:

Tab. 3.2.IV – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$

| Categoria sottosuolo | $S_s$   | $C_c$                        |
|----------------------|---|------------------------------|
| A                    | 1,00  | 1,00                         |
| B                    | $1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$ | $1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$ |
| C                    | $1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$ | $1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$ |
| D                    | $0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$ | $1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$ |
| E                    | $1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$ | $1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$ |

Il valore di  $S_T$  (coefficiente topografico) si ricava dalla seguente tabella:

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$

| Categoria topografica | Ubicazione dell'opera o dell'intervento   | $S_T$ |
|-----------------------|---|-------|
| T1                    | -   | 1,0   |
| T2                    | In corrispondenza della sommità del pendio  | 1,2   |
| T3                    | In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30° | 1,2   |
| T4                    | In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°       | 1,4   |

tenendo in considerazione il valore indicato solo nel caso in cui il sito in esame sia posto sulla sommità del pendio, altrimenti si devono apportare delle correzioni diminuendo tale valore in modo da assegnare alla posizione reale un fattore in proporzione alla sua ubicazione rispetto alla sommità del pendio.

Le susposte categorie topografiche inoltre si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica solo se di altezza maggiore di 30 m.

Nel caso in esame il valore del fattore topografico risulta pari a:

$$S_T = 1,0$$

I valori di  $a_g$  sono ricavati dai dati forniti dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (Ministero delle Infrastrutture) e pubblicati sul sito [www.cslp.it](http://www.cslp.it) ove è possibile consultare il foglio elettronico "Spettri-NTC.xls" nel quale, mediante le coordinate geografiche in gradi sessadecimali oppure l'indicazione del Comune di riferimento, viene definito il valore dell'accelerazione orizzontale massima ( $a_g$ ), per un suolo rigido (categoria A), il fattore di accelerazione massima del suolo ( $F_0$ ), ed il periodo caratteristico ( $T_c$ ) dello spettro (zona a velocità di risposta lineare) riferiti a Tempi di Ritorno ( $T_R$ ) compresi tra 30 e 2475 anni.

Per poter definire il periodo di ritorno sismico, con cui ricavare i dati succitati, occorre conoscere i dati dell'opera, che riguardano la sua vita nominale ( $V_N$ ), il coefficiente d'uso ( $C_U$ ), nonché il periodo di riferimento sismico ( $V_R$ ) e la probabilità di superamento dello stato limite di progetto ( $P_{VR}$ ).

Il valore  $V_N$  viene ricavato dalla seguente tabella:

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale  $V_N$  di progetto per i diversi tipi di costruzioni

| TIPI DI COSTRUZIONI |   | Valori minimi di $V_N$ (anni) |
|---------------------|---|-------------------------------|
| 1                   | Costruzioni temporanee e provvisorie            | 10                            |
| 2                   | Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari | 50                            |
| 3                   | Costruzioni con livelli di prestazioni elevati  | 100                           |

Nel caso in esame si assume

$$V_N = 50$$

La classe d'uso ed il coefficiente d'uso  $C_U$  sono legati alle conseguenze di collasso e di operatività dell'opera:

**Classe I:** Costruzioni con presenza occasionale di persone ed edifici agricoli.

**Classe II:** Costruzioni con normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente, senza funzioni pubbliche sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti; opere infrastrutturali; reti viarie non ricadenti in classe III o Classe IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

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

**Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A e B, di cui al D.M. 5/11/2001 n.6792 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia, non altresì serviti da strade di tipo A e B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti ed impianti di produzione di energia elettrica.

Ad ogni classe d'uso è riferito un coefficiente d'uso come illustrato di seguito:

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$ 

| CLASSE D'USO       | I   | II  | III | IV  |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|
| COEFFICIENTE $C_U$ | 0,7 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |

Nel caso in esame si tratta di opere infrastrutturali di normale importanza da cui si ricava:

$$C_U = 1,0$$

Il valore del periodo di riferimento sismico ( $V_R$ ) si ricava dal calcolo seguente:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Con i valori visti in precedenza si ottiene

$$V_R = 50 \cdot 1,0 = 50 \text{ anni}$$

la probabilità di superamento dello stato limite di progetto ( $P_{VR}$ ) viene definito dalla tabella seguente:

Tab. 3.2.I – Probabilità di superamento  $P_{VR}$  in funzione dello stato limite considerato

| Stati Limite              | $P_{VR}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$ |     |
|---------------------------|--|-----|
| Stati limite di esercizio | SLO  | 81% |
|                           | SLD  | 63% |
| Stati limite ultimi       | SLV  | 10% |
|                           | SLC  | 5%  |

Il Periodo di ritorno sismico viene calcolato mediante l'espressione logaritmica:

$$TR = -VR / \ln(1 - PVR)$$

Nel solo tratto relativo alle opere fluviali, risultando poste a tergo del rilevato ferroviario la valutazione è stata elevata in considerazione di opere infrastrutturali di media importanza (Reti ferroviarie extraurbane non ricadenti in Classe IV) da cui si ricava:

$$C_U = 1,5$$

Il valore del periodo di riferimento sismico ( $V_R$ ) si ricava dal calcolo seguente:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Con i valori visti in precedenza si ottiene

$$V_R = 50 \cdot 1,5 = 75 \text{ anni}$$

### 02.1 Parametri sismici di progetto

I parametri sismici di progetto vengono determinati tramite il foglio di calcolo "Spettri NTC ver. 1.0.3" fornito dal Consiglio Superiore del LL.PP.

In funzione della posizione del sito in esame:

**latitudine: 44,4236**

**longitudine: 8,8033**

il programma fornisce i seguenti parametri, in relazione a  $V_R = 50$ :

### Valori dei parametri $a_g$ , $F_o$ , $T_C^*$ per i periodi di ritorno $T_R$ associati a ciascuno SL

| SLATO LIMITE | $T_R$<br>[anni] | $a_g$<br>[g] | $F_o$<br>[-] | $T_C^*$<br>[s] |
|--------------|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| SLO          | 30              | 0,022        | 2,556        | 0,181          |
| SLD          | 50              | 0,028        | 2,527        | 0,202          |
| SLV          | 475             | 0,063        | 2,557        | 0,290          |
| SLC          | 975             | 0,079        | 2,569        | 0,303          |

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.

Da ciò si ottiene, per ciascuno Stato Limite, l'accelerazione massima prevista:

$$\text{SLO} \quad a_{\max} = S_S S_T a_g = 1,2 \times 1,0 \times 0,022 = 0,0264g$$

$$\text{SLD} \quad a_{\max} = S_S S_T a_g = 1,2 \times 1,0 \times 0,028 = 0,0336g$$

$$\text{SLV} \quad a_{\max} = S_S S_T a_g = 1,2 \times 1,0 \times 0,063 = 0,0765g$$

$$\text{SLC} \quad a_{\max} = S_S S_T a_g = 1,2 \times 1,0 \times 0,079 = 0,0948g$$

mentre il programma fornisce i seguenti parametri, in relazione a  $V_R=75$ :

### Valori dei parametri $a_g$ , $F_o$ , $T_C^*$ per i periodi di ritorno $T_R$ associati a ciascuno SL

| SLATO LIMITE | $T_R$<br>[anni] | $a_g$<br>[g] | $F_o$<br>[-] | $T_C^*$<br>[s] |
|--------------|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| SLO          |                 | 0,028        | 2,528        | 0,202          |
| SLD          | 75              | 0,035        | 2,545        | 0,224          |
| SLV          | 712             | 0,079        | 2,534        | 0,293          |
| SLC          | 1462            | 0,101        | 2,528        | 0,301          |

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.

Da ciò si ottiene, per ciascuno Stato Limite, l'accelerazione massima prevista:

$$\text{SLO} \quad a_{\max} = S_S S_T a_g = 1,2 \times 1,5 \times 0,028 = 0,0504g$$

$$\text{SLD} \quad a_{\max} = S_S S_T a_g = 1,2 \times 1,5 \times 0,035 = 0,0630g$$

$$\text{SLV} \quad a_{\max} = S_S S_T a_g = 1,2 \times 1,5 \times 0,079 = 0,1422g$$

$$\text{SLC} \quad a_{\max} = S_S S_T a_g = 1,2 \times 1,5 \times 0,101 = 0,1818g$$

## 02.2 Zonizzazione sismica

Secondo la D.G.R n. 216 del 17/03/2017 della Regione Liguria l'area in esame è classificata come **zona 3** -  $P_{ga} = 0,15g$ .

### 03. SPETTRI DI RISPOSTA DI PROGETTO

#### 03.1 Opere sopra il piano banchina

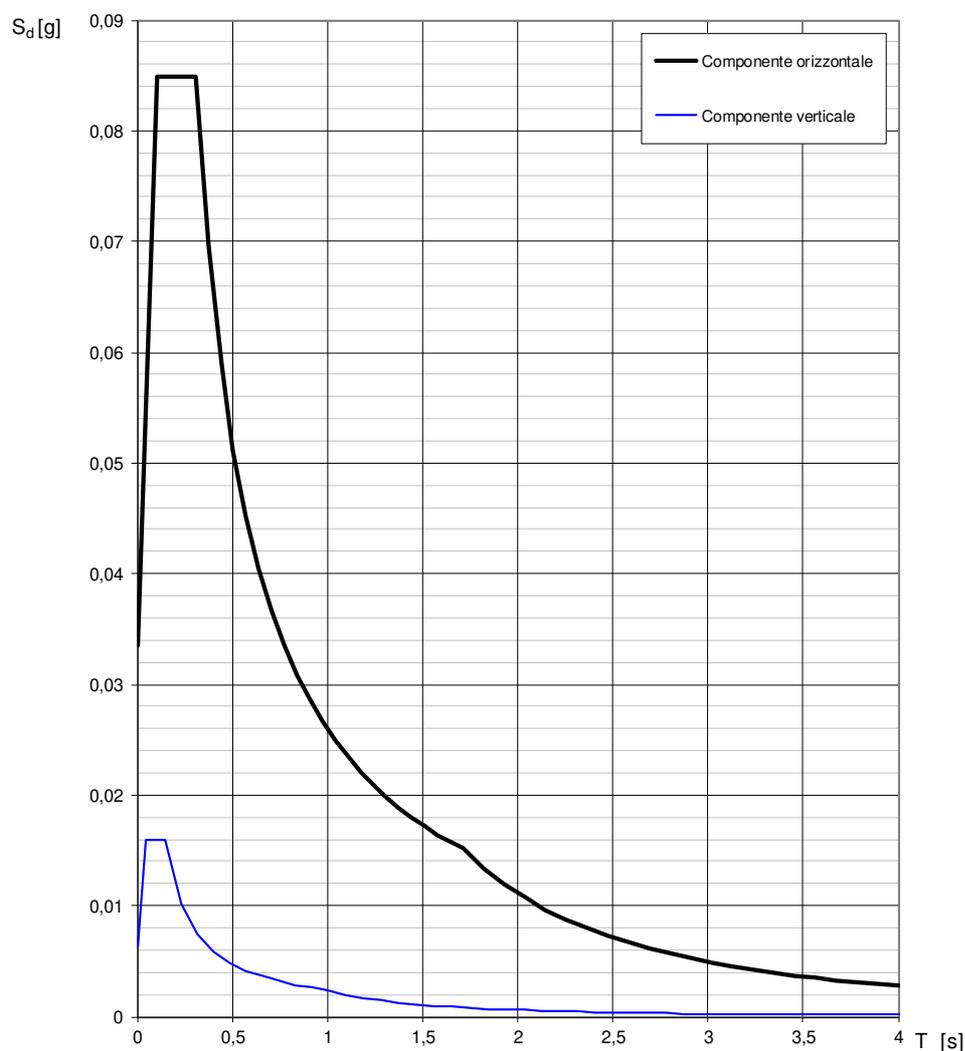
Le analisi in condizioni sismiche sono effettuate assimilando gli impalcati a strutture a pendolo inverso ed assumendo il comportamento non dissipativo. Pertanto, per la determinazione degli spettri di risposta di progetto si assume il fattore di comportamento pari a

$$q_{ND} = 2/3 q_{DCB} = 1$$

essendo  $q_{DCB} = 1,5$

#### 03.1.1 Spettro per lo Stato Limite di Danno

##### 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     |
|--------------|---------|
| $a_g$        | 0,028 g |
| $F_o$        | 2,527   |
| $T_C$        | 0,202 s |
| $S_S$        | 1,200   |
| $C_C$        | 1,515   |
| $S_T$        | 1,000   |
| $q$          | 1,000   |

### Parametri dipendenti

|        |         |
|--------|---------|
| $S$    | 1,200   |
| $\eta$ | 1,000   |
| $T_B$  | 0,102 s |
| $T_C$  | 0,306 s |
| $T_D$  | 1,712 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)

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

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

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

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

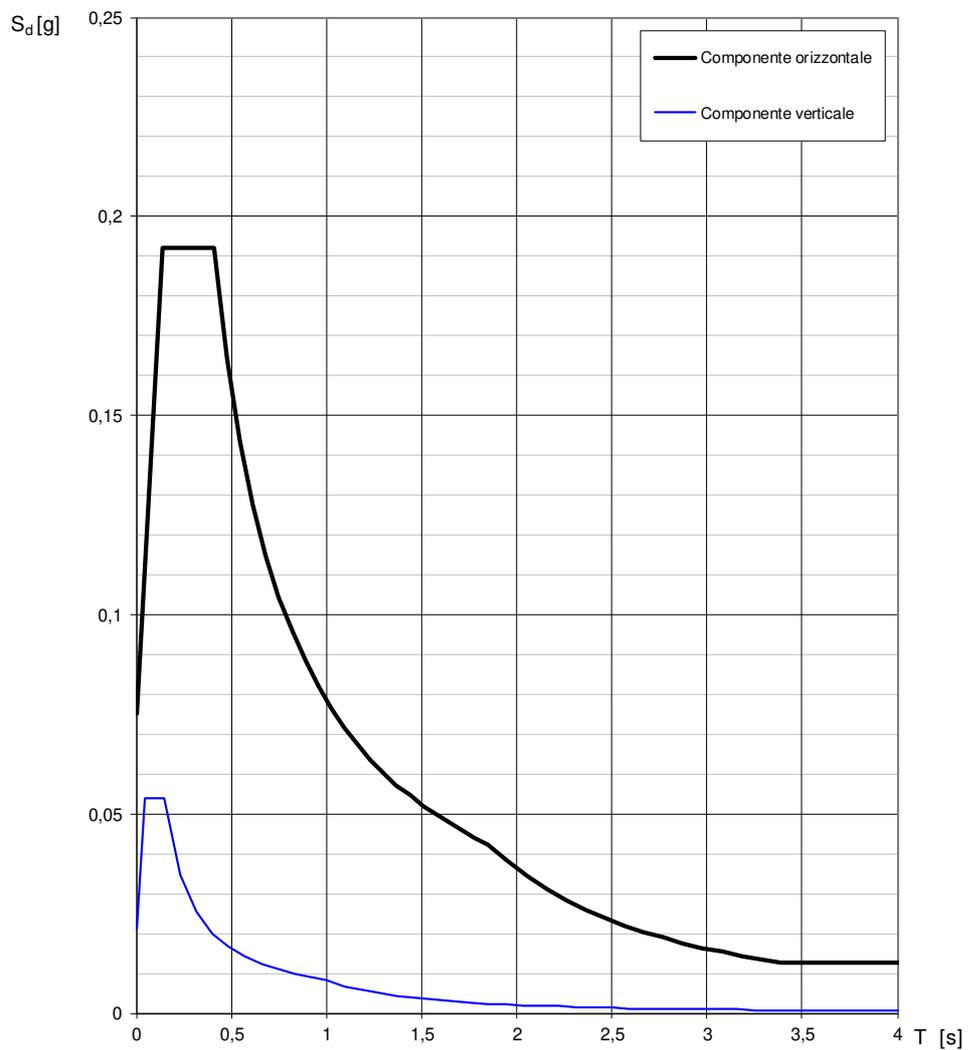
Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

### Punti dello spettro di risposta

|         | T [s] | Se [g] |
|---------|-------|--------|
|         | 0,000 | 0,034  |
| $T_B$ ← | 0,102 | 0,085  |
| $T_C$ ← | 0,306 | 0,085  |
|         | 0,373 | 0,070  |
|         | 0,440 | 0,059  |
|         | 0,507 | 0,051  |
|         | 0,574 | 0,045  |
|         | 0,641 | 0,040  |
|         | 0,708 | 0,037  |
|         | 0,775 | 0,033  |
|         | 0,842 | 0,031  |
|         | 0,908 | 0,029  |
|         | 0,975 | 0,027  |
|         | 1,042 | 0,025  |
|         | 1,109 | 0,023  |
|         | 1,176 | 0,022  |
|         | 1,243 | 0,021  |
|         | 1,310 | 0,020  |
|         | 1,377 | 0,019  |
|         | 1,444 | 0,018  |
|         | 1,511 | 0,017  |
|         | 1,578 | 0,016  |
|         | 1,645 | 0,016  |
| $T_D$ ← | 1,712 | 0,015  |
|         | 1,821 | 0,013  |
|         | 1,930 | 0,012  |
|         | 2,039 | 0,011  |
|         | 2,148 | 0,010  |
|         | 2,257 | 0,009  |
|         | 2,366 | 0,008  |
|         | 2,475 | 0,007  |
|         | 2,584 | 0,007  |
|         | 2,693 | 0,006  |
|         | 2,801 | 0,006  |
|         | 2,910 | 0,005  |
|         | 3,019 | 0,005  |
|         | 3,128 | 0,005  |
|         | 3,237 | 0,004  |
|         | 3,346 | 0,004  |
|         | 3,455 | 0,004  |
|         | 3,564 | 0,003  |
|         | 3,673 | 0,003  |
|         | 3,782 | 0,003  |
|         | 3,891 | 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

## 03.1.2 Spettro per lo Stato Limite di Vita

**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     |
|--------------|---------|
| $a_g$        | 0,063 g |
| $F_o$        | 2,557   |
| $T_C$        | 0,290 s |
| $S_S$        | 1,200   |
| $C_C$        | 1,409   |
| $S_T$        | 1,000   |
| $q$          | 1,000   |

### Parametri dipendenti

|        |         |
|--------|---------|
| $S$    | 1,200   |
| $\eta$ | 1,000   |
| $T_B$  | 0,136 s |
| $T_C$  | 0,409 s |
| $T_D$  | 1,850 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  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

### Punti dello spettro di risposta

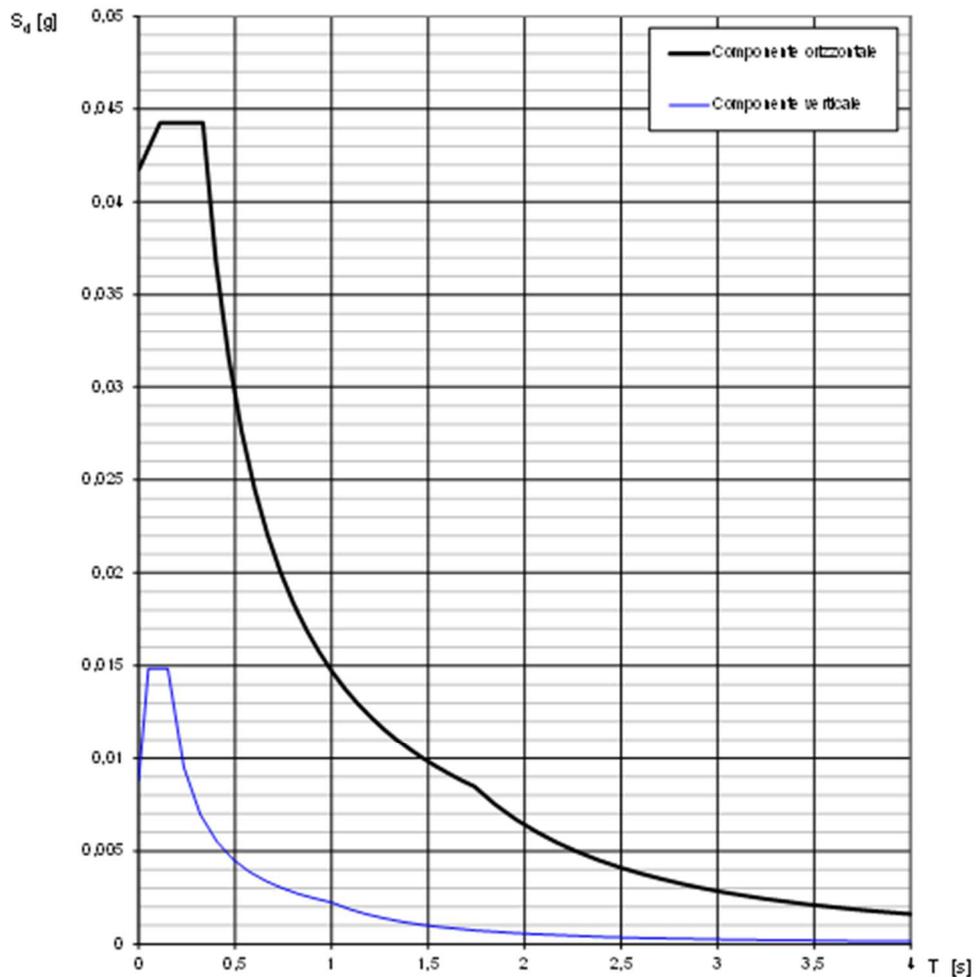
|         | T [s] | Se [g] |
|---------|-------|--------|
|         | 0,000 | 0,075  |
| $T_B$ ← | 0,136 | 0,192  |
| $T_C$ ← | 0,409 | 0,192  |
|         | 0,477 | 0,164  |
|         | 0,546 | 0,144  |
|         | 0,615 | 0,128  |
|         | 0,683 | 0,115  |
|         | 0,752 | 0,104  |
|         | 0,821 | 0,096  |
|         | 0,889 | 0,088  |
|         | 0,958 | 0,082  |
|         | 1,026 | 0,076  |
|         | 1,095 | 0,072  |
|         | 1,164 | 0,067  |
|         | 1,232 | 0,064  |
|         | 1,301 | 0,060  |
|         | 1,370 | 0,057  |
|         | 1,438 | 0,055  |
|         | 1,507 | 0,052  |
|         | 1,576 | 0,050  |
|         | 1,644 | 0,048  |
|         | 1,713 | 0,046  |
|         | 1,782 | 0,044  |
| $T_D$ ← | 1,850 | 0,042  |
|         | 1,953 | 0,038  |
|         | 2,055 | 0,034  |
|         | 2,157 | 0,031  |
|         | 2,260 | 0,028  |
|         | 2,362 | 0,026  |
|         | 2,464 | 0,024  |
|         | 2,567 | 0,022  |
|         | 2,669 | 0,020  |
|         | 2,772 | 0,019  |
|         | 2,874 | 0,018  |
|         | 2,976 | 0,016  |
|         | 3,079 | 0,015  |
|         | 3,181 | 0,014  |
|         | 3,283 | 0,013  |
|         | 3,386 | 0,013  |
|         | 3,488 | 0,013  |
|         | 3,591 | 0,013  |
|         | 3,693 | 0,013  |
|         | 3,795 | 0,013  |
|         | 3,898 | 0,013  |
|         | 4,000 | 0,013  |

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

mentre per la  $V_R=75$ , si ha:

### 03.1.3 Spettro per lo Stato Limite di Danno

#### 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     |
|--------------|---------|
| $a_g$        | 0,035 g |
| $F_o$        | 2,545   |
| $T_C$        | 0,224 s |
| $S_S$        | 1,200   |
| $C_C$        | 1,484   |
| $S_T$        | 1,000   |
| $q$          | 2,400   |

**Parametri dipendenti**

|        |         |
|--------|---------|
| $S$    | 1,200   |
| $\eta$ | 0,417   |
| $T_B$  | 0,111 s |
| $T_C$  | 0,332 s |
| $T_D$  | 1,739 s |

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

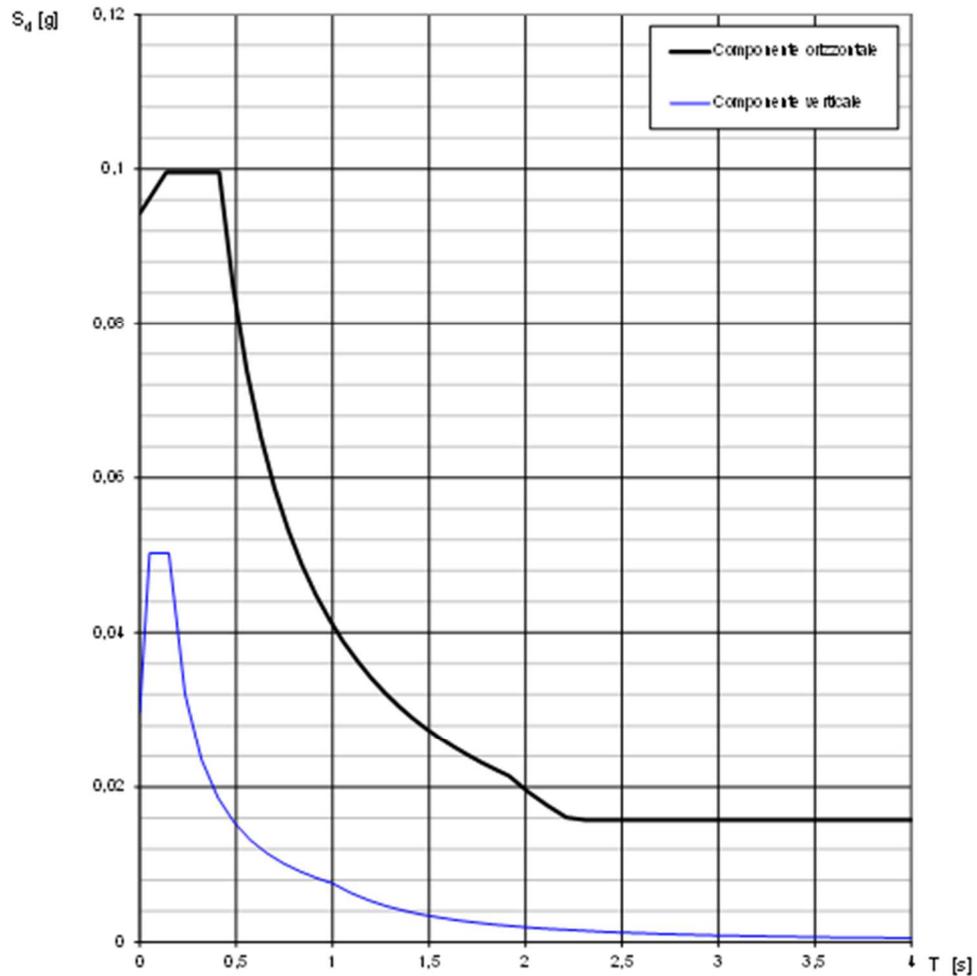
Lo spettro di progetto  $S_e(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_d(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

|         | T [s] | Se [g] |
|---------|-------|--------|
|         | 0,000 | 0,042  |
| $T_B$ ← | 0,111 | 0,044  |
| $T_C$ ← | 0,332 | 0,044  |
|         | 0,399 | 0,037  |
|         | 0,466 | 0,032  |
|         | 0,533 | 0,028  |
|         | 0,600 | 0,025  |
|         | 0,667 | 0,022  |
|         | 0,734 | 0,020  |
|         | 0,801 | 0,018  |
|         | 0,868 | 0,017  |
|         | 0,935 | 0,016  |
|         | 1,002 | 0,015  |
|         | 1,069 | 0,014  |
|         | 1,136 | 0,013  |
|         | 1,203 | 0,012  |
|         | 1,270 | 0,012  |
|         | 1,337 | 0,011  |
|         | 1,404 | 0,010  |
|         | 1,471 | 0,010  |
|         | 1,538 | 0,010  |
|         | 1,605 | 0,009  |
|         | 1,672 | 0,009  |
| $T_D$ ← | 1,739 | 0,008  |
|         | 1,847 | 0,008  |
|         | 1,954 | 0,007  |
|         | 2,062 | 0,006  |
|         | 2,170 | 0,005  |
|         | 2,277 | 0,005  |
|         | 2,385 | 0,004  |
|         | 2,493 | 0,004  |
|         | 2,600 | 0,004  |
|         | 2,708 | 0,003  |
|         | 2,816 | 0,003  |
|         | 2,923 | 0,003  |
|         | 3,031 | 0,003  |
|         | 3,139 | 0,003  |
|         | 3,246 | 0,002  |
|         | 3,354 | 0,002  |
|         | 3,462 | 0,002  |
|         | 3,569 | 0,002  |
|         | 3,677 | 0,002  |
|         | 3,785 | 0,002  |
|         | 3,892 | 0,002  |
|         | 4,000 | 0,002  |

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

## 03.1.4 Spettro per lo Stato Limite di Vita

**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     |
|--------------|---------|
| $a_g$        | 0,079 g |
| $F_o$        | 2,534   |
| $T_c$        | 0,293 s |
| $S_s$        | 1,200   |
| $C_c$        | 1,406   |
| $S_T$        | 1,000   |
| $q$          | 2,400   |

**Parametri dipendenti**

|        |         |
|--------|---------|
| $S$    | 1,200   |
| $\eta$ | 0,417   |
| $T_B$  | 0,137 s |
| $T_C$  | 0,412 s |
| $T_D$  | 1,914 s |

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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  $\eta$  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 | 0,094  |
| $T_B$ ← | 0,137 | 0,100  |
| $T_C$ ← | 0,412 | 0,100  |
|         | 0,483 | 0,085  |
|         | 0,555 | 0,074  |
|         | 0,626 | 0,065  |
|         | 0,698 | 0,059  |
|         | 0,769 | 0,053  |
|         | 0,841 | 0,049  |
|         | 0,913 | 0,045  |
|         | 0,984 | 0,042  |
|         | 1,056 | 0,039  |
|         | 1,127 | 0,036  |
|         | 1,199 | 0,034  |
|         | 1,270 | 0,032  |
|         | 1,342 | 0,031  |
|         | 1,414 | 0,029  |
|         | 1,485 | 0,028  |
|         | 1,557 | 0,026  |
|         | 1,628 | 0,025  |
|         | 1,700 | 0,024  |
|         | 1,771 | 0,023  |
|         | 1,843 | 0,022  |
| $T_D$ ← | 1,914 | 0,021  |
|         | 2,014 | 0,019  |
|         | 2,113 | 0,018  |
|         | 2,212 | 0,016  |
|         | 2,312 | 0,016  |
|         | 2,411 | 0,016  |
|         | 2,510 | 0,016  |
|         | 2,610 | 0,016  |
|         | 2,709 | 0,016  |
|         | 2,808 | 0,016  |
|         | 2,908 | 0,016  |
|         | 3,007 | 0,016  |
|         | 3,106 | 0,016  |
|         | 3,206 | 0,016  |
|         | 3,305 | 0,016  |
|         | 3,404 | 0,016  |
|         | 3,503 | 0,016  |
|         | 3,603 | 0,016  |
|         | 3,702 | 0,016  |
|         | 3,801 | 0,016  |
|         | 3,901 | 0,016  |
|         | 4,000 | 0,016  |

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'

Per la caratterizzazione dei terreni interessati dalle nuove opere la Committenza ha commissionato un apposito studio geologico e simico (vedere Relazione geologica), che ha compreso una campagna di indagini geognostiche comprendente sondaggi, prove in sito e prove di laboratorio sui campioni prelevati. Ai fini della caratterizzazione sismica del sito è stata effettuata, inoltre, una serie di prove sismiche.

Le suddette indagini geognostiche hanno riguardato in particolare:

- n. 5 sondaggi geognostici con prelievo di campioni di terreno;
- prove penetrometriche dinamiche SPT in foro;
- analisi di laboratorio sui campioni prelevati.



Figura 1 Planimetria schematica ubicazione sondaggi

Dalle stratigrafie di sondaggio riportate in allegato alla relazione geologica si deducono le seguenti sezioni rappresentative.

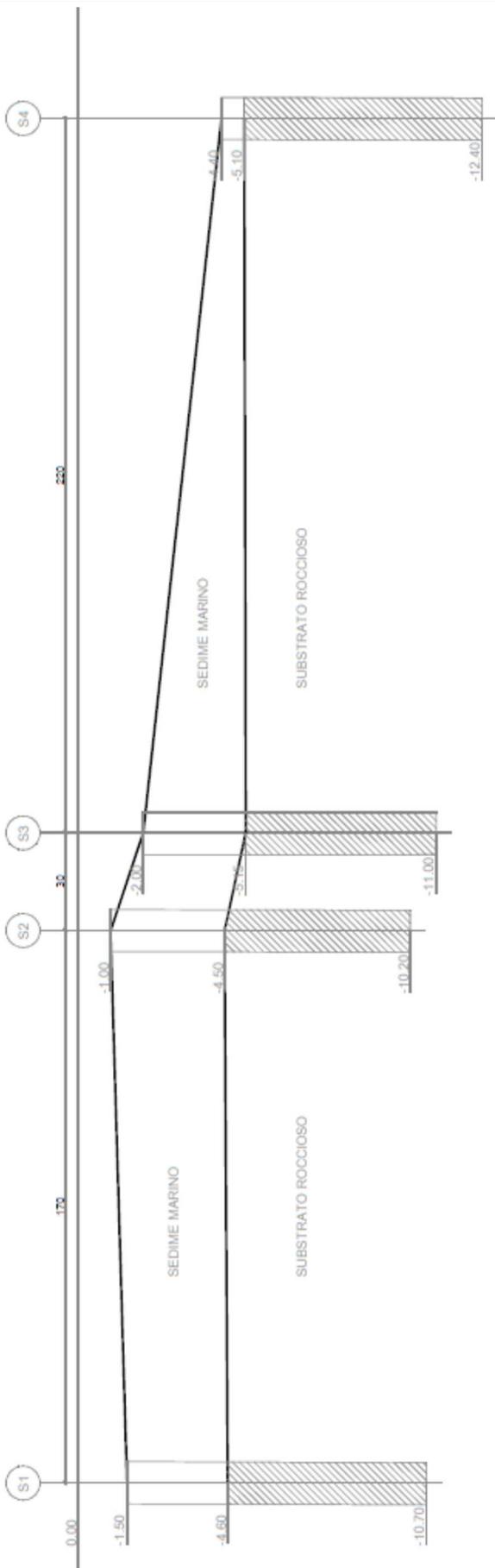


Figura 2 Profilo lungo il nuovo banchinamento con direzione est-ovest

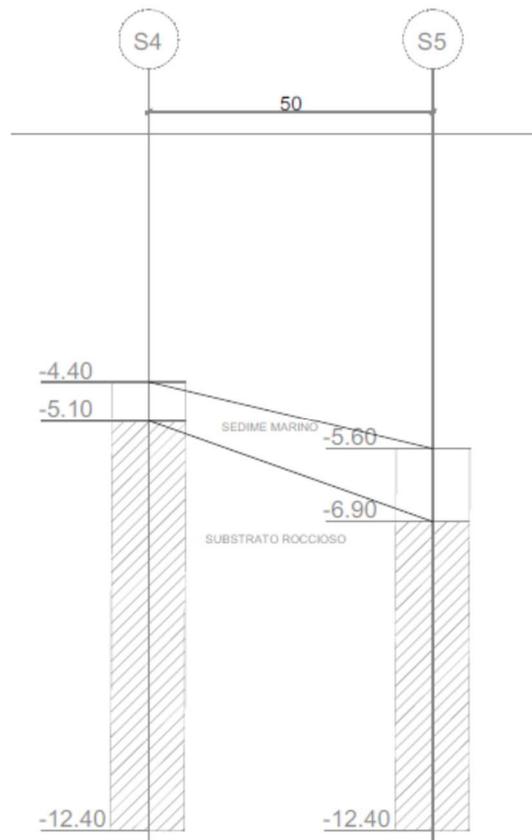


Figura 3 Profilo lungo il nuovo molo (direzione nord-sud)

#### 04. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO

Sulla base delle campagne di indagini descritte al capitolo precedente è emerso che il terreno di fondazione delle opere in oggetto è costituito da materiale granulare sciolto con una residua percentuale di materiale fine. In particolare dalle analisi di laboratorio emerge una granulometria eterogenea costituita da una prevalenza di materiale sabbioso-ghiaioso con una minore percentuale di materiale fine.

Il substrato roccioso è stato rinvenuto in tutti i sondaggi a livelli molto superficiali, ad una profondità massima dal fondale di circa 3,50 m (sondaggio S2) e minima di circa 0,70 m (sondaggio S4).

Le prove SPT eseguite in foro forniscono la distribuzione del numero di colpi riassunta nella tabella che segue in funzione della profondità di prova.

| SONDAGGIO | QUOTA L.M.M. (m) | DA | PROFONDITÀ FONDALE (m) | DA | N <sub>SPT</sub> (-) |
|-----------|------------------|----|------------------------|----|----------------------|
| S1        | -3,00            |    | 1,50                   |    | 36                   |
| S2        | -1,00            |    | 0                      |    | 3                    |
|           |                  |    | 3,50                   |    | 4                    |
| S3        | -2,00            |    | 0                      |    | 2                    |
|           |                  |    | 1,50                   |    | 5                    |
| S4        | -4,40            |    | 0                      |    | 27                   |
| S5        | -5,60            |    | 0                      |    | 4                    |

Si osserva che la distribuzione del numero di colpi è molto dispersa, ma si ritiene che tale fatto sia imputabile al limitatissimo spessore dello strato.

#### 04.1 Granulometria e classificazione

Le analisi granulometriche hanno fornito le seguenti distribuzioni percentuali (approssimate)

| CAMPIONE | GHIAIA (%) | SABBIA (%) | FINI (%) |
|----------|------------|------------|----------|
| S1-C1    | 37         | 56         | 8        |
| S2-C1    | 25         | 64         | 11       |
| S2-C2    | 12         | 79         | 9        |
| S3-C1    | 14         | 72         | 14       |
| S3-C2    | 41         | 72         | 27       |
| S4-C1    | 42         | 43         | 15       |
| S4-C4    | 24         | 50         | 26       |
| S5-C1    | 1          | 85         | 14       |
| S5-C2    | 6          | 63         | 31       |

La relazione geologica riporta inoltre i risultati delle prove di classificazione, effettuate sui campioni rimaneggiati. Poiché il contenuto di fini è modesto si ritiene che tali risultati siano poco significativi in relazione al comportamento del terreno in esame, il quale mostra, dalle prove di taglio diretto (vedere par. 0), un evidente comportamento di tipo incoerente.

#### 04.2 Peso di volume

Il peso di volume è stato determinato in laboratorio solamente per il campione S5-C2 ed è risultato pari a 20,8 kN/m<sup>3</sup>. In via cautelativa, si assume il valore di progetto  $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$

#### 04.3 Resistenza al taglio

Oltre alle prove SPT in foro, sono state effettuate prove di taglio diretto sui campioni prelevati, che hanno fornito i valori medi di angolo di attrito di picco riassunti nella tabella che segue.

| CAMPIONE | $\varphi$ (°) |
|----------|---------------|
| S1-C1    | 36            |
| S2-C1    | 35            |
| S2-C2    | 35            |
| S3-C1    | 35            |
| S3-C2    | 34,5          |
| S4-C1    | 34,5          |
| S4-C4    | n.d.          |
| S5-C1    | 34,5          |
| S5-C2    | 34,4          |

In via prudenziale si assume il valore di progetto  $\varphi = 34^\circ$

## 05. PRESCRIZIONI PER I MATERIALI DI RIporto

I nuovi terrapieni saranno realizzati sul materiale di riempimento derivante dalle opere marittime. Tale riempimento sarà effettuato con materiale arido con le seguenti caratteristiche minime.

#### 05.1 Materiale per riempimenti

Per le nuove colmate dovrà essere utilizzato materiale arido (tout-venant) di cava caratterizzato dai seguenti parametri:

$$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma' = 9 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi = 34^\circ$$

Ai fini del calcolo strutturale, il terreno sottostante l'opera viene modellato secondo lo schema di Winkler, cioè un sistema costituito da un letto di molle elastiche mutuamente indipendenti. Ciò consente di ricavare le rigidità offerte dai manufatti di fondazione, siano queste profonde o superficiali, che sono state introdotte direttamente nel modello strutturale per tener conto dell'interazione opera / terreno.

**BD INGEGNERIA S.R.L.**  
Ingeg. Davide Barilli  
Piazza R. Baldini, 4/28  
16149 Genova Tel. 010.532074  
C.F./P.I.: 02533670994  
Iscr. Ordine Ing. di Genova n° 2