

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE:

Ing. Paolo Cucino

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI TRENTO  
Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche  
Dott. Ing. Paolo Cucino  
ISCRIZIONE ALBO N° 2216

## PROGETTO ESECUTIVO

PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"

RELAZIONE

11 – OPERE CIVILI

B2-PIAZZALI AGLI IMBOCCHI DELLE GALLERIE E VIABILITA' DI ACCESSO

VIABILITA' ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA

Relazione tecnica - Muro di sostegno

APPALTATORE		SCALA:
IL DIRETTORE TECNICO  Ing. Pietro Gianvecchio		-

COMMESSA    LOTTO    FASE    ENTE    TIPO DOC.    OPERA/DISCIPLINA    PROGR.    REV.

I B O U    1 A    E    Z Z    C L    N V 0 7 1 0    0 0 3    A

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	B.Fiorentino	23/09/2022	M.Iacorossi	23/09/2022	D.Buttafoco (Dolomiti)	23/09/2022	 Dott. Ing. Andrea Polli IL PROGETTISTA A. Polli 23/09/2022

File: IB0U1AEZZCLNV0710003A.docx      n. Elab.: X

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	COMMESSA IB0U	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CLNV071	DOCUMENTO 0006	REV. A	FOGLIO. 1 di 47	

## Sommario

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
<b>2. DESCRIZIONE DELL'OPERA</b> .....	<b>4</b>
<b>3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>6</b>
<b>4. CONDIZIONI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE</b> .....	<b>7</b>
4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO.....	7
4.2 STRATIGRAFIA DI PROGETTO.....	8
4.3 VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI.....	8
4.4 LIVELLO DI FALDA.....	8
<b>5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI</b> .....	<b>9</b>
5.1 CALCESTRUZZO .....	9
5.2 ACCIAIO .....	9
<b>6. DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA</b> .....	<b>10</b>
6.1 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE.....	11
6.2 DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DEGLI SPETTRI DI RISPOSTA .....	11
<b>7. CRITERI DI VERIFICA E CALCOLO</b> .....	<b>14</b>
7.1 PREMESSA .....	14
7.2 COMBINAZIONI DELLE AZIONI.....	15
7.3 COEFFICIENTI DELLE AZIONI AGLI STATI LIMITE .....	16
7.4 VERIFICHE DI TIPO GEOTECNICO (GEO) .....	18
7.4.1 Scorrimento sul piano di posa .....	18
7.4.2 Ribaltamento.....	18
7.4.3 Collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno .....	19
7.5 VERIFICHE DI TIPO STRUTTURALE (STR).....	21
7.5.1 Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU) .....	21
7.5.2 Verifiche agli Stati Limite di Esercizio (SLE) .....	22
<b>8. ANALISI DEI CARICHI</b> .....	<b>23</b>
8.1 CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI (G <sub>1</sub> ).....	23
8.1.1 Pesi propri .....	23
8.1.2 Spinta delle terre .....	24

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	COMMESSA IB0U	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CLNV071	DOCUMENTO 0006	REV. A	FOGLIO. 2 di 47

8.2	AZIONI VARIABILI .....	24
8.2.1	Sovraccarico dovuto al traffico veicolare .....	24
8.3	AZIONE SISMICA .....	24
8.3.1	Valutazione dei coefficienti sismici .....	24
8.3.2	Valutazione dell'azione sismica .....	25
8.3.3	Forze di inerzia.....	25
8.4	CARICHI ECCEZIONALI .....	26
8.4.1	Urto dei veicoli in svio .....	26
<b>9.</b>	<b>SOFTWARE DI CALCOLO .....</b>	<b>26</b>
<b>10.</b>	<b>VERIFICHE SUI MURI DI SOSTEGNO .....</b>	<b>27</b>
10.1	SEZIONI ANALIZZATE .....	27
10.2	COMBINAZIONI DI CARICO .....	28
10.3	SEZIONE DI MASSIMA ALTEZZA .....	31
10.3.1	Verifiche geotecniche .....	31
10.3.2	Verifiche strutturali.....	36
10.3.3	Verifiche Stato Limite Ultimo .....	38
10.3.4	Verifiche Stato Limite di Esercizio.....	42
<b>11.</b>	<b>INCIDENZA.....</b>	<b>45</b>
<b>12.</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>46</b>

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:						
Mandataria:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	COMMESSA IB0U	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CLNV071	DOCUMENTO 0006	REV. A	FOGLIO. 3 di 47

## 1. PREMESSA

Nella presente relazione si mostrano i calcoli e le verifiche eseguite per il dimensionamento dell'opera di sostegno costituita da un muro a mensola, che si sviluppa tra la progressiva Km. 0+145,00 e la progressiva Km. 0+166,00 dell'asse NV071, necessaria all'esecuzione delle opere di imbocco Sud della galleria naturale Scaleres, nell'ambito del progetto della linea Fortezza – Ponte Gardena Lotto 1 Quadruplicamento della Linea Fortezza – Verona.

La seguente relazione presenterà in primis una breve descrizione dell'opera dal punto di vista geometrico, materico e in merito alle condizioni al contorno geotecniche e idrauliche. Verranno sintetizzate le combinazioni dimensionanti e i criteri di calcolo, seguiti da un capitolo esplicativo dell'analisi dei carichi.

A conclusione si riporteranno i grafici delle azioni interne con le relative verifiche.

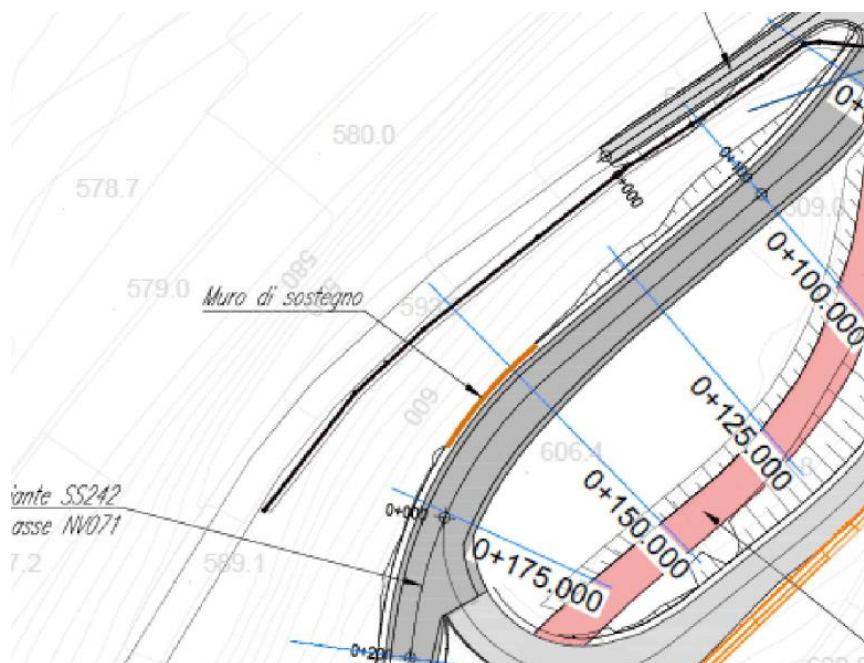


Figura 1-1: Planimetria della zona interessata dall'intervento

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>											
PROGETTAZIONE:													
Mandataria:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>											
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria												
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0U</td> <td>1AEZZ</td> <td>CLNV071</td> <td>0006</td> <td>A</td> <td>4 di 47</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IB0U	1AEZZ	CLNV071	0006	A	4 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.								
IB0U	1AEZZ	CLNV071	0006	A	4 di 47								

## 2. DESCRIZIONE DELL'OPERA

Si riporta di seguito il profilo e la pianta dei muri per le barriere di sicurezza.

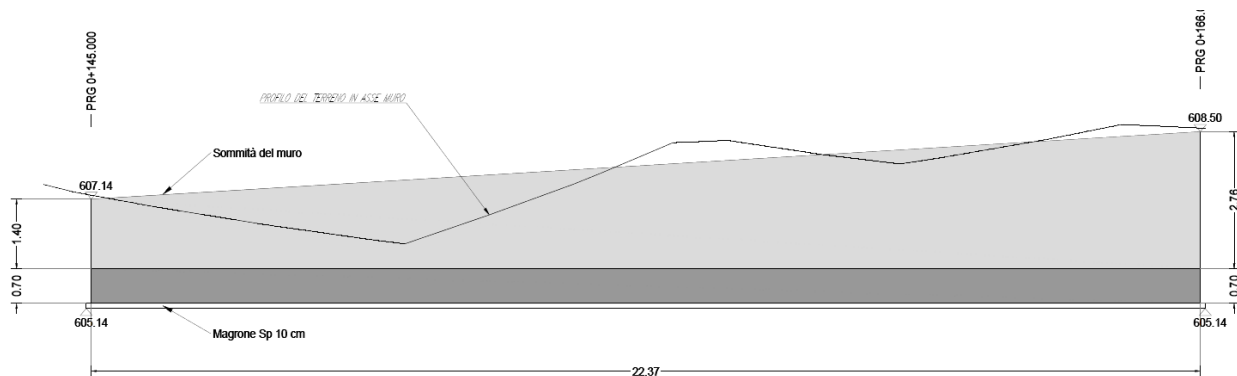


Figura 2-1: Profilo del muro

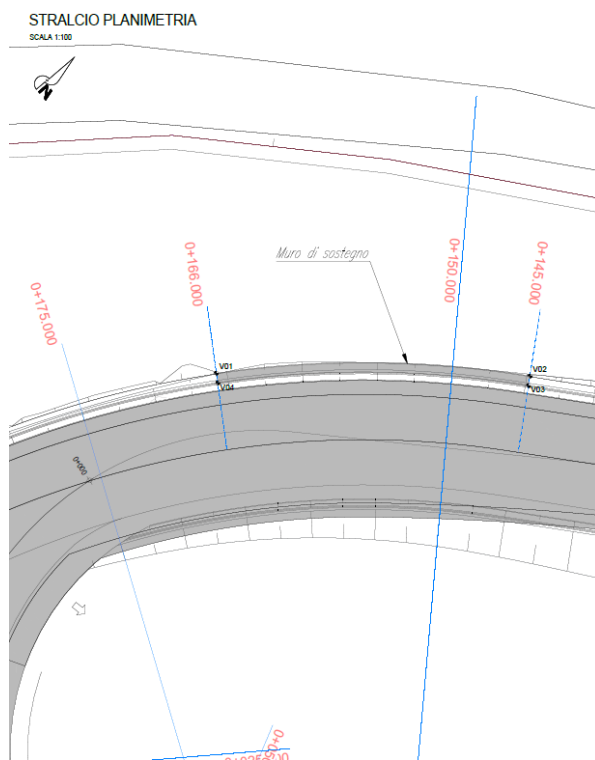


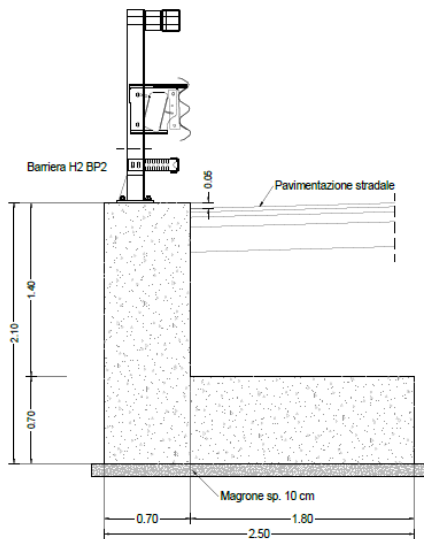
Figura 2-2: Pianta del muro

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatari:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	COMMESSA IB0U	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CLNV071	DOCUMENTO 0006	REV. A	FOGLIO. 5 di 47

L'opera consiste in un muro di sostegno di altezza variabile, le cui dimensioni massime sono mostrate nella figura seguente. In testa ai cordoli sono montate delle barriere di sicurezza Bordo Ponte di tipo H2.

#### CARPENTERIA - SEZIONE DI MINIMA ALTEZZA

SCALA 1:20



#### CARPENTERIA - SEZIONE DI MASSIMA ALTEZZA

SCALA 1:20

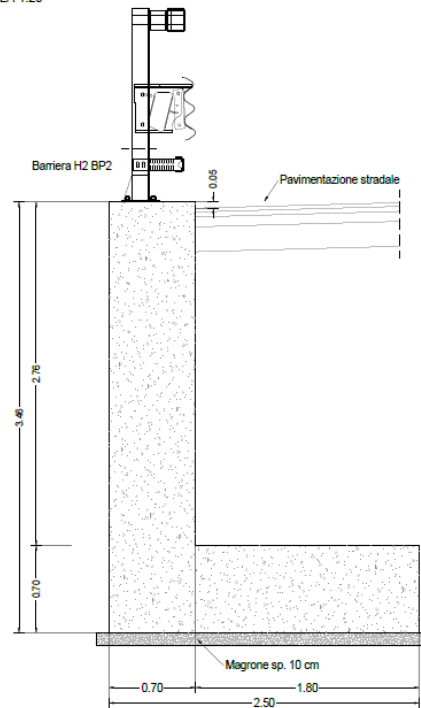


Figura 2-3: Carpenteria tipo muro

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI          REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA          LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA          TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria							<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO.</td> </tr> <tr> <td>IB0U</td> <td>1AEZZ</td> <td>CLNV071</td> <td>0006</td> <td>A</td> <td>6 di 47</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.													
IB0U	1AEZZ	CLNV071	0006	A	6 di 47													
<b>VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI          CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE</b> Muro di sostegno – Relazione di calcolo																		

### 3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- [1] D.M. 14/01/2008 “Nuove norme tecniche per le costruzioni” - GU n°29 del 04/02/2008
- [2] Circolare 02 febbraio 2009, n. 617 Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008
- [3] UNI EN 1993-1-1 EUROCODICE 3- Progettazione delle strutture in acciaio -Parte 1: Regole generali e regole per gli edifici
- [4] UNI EN 1997-1: EUROCODICE 7 – Progettazione Geotecnica – Parte 1: Regole Generali
- [5] UNI EN 1998-5 EUROCODICE 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5 - Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici



APPALTATORE:			<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>			
PROGETTAZIONE:	<b>Mandatario:</b> SWS Engineering S.p.A. <b>Mandanti:</b> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE</b> Muro di sostegno – Relazione di calcolo	COMMESSA <b>IBOU</b>	LOTTO <b>1AEZZ</b>	CODIFICA <b>CLNV071</b>	DOCUMENTO <b>0006</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO. <b>7 di 47</b>

## 4. CONDIZIONI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE

### 4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Per la definizione della stratigrafia di progetto e delle caratteristiche dei materiali si è fatto riferimento alla relazione geotecnica per il tratto NV071.

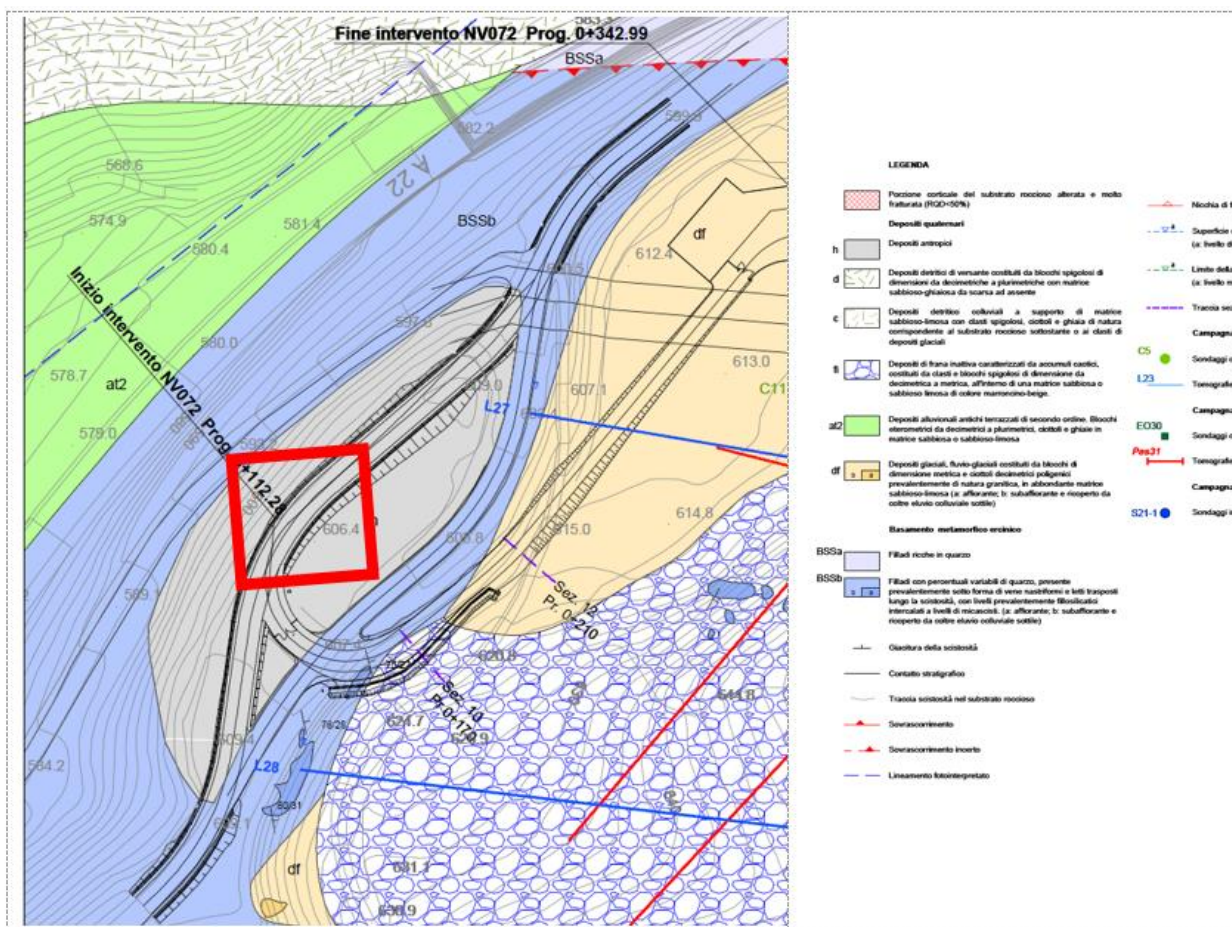


Figura 4-1: – Stralcio della carta geologica [7] (nel riquadro rosso la zona di interesse della NV071)



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	COMMESSA IB0U	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CLNV071	DOCUMENTO 0006	REV. A	FOGLIO. 8 di 47

## 4.2 STRATIGRAFIA DI PROGETTO

L'opera in esame si estende dalla progressiva Km. 0+145,00 e la progressiva Km. 0+166,00.

Lo strato superficiale presente consiste in depositi antropici (unità h) poggianti su un substrato roccioso. Nonostante l'affondamento piuttosto superficiale si considera unicamente questo strato per le verifiche a favore di verifica.

## 4.3 VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Di seguito si riportano i valori caratteristici dei terreni presenti in sito, utilizzati per le successive analisi.

Unità	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kPa]	$E$ [MPa]
d/df	19	36	0	50

Tabella 4-1: Parametri geotecnici caratteristici dei terreni

## 4.4 LIVELLO DI FALDA

Non si ritiene che il livello di falda influenzi l'opera in esame.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	COMMESSA IB0U	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CLNV071	DOCUMENTO 0006	REV. A	FOGLIO. 9 di 47

## 5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI

### 5.1 CALCESTRUZZO

- Calcestruzzo per magrone

Classe di resistenza minima:	$C_{min}$	C12/15
------------------------------	-----------	--------

- Calcestruzzo per il muro di sostegno (paramento e fondazione)

Conforme alla norma UNI EN 206-1/UNI11104		
Classe di resistenza minima:	$C_{min}$	C32/40
Classe di consistenza:	$S$	S3 ÷ S4
Dimensione massima aggregati [mm]	$D_{max}$	32
Copriferro [mm]	$c$	60
Classe di esposizione	-	XC3, XF4

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo e per la definizione della classe di resistenza di queste ultime in funzione delle condizioni ambientali, si farà riferimento alle indicazioni contenute nelle norme UNI EN 206-1 ed UNI 11104.

### 5.2 ACCIAIO

- Acciaio per armature ordinarie

Acciaio in barre ad aderenza migliorata tipo B450C controllato in stabilimento		
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	$\geq 450N/mm^2$
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk}$	$\geq 540N/mm^2$

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	COMMESSA IB0U	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CLNV071	DOCUMENTO 0006	REV. A	FOGLIO. 10 di 47

## 6. DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$ , nel periodo di riferimento  $V_R$ .

Ai fini della normativa vigente le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_C^*$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Ai fini delle verifiche strutturali, in accordo con la normativa vigente, si considera lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV). Per la valutazione degli spostamenti si considera lo Stato Limite di Danno (SLD).

Per la definizione del tempo di ritorno del sisma, è stata considerata una vita nominale della struttura pari a 75 anni e classe d'uso IV ( $c_u = 1.5$ ), cosicché il periodo di riferimento dell'azione sismica risulta essere:

$$V_R = V_N \cdot c_u = 113 \text{ anni}$$

Di seguito si riportano i periodi di riferimento relativi all'SLD e all'SLV, a cui corrispondono delle probabilità di superamento  $P_{VR}$  rispettivamente del 63% e del 10%:

STATO LIMITE	$V_N$	$C_U$	$T_R$ [anni]
SLD	75	III	113
SLV	75	III	1072

Tabella 6-1: Definizione dei tempi di ritorno per gli Stati Limite considerati

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	COMMESSA IB0U	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CLNV071	DOCUMENTO 0006	REV. A	FOGLIO. 11 di 47

## 6.1 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale sulla base dell'individuazione di categorie di sottosuolo (Tab.3.2.III delle NTC2008) e topografiche (Tab.3.2.IV delle NTC2008) di riferimento (in assenza di specifiche analisi).

A livello di categoria di suolo di fondazione, a favore di sicurezza si assume un terreno di categoria C: *"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti"*.

Per quanto concerne invece le condizioni topografiche, il sito in oggetto è attribuibile alla Categoria T4 *"Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media  $i > 30^\circ$ "*.

## 6.2 DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DEGLI SPETTRI DI RISPOSTA

Sulla base di quanto detto, nelle seguenti tabelle sono riportati i parametri degli spettri di risposta definiti nella premessa del presente capitolo.

I parametri presentati si riferiscono ad un sisma nel comune di Ponte Gardena. Poiché lo sviluppo dell'opera attraversa diversi comuni limitrofi e poiché l'azione sismica varia in modo limitato entro questi comuni, si è deciso di riportare unicamente questo sisma considerato come rappresentativo.

STATO LIMITE	$V_N$	$C_U$	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLD	75	III	113	0,033	2,458	0,246
SLV	75	III	1072	0,066	2,665	0,392

Tabella 6.1: Parametri base per la definizione dell'azione sismica

Da cui si deduce un'azione massima pari a

- $SLD: a_{max} = a_g \cdot S_S \cdot S_T = 0,049 \text{ g}$
- $SLV: a_{max} = a_g \cdot S_S \cdot S_T = 0,099 \text{ g}$

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>												
PROGETTAZIONE:														
Mandataria: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0U</td> <td>1AEZZ</td> <td>CLNV071</td> <td>0006</td> <td>A</td> <td>12 di 47</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IB0U	1AEZZ	CLNV071	0006	A	12 di 47	
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.									
IB0U	1AEZZ	CLNV071	0006	A	12 di 47									

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

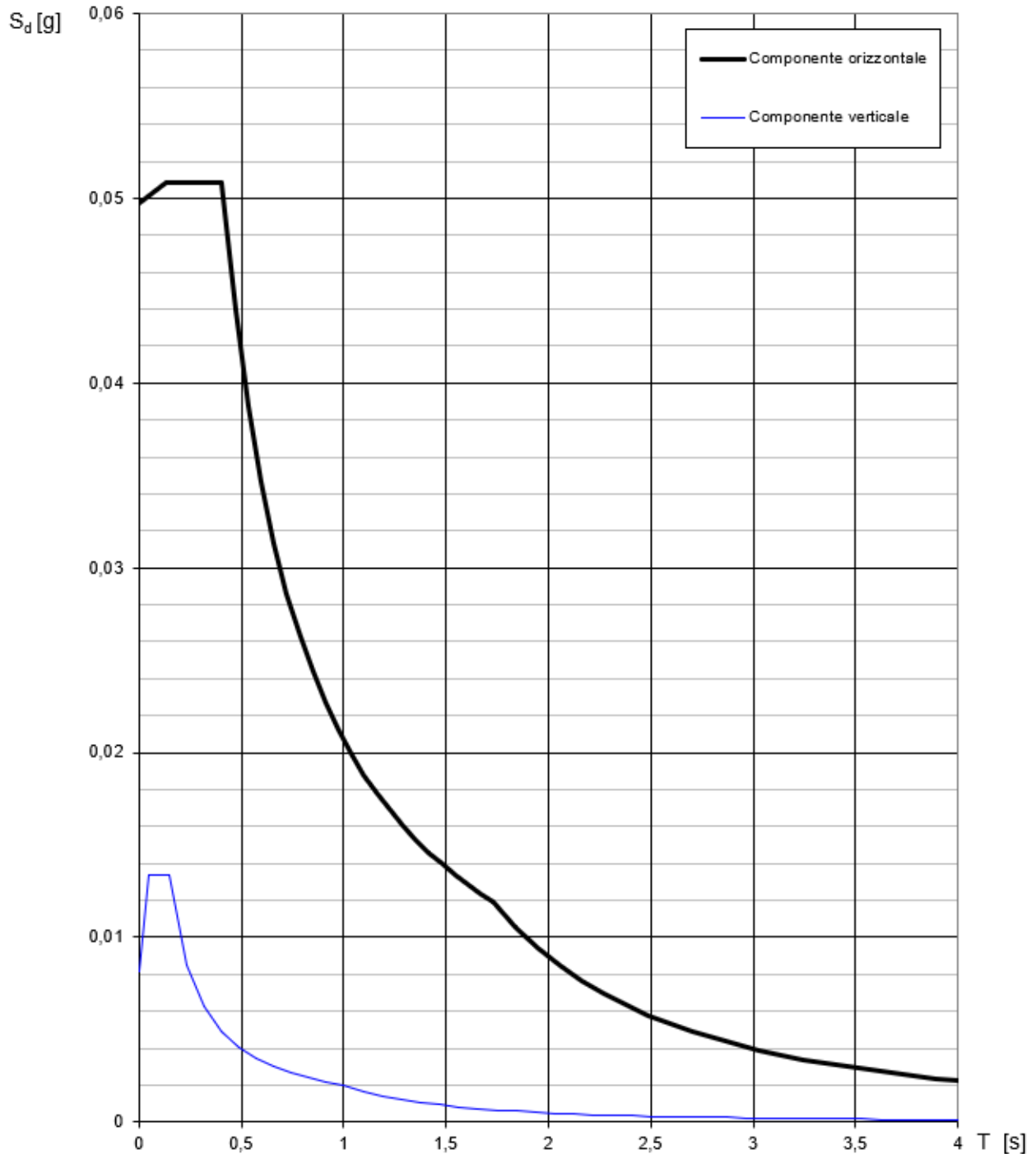


Figura 6-1: Spettro di risposta allo SLD

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>											
PROGETTAZIONE:													
Mandataria:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>											
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria												
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0U</td> <td>1AEZZ</td> <td>CLNV071</td> <td>0006</td> <td>A</td> <td>13 di 47</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IB0U	1AEZZ	CLNV071	0006	A	13 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.								
IB0U	1AEZZ	CLNV071	0006	A	13 di 47								

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

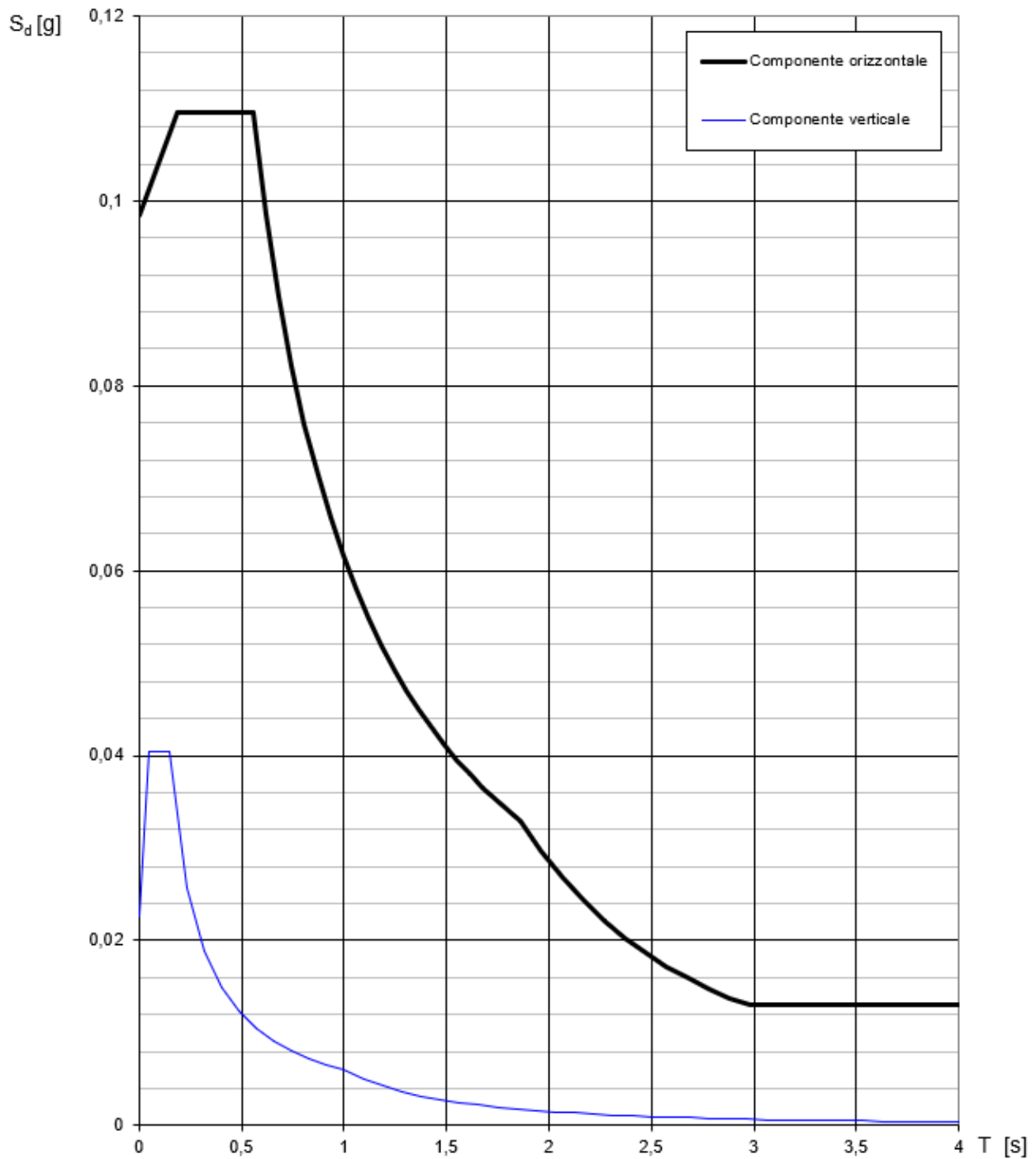


Figura 6-2: Spettro di risposta allo SLV

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	COMMESSA IB0U	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CLNV071	DOCUMENTO 0006	REV. A	FOGLIO. 14 di 47

## 7. CRITERI DI VERIFICA E CALCOLO

### 7.1 PREMESSA

Le verifiche contenute nel presente documento fanno riferimento a quanto prescritto nelle NTC-2008 e successiva circolare esplicativa e negli Eurocodici.

L'opera in esame rientra le opere di sostegno presentate al capitolo 6.5 delle NTC-2008, in particolare si fa riferimento a quanto definito per i muri di sostegno al paragrafo 6.5.3.1.1.

Le verifiche strutturali sono eseguite nei confronti degli Stati Limite Ultimi (SLU) e degli Stati Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) riferiti allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono la fondazione.

In particolare, si eseguono le verifiche relative ai seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO):
  - Scorrimento sul piano di posa;
  - Collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno;
  - Ribaltamento.
- SLU di tipo strutturale (STR):
  - Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

Per ogni stato limite deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d \quad (\text{eq. 6.2.1 delle NTC2008})$$

dove

$E_d$  valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;

$R_d$  valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	COMMESSA IB0U	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CLNV071	DOCUMENTO 0006	REV. A	FOGLIO. 15 di 47

## 7.2 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_{i>1} \gamma_{Qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \sum_{i>1} \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} Q_{k1} + \sum_{i>1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica:

$$E + G_1 + G_2 + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi che connessi alle azioni eccezionali A:

$$A_d + G_1 + G_2 + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	COMMESSA IB0U	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CLNV071	DOCUMENTO 0006	REV. A	FOGLIO. 16 di 47

### 7.3 COEFFICIENTI DELLE AZIONI AGLI STATI LIMITE

Per le verifiche agli SLU dei muri di sostegno si adottano i coefficienti parziali delle tabella sotto riportate (rif. Tab. 6.2.I, 6.2.II, 6.5.I delle NTC-2008). In particolare, le verifiche sono eseguite secondo l'Approccio 1 presentato dalle NTC-2008.

**Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.**

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

**Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_{\gamma}$	1,0	1,0

**Tabella 6.5.I - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO di muri di sostegno.**

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$

I coefficienti di combinazione dei carichi, applicati secondo le varie combinazioni, sono riferiti alla Tab. 2.5.I delle NTC 2008:

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandataria:	Mandanti:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IB0U	1AEZZ	CLNV071	0006	A	17 di 47
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo							

**Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione**

<b>Categoria/Azione variabile</b>	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	COMMESSA IB0U	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CLNV071	DOCUMENTO 0006	REV. A	FOGLIO. 18 di 47

## 7.4 VERIFICHE DI TIPO GEOTECNICO (GEO)

### 7.4.1 Scorrimento sul piano di posa

La risultante delle azioni orizzontali agenti sul muro deve essere non superiore alla resistenza per attrito disponibile sul piano di imposta. Quest'ultima è pari al prodotto della risultante delle azioni verticali (azioni ortogonali al piano di imposta) per il coefficiente di attrito fondazione-terreno.

Deve essere quindi:

$$\frac{Q_V \cdot \tan(\phi')}{Q_H} \geq 1,0 (\geq 1,0 \text{ in presenza di sisma})$$

Dove:

- $Q_V$  è la risultante delle azioni caratteristiche ortogonali al piano di posa;
- $Q_H$  è la risultante delle azioni di progetto parallele al piano di posa;
- $\mu = \tan(\phi')$  coefficiente di attrito fondazione-terreno.

A meno di situazioni particolari, per le quali si rimanda alla normativa vigente, la resistenza passiva offerta dal terreno presente a valle del muro deve essere trascurata.

### 7.4.2 Ribaltamento

La somma dei momenti delle forze esterne agenti sul muro (spinta del terrapieno, sovraccarichi, ...), valutati rispetto allo spigolo di valle della platea di fondazione, deve risultare non superiore alla somma dei momenti dovuti ai pesi propri della struttura (muro in c.a.), del terreno gravante sulla mensola di monte e delle masse eventualmente collegate al muro (ad es. barriere di sicurezza o antirumore), valutati rispetto allo stesso spigolo.

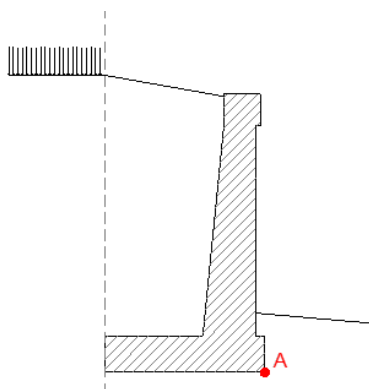


Figura 7-1: Verifica a ribaltamento

Dunque, con riferimento al punto A evidenziato in Figura 7-1,  $M_{rib}$  è la risultante dei momenti ribaltanti di progetto,  $M_{stab}$  è la risultante dei momenti stabilizzanti di progetto e la verifica al ribaltamento è soddisfatta se, per ogni combinazione di carico, risulta:

$$\frac{M_{stab}}{M_{rib}} \geq 1,0 \quad (\geq 1,0 \text{ in presenza di sisma})$$

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	COMMESSA IB0U	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CLNV071	DOCUMENTO 0006	REV. A	FOGLIO. 19 di 47

### 7.4.3 Collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno

Vista la natura dei terreni, la valutazione della capacità portante della fondazione del muro di sostegno viene condotta in condizioni non drenate. La formula generale risulta essere:

$$q_{lim} = s_u \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q$$

Con:

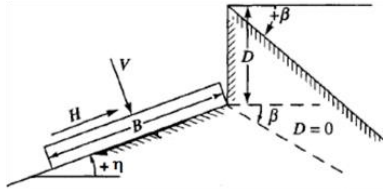
$N_c = 2 + \pi$	fattori di capacità portante
$s_c$	fattori correttivi che tengono conto della forma della fondazione;
$d_c$	fattori correttivi che tengono conto della profondità del piano di posa;
$i_c$	fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione dei carichi;
$g_c$	fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano campagna;
$b_c$	fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano di posa;
$q$	tensione verticale efficace agente al piano di posa della fondazione;

Inoltre, si definisce efficace la parte di fondazione reale rispetto alla quale la risultante dei carichi verticali di progetto  $Q_V$  risulta centrata. Per fondazioni rettangolari di larghezza  $B$  e lunghezza  $L$ , indicate con  $e_B$  ed  $e_L$  le componenti della eccentricità del carico rispettivamente in direzione  $B$  e  $L$ , le corrispondenti dimensioni efficaci sono:

$$B' = B - 2 e_B \qquad L' = L - 2 e_L$$

Nella figura seguente sono mostrati i valori dei coefficienti sopra citati:

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatari: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	COMMESSA IB0U	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CLNV071	DOCUMENTO 0006	REV. A	FOGLIO. 20 di 47



**Shape and depth factors for use in either the Hansen (1970) or Vesic (1973, 1975b) bearing-capacity equations of Table 4-1. Use  $s'_c, d'_c$  when  $\phi = 0$  only for Hansen equations. Subscripts  $H, V$  for Hansen, Vesic, respectively.**

Shape factors	Depth factors
$s'_{c(H)} = 0.2 \frac{B'}{L'} \quad (\phi = 0^\circ)$	$d'_c = 0.4k \quad (\phi = 0^\circ)$
$s_{c(H)} = 1.0 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L'}$	$d_c = 1.0 + 0.4k$
$s'_{c(V)} = 1.0 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B}{L}$	$k = D/B$ for $D/B \leq 1$
$s_c = 1.0$ for strip	$k = \tan^{-1}(D/B)$ for $D/B > 1$
	$k$ in radians
$s_{q(H)} = 1.0 + \frac{B'}{L'} \sin \phi$	$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 k$
$s_{q(V)} = 1.0 + \frac{B}{L} \tan \phi$	$k$ defined above
for all $\phi$	
$s_{\gamma(H)} = 1.0 - 0.4 \frac{B'}{L'} \geq 0.6$	$d_\gamma = 1.00$ for all $\phi$
$s_{\gamma(V)} = 1.0 - 0.4 \frac{B}{L} \geq 0.6$	

Notes:

- Note use of "effective" base dimensions  $B', L'$  by Hansen but not by Vesic.
- The values above are consistent with either a vertical load or a vertical load accompanied by a horizontal load  $H_B$ .
- With a vertical load and a load  $H_L$  (and either  $H_B = 0$  or  $H_B > 0$ ) you may have to compute two sets of shape  $s_i$  and  $d_i$  as  $s_{i,B}, s_{i,L}$  and  $d_{i,B}, d_{i,L}$ . For  $i, L$  subscripts of Eq. (4-2), presented in Sec. 4-6, use ratio  $L'/B'$  or  $D/L'$ .

**Table of inclination, ground, and base factors for the Hansen (1970) equations. See Table 4-5c for equivalent Vesic equations.**

Inclination factors	Ground factors (base on slope)
$i'_c = 0.5 - \sqrt{1 - \frac{H_i}{A_f c_a}}$	$g'_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$
$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$	$g_c = 1.0 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$
$i_q = \left[ 1 - \frac{0.5 H_i}{V + A_f c_a \cot \phi} \right]^{2.1}$ $2 \leq \alpha_1 \leq 5$	$g_q = g_\gamma = (1 - 0.5 \tan \beta)^\delta$
	Base factors (tilted base)
$i_\gamma = \left[ 1 - \frac{0.7 H_i}{V + A_f c_a \cot \phi} \right]^{2.2}$	$b'_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ} \quad (\phi = 0)$
$i_\gamma = \left[ 1 - \frac{(0.7 - \eta^\circ/450^\circ) H_i}{V + A_f c_a \cot \phi} \right]^{2.2}$ $2 \leq \alpha_2 \leq 5$	$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ} \quad (\phi > 0)$
	$b_q = \exp(-2.7 \eta \tan \phi)$
	$b_\gamma = \exp(-2.7 \eta \tan \phi)$
	$\eta$ in radians
$A_f = B' \cdot L'$	

Notes:

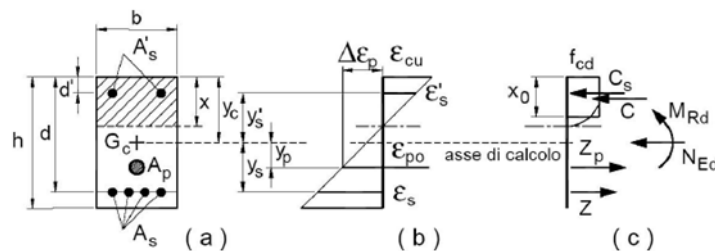
- Use  $H_i$  as either  $H_B$  or  $H_L$ , or both if  $H_L > 0$ .
- Hansen (1970) did not give an  $i_c$  for  $\phi > 0$ . The value above is from Hansen (1961) and also used by Vesic.
- Variable  $c_a$  = base adhesion, on the order of 0.6 to 1.0  $\times$  base cohesion.
- Refer to sketch for identification of angles  $\eta$  and  $\beta$ , footing depth  $D$ , location of  $H_i$  (parallel and at top of base slab; usually also produces eccentricity). Especially note  $V$  = force normal to base and is not the resultant  $R$  from combining  $V$  and  $H_i$ .

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	COMMESSA IB0U	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CLNV071	DOCUMENTO 0006	REV. A	FOGLIO. 21 di 47

## 7.5 VERIFICHE DI TIPO STRUTTURALE (STR)

### 7.5.1 Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU)

Con riferimento alla sezione pressoinflessa retta, la capacità, in termini di resistenza e duttilità, si determina in base alle ipotesi di calcolo e ai modelli  $\sigma - \varepsilon$ :



Le verifiche a pressoflessione vengono condotte confrontando le resistenze ultime e le sollecitazioni massime agenti, valutando il corrispondente fattore di sicurezza (FS) come rapporto tra la sollecitazione resistente e la massima agente.

$$FS = \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} \geq 1$$

Le verifiche flessionali agli SLU sono eseguite adottando le seguenti ipotesi:

- Conservazione delle sezioni piane;
- Perfetta aderenza tra acciaio e calcestruzzo;
- Resistenza a trazione del calcestruzzo nulla;
- Rottura del calcestruzzo determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima a compressione;
- Rottura dell'armatura tesa determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima.

Per la verifica di resistenza agli SLU, con riferimento alle sollecitazioni taglianti, deve risultare:

$$FS = \frac{V_{Rd}}{V_{Ed}} \geq 1$$

Si fariferimento ai seguenti valori della resistenza di calcolo:

- Resistenza di calcolo dell'elemento privo di armatura a taglio:

$$V_{Rd,c} = \max \left\{ \left[ \frac{0.18}{\gamma_c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d; (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\}$$

- Valore di progetto dello sforzo di taglio che può essere sopportato dall'armatura a taglio alla tensione di snervamento:

$$V_{Rd,s} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg(\alpha) + ctg(\theta)) \cdot \sin \alpha$$

- Valore di progetto del massimo di sforzo di taglio che può essere sopportato dall'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresse:

$$V_{Rd,max} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot f'_{cd} \cdot \frac{ctg(\alpha) + ctg(\theta)}{1 + ctg^2(\theta)}$$



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	COMMESSA IB0U	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CLNV071	DOCUMENTO 0006	REV. A	FOGLIO. 22 di 47

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

- $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2.0$ , con d espresso in mm;
- $\rho_l = \frac{A_{Sl}}{b_w \cdot d} \leq 0.02$  è il rapporto geometrico di armatura longitudinale;
- $A_{Sl}$  è l'area dell'armatura tesa;
- $b_w$  è la larghezza minima della sezione in zona tesa;
- $\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0.2 \cdot f_{cd}$  è la tensione media di compressione della sezione;
- $A_c$  è l'area della sezione in calcestruzzo;
- $v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$ ;
- $A_{sw}$  è l'area della sezione trasversale dell'armatura a taglio;
- $s$  è il passo delle staffe;
- $f_{yd}$  è la tensione di snervamento di progetto dell'armatura a taglio
- $\alpha$  è l'inclinazione dell'armatura resistente a taglio rispetto all'asse dell'elemento;
- $\theta$  è l'inclinazione della biella di calcestruzzo compressa e deve essere  $1 \leq \cot \theta \leq 2.5$

### 7.5.2 Verifiche agli Stati Limite di Esercizio (SLE)

Per gli Stati Limite di Esercizio occorre verificare che l'ampiezza delle fessure  $w_k$ , per gli elementi con armature lente, sia al di sotto del valore limite fissato per le classi di esposizione in oggetto. La normativa definisce i valori massimi per l'ampiezza delle fessure in relazione alla classe di esposizione del calcestruzzo.

**Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali**

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandataria:	Mandanti:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IB0U	1AEZZ	CLNV071	0006	A	23 di 47
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo							

**Tabella 4.1.IV – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione**

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	$w_d$	Stato limite	$w_d$
<b>a</b>	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
<b>b</b>	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
<b>c</b>	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

$w_1, w_2, w_3$  sono definiti al § 4.1.2.2.4.1, il valore di calcolo  $w_d$ , è definito al § 4.1.2.2.4.6.

Per le verifiche in oggetto si considera il calcestruzzo in condizioni ambientali ordinarie. Le armature considerate sono di acciaio ordinario e quindi "Poco sensibili" ai sensi della normativa.

Per le verifiche a fessurazione deve quindi essere:

- Combinazione di carico quasi permanente:  $w_k = 0,3mm$
- Combinazione di carico frequente:  $w_k = 0,4mm$

## 8. ANALISI DEI CARICHI

### 8.1 CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI ( $G_1$ )

Le azioni permanenti strutturali sono il peso proprio del muro in c.a., il peso proprio del terreno gravante sulla mensola di monte e la spinta del terreno a tergo del muro.

#### 8.1.1 Pesi propri

Per il calcolo del peso proprio del muro e del terreno gravante sulla mensola di monte si assumono i seguenti valori dei pesi unitari:

- Struttura in c.a.  $\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$
- Terreno di riempimento  $\gamma_t = 19 \text{ kN/m}^3$

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	COMMESSA IB0U	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CLNV071	DOCUMENTO 0006	REV. A	FOGLIO. 24 di 47

### 8.1.2 Spinta delle terre

La spinta del terreno sul paramento del muro viene valutata utilizzando il Metodo di Culmann, il quale adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb ma con la sostanziale differenza che consente di analizzare situazioni con profili di forma generica e carichi disposti anche in maniera non uniforme.

Il procedimento, di carattere iterativo, si svolge nei seguenti step:

- 1) Imposizione di una superficie di rottura e considerazione del cuneo di spinta delimitato dalla stessa superficie, dal profilo del terreno e dal muro;
- 2) Valutazione delle forze agenti sul cuneo di spinta;
- 3) Valutazione della spinta sulla parete.

Il processo viene quindi iterato fino a trovare l'angolo di rottura per il quale la spinta risulta massima. Derivando quindi l'espressione della spinta rispetto all'ordinata del paramento è possibile ricavare le pressioni.

## 8.2 AZIONI VARIABILI

Si considera, quali azioni variabili agenti sul muro di sostegno, il carico dovuto al traffico veicolare.

### 8.2.1 Sovraccarico dovuto al traffico veicolare

Il sovraccarico accidentale dovuto al traffico veicolare è considerato pari a  $20kPa$ .

## 8.3 AZIONE SISMICA

In condizioni sismiche, i carichi agenti sul muro sono:

- La spinta del terreno a tergo del muro, incrementata per effetto del sisma;
- Le forze di inerzia del muro e del terreno direttamente gravante sulla mensola di monte;

### 8.3.1 Valutazione dei coefficienti sismici

Le NTC-2008 prevedono l'applicazione di metodi pseudo-statici per le verifiche sismiche dei muri di sostegno. In questa tipologia di analisi, l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

Si definiscono quindi i coefficienti sismici orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$  che sono valutati come:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

Dove  $\beta_m$  è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito e il suo valore è discusso nei paragrafi successivi.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	COMMESSA IB0U	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CLNV071	DOCUMENTO 0006	REV. A	FOGLIO. 25 di 47

### 8.3.2 Valutazione dell'azione sismica

Per la valutazione della spinta sismica si può fare riferimento alla formulazione pseudo-statica in forma chiusa di Mononobe-Okabe.

Essa si rifà all'analisi dell'equilibrio limite di un cuneo di terreno instabile a contatto con l'opera di sostegno, con superficie di scorrimento piana. In aggiunta, il metodo tiene conto della forza di inerzia della massa del cuneo instabile, considerata applicata nel baricentro del cuneo stesso, derivante dall'accelerazione sismica.

A tale scopo, nella definizione del coefficiente di spinta attiva, il metodo considera un angolo di rotazione addizionale:

$$\theta = \arctan\left(\frac{k_h}{1 \mp k_v}\right)$$

Dove  $k_h$  e  $k_v$  sono i coefficienti sismici, rispettivamente orizzontale e verticale definiti al paragrafo precedente. Per le verifiche geotecniche si considera che il muro è libero di traslare o di ruotare intorno al piede, si considera quindi un valore di  $\beta_m = 0,18$ . L'espressione del coefficiente di spinta attiva si modifica come segue:

- Per  $\beta \leq \phi - \theta$

$$k_{a,s} = \frac{\sin(\psi + \phi - \theta)}{\cos(\theta) \cdot \sin^2(\psi) \cdot \sin(\psi - \theta - \delta) \cdot \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta) \cdot \sin(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

- Per  $\beta > \phi - \theta$

$$k_{a,s} = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos(\theta) \cdot \sin^2(\psi) \cdot \sin(\psi - \theta - \delta)}$$

Per muri di sostegno liberi di traslare o di ruotare intorno al piede, ai sensi delle NTC-2008 al Par. 7.11.6.2.1, si può assumere che l'incremento di spinta dovuto al sisma agisca nello stesso punto di applicazione della spinta statica ( $H/3$  rispetto alla base del muro). La spinta del terreno a tergo del muro in condizioni sismiche, pertanto, si valuta semplicemente sostituendo al coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche  $k_a$  il coefficiente  $k_{a,s}$  sopra definito, ottenendo:

$$P_{A,s} = 0,5 \cdot \gamma' \cdot k_{a,s} \cdot H$$

### 8.3.3 Forze di inerzia

Le forze di inerzia, rispettivamente orizzontali e verticali, sono pari a:

$$F_{h,i} = k_h \cdot W_i$$

$$F_{v,i} = \pm k_v \cdot W_i$$

Dove  $W_i$  è il peso associato alla massa dell'elemento  $i$ -esimo considerato (muro in c.a., terreno gravante sulla mensola di monte, eventuali strutture collegate al muro,...)

Le forze di inerzia, al pari delle forze peso, si intendono applicate nel baricentro dei singoli elementi.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	COMMESSA IB0U	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CLNV071	DOCUMENTO 0006	REV. A	FOGLIO. 26 di 47

## 8.4 CARICHI ECCEZIONALI

### 8.4.1 Urto dei veicoli in svio

Per la valutazione dell'azione dell'urto sulle barriere di sicurezza si utilizza quanto presente al paragrafo 3.6.3.3.2 delle NTC-2008. In particolare, si utilizza una forza orizzontale pari a  $100kN$  da applicare  $100mm$  sotto la sommità dell'elemento o  $1,0m$  sopra il livello del piano di marcia, a seconda di quale valore sia più piccolo. In questo caso, l'urto è applicato ad un'altezza di  $1,0m$  sopra il piano di marcia. L'azione dell'urto così definita si considera come valore in esercizio per il cordolo e deve essere moltiplicata per  $1,50$  al fine di ottenere i carichi di progetto per le verifiche strutturali.

Per le verifiche geotecniche si ipotizza che la forza sia distribuita su  $10m$ , pari alla lunghezza complessiva del singolo concio. Per le verifiche strutturali, invece, la forza viene considerata ripartita su 3 montanti successivi (quello su cui avviene l'impatto e i due montanti ad esso adiacenti) per una lunghezza complessiva di  $4,4m$ .

Si considerano quindi i seguenti valori per la forza dovuta all'urto.

$$F^{geo} = \frac{100}{10} = 10 \text{ kN/m}$$

$$F^{str} = \frac{100}{4,40} 1,5 = 34,09 \text{ kN/m}$$

## 9. SOFTWARE DI CALCOLO

Le verifiche geotecniche e le verifiche strutturali dei muri di sostegno sono eseguite attraverso il codice di calcolo "MAX - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno" di Aztec informatica, nella sua versione 16.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	COMMESSA IB0U	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CLNV071	DOCUMENTO 0006	REV. A	FOGLIO. 27 di 47

## 10. VERIFICHE SUI MURI DI SOSTEGNO

### 10.1 SEZIONI ANALIZZATE

Nel seguito si presentano i tipologici di calcolo considerati per le verifiche geotecniche e strutturali dei muri di sostegno. Nel dettaglio, le verifiche contenute nel presente documento si riferiscono alla sezione di massima altezza.

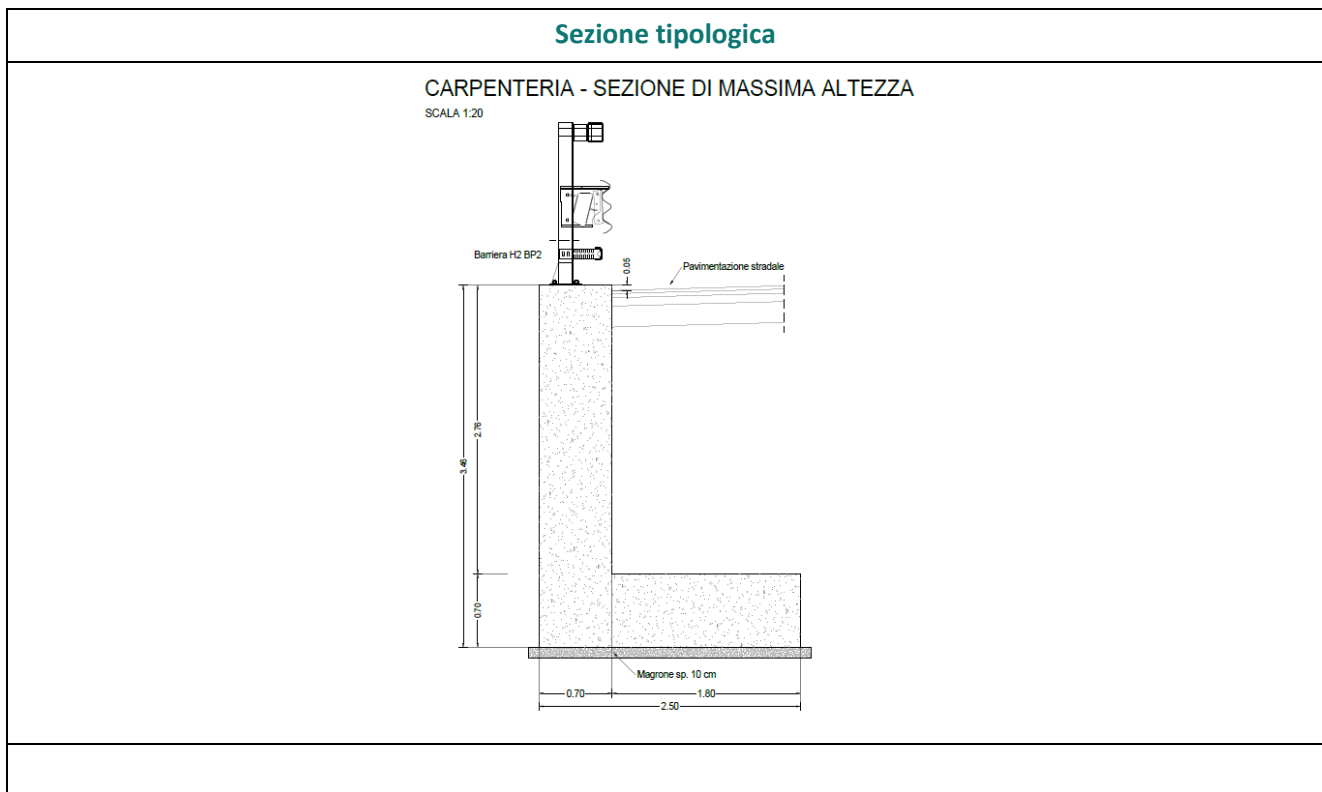


Figura 10-1: Sezione tipologica

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	COMMESSA IB0U	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CLNV071	DOCUMENTO 0006	REV. A	FOGLIO. 28 di 47

## 10.2 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico utilizzate nelle analisi sono riassunte nelle figure che seguono.

Simbologia adottata

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione  
 $\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

### Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R1) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Carico traffico	1.00	1.00	Sfavorevole

### Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R1)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Carico traffico	1.35	1.00	Sfavorevole

### Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R1) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Carico traffico	1.00	1.00	Sfavorevole

### Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R1)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Carico traffico	1.35	1.00	Sfavorevole

### Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R1)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Carico traffico	1.35	1.00	Sfavorevole

### Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R1)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Carico traffico	1.35	1.00	Sfavorevole

### Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Carico traffico	1.00	1.00	Sfavorevole



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>
PROGETTAZIONE:		
Mandataria:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO. IBOU 1AEZZ CLNV071 0006 A 29 di 47	

Combinazione n° 8 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Carico traffico	1.15	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Carico traffico	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - EQU H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Carico traffico	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - EQU

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	0.90	--	Favorevole
Peso terrapieno	0.90	--	Favorevole
Spinta terreno	1.10	--	Sfavorevole
Carico traffico	1.35	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - EQU H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Carico traffico	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 13 - ECC

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Carico traffico	1.00	1.00	Sfavorevole
Urto	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 14 - SLER

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Carico traffico	1.00	1.00	Sfavorevole

Figura 10-2: Combinazioni di carico considerate (muri di valle)

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<b>Mandataria:</b> SWS Engineering S.p.A.	<b>Mandanti:</b> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	COMMESSA IB0U	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CLNV071	DOCUMENTO 0006	REV. A	FOGLIO. 30 di 47

Combinazione n° 15 - SLEF

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Carico traffico	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 16 - SLEQ

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Carico traffico	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 17 - SLEQ H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Carico traffico	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 18 - SLEQ H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Carico traffico	1.00	1.00	Sfavorevole

Figura 10-3: Combinazioni di carico considerate

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<b>Mandatari:</b> SWS Engineering S.p.A.	<b>Mandanti:</b> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CLNV071	DOCUMENTO 0006	REV. A	FOGLIO. 31 di 47

## 10.3 SEZIONE DI MASSIMA ALTEZZA

### 10.3.1 Verifiche geotecniche

#### Verifica a ribaltamento

##### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Ms	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
Mr	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FS
10 - EQU H + V	335,38	93,15	3.600
11 - EQU	331,07	85,21	3.885
12 - EQU H - V	327,44	96,63	3.389

#### Verifica a scorrimento fondazione

##### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa [kN]	Rpt [kN]	Rps [kN]	Rp [kN]	Rt [kN]	R [kN]	T [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R1) H + V	109,11	0,00	0,00	--	--	109,11	53,66	2.033
2 - STR (A1-M1-R1)	114,12	0,00	0,00	--	--	114,12	51,77	2.204
3 - STR (A1-M1-R1) H - V	104,55	0,00	0,00	--	--	104,55	51,98	2.011
4 - STR (A1-M1-R1)	138,78	0,00	0,00	--	--	138,78	51,77	2.681
5 - STR (A1-M1-R1)	126,73	0,00	0,00	--	--	126,73	51,77	2.448
6 - STR (A1-M1-R1)	126,18	0,00	0,00	--	--	126,18	51,77	2.437
7 - GEO (A2-M2-R2) H + V	87,49	0,00	0,00	--	--	87,49	66,26	1.320
8 - GEO (A2-M2-R2)	87,35	0,00	0,00	--	--	87,35	53,85	1.622
9 - GEO (A2-M2-R2) H - V	83,83	0,00	0,00	--	--	83,83	64,08	1.308

#### Verifica a carico limite

##### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N	Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN]
Qu	carico limite del terreno, espresso in [kN]
Qd	Portanza di progetto, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R1) H + V	245,08	1618,98	1618,98	6.606
2 - STR (A1-M1-R1)	256,32	1817,60	1817,60	7.091
3 - STR (A1-M1-R1) H - V	234,83	1599,30	1599,30	6.810
4 - STR (A1-M1-R1)	311,71	2059,96	2059,96	6.608
5 - STR (A1-M1-R1)	284,63	2047,40	2047,40	7.193
6 - STR (A1-M1-R1)	283,40	1861,68	1861,68	6.569
7 - GEO (A2-M2-R2) H + V	245,63	498,92	498,92	2.031
8 - GEO (A2-M2-R2)	245,24	632,88	632,88	2.581
9 - GEO (A2-M2-R2) H - V	235,36	492,34	492,34	2.092

APPALTATORE:			<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>							
Mandatario:	Mandanti:		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	IBOU	1AEZZ	CLNV071	0006	A	32 di 47
M Ingegneria								
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo								

## Dettagli calcolo portanza

### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ny	Fattori di capacità portante
ic, iq, iy	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dy	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, gy	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, by	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, sy	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, py	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
Re	Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
Ir, Irc	Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic
ry	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia 0.5B/N <sub>y</sub> viene moltiplicato per questo fattore
D	Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
B'	Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
H	Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
γ	Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
φ	Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
c	Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo "--" sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	Ir	Irc	Re	ry
1	50.585	0.744	1.119	--	--	--	--	--	--	0.719	0.976
	37.752	0.744	1.060	--	--	--	--	--	--		
	44.426	0.432	1.060	--	--	--	--	--	--		
2	50.585	0.762	1.119	--	--	--	--	--	--	0.766	0.976
	37.752	0.762	1.060	--	--	--	--	--	--		
	44.426	0.466	1.060	--	--	--	--	--	--		
3	50.585	0.742	1.119	--	--	--	--	--	--	0.715	0.976
	37.752	0.742	1.060	--	--	--	--	--	--		
	44.426	0.427	1.060	--	--	--	--	--	--		
4	50.585	0.801	1.119	--	--	--	--	--	--	0.779	0.976
	37.752	0.801	1.060	--	--	--	--	--	--		
	44.426	0.545	1.060	--	--	--	--	--	--		
5	50.585	0.784	1.119	--	--	--	--	--	--	0.812	0.976
	37.752	0.784	1.060	--	--	--	--	--	--		
	44.426	0.509	1.060	--	--	--	--	--	--		
6	50.585	0.783	1.119	--	--	--	--	--	--	0.740	0.976
	37.752	0.783	1.060	--	--	--	--	--	--		
	44.426	0.508	1.060	--	--	--	--	--	--		
7	30.543	0.693	1.106	--	--	--	--	--	--	0.675	0.976
	18.753	0.693	1.053	--	--	--	--	--	--		
	16.116	0.250	1.053	--	--	--	--	--	--		
8	30.543	0.744	1.106	--	--	--	--	--	--	0.726	0.976
	18.753	0.744	1.053	--	--	--	--	--	--		
	16.116	0.348	1.053	--	--	--	--	--	--		
9	30.543	0.690	1.106	--	--	--	--	--	--	0.672	0.976
	18.753	0.690	1.053	--	--	--	--	--	--		
	16.116	0.245	1.053	--	--	--	--	--	--		

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [°]	φ [kN/mc]	c [kPa]
1	0,76	2,50	2,45	19,00	36,00	0
2	0,76	2,50	2,45	19,00	36,00	0
3	0,76	2,50	2,45	19,00	36,00	0
4	0,76	2,50	2,45	19,00	36,00	0
5	0,76	2,50	2,45	19,00	36,00	0
6	0,76	2,50	2,45	19,00	36,00	0
7	0,76	2,50	2,17	19,00	30,17	0
8	0,76	2,50	2,17	19,00	30,17	0
9	0,76	2,50	2,17	19,00	30,17	0

Figura 10-4: Verifica a ribaltamento, scorrimento, capacità portante in condizioni statiche

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:						
Mandataria:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CLNV071	DOCUMENTO 0006	REV. A	FOGLIO. 33 di 47

### Verifica stabilità globale muro + terreno

#### Simbologia adottata

Ic	Indice/Tipo combinazione
C	Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]
R	Raggio, espresso in [m]
FS	Fattore di sicurezza

Ic	C [m]	R [m]	FS
7 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-1,00; 2,00	6,15	1.701
8 - GEO (A2-M2-R2)	-1,00; 1,50	5,71	1.820
9 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-1,00; 2,00	6,15	1.694

### Dettagli strisce verifiche stabilità

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte	
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto	
Origine in testa al muro (spigolo contro terra)	
W	peso della striscia espresso in [kN]
Qy	carico sulla striscia espresso in [kN]
Qf	carico acqua sulla striscia espresso in [kN]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]
Tx; Ty	Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

#### Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2) H + V

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	3,27	7,83	0,00	4,82 - 0,39	65.964	30.167	0	0,0	
2	8,92	7,83	0,00	0,39	58.571	30.167	0	0,0	
3	13,18	7,83	0,00	0,39	52.094	30.167	0	0,0	
4	16,59	7,83	0,00	0,39	46.468	30.167	0	0,0	
5	19,41	7,83	0,00	0,39	41.382	30.167	0	0,0	
6	21,78	7,83	0,00	0,39	36.671	30.167	0	0,0	
7	23,78	7,83	0,00	0,39	32.234	30.167	0	0,0	
8	25,91	7,83	0,00	0,39	28.007	30.167	0	0,0	
9	28,41	7,83	0,00	0,39	23.940	30.167	0	0,0	
10	29,59	7,83	0,00	0,39	19.998	30.167	0	0,0	
11	30,54	7,83	0,00	0,39	16.154	30.167	0	0,0	
12	31,28	7,83	0,00	0,39	12.383	30.167	0	0,0	
13	35,94	2,43	0,00	0,39	8.666	30.167	0	0,0	
14	38,14	0,00	0,00	0,39	4.985	30.167	0	0,0	
15	13,40	0,00	0,00	0,39	1.325	30.167	0	0,0	
16	10,70	0,00	0,00	0,39	-2.329	30.167	0	0,0	
17	10,49	0,00	0,00	0,39	-5.993	30.167	0	0,0	
18	10,09	0,00	0,00	0,39	-9.682	30.167	0	0,0	
19	9,49	0,00	0,00	0,39	-13.412	30.167	0	0,0	
20	8,69	0,00	0,00	0,39	-17.201	30.167	0	0,0	
21	7,68	0,00	0,00	0,39	-21.070	30.167	0	0,0	
22	6,44	0,00	0,00	0,39	-25.043	30.167	0	0,0	
23	4,94	0,00	0,00	0,39	-29.150	30.167	0	0,0	
24	3,17	0,00	0,00	0,39	-33.430	30.167	0	0,0	
25	1,07	0,00	0,00	-4,97 - 0,39	-37.100	30.167	0	0,0	

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatari: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CLNV071	DOCUMENTO 0006	REV. A	FOGLIO. 34 di 47

Combinazione n° 8 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	3,49	8,64	0,00	4,52 - 0,38	68.980	30.167	0	0,0	
2	9,34	8,64	0,00	0,38	60.438	30.167	0	0,0	
3	13,51	8,64	0,00	0,38	53.444	30.167	0	0,0	
4	16,78	8,64	0,00	0,38	47.484	30.167	0	0,0	
5	19,46	8,64	0,00	0,38	42.147	30.167	0	0,0	
6	21,69	8,64	0,00	0,38	37.233	30.167	0	0,0	
7	23,57	8,64	0,00	0,38	32.623	30.167	0	0,0	
8	26,26	8,64	0,00	0,38	28.242	30.167	0	0,0	
9	27,91	8,64	0,00	0,38	24.035	30.167	0	0,0	
10	29,00	8,64	0,00	0,38	19.962	30.167	0	0,0	
11	29,87	8,64	0,00	0,38	15.993	30.167	0	0,0	
12	30,54	8,64	0,00	0,38	12.101	30.167	0	0,0	
13	36,63	0,18	0,00	0,38	8.266	30.167	0	0,0	
14	33,97	0,00	0,00	0,38	4.467	30.167	0	0,0	
15	10,72	0,00	0,00	0,38	0.689	30.167	0	0,0	
16	10,67	0,00	0,00	0,38	-3.087	30.167	0	0,0	
17	10,43	0,00	0,00	0,38	-6.876	30.167	0	0,0	
18	10,02	0,00	0,00	0,38	-10.696	30.167	0	0,0	
19	9,42	0,00	0,00	0,38	-14.565	30.167	0	0,0	
20	8,62	0,00	0,00	0,38	-18.503	30.167	0	0,0	
21	7,61	0,00	0,00	0,38	-22.535	30.167	0	0,0	
22	6,38	0,00	0,00	0,38	-26.689	30.167	0	0,0	
23	4,90	0,00	0,00	0,38	-31.001	30.167	0	0,0	
24	3,14	0,00	0,00	0,38	-35.520	30.167	0	0,0	
25	1,05	0,00	0,00	-4,88 - 0,38	-39.175	30.167	0	0,0	

Combinazione n° 9 - GEO (A2-M2-R2) H - V

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	3,27	7,83	0,00	4,82 - 0,39	65.964	30.167	0	0,0	
2	8,92	7,83	0,00	0,39	58.571	30.167	0	0,0	
3	13,18	7,83	0,00	0,39	52.094	30.167	0	0,0	
4	16,59	7,83	0,00	0,39	46.468	30.167	0	0,0	
5	19,41	7,83	0,00	0,39	41.382	30.167	0	0,0	
6	21,78	7,83	0,00	0,39	36.671	30.167	0	0,0	
7	23,78	7,83	0,00	0,39	32.234	30.167	0	0,0	
8	25,91	7,83	0,00	0,39	28.007	30.167	0	0,0	
9	28,41	7,83	0,00	0,39	23.940	30.167	0	0,0	
10	29,59	7,83	0,00	0,39	19.998	30.167	0	0,0	
11	30,54	7,83	0,00	0,39	16.154	30.167	0	0,0	
12	31,28	7,83	0,00	0,39	12.383	30.167	0	0,0	
13	35,94	2,43	0,00	0,39	8.666	30.167	0	0,0	
14	38,14	0,00	0,00	0,39	4.985	30.167	0	0,0	
15	13,40	0,00	0,00	0,39	1.325	30.167	0	0,0	
16	10,70	0,00	0,00	0,39	-2.329	30.167	0	0,0	
17	10,49	0,00	0,00	0,39	-5.993	30.167	0	0,0	
18	10,09	0,00	0,00	0,39	-9.682	30.167	0	0,0	
19	9,49	0,00	0,00	0,39	-13.412	30.167	0	0,0	
20	8,69	0,00	0,00	0,39	-17.201	30.167	0	0,0	
21	7,68	0,00	0,00	0,39	-21.070	30.167	0	0,0	
22	6,44	0,00	0,00	0,39	-25.043	30.167	0	0,0	
23	4,94	0,00	0,00	0,39	-29.150	30.167	0	0,0	
24	3,17	0,00	0,00	0,39	-33.430	30.167	0	0,0	
25	1,07	0,00	0,00	-4,97 - 0,39	-37.100	30.167	0	0,0	

APPALTATORE: <div style="text-align: center;">  </div>	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI          REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA          LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA          TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria													
<b>VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI          CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE</b> Muro di sostegno – Relazione di calcolo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0U</td> <td>1AEZZ</td> <td>CLNV071</td> <td>0006</td> <td>A</td> <td>35 di 47</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IB0U	1AEZZ	CLNV071	0006	A	35 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.								
IB0U	1AEZZ	CLNV071	0006	A	35 di 47								

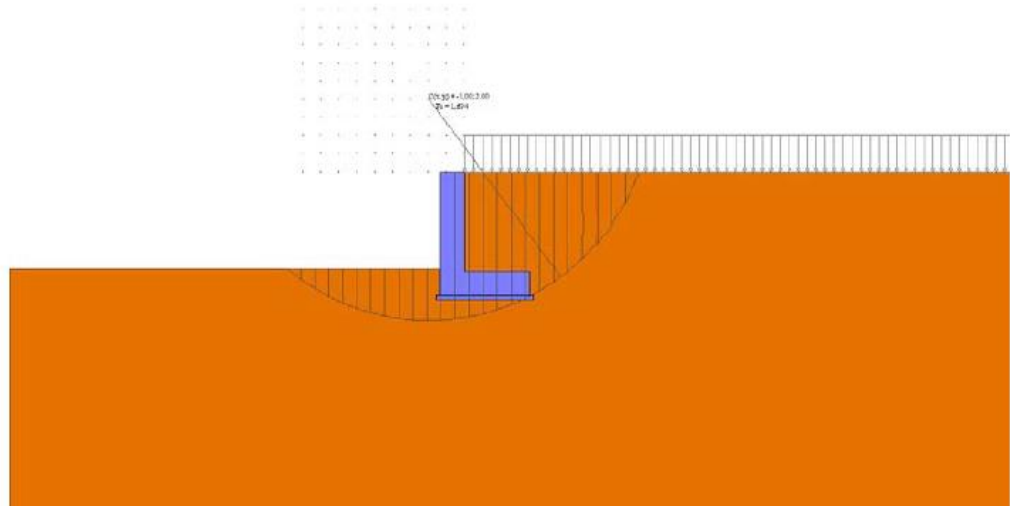


Figura 10-5: Verifica stabilità globale in condizioni statiche (A2+M2+R2) e sismiche

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:							<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>
Mandataria:	Mandanti:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IBOU	1AEZZ	CLNV071	0006	A	36 di 47
<b>VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE</b> Muro di sostegno – Relazione di calcolo							

### 10.3.2 Verifiche strutturali

Si riportano i diagrammi delle caratteristiche della sollecitazione agenti sul muro sia allo stato limite ultimo (SLU) che allo stato limite di esercizio (SLE).

- Paramento

n°	X [m]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]	T <sub>min</sub> [kN]	T <sub>max</sub> [kN]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]
1	0,00	0,00	4,90	0,00	100,00	0,00	100,00
2	-0,10	1,66	6,60	0,44	100,44	0,02	109,88
3	-0,20	3,31	8,29	0,93	100,93	0,09	119,80
4	-0,30	4,97	9,98	1,45	101,45	0,21	129,78
5	-0,39	6,62	11,67	2,01	102,01	0,38	139,80
6	-0,49	8,28	13,36	2,61	102,61	0,60	149,89
7	-0,59	9,93	15,05	3,25	103,25	0,89	160,03
8	-0,69	11,59	16,75	3,93	103,93	1,25	170,25
9	-0,79	13,24	18,44	4,65	104,65	1,67	180,53
10	-0,89	14,90	20,13	5,41	105,41	2,16	190,88
11	-0,99	16,55	21,99	6,21	106,21	2,74	201,31
12	-1,08	18,21	24,19	7,05	107,05	3,39	211,82
13	-1,18	19,86	26,39	7,93	107,93	4,13	222,41
14	-1,28	21,52	28,59	8,85	108,85	4,96	233,10
15	-1,38	23,17	30,79	9,81	109,81	5,87	243,87
16	-1,48	24,83	32,99	10,80	110,80	6,89	254,75
17	-1,58	26,48	35,19	11,84	111,84	8,01	265,72
18	-1,68	28,14	37,39	12,92	112,92	9,23	276,80
19	-1,77	29,79	39,59	14,03	114,03	10,55	287,98
20	-1,87	31,45	41,78	15,19	115,19	11,99	299,28
21	-1,97	33,11	43,98	16,39	116,39	13,55	310,69
22	-2,07	34,76	46,18	17,62	117,62	15,23	322,23
23	-2,17	36,42	48,38	18,90	118,90	17,02	333,88
24	-2,27	38,07	50,58	20,21	120,21	18,95	345,67
25	-2,37	39,73	52,78	21,56	121,56	21,01	357,58
26	-2,46	41,38	54,98	22,96	122,96	23,20	369,63
27	-2,56	43,04	57,18	24,39	124,39	25,54	381,82
28	-2,66	44,69	59,38	25,86	125,86	28,01	394,16
29	-2,76	46,35	61,58	27,38	127,38	30,64	406,64

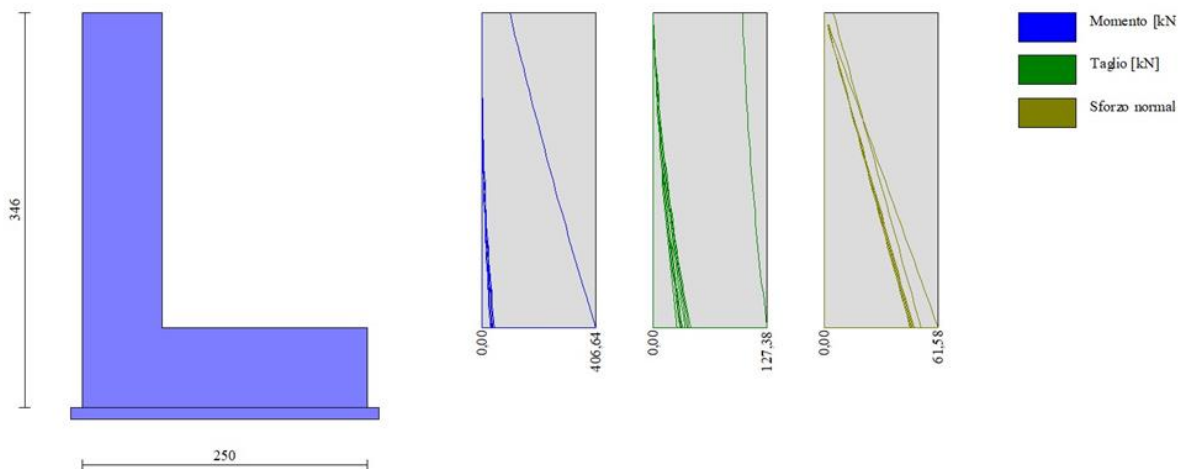


Figura 10-6: Involuppo Momento flettente (blu), Sforzo di Taglio (verde), Sforzo normale (giallo) – Paramento



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>
PROGETTAZIONE:		
Mandataria:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO. IBOU 1AEZZ CLNV071 0006 A 37 di 47	

- Fondazione

n°	X [m]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]	T <sub>min</sub> [kN]	T <sub>max</sub> [kN]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	-161,28	-3,85	-145,16	-14,28
2	0,10	0,00	0,00	-152,32	-5,53	-129,47	-13,81
3	0,20	0,00	0,00	-143,36	-6,98	-114,69	-13,18
4	0,30	0,00	0,00	-134,40	-8,22	-100,80	-12,42
5	0,40	0,00	0,00	-125,44	-9,23	-87,81	-11,55
6	0,50	0,00	0,00	-116,48	-10,01	-75,71	-10,59
7	0,60	0,00	0,00	-107,52	-10,58	-64,51	-9,55
8	0,70	0,00	0,00	-98,56	-10,92	-54,21	-8,48
9	0,80	0,00	0,00	-89,60	-11,04	-44,80	-7,38
10	0,90	0,00	0,00	-80,64	-10,94	-36,29	-6,28
11	1,00	0,00	0,00	-71,68	-10,61	-28,67	-5,20
12	1,10	0,00	0,00	-62,72	-10,07	-21,95	-4,16
13	1,20	0,00	0,00	-53,76	-9,30	-16,13	-3,19
14	1,30	0,00	0,00	-44,80	-8,30	-11,20	-2,31
15	1,40	0,00	0,00	-35,84	-7,09	-7,17	-1,54
16	1,50	0,00	0,00	-26,88	-5,65	-4,03	-0,90
17	1,60	0,00	0,00	-17,92	-3,99	-1,79	-0,41
18	1,70	0,00	0,00	-8,96	-2,11	-0,45	-0,11
19	1,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

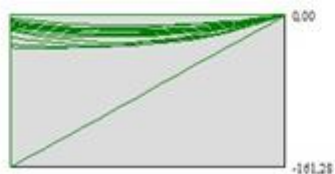
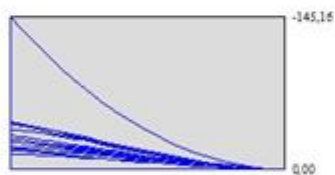
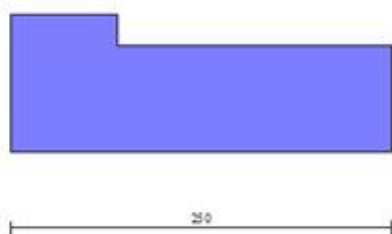


Figura 10-7: Involuppo Momento flettente (blu), Sforzo di Taglio (verde) – Fondazione

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>											
PROGETTAZIONE:													
Mandataria: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>											
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IBOU</td> <td>1AEZZ</td> <td>CLNV071</td> <td>0006</td> <td>A</td> <td>38 di 47</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1AEZZ	CLNV071	0006	A	38 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.								
IBOU	1AEZZ	CLNV071	0006	A	38 di 47								

### 10.3.3 Verifiche Stato Limite Ultimo

A seguire si riporta l'esito delle verifiche di sicurezza eseguite, considerando le seguenti armature principali, per paramento e fondazione.

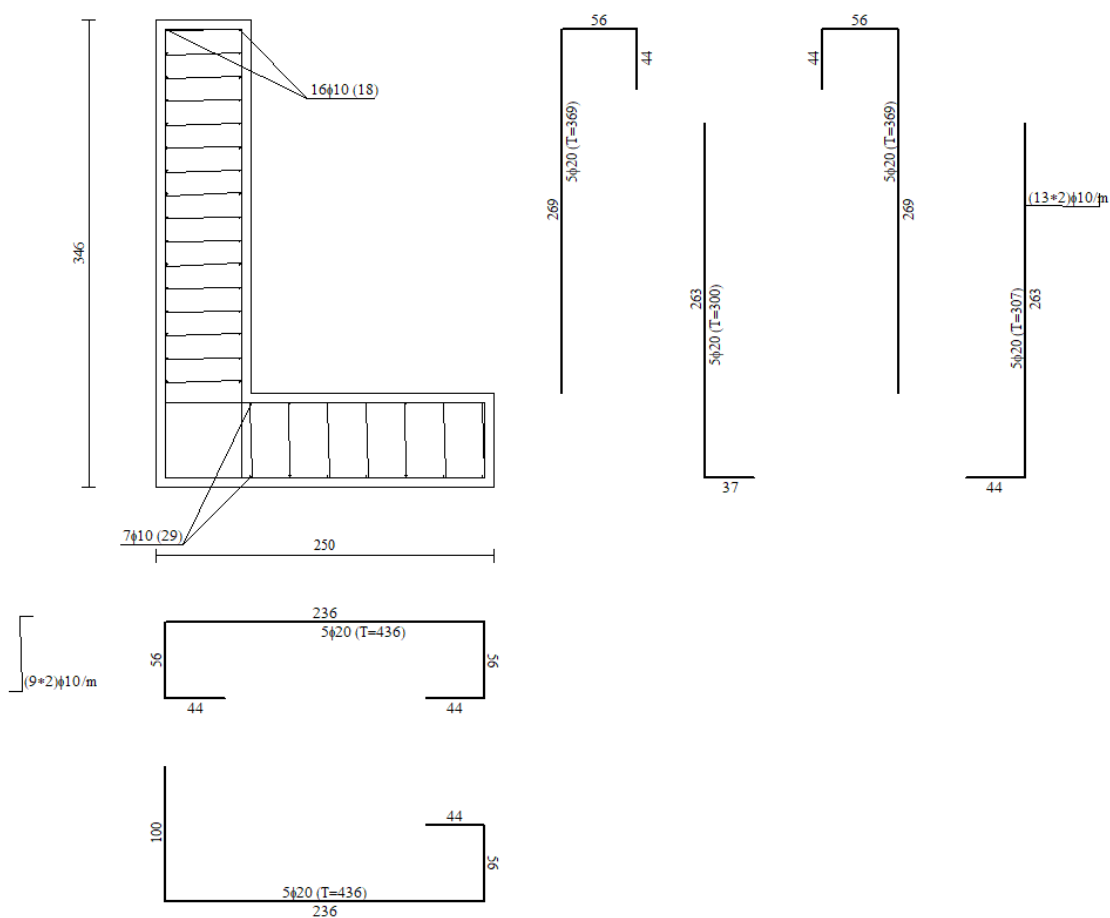


Figura 10-8: Armatura

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>
PROGETTAZIONE:		
Mandataria:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO. IB0U 1AEZZ CLNV071 0006 A 39 di 47	

➤ Verifica a flessione: Mensola di fondazione

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
1	100	70	15,71	15,71	-145,16	0,00	-432,65	0,00	2.981
2	100	70	15,71	15,71	-129,47	0,00	-432,65	0,00	3.342
3	100	70	15,71	15,71	-114,69	0,00	-432,65	0,00	3.772
4	100	70	15,71	15,71	-100,80	0,00	-432,65	0,00	4.292
5	100	70	15,71	15,71	-87,81	0,00	-432,65	0,00	4.927
6	100	70	15,71	15,71	-75,71	0,00	-432,65	0,00	5.714
7	100	70	15,71	15,71	-64,51	0,00	-432,65	0,00	6.706
8	100	70	15,71	15,71	-54,21	0,00	-432,65	0,00	7.981
9	100	70	15,71	15,71	-44,80	0,00	-432,65	0,00	9.657
10	100	70	15,71	15,71	-36,29	0,00	-432,65	0,00	11.922
11	100	70	15,71	15,71	-28,67	0,00	-432,65	0,00	15.089
12	100	70	15,71	15,71	-21,95	0,00	-432,65	0,00	19.708
13	100	70	15,71	15,71	-16,13	0,00	-432,65	0,00	26.825
14	100	70	15,71	15,71	-11,20	0,00	-432,65	0,00	38.628
15	100	70	15,71	15,71	-7,17	0,00	-432,65	0,00	60.357
16	100	70	15,71	15,71	-4,03	0,00	-432,65	0,00	107.301
17	100	70	15,71	15,71	-1,79	0,00	-432,65	0,00	241.428
18	100	70	15,71	15,71	-0,45	0,00	-432,65	0,00	965.711
19	100	70	15,71	15,71	0,00	0,00	0,00	0,00	10000.000

La verifica risulta soddisfatta con le armature principali introdotte.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>
PROGETTAZIONE:		
Mandataria:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO. IBOU 1AEZZ CLNV071 0006 A 40 di 47	

➤ Verifica a flessione: paramento verticale

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
1	100	70	15,71	15,71	100,00	4,90	439,11	21,53	4.391
2	100	70	15,71	15,71	109,88	6,60	440,58	26,44	4.010
3	100	70	15,71	15,71	119,80	8,29	441,82	30,56	3.688
4	100	70	15,71	15,71	129,78	9,98	442,87	34,05	3.413
5	100	70	15,71	15,71	139,80	11,67	443,76	37,04	3.174
6	100	70	15,71	15,71	149,89	13,36	444,54	39,63	2.966
7	100	70	15,71	15,71	160,03	15,05	445,21	41,88	2.782
8	100	70	15,71	15,71	170,25	16,75	445,81	43,85	2.619
9	100	70	15,71	15,71	180,53	18,44	446,33	45,58	2.472
10	100	70	15,71	15,71	190,88	20,13	446,79	47,11	2.341
11	100	70	15,71	15,71	201,31	21,82	447,19	48,47	2.221
12	100	70	15,71	15,71	211,82	23,51	447,55	49,68	2.113
13	100	70	15,71	15,71	222,41	25,20	447,88	50,75	2.014
14	100	70	15,71	15,71	233,10	26,90	448,16	51,71	1.923
15	100	70	15,71	15,71	243,87	28,59	448,42	52,56	1.839
16	100	70	15,71	15,71	254,75	30,28	448,65	53,33	1.761
17	100	70	15,71	15,71	265,72	31,97	448,85	54,00	1.689
18	100	70	15,71	15,71	276,80	33,66	449,03	54,61	1.622
19	100	70	15,71	15,71	287,98	35,35	449,20	55,14	1.560
20	100	70	15,71	15,71	299,28	37,05	449,34	55,62	1.501
21	100	70	15,71	15,71	310,69	38,74	449,46	56,04	1.447
22	100	70	15,71	15,71	322,23	40,43	449,57	56,41	1.395
23	100	70	15,71	15,71	333,88	42,12	449,67	56,73	1.347
24	100	70	15,71	15,71	345,67	43,81	449,75	57,00	1.301
25	100	70	15,71	15,71	357,58	45,50	449,82	57,24	1.258
26	100	70	15,71	15,71	369,63	47,20	449,88	57,44	1.217
27	100	70	15,71	15,71	381,82	48,89	449,93	57,61	1.178
28	100	70	15,71	15,71	394,16	50,58	449,97	57,74	1.142
29	100	70	15,71	15,71	406,64	52,27	450,01	57,84	1.107

La verifica risulta soddisfatta con le armature principali introdotte.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>
PROGETTAZIONE:		
Mandataria:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO. <b>IBOU 1AEZZ CLNV071 0006 A 41 di 47</b>	

➤ Verifica a taglio: mensola di fondazione

n°	B [cm]	H [cm]	A <sub>sw</sub> [cmq]	cotθ	V <sub>Rcd</sub> [kN]	V <sub>Rsd</sub> [kN]	V <sub>Rd</sub> [kN]	T [kN]	FS
1	100	70	0,00	--	0,00	0,00	305,76	-161,28	1.896
2	100	70	0,00	--	0,00	0,00	305,76	-152,32	2.007
3	100	70	0,00	--	0,00	0,00	305,76	-143,36	2.133
4	100	70	0,00	--	0,00	0,00	305,76	-134,40	2.275
5	100	70	0,00	--	0,00	0,00	305,76	-125,44	2.437
6	100	70	0,00	--	0,00	0,00	305,76	-116,48	2.625
7	100	70	0,00	--	0,00	0,00	305,76	-107,52	2.844
8	100	70	0,00	--	0,00	0,00	305,76	-98,56	3.102
9	100	70	0,00	--	0,00	0,00	305,76	-89,60	3.412
10	100	70	0,00	--	0,00	0,00	305,76	-80,64	3.792
11	100	70	0,00	--	0,00	0,00	305,76	-71,68	4.265
12	100	70	0,00	--	0,00	0,00	305,76	-62,72	4.875
13	100	70	0,00	--	0,00	0,00	305,76	-53,76	5.687
14	100	70	0,00	--	0,00	0,00	305,76	-44,80	6.825
15	100	70	0,00	--	0,00	0,00	305,76	-35,84	8.531
16	100	70	0,00	--	0,00	0,00	305,76	-26,88	11.375
17	100	70	0,00	--	0,00	0,00	305,76	-17,92	17.062
18	100	70	0,00	--	0,00	0,00	305,76	-8,96	34.124
19	100	70	0,00	--	0,00	0,00	305,76	0,00	100.000

➤ Verifica a taglio: paramento verticale

n°	B [cm]	H [cm]	A <sub>sw</sub> [cmq]	cotθ	V <sub>Rcd</sub> [kN]	V <sub>Rsd</sub> [kN]	V <sub>Rd</sub> [kN]	T [kN]	FS
1	100	70	0,00	--	0,00	0,00	306,43	100,00	3.064
2	100	70	0,00	--	0,00	0,00	306,66	100,44	3.053
3	100	70	0,00	--	0,00	0,00	306,89	100,93	3.041
4	100	70	0,00	--	0,00	0,00	307,12	101,45	3.027
5	100	70	0,00	--	0,00	0,00	307,36	102,01	3.013
6	100	70	0,00	--	0,00	0,00	307,59	102,61	2.998
7	100	70	0,00	--	0,00	0,00	307,82	103,25	2.981
8	100	70	0,00	--	0,00	0,00	308,05	103,93	2.964
9	100	70	0,00	--	0,00	0,00	308,28	104,65	2.946
10	100	70	0,00	--	0,00	0,00	308,52	105,41	2.927
11	100	70	0,00	--	0,00	0,00	308,75	106,21	2.907
12	100	70	0,00	--	0,00	0,00	308,98	107,05	2.886
13	100	70	0,00	--	0,00	0,00	309,21	107,93	2.865
14	100	70	0,00	--	0,00	0,00	309,44	108,85	2.843
15	100	70	0,00	--	0,00	0,00	309,68	109,81	2.820
16	100	70	0,00	--	0,00	0,00	309,91	110,80	2.797
17	100	70	0,00	--	0,00	0,00	310,14	111,84	2.773
18	100	70	0,00	--	0,00	0,00	310,37	112,92	2.749
19	100	70	0,00	--	0,00	0,00	310,60	114,03	2.724
20	100	70	0,00	--	0,00	0,00	310,84	115,19	2.698
21	100	70	0,00	--	0,00	0,00	311,07	116,39	2.673
22	100	70	0,00	--	0,00	0,00	311,30	117,62	2.647
23	100	70	0,00	--	0,00	0,00	311,53	118,90	2.620
24	100	70	0,00	--	0,00	0,00	311,76	120,21	2.593
25	100	70	0,00	--	0,00	0,00	312,00	121,56	2.567
26	100	70	0,00	--	0,00	0,00	312,23	122,96	2.539
27	100	70	0,00	--	0,00	0,00	312,46	124,39	2.512
28	100	70	0,00	--	0,00	0,00	312,69	125,86	2.484
29	100	70	0,00	--	0,00	0,00	312,92	127,38	2.457

Figura 10-9: Verifiche a taglio SLU (sezione non dotata di specifica armatura a taglio)

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA CLNV071	DOCUMENTO 0006	REV. A	FOGLIO. 42 di 47

### 10.3.4 Verifiche Stato Limite di Esercizio

#### ➤ Verifica Stato Limite di Tensione: paramento verticale

##### Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 19920 [kPa]  
Tensione massima di trazione dell'acciaio 360000 [kPa]

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	σc [kPa]	σfi [kPa]	σfs [kPa]
1	100	70	15,71	15,71	0,00	0,00	0 (14)	0 (14)	0 (14)
2	100	70	15,71	15,71	0,02	1,69	2 (14)	31 (14)	37 (14)
3	100	70	15,71	15,71	0,09	3,38	5 (14)	56 (14)	79 (14)
4	100	70	15,71	15,71	0,21	5,08	9 (14)	75 (14)	129 (14)
5	100	70	15,71	15,71	0,38	6,77	13 (14)	87 (14)	185 (14)
6	100	70	15,71	15,71	0,60	8,46	18 (14)	91 (14)	248 (14)
7	100	70	15,71	15,71	0,89	10,15	23 (14)	88 (14)	320 (14)
8	100	70	15,71	15,71	1,25	11,84	29 (14)	76 (14)	400 (14)
9	100	70	15,71	15,71	1,67	13,53	36 (14)	55 (14)	489 (14)
10	100	70	15,71	15,71	2,16	15,23	44 (14)	18 (14)	589 (14)
11	100	70	15,71	15,71	2,74	16,92	53 (14)	46 (14)	706 (14)
12	100	70	15,71	15,71	3,39	18,61	64 (14)	152 (14)	842 (14)
13	100	70	15,71	15,71	4,13	20,30	78 (14)	315 (14)	999 (14)
14	100	70	15,71	15,71	4,96	21,99	93 (14)	553 (14)	1180 (14)
15	100	70	15,71	15,71	5,87	23,68	111 (14)	887 (14)	1386 (14)
16	100	70	15,71	15,71	6,89	25,38	132 (14)	1332 (14)	1616 (14)
17	100	70	15,71	15,71	8,01	27,07	156 (14)	1900 (14)	1869 (14)
18	100	70	15,71	15,71	9,23	28,76	182 (14)	2598 (14)	2143 (14)
19	100	70	15,71	15,71	10,55	30,45	211 (14)	3430 (14)	2439 (14)
20	100	70	15,71	15,71	11,99	32,14	243 (14)	4399 (14)	2754 (14)
21	100	70	15,71	15,71	13,55	33,83	278 (14)	5507 (14)	3088 (14)
22	100	70	15,71	15,71	15,23	35,53	315 (14)	6757 (14)	3443 (14)
23	100	70	15,71	15,71	17,02	37,22	354 (14)	8152 (14)	3817 (14)
24	100	70	15,71	15,71	18,95	38,91	397 (14)	9693 (14)	4211 (14)
25	100	70	15,71	15,71	21,01	40,60	442 (14)	11385 (14)	4627 (14)
26	100	70	15,71	15,71	23,20	42,29	490 (14)	13230 (14)	5063 (14)
27	100	70	15,71	15,71	25,54	43,98	541 (14)	15233 (14)	5521 (14)
28	100	70	15,71	15,71	28,01	45,68	595 (14)	17396 (14)	6002 (14)
29	100	70	15,71	15,71	30,64	47,37	652 (14)	19724 (14)	6506 (14)

#### ➤ Verifica Stato Limite di Tensione: mensola di fondazione

##### Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 19920 [kPa]  
Tensione massima di trazione dell'acciaio 360000 [kPa]

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	σc [kPa]	σfi [kPa]	σfs [kPa]
1	100	70	15,71	15,71	-14,28	0,00	300 (14)	2259 (14)	15681 (14)
2	100	70	15,71	15,71	-13,81	0,00	290 (14)	2185 (14)	15165 (14)
3	100	70	15,71	15,71	-13,18	0,00	277 (14)	2085 (14)	14476 (14)
4	100	70	15,71	15,71	-12,42	0,00	261 (14)	1965 (14)	13640 (14)
5	100	70	15,71	15,71	-11,55	0,00	243 (14)	1827 (14)	12680 (14)
6	100	70	15,71	15,71	-10,59	0,00	222 (14)	1674 (14)	11622 (14)
7	100	70	15,71	15,71	-9,55	0,00	201 (14)	1511 (14)	10489 (14)
8	100	70	15,71	15,71	-8,48	0,00	178 (14)	1341 (14)	9307 (14)
9	100	70	15,71	15,71	-7,38	0,00	155 (14)	1167 (14)	8099 (14)
10	100	70	15,71	15,71	-6,28	0,00	132 (14)	993 (14)	6890 (14)
11	100	70	15,71	15,71	-5,20	0,00	109 (14)	822 (14)	5705 (14)
12	100	70	15,71	15,71	-4,16	0,00	87 (14)	658 (14)	4567 (14)
13	100	70	15,71	15,71	-3,19	0,00	67 (14)	505 (14)	3502 (14)
14	100	70	15,71	15,71	-2,31	0,00	48 (14)	365 (14)	2534 (14)
15	100	70	15,71	15,71	-1,54	0,00	32 (14)	243 (14)	1687 (14)
16	100	70	15,71	15,71	-0,90	0,00	19 (14)	142 (14)	986 (14)
17	100	70	15,71	15,71	-0,41	0,00	9 (14)	65 (14)	454 (14)
18	100	70	15,71	15,71	-0,11	0,00	2 (14)	17 (14)	118 (14)
19	100	70	15,71	15,71	0,00	0,00	0 (14)	0 (14)	0 (14)

Figura 10-10: Verifiche SLE - stato limite di tensione SLE rara

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>
PROGETTAZIONE:		
Mandataria:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO. IBOU 1AEZZ CLNV071 0006 A 43 di 47	

➤ Verifica Stato Limite di apertura delle fessure SLE frequente

Paramento

Apertura limite fessure  $w_{lim}=0.40$

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kNm]	Mpf [kNm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	70	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (15)
2	100	70	15,71	1750,00	0,02	343,16	0,000000	0,00	0,000 (15)
3	100	70	15,71	1750,00	0,09	343,37	0,000000	0,00	0,000 (15)
4	100	70	15,71	1750,00	0,21	343,58	0,000000	0,00	0,000 (15)
5	100	70	15,71	1750,00	0,38	343,79	0,000000	0,00	0,000 (15)
6	100	70	15,71	1750,00	0,60	343,99	0,000000	0,00	0,000 (15)
7	100	70	15,71	1750,00	0,89	344,21	0,000000	0,00	0,000 (15)
8	100	70	15,71	1750,00	1,25	344,41	0,000000	0,00	0,000 (15)
9	100	70	15,71	1750,00	1,67	344,62	0,000000	0,00	0,000 (15)
10	100	70	15,71	1750,00	2,16	344,83	0,000000	0,00	0,000 (15)
11	100	70	15,71	1750,00	2,74	345,04	0,000000	0,00	0,000 (15)
12	100	70	15,71	1750,00	3,39	345,25	0,000000	0,00	0,000 (15)
13	100	70	15,71	1750,00	4,13	345,45	0,000000	0,00	0,000 (15)
14	100	70	15,71	1750,00	4,96	345,67	0,000000	0,00	0,000 (15)
15	100	70	15,71	1750,00	5,87	345,88	0,000000	0,00	0,000 (15)
16	100	70	15,71	1750,00	6,89	346,09	0,000000	0,00	0,000 (15)
17	100	70	15,71	1750,00	8,01	346,28	0,000000	0,00	0,000 (15)
18	100	70	15,71	1750,00	9,23	346,49	0,000000	0,00	0,000 (15)
19	100	70	15,71	1750,00	10,55	346,71	0,000000	0,00	0,000 (15)
20	100	70	15,71	1750,00	11,99	346,92	0,000000	0,00	0,000 (15)
21	100	70	15,71	1750,00	13,55	347,12	0,000000	0,00	0,000 (15)
22	100	70	15,71	1750,00	15,23	347,34	0,000000	0,00	0,000 (15)
23	100	70	15,71	1750,00	17,02	347,54	0,000000	0,00	0,000 (15)
24	100	70	15,71	1750,00	18,95	347,75	0,000000	0,00	0,000 (15)
25	100	70	15,71	1750,00	21,01	347,96	0,000000	0,00	0,000 (15)
26	100	70	15,71	1750,00	23,20	348,17	0,000000	0,00	0,000 (15)
27	100	70	15,71	1750,00	25,54	348,38	0,000000	0,00	0,000 (15)
28	100	70	15,71	1750,00	28,01	348,59	0,000000	0,00	0,000 (15)
29	100	70	15,71	1750,00	30,64	348,79	0,000000	0,00	0,000 (15)

Fondazione

Apertura limite fessure  $w_{lim}=0.40$

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kNm]	Mpf [kNm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	70	15,71	1750,00	-14,28	-342,95	0,000000	0,00	0,000 (15)
2	100	70	15,71	1750,00	-13,81	-342,95	0,000000	0,00	0,000 (15)
3	100	70	15,71	1750,00	-13,18	-342,95	0,000000	0,00	0,000 (15)
4	100	70	15,71	1750,00	-12,42	-342,95	0,000000	0,00	0,000 (15)
5	100	70	15,71	1750,00	-11,55	-342,95	0,000000	0,00	0,000 (15)
6	100	70	15,71	1750,00	-10,59	-342,95	0,000000	0,00	0,000 (15)
7	100	70	15,71	1750,00	-9,55	-342,95	0,000000	0,00	0,000 (15)
8	100	70	15,71	1750,00	-8,48	-342,95	0,000000	0,00	0,000 (15)
9	100	70	15,71	1750,00	-7,38	-342,95	0,000000	0,00	0,000 (15)
10	100	70	15,71	1750,00	-6,28	-342,95	0,000000	0,00	0,000 (15)
11	100	70	15,71	1750,00	-5,20	-342,95	0,000000	0,00	0,000 (15)
12	100	70	15,71	1750,00	-4,16	-342,95	0,000000	0,00	0,000 (15)
13	100	70	15,71	1750,00	-3,19	-342,95	0,000000	0,00	0,000 (15)
14	100	70	15,71	1750,00	-2,31	-342,95	0,000000	0,00	0,000 (15)
15	100	70	15,71	1750,00	-1,54	-342,95	0,000000	0,00	0,000 (15)
16	100	70	15,71	1750,00	-0,90	-342,95	0,000000	0,00	0,000 (15)
17	100	70	15,71	1750,00	-0,41	-342,95	0,000000	0,00	0,000 (15)
18	100	70	15,71	1750,00	-0,11	-342,95	0,000000	0,00	0,000 (15)
19	100	70	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (15)

Figura 10-11: Verifiche SLE frequente - stato limite di apertura delle fessure



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>
PROGETTAZIONE:		
Mandataria:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	
VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE Muro di sostegno – Relazione di calcolo	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO. IBOU 1AEZZ CLNV071 0006 A 44 di 47	

➤ Verifica Stato Limite di apertura delle fessure SLE quasi-permanente

Paramento

Apertura limite fessure  $w_{lim}=0.30$

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kNm]	Mpf [kNm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	70	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (16)
2	100	70	15,71	1750,00	0,02	343,16	0,000000	0,00	0,000 (16)
3	100	70	15,71	1750,00	0,09	343,37	0,000000	0,00	0,000 (16)
4	100	70	15,71	1750,00	0,21	343,58	0,000000	0,00	0,000 (16)
5	100	70	15,71	1750,00	0,38	343,79	0,000000	0,00	0,000 (16)
6	100	70	15,71	1750,00	0,60	343,99	0,000000	0,00	0,000 (16)
7	100	70	15,71	1750,00	0,89	344,21	0,000000	0,00	0,000 (16)
8	100	70	15,71	1750,00	1,25	344,41	0,000000	0,00	0,000 (16)
9	100	70	15,71	1750,00	1,67	344,62	0,000000	0,00	0,000 (16)
10	100	70	15,71	1750,00	2,16	344,83	0,000000	0,00	0,000 (16)
11	100	70	15,71	1750,00	2,74	345,04	0,000000	0,00	0,000 (16)
12	100	70	15,71	1750,00	3,39	345,25	0,000000	0,00	0,000 (16)
13	100	70	15,71	1750,00	4,13	345,45	0,000000	0,00	0,000 (16)
14	100	70	15,71	1750,00	4,96	345,67	0,000000	0,00	0,000 (16)
15	100	70	15,71	1750,00	5,87	345,88	0,000000	0,00	0,000 (16)
16	100	70	15,71	1750,00	6,89	346,09	0,000000	0,00	0,000 (16)
17	100	70	15,71	1750,00	8,01	346,28	0,000000	0,00	0,000 (16)
18	100	70	15,71	1750,00	9,23	346,49	0,000000	0,00	0,000 (16)
19	100	70	15,71	1750,00	10,55	346,71	0,000000	0,00	0,000 (16)
20	100	70	15,71	1750,00	11,99	346,92	0,000000	0,00	0,000 (16)
21	100	70	15,71	1750,00	13,55	347,12	0,000000	0,00	0,000 (16)
22	100	70	15,71	1750,00	15,23	347,34	0,000000	0,00	0,000 (16)
23	100	70	15,71	1750,00	17,02	347,54	0,000000	0,00	0,000 (16)
24	100	70	15,71	1750,00	18,95	347,75	0,000000	0,00	0,000 (16)
25	100	70	15,71	1750,00	21,01	347,96	0,000000	0,00	0,000 (16)
26	100	70	15,71	1750,00	23,20	348,17	0,000000	0,00	0,000 (16)
27	100	70	15,71	1750,00	25,54	348,38	0,000000	0,00	0,000 (16)
28	100	70	15,71	1750,00	28,01	348,59	0,000000	0,00	0,000 (16)
29	100	70	15,71	1750,00	30,64	348,79	0,000000	0,00	0,000 (16)

Fondazione

Apertura limite fessure  $w_{lim}=0.30$

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kNm]	Mpf [kNm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	70	15,71	1750,00	-14,28	-342,95	0,000000	0,00	0,000 (16)
2	100	70	15,71	1750,00	-13,81	-342,95	0,000000	0,00	0,000 (16)
3	100	70	15,71	1750,00	-13,18	-342,95	0,000000	0,00	0,000 (16)
4	100	70	15,71	1750,00	-12,42	-342,95	0,000000	0,00	0,000 (16)
5	100	70	15,71	1750,00	-11,55	-342,95	0,000000	0,00	0,000 (16)
6	100	70	15,71	1750,00	-10,59	-342,95	0,000000	0,00	0,000 (16)
7	100	70	15,71	1750,00	-9,55	-342,95	0,000000	0,00	0,000 (16)
8	100	70	15,71	1750,00	-8,48	-342,95	0,000000	0,00	0,000 (16)
9	100	70	15,71	1750,00	-7,38	-342,95	0,000000	0,00	0,000 (16)
10	100	70	15,71	1750,00	-6,28	-342,95	0,000000	0,00	0,000 (16)
11	100	70	15,71	1750,00	-5,20	-342,95	0,000000	0,00	0,000 (16)
12	100	70	15,71	1750,00	-4,16	-342,95	0,000000	0,00	0,000 (16)
13	100	70	15,71	1750,00	-3,19	-342,95	0,000000	0,00	0,000 (16)
14	100	70	15,71	1750,00	-2,31	-342,95	0,000000	0,00	0,000 (16)
15	100	70	15,71	1750,00	-1,54	-342,95	0,000000	0,00	0,000 (16)
16	100	70	15,71	1750,00	-0,90	-342,95	0,000000	0,00	0,000 (16)
17	100	70	15,71	1750,00	-0,41	-342,95	0,000000	0,00	0,000 (16)
18	100	70	15,71	1750,00	-0,11	-342,95	0,000000	0,00	0,000 (16)
19	100	70	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	0,000 (16)

Figura 10-12: Verifiche SLE quasi-permanente - stato limite di apertura delle fessure



APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI          REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA          LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA          TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria							<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0U</td> <td>1AEZZ</td> <td>CLNV071</td> <td>0006</td> <td>A</td> <td>45 di 47</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.													
IB0U	1AEZZ	CLNV071	0006	A	45 di 47													
<b>VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI          CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE</b> Muro di sostegno – Relazione di calcolo																		

## 11. INCIDENZA

L'incidenza delle barre di armature è la seguente:

- Paramento: 90 kg/mc
- Fondazione: 65 kg/mc

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI          REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA          LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA          TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0U</td> <td>1AEZZ</td> <td>CLNV071</td> <td>0006</td> <td>A</td> <td>46 di 47</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IB0U	1AEZZ	CLNV071	0006	A	46 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.													
IB0U	1AEZZ	CLNV071	0006	A	46 di 47													
<b>VIABILITA' DI ACCESSO AL PIAZZALE DI IMBOCCO FINESTRA DI          CHIUSA – ACCESSO PIAZZALE</b> Muro di sostegno – Relazione di calcolo																		

## 12. CONCLUSIONI

Dal punto di vista strutturale e geotecnico le analisi svolte consentono di concludere che gli elementi costruttivi previsti in progetto (muro di sostegno e pareti chiodate) sono sicuri nei confronti delle azioni sollecitanti, garantendo quindi il rispetto dei requisiti di sicurezza e di durabilità imposti dalle norme vigenti.