

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA**

**U.O. GALLERIE**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)**

**USCITA/ACCESSO LATERALE PEDONALE F1 - GALLERIA MONTE STRETTO  
RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO**

SCALA:

-

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

RS3U 40 D 07 CL GA0000 004 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/ Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	ROCKSOIL 	Gennaio 2020	S. Vagnozzi 	Gennaio 2020	A. Barreca 	Gennaio 2020	A. Sciotti Gennaio 2020 ITALFERR S.P.A. U.O. GALLERIE Dott. Ing. Alessandra Sciotti Ordine degli Ingegneri di Palermo n° 19648 

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b></p>												
<p>U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO</p>	<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>RS3U</td> <td>40</td> <td>D 07 CL</td> <td>GA 00 00 004</td> <td>A</td> <td>2 di 100</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	2 di 100
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	2 di 100								

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
2	SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO .....	4
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	4
4	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	4
5	DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO .....	4
6	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	6
6.1	IL TRACCIATO E LE OPERE IN SOTTERRANEO .....	6
7	FASE CONOSCITIVA .....	7
7.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	7
7.2	INDAGINI GEOTECNICHE .....	8
7.3	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA .....	9
7.3.1	<i>Caratterizzazione geotecnica imbocco lato Palermo</i> .....	9
7.3.2	<i>Caratterizzazione geotecnica imbocco lato Catania</i> .....	17
7.3.3	<i>Definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici utilizzati nelle analisi</i> .....	17
7.3.4	<i>Il regime idraulico</i> .....	17
7.4	CARATTERISTICHE DEL SITO E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA .....	17
8	SOLUZIONI PROGETTUALI .....	20
8.1	IMBOCCO FINESTRA MONTE STRETTO .....	20
8.1.1	<i>Opere di sostegno</i> .....	20
8.1.2	<i>Galleria artificiale</i> .....	20
9	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI .....	21
10	CRITERI DI VERIFICA DELLE OPERE .....	23
10.1	OPERE DI SOSTEGNO .....	23
10.1.1	<i>Azioni</i> .....	23

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
<b>U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO</b>	<b>COMMESSA</b> RS3U	<b>LOTTO</b> 40	<b>CODIFICA</b> D 07 CL	<b>DOCUMENTO</b> GA 00 00 004	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 3 di 100

10.1.2	<i>Approcci progettuali e metodi di verifica</i> .....	23
10.1.3	<i>Tiranti di ancoraggio</i> .....	25
10.1.4	<i>Stabilità globale</i> .....	26
10.2	<b>GALLERIE ARTIFICIALI</b> .....	27
10.2.1	<i>Azioni</i> .....	27
10.2.2	<i>Approcci progettuali e metodi di verifica</i> .....	27
11	<b>VERIFICA DELLE OPERE DELL’IMBOCCO DELLA FINESTRA MONTE STRETTO</b> .....	31
11.1	<b>OPERE DI SOSTEGNO</b> .....	31
11.1.1	<i>Sezione 1: paratia frontale H=14.5m</i> .....	32
11.1.1.1	<i>GEOMETRIA E PARAMETRI GEOTECNICI DEL MODELLO</i> .....	32
11.1.1.2	<i>FASI DI CALCOLO</i> .....	34
11.1.1.3	<i>RISULTATI DELLE ANALISI E VERIFICHE</i> .....	34
11.2	<b>GALLERIA ARTIFICIALE</b> .....	48
11.2.1	<i>Risultati e verifiche strutturali</i> .....	66
11.2.1.1	<i>SEZIONE 1 – CONCIO D’ATTACCO</i> .....	75
12	<b>MONITORAGGIO</b> .....	98
13	<b>CONCLUSIONI</b> .....	100

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 004	REV. A	FOGLIO 4 di 100

## 1 PREMESSA

All'interno del presente elaborato vengono analizzate le tematiche progettuali e gli aspetti tecnici relativi alla fase di progettazione definitiva dei lavori riguardanti le opere in sotterraneo del nuovo collegamento Palermo-Catania della Diretrice ferroviaria Messina - Palermo-Catania.

La tratta in esame è la Caltanissetta Xirbi – Nuova Enna, Lotti 4a, la cui estensione è di 27522.85 m, compresa tra le stazioni di Caltanissetta Xirbi, sita al km 0+000 (coincidente con la pk 157+130 della linea storica Palermo Catania), e Enna, sita al km 27+522.853 (coincidente con la pk 173+530 della linea storica Palermo Catania).

## 2 SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO

Nella presente relazione si illustrano le soluzioni progettuali relative alle opere di imbocco della finestra della galleria Monte Stretto facente parte del nuovo collegamento Palermo-Catania, tratta tratta Caltanissetta Xirbi – Nuova Enna.

Per l'inquadramento generale delle opere in sotterraneo si rimanda al documento “Relazione tecnica delle opere in sotterraneo” (Rif. [5]).

## 3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Rif. [1] Decreto Ministero delle Infrastrutture e Trasporti 17/01/2018, Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”;
- Rif. [2] C.S.LL.PP., Circolare n°7 del 21/01/2019, Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al DM 14/01/2018”.
- Rif. [3] RFI, doc RFI DTC SI MA IFS 001 C “Manuale di progettazione delle Opere Civili” del XXX;

## 4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- Rif. [4] Italferr - Dossier dati e requisiti di base;
- Rif. [5] U.O. Gallerie, RS3U40D07RHGN0000001B “Relazione tecnica delle opere in sotterraneo” Gennaio 2020;
- Rif. [6] U.O. Gallerie, documento RS3U40D07CLGN0400001A “Uscita/Accesso laterale pedonale F1 – Galleria Monte Stretto- Relazione geotecnica e di calcolo” Gennaio 2020;
- Rif. [7] U.O. Geologia –“Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica” Gennaio 2020;

## 5 DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	5 di 100

N°	Descrizione elaborato	scala	CODIFICA ELABORATO																					
			COMMESSA				LOTTO		FASE	ENTE			TIPO DOC.		OPERA/DISCIPLINA						PROGR.		REV.	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
<b>ELABORATI GENERALI</b>																								
07_1	Relazione tecnica delle opere in sotterraneo	-	R	S	3	U	4	0	D	0	7	R	H	G	N	0	0	0	0	0	1	B		
07_2	Caratteristiche dei materiali - Note generali	-	R	S	3	U	4	0	D	0	7	S	P	G	N	0	0	0	0	0	0	1	A	
07_3	Computo metrico estimativo	-	R	S	3	U	4	0	D	0	7	C	E	G	N	0	0	0	0	0	0	1	A	
07_4	Analisi e descrizione voci aggiuntive	-	R	S	3	U	4	0	D	0	7	A	P	G	N	0	0	0	0	0	0	1	A	
07_5	Schema WBS	-	R	S	3	U	4	0	D	0	7	S	P	G	N	0	0	0	0	0	0	1	A	
<b>USCITE/ACCESSI LATERALI - ELABORATI GENERALI</b>																								
07_117	Sezioni di intradosso	1:50	R	S	3	U	4	0	D	0	7	W	B	G	N	0	0	0	0	0	0	4	A	
07_118	Uscita/accesso laterale pedonale - Sezione tipo B1 - Carpenteria, scavo e consolidamenti	1:50	R	S	3	U	4	0	D	0	7	B	B	G	N	0	0	0	0	0	0	3	B	
07_119	Uscita/accesso laterale pedonale - Sezione tipo B2 - Carpenteria, scavo e consolidamenti	1:50	R	S	3	U	4	0	D	0	7	B	B	G	N	0	0	0	0	0	0	3	B	
07_120	Uscita/accesso laterale pedonale - Sezione tipo C2 - Carpenteria, scavo e consolidamenti	1:50	R	S	3	U	4	0	D	0	7	B	B	G	N	0	0	0	0	0	0	3	B	
07_121	Uscita/accesso laterale pedonale - Sezione tipo C2v - Carpenteria, scavo e consolidamenti	1:50	R	S	3	U	4	0	D	0	7	B	B	G	N	0	0	0	0	0	0	3	B	
07_122	Uscita/accesso laterale pedonale - Sezione tipo C2p - Carpenteria, scavo e consolidamenti	1:50	R	S	3	U	4	0	D	0	7	B	B	G	N	0	0	0	0	0	0	3	B	
<b>USCITA/ACCESSO LATERALE PEDONALE F1 - GALLERIA MONTE STRETTO</b>																								
07_123	Planimetria, profilo, pianta e sezioni.	1:1000	R	S	3	U	4	0	D	0	7	L	Z	G	N	0	4	0	0	0	0	1	A	
07_124	Profilo geotecnico	1:5000/500	R	S	3	U	4	0	D	0	7	F	S	G	N	0	4	0	0	0	0	1	B	
07_125	Relazione geotecnica e di calcolo	-	R	S	3	U	4	0	D	0	7	C	L	G	N	0	4	0	0	0	0	1	A	
07_126	Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco	-	R	S	3	U	4	0	D	0	7	C	L	G	A	0	0	0	0	0	0	0	4	A
07_127	Innesto con la galleria di linea - Carpenteria, scavo e consolidamenti - Tav. 1 di 2	varie	R	S	3	U	4	0	D	0	7	B	Z	G	N	0	4	0	0	0	0	1	A	
07_128	Innesto con la galleria di linea - Carpenteria, scavo e consolidamenti - Tav. 2 di 2	varie	R	S	3	U	4	0	D	0	7	B	Z	G	N	0	4	0	0	0	0	0	2	A
<b>USCITA/ACCESSO LATERALE PEDONALE F1 - GALLERIA MONTE STRETTO - IMBOCCO</b>																								
07_129	Fase provvisoria - Planimetria e profilo longitudinale	1:200	R	S	3	U	4	0	D	0	7	L	9	G	I	0	7	0	0	0	0	0	1	A
07_130	Fase provvisoria - Sezioni caratteristiche	1:200	R	S	3	U	4	0	D	0	7	W	9	G	I	0	7	0	0	0	0	0	1	A
07_131	Fase provvisoria - Sviluppata delle opere di imbocco e particolari costruttivi	varie	R	S	3	U	4	0	D	0	7	B	Z	G	I	0	7	0	0	0	0	0	1	A
07_132	Sistemazione definitiva - Planimetria e profilo longitudinale	1:200	R	S	3	U	4	0	D	0	7	L	9	G	A	0	8	0	0	0	0	0	1	A
07_133	Sistemazione definitiva - Sezioni caratteristiche	1:200	R	S	3	U	4	0	D	0	7	W	9	G	A	0	8	0	0	0	0	0	1	A
07_134	Dima e conio d'attacco - Scavo e consolidamenti	1:50	R	S	3	U	4	0	D	0	7	B	B	G	I	0	7	0	0	0	0	0	1	A
07_135	Galleria artificiale policentrica - Carpenteria	1:50	R	S	3	U	4	0	D	0	7	B	B	G	A	0	8	0	0	0	0	0	1	A
07_136	Portale di imbocco - Carpenteria	1:50	R	S	3	U	4	0	D	0	7	B	B	G	A	0	8	0	0	0	0	0	2	A

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b></p>												
<p>U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO</p>	<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>RS3U</td> <td>40</td> <td>D 07 CL</td> <td>GA 00 00 004</td> <td>A</td> <td>6 di 100</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	6 di 100
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	6 di 100								

## 6 DESCRIZIONE DELL'OPERA

### 6.1 Il tracciato e le opere in sotterraneo

La lunghezza totale del tracciato della tratta Caltanissetta Xirbi-Enna, è di circa 27.522 km, e si sviluppa in sotterraneo per una lunghezza complessiva di circa 19.65 km, mediante 3 gallerie naturali denominate: Montestretto, Salso, Trinacria.

Le gallerie Salso e Trinacria sono progettate nella configurazione meccanizzata tramite l'uso di TBM-EPB, mentre la galleria Montestretto è progettata nella configurazione tradizionale. La velocità di tracciato è di 200 km/h. In galleria si ha una pendenza longitudinale massima pari a 15 ‰, una sopraelevazione in curva massima pari a 145 mm e raggio di curvatura minimo di 1300 m.

La galleria Montestretto è dotata di due uscite/accessi laterali pedonali che si innestano alla galleria di linea alla pk 4+856 circa e alla pk 5+474 circa, caratterizzata da un tratto di galleria naturale di sviluppo pari a 460 m circa. La finestra della galleria Montestretto è realizzata in tradizionale interamente all'interno della litologia TRV. Il cunicolo parallelo alla galleria di linea ha una lunghezza totale di 618 m.

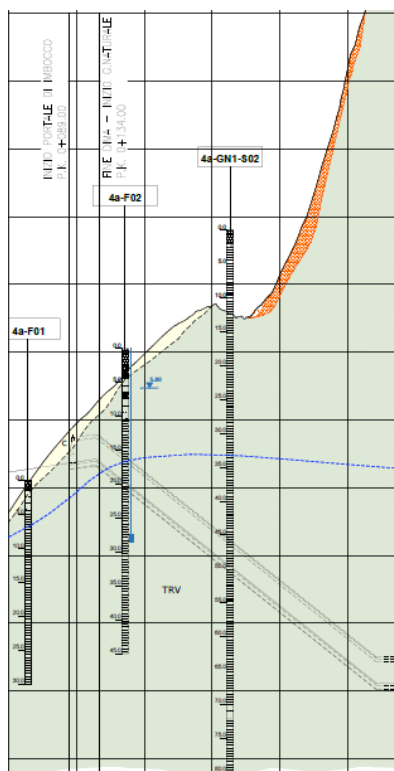


Figura 1 - Profilo galleria Monte Stretto

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	<b>COMMESSA</b> RS3U	<b>LOTTO</b> 40	<b>CODIFICA</b> D 07 CL	<b>DOCUMENTO</b> GA 00 00 004	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 7 di 100

## 7 FASE CONOSCITIVA

Nella fase conoscitiva si acquisiscono gli elementi necessari alla caratterizzazione e modellazione geologica del sito e alla caratterizzazione e modellazione geotecnica del volume significativo del mezzo interessato dall'opera. Nel seguito si riporta un breve inquadramento geologico e la sintesi della caratterizzazione e modellazione geotecnica con specifico riferimento al volume significativo interessato dalle opere di imbocco lato Palermo e lato Catania della galleria naturale Monte Stretto.

### 7.1 Inquadramento geologico

#### Assetto geologico

##### **Imbocco lato Palermo**

La galleria verrà realizzata nei litotipi argilloso-marnosi del membro TRV della formazione di Terravecchia, in assenza di criticità geologiche di particolare rilievo. Il substrato in posto è coperto da una coltre eluvio-colluviale a dominante granulometria fine (limoso-argillosa) di spessore variabile tra 1.5 e 4 m.

##### **Imbocco lato Catania**

La galleria artificiale è impostata nei litotipi argilloso-marnosi dell'unità TRV, che lungo il versante risultano ricoperti da una coltre eluvio-colluviale di spessore variabile tra 1 e 4 m ca.

#### Assetto geomorfologico

##### **Imbocco lato Palermo**

In corrispondenza dell'imbocco non si rilevano criticità geomorfologiche di rilievo.

##### **Imbocco lato Catania**

L'imbocco è inserito sul versante destro idrografico della valle del Fiume Salso, in un tratto in battuta di sponda, in cui il corso d'acqua sta erodendo il substrato; di conseguenza, il versante è inciso nei litotipi del substrato e presenta una morfologia piuttosto acclive e irregolare.

Immediatamente a monte dell'imbocco sono presenti alcuni fenomeni di frana composita in stato quiescente, che non intersecano direttamente l'asse del tracciato ma seguono un impluvio con orientazione da SW a NE che immette sul fondovalle circa 30 m a N dell'asse di linea. I dissesti interessano uno spessore di coltre eluvio-colluviale di 2-3 m circa; il sondaggio 4a-GN1-S06 indica la presenza di una coltre di spessore pari a 3 m in asse al tracciato.

Il drenaggio superficiale risulta piuttosto caotico, con processi di ruscellamento erosivo che interessano porzioni di pendio a ridosso dell'imbocco e dietro a questo; a lato dell'imbocco, lungo il bordo destro dell'impluvio nel quale si convogliano i colamenti di terra, è presente il rilevato di una pista forestale che

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 004	REV. A	FOGLIO 8 di 100

si innalza rispetto al pendio e che è in parte a sua volta interessato da cedimenti del ciglio, diretti però non verso valle ma verso l'impluvio a monte.

## 7.2 Indagini geotecniche

In corrispondenza dell'imbocco lato Palermo della presente galleria sono stati eseguiti i sondaggi:

- 4S3
- 4a-GN1-S01
- 4a-F01

Nelle indagini precedentemente dichiarate, sono state eseguite le seguenti prove in situ e in laboratorio:

4S3:

- Profondità di indagine 30 m;
- 1 Log stratigrafico;
- 2 Prova di permeabilità;
- 2 Prove pressiometriche;
- 1 piezometro;
- 9 Prove SPT;
- 5 campioni estratti;

4a-F01:

- Profondità di indagine 30 m;
- 1 Log stratigrafico;
- 3 Prove dilatometriche;
- 3 Prove di permeabilità;
- 7 SPT a punta aperta;
- 11 campioni estratti;
- 1 Piezometro di casagrande;
- 1 Inclinometro;
- 1 Prova DH;

4a-GN1-S01:

- Profondità di indagine 40 m;
- 1 Log stratigrafico;
- 2 Prove dilatometriche;
- 2 Prove di permeabilità (Lug.);
- 6 SPT a punta aperta;
- 7 campioni estratti;
- 1 Piezometro di Casagrande;



	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 004	REV. A	FOGLIO 9 di 100

- 7 Pocket Penetrometer;
- 7 Prove Granulometriche;
- 3 Prove TD;
- 2 Prove CU.

In corrispondenza dell’imbocco lato Catania della presente galleria sono stati eseguiti i sondaggi:

- 4a-GN1-S06

Nelle indagini precedentemente dichiarate, sono state eseguite le seguenti prove in situ e in laboratorio:

4a-GN1-S06:

- Profondità di indagine 30 m;
- 1 Log stratigrafico;
- 7 Prove SPT;
- 2 Prova Di permeabilità Lefranc;
- 2 Prove Dilatometriche;
- 1 Piezometro Casagrande;
- 4 Campioni estratti;
- 1 Inclinometro.

### **7.3 Caratterizzazione e modellazione geotecnica**

I risultati delle indagini geotecniche, in situ e di laboratorio, hanno permesso di definire il modello geotecnico, rappresentativo delle condizioni stratigrafiche e delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni/rocce interessati dalle opere di imbocco.

Il modello geotecnico complessivo dell’opera in sotterraneo è rappresentato nell’elaborato “Galleria Monte Stretto – Profilo Geotecnico” (Rif.).

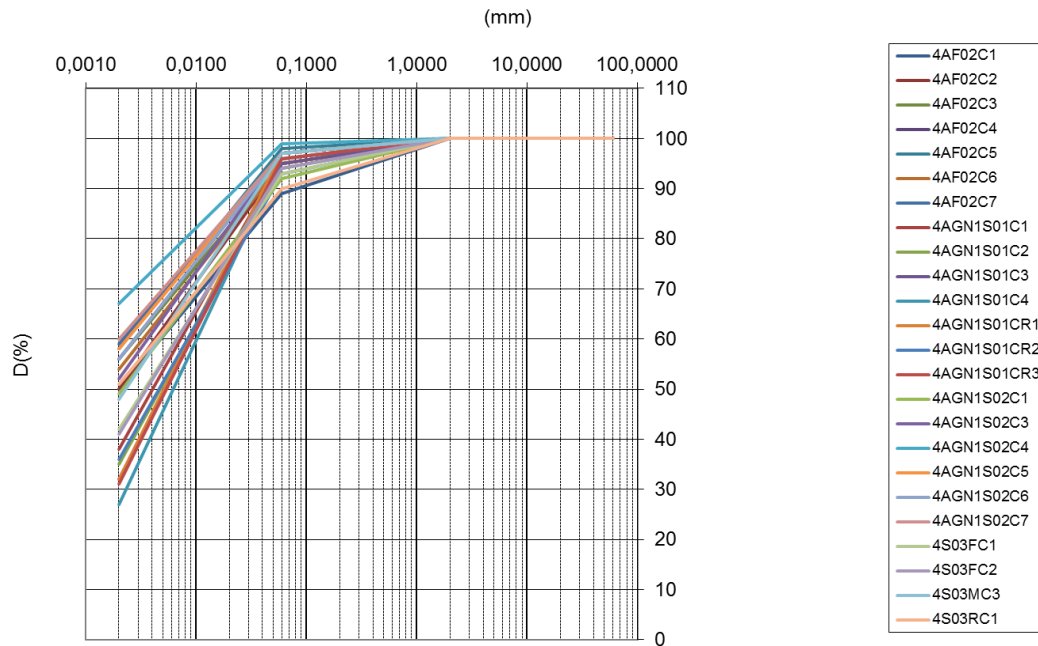
#### **7.3.1 Caratterizzazione geotecnica imbocco lato Palermo**

L’imbocco lato Palermo della galleria Monte Stretto prevede lo scavo nella litologia del TRV.

Di seguito vengono riportati i grafici che risultano dalle elaborazioni delle prove e delle indagini geotecniche di laboratorio ed in situ.

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE  
STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI  
CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

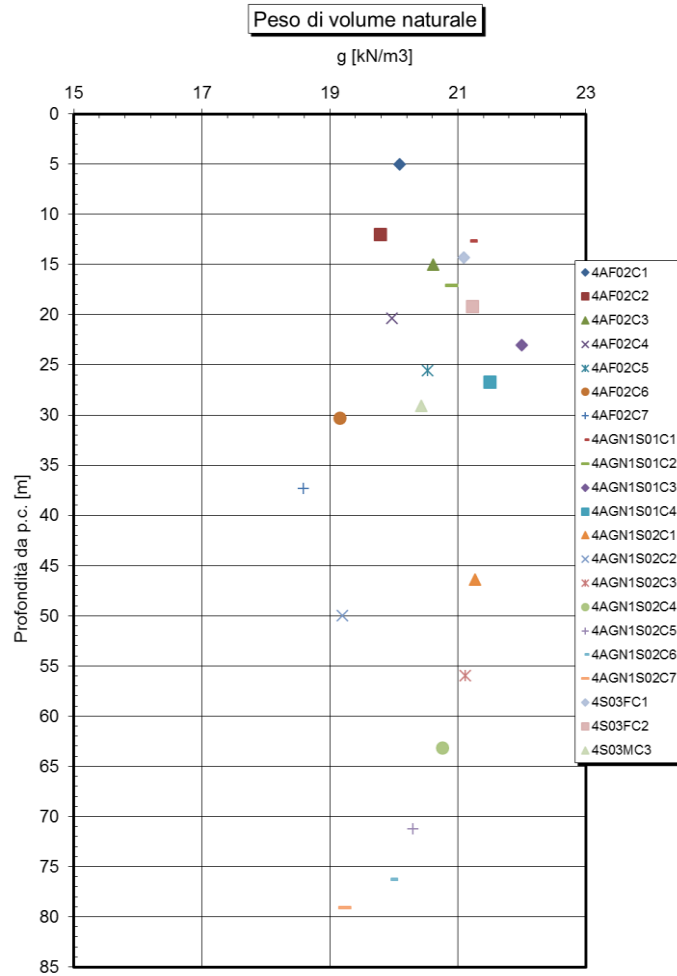
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	10 di 100



**Figura 2: Galleria Montestretto - TRV – fuso granulometrico**

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE  
STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI  
CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

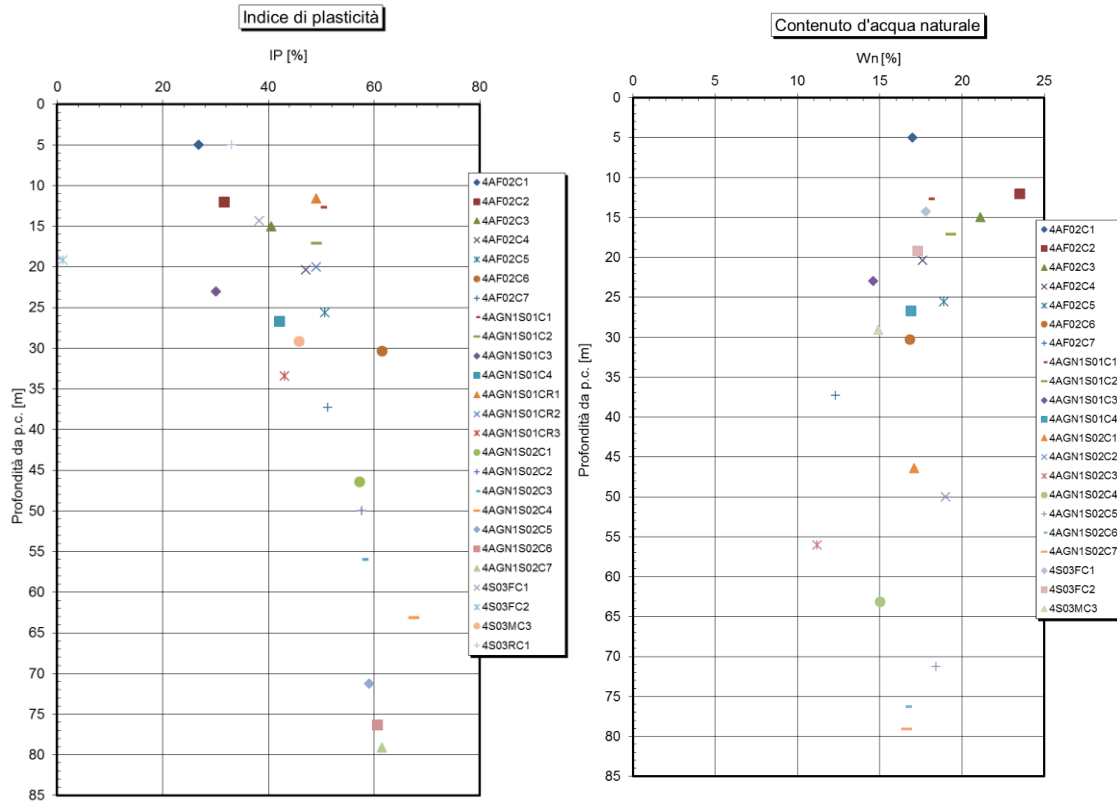
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	11 di 100



**Figura 3: Galleria Montestretto – TRV – peso dell'unità di volume**

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE  
STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI  
CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	12 di 100



**Figura 4: Galleria Montestretto – TRV – indice di plasticità e contenuto d'acqua naturale**

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	13 di 100

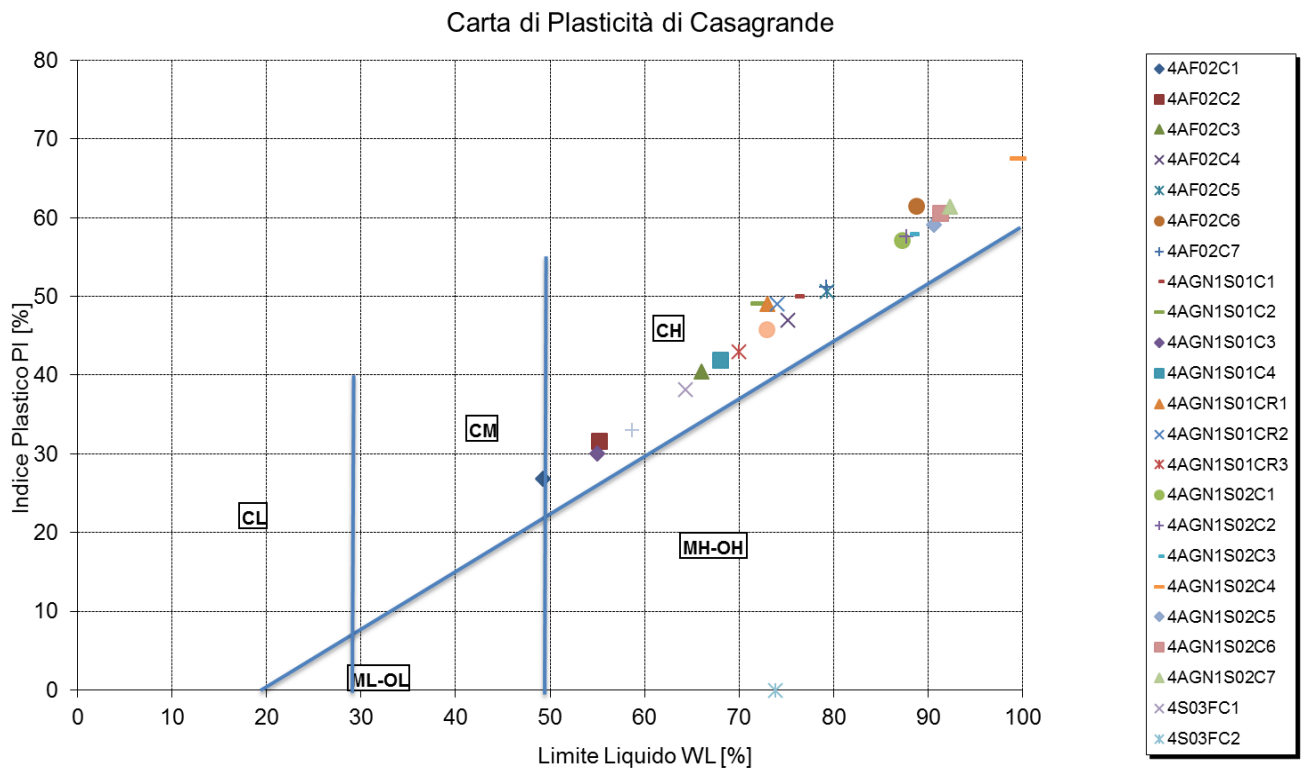
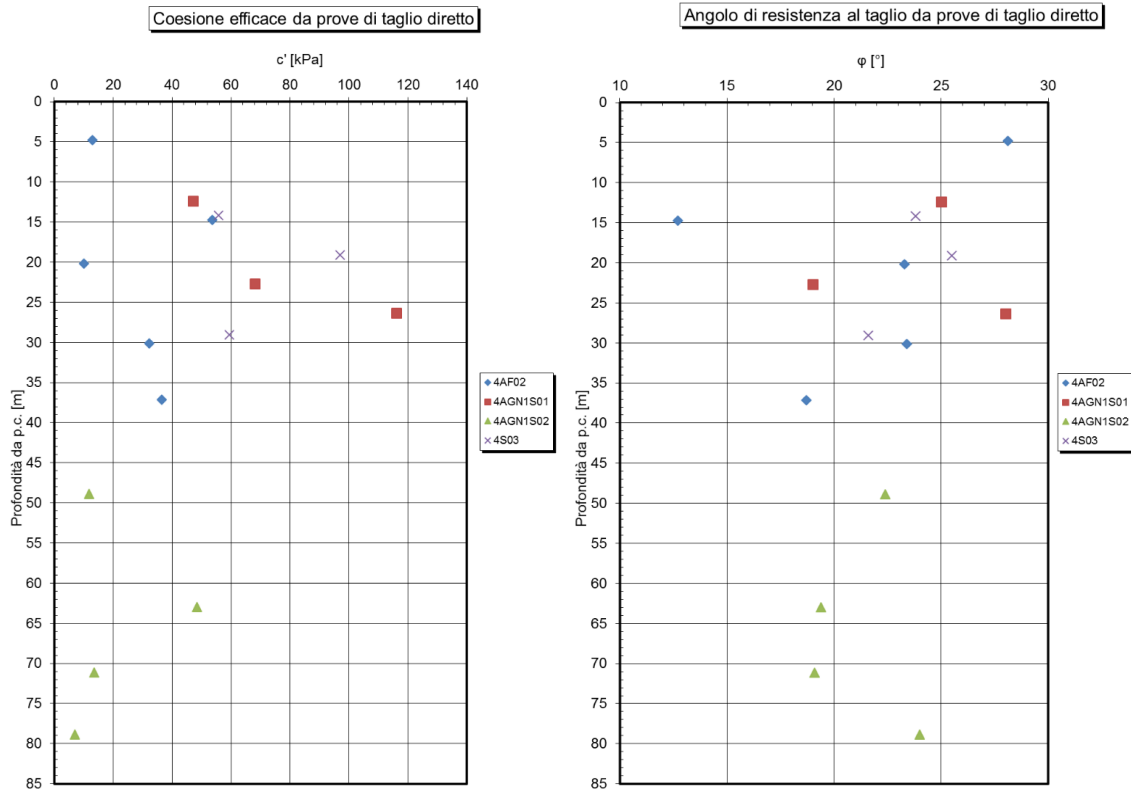


Figura 5: Galleria Montestretto – TRV – carta di plasticità di Casagrande

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE  
STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI  
CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	14 di 100



**Figura 6: Galleria Montestretto – TRV – coesione e angolo di resistenza al taglio da prove di taglio diretto**

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE  
STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI  
CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	15 di 100

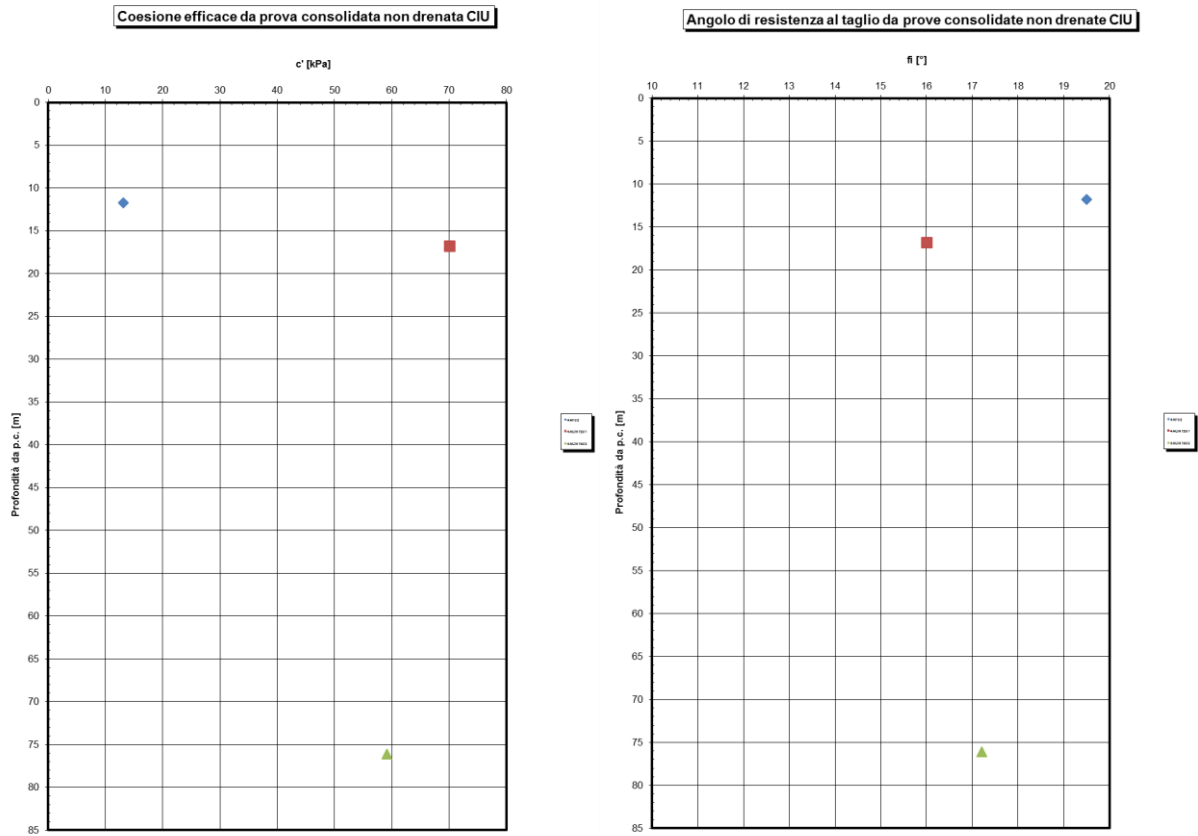
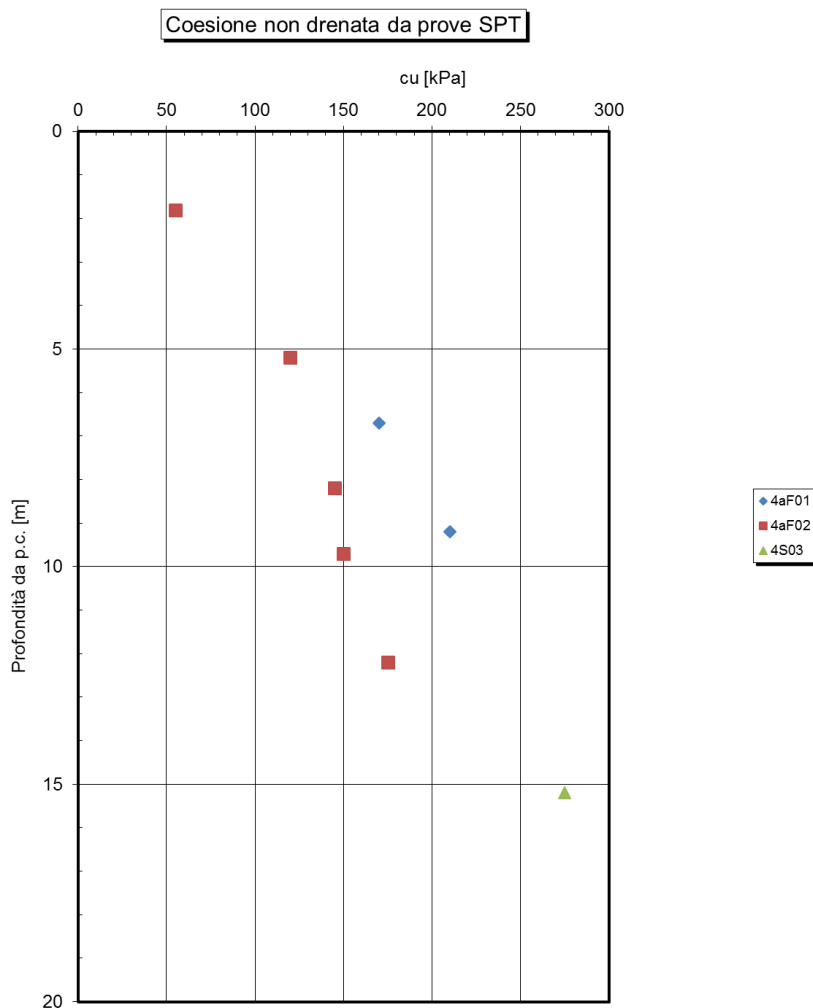


Figura 7: Galleria Montestretto – TRV – coesione e angolo di resistenza al taglio da prove triassiali CIU

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
	U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 004	REV. A



**Figura 8: Galleria Montestretto – TRV – resistenza al taglio non drenata da prove SPT**

Si riportano dunque le tabelle per classi di copertura dei parametri assunti lungo il tracciato della galleria Santa Catena.

**Tabella 1 – Parametri derivati dalla caratterizzazione geotecnica – Galleria Montestretto - TRV**

COPERTURA	FORMAZIONE	$\gamma$	GSI	$m_i$	$\sigma_m$	$\nu$	E	Cu	$c'$	$\varphi'$
--		[kN/m <sup>3</sup> ]			[MPa]		[MPa]	[kPa]	[kPa]	[°]
Imbocco	TRV	21	-	-	-	0.3	50-150	85.05	30	22



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
	U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 004	REV. A

### 7.3.2 Caratterizzazione geotecnica imbocco lato Catania

Si rimanda a quanto riportato per l'imbocco lato Palermo per ciò che riguarda stratigrafia, grafici delle risultanze della caratterizzazione geotecnica e tabella riassuntiva dei parametri di calcolo.

### 7.3.3 Definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici utilizzati nelle analisi

Tabella 2 – Parametri geotecnici caratteristici – Finestra Monte Stretto

Profondità	FORMAZIONE	$\gamma$	$\nu$	E	$c'_{M1}$	$\varphi'_{M1}$
[m]	-	[kN/m <sup>3</sup> ]	[-]	[MPa]	[kPa]	[°]
0-10	TRV	21	0.3	67	30	22
10-20	TRV	21	0.3	102	30	22
20-30	TRV	21	0.3	135	30	22

### 7.3.4 Il regime idraulico

Dai risultati derivanti dalle informazioni piezometriche presenti in corrispondenza dei sondaggi in corrispondenza dell'imbocco della finestra Monte Stretto (vedasi paragrafo precedente per la nomenclatura di tali indagini) gli studi idrogeologici hanno fornito una profondità di falda rispetto al p.c. di circa 4.2 m.

## 7.4 Caratteristiche del sito e definizione dell'azione sismica

Le opere in progetto per l'imbocco Monte Stretto lato Palermo si trovano nel Comune di Caltanissetta, in un sito con le seguenti coordinate geografiche: Latitudine 37.5248, Longitudine 14.0961.

Le opere in progetto per l'imbocco Salso lato Catania si trovano nel Comune di Caltanissetta, in un sito con le seguenti coordinate geografiche: Latitudine 37.5292, Longitudine 14.1208.

Alle strutture di sostegno, trattandosi di opere provvisorie, si attribuisce una vita nominale  $V_N = 10$  anni (cfr. § 2.4 del D.M. 17/01/2018) e, per la definizione dell'azione sismica, un periodo di riferimento,  $V_R = 35$  anni (cfr. tab. C2.4.I della Circolare 7/19).

Per la galleria artificiale si definisce una vita nominale  $V_N = 75$  anni e una classe d'uso III a cui corrisponde il coefficiente  $C_u = 1.5$  (§ 2.4.2, DM 17/01/2018). Di conseguenza il periodo di riferimento per la definizione dell'azione sismica risulta pari a  $V_R = V_N \cdot C_u = 112.5$ .

Con riferimento alla probabilità di superamento dell'azione sismica,  $P_{VR}$ , attribuita allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV), nel periodo  $V_R$  dell'opera in progetto, si determina il periodo di ritorno  $T_R$  del sisma di progetto:

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
	U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 004	REV. A

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale è stato valutato con approccio semplificato (cfr. § 3.2.2 del DM 17/01/2018) basato sulla classificazione del sottosuolo sulla base dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, poiché le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni sono chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.3.II del DM 17/01/2018.

Per quanto riguarda il valore di  $V_{s,eq}$  afferente all'imbocco Monte Stretto lato Ovest si è fatto riferimento all'indagine MASW 4a-F01 che fornisce un valore di  $V_{s,eq}$  pari a 222 m/s, quindi siamo in presenza di una categoria di suolo C.

Per quanto riguarda il valore di  $V_{s,eq}$  afferente all'imbocco Monte Stretto lato Est si è fatto riferimento all'indagine MASW 4a-GN1S06 che fornisce un valore di  $V_{s,eq}$  pari a 331 m/s, quindi siamo in presenza di una categoria di suolo C.

Pertanto, tenendo conto dei fattori locali del sito, l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito è valutata con la relazione (cfr. cap. 7 DM 17/01/2018):

$$a_{max} = S_s \cdot S_T \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)$$

dove:

$a_g$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido;

$S_s$  è il fattore di amplificazione stratigrafica del terreno, funzione della categoria del sottosuolo di fondazione e dei parametri sismici  $F_0$  e  $a_g/g$  (Tabella 3.2.IV del D.M. 17/01/2018);

$S_T$  è il fattore di amplificazione che tiene conto delle condizioni topografiche, il cui valore dipende dalla categoria topografica e dall'ubicazione dell'opera (Tabella 3.2.V del D.M. 17/01/2018).

Si è fatto riferimento ai valori di accelerazione calcolati per l'imbocco di Trinacria Est.

I valori delle grandezze necessarie per la definizione dell'azione sismica per le opere d'imbocco sono riportati nella seguente tabella:

**Tabella 3 – Parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto**

	Imbocco lato Palermo		Imbocco lato Catania	
	Strutture di sostegno	Galleria artificiale	Strutture di sostegno	Galleria artificiale

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE  
STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI  
CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	19 di 100

Coord. geografiche	Lat 37.5248, Lon 14.0961	Lat 37.5248, Lon 14.0961	Lat 37.5292, Lon 14.1208	Lat 37.5292, Lon 14.1208
<b>Coord. Geografiche imbocco di riferimento</b>	Lat 37.5717, Lon 14.3395	Lat 37.5717, Lon 14.3395	Lat 37.5717, Lon 14.3395	Lat 37.5717, Lon 14.3395
$T_R$	332	1068	332	1068
$a_g/g$	0.079	0.117	0.079	0.117
$F_0$	2.556	2.637	2.556	2.637
Categoria sottosuolo	C	C	C	C
$S_s$	1.5	1.5	1.5	1.5
Categoria topografica	T1	T1	T1	T1
$S_T$	1.0	1.0	1.0	1.0
$a_{max}/g$	0.119	0.176	0.119	0.176

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	<b>COMMESSA</b> RS3U	<b>LOTTO</b> 40	<b>CODIFICA</b> D 07 CL	<b>DOCUMENTO</b> GA 00 00 004	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 20 di 100

## 8 SOLUZIONI PROGETTUALI

### 8.1 Imbocco Finestra Monte Stretto

#### 8.1.1 Opere di sostegno

L'imbocco Monte Stretto lato Palermo comprende paratie tirantate su più ordini realizzate con pali di diametro 1000 mm e interasse pari a 1.2 m. L'altezza massima di scavo (valutata con riferimento al piazzale di imbocco avente quota assoluta di 383.46 m.s.l.m.) è di circa 9.5 m.

I tiranti saranno disposti su più ordini a passo variabile (al fine di rispettare il passo dei pali della paratia). Tali tiranti si comporranno di più trefoli (3) con un diametro del bulbo pari a 16 cm. La lunghezza massima del bulbo sarà di circa 10 m. La lunghezza libera è valutata in base all'inclinazione del tirante (20°), alla sua distanza dal piede della paratia e al valore di accelerazione massima in situ.

Le strutture di sostegno verranno realizzate tramite l'esecuzione di pali trivellati di lunghezza variabile e successivamente per fasi di ribasso si eseguirà l'installazione degli ordini di tiranti attivi, che verranno opportunamente pretirati secondo le esigenze progettuali descritte negli allegati di calcolo.

#### 8.1.2 Galleria artificiale

In corrispondenza dell'imbocco lato Palermo della galleria Monte Stretto vengono realizzati dei conci di attacco aventi spessore di calotta e piedritti di 0.55, arco rovescio di 0.90. Questi sono realizzati all'interno di dime (spessore calotta di 0.54 m e spessore piedritti di 1.00 m).

Le gallerie artificiali sono realizzate con arco rovescio di spessore 1.00 m, mentre lo spessore della calotta è di 0.90 m e lo spessore del piedritto è di 1.10 m.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
	U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 004	REV. A

## 9 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI

Si riportano di seguito le principali caratteristiche dei diversi materiali impiegati nelle opere in progetto, con l'indicazione dei valori adottati nelle verifiche, nel rispetto delle indicazioni del DM 17/01/2018 e del "Manuale di progettazione delle opere civili" RFI DTC SI MA IFS 001 C.

### Strutture di sostegno provvisionali

<b>Calcestruzzo pali paratia</b>	
Classe di resistenza	C25/30
Resistenza di progetto a compressione a 28 giorni	$f_{cd} = 0.85 f_{ck}/1.5 = 16.6 \text{ MPa}$
Modulo elastico a 28 giorni	$E_{cm} = 22000(f_{cm}/10)^{0.3} = 31475.81 \text{ MPa}$

<b>Acciaio per tubi e profilati</b>	
Tipo	S 355 JR / S 275 JR
Tensione di rottura caratteristica	$f_{tk} \geq 510 / 430 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento di calcolo	cfr. 4.2.4 a 4.2.8 del D.M. 17/01/18

<b>Acciaio armonico per tiranti</b>	
Tipo	Trefoli da 0,6''
Tensione di rottura caratteristica	$f_{ptk} \geq 1860 \text{ MPa}$
Tensione elastica all'1% di deformazione	$f_{p(1)k} \geq 1670 \text{ MPa}$

### Galleria artificiale

<b>Calcestruzzo armato</b>	
Classe di resistenza	C25/30
Resistenza di progetto a compressione a 28 giorni	$f_{cd} = 0.85 f_{ck}/1.5 = 16.6 \text{ MPa}$
Modulo elastico a 28 giorni	$E_{cm} = 22000(f_{cm}/10)^{0.3} = 31475.81 \text{ MPa}$
Tensione massima di compressione in esercizio (DM 17/01/2018 Rif. [1]).	$\sigma_c = 0.6f_{ck} = 14.94 \text{ MPa}$ combinazione caratteristica (rara)

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE  
STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI  
CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	22 di 100

$\sigma_c = 0.45f_{ck} = 11.205 \text{ MPa}$   
combinazione quasi permanente

**Acciaio per barre di armatura**

Tipo	B450C
Resistenza di progetto	$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 391.3 \text{ MPa}$
Tensione massima di compressione in esercizio (DM 17/01/2018 Rif. [1]).	$\sigma_{lim} = 0.8 f_{yk} = 360 \text{ MPa}$

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	<b>COMMESSA</b> RS3U	<b>LOTTO</b> 40	<b>CODIFICA</b> D 07 CL	<b>DOCUMENTO</b> GA 00 00 004	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 23 di 100

## 10 CRITERI DI VERIFICA DELLE OPERE

Le verifiche sono state condotte in accordo con le prescrizioni e le indicazioni del DM 17/01/2018 e della Circolare n.7/19 (Rif. [1]- Rif. [2]).

### 10.1 Opere di sostegno

#### 10.1.1 Azioni

Le azioni considerate per la verifica delle strutture di sostegno dell’imbocco sono le seguenti:

- **azioni permanenti:** peso proprio degli elementi strutturali, spinta del terreno a monte e a valle dell’opera, carico fittizio simulante l’inclinazione del pendio a monte dell’opera opportunamente discretizzato in modo da simulare fedelmente il reale andamento del profilo topografico del pendio.
- **azioni variabili:** carico variabile sul piano campagna a monte della struttura di sostegno,  $Q_{IM}$ , atto a schematizzare nella fase costruttiva l’eventuale presenza di sovraccarichi di varia natura connessi alla realizzazione delle opere.
- **azione sismica:** l’accelerazione orizzontale massima attesa al suolo è definita nel paragrafo 8.4.

#### 10.1.2 Approcci progettuali e metodi di verifica

Le verifiche delle strutture di sostegno sono state condotte nei riguardi dei seguenti stati limite ultimi (SLU):

- collasso del complesso opera-terreno;
- instabilità globale dell’insieme terreno-opera;
- sfilamento di uno o più ancoraggi;
- raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi,
- raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali.

Per le strutture di sostegno flessibili si adotta l’Approccio Progettuale 1 con le due combinazioni di coefficienti parziali (tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I del DM 17/01/2018):

- combinazione 1:  $A1 + M1 + R1$
- combinazione 2:  $A2 + M2 + R1$ .

Il dimensionamento geotecnico dell’opera è stato condotto con la verifica di stati limite ultimi GEO, applicando la Combinazione 2 ( $A2+M2+R1$ ). Per le verifiche di stati limite ultimi STR l’analisi è stata condotta con la combinazione 1 ( $A1+M1+R1$ ), applicando i coefficienti parziali  $A1$  ( $\gamma = 1,3$ ) all’effetto

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 004	REV. A	FOGLIO 24 di 100

delle azioni. A tale scopo, nelle analisi, i valori caratteristici dei carichi variabili sfavorevoli sono stati amplificati di un coefficiente pari a  $1,5/1,3= 1,15$ .

Al fine di rispettare le richieste della Normativa in merito al modello geometrico di riferimento (§6.5.2.2 DM 17/01/2018) nel caso di opere in cui la funzione di sostegno è affidata alla resistenza del volume di terreno a valle dell'opera, la quota di valle è diminuita della quantità prevista, per opere vincolate:

$$\Delta h = \min (0.5; 10\% \Delta t)$$

in cui  $\Delta t$  è la differenza di quota tra il livello inferiore di vincolo e il fondo scavo.

Il corretto dimensionamento nei confronti degli SLU assicura che gli spostamenti dell'opera siano compatibili con le esigenze di funzionalità della stessa; pertanto, trattandosi di opere provvisorie, in assenza di fabbricati o altre opere da salvaguardare a ridosso delle stesse, non si ritengono necessarie ulteriori valutazioni di verifica nei confronti degli SLE.

Per le verifiche di stabilità globale è stato applicato l'Approccio 1- Combinazione 2 (A2+M2+R2 – tab. 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I del DM 17/01/2018).

Le verifiche in condizioni sismiche sono state condotte con riferimento allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV), con riferimento alla configurazione finale dell'opera di sostegno. Per le verifiche in condizioni sismiche i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici sono pari all'unità. Si adotta il metodo pseudostatico, calcolando il coefficiente sismico orizzontale secondo le prescrizioni della normativa (DM 17/01/2018):

$$k_h = \alpha \cdot \beta \cdot \left( \frac{a_{max}}{g} \right)$$

dove:

- $a_{max}$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito,
- $\alpha$  è il coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 del DM 17/01/2018);
- $\beta$  è il coefficiente di spostamento (Figura 7.11.3 del DM 17/01/2018).

Per la definizione dell'azione sismica si rimanda al paragrafo 7.4. L'effetto del sisma sulle strutture di sostegno è ottenuto applicando un incremento di spinta (cfr § 7.11.6.3.1 del D.M. 17/01/2018 e § C7.11.6.3 della Circolare 7/19) del terreno valutato secondo la teoria di Mononobe-Okabe, agente direttamente sulla paratia secondo una distribuzione uniforme sull'intera altezza dell'opera.

$$\Delta S_E = \left[ \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot (K_{aE} - K_a) \right] / H,$$



	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 004	REV. A	FOGLIO 25 di 100

dove:  $\gamma$  rappresenta il peso dell'unità di volume della formazione con la quale l'opera interagisce,  $H$  rappresenta l'altezza totale dell'opera (comprensiva del tratto infisso),  $K_{aE}$  e  $K_a$  rappresentano i coefficienti di spinta attiva in condizioni sismiche e statiche rispettivamente.

Per la valutazione della spinta passiva si assume  $\alpha=1$  (§7.11.6.3 del DM 17/01/2018). Il coefficiente sismico verticale,  $k_v$ , si assume pari a 0 (§7.11.6.3 del DM 17/01/2018).

I coefficienti di spinta attiva sono determinati attraverso la relazione di Mononobe (1929) e Okabe (1926). I coefficienti di spinta passiva sono determinati attraverso la relazione di Lancellotta (2007). L'angolo di attrito terreno/struttura,  $\delta$ , si assume pari a 2/3 della resistenza al taglio del terreno naturale.

Le verifiche sono state condotte mediante l'ausilio del codice di calcolo PARATIE (versione 14 plus).

Le verifiche di stabilità globale sono state condotte con il codice di calcolo SLOPE/W (versione 2007).

### 10.1.3 Tiranti di ancoraggio

Gli Stati Limite Ultimi per questa tipologia di opere si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e del raggiungimento della resistenza dei materiali strutturali da cui sono composti.

Per il dimensionamento geotecnico, deve risultare verificata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

con specifico riferimento allo stato limite di sfilamento della fondazione dell'ancoraggio. La verifica di tale condizione è da effettuarsi con riferimento alla combinazione A1+M1+R3, utilizzando per i coefficienti A1 ed M1 i valori riportati nelle Tab. 6.2.I e Tab 6.2.II del DM 17/01/2018 e per le resistenze i valori riportati in Tab. 6.6.I del DM17/01/2018.

La verifica a sfilamento della fondazione dell'ancoraggio si esegue confrontando la massima azione di progetto ( $E_d$ ) con la resistenza di progetto  $R_{ad}$ , determinata applicando alla resistenza caratteristica  $R_{sk}$  i coefficienti parziali  $\gamma_R$  riportati nella tabella precedente, in funzione del tipo di ancoraggio.

Il valore caratteristico della resistenza allo sfilamento dell'ancoraggio è stato determinato utilizzando metodi analitici, pertanto il valore di questa deve essere assunto come il minore dei valori derivanti dall'applicazione dei fattori di correlazione  $\xi_{a3}$  e  $\xi_{a4}$  riportati in Tab. 6.6.II del DM 17/01/2018, in funzione del numero di verticali di indagine che consentono la completa identificazione del modello geotecnico del sottosuolo per il terreno interessato dalle fondazioni degli ancoraggi.

Nella valutazione analitica della resistenza allo sfilamento degli ancoraggi, inoltre, si fa riferimento ai coefficienti parziali di sicurezza del terreno M1 (pertanto non vengono ridotte le caratteristiche dei terreni in cui le fondazioni degli ancoraggi verranno realizzate).

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 004	REV. A	FOGLIO 26 di 100

La lunghezza libera del tirante, in assenza di evento sismico è definita dall'intersezione con un piano inclinato di  $(45^\circ - \varphi/2)$  sulla verticale, parallelo al piano passante per il piede della paratia e da esso distante 0.20 h.

In presenza di evento sismico, con i tiranti attivi, secondo quanto proposto dal DM 17/01/2018 al § 7.11.6.4, la lunghezza libera da considerare è:

$$L_E = L_L \times (1 + 1.5 \times a_{\max}/g)$$

dove:

$L_E$ : lunghezza libera in condizioni sismiche

$L_L$ : lunghezza libera in condizioni statiche

#### 10.1.4 Stabilità globale

In accordo con le indicazioni del DM 17/01/2018 § 6.8.2, le verifiche di sicurezza SLU sono state condotte secondo l'Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R2), in cui A2 sono i coefficienti moltiplicativi delle azioni e M2 e R2 sono i coefficienti riduttivi dei parametri di resistenza dei materiali e della resistenza globale del sistema. Il rapporto tra  $R_d$  ed  $E_d$  dovrà risultare sempre maggiore o uguale a  $\gamma_R = 1.1$  in condizioni statiche per assicurare che la verifica di sicurezza richiesta da normativa sia rispettata.

Per le verifiche sismiche si applicano gli stessi criteri ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§7.11.1 e § 7.11.4 del DM 17/01/2018) e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a  $\gamma_R = 1.2$ . (§ 7.11.4 del DM 17/01/2018).

Per la valutazione della superficie di scorrimento critica (ed in generale di tutte le superfici di scorrimento) è stato utilizzato il metodo di Morgenstern & Price.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi SLV, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_h = k_h \cdot W \quad \text{ed} \quad F_v = k_v \cdot W$$

con  $k_h$  e  $k_v$  pari rispettivamente ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \cdot a_{\max}/g \quad \text{e} \quad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

in cui:

- $\beta_s$ : coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;
- $a_{\max}$ : accelerazione orizzontale massima attesa al sito (cfr. §7.4).
- $g$ : accelerazione di gravità.

Il valore di  $\beta_s$  è assunto pari a 0.38 coerentemente con le indicazioni del §7.11.4 delle DM 17/01/2018.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>												
U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	<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>RS3U</td> <td>40</td> <td>D 07 CL</td> <td>GA 00 00 004</td> <td>A</td> <td>27 di 100</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	27 di 100
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	27 di 100								

## 10.2 Gallerie artificiali

### 10.2.1 Azioni

Per le gallerie artificiali si individuano le seguenti azioni:

- **azioni permanenti:** peso proprio della struttura (P.P), spinte del terreno sui fianchi della galleria (SPsx e SPdx), carico verticale P.cop (rappresentato dal terreno di ricoprimento);
- **azioni variabili:** carico variabile  $Q_1$  pari a  $20 \text{ kN/m}^2$  (legato ai mezzi di cantiere), spinte sui fianchi della galleria ( $SQ_{1sx}$  e  $SQ_{1dx}$ ) generate dal carico  $Q_1$ .
- **azione sismica:** l'accelerazione orizzontale massima attesa al suolo è definita nel paragrafo 7.4. I carichi considerati sono: incremento di spinta del terreno sui fianchi della galleria ( $\pm \Delta Sh$ ), variazione del peso del terreno di ritombamento ( $\pm \Delta Sv$ ), effetti inerziali della struttura della galleria nelle direzioni orizzontale e verticale (Ih e Iv).

Sulla base della definizione dei carichi di cui sopra, in accordo a quanto prescritto dal DM 17/01/2018, sono state individuate le combinazioni di carico per le verifiche di stati limite ultimi e di esercizio in condizioni statiche e in condizioni sismiche:

- combinazione fondamentale (SLU)
- combinazione caratteristica (SLE): il coefficiente di combinazione per il carico variabile  $Q_1$  è pari a 1
- combinazione frequente (SLE): il coefficiente di combinazione per il carico variabile  $Q_1$  è pari a 0.8
- combinazione quasi permanente (SLE): il coefficiente di combinazione per il carico variabile  $Q_1$  è pari a 0
- combinazione sismica (SLV, SLD): il coefficiente di combinazione per il carico variabile  $Q_1$  è pari a 0.2.

### 10.2.2 Approcci progettuali e metodi di verifica

Le verifiche delle gallerie artificiali sono state condotte nei riguardi dei seguenti stati limite:

- stati limite ultimi (SLU):
  - instabilità globale dell'insieme terreno-opera;
  - raggiungimento della resistenza strutturale
- stati limite di esercizio in condizioni statiche (SLE):
  - controllo dello stato tensionale e fessurativo degli elementi strutturali.

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	28 di 100

Le verifiche in condizioni sismiche sono state condotte con riferimento allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV) e allo stato limite di danno (SLD). Per tali verifiche i coefficienti parziali sulle azioni sono pari all'unità.

CARICHI ELEMENTARI	SLU : COMBINAZIONI DI CARICO STATICHE						
	SLU-1	SLU-2	SLU-3	SLU-4	SLU-5	SLU-6	SLU-7
PP	1.3	1.3	1.0	1.3	1.0	1.3	1.0
Pcop	1.3	1.3	1.0	1.3	1.0	1.3	1.0
SP.sx	1.3	1.0	1.3	1.3	1.3	1.0	1.0
SP.dx	1.3	1.0	1.3	1.0	1.0	1.3	1.3
Qd.sx	1.5	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0
Qd.dx	1.5	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0
SQ.sx	1.5	0.0	1.5	1.5	1.5	0.0	0.0
SQ.dx	1.5	0.0	1.5	0.0	0.0	1.5	1.5

CARICHI ELEMENTARI	COMBINAZIONI SLE				
	CARATT.	FREQUENTE			QUASI P.
		SLE - C	SLE-F1	SLE-F2	
PP	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Pcop	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
SP.sx	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
SP.dx	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Qd.sx	1.0	0.8	0.0	0.0	0.0
Qd.dx	1.0	0.8	0.0	0.0	0.0
SQ.sx	1.0	0.0	0.8	0.0	0.0
SQ.dx	1.0	0.0	0.0	0.8	0.0

CARICHI ELEMENTARI	SLV : COMBINAZIONI DI CARICO SISMICHE															
	SLV - 1	SLV - 2	SLV - 3	SLV - 4	SLV - 5	SLV - 6	SLV - 7	SLV - 8	SLV - 9	SLV - 10	SLV - 11	SLV - 12	SLV - 13	SLV - 14	SLV - 15	SLV - 16
PP	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Pcop	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
SP.sx	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
SP.dx	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Qd.sx	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Qd.dx	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
SQ.sx	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
SQ.dx	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
ΔS.h	1.0	-1.0	1.0	-1.0	0.3	-0.3	0.3	-0.3	1.0	-1.0	1.0	-1.0	0.3	-0.3	0.3	-0.3
ΔS.v	-0.3	0.3	0.3	0.3	-1.0	-1.0	1.0	1.0	-0.3	-0.3	0.3	0.3	-1.0	-1.0	1.0	1.0
I.h	1.0	-1.0	1.0	-1.0	0.3	-0.3	0.3	-0.3	-1.0	1.0	-1.0	1.0	-0.3	0.3	-0.3	0.3
I.v	-0.3	-0.3	0.3	0.3	-1.0	-1.0	1.0	1.0	0.3	0.3	-0.3	-0.3	1.0	1.0	-1.0	-1.0
ΔS.h sx	1.0	0.0	1.0	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0
ΔS.h dx	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.3	0.0	0.3

CARICHI ELEMENTARI	SLE : combinazioni per SAP2000				
	CARATT.	FREQUENTE			QUASI P.
		SLE - C	SLE-F1	SLE-F2	
PP	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Pcop	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
SP.sx	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE  
 STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI  
 CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	29 di 100

<b>SP.dx</b>	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
<b>Qd_sx</b>	20.0	16.0	0.0	0.0	0.0
<b>Qd_dx</b>	20.0	16.0	0.0	0.0	0.0
<b>SQ.sx</b>	10.0	0.0	8.0	0.0	0.0
<b>SQ.dx</b>	10.0	0.0	0.0	8.0	0.0

CARICHI ELEMENTARI	SLU : Combinazioni per SAP2000						
	SLU-1	SLU-2	SLU-3	SLU-4	SLU-5	SLU-6	SLU-7
<b>PP</b>	1.3	1.3	1.0	1.3	1.0	1.3	1.0
<b>Pcop</b>	26.0	26.0	20.0	26.0	20.0	26.0	20.0
<b>SP.sx</b>	13.0	10.0	13.0	13.0	13.0	10.0	10.0
<b>SP.dx</b>	13.0	10.0	13.0	10.0	10.0	13.0	13.0
<b>Qd_sx</b>	30.0	30.0	0.0	30.0	0.0	30.0	0.0
<b>Qd_dx</b>	30.0	30.0	0.0	30.0	0.0	30.0	0.0
<b>SQ.sx</b>	15.0	0.0	15.0	15.0	15.0	0.0	0.0
<b>SQ.dx</b>	15.0	0.0	15.0	0.0	0.0	15.0	15.0

CARICHI ELEMENTARI	SLV : combinazioni per SAP2000															
	SLV - 1	SLV - 2	SLV - 3	SLV - 4	SLV - 5	SLV - 6	SLV - 7	SLV - 8	SLV - 9	SLV - 10	SLV - 11	SLV - 12	SLV - 13	SLV - 14	SLV - 15	SLV - 16
<b>PP</b>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
<b>Pcop</b>	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
<b>SP.sx</b>	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
<b>SP.dx</b>	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
<b>Qd_sx</b>	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
<b>Qd_dx</b>	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
<b>SQ.sx</b>	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
<b>SQ.dx</b>	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
<b>ΔS.h sx</b>	1.0	0.0	1.0	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0
<b>ΔS.h dx</b>	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.3	0.0	0.3
<b>ΔS.v</b>	-0.3	0.3	0.3	0.3	-1.0	-1.0	1.0	1.0	-0.3	-0.3	0.3	0.3	-1.0	-1.0	1.0	1.0
<b>I.h</b>	1.0	-1.0	1.0	-1.0	0.3	-0.3	0.3	-0.3	-1.0	1.0	-1.0	1.0	-0.3	0.3	-0.3	0.3
<b>I.v</b>	-0.3	-0.3	0.3	0.3	-1.0	-1.0	1.0	1.0	0.3	0.3	-0.3	-0.3	1.0	1.0	-1.0	-1.0

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 004	REV. A	FOGLIO 30 di 100

Per la verifica agli stati limite in condizioni sismiche (SLV e SLD) si è adottato il metodo pseudostatico, calcolando i coefficienti sismici orizzontale e verticale in analogia con quanto indicato dalla normativa (DM 17/1/2018) per i muri di sostegno:

$$k_h = \beta_m \cdot \left( \frac{a_{max}}{g} \right)$$

$$k_v = \pm \frac{1}{2} \cdot k_h$$

dove:

- $a_{max}$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito,
- $\beta_m$  è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima assunto pari a 1.

Per il calcolo delle sollecitazioni si è adottato il metodo delle reazioni iperstatiche attraverso una modellazione numerica ad elementi finiti monodimensionali. Si è utilizzato il codice di calcolo SAP2000 (versione 15). Si considera una sezione di galleria di lunghezza unitaria definendo per la struttura un modello costituito da conci monodimensionali (elementi beam). Gli spessori delle diverse aste sono variabili secondo l'elemento strutturale considerato (calotta, piedritto, arco rovescio). L'interazione tra il terreno e la struttura è simulata attraverso elementi elastici radiali: la rigidezza di tali supporti è calcolata secondo le seguenti formulazioni:

$$k = \frac{E'}{R_{eq} \cdot (1+\nu)} \cdot i \quad (\text{per i tratti curvilinei})$$

$$k = \frac{E'}{B \cdot (1-\nu^2)} \cdot i \quad (\text{per tratti rettilinei})$$

dove:

- $R_{eq}$  è il raggio di curvatura equivalente dell'anello;
- $B$  è la lunghezza del tratto rettilineo di carpenteria;
- $i$  è l'interasse tra le bielle;
- $\nu$  ed  $E'$  il coefficiente di Poisson ed il modulo elastico del mezzo al contorno rispettivamente;

## 11 VERIFICA DELLE OPERE DELL'IMBOCCO DELLA FINESTRA MONTE STRETTO

### 11.1 Opere di sostegno

Sono state verificate le seguenti sezioni:

- sez. 1: paratia frontale H=14.5m;

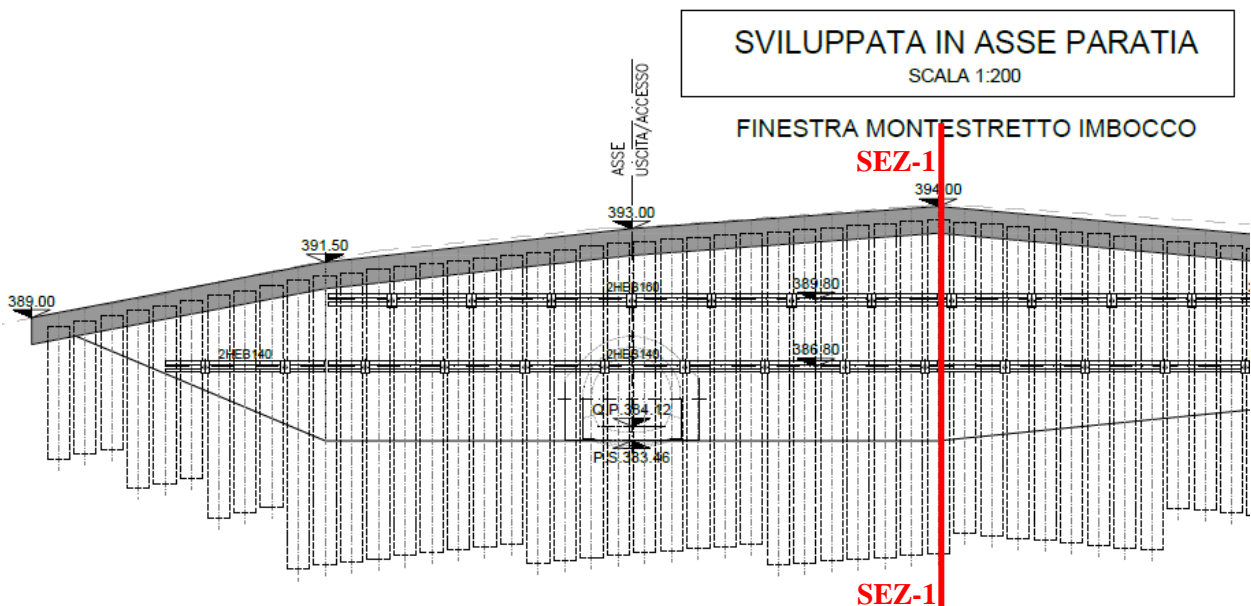


Figura 9: Sviluppo paratia con indicazione sezioni di calcolo

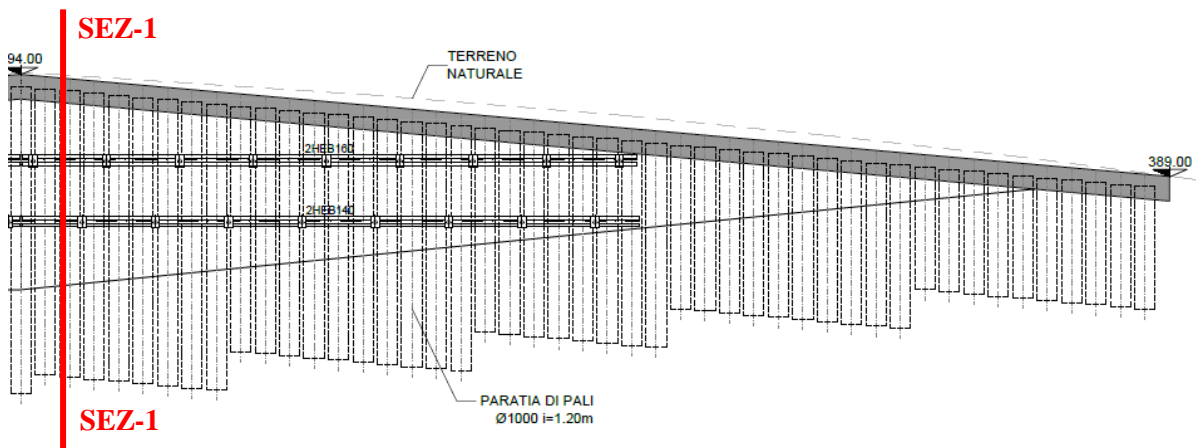


Figura 10: Sviluppo paratia con indicazione sezioni di calcolo

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
	U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 004	REV. A

### 11.1.1 Sezione 1: paratia frontale H=14.5m

Sono di seguito descritti il modello geotecnico e le principali caratteristiche dell'opera strutturale adottate nelle analisi di verifica.



Figura 11: Sezione 1 – paratia frontale H=14.5m

#### 11.1.1.1 Geometria e parametri geotecnici del modello

Tabella 4 – Sezione 1 – Caratteristiche geometriche della sezione di calcolo

Tipologia struttura di sostegno	Pali $\Phi 1000$ mm ad interasse 1.2 m, calcestruzzo C25/30 Travi di ripartizione: coppia di HEB 140/160 in acciaio S275R Tiranti a trefoli (3) in acciaio armonico
Altezza totale paratia	$H_{tot} = 14.5$ m
Altezza di scavo	$H = 9.5$ m
Altezza di scavo di calcolo (DM 2018 § 6.5.2.2)	$H_1 = H + \min [0.5; 10\% (12.5-9)] = 0.35$ m
Ordini di tiranti ( $n^\circ$ )	2



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
	U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 004	REV. A

Passo orizzontale tiranti	3.6 m
Passo verticale dei tiranti	3 m
Inclinazione del piano campagna a monte	Inferiore a 10° (categoria topografica T1)
Inclinazione del piano campagna a valle	0°
Sovraccarichi permanenti a monte	Variabili per simulare il versante (da 0 a 204 kPa)
Sovraccarichi permanenti a valle	nessuno
Sovraccarichi variabili a monte	q = 20 kPa
Sovraccarichi variabili a valle	nessuno

**Tabella 5 – Sezione 1 – Parametri geotecnici di calcolo - TRV**

Terreno	Gruppo coeff. parziali	Condizione	$\gamma$	$c_d$	$\varphi'_d$	$\delta_{attiva}$	$\delta_{passiva}$	$E'$	$E'_{ur}$	$k_o$	$K_{ah}$	$K_{ph}$
			(kN/m <sup>3</sup> )	(kPa)	(°)	(°)	(°)	(MPa)	(MPa)	(-)	(-)	(-)
TRV	M1	SLU	21	30	22	15	15	67-102-135	67-102-135	0.63	0.392	2.879
		SLV					0				0.4339	2.019
	M2	SLU		24	18	12	0			0.69	0.4649	2.3135
		SLV		-	-	-					-	
$\gamma$ = peso dell'unità di volume												
$c'_d$ = coesione efficace (valore di calcolo)												
$\varphi'_d$ = angolo di resistenza al taglio (valore di calcolo)												
$\delta$ = angolo d'attrito struttura/terreno												
$E'$ = modulo di Young												
$E'_{ur}$ = modulo di Young (scarico/ricarico)												
$k_o$ = coefficiente di spinta a riposo												
$K_a$ = coefficiente di spinta attiva												
$K_p$ = coefficiente di resistenza passiva												

**Tabella 6 – Sezione 1 – Parametri per il calcolo dell'azione sismica**

Terreno	Condizione	Categoria sottosuolo	Categoria topografica	$a_g/g$	S	$a_{max}/g$	$\alpha$	$u_s$	$\beta$	$K_h$
		(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(m)	(-)	(-)
TRV	SLV	C	T1	0.0794	1.50	0.1191	0.829	0.073	0.56	0.0556

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 004	REV. A	FOGLIO 34 di 100

$\alpha$  = coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 del DM 17/01/2018)  
 $u_s$  = spostamento ammissibile  
 $\beta$  = coefficiente di spostamento (Figura 7.11.3 del DM 17/01/2018)  
 $k_h$  = coefficiente sismico

### 11.1.1.2 Fasi di calcolo

L'analisi è articolata nelle seguenti fasi:

- a. Condizione geostatica e carico permanente del versante lato monte;
- b. Esecuzione della paratia di pali;
- c. Successivi step di scavo e di installazione dei tiranti a trefoli;
- d. Scavo fino alla quota relativa al fondo scavo;
- e. Applicazione dell'azione sismica in corrispondenza della quota di fondo scavo;

### 11.1.1.3 Risultati delle analisi e verifiche

I risultati delle analisi sono di seguito descritti ed illustrati.

#### 1) Verifica del complesso opera-terreno

La verifica è finalizzata a garantire il corretto dimensionamento dell'opera con particolare riferimento alla profondità di infissione della paratia, sia in condizioni statiche (SLU) che sismiche (SLV). A tale scopo, nei prospetti che seguono, sono riportati gli output in termini di deformata dell'opera.

Per entrambi gli stati limite considerati, la profondità di infissione dell'opera di sostegno garantisce uno spostamento nullo al piede.

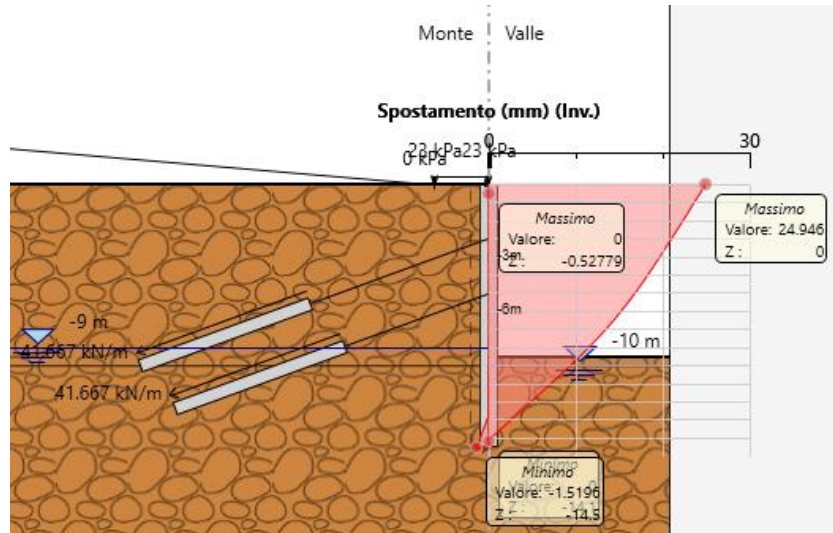


Figura 12 – Sezione 1 – involucro della deformata dell’opera (SLU) nei vari step di calcolo

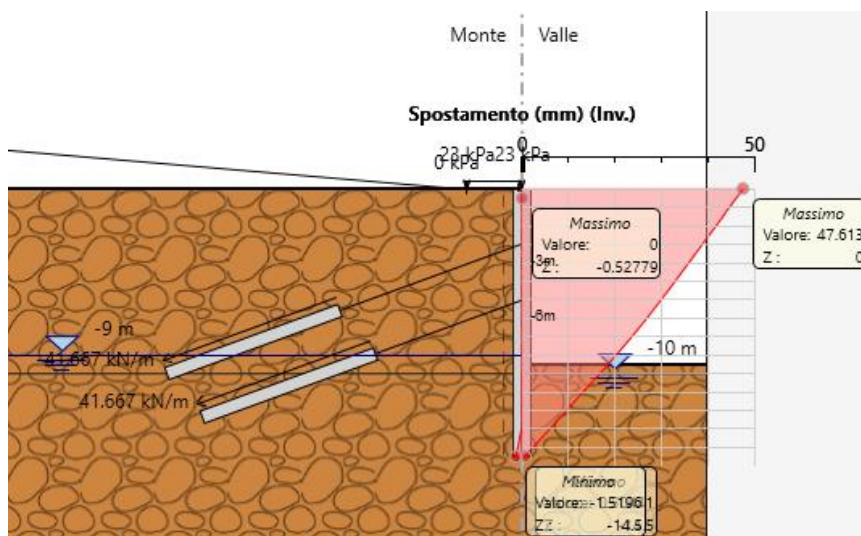


Figura 13 – Sezione 1 – involucro della deformata dell’opera (SLV) nei vari step di calcolo

## 2) Verifica collasso complesso opera- terreno

Per la verifica di collasso del complesso opera-terreno è stato definito un modello di calcolo all’interno del quale sono state imposte delle proprietà geomeccaniche dei terreni ridotte con i coefficienti parziali M2. Nel modello sono state imposte le stesse fasi esecutive riportate precedentemente.

La convergenza di tale calcolo indica che la lunghezza assunta per i pali è sufficiente affinché non si inneschi un movimento di rotazione intorno al piede del palo stesso.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
	U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 004	REV. A

### 3) Verifica dei tiranti

Nei prospetti che seguono, per ciascun ordine di tiranti, sono riportate le principali caratteristiche geometriche e strutturali e gli involucri dell'azione assiale in combinazione statica e sismica.

Si sottolinea che la lunghezza libera del tirante è da intendersi comprensiva dell'incremento valutato in condizioni sismiche secondo la formulazione proposta dal D.M. 17/01/2018 nel §7.11.6.4 in funzione della massima accelerazione sismica di progetto.

**Tabella 7 – Sezione 1 – caratteristiche geometriche dei tiranti**

Ordine tirante	i	Quota da testa paratia	L <sub>libera min statica</sub>	L <sub>libera min sismica</sub>	n° trefoli	L <sub>libera di progetto</sub>	L <sub>fondazione</sub>	L <sub>totale</sub>	T <sub>iniz</sub>
[-]	[°]	[m]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[m]	[kN]
I	20	3	8.7	10.2	3	10.5	10	20.5	150
II	20	6	6.9	8.2	3	8.5	10	18.5	150

**Tabella 8 – Sezione 1 – caratteristiche meccaniche dei tiranti**

Altezza totale della paratia	H <sub>paratia</sub>	14.5	m
Spessore della paratia (Φ perforazione)	S <sub>paratia</sub>	1.0	m
Altezza massima di scavo	H <sub>scavo</sub>	9.5	m
Altezza di infissione della paratia	H <sub>infissione</sub>	5	m
Profondità della falda da testa paratia	Z <sub>falda</sub>	4.2	m

N° ordini di tiranti	n° tiranti	2	-
Tipologia tiranti	Temporanei		
Coefficiente parziale per resistenza a sfilamento	γ <sub>R</sub>	1.2	-
Area del singolo trefolo	A <sub>trefolo</sub>	1.39	cm <sup>2</sup>
Diametro del singolo trefolo	Φ <sub>trefolo</sub>	15.2	mm
Tensione caratteristica di rottura	f <sub>ptk</sub>	1860	N/mm <sup>2</sup>
Tensione caratteristica all'1% di deformazione totale	f <sub>p(1)k</sub>	1670	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente parziale condizioni permanenti e transitorie	γ <sub>S</sub>	1.15	-
Tensione di calcolo acciaio (condizioni permanenti e transitorie)	f <sub>yd</sub>	1452.17	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente parziale condizioni eccezionali	γ <sub>S</sub>	1.00	-
Tensione di calcolo acciaio (condizioni eccezionali)	f <sub>yd</sub>	1670	N/mm <sup>2</sup>
Forza di trazione a rottura dell'acciaio (singolo trefolo)	F <sub>pk</sub>	232.13	kN/trefolo
Verifica rapporto di duttilità f <sub>ptk</sub> /f <sub>p(1)k</sub> ≥ 1,1	f <sub>ptk</sub> /f <sub>p(1)k</sub>	1.11	-
Resistenza di progetto del singolo trefolo (condizioni ordinarie)	R <sub>ad</sub>	201.85	kN/trefolo
Resistenza di progetto del singolo trefolo (condizioni eccezionali)	R <sub>ad</sub>	232.13	kN/trefolo

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
	U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 004	REV. A

Tensione limite (in esercizio e in fase di tesatura)	$\sigma_{spi}$	1395	N/mm <sup>2</sup>
Trazione limite per il singolo trefolo	$N_{q,amm}$	193.91	kN/trefolo
Numero di verticali di indagine	$n^{\circ}_{sondaggi}$	1	-
Fattore di correlazione per la resistenza caratteristica	$\xi_{a,3}$	1.8	-
Resistenza cubica caratteristica della malta	$R_{ck}$	30	MPa
Resistenza a trazione semplice della malta	$f_{ctm}$	2.56	MPa
Coefficiente parziale di sicurezza della malta	$\gamma_c$	1.5	-
Tensione limite di aderenza trefoli-malta	$\tau_{tm}$	1.2	MPa
Tasso nominale di esercizio del singolo trefolo	$S_{e,es}$	1336	MPa
Tiro massimo iniziale del sigolo trefolo	$T_0$	120	kN/trefolo

#### Verifica a sfilamento della fondazione dei tiranti

Per la verifica a sfilamento della fondazione dei tiranti, in considerazione della tecnologia realizzativa e delle caratteristiche geotecniche del mezzo al contorno, la resistenza caratteristica a sfilamento all'interfaccia bulbo di ancoraggio – terreno è stata valutata secondo le indicazioni di Bustamante e Doix (1985) e Viggiani (1999).

La resistenza a sfilamento di progetto è determinata attraverso la seguente relazione:

$$N_{R,ad} = \frac{N_{R,ak}}{\gamma_{Ra,p}} = \frac{\pi \cdot D_p \cdot \alpha \cdot \tau_{ak} \cdot L_a}{\gamma_{Ra,p} \cdot \xi}$$

dove:

- $N_{R,ad}$  è la resistenza a sfilamento di progetto dell'interfaccia bulbo di fondazione-terreno;
- $D_p$  è il diametro di perforazione della fondazione del tirante;
- $\alpha$  è un coefficiente correttivo che tiene conto della tecnologia realizzativa dell'ancoraggio e del contesto geotecnico (Viggiani, '99);
- $\tau_{ak}$  è la tensione resistente a sfilamento caratteristica dell'interfaccia bulbo di fondazione-terreno;
- $L_a$  è la lunghezza della fondazione del tirante;
- $\gamma_{Ra,p}$  è il coefficiente parziale per la resistenza degli ancoraggi (R3); a favore di sicurezza si considera il valore del coefficiente parziale relativo agli ancoraggi permanenti;
- $\xi$  è un fattore di correlazione che dipende dal numero di profili di indagine geotecnica disponibili per la determinazione della resistenza caratteristica  $\tau_{ak}$ .

La verifica viene condotta nel rispetto della seguente disuguaglianza:

$$N_{R,ad} \geq N_{S,d}$$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
	U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 004	REV. A

dove  $N_{S,d}$  rappresenta il valore dell'azione sollecitante sui tiranti.

Nella tabella che segue è riassunto il calcolo per la determinazione di  $N_{R,ad}$  per le verifiche dei diversi ordini di tiranti e l'esito della verifica, che risulta sempre soddisfatta.

**Tabella 9 – Sezione 2 – verifiche Geotecniche della fondazione dei tiranti – condizioni statiche**

Ordine Tirante	$D_p$	$\alpha$	$\tau_{ok}$	$L_a$	$\gamma_{Ra,p}$	$\xi$	$N_{R,ad}$	Condiz.	$N_{S,d}$	$R_d / E_d$
[-]	[mm]	[-]	[kPa]	[m]	[-]	[-]	kN	[-]	[kN]	[-]
1	160	1.2	150	10	1.2	1.8	418.7	Inviluppo SLU	314.5	1.33
2	160	1.2	150	10	1.2	1.8	418.7	Inviluppo SLU	270.3	1.55

**Tabella 10 – Sezione 1 – verifiche Geotecniche della fondazione dei tiranti – condizioni sismiche**

Ordine Tirante	$D_p$	$\alpha$	$\tau_{ok}$	$L_a$	$\gamma_{Ra,p}$	$\xi$	$N_{R,ad}$	Condiz.	$N_{S,d}$	$R_d / E_d$
[-]	[mm]	[-]	[kPa]	[m]	[-]	[-]	kN	[-]	[kN]	[-]
1	160	1.2	150	10	1.2	1.8	418.7	Inviluppo SLV	332.1	1.26
2	160	1.2	150	10	1.2	1.8	418.7	Inviluppo SLV	284.2	1.47

### Verifica strutturale dei tiranti

La resistenza a trazione di calcolo dei tiranti è valutata secondo la seguente relazione:

$$N_{R,pd} = \frac{f_{p(1)k} \cdot A_{tr} \cdot n_{tr}}{\gamma_s}$$

dove

$f_{p(1)k}$  è la resistenza elastica dell'acciaio armonico alla deformazione dell'1%;

$A_{tr}$  è l'area del singolo trefolo;

$n_{tr}$  è il numero di trefoli per tirante;

$\gamma_s$  è il coefficiente parziale dell'acciaio.

La verifica viene condotta nel rispetto della seguente disuguaglianza:

$$N_{R,pd} \geq N_{S,d}$$

Nella tabella che segue è riassunto il calcolo per la determinazione di  $N_{R,pd}$  per le verifiche strutturali dei differenti ordini di tiranti e l'esito della verifica, che risulta sempre soddisfatta.

**Tabella 11 – Sezione 1 – Verifiche strutturali dell'armatura dei tiranti – condizioni statiche**

Ordine Tirante	$f_{p(1)k}$	$A_{tr}$	$n_{tr}$	$\gamma_s$	$N_{R,pd}$	Condiz.	$N_{S,d}$	$R_d / E_d$
----------------	-------------	----------	----------	------------	------------	---------	-----------	-------------



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
	U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 004	REV. A

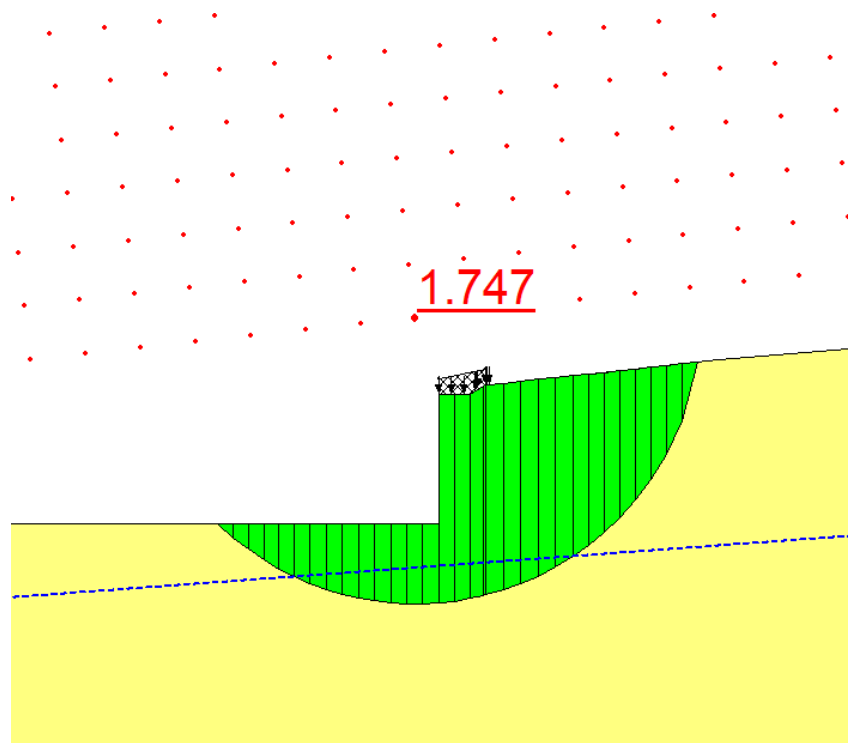
C	T1	0.0794	1.5	1.0	0.1191	0.38	0.0453	0.0226
---	----	--------	-----	-----	--------	------	--------	--------

I risultati delle analisi, espressi in termini di rapporto tra  $R_d$  ed  $E_d$ , sono riportati nella tabella seguente.

**Tabella 11: Sezione 1 – sintesi dei risultati delle analisi di stabilità**

<i>Combinazione</i>	$R_d / E_d$
“SLU” - globale	1.747
“SLV” - globale	1.973

Nelle figure seguenti sono rappresentate le superfici di scorrimento critiche a cui corrisponde il minor grado di sovrarresistenza (per le verifiche sismiche si riporta il caso più sfavorevole per la direzione del coefficiente sismico verticale, cfr. 11).



**Figura 14 – Sezione 1 – superficie di scorrimento critica – condizioni statiche globali**



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
	U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 004	REV. A

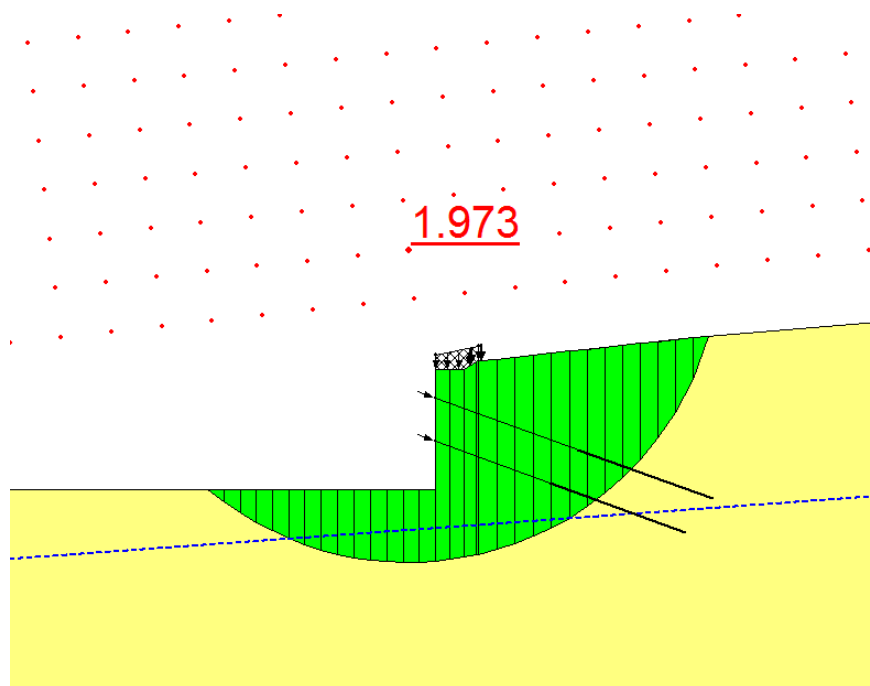


Figura 15 – Sezione 1 – superficie di scorrimento critica – condizioni sismiche globali

5) Verifica resistenza strutturale dei pali della paratia

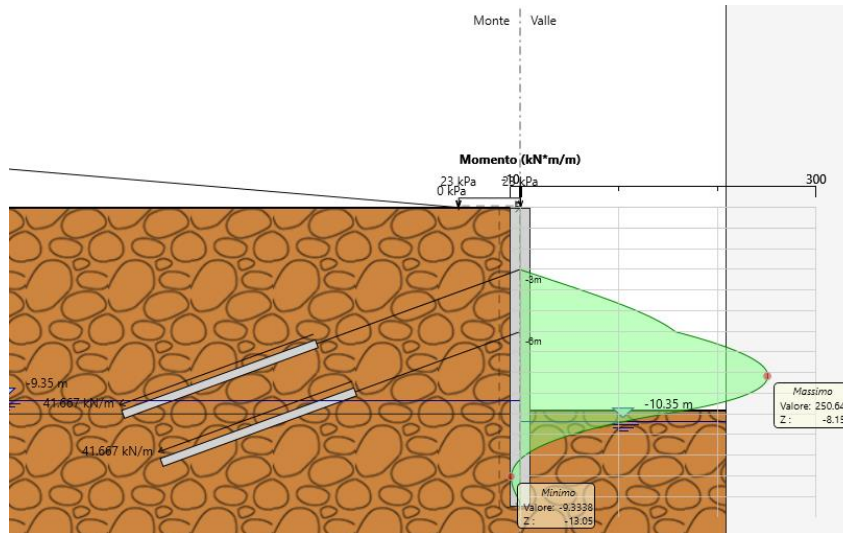
Nei prospetti che seguono, per le combinazioni STR statica e sismica, si riportano gli andamenti delle caratteristiche della sollecitazione sulla paratia di pali per tutte le fasi di calcolo ed i valori delle sollecitazioni massime, utilizzate per le verifiche strutturali.

Tabella 13 – Sezione 1 – Sollecitazioni SLU, SLE, e SLV

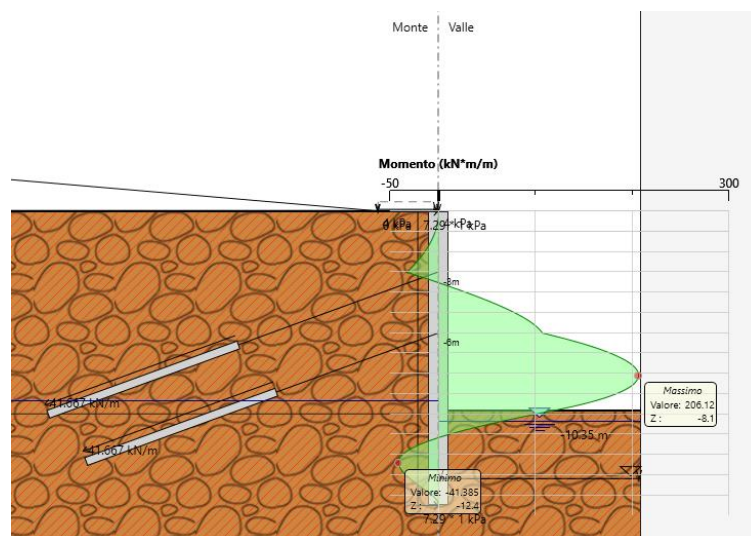
<i>Condizione</i>	<i>Fase di calcolo</i>	<i>Soll. Max.</i>	<i>Quota</i>	$M_{Sd}$	$T_{Sd}$	$N_{Sd}$
<i>[-]</i>	<i>[-]</i>	<i>[-]</i>	<i>[m]</i>	<i>[kNm/m]</i>	<i>[kN/m]</i>	<i>[kN/m]</i>
SLU	Inviluppo	Momento	-8.15	325.83	100.15	160.02
	Inviluppo	Taglio	-9.85	209.29	154.64	193.40
SLE	Inviluppo	Momento	-8.15	250.64	77.04	166.90
SLV	Sisma_STR	Momento	-8.1	206.12	2.37	159.04
	Sisma_STR	Taglio	-9.8	120.39	106.49	192.42

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	42 di 100



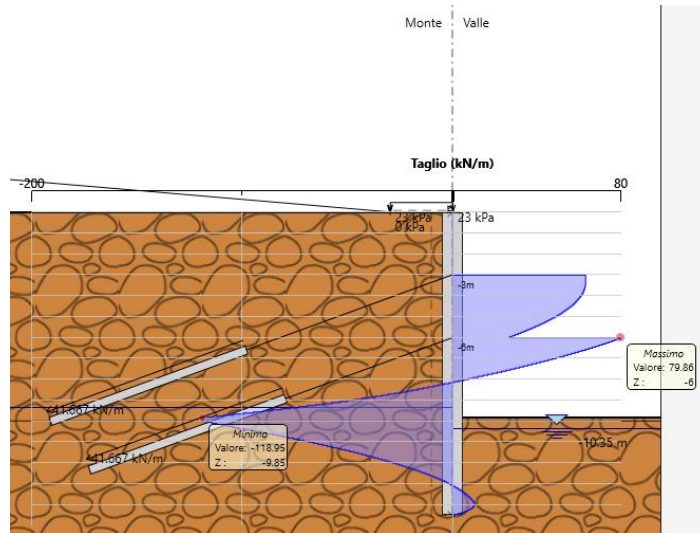
**Figura 16 – Sezione 1 – momento flettente statico agente nei pali (SLE)**



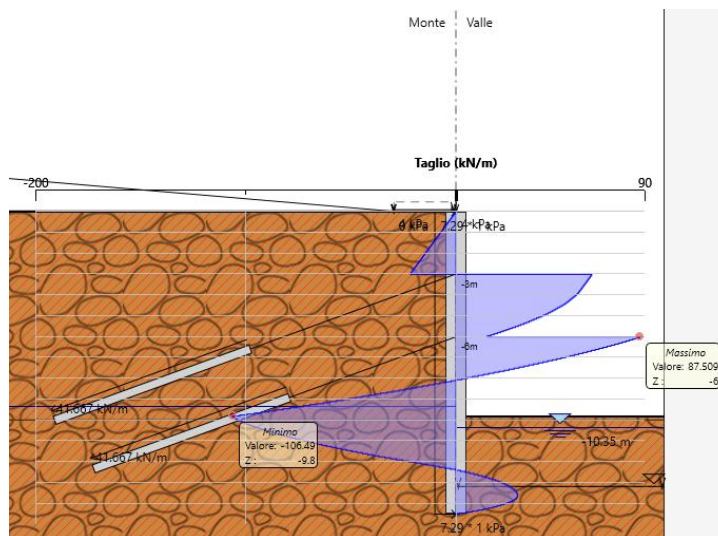
**Figura 17 – Sezione 1 – momento flettente sismico agente nei pali (SLV)**

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	43 di 100



**Figura 18 – Sezione 1 – taglio statico agente nei pali (SLE)**



**Figura 19 – Sezione 1 – taglio sismico agente nei pali (SLV)**

Le sollecitazioni più gravose sono quelle derivanti dall'analisi statica SLU. I valori di taglio e momento flettente esposti nella tabella precedente devono essere moltiplicati per l'interasse tra i pali così da ottenere la sollecitazione agente sul singolo palo.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
	U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 004	REV. A

**Tabella 14 – Sezione 1 – materiali strutturali e geometria di verifica**

MATERIALI					
Calcestruzzo			Acciaio		
R <sub>ck</sub>	30	Mpa	f <sub>yk</sub>	450	Mpa
f <sub>ck</sub>	25	Mpa	E <sub>s</sub>	200000	Mpa
E <sub>cm</sub>	31000	Mpa	γ <sub>c</sub>	1.15	-
γ <sub>c</sub>	1.5	-	f <sub>yd</sub>	391.3	Mpa
α <sub>cc</sub>	0.85	-	ε <sub>uk</sub>	75	‰
f <sub>cd</sub>	14.1	Mpa			
f <sub>ctm</sub>	2.6	MPa			
ν	0.5	-			
ε <sub>c2</sub>	2	‰			
ε <sub>cu2</sub>	3.5	‰			
α <sub>e</sub>	15.0	-			
k <sub>t</sub>	0.4	-			
k <sub>1</sub>	0.8	-	<b>Valori limite</b>		
k <sub>2</sub>	0.5	-	0,45 f <sub>ck</sub>	<b>11.2</b>	Mpa
k <sub>3</sub>	1.68	-	0,8 f <sub>yk</sub>	<b>360</b>	Mpa
k <sub>4</sub>	0.425	-	W <sub>k,lim</sub>	<b>0.3</b>	mm

GEOMETRIA			
Sezione trasversale			
D	100	cm	
d	91.8	cm	
Armatura longitudinale			
n <sub>barre</sub>	Φ	c	A <sub>sl</sub>
	mm	mm	cm <sup>2</sup>
16	20	72	50.27
	0	164	0.00
Armatura a taglio			
tipo	Φ	passo	c
	mm	cm	mm
Spirale	12	30	60

**Tabella 15 – Sezione 1 – verifica combinazione Mmax e Tmax**

VERIFICA A TAGLIO - SLU					
α	90	°	M <sub>Ed</sub>	<b>251.14</b>	kNm
A <sub>sw</sub>	226.2	mm <sup>2</sup>	N <sub>ed</sub>	<b>193.40</b>	kN
r	500.0	mm	V <sub>ed</sub>	<b>185.56</b>	kN
r <sub>s</sub>	440.0	mm	M <sub>Rd</sub>	<b>842</b>	kNm
α	0.6	rad			
A <sub>tot</sub>	785398.2	mm <sup>2</sup>	V <sub>Rd</sub>	341.6	kN
A	657377.9	mm <sup>2</sup>	FS	1.84	-
b	842.7	mm	<i>Non necessita di armatura a taglio</i>		
h	932.0	mm			
d	780.1	mm	cotθ	2.5	-
γ <sub>c</sub>	1.5	-			

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE  
STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI  
CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	45 di 100

$\sigma_{cp}$	0.2	kPa	$V_{Rsd}$	517.9	kN
$\rho_l$	0.8	%	FS	2.79	-
k	1.5	-	$V_{Rcd}$	1439.3	kN
$v_{min}$	0.3	-	FS	7.76	-
$\alpha_c$	1.0	-			

VERIFICA A TAGLIO - SLV					
$\alpha$	90	°	$M_{Ed}$	127.79	kNm
$A_{sw}$	226.2	mm <sup>2</sup>	$N_{ed}$	192.42	kN
r	500.0	mm	$V_{ed}$	144.47	kN
$r_s$	440.0	mm	$M_{Rd}$	842	kNm
$\alpha$	0.6	rad			
$A_{tot}$	785398.2	mm <sup>2</sup>	$V_{Rd}$	341.6	kN
A	657377.9	mm <sup>2</sup>	FS	2.36	-
b	842.7	mm	<i>Non necessita di armatura a taglio</i>		
h	932.0	mm			
d	780.1	mm	cot $\theta$	2.5	-
$\gamma_c$	1.5	-			
$\sigma_{cp}$	0.2	kPa	$V_{Rsd}$	517.9	kN
$\rho_l$	0.8	%	FS	3.58	-
k	1.5	-	$V_{Rcd}$	1439.3	kN
$v_{min}$	0.3	-	FS	9.96	-
$\alpha_c$	1.0	-			

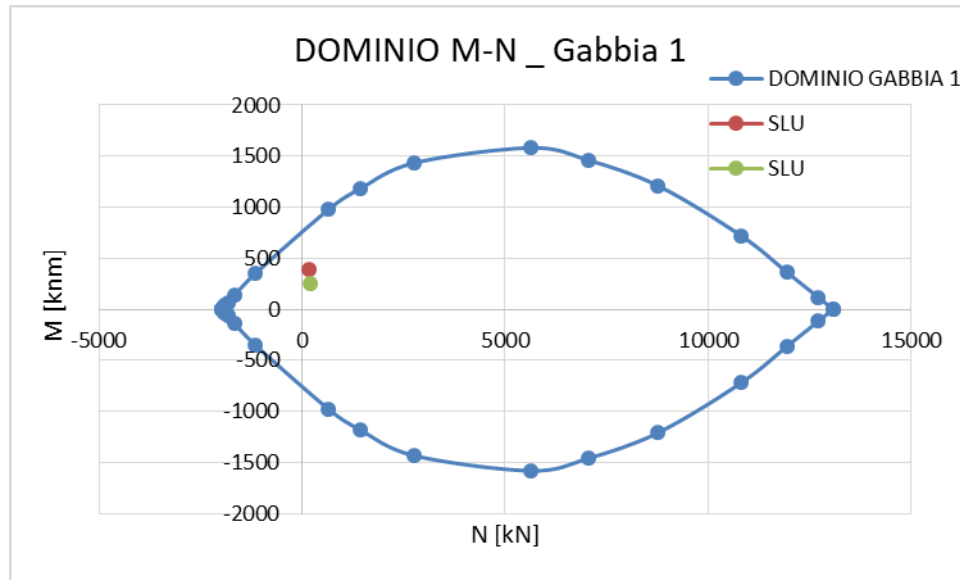


Figura 20 – Dominio M-N - SLU

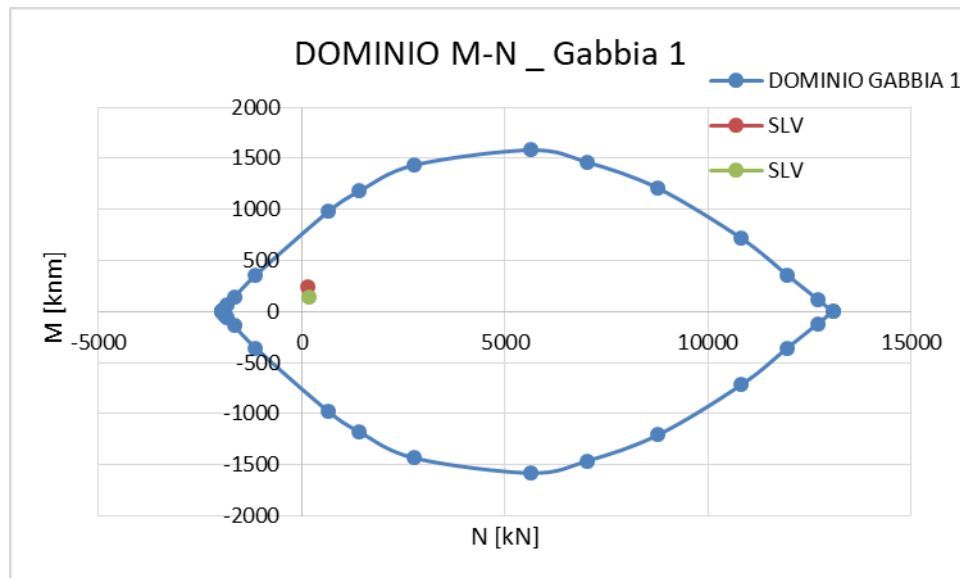


Figura 21 – Dominio M-N - SLV

Le verifiche strutturali sono pertanto tutte soddisfatte. Per la sezione in esame l'incidenza è di  $72 \text{ kg/m}^3$ .

6) Verifica resistenza strutturale delle travi di ripartizione

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
	U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 004	REV. A

Le caratteristiche della sollecitazione sono determinate modellando gli elementi strutturali oggetto di verifica alla stregua di travi continue su più appoggi; la luce delle campate è data dall'interasse dei tiranti ed il carico, uniformemente distribuito, è determinato ripartendo le reazioni offerte dagli ancoraggi, ottenute del modello di calcolo dell'opera di sostegno. Definito  $N_{s,d}$  il massimo tiro di calcolo corrispondente all'i-esimo ordine di tiranti, il suddetto carico è così calcolato:  $q_{sd} = N_{s,d}/l$  (con l interasse tiranti).

Secondo tale modello le massime azioni di calcolo sull'elemento strutturale saranno:

$$M_{s,d} = \frac{1}{10} q_{sd} l^2$$

$$T_{s,d} = 0.6 q_{sd} l$$

**Tabella 16 – Caratteristiche trave di ripartizione – I ordine**

A1+M1	Dati da Paratie		Tipo acciaio				Profilato				
	T paratie	passo	Tipo	fyk	$\gamma M0$	fyd	Tipo e numero	Wel	Wpl	A	Av
CASO	[kN/m]	[m]	acciaio	[MPa]	[-]	[MPa]		[cm3]	[cm3]	[cm2]	[cm2]
STATICO	67.2	3.6	S275R	275	1.05	261.90	HEB160	311.5	354	54.25	17.6
SISMICO	92.24						2				

**Tabella 17 – Verifiche trave di ripartizione – I ordine**

	Azioni sollecitanti					Azioni resistenti				Verifiche	
	Msk	Vsk	$\gamma A$	Msd	Vsd	Mel rd	Mpl rd	M rd	Vpl rd	Mrd/Msd	Vrd/Vsd
CASO	[kNm]	[kN]	[-]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[-]	[-]
STATICO	43.5	60.5	1.3	56.6	78.6	81.6	92.7	92.7	266.0	1.64	3.38
SISMICO	59.8	83.0	1.0	59.8	83.0	81.6	92.7	92.7	266.0	1.55	3.20

**Tabella 18 – Caratteristiche trave di ripartizione – II ordine**

A1+M1	Dati da Paratie		Tipo acciaio				Profilato				
	T paratie	passo	Tipo	fyk	$\gamma M0$	fyd	Tipo e numero	Wel	Wpl	A	Av
CASO	[kN/m]	[m]	acciaio	[MPa]	[-]	[MPa]		[cm3]	[cm3]	[cm2]	[cm2]
STATICO	57.75	3.6	S275R	275	1.05	261.90	HEB140	215.6	245.4	42.96	13.1
SISMICO	78.94						2				

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
	U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 004	REV. A

**Tabella 19 – Verifiche trave di ripartizione – II ordine**

	Azioni sollecitanti					Azioni resistenti				Verifiche	
	Msk	Vsk	$\gamma_A$	Msd	Vsd	Mel rd	Mpl rd	M rd	Vpl rd	Mrd/Msd	Vrd/Vsd
<b>CASO</b>	[kNm]	[kN]	[-]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[-]	[-]
<b>STATICO</b>	37.4	52.0	1.3	48.6	67.6	56.5	64.3	64.3	197.8	1.32	2.71
<b>SISMICO</b>	51.2	71.0	1.0	51.2	71.0	56.5	64.3	64.3	197.8	1.26	2.78

Tutte le verifiche risultano soddisfatte.

## 11.2 Galleria artificiale

Si riporta in seguito la planimetria dell'imbocco con l'indicazione delle sezioni di studio effettuate sia per il dimensionamento delle opere che per le verifiche.

Le sezioni sono tutte trasversali all'asse della galleria. La sezione 1 è rappresentativa del dimensionamento del concio d'attacco sotto dima, la 2 della galleria artificiale, mentre la sezione 3 è considerata rappresentativa dei ritombamenti sull'imbocco.





	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 004	REV. A	FOGLIO 50 di 100

- Attacco muretta-arco rovescio: 1m\*1m
- Arco rovescio: 1m\*0.4m

La sezione 1 del concio d’attacco presenta altezze di ricoprimento a partire dalla quota in corrispondenza della muretta e arrivando fino al piano campagna:

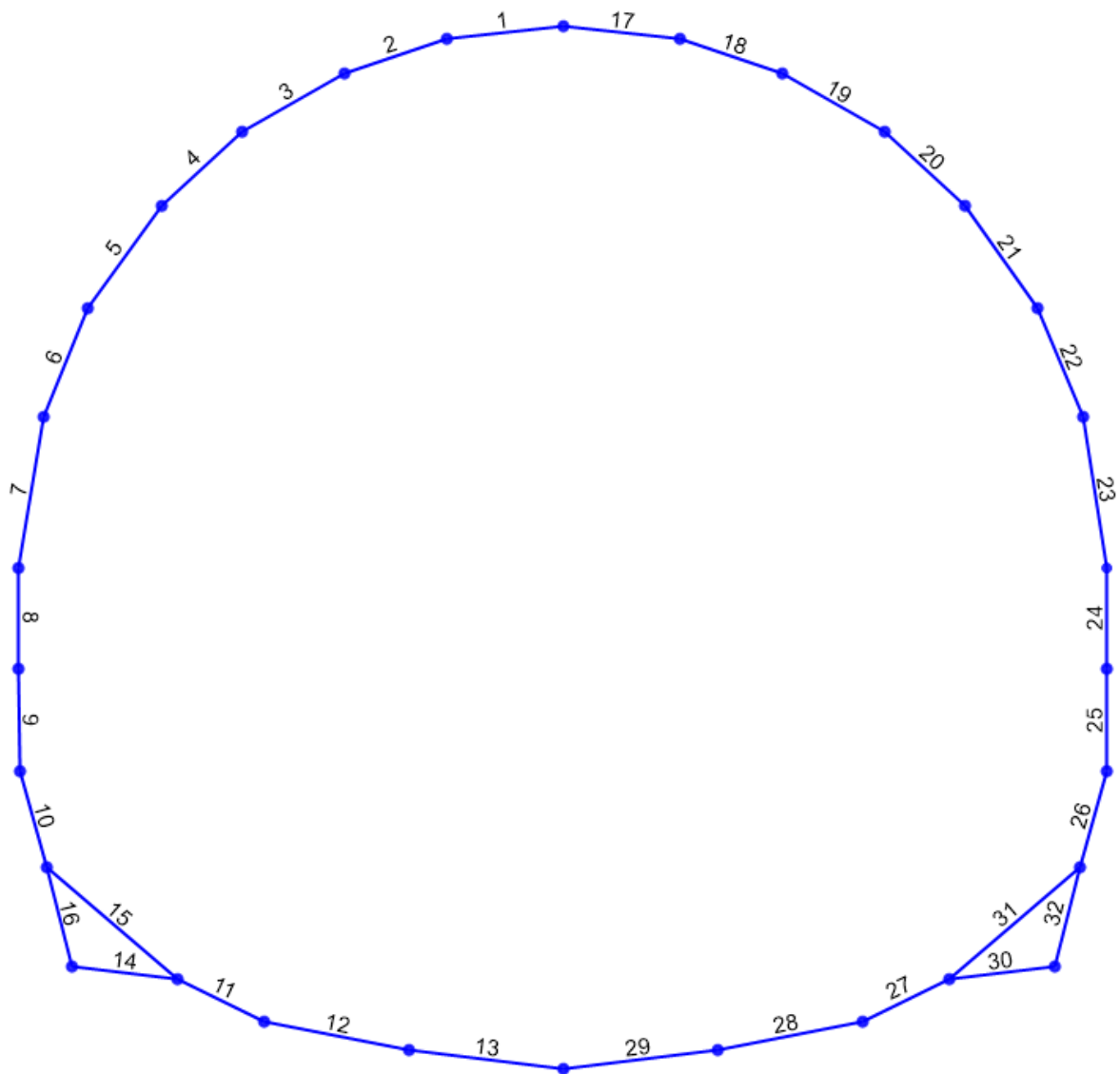
ALTEZZE DI RICOPRIMENTO	(m)
H6	10.6
H7	10.3
H8	10
H9	9.7
H10	9.1
H11	9.6
H12	10.1

Per la verifica strutturale è stato implementato un modello agli elementi finti mediante il programma SAP2000. Si è considerata una sezione di galleria di lunghezza unitaria, definendo per la struttura un modello costituito da conci monodimensionali (elementi beam). Gli spessori delle diverse aste sono variabili secondo l’elemento strutturale considerato (calotta, piedritti e arco rovescio).

Nel modello di calcolo è stata implementata la sezione di calcolo corrispondente alle condizioni più gravose sia in termini di copertura, sia in termini di caratteristiche geologiche – geotecniche.

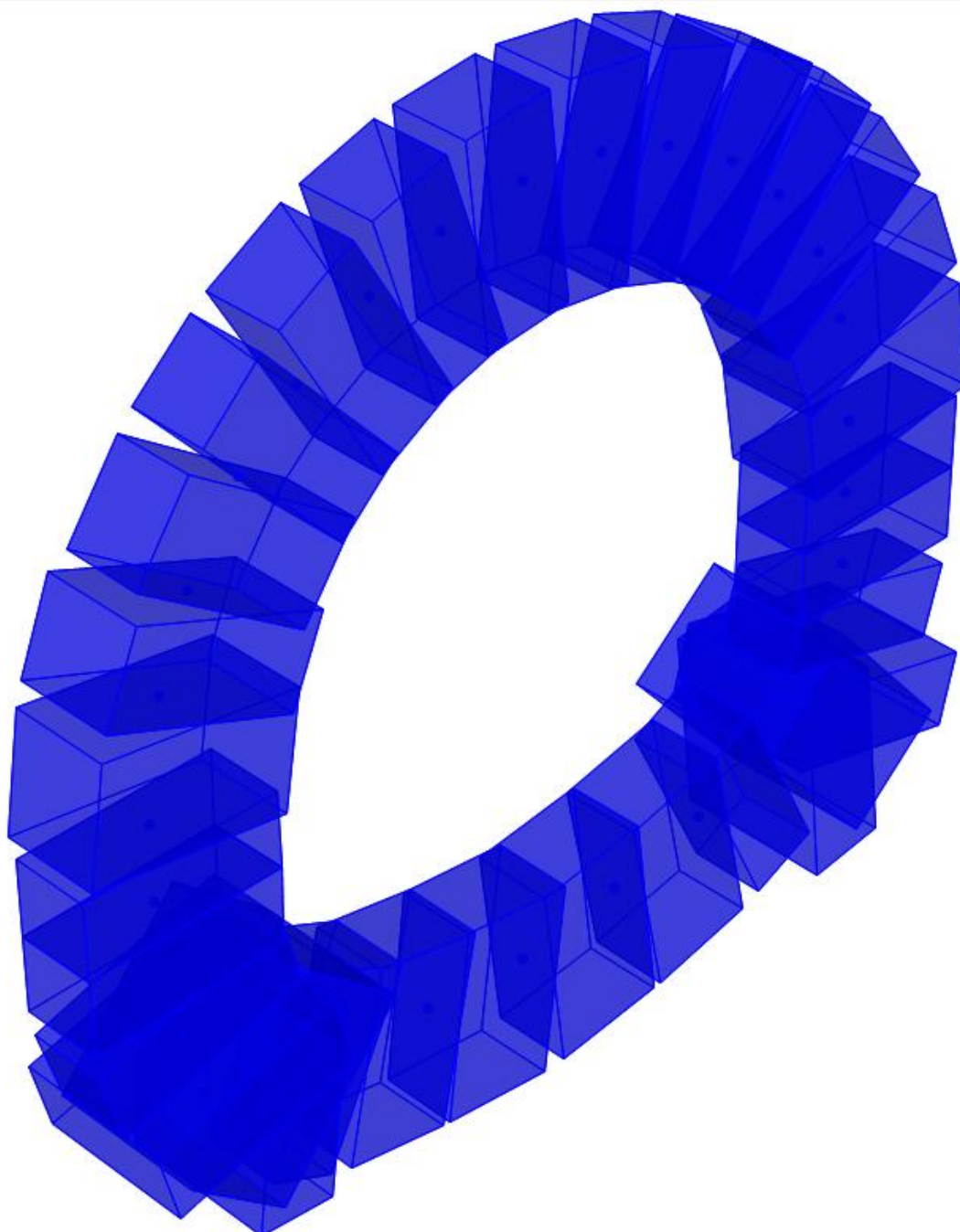
 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</p>												
<p>U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO</p>	<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>RS3U</td> <td>40</td> <td>D 07 CL</td> <td>GA 00 00 004</td> <td>A</td> <td>51 di 100</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	51 di 100
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	51 di 100								

**Modello concio d’attacco**



**Figura 22 – Schema degli elementi di calcolo agli elementi finiti del concio di attacco**

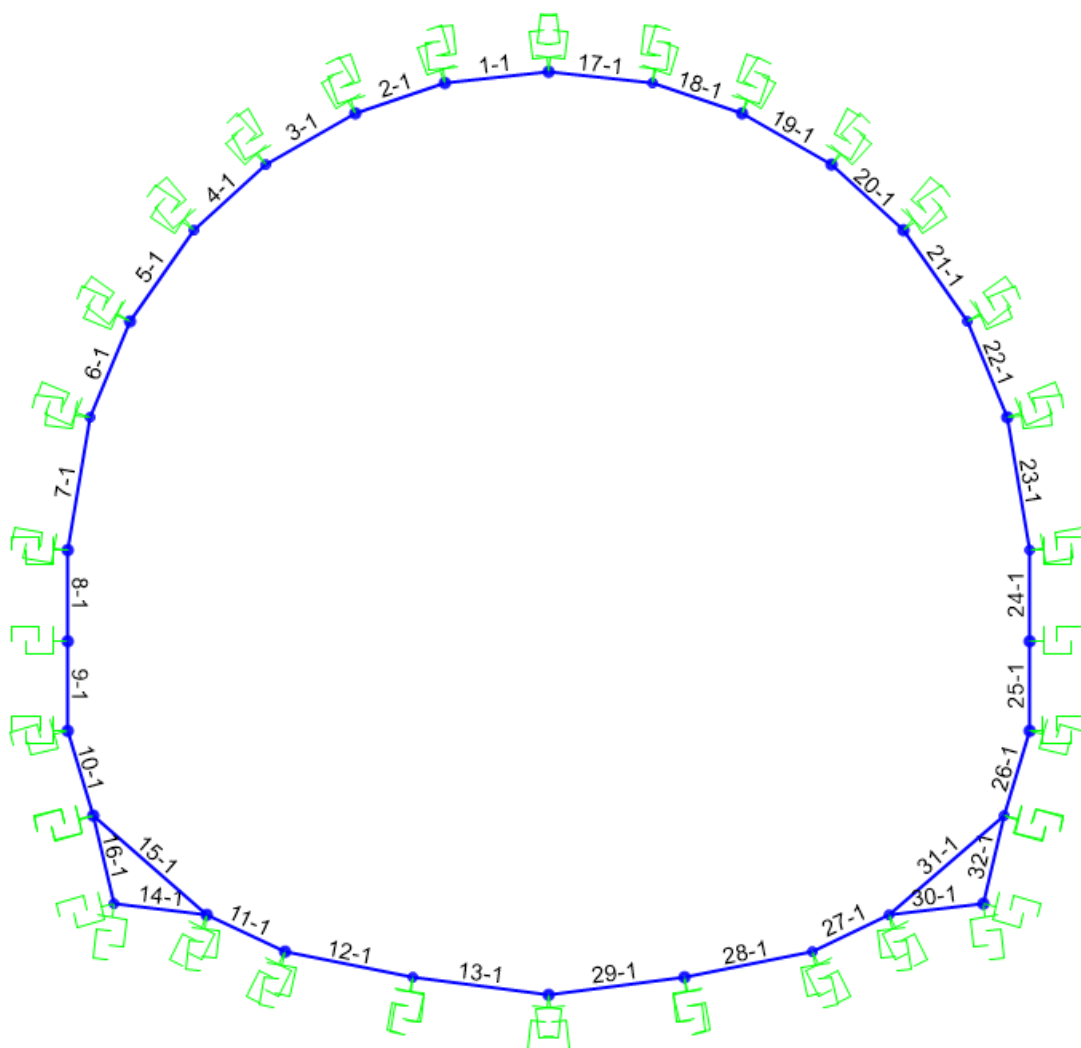
	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	<b>COMMESSA</b> RS3U	<b>LOTTO</b> 40	<b>CODIFICA</b> D 07 CL	<b>DOCUMENTO</b> GA 00 00 004	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 52 di 100



**Figura 23 – Schema tridimensionale del modello**

L'interazione tra il terreno e la struttura è simulata attraverso un vincolo elasto-plastico (elementi link frame), assegnato ai vari elementi "frame", lungo il loro sviluppo. Il vincolo applicato è di tipo non lineare in quanto rappresenta la capacità del terreno di dare una reazione solo se soggetto a compressione.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</p>												
<p>U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO</p>	<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>RS3U</td> <td>40</td> <td>D 07 CL</td> <td>GA 00 00 004</td> <td>A</td> <td>53 di 100</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	53 di 100
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	53 di 100								



**Figura 24 – Schema con le molle di calcolo**

Le molle sono calcolate con la seguente formulazione:

- ✓ per i tratti curvilinei di rivestimento

$$K_n = \frac{E}{(1 + \nu) \times R}$$

- ✓ per i tratti rettilinei del rivestimento

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b></p>												
<p>U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO</p>	<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>RS3U</td> <td>40</td> <td>D 07 CL</td> <td>GA 00 00 004</td> <td>A</td> <td>54 di 100</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	54 di 100
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	54 di 100								

$$k_n = \frac{E}{B \cdot (1 - \nu^2) \cdot I_w}$$

dove ;

- $R_{eq}$  è il raggio di curvatura del tratto di carpenteria curvilineo considerato;
- $B$  è la lunghezza del tratto di carpenterie
- $i$  è l'interasse delle bielle
- $\nu$  ed  $E$  il coefficiente di Poisson ed il modulo elastico del mezzo al contorno delle aste (terreno di fondazione, terreno di ricoprimento).

I carichi applicati al modello di calcolo sono di seguito riassunti.

**Tabella 20 – Carichi applicati al modello di calcolo**

<b>1</b>	<b>PP</b>	Dead Load (Peso della struttura)
<b>2</b>	<b>Pcop</b>	Peso in copertura
<b>3</b>	<b>SP.sx</b>	Spinta del terreno a riposo sui fianchi della galleria, da sinistra
<b>4</b>	<b>SP.dx</b>	Spinta del terreno a riposo sui fianchi della galleria, da destra
<b>5</b>	<b>Qd_sx</b>	Carichi variabili in copertura da sinistra
<b>6</b>	<b>Qd_dx</b>	Carichi variabili in copertura da destra
<b>7</b>	<b>SQ.sx</b>	Incremento di spinta orizzontale per carico variabile in copertura, da sinistra
<b>8</b>	<b>SQ.dx</b>	Incremento di spinta orizzontale per carico variabile in copertura, da destra
<b>9</b>	<b><math>\Delta S_h</math> sx</b>	Incremento di spinta sismica orizzontale del terreno sui fianchi (th.di Wood), da sinistra

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	55 di 100

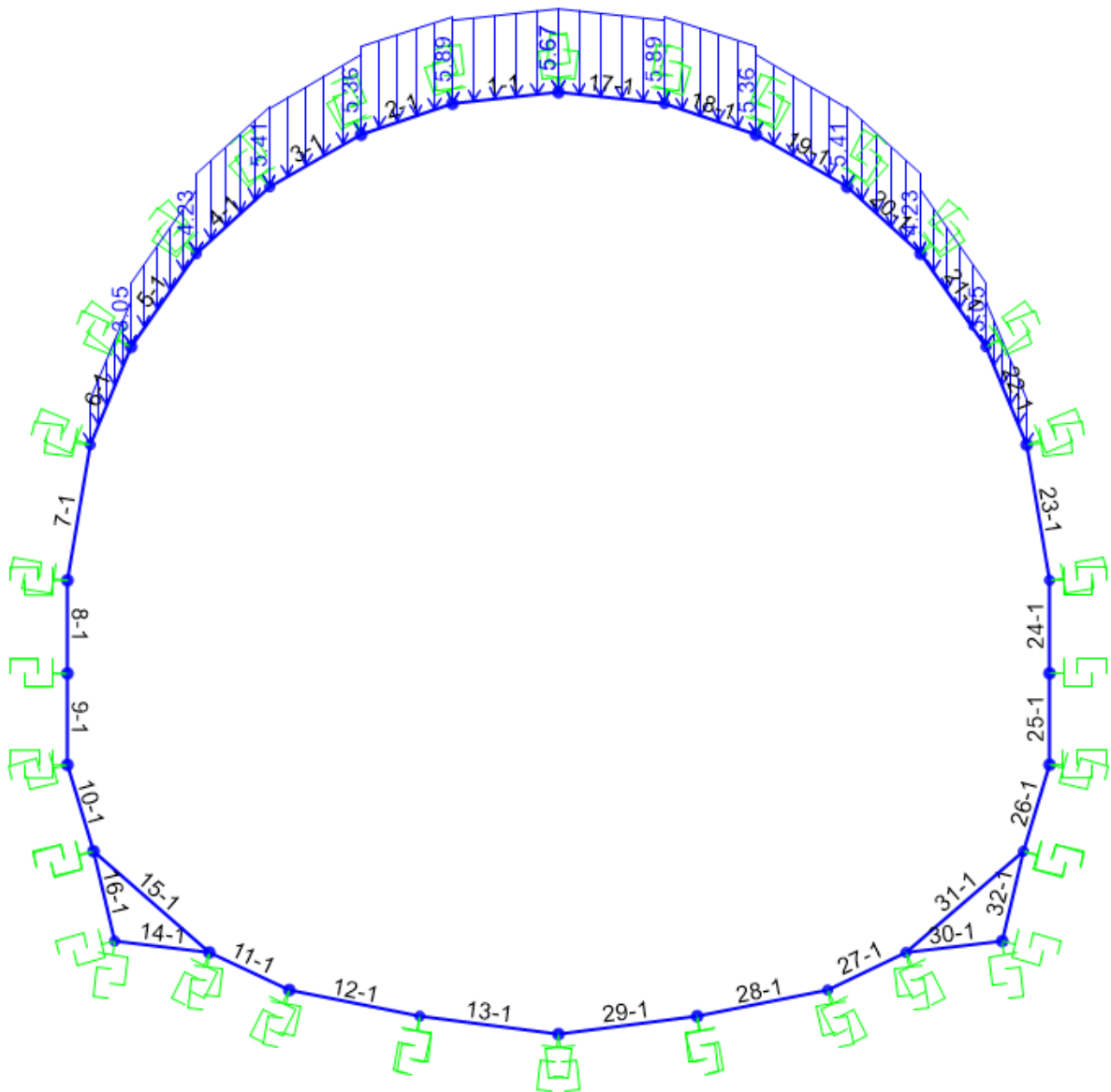
<b>10</b>	<b><math>\Delta S_{h dx}</math></b>	Incremento di spinta sismica orizzontale del terreno sui fianchi (th.di Wood), da destra
<b>11</b>	<b><math>\Delta S_{v}</math></b>	Azione sismica verticale
<b>12</b>	<b>I.h</b>	Inerzia orizzontale
<b>13</b>	<b>I.v</b>	Inerzia verticale

- Peso proprio della struttura (P.P); computato in automatico dal programma di calcolo (DEAD LOAD);
- Carico verticale P.cop (rappresentato dal terreno di ricoprimento)

$$\text{Ritomb vert} = \gamma * H_{\text{rit}} = 20 \text{ kN/m}^3 * H$$

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE  
 STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI  
 CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	56 di 100



**Figura 25 – Carico applicato: peso in copertura**

Spinte del terreno sui fianchi della galleria; la spinta è valutata considerando in peso del terreno pari a 20 kN/m<sup>3</sup>, un angolo di attrito di 30° e un coefficiente di spinta a riposo sul lato destro pari a 0.6 sul lato sinistro pari a 0.4. Il carico è stato assegnato variabile con la profondità sui due lati della struttura come mostra la figura seguente:

$$\text{Spinta del terreno} = K_o \cdot \gamma \cdot Z_{rit}$$



U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	57 di 100

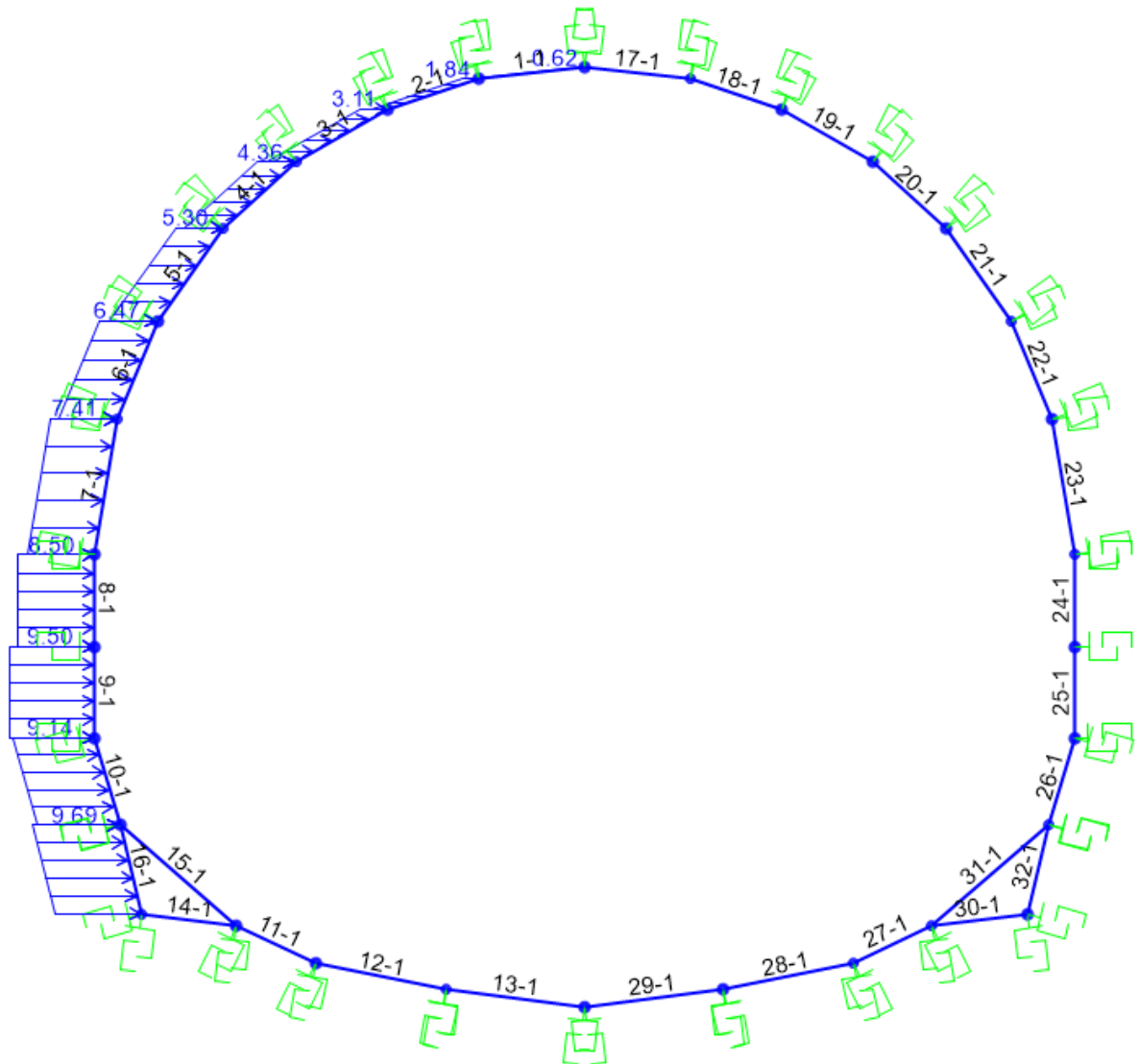
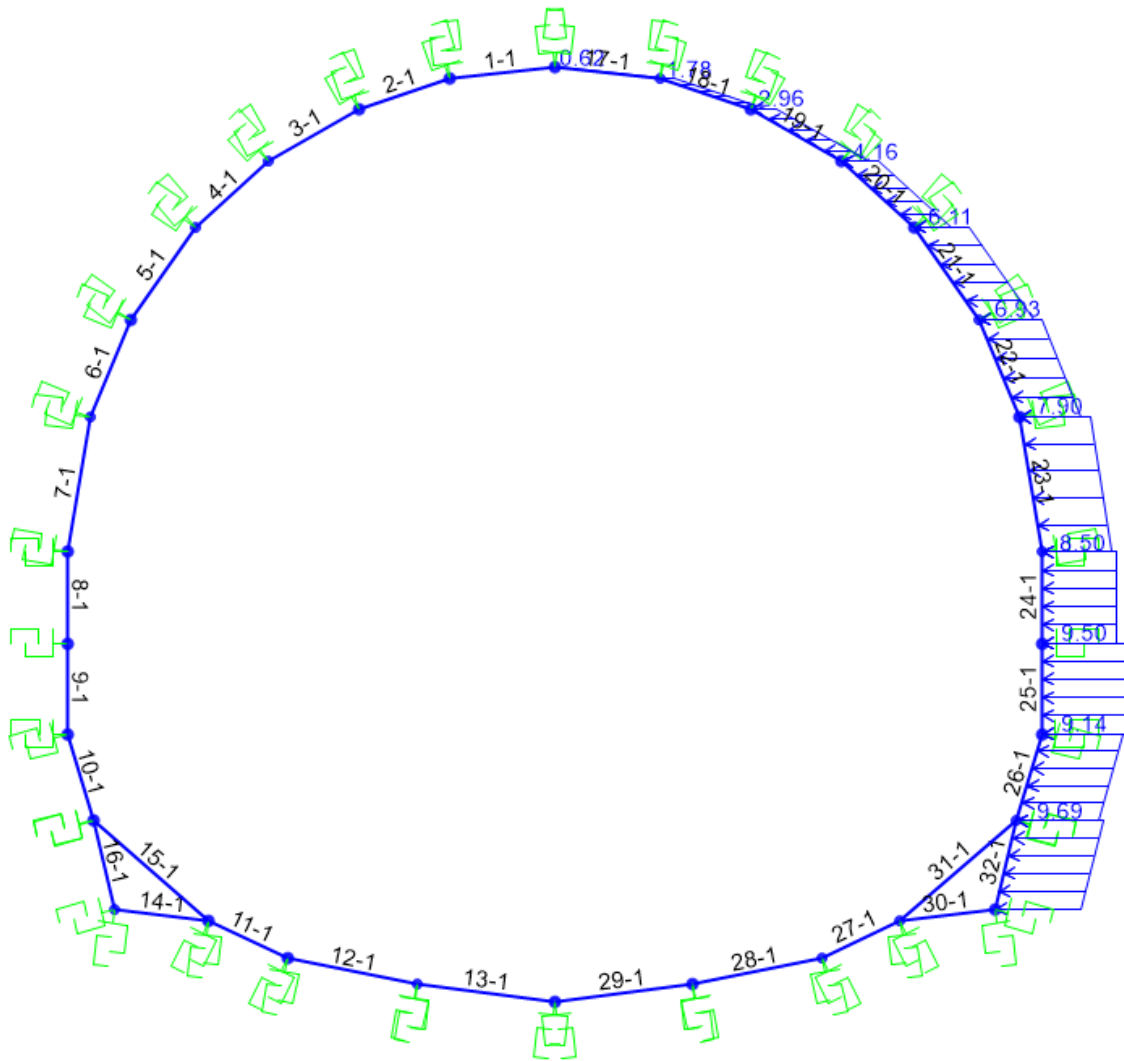


Figura 26 – Carico applicato: spinta laterale del terreno – lato sinistro

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	58 di 100



**Figura 27 – Carico applicato: spinta laterale del terreno – lato destro**

**Azioni variabili:** carico variabile  $Q_1$  pari a  $20 \text{ kN/m}^2$  (legato ai mezzi di cantiere). Sul modello è stato distinto in due parti (dx e sx) per tenere conto dei moltiplicatori di carico applicati con differente magnitudo nelle varie combinazioni di carico:

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	59 di 100

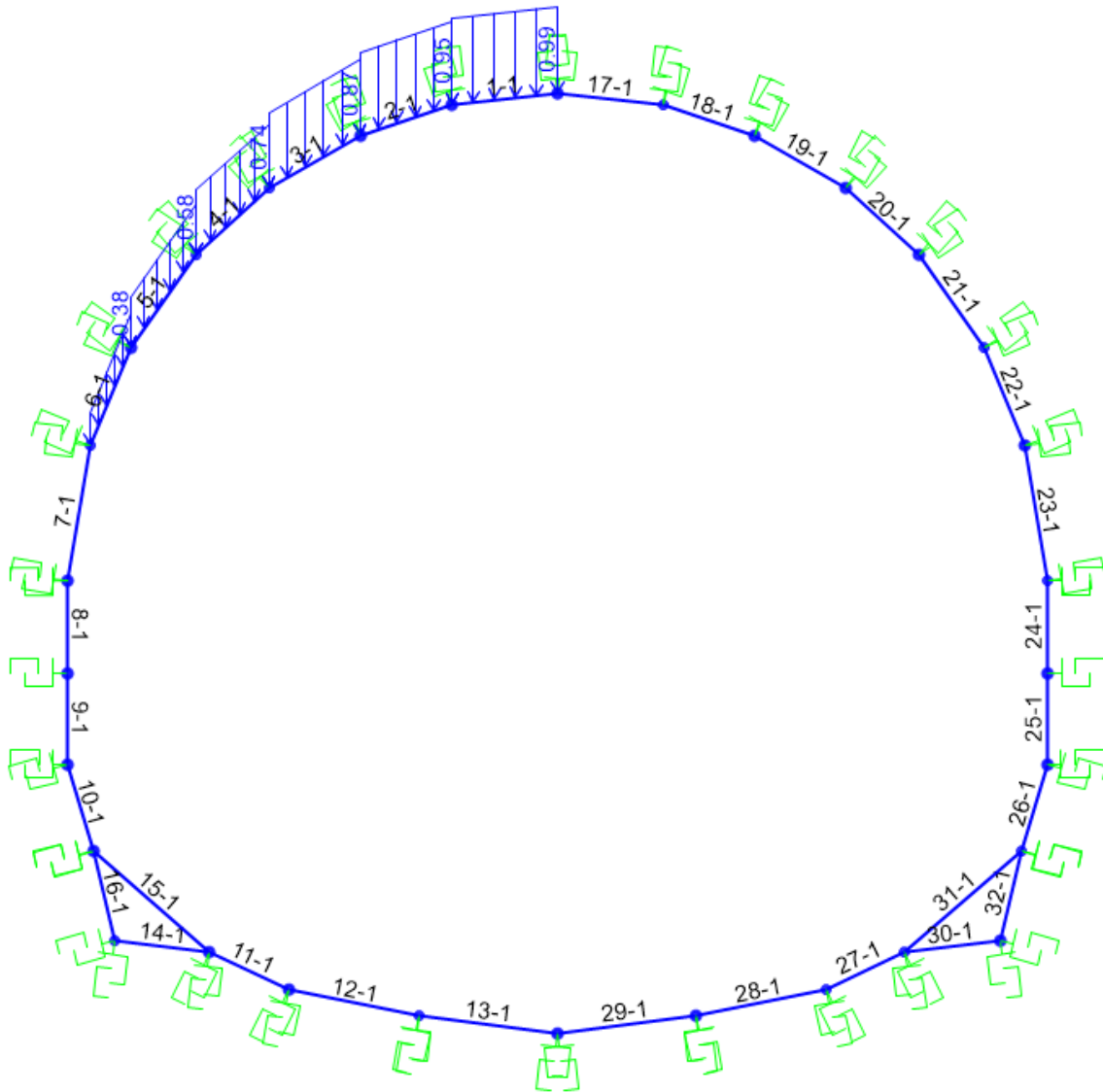


Figura 28 – Carico applicato: carico variabile in copertura - lato sinistro

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	60 di 100

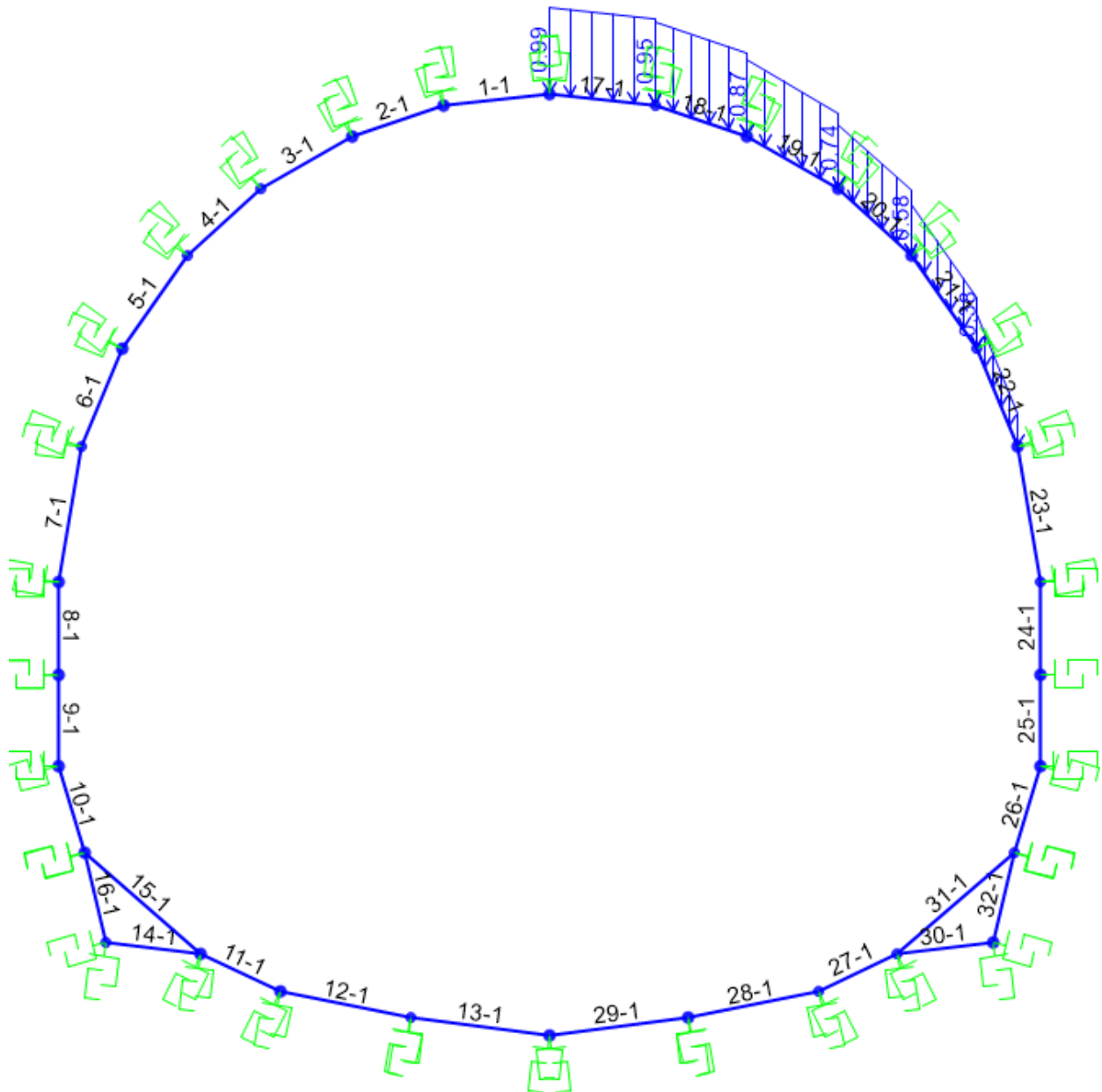


Figura 29 – Carico applicato: carico variabile in copertura – lato destro

**SQ.sx Sovraccarico laterale lato sinistro** generato da carico variabile in copertura =  $20 \text{ kN/m} \cdot x$   
 $k_0 = 8,2 \text{ kN/m}$

**SQ.dx Sovraccarico laterale lato destro** generato da carico variabile in copertura =  $20 \text{ kN/m} \cdot x$   $k_0 = 12 \text{ kN/m}$

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	61 di 100

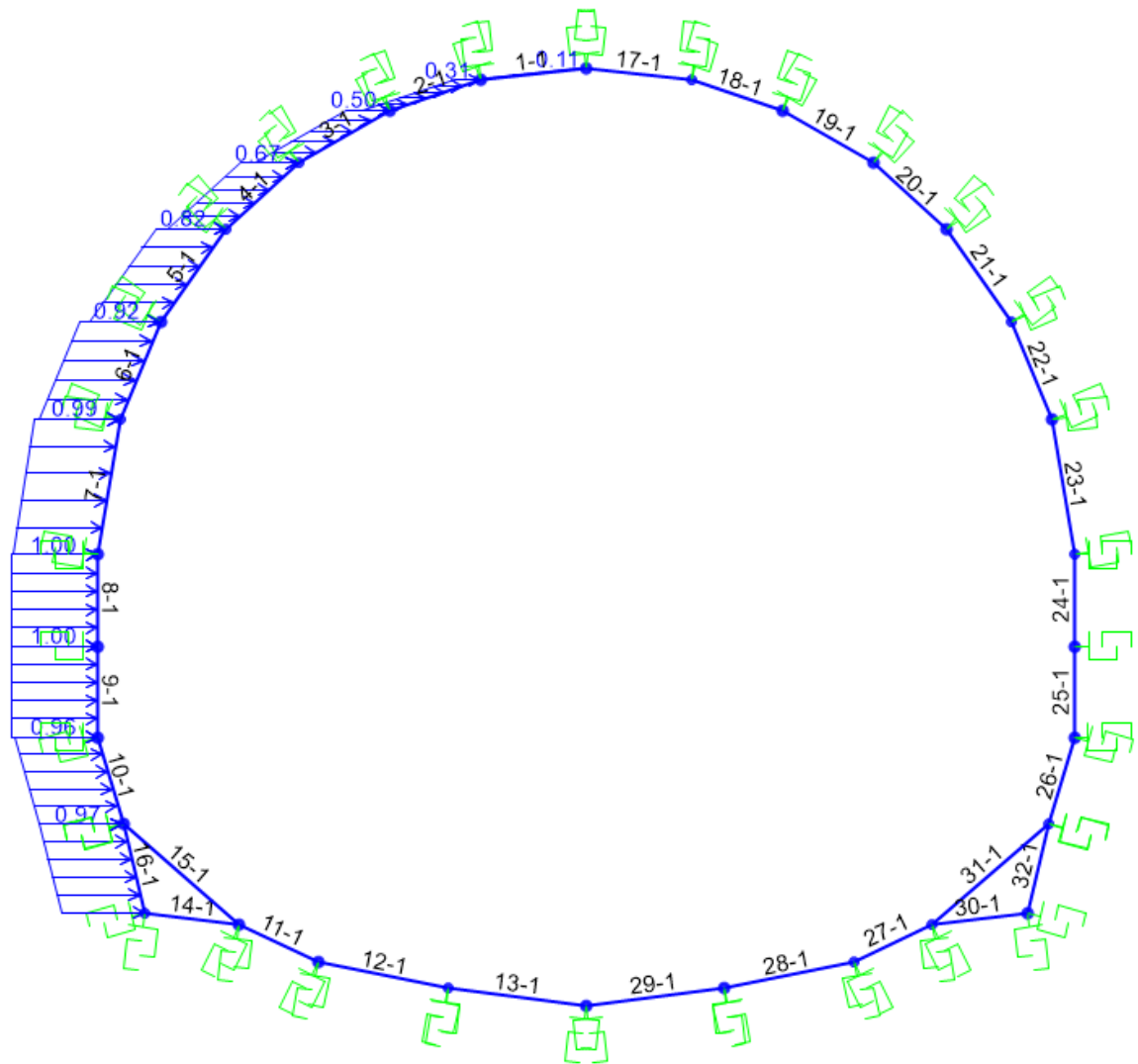
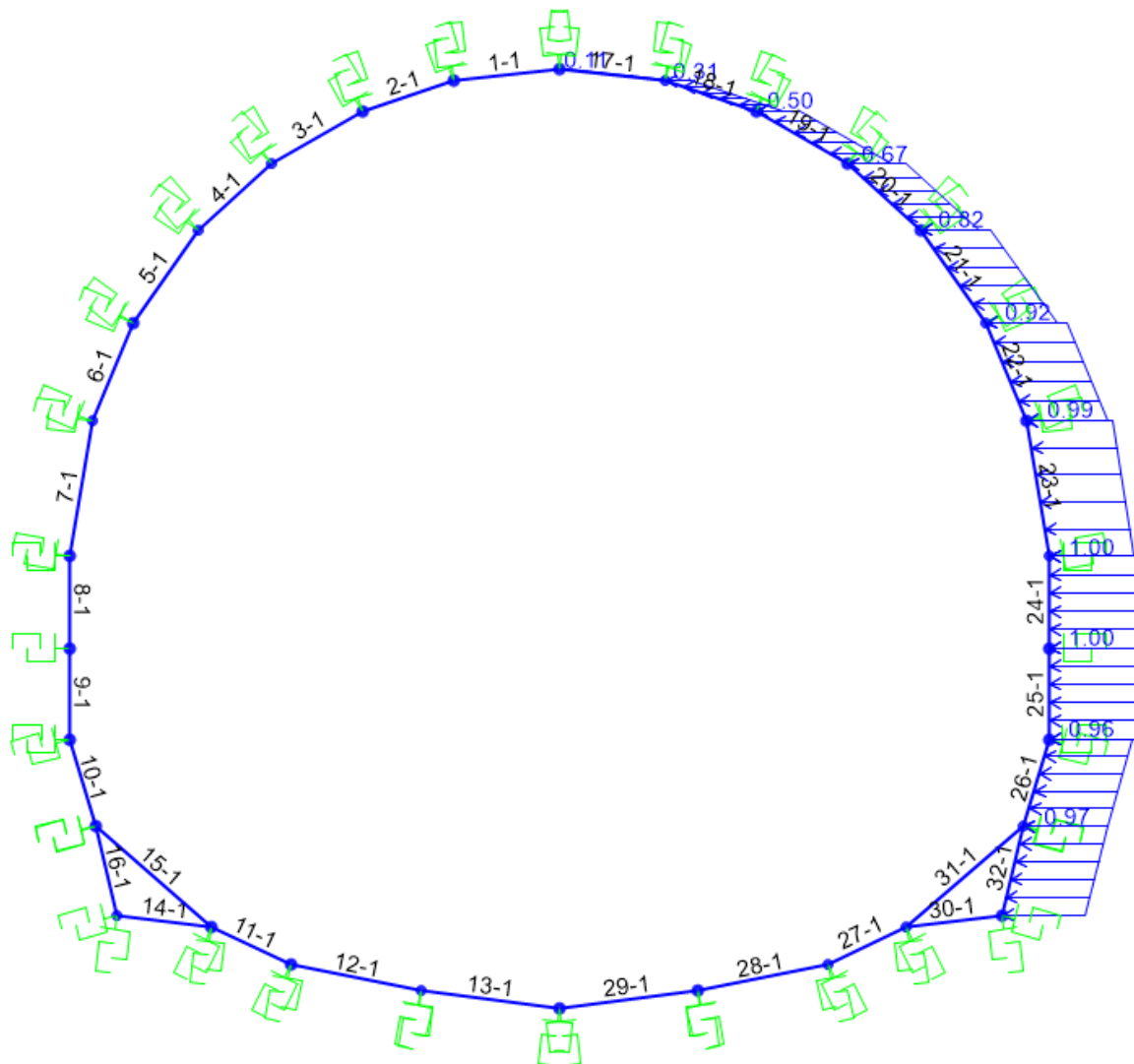


Figura 30 – Carico applicato: incremento di spinta orizzontale per carico variabile in copertura – lato sinistro

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</p>												
<p>U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO</p>	<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>RS3U</td> <td>40</td> <td>D 07 CL</td> <td>GA 00 00 004</td> <td>A</td> <td>62 di 100</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	62 di 100
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	62 di 100								



**Figura 31 – Carico applicato: incremento di spinta orizzontale per carico variabile in copertura – lato destro**

**Azione sismica:** l'accelerazione orizzontale massima attesa al suolo è definita nel paragrafo. In presenza di sisma è necessario considerare gli effetti inerziali indotti da entrambe le componenti del moto sismico sui carichi. I carichi considerati sono:

Incremento di spinta del terreno sui fianchi della galleria ( $\pm \Delta Sh$ ); l'incremento di spinta può valutarsi secondo la teoria di Wood, per cui la risultante dell'azione sismica orizzontale può calcolarsi secondo:

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</p>												
<p>U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO</p>	<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>RS3U</td> <td>40</td> <td>D 07 CL</td> <td>GA 00 00 004</td> <td>A</td> <td>63 di 100</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	63 di 100
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	63 di 100								

$$\Delta S_H = \left( \frac{a_{max}}{g} \right) \cdot \gamma \cdot H^2$$

$$\Delta S_{HSX} = 0.162 * 20 \text{ kN/m}^3 * 19^2 \text{ m} / 12 \text{ m} = 97,5 \text{ kN/m/m}$$

$$\Delta S_{HDX} = 0.179 * 20 \text{ kN/m}^3 * 17^2 \text{ m} / 12 \text{ m} = 78 \text{ kN/m/m}$$

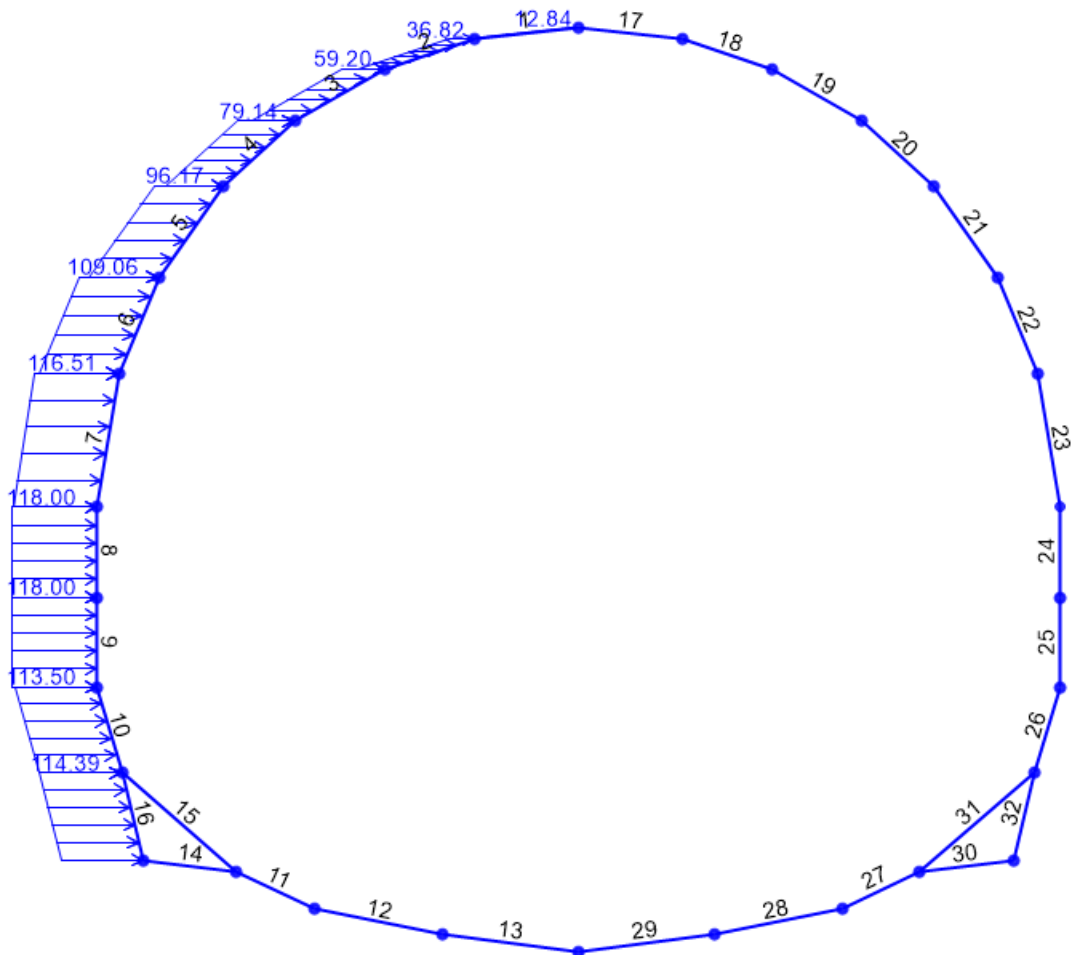


Figura 32 – Carico applicato: incremento di spinta sismica orizzontale – lato sinistro

Figura 33 – Carico applicato: spinta sismica orizzontale lato destro

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 004	REV. A	FOGLIO 64 di 100

Variation of the weight of the ground of rebound ( $\pm \Delta S_v$ ); the increase of thrust can be evaluated according to the theory of Wood, for which the resultant of the seismic vertical action can be calculated as follows:

$$\Delta S_v = 0.5 \cdot \left( \frac{a_{max}}{g} \right) \cdot \gamma \cdot A$$

In which A represents the height of the load of covering (variable in this case) above the dome. The thrust is applied to the dome, uniformly distributed over the width of the work; for this purpose on the model the average heights of vertical load were inserted, while in the combination it was inserted the common multiplier, therefore the vertical seismic load assumed is equal to:

$$\Delta S_v = 0.5 * 0.162 * 20 \text{ kN/m}^3 * z$$



U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	65 di 100

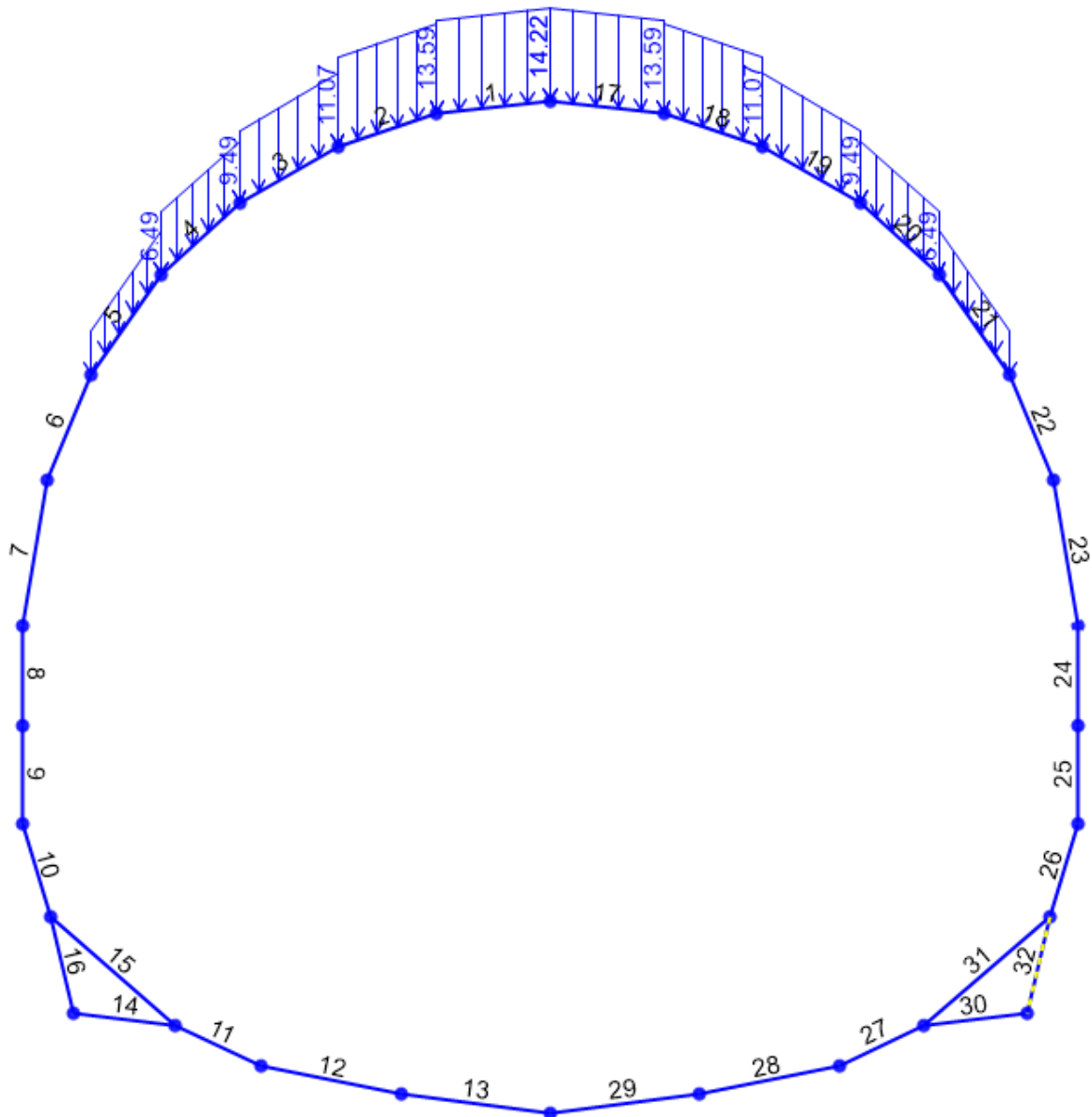


Figura 34 – Carico applicato: spinta sismica verticale

I parametri di input scelti per questo caso si associano ad una tipologia di terreno “TRV” per cui abbiamo:

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
	U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 004	REV. A

Parametri di calcolo					
Tipo Terreno	$\gamma$	$c'$	$\phi'$	$E'$	$\nu$
[-]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[°]	[MPa]	[-]
Ricoprimento	20	0	30	30	0.3
Terreno alla base	21	20	27	83	0.3
<b>Rigidità molle per elementi curvi ( Formula di Galerkin)</b>					
$K_n = \frac{E}{(1 + \nu) \times R}$	Elemento	R	K		
	[-]	[m]	[kN/m <sup>3</sup> ]		
	<b>AR</b>	4.2	<b>30403</b>		
	<b>Calotta</b>	5	<b>4615</b>		
<b>Rigidità molle per elementi Lineari ( Formula Di Boussinesq)</b>					
$k_n = \frac{E}{B \cdot (1 - \nu^2)}$	Elemento	B	K		
	[-]	[m]	[kN/m <sup>3</sup> ]		
	<b>Sommità piedritto</b>	5.7	<b>5784</b>		
	<b>Base piedritto</b>	2	<b>91209</b>		

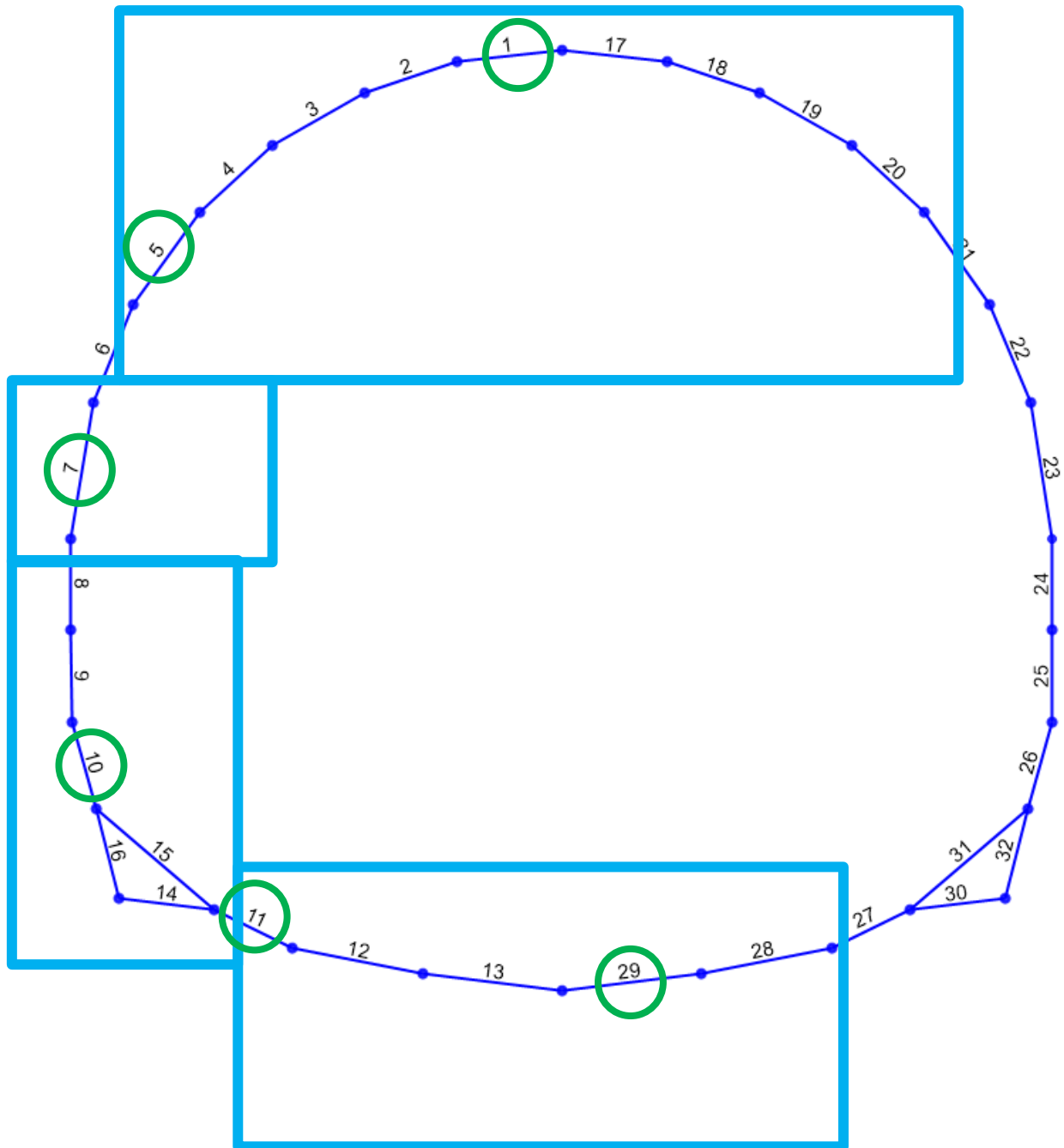
### 11.2.1 Risultati e verifiche strutturali

Nel presente paragrafo sono analizzati e commentati i risultati ottenuti dall'analisi numerica condotta, in termini di verifiche SLU, SLV e SLE. Le figure e tabelle seguenti mostrano le combinazioni più gravose per ciascun elemento strutturale: il riquadro verde indica l'elemento strutturale considerato, il cerchio rosso la sezione più sollecitata.

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	67 di 100

SEZIONE 1-2 : CONCIO D'ATTACCO



U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	68 di 100

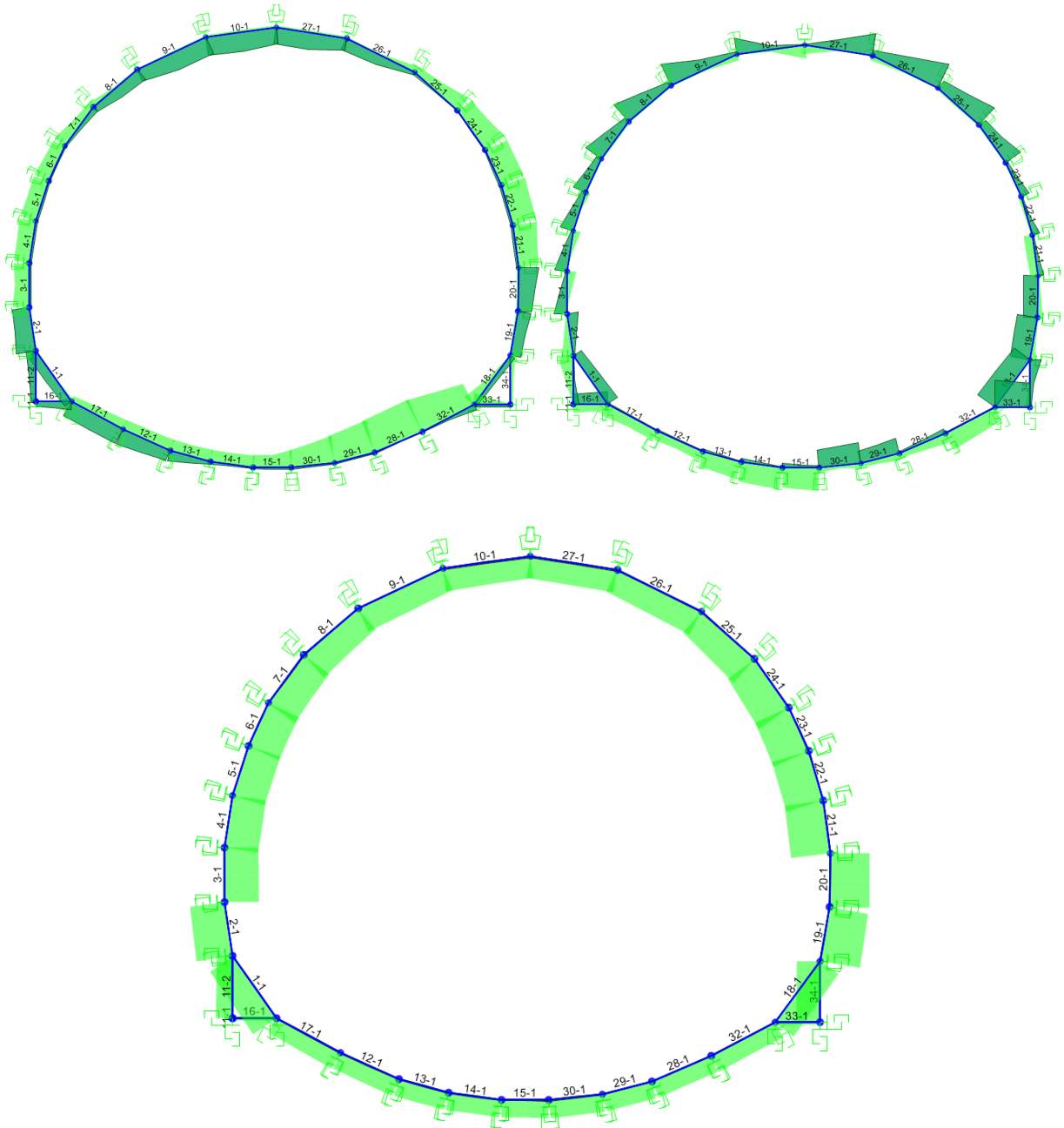


Figura 35 – Da sinistra involuppo del momento, del taglio e dello sforzo normale SLE



**DIRETRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA**

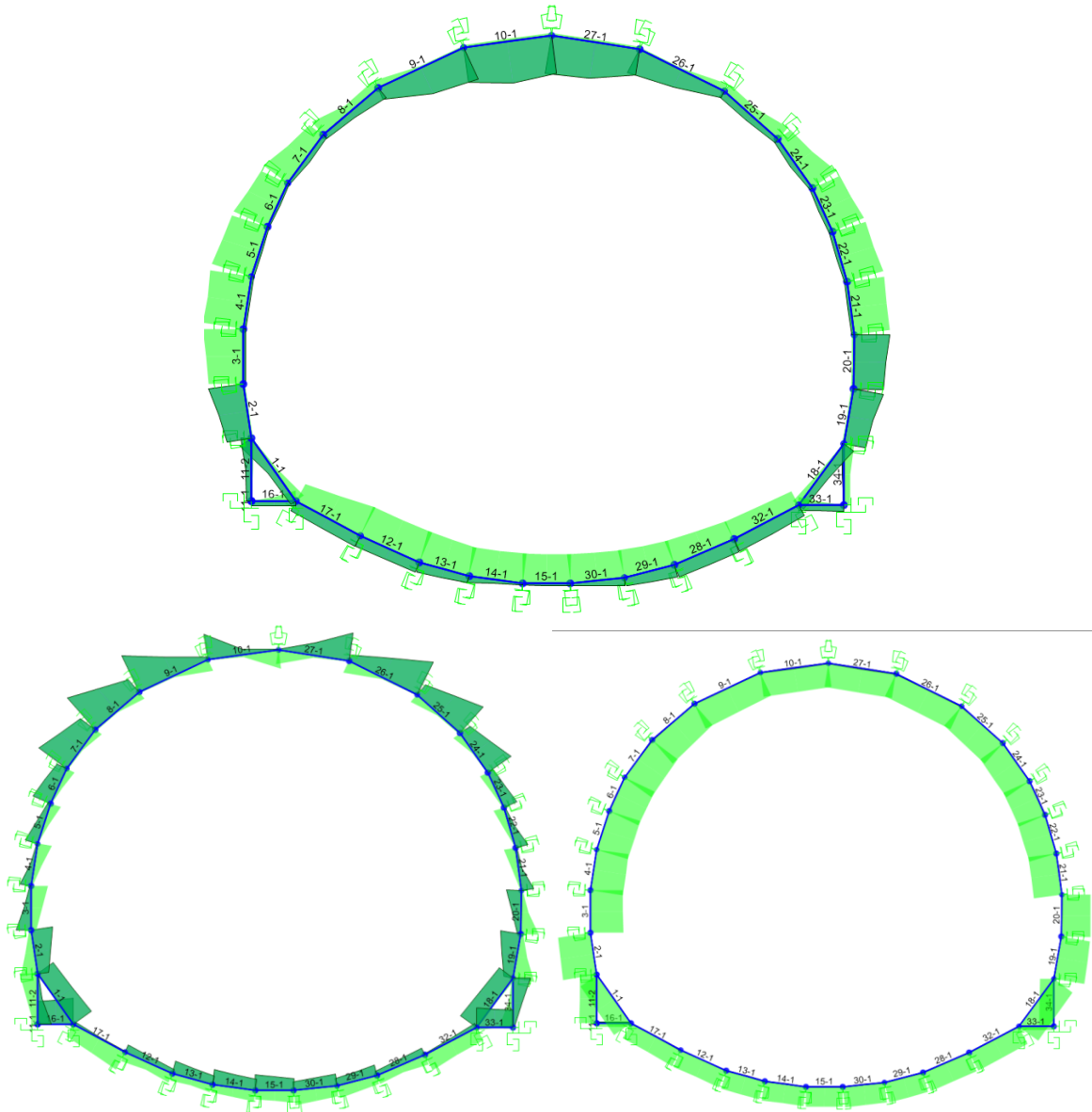
U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	69 di 100

Frame	Statio	OutputCase	CaseType	StepTy	P	V2	V3	T	M2	M3
1	0	SLE-C	NonStatic	Max	-189.214	-42.714	0	0	0	47.1239
1	0.22303	SLE-C	NonStatic	Max	-190.685	-10.746	0	0	0	53.0855
1	0.44606	SLE-C	NonStatic	Max	-192.156	21.222	0	0	0	51.9172
1	0	SLE-C	NonStatic	Min	-189.214	-42.714	0	0	0	47.1239
1	0.22303	SLE-C	NonStatic	Min	-190.685	-10.746	0	0	0	53.0855
1	0.44606	SLE-C	NonStatic	Min	-192.156	21.222	0	0	0	51.9172
1	0	SLE-QP	NonStatic	Max	-91.637	-33.403	0	0	0	76.9513
1	0.22303	SLE-QP	NonStatic	Max	-93.584	-5.948	0	0	0	81.3395
1	0.44606	SLE-QP	NonStatic	Max	-95.532	21.508	0	0	0	79.6044
1	0	SLE-QP	NonStatic	Min	-91.637	-33.403	0	0	0	76.9513
1	0.22303	SLE-QP	NonStatic	Min	-93.584	-5.948	0	0	0	81.3395
1	0.44606	SLE-QP	NonStatic	Min	-95.532	21.508	0	0	0	79.6044
1	0	INV_SLE-F	Combination	Max	-99.456	6.624	0	0	0	72.4832
1	0.22303	INV_SLE-F	Combination	Max	-101.256	34.08	0	0	0	77.8166
1	0.44606	INV_SLE-F	Combination	Max	-103.056	54.504	0	0	0	77.0231
1	0	INV_SLE-F	Combination	Min	-186.22	-37.649	0	0	0	31.0135
1	0.22303	INV_SLE-F	Combination	Min	-188.167	-10.178	0	0	0	26.4744
1	0.44606	INV_SLE-F	Combination	Min	-190.115	17.294	0	0	0	15.812
5	0	SLE-C	NonStatic	Max	-253.046	17.706	0	0	0	16.4932
5	0.23924	SLE-C	NonStatic	Max	-263.243	47.205	0	0	0	8.7285
5	0.47848	SLE-C	NonStatic	Max	-273.44	76.704	0	0	0	-6.0937
5	0	SLE-C	NonStatic	Min	-253.046	17.706	0	0	0	16.4932
5	0.23924	SLE-C	NonStatic	Min	-263.243	47.205	0	0	0	8.7285
5	0.47848	SLE-C	NonStatic	Min	-273.44	76.704	0	0	0	-6.0937
5	0	SLE-QP	NonStatic	Max	-186.91	55.891	0	0	0	14.82
5	0.23924	SLE-QP	NonStatic	Max	-199.774	76.855	0	0	0	-1.0593
5	0.47848	SLE-QP	NonStatic	Max	-212.637	97.819	0	0	0	-21.954
5	0	SLE-QP	NonStatic	Min	-186.91	55.891	0	0	0	14.82
5	0.23924	SLE-QP	NonStatic	Min	-199.774	76.855	0	0	0	-1.0593
5	0.47848	SLE-QP	NonStatic	Min	-212.637	97.819	0	0	0	-21.954
5	0	INV_SLE-F	Combination	Max	-186.548	50.585	0	0	0	19.6466
5	0.23924	INV_SLE-F	Combination	Max	-198.722	72.518	0	0	0	4.921
5	0.47848	INV_SLE-F	Combination	Max	-210.896	94.451	0	0	0	-15.0521
5	0	INV_SLE-F	Combination	Min	-288.67	11.831	0	0	0	-46.7289
5	0.23924	INV_SLE-F	Combination	Min	-303.341	32.795	0	0	0	-53.4934
5	0.47848	INV_SLE-F	Combination	Min	-318.012	53.759	0	0	0	-69.1274
7	0	SLE-C	NonStatic	Max	-308.492	-6.11	0	0	0	-23.6618
7	0.28942	SLE-C	NonStatic	Max	-307.288	24.202	0	0	0	-26.2799
7	0.57884	SLE-C	NonStatic	Max	-306.085	54.514	0	0	0	-37.6708
7	0	SLE-C	NonStatic	Min	-308.492	-6.11	0	0	0	-23.6618
7	0.28942	SLE-C	NonStatic	Min	-307.288	24.202	0	0	0	-26.2799
7	0.57884	SLE-C	NonStatic	Min	-306.085	54.514	0	0	0	-37.6708
7	0	SLE-QP	NonStatic	Max	-262.973	20.442	0	0	0	-50.6015
7	0.28942	SLE-QP	NonStatic	Max	-263.962	37.098	0	0	0	-58.9328
7	0.57884	SLE-QP	NonStatic	Max	-264.951	53.753	0	0	0	-72.075
7	0	SLE-QP	NonStatic	Min	-262.973	20.442	0	0	0	-50.6015
7	0.28942	SLE-QP	NonStatic	Min	-263.962	37.098	0	0	0	-58.9328
7	0.57884	SLE-QP	NonStatic	Min	-264.951	53.753	0	0	0	-72.075
7	0	INV_SLE-F	Combination	Max	-259.521	20.682	0	0	0	-42.9275
7	0.28942	INV_SLE-F	Combination	Max	-260.233	39.059	0	0	0	-49.8046
7	0.57884	INV_SLE-F	Combination	Max	-260.946	57.436	0	0	0	-41.3334
7	0	INV_SLE-F	Combination	Min	-350.69	-54.253	0	0	0	-78.1381
7	0.28942	INV_SLE-F	Combination	Min	-351.679	-37.598	0	0	0	-88.2165
7	0.57884	INV_SLE-F	Combination	Min	-352.668	-20.942	0	0	0	-85.5363
10	0	SLE-C	NonStatic	Max	-333.9	-9.581	0	0	0	77.2218
10	0.19059	SLE-C	NonStatic	Max	-342.263	-32.017	0	0	0	81.186
10	0.38118	SLE-C	NonStatic	Max	-350.626	-54.453	0	0	0	89.4261
10	0	SLE-C	NonStatic	Min	-333.9	-9.581	0	0	0	77.2218
10	0.19059	SLE-C	NonStatic	Min	-342.263	-32.017	0	0	0	81.186
10	0.38118	SLE-C	NonStatic	Min	-350.626	-54.453	0	0	0	89.4261
10	0	SLE-QP	NonStatic	Max	-284.61	14.811	0	0	0	100.0296
10	0.19059	SLE-QP	NonStatic	Max	-290.064	2.602	0	0	0	98.3702
10	0.38118	SLE-QP	NonStatic	Max	-295.518	-9.607	0	0	0	99.0377
10	0	SLE-QP	NonStatic	Min	-284.61	14.811	0	0	0	100.0296
10	0.19059	SLE-QP	NonStatic	Min	-290.064	2.602	0	0	0	98.3702
10	0.38118	SLE-QP	NonStatic	Min	-295.518	-9.607	0	0	0	99.0377
10	0	INV_SLE-F	Combination	Max	-283.82	94.628	0	0	0	98.575
10	0.19059	INV_SLE-F	Combination	Max	-289.58	82.419	0	0	0	98.8359
10	0.38118	INV_SLE-F	Combination	Max	-295.339	70.21	0	0	0	101.6287
10	0	INV_SLE-F	Combination	Min	-340.72	5.274	0	0	0	12.3232
10	0.19059	INV_SLE-F	Combination	Min	-346.174	-8.011	0	0	0	-3.6327
10	0.38118	INV_SLE-F	Combination	Min	-351.628	-21.296	0	0	0	-17.2617
11	0	SLE-C	NonStatic	Max	-273.96	44.74	0	0	0	32.6026
11	0.18345	SLE-C	NonStatic	Max	-274.753	46.394	0	0	0	24.2482
11	0.3669	SLE-C	NonStatic	Max	-275.546	48.047	0	0	0	15.5855
11	0	SLE-C	NonStatic	Min	-273.96	44.74	0	0	0	32.6026
11	0.18345	SLE-C	NonStatic	Min	-274.753	46.394	0	0	0	24.2482
11	0.3669	SLE-C	NonStatic	Min	-275.546	48.047	0	0	0	15.5855
11	0	SLE-QP	NonStatic	Max	-191.17	68.588	0	0	0	27.591
11	0.18345	SLE-QP	NonStatic	Max	-191.963	70.242	0	0	0	14.8566
11	0.3669	SLE-QP	NonStatic	Max	-192.756	71.896	0	0	0	1.8188
11	0	SLE-QP	NonStatic	Min	-191.17	68.588	0	0	0	27.591
11	0.18345	SLE-QP	NonStatic	Min	-191.963	70.242	0	0	0	14.8566
11	0.3669	SLE-QP	NonStatic	Min	-192.756	71.896	0	0	0	1.8188
11	0	INV_SLE-F	Combination	Max	-203.732	66.181	0	0	0	35.8472
11	0.18345	INV_SLE-F	Combination	Max	-204.525	67.834	0	0	0	23.5546
11	0.3669	INV_SLE-F	Combination	Max	-205.319	69.488	0	0	0	10.9585
11	0	INV_SLE-F	Combination	Min	-234.949	-22.353	0	0	0	-78.1846
11	0.18345	INV_SLE-F	Combination	Min	-235.742	-20.699	0	0	0	-74.2356
11	0.3669	INV_SLE-F	Combination	Min	-236.535	-19.045	0	0	0	-72.7282
29	0	SLE-C	NonStatic	Max	-245.884	-42.257	0	0	0	-72.3899
29	0.29462	SLE-C	NonStatic	Max	-246.239	-39.333	0	0	0	-60.3709
29	0.58924	SLE-C	NonStatic	Max	-246.593	-36.41	0	0	0	-49.2133
29	0	SLE-C	NonStatic	Min	-245.884	-42.257	0	0	0	-72.3899
29	0.29462	SLE-C	NonStatic	Min	-246.239	-39.333	0	0	0	-60.3709
29	0.58924	SLE-C	NonStatic	Min	-246.593	-36.41	0	0	0	-49.2133
29	0	SLE-QP	NonStatic	Max	-157.153	-39.466	0	0	0	-96.41
29	0.29462	SLE-QP	NonStatic	Max	-157.508	-36.542	0	0	0	-85.2133
29	0.58924	SLE-QP	NonStatic	Max	-157.862	-33.618	0	0	0	-74.8781
29	0	SLE-QP	NonStatic	Min	-157.153	-39.466	0	0	0	-96.41
29	0.29462	SLE-QP	NonStatic	Min	-157.508	-36.542	0	0	0	-85.2133
29	0.58924	SLE-QP	NonStatic	Min	-157.862	-33.618	0	0	0	-74.8781
29	0	INV_SLE-F	Combination	Max	-167.9	43.709	0	0	0	-4.6635
29	0.29462	INV_SLE-F	Combination	Max	-168.255	46.633	0	0	0	-17.9716
29	0.58924	INV_SLE-F	Combination	Max	-168.609	49.557	0	0	0	-32.1411
29	0	INV_SLE-F	Combination	Min	-255.543	-47.058	0	0	0	-95.7764
29	0.29462	INV_SLE-F	Combination	Min	-255.898	-44.134	0	0	0	-82.343
29	0.58924	INV_SLE-F	Combination	Min	-256.252	-41.21	0	0	0	-69.771

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</p>												
<p>U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO</p>	<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>RS3U</td> <td>40</td> <td>D 07 CL</td> <td>GA 00 00 004</td> <td>A</td> <td>70 di 100</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	70 di 100
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	70 di 100								

**Figura 36 – Combinazioni di carico da SAP2000 – SLE**



**Figura 37 – Da sinistra: involuppo del momento, del taglio e dello sforzo normale – SLU**

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	71 di 100

TABLE: Element Forces - Frames												
Frame	Station	OutputCa	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStatic
1	0	INV_SLU	Combinat	Max	-179.757	18.191	0	0	0	99.6041	51-1	0
1	0.22303	INV_SLU	Combinat	Max	-184.049	45.647	0	0	0	99.9236	51-1	0.30537
1	0.44606	INV_SLU	Combinat	Max	-188.341	90.119	0	0	0	89.341	51-1	0.61074
1	0	INV_SLU	Combinat	Min	-256.818	-44.981	0	0	0	2.6846	51-1	0
1	0.22303	INV_SLU	Combinat	Min	-260.519	3.965	0	0	0	-4.4343	51-1	0.30537
1	0.44606	INV_SLU	Combinat	Min	-264.22	38.918	0	0	0	-17.6765	51-1	0.61074
5	0	INV_SLU	Combinat	Max	-257.87	84.082	0	0	0	-15.915	32-1	0
5	0.23924	INV_SLU	Combinat	Max	-267.757	113.8	0	0	0	-20.113	32-1	0.38182
5	0.47848	INV_SLU	Combinat	Max	-277.643	143.518	0	0	0	-30.3282	32-1	0.76364
5	0	INV_SLU	Combinat	Min	-431.03	-16.694	0	0	0	-74.7176	32-1	0
5	0.23924	INV_SLU	Combinat	Min	-456.206	4.27	0	0	0	-90.4094	32-1	0.38182
5	0.47848	INV_SLU	Combinat	Min	-481.382	25.234	0	0	0	-113.211	32-1	0.76364
7	0	INV_SLU	Combinat	Max	-300.61	-19.375	0	0	0	-36.2669	59-1	0
7	0.28942	INV_SLU	Combinat	Max	-300.301	5.536	0	0	0	-23.4105	59-1	0.49361
7	0.57884	INV_SLU	Combinat	Max	-299.992	30.448	0	0	0	-15.5074	59-1	0.98722
7	0	INV_SLU	Combinat	Min	-530.661	-85.553	0	0	0	-127.799	59-1	0
7	0.28942	INV_SLU	Combinat	Min	-532.721	-68.897	0	0	0	-122.196	59-1	0.49361
7	0.57884	INV_SLU	Combinat	Min	-534.782	-52.241	0	0	0	-121.463	59-1	0.98722
10	0	INV_SLU	Combinat	Max	-307.04	175.189	0	0	0	96.348	39-1	0
10	0.19059	INV_SLU	Combinat	Max	-314.162	163.136	0	0	0	79.594	39-1	0.4665
10	0.38118	INV_SLU	Combinat	Max	-321.284	151.083	0	0	0	66.2545	39-1	0.933
10	0	INV_SLU	Combinat	Min	-502.258	37.302	0	0	0	-32.6665	39-1	0
10	0.19059	INV_SLU	Combinat	Min	-508.262	19.231	0	0	0	-52.8475	39-1	0.4665
10	0.38118	INV_SLU	Combinat	Min	-514.266	1.159	0	0	0	-70.7016	39-1	0.933
11	0	INV_SLU	Combinat	Max	-246.232	43.445	0	0	0	-25.8288	4-1	0
11	0.18345	INV_SLU	Combinat	Max	-247.026	45.595	0	0	0	-26.5646	4-1	0.58808
11	0.3669	INV_SLU	Combinat	Max	-247.819	47.745	0	0	0	-27.6037	4-1	1.17617
11	0	INV_SLU	Combinat	Min	-319.189	-74.39	0	0	0	-143.864	4-1	0
11	0.18345	INV_SLU	Combinat	Min	-320.22	-72.736	0	0	0	-139.128	4-1	0.58808
11	0.3669	INV_SLU	Combinat	Min	-321.251	-71.082	0	0	0	-134.786	4-1	1.17617
29	0	INV_SLU	Combinat	Max	-246.46	87.709	0	0	0	42.162	28-1	0
29	0.29462	INV_SLU	Combinat	Max	-246.814	91.511	0	0	0	21.7022	28-1	0.58799
29	0.58924	INV_SLU	Combinat	Max	-247.169	95.312	0	0	0	0.381	28-1	1.17598
29	0	INV_SLU	Combinat	Min	-351.903	5.281	0	0	0	-75.4373	28-1	0
29	0.29462	INV_SLU	Combinat	Min	-352.364	8.205	0	0	0	-83.0551	28-1	0.58799
29	0.58924	INV_SLU	Combinat	Min	-352.825	11.129	0	0	0	-99.8612	28-1	1.17598

**Figura 38 – Combinazioni di carico da SAP2000 – SLU**

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	72 di 100

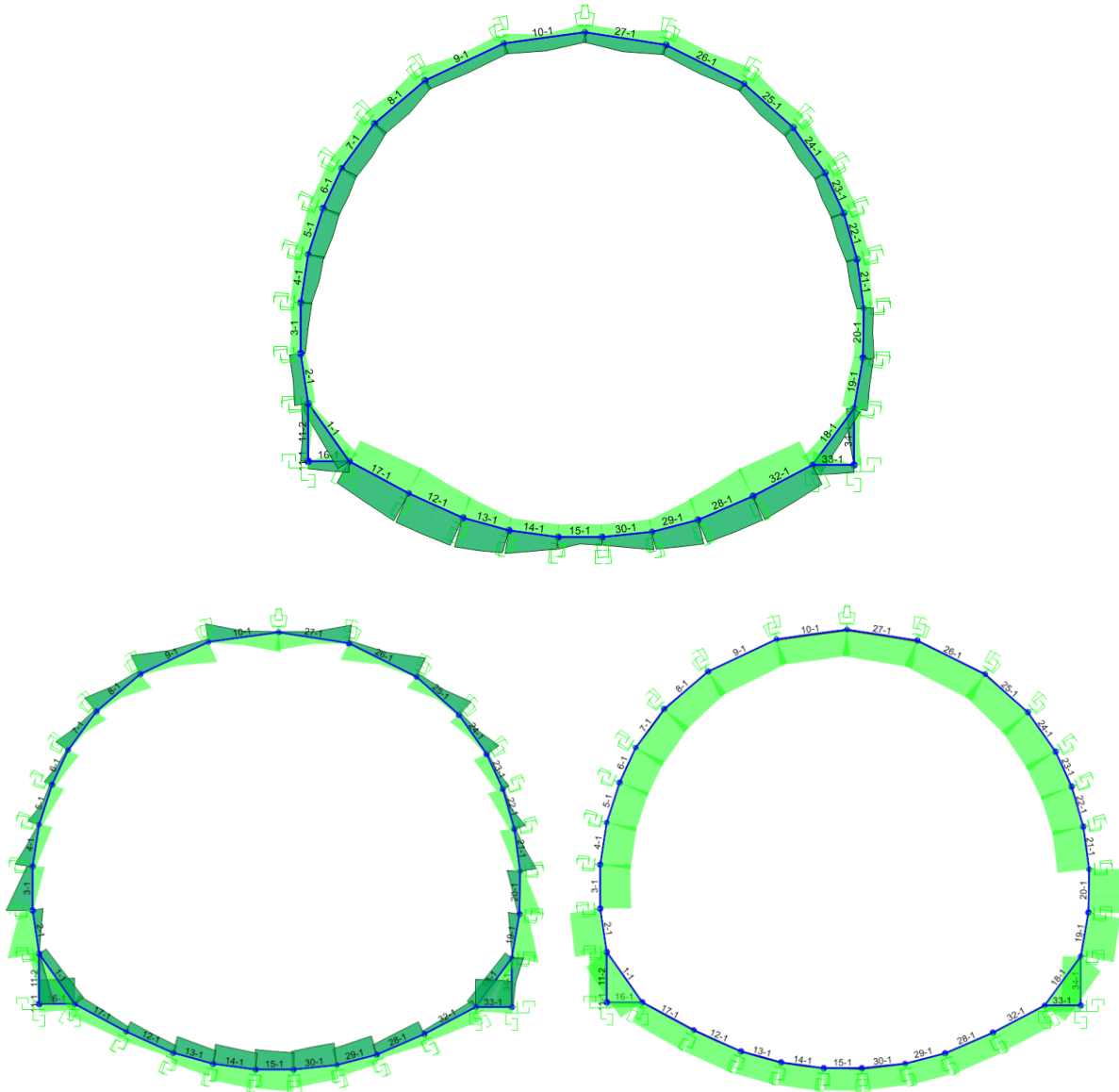


Figura 39 – Da sinistra: involuppo del momento, del taglio e dello sforzo normale - SLV



U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE  
 STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI  
 CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	73 di 100

TABLE: Element Forces - Frames										
Frame	Station	OutputCa	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
1	0	INV-SLV	Combinat	Max	-175.122	2.784	0	0	0	51.7399
1	0.22303	INV-SLV	Combinat	Max	-176.785	34.096	0	0	0	47.6474
1	0.44606	INV-SLV	Combinat	Max	-178.448	65.588	0	0	0	36.5311
1	0	INV-SLV	Combinat	Min	-382.541	-33.596	0	0	0	-60.7382
1	0.22303	INV-SLV	Combinat	Min	-381.806	-5.706	0	0	0	-56.3759
1	0.44606	INV-SLV	Combinat	Min	-381.071	22.001	0	0	0	-58.1931
5	0	INV-SLV	Combinat	Max	-256.929	30.63	0	0	0	-3.5765
5	0.23924	INV-SLV	Combinat	Max	-268.809	53.054	0	0	0	14.2492
5	0.47848	INV-SLV	Combinat	Max	-280.69	75.477	0	0	0	22.5037
5	0	INV-SLV	Combinat	Min	-343.387	-94.512	0	0	0	-44.2384
5	0.23924	INV-SLV	Combinat	Min	-343.58	-54.506	0	0	0	-54.2488
5	0.47848	INV-SLV	Combinat	Min	-343.774	-14.5	0	0	0	-69.6237
7	0	INV-SLV	Combinat	Max	-301.434	-44.93	0	0	0	44.4199
7	0.28942	INV-SLV	Combinat	Max	-300.751	-27.851	0	0	0	61.402
7	0.57884	INV-SLV	Combinat	Max	-300.068	17.473	0	0	0	63.8053
7	0	INV-SLV	Combinat	Min	-351.877	-83.862	0	0	0	-77.7343
7	0.28942	INV-SLV	Combinat	Min	-352.798	-33.49	0	0	0	-67.2022
7	0.57884	INV-SLV	Combinat	Min	-353.719	-13.117	0	0	0	-61.6132
10	0	INV-SLV	Combinat	Max	-297.477	94.785	0	0	0	35.4842
10	0.19059	INV-SLV	Combinat	Max	-303.006	82.312	0	0	0	18.6078
10	0.38118	INV-SLV	Combinat	Max	-308.536	69.838	0	0	0	4.1086
10	0	INV-SLV	Combinat	Min	-346.674	-29.559	0	0	0	-31.9048
10	0.19059	INV-SLV	Combinat	Min	-354.736	-62.839	0	0	0	-23.0998
10	0.38118	INV-SLV	Combinat	Min	-366.184	-96.118	0	0	0	-8.6575
11	0	INV-SLV	Combinat	Max	-222.771	-0.355	0	0	0	-7.6884
11	0.18345	INV-SLV	Combinat	Max	-223.564	1.298	0	0	0	3.5097
11	0.3669	INV-SLV	Combinat	Max	-224.357	2.952	0	0	0	14.4044
11	0	INV-SLV	Combinat	Min	-378.511	-61.868	0	0	0	-72.4802
11	0.18345	INV-SLV	Combinat	Min	-379.304	-60.214	0	0	0	-72.5667
11	0.3669	INV-SLV	Combinat	Min	-380.097	-58.56	0	0	0	-72.9566
29	0	INV-SLV	Combinat	Max	-238.849	39.378	0	0	0	40.4679
29	0.29462	INV-SLV	Combinat	Max	-239.203	42.302	0	0	0	41.5906
29	0.58924	INV-SLV	Combinat	Max	-239.558	45.226	0	0	0	41.8518
29	0	INV-SLV	Combinat	Min	-393.667	-5.272	0	0	0	-27.3936
29	0.29462	INV-SLV	Combinat	Min	-394.021	-2.348	0	0	0	-39.4259
29	0.58924	INV-SLV	Combinat	Min	-394.376	0.575	0	0	0	-52.3196

**Figura 40 – Combinazioni di carico da SAP2000 – SLV**

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
	U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 004	REV. A

### ARMATURA- CONCIO D'ATTACCO

ZONA	H [m]	Arm. princ. intra	Ripartitori	Spilli
Calotta	1.0	5 Ø24	Ø14/30	Ø12/40x60
Arco rovescio	1.0	5 Ø24	Ø14/30	Ø12/40x60 Ø12/20x30 (angoli)
Reni	1.0	5 Ø24	Ø14/30	Ø12/40x60 Ø12/20x30 (angoli)
Piedr/ Muretta	1.0	5 Ø24	Ø14/30	Ø12/40x60 Ø12/20x30 (angoli AR)
Arco rovescio/ Muretta	1.0	5 Ø24	Ø14/30	Ø12/40x60 Ø12/20x30 (angoli AR)

### ARMATURA -GALLERIA

ZONA	H [m]	Arm. princ. intra	Ripartitori	Spilli
Calotta	1.0	5 Ø24	Ø14/30	Ø12/40x60
Arco rovescio	1.0	5 Ø24	Ø14/30	Ø12/40x60 Ø12/20x30 (angoli)
Reni	1.0	5 Ø24	Ø14/30	Ø12/40x60 Ø12/20x30 (angoli)
Piedr/ Muretta	1.0	5 Ø24	Ø14/30	Ø12/40x60 Ø12/20x30 (angoli AR)
Arco rovescio/ Muretta	1.0	5 Ø24	Ø14/30	Ø12/40x60 Ø12/20x30 (angoli AR)

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b></p>												
<p>U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO</p>	<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>RS3U</td> <td>40</td> <td>D 07 CL</td> <td>GA 00 00 004</td> <td>A</td> <td>75 di 100</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	75 di 100
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	75 di 100								

### DATO DI INCIDENZA-CONCIO D'ATTACCO

INCIDENZA	
ARCO ROVESCIO	67
PIEDRITTO	60
CALOTTA	60

Nel presente paragrafo si riportano i risultati ottenuti dall'analisi numerica condotta, in termini di SLU, SLV e SLE. Nelle immagini di seguito si sono riepilogati i diagrammi delle caratteristiche delle sollecitazioni per tutte le combinazioni implementate nel modello. Si vuole specificare che lì dove sono presente più combinazioni (come ad esempio per le condizioni SLF, SLU o SLV) si sono riportati i diagrammi involuppo delle combinazioni applicate al modello.

Per le verifiche SLE si considerano i valori nominali delle sollecitazioni in output.

Nelle seguenti tabelle si riporta l'esito delle verifiche eseguite considerando un'armatura corrente come descritta in precedenza, considerando come limite fessurativo imposto da normativa pari a 0.30 mm per l'intradosso e pari a 0.20 mm per l'estradosso e con copriferro netto da prima barra di 64 mm.

#### 11.2.1.1 Sezione 1 – Concio d'attacco

##### Calotta

$M_{Ek}$	$N_{Ek}$	$\sigma_c$	$\sigma_s$	$w_k$
[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[mm]
53.1	192.2	-2.91	43.03	0.029
81.3	95.5	-4.46	106.86	0.077
77.8	190.1	-4.28	81.28	0.057

Tabella 11.2.1.1-1 – Verifiche statiche SLE – Limitazione tensioni e fessurazione

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
	U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 004	REV. A

## Reni

$M_{Ek}$	$N_{Ek}$	$\sigma_c$	$\sigma_s$	$w_k$
[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[mm]
-72.075	264.951	-3.95	-31.73	0.039
-78.1381	352.668	-4.25	-36.87	0.034
89.4261	350.626	-4.89	67.43	0.046

Tabella 11.2.1.1-2 – Verifiche statiche SLE – Limitazione tensioni e fessurazione

## Piedritto

$M_{Ek}$	$N_{Ek}$	$\sigma_c$	$\sigma_s$	$w_k$
[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[mm]
16.4932	273.44	-0.81	-3.77	0.003
-46.7269	288.67	-1.59	-18.38	0.004
-69.1274	318.012	-2.37	-25.24	0.015

Tabella 11.2.1.1-3 – Verifiche statiche SLE – Limitazione tensioni e fessurazione

## Attacco piedritto-muretta

$M_{Ek}$	$N_{Ek}$	$\sigma_c$	$\sigma_s$	$w_k$
[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[mm]
100.0296	295.518	-1.40	15.46	0.013
101.6287	351.628	-1.40	10.78	0.008
32.6076	275.546	-0.58	-1.58	0.009

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
	U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 004	REV. A

Tabella 11.2.1.1-4 – Verifiche statiche SLE – Limitazione tensioni e fessurazione

#### Attacco muretta-arco rovescio

$M_{Ek}$	$N_{Ek}$	$\sigma_c$	$\sigma_s$	$w_k$
[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[mm]
27.591	192.756	-0.44	-0.64	0.009
-78.1846	236.535	-1.09	-13.44	0.009
-72.3899	246.593	-1.00	-12.59	0.006

Tabella 11.2.1.1-5 – Verifiche statiche SLE – Limitazione tensioni e fessurazione

#### Arco rovescio

$M_{Ek}$	$N_{Ek}$	$\sigma_c$	$\sigma_s$	$w_k$
[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[mm]
-96.41	157.862	-1.41	-15.43	0.030
-95.7764	256.252	-1.35	-16.28	0.015
-43.5937	628.528	-1.07	-15.12	0.014

Tabella 11.2.1.1-6 – Verifiche statiche SLE – Limitazione tensioni e fessurazione

Le verifiche a presso-flessione agli SLU e SLV, relative agli spessori dei rivestimenti in esame descritti precedentemente, riportano i risultati evidenziando come tutti i punti siano all'interno del dominio di resistenza M-N. Le verifiche risultano quindi soddisfatte.

#### Figura 145 –Sezioni di riferimento

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE  
STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI  
CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	78 di 100

<b>Md</b>	<b>Nd</b>	<b>Vd</b>
<b>[kNm/m]</b>	<b>[kN/m]</b>	<b>[kN/m]</b>
99.9	-184.0	90.1
-60.7	-178.4	65.6
-113.2	-481.4	143.5
-69.6	-343.8	-94.5
-127.8	-530.7	-85.6
-77.7	-351.9	-83.9
96.3	-307.0	175.2
35.5	-297.5	-96.1
-143.9	-319.2	-74.4
-73.0	-380.1	-61.9
-99.9	-247.2	95.3
-52.3	-239.6	45.2

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	79 di 100

Frame	OutputCase	M3 (M)	V2 (V)	P (N)	
Frame	Text	KN-m	kN	KN	
1	INV_SLU	99.9236	45.647	-184.049	MAX M
1		89.341	90.119	-188.341	MAX V
1					
1					
1					
1					
5	INV_SLU	-113.211	25.234	-481.382	MAX M
5		-30.3282	143.518	-277.643	MAX V
5					
5					
5					
5					
7	INV_SLU	-127.799	-85.553	-530.661	MAX M
7		-127.799	-85.553	-530.661	MAX V
7					
7					
7					
7					
10	INV_SLU	96.348	175.189	-307.04	MAX M
10		96.348	175.189	-307.04	MAX V
10					
10					
10					
10					
11	INV_SLU	-143.864	-74.39	-319.189	MAX M
11		-143.864	-74.39	-319.189	MAX V
11					
11					
11					
11					
29	INV_SLU	-99.8612	11.129	-352.825	MAX M
29		0.381	95.312	-247.169	MAX V
29					
29					
29					

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b></p>					
<p>U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO</p>	<p>COMMESSA RS3U</p>	<p>LOTTO 40</p>	<p>CODIFICA D 07 CL</p>	<p>DOCUMENTO GA 00 00 004</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 80 di 100</p>

*Tabella 11.2.1.1-7 – Output sap 200-SLU*



U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

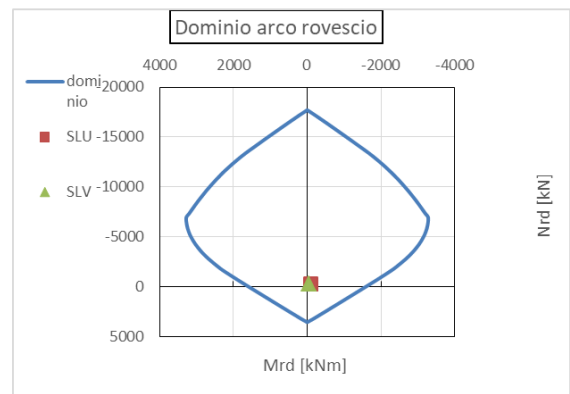
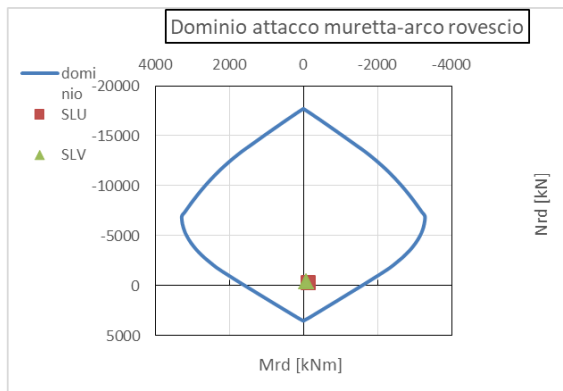
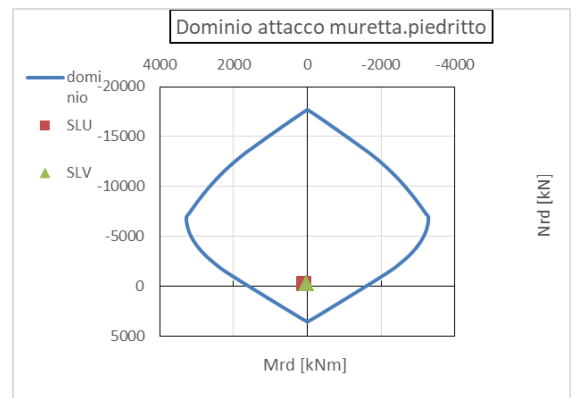
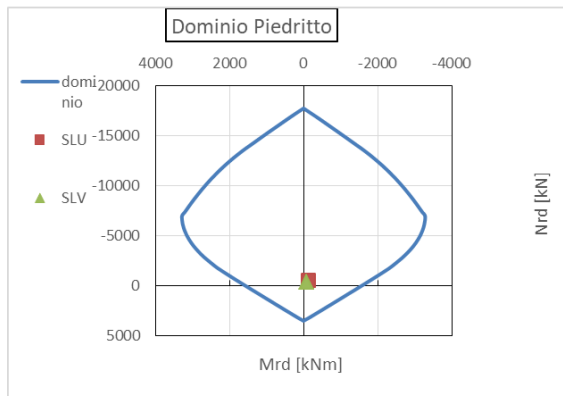
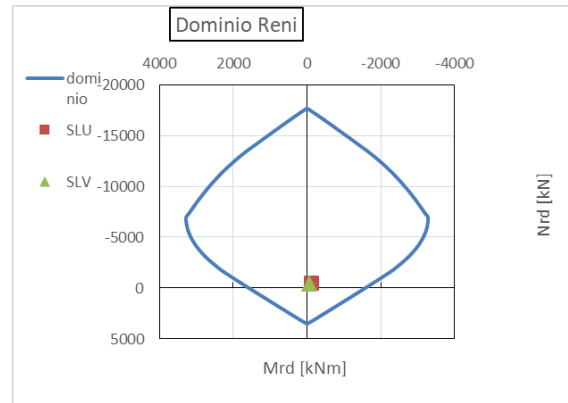
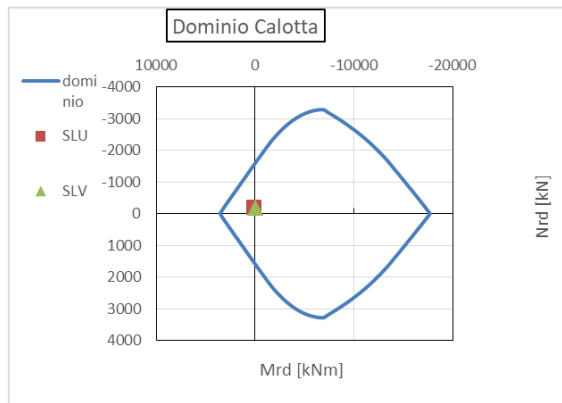
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	81 di 100

Frame	OutputCase	M3 (M)	V2 (V)	P (N)	
Frame	Text	KN-m	kN	KN	
1	INV-SLV	-60.7382	-33.596	-382.541	MAX M
1		36.5311	65.588	-178.448	MAX V
1					
1					
1					
1					
5	INV-SLV	-69.6237	-14.5	-343.774	MAX M
5		-44.2384	-94.512	-343.387	MAX V
5					
5					
5					
5					
7	INV-SLV	-77.7343	-83.862	-351.877	MAX M
7		-77.7343	-83.862	-351.877	MAX V
7					
7					
7					
7					
10	INV-SLV	35.4842	94.785	-297.477	MAX M
10		-8.6575	-96.118	-366.184	MAX V
10					
10					
10					
10					
11	INV-SLV	-72.9566	-58.56	-380.097	MAX M
11		-72.4802	-61.868	-378.511	MAX V
11					
11					
11					
11					
29	INV-SLV	-52.3196	0.575	-394.376	MAX M
29		41.8518	45.226	-239.558	MAX V
29					
29					
29					
29					

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	82 di 100

*Tabella 11.2.1.1-8 – Output sap 200-SLV*



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
	U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 004	REV. A

Tabella 11.2.1.1-9 – Domini pressoflessione

### Verifica a taglio

#### SLU

#### CALOTTA

Verifica Taglio -NT2008		
<b>Sollecitazioni</b>		
$V_{Ed-SLU}$	90.119	[kN]
$N_{Ed-SLU}$	184.049	[kN]
<b>Proprietà materiali strutturali</b>		
<b>Calcestruzzo</b>		
$f_{ck}$ (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
$f_{cd}$ (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
<b>Acciaio</b>		
$f_{yk}$ (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
$f_{yd}$ (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
<b>Geometria sezione di verifica</b>		
$b_w$ (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
$h$ (altezza sezione)	400	[mm]
<b>Armatura longitudinale</b>		
$n_s$ (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
$\Phi_s$ (diametro barre long.)	20	[mm]
$c$ (ricoprimento $A_s$ )	60	[mm]
$d$ (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	330	[mm]
$A_s$ (area dell'armatura long. tesa)	1571	[mm <sup>2</sup> ]
$\rho_l$ (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00476	[-]
$\sigma_{cp}$ (tensione di compressione) = $N_{Ed}/A_c$	0.46	[MPa]
<b>Verifica sezione non armata a taglio</b>		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	183.6	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	159.7	[kN]
$V_{Rd,0}$	183.6	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	0.49	[-]

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE  
 STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI  
 CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	84 di 100

<b>Armatura trasversale</b>		
$n_b$ (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
$\Phi_{sw}$ (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
$A_{sw}$ (area dell'armatura trasversale)	770	[mm <sup>2</sup> ]
$s$ (passo armatura trasversale)	300	[mm]
$\alpha$	90	[°]
$\theta$	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
<b>Verifica sezione armata a taglio</b>		
$V_{R_s,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	298	[kN]
$V_{R_c,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	1086	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{R_s,d}; V_{R_c,d})$	<b>298</b>	<b>[kN]</b>
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	<b>0.30</b>	<b>[-]</b>

RENI

<b>Verifica Taglio -NT2008</b>		
<b>Sollecitazioni</b>		
$V_{Ed-SLU}$	143.518	[kN]
$N_{Ed-SLU}$	481.382	[kN]
<b>Proprietà materiali strutturali</b>		
<b>Calcestruzzo</b>		
$f_{ck}$ (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
$f_{cd}$ (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
<b>Acciaio</b>		
$f_{yk}$ (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
$f_{yd}$ (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
<b>Geometria sezione di verifica</b>		
$b_w$ (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
$h$ (altezza sezione)	500	[mm]
<b>Armatura longitudinale</b>		
$n_s$ (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
$\Phi_s$ (diametro barre long.)	20	[mm]
$c$ (ricoprimento $A_s$ )	60	[mm]
$d$ (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s/2$	430	[mm]

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE  
 STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI  
 CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	85 di 100

$A_s$ (area dell'armatura long. tesa)	1571	[mm <sup>2</sup> ]
$\rho_l$ (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00365	[-]
$\sigma_{cp}$ (tensione di compressione) = $N_{Ed}/A_c$	0.96	[MPa]
<b>Verifica sezione non armata a taglio</b>		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	<b>243.5</b>	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	<b>226.2</b>	[kN]
$V_{Rd,0}$	<b>243.5</b>	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	<b>0.59</b>	[-]
<b>Armatura trasversale</b>		
$n_b$ (numero di bracci dell'armatura trasversale)	2.0	[-]
$\Phi_{sw}$ (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
$A_{sw}$ (area dell'armatura trasversale)	308	[mm <sup>2</sup> ]
$s$ (passo armatura trasversale)	300	[mm]
$\alpha$	90	[°]
$\theta$	45.0	
$1 \leq \cot \theta \leq 2.5$	1.00	[-]
<b>Verifica sezione armata a taglio</b>		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	155	[kN]
$V_{RC,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	1464	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{RC,d})$	<b>155</b>	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	<b>0.92</b>	[-]

**PIEDRITTO**

<b>Verifica Taglio -NT2008</b>			
<b>Sollecitazioni</b>			
$V_{Ed-SLU}$		85.553	[kN]
$N_{Ed-SLU}$		530.661	[kN]
<b>Proprietà materiali strutturali</b>			
<b>Calcestruzzo</b>			
$f_{ck}$ (resistenza caratteristica cls)		25.0	[MPa]
$f_{cd}$ (resistenza di progetto cls)		14.2	[MPa]
<b>Acciaio</b>			

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE  
 STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI  
 CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	86 di 100

$f_{yk}$ (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
$f_{yd}$ (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
<b>Geometria sezione di verifica</b>		
$b_w$ (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
$h$ (altezza sezione)	400	[mm]
<b>Armatura longitudinale</b>		
$n_s$ (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
$\Phi_s$ (diametro barre long.)	24	[mm]
$c$ (ricoprimento $A_s$ )	60	[mm]
$d$ (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	328	[mm]
$A_s$ (area dell'armatura long. tesa)	2262	[mm <sup>2</sup> ]
$\rho_l$ (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00690	[-]
$\sigma_{cp}$ (tensione di compressione) = $N_{Ed}/A_c$	1.33	[MPa]
<b>Verifica sezione non armata a taglio</b>		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	246.4	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	201.7	[kN]
$V_{Rd,0}$	246.4	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	0.35	[-]
<b>Armatura trasversale</b>		
$n_b$ (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
$\Phi_{sw}$ (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
$A_{sw}$ (area dell'armatura trasversale)	770	[mm <sup>2</sup> ]
$s$ (passo armatura trasversale)	300	[mm]
$\alpha$	90	[°]
$\theta$	38.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.28	[-]
<b>Verifica sezione armata a taglio</b>		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	379	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	1109	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	379	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.23	[-]

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE  
 STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI  
 CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	87 di 100

Verifica Taglio -NT2008		
<b>Sollecitazioni</b>		
$V_{Ed-SLU}$	175.189	[kN]
$N_{Ed-SLU}$	307.04	[kN]
<b>Proprietà materiali strutturali</b>		
<b>Calcestruzzo</b>		
$f_{ck}$ (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
$f_{cd}$ (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
<b>Acciaio</b>		
$f_{yk}$ (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
$f_{yd}$ (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
<b>Geometria sezione di verifica</b>		
$b_w$ (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
$h$ (altezza sezione)	400	[mm]
<b>Armatura longitudinale</b>		
$n_s$ (numero di barre long. in zona tesa)	10	[-]
$\Phi_s$ (diametro barre long.)	24	[mm]
$c$ (ricoprimento $A_s$ )	60	[mm]
$d$ (altezza utile sezione) = $h-c-\Phi_s/2$	328	[mm]
$A_s$ (area dell'armatura long. tesa)	4524	[mm <sup>2</sup> ]
$\rho_l$ (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.01379	[-]
$\sigma_{cp}$ (tensione di compressione) = $N_{Ed}/A_c$	0.77	[MPa]
<b>Verifica sezione non armata a taglio</b>		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	265.9	[kN]
$(V_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	174.2	[kN]
$V_{Rd,0}$	265.9	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	0.66	[-]
<b>Armatura trasversale</b>		
$n_b$ (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
$\Phi_{sw}$ (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
$A_{sw}$ (area dell'armatura trasversale)	770	[mm <sup>2</sup> ]
$s$ (passo armatura trasversale)	300	[mm]
$\alpha$	90	[°]
$\theta$	38.0	

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE  
 STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI  
 CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	88 di 100

$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.28	[-]
<b>Verifica sezione armata a taglio</b>		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	379	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	1069	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	<b>379</b>	<b>[kN]</b>
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	<b>0.46</b>	[-]

**ATTACCO MURETTA-ARCO ROVESCIO**

<b>Verifica Taglio -NT2008</b>		
<b>Sollecitazioni</b>		
$V_{Ed-SLU}$	74.39	[kN]
$N_{Ed-SLU}$	319.189	[kN]
<b>Proprietà materiali strutturali</b>		
<b>Calcestruzzo</b>		
$f_{ck}$ (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
$f_{cd}$ (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
<b>Acciaio</b>		
$f_{yk}$ (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
$f_{yd}$ (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
<b>Geometria sezione di verifica</b>		
$b_w$ (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
$h$ (altezza sezione)	400	[mm]
<b>Armatura longitudinale</b>		
$n_s$ (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
$\Phi_s$ (diametro barre long.)	20	[mm]
$c$ (ricompimento $A_s$ )	60	[mm]
$d$ (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s/2$	330	[mm]
$A_s$ (area dell'armatura long. tesa)	1571	[mm <sup>2</sup> ]
$\rho_l$ (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00476	[-]
$\sigma_{cp}$ (tensione di compressione) = $N_{Ed}/A_c$	0.80	[MPa]
<b>Verifica sezione non armata a taglio</b>		
$\{0.18 * k * (100 * \rho_l * f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 * \sigma_{cp}\} * b_w * d$	<b>200.3</b>	[kN]
$(v_{\min} + 0.15 * \sigma_{cp}) * b_w * d$	<b>176.5</b>	[kN]



U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE  
 STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI  
 CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	89 di 100

$V_{Rd,0}$	<b>200.3</b>	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	<b>0.37</b>	[-]
<b>Armatura trasversale</b>		
$n_b$ (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
$\Phi_{sw}$ (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
$A_{sw}$ (area dell'armatura trasversale)	770	[mm <sup>2</sup> ]
$s$ (passo armatura trasversale)	300	[mm]
$\alpha$	90	[°]
$\theta$	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
<b>Verifica sezione armata a taglio</b>		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	298	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	1111	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	<b>298</b>	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	<b>0.25</b>	[-]

## ARCO ROVESCIO

<b>Verifica Taglio -NT2008</b>		
<b>Sollecitazioni</b>		
$V_{Ed-SLU}$	95.3	[kN]
$N_{Ed-SLU}$	247.2	[kN]
<b>Proprietà materiali strutturali</b>		
<b>Calcestruzzo</b>		
$f_{ck}$ (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
$f_{cd}$ (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
<b>Acciaio</b>		
$f_{yk}$ (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
$f_{yd}$ (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
<b>Geometria sezione di verifica</b>		
$b_w$ (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
$h$ (altezza sezione)	400	[mm]
<b>Armatura longitudinale</b>		

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE  
 STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI  
 CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	90 di 100

$n_s$ (numero di barre long. in zona tesa)	7	[-]
$\Phi_s$ (diametro barre long.)	24	[mm]
c (ricoprimento $A_s$ )	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h-c-\Phi_s/2$	328	[mm]
$A_s$ (area dell'armatura long. tesa)	3167	[mm <sup>2</sup> ]
$\rho_l$ (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00965	[-]
$\sigma_{cp}$ (tensione di compressione) = $N_{Ed}/A_c$	0.62	[MPa]
<b>Verifica sezione non armata a taglio</b>		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	<b>233.0</b>	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	<b>166.8</b>	[kN]
$V_{Rd,0}$	<b>233.0</b>	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	<b>0.41</b>	[-]
<b>Armatura trasversale</b>		
$n_b$ (numero di bracci dell'armatura trasversale)	2.0	[-]
$\Phi_{sw}$ (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
$A_{sw}$ (area dell'armatura trasversale)	308	[mm <sup>2</sup> ]
s (passo armatura trasversale)	200	[mm]
$\alpha$	90	[°]
$\theta$	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
<b>Verifica sezione armata a taglio</b>		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	178	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	1091	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	<b>178</b>	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	<b>0.54</b>	[-]

### SLV

### CALOTTA

Verifica Taglio -NT2008		
<b>Sollecitazioni</b>		
$V_{Ed-SLU}$	65.59	[kN]
$N_{Ed-SLU}$	178.4	[kN]
<b>Proprietà materiali strutturali</b>		

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE  
 STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI  
 CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	91 di 100

<b>Calcestruzzo</b>		
$f_{ck}$ (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
$f_{cd}$ (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
<b>Acciaio</b>		
$f_{yk}$ (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
$f_{yd}$ (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
<b>Geometria sezione di verifica</b>		
$b_w$ (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
$h$ (altezza sezione)	400	[mm]
<b>Armatura longitudinale</b>		
$n_s$ (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
$\Phi_s$ (diametro barre long.)	20	[mm]
$c$ (ricoprimento $A_s$ )	60	[mm]
$d$ (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	330	[mm]
$A_s$ (area dell'armatura long. tesa)	1571	[mm <sup>2</sup> ]
$\rho_l$ (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00476	[-]
$\sigma_{cp}$ (tensione di compressione) = $N_{Ed}/A_c$	0.45	[MPa]
<b>Verifica sezione non armata a taglio</b>		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	<b>182.9</b>	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	<b>159.1</b>	[kN]
$V_{Rd,0}$	<b>182.9</b>	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	<b>0.36</b>	[-]
<b>Armatura trasversale</b>		
$n_b$ (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
$\Phi_{sw}$ (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
$A_{sw}$ (area dell'armatura trasversale)	770	[mm <sup>2</sup> ]
$s$ (passo armatura trasversale)	300	[mm]
$\alpha$	90	[°]
$\theta$	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
<b>Verifica sezione armata a taglio</b>		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	298	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	1085	[kN]

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE  
 STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI  
 CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	92 di 100

$V_{Rd} = \min (V_{Rs,d} ; V_{Rc,d})$	<b>298</b>	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	<b>0.22</b>	[-]

**RENI**

Verifica Taglio -NT2008		
<b>Sollecitazioni</b>		
$V_{Ed-SLU}$	94.51	[kN]
$N_{Ed-SLU}$	343.77	[kN]
<b>Proprietà materiali strutturali</b>		
<b>Calcestruzzo</b>		
$f_{ck}$ (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
$f_{cd}$ (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
<b>Acciaio</b>		
$f_{yk}$ (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
$f_{yd}$ (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
<b>Geometria sezione di verifica</b>		
$b_w$ (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
$h$ (altezza sezione)	500	[mm]
<b>Armatura longitudinale</b>		
$n_s$ (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
$\Phi_s$ (diametro barre long.)	20	[mm]
$c$ (ricoprimento $A_s$ )	60	[mm]
$d$ (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	430	[mm]
$A_s$ (area dell'armatura long. tesa)	1571	[mm <sup>2</sup> ]
$\rho_l$ (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00365	[-]
$\sigma_{cp}$ (tensione di compressione) = $N_{Ed}/A_c$	0.69	[MPa]
<b>Verifica sezione non armata a taglio</b>		
$\{0.18 * k * (100 * \rho_l * f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 * \sigma_{cp}\} * b_w * d$	<b>225.8</b>	[kN]
$(v_{min} + 0.15 * \sigma_{cp}) * b_w * d$	<b>208.5</b>	[kN]
$V_{Rd,0}$	<b>225.8</b>	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	<b>0.42</b>	[-]

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE  
 STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI  
 CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	93 di 100

<b>Armatura trasversale</b>		
$n_b$ (numero di bracci dell'armatura trasversale)	2.0	[-]
$\Phi_{sw}$ (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
$A_{sw}$ (area dell'armatura trasversale)	308	[mm <sup>2</sup> ]
$s$ (passo armatura trasversale)	300	[mm]
$\alpha$	90	[°]
$\theta$	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
<b>Verifica sezione armata a taglio</b>		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	155	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	1437	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	<b>155</b>	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	<b>0.61</b>	[-]

**PIEDRITTO**

<b>Verifica Taglio -NT2008</b>		
<b>Sollecitazioni</b>		
$V_{Ed-SLU}$	83.86	[kN]
$N_{Ed-SLU}$	351.9	[kN]
<b>Proprietà materiali strutturali</b>		
<b>Calcestruzzo</b>		
$f_{ck}$ (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
$f_{cd}$ (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
<b>Acciaio</b>		
$f_{yk}$ (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
$f_{yd}$ (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
<b>Geometria sezione di verifica</b>		
$b_w$ (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
$h$ (altezza sezione)	400	[mm]
<b>Armatura longitudinale</b>		
$n_s$ (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
$\Phi_s$ (diametro barre long.)	24	[mm]
$c$ (ricoprimento $A_s$ )	60	[mm]

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE  
 STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI  
 CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	94 di 100

$d$ (altezza utile sezione) = $h-c-\Phi_s/2$	328	[mm]
$A_s$ (area dell'armatura long. tesa)	2262	[mm <sup>2</sup> ]
$\rho_l$ (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00690	[-]
$\sigma_{cp}$ (tensione di compressione) = $N_{Ed}/A_c$	0.88	[MPa]
<b>Verifica sezione non armata a taglio</b>		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	<b>224.4</b>	[kN]
$(v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	<b>179.7</b>	[kN]
$V_{Rd,0}$	<b>224.4</b>	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	<b>0.37</b>	[-]
<b>Armatura trasversale</b>		
$n_b$ (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
$\Phi_{sw}$ (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
$A_{sw}$ (area dell'armatura trasversale)	770	[mm <sup>2</sup> ]
$s$ (passo armatura trasversale)	300	[mm]
$\alpha$	90	[°]
$\theta$	38.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.28	[-]
<b>Verifica sezione armata a taglio</b>		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	379	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	1077	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	<b>379</b>	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	<b>0.22</b>	[-]

**ATTACCO MURETTA-PIEDRITTO**

<b>Verifica Taglio -NT2008</b>		
<b>Sollecitazioni</b>		
$V_{Ed-SLU}$	96.12	[kN]
$N_{Ed-SLU}$	297.5	[kN]
<b>Proprietà materiali strutturali</b>		
<b>Calcestruzzo</b>		
$f_{ck}$ (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
$f_{cd}$ (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE  
 STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI  
 CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	95 di 100

<b>Acciaio</b>		
$f_{yk}$ (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
$f_{yd}$ (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
<b>Geometria sezione di verifica</b>		
$b_w$ (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
$h$ (altezza sezione)	400	[mm]
<b>Armatura longitudinale</b>		
$n_s$ (numero di barre long. in zona tesa)	10	[-]
$\Phi_s$ (diametro barre long.)	24	[mm]
$c$ (ricoprimento $A_s$ )	60	[mm]
$d$ (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	328	[mm]
$A_s$ (area dell'armatura long. tesa)	4524	[mm <sup>2</sup> ]
$\rho_l$ (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.01379	[-]
$\sigma_{cp}$ (tensione di compressione) = $N_{Ed} / A_c$	0.74	[MPa]
<b>Verifica sezione non armata a taglio</b>		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	<b>264.7</b>	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	<b>173.0</b>	[kN]
$V_{Rd,0}$	<b>264.7</b>	[kN]
$V_{Ed} / V_{Rd,0} \leq 1$	<b>0.36</b>	[-]
<b>Armatura trasversale</b>		
$n_b$ (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
$\Phi_{sw}$ (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
$A_{sw}$ (area dell'armatura trasversale)	770	[mm <sup>2</sup> ]
$s$ (passo armatura trasversale)	300	[mm]
$\alpha$	90	[°]
$\theta$	38.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.28	[-]
<b>Verifica sezione armata a taglio</b>		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	379	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	1068	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	<b>379</b>	[kN]
$V_{Ed} / V_{Rd} \leq 1$	<b>0.25</b>	[-]

U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	96 di 100

ATTACCO MURETTA-ARCO ROVESCIO

Verifica Taglio -NT2008		
<b>Sollecitazioni</b>		
$V_{Ed,SLU}$	61.87	[kN]
$N_{Ed,SLU}$	380.1	[kN]
<b>Proprietà materiali strutturali</b>		
<b>Calcestruzzo</b>		
$f_{ck}$ (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
$f_{cd}$ (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
<b>Acciaio</b>		
$f_{yk}$ (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
$f_{yd}$ (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
<b>Geometria sezione di verifica</b>		
$b_w$ (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
$h$ (altezza sezione)	400	[mm]
<b>Armatura longitudinale</b>		
$n_s$ (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
$\Phi_s$ (diametro barre long.)	20	[mm]
$c$ (ricoprimento $A_s$ )	60	[mm]
$d$ (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	330	[mm]
$A_s$ (area dell'armatura long. tesa)	1571	[mm <sup>2</sup> ]
$\rho_l$ (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00476	[-]
$\sigma_{cp}$ (tensione di compressione) = $N_{Ed}/A_c$	0.95	[MPa]
<b>Verifica sezione non armata a taglio</b>		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	207.8	[kN]
$(V_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	184.0	[kN]
$V_{Rd,0}$	207.8	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	0.30	[-]
<b>Armatura trasversale</b>		
$n_b$ (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
$\Phi_{sw}$ (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
$A_{sw}$ (area dell'armatura trasversale)	770	[mm <sup>2</sup> ]



U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE  
 STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI  
 CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 004	A	97 di 100

s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
$\alpha$	90	[°]
$\theta$	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
<b>Verifica sezione armata a taglio</b>		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	298	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	1122	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	<b>298</b>	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	<b>0.21</b>	[-]

**ARCO ROVESCIO**

<b>Verifica Taglio -NT2008</b>		
<b>Sollecitazioni</b>		
$V_{Ed-SLU}$	45.23	[kN]
$N_{Ed-SLU}$	239.6	[kN]
<b>Proprietà materiali strutturali</b>		
<b>Calcestruzzo</b>		
$f_{ck}$ (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
$f_{cd}$ (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
<b>Acciaio</b>		
$f_{yk}$ (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
$f_{yd}$ (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
<b>Geometria sezione di verifica</b>		
$b_w$ (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
$h$ (altezza sezione)	400	[mm]
<b>Armatura longitudinale</b>		
$n_s$ (numero di barre long. in zona tesa)	7	[-]
$\Phi_s$ (diametro barre long.)	24	[mm]
$c$ (ricoprimento $A_s$ )	60	[mm]
$d$ (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s/2$	328	[mm]
$A_s$ (area dell'armatura long. tesa)	3167	[mm <sup>2</sup> ]
$\rho_l$ (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00965	[-]

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
	U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 004	REV. A

$\sigma_{cp}$ (tensione di compressione) = $N_{Ed}/A_c$	0.60	[MPa]
<b>Verifica sezione non armata a taglio</b>		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	232.0	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	165.9	[kN]
$V_{Rd,0}$	232.0	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	0.19	[-]
<b>Armatura trasversale</b>		
$n_b$ (numero di bracci dell'armatura trasversale)	2.0	[-]
$\Phi_{sw}$ (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
$A_{sw}$ (area dell'armatura trasversale)	308	[mm <sup>2</sup> ]
$s$ (passo armatura trasversale)	200	[mm]
$\alpha$	90	[°]
$\theta$	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
<b>Verifica sezione armata a taglio</b>		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	178	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	1090	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	178	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.25	[-]

## 12 MONITORAGGIO

Per il monitoraggio delle opere di imbocco della finestra Monte Stretto si prevede l'installazione della seguente strumentazione:

- per il controllo degli spostamenti indotti sulle paratie: mire ottiche sul cordolo della paratia frontale, mire ottiche sui cordoli delle paratie laterali e delle paratie di risvolto;

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 004	REV. A	FOGLIO 99 di 100

- monitoraggio dei tiranti (per entrambi i lati dello scavo) mediante celle di carico;
- monitoraggio degli spostamenti indotti dallo scavo sui tiranti mediante chiodi per la misura topografica 3D in corrispondenza della testa del tirante dotata di cella di carico;
- monitoraggio piezometrico per la misura della variazione della quota di falda nelle aree prospicienti alle paratie di imbocco;

Per quanto riguarda l'ubicazione e le frequenze di letture della strumentazione di monitoraggio, si rimanda agli specifici elaborati generali.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</b>					
U/A LATERALE PEDONALE F1 – GALLERIA MONTE STRETTO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 004	REV. A	FOGLIO 100 di 100

### 13 CONCLUSIONI

Nella presente relazione di calcolo, sono state analizzate le problematiche progettuali connesse alla realizzazione delle opere di sostegno dell'imbocco della finestra Monte Stretto, facente parte dei lavori di costruzione del nuovo collegamento ferroviario Palermo- Catania ( Lotto 3).

Le verifiche strutturali e geotecniche delle opere d'imbocco, eseguite in accordo con la vigente Normativa NTC2018, hanno confermato la validità della soluzione tecnica progettuale proposta in tale sede per quanto riguarda le opere d'imbocco.