

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



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

U.O. GALLERIE

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)

**GALLERIA SALSO
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 002 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/ Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	ROCKSOIL	Gennaio 2020	S. Vagnozzi	Gennaio 2020	A. Barreca	Gennaio 2020	ITALFERR S.p.A. U.O. GALLERIE Cott. Ing. Alessandra Scioia Cultura negli Ingegneri di Roma n° 198/46 A. Scioia Febbraio 2020
B	EMISSIONE ESECUTIVA	ROCKSOIL	Febbraio 2020	S. Vagnozzi	Febbraio 2020	A. Barreca	Febbraio 2020	


File: RS3U40D07CLGA0000002B.doc

n. Elab.: 07_71


 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</p>												
<p>GALLERIA SALSO - 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 00 002</td> <td>B</td> <td>2 di 354</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 002	B	2 di 354
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 002	B	2 di 354								

INDICE


1	PREMESSA	5
2	SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO	5
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
4	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
5	DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO	6
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	10
7.3.1	<i>Caratterizzazione geotecnica imbocco lato Palermo</i>	10
7.3.2	<i>Caratterizzazione geotecnica imbocco lato Catania</i>	19
7.3.3	<i>Definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici utilizzati nelle analisi</i>	19
7.3.4	<i>Il regime idraulico</i>	20
7.4	CARATTERISTICHE DEL SITO E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA	20
8	SOLUZIONI PROGETTUALI	23
8.1	IMBOCCO SALSO LATO PALERMO	23
8.1.1	<i>Opere di sostegno</i>	23
8.1.2	<i>Galleria artificiale</i>	23
8.2	IMBOCCO SALSO LATO CATANIA	24
8.2.1	<i>Opere di sostegno</i>	24
8.2.2	<i>Galleria artificiale</i>	24
9	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI	25

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</p>												
<p>GALLERIA SALSO - 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 00 002</td> <td>B</td> <td>3 di 354</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 002	B	3 di 354
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 002	B	3 di 354								

10	CRITERI DI VERIFICA DELLE OPERE.....	27
10.1	OPERE DI SOSTEGNO.....	27
10.1.1	<i>Azioni</i>	27
10.1.2	<i>Approcci progettuali e metodi di verifica</i>	27
10.1.3	<i>Tiranti di ancoraggio</i>	29
10.1.4	<i>Stabilità globale</i>	30
10.2	GALLERIE ARTIFICIALI	31
10.2.1	<i>Azioni</i>	31
10.2.2	<i>Approcci progettuali e metodi di verifica</i>	31
11	VERIFICA DELLE OPERE DELL'IMBOCCO SALSO LATO OVEST	35
11.1	OPERE DI SOSTEGNO.....	35
11.1.1	<i>Sezione 1: paratia frontale H=32m</i>	36
11.1.1.1	<i>GEOMETRIA E PARAMETRI GEOTECNICI DEL MODELLO</i>	37
11.1.1.2	<i>FASI DI CALCOLO</i>	38
11.1.1.3	<i>RISULTATI DELLE ANALISI E VERIFICHE</i>	39
11.1.2	<i>Sezione 2 – paratia di pali laterale H=26 m</i>	53
11.1.2.1	<i>GEOMETRIA E PARAMETRI GEOTECNICI DEL MODELLO</i>	53
11.1.2.2	<i>FASI DI CALCOLO</i>	55
11.1.2.3	<i>RISULTATI DELLE ANALISI E VERIFICHE</i>	55
11.1.3	<i>Sezione 3 – paratia di pali laterale H=23 m</i>	70
11.1.3.1	<i>GEOMETRIA E PARAMETRI GEOTECNICI DEL MODELLO</i>	71
11.1.3.2	<i>FASI DI CALCOLO</i>	73
11.1.3.3	<i>RISULTATI DELLE ANALISI E VERIFICHE</i>	73
11.2	GALLERIA ARTIFICIALE	88
11.2.1	<i>Risultati e verifiche strutturali</i>	129

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</p>					
<p>GALLERIA SALSO - 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 00 002</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 4 di 354</p>

11.2.1.1	SEZIONE 1 – CONCIO D’ATTACCO	144
11.2.1.2	SEZIONE 2 – GALLERIA ARTIFICIALE.....	168
12	VERIFICHE DELLE OPERE DELL’IMBOCCO SALSO LATO EST.....	192
12.1	OPERE DI SOSTEGNO.....	192
12.1.1	Sezione 1: paratia frontale H=35m.....	194
12.1.1.1	GEOMETRIA E PARAMETRI GEOTECNICI DEL MODELLO	194
12.1.1.2	FASI DI CALCOLO.....	196
12.1.1.3	RISULTATI DELLE ANALISI E VERIFICHE.....	196
12.1.2	Sezione 2 – paratia di pali laterale H=31 m.....	211
12.1.2.1	GEOMETRIA E PARAMETRI GEOTECNICI DEL MODELLO	211
12.1.2.2	FASI DI CALCOLO.....	213
12.1.2.3	RISULTATI DELLE ANALISI E VERIFICHE.....	213
12.1.3	Sezione 3 – paratia di pali laterale H=23 m.....	229
12.1.3.1	GEOMETRIA E PARAMETRI GEOTECNICI DEL MODELLO	230
12.1.3.2	FASI DI CALCOLO.....	232
12.1.3.3	RISULTATI DELLE ANALISI E VERIFICHE.....	232
12.2	GALLERIA ARTIFICIALE.....	249
12.2.1	Risultati e verifiche strutturali	289
12.2.1.1	SEZIONE 1 – CONCIO D’ATTACCO	304
12.2.1.2	SEZIONE 2 – GALLERIA ARTIFICIALE.....	328
13	MONITORAGGIO	353
14	CONCLUSIONI.....	354

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 5 di 354

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).

L'intervento è realizzato in variante di tracciato rispetto alla linea esistente, con la quale presenta interconnessioni negli attuali impianti di Caltanissetta Xirbi (4a).

2 SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO

Nella presente relazione si illustrano le soluzioni progettuali relative alle opere di imbocco della galleria Salso facente parte del nuovo collegamento Palermo-Catania, 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] Italfer - 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 RS3U40D07CLGN0200001A “Galleria Salso - Relazione geotecnica e di calcolo” Gennaio 2020;
- Rif. [7] U.O. Geologia – “Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica” Gennaio 2020;

GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 002	B	6 di 354

5 DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO


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
ELABORATI GENERALI																							
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
GALLERIA SALSO																							
07_70	Relazione geotecnica e di calcolo	-	R	S	3	U	4	0	D	0	7	C	L	G	N	0	2	0	0	0	0	1	A
07_71	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	2	A
07_72	Profilo Geotecnico	1:5000/500	R	S	3	U	4	0	D	0	7	F	5	G	N	0	2	0	0	0	0	1	B
07_73	Planimetria ubicazione nicchie	1:1000	R	S	3	U	4	0	D	0	7	P	7	G	N	0	2	0	0	0	0	1	A
GALLERIA SALSO - IMBOCCO LATO PALERMO																							
07_74	Fase provvisoria - Planimetria e profilo longitudinale	1:200	R	S	3	U	4	0	D	0	7	L	9	G	I	0	3	0	0	0	0	1	A
07_75	Fase provvisoria - Sezioni caratteristiche	1:200	R	S	3	U	4	0	D	0	7	W	9	G	I	0	3	0	0	0	0	1	A
07_76	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	3	0	0	0	0	1	A
07_77	Sistemazione definitiva - Planimetria e profilo longitudinale	1:200	R	S	3	U	4	0	D	0	7	L	9	G	A	0	5	0	0	0	0	1	B
07_78	Sistemazione definitiva - Sezioni caratteristiche	1:200	R	S	3	U	4	0	D	0	7	W	9	G	A	0	5	0	0	0	0	1	B
07_79	Dima e concio d'attacco - Scavo e consolidamenti	1:50	R	S	3	U	4	0	D	0	7	B	B	G	I	0	3	0	0	0	0	1	A
07_80	Galleria artificiale policentrica - Carpenteria - Tav. 1 di 2	1:50	R	S	3	U	4	0	D	0	7	B	B	G	A	0	5	0	0	0	0	1	A
07_81	Galleria artificiale policentrica - Carpenteria - Tav. 2 di 2	1:50	R	S	3	U	4	0	D	0	7	B	B	G	A	0	5	0	0	0	0	2	A
07_82	Portale di imbocco - Carpenteria	1:50	R	S	3	U	4	0	D	0	7	B	B	G	A	0	5	0	0	0	0	3	A
07_83	Muri in c.a. - Carpenteria	1:50	R	S	3	U	4	0	D	0	7	B	B	G	A	0	5	0	0	0	0	4	A
GALLERIA SALSO - IMBOCCO LATO CATANIA																							
07_84	Fase provvisoria - Planimetria e profilo longitudinale	1:200	R	S	3	U	4	0	D	0	7	L	9	G	I	0	4	0	0	0	0	1	A
07_85	Fase provvisoria - Sezioni caratteristiche	1:200	R	S	3	U	4	0	D	0	7	W	9	G	I	0	4	0	0	0	0	1	A
07_86	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	4	0	0	0	0	1	A
07_87	Sistemazione definitiva - Planimetria e profilo longitudinale	1:200	R	S	3	U	4	0	D	0	7	L	9	G	A	0	6	0	0	0	0	1	B
07_88	Sistemazione definitiva - Sezioni caratteristiche	1:200	R	S	3	U	4	0	D	0	7	W	9	G	A	0	6	0	0	0	0	1	B
07_89	Dima e concio d'attacco - Scavo e consolidamenti	1:50	R	S	3	U	4	0	D	0	7	B	B	G	I	0	4	0	0	0	0	1	A
07_90	Galleria artificiale policentrica - Carpenteria - Tav. 1 di 2	1:50	R	S	3	U	4	0	D	0	7	B	B	G	A	0	6	0	0	0	0	1	A
07_91	Galleria artificiale policentrica - Carpenteria - Tav. 2 di 2	1:50	R	S	3	U	4	0	D	0	7	B	B	G	A	0	6	0	0	0	0	2	A
07_92	Portale di imbocco - Carpenteria	1:50	R	S	3	U	4	0	D	0	7	B	B	G	A	0	6	0	0	0	0	3	A
07_93	Muri in c.a. - Carpenteria	1:50	R	S	3	U	4	0	D	0	7	B	B	G	A	0	5	0	0	0	0	4	A

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.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 7 di 354

La galleria Salso è costituita da un tratto in naturale di 3735.70 m e da due tratti in artificiale in corrispondenza dei due imbocchi (lato Palermo e lato Catania) di lunghezza complessiva pari a 39.58 m per l'imbocco lato Palermo e pari a 71.40 m per l'imbocco lato Catania. L'opera interessa 2 tbm entranti sul lato Catania ed estratte dal lato Palermo; essa pertanto un tratto di lunghezza complessiva pari a 3846.68 m, dal km 7+701.82 al km 11+548.50. Partendo dall'imbocco lato Palermo, posto ad una quota di 318.30 m s.l.m., il tracciato procede in salita con pendenza del 5.5%, fino a raggiungere l'imbocco lato Catania, posto ad una quota di 338.63 m s.l.m.. Il tracciato prevede il passaggio in punti a basse coperture, in corrispondenza delle progressive km 8+260 circa. Lo scavo viene effettuato all'interno della litologia del TRV (e nel tratto in cui si attraversa TRVa e AV) con metodo meccanizzato per tutta la lunghezza della galleria. La copertura massima è di circa 200 metri.

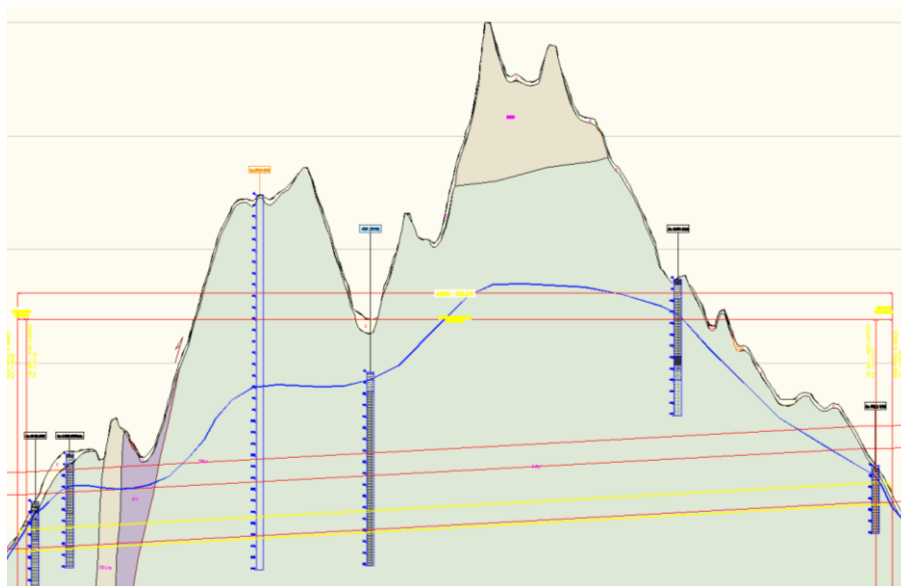



Figura 1 - Profilo galleria Salso

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 Salso.

7.1 Inquadramento geologico

Assetto geologico

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 8 di 354

Imbocco lato Palermo

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 7 m ca. (gli spessori maggiori si registrano a monte dell'imbocco).

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 2 m ca. Al piede del pendio, presso il raccordo con la piana alluvionale del Fiume Morello, sono presenti alcuni accumuli di materiale detritico-colluviale che possono verosimilmente raggiungere uno spessore di alcuni metri.

Assetto geomorfologico

Imbocco lato Palermo

Dal punto di vista geomorfologico non sono presenti elementi di particolare criticità per le opere in progetto. L'imbocco si colloca in un settore di raccordo tra il grande terrazzo alluvionale del F. Salso e un versante colto, solcato da alcuni impluvi abbastanza marcati, talora con sponde interessate da fenomeni di erosione superficiale diffusa.

L'intero versante è interessato da processi di soliflusso a carico dello strato di terreno agrario e/o della coltre eluvio-colluviale.

Imbocco lato Catania

L'imbocco è inserito sul versante destro idrografico della valle del Fiume Morello, in corrispondenza di una dorsale collinare che si raccorda indisturbata alla piana alluvionale.

I versanti sono localmente interessati da fenomeni di soliflusso a carico della coltre eluvio-colluviale ma non si riscontra la presenza di dissesti.

Per una dettagliata descrizione del modello geologico del sito si rimanda al documento "Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica" (Rif. [7]).

7.2 Indagini geotecniche


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

- 4a-GN2-S07
- 4a- S24

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

4a-GN2-S07:

- Profondità di indagine 40 m;

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</p>					
<p>GALLERIA SALSO - 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 00 002</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 9 di 354</p>

- 1 Log stratigrafico;
- Campioni Indisturbati (6);
- Campioni Rimaneggiati (3);
- Prove S.P.T. (8);
- Prove di permeabilità Lefranc (2);
- Prove dilatometriche (1);
- Prove pressiometriche (1);
- Cella di casagrande;

4a-S24:

- Profondità di indagine 40 m;
- Log stratigrafico;
- Prova di permeabilità (3);
- Prova dilatometrica (2);
- Prove SPT (11);
- Campioni indisturbati (7);
- Campioni rimaneggiati (1);
- Prova Down-Hole.

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

- 4a-GN2-S10
- 4a-V04

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

4a-GN2-S10:

- Profondità di indagine 30 m;
- 1 Log stratigrafico;
- Campioni Indisturbati (3);
- Campioni Rimaneggiati (2);
- Prove SPT (8);
- Prove di permeabilità Lefranc (2);
- Prove Dilatometriche (2);
- Cella di Casagrande;

4a-V04:

- Profondità di indagine 30 m;
- Log stratigrafico;

- Prova SPT (9);
- Prova di permeabilità (2);
- Campioni indisturbati (5);
- Campioni rimaneggiati (3);
- Piezometro Norton.

7.3 Caratterizzazione e modellazione geotecnica

I risultati delle indagini geotecniche, in sito 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 Salso – Profilo Geotecnico" (Rif.).

7.3.1 Caratterizzazione geotecnica imbocco lato Palermo

L'imbocco lato Palermo della galleria Salso 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.

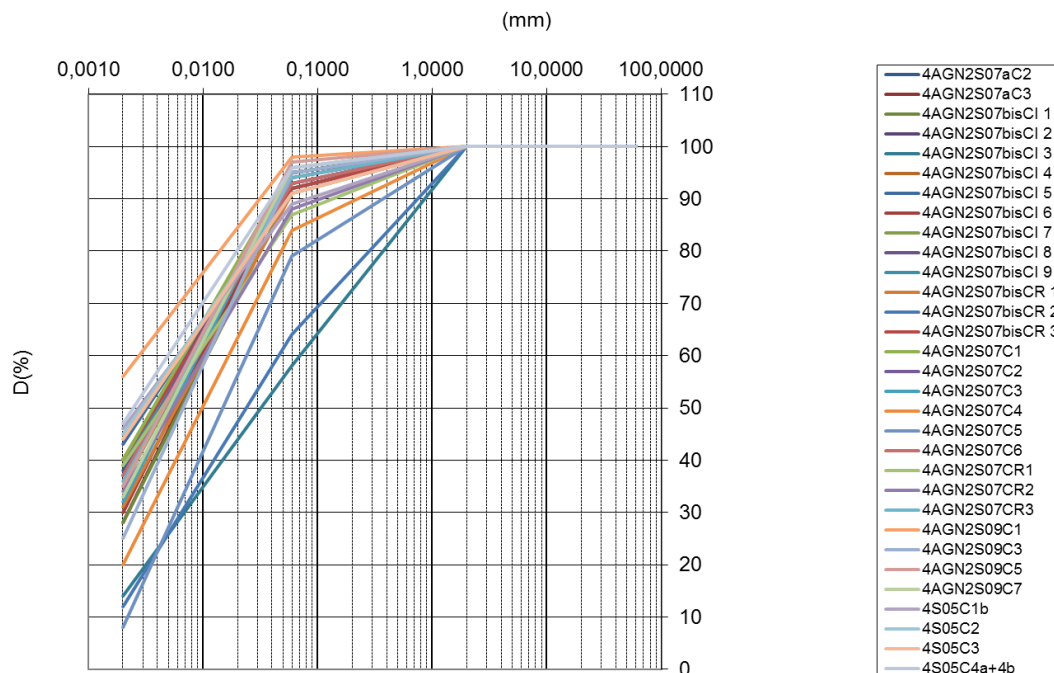


Figura 2: Galleria Salso – TRV – fuso granulometrico

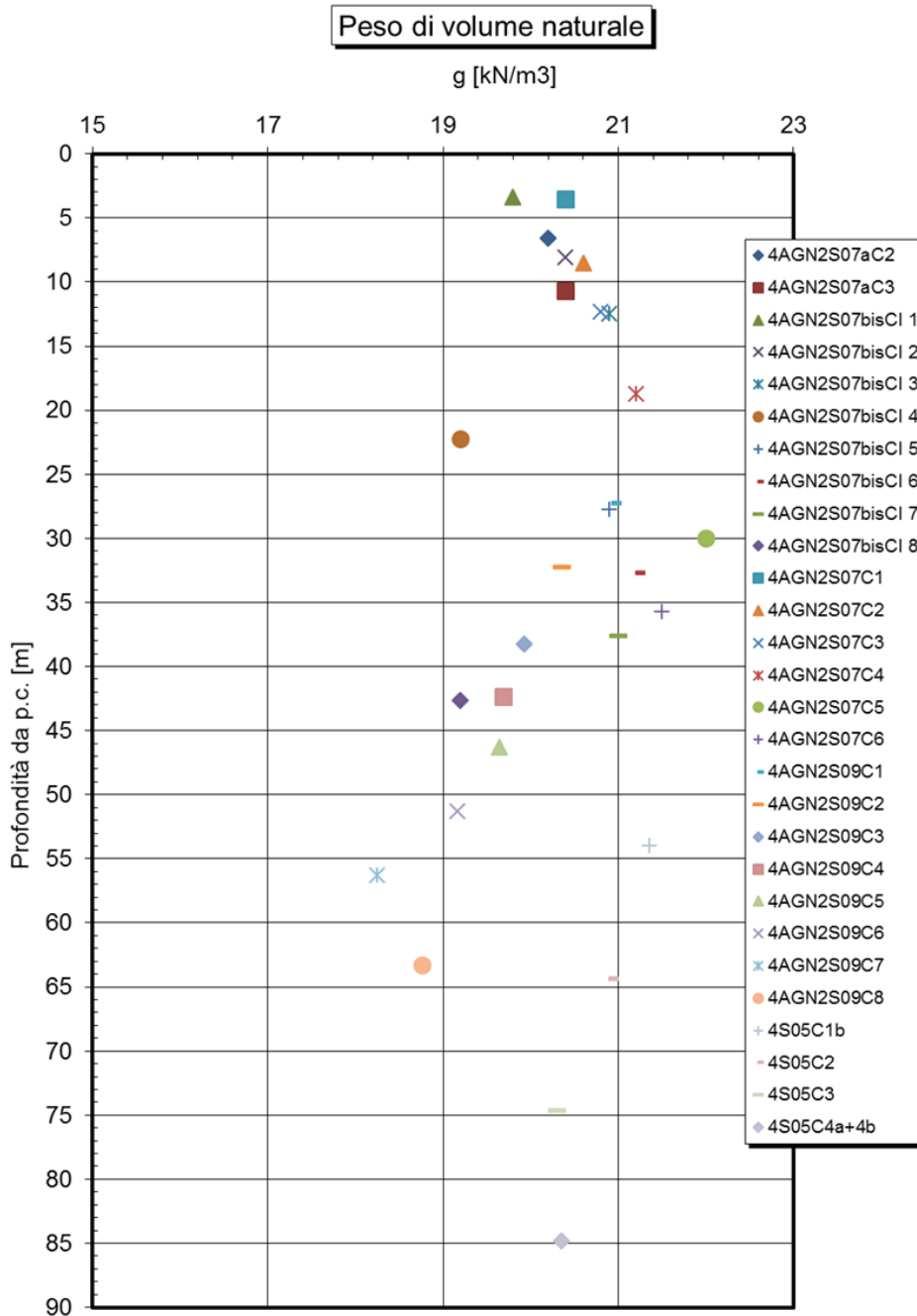


Figura 3: Galleria Salso - TRV - peso dell'unità di volume

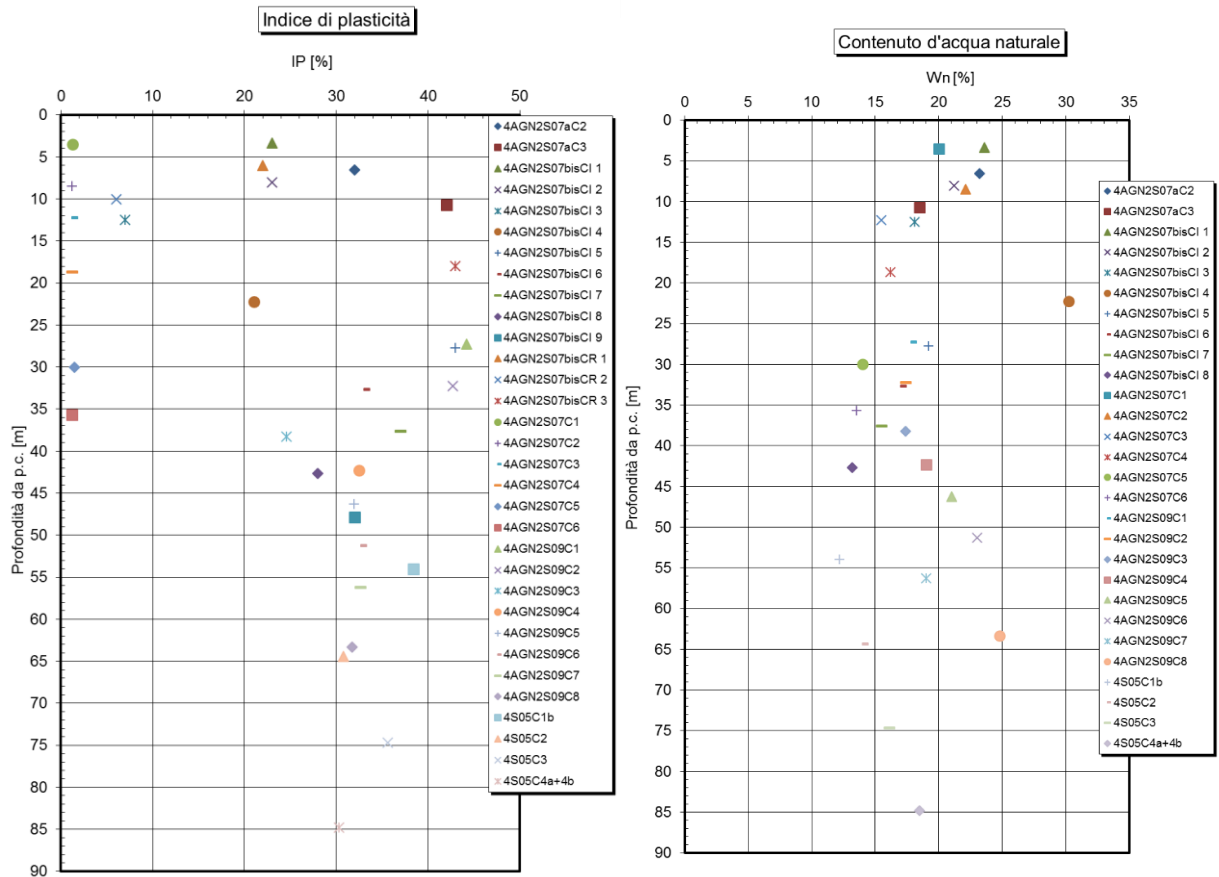


Figura 4: Galleria Salso - TRV – indice di plasticità e contenuto d'acqua naturale

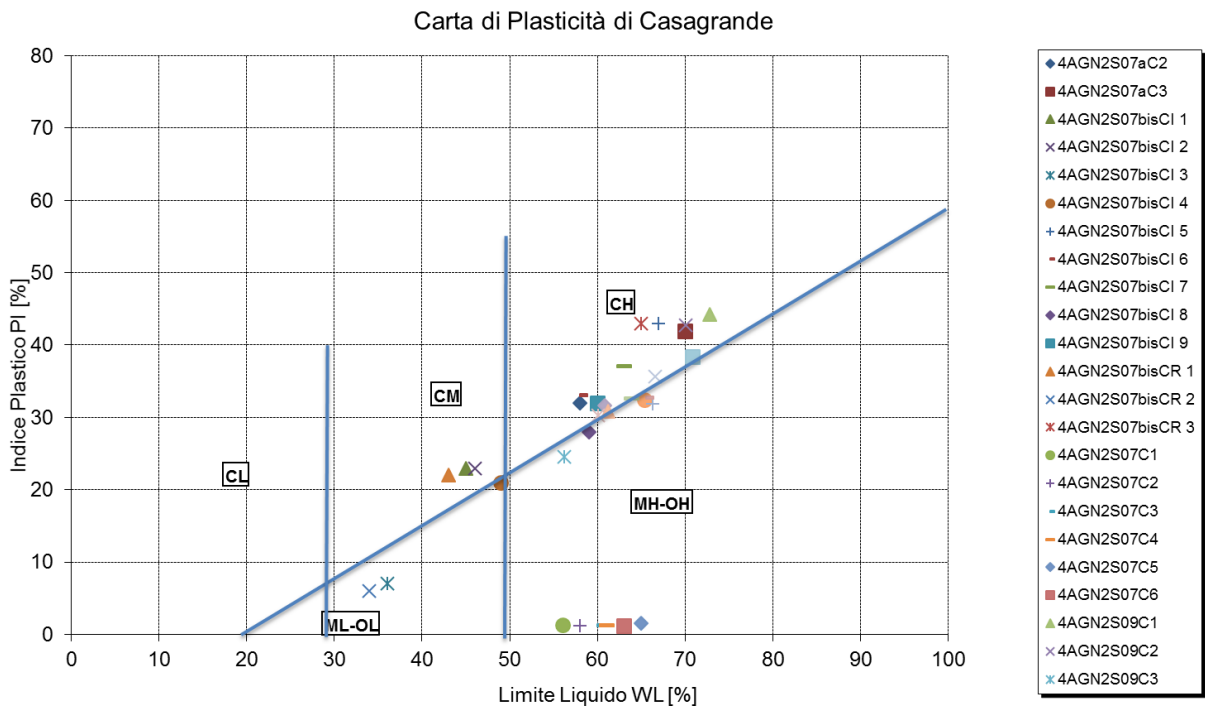


Figura 5: Galleria Salso - TRV – carta di plasticità di Casagrande

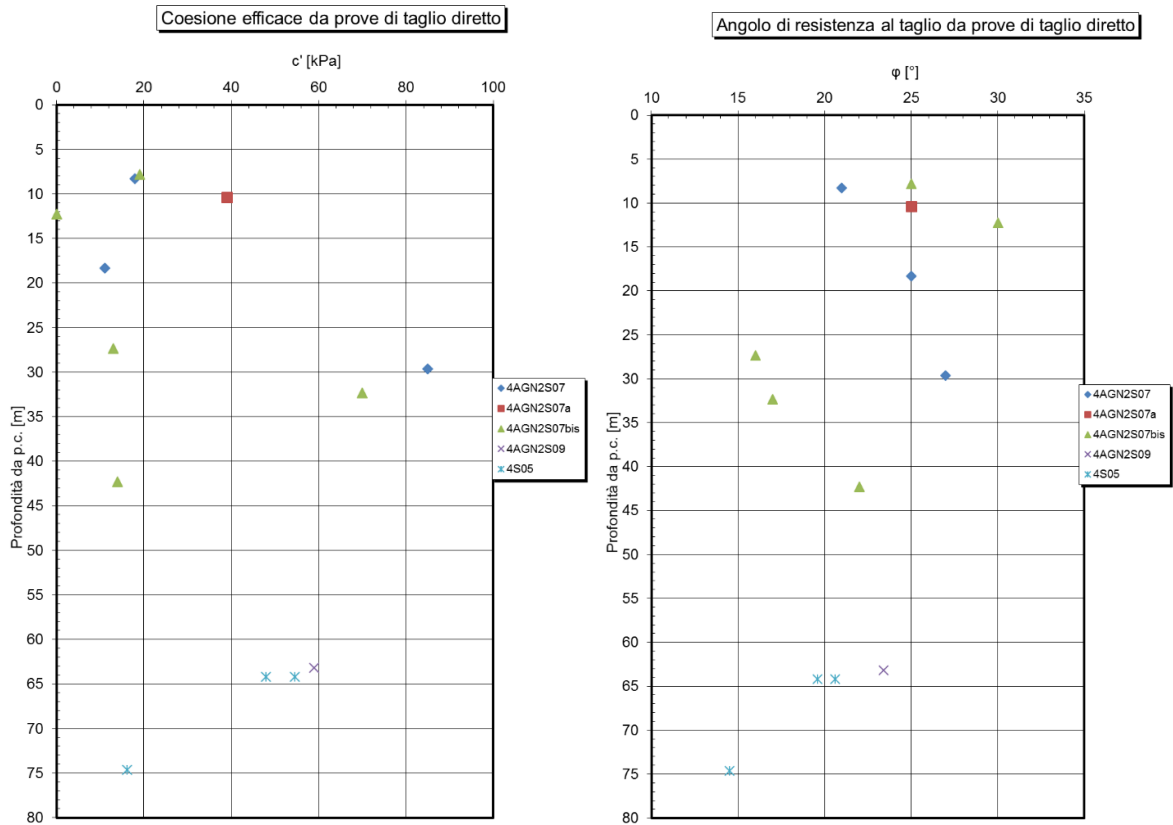


Figura 6: Galleria Salso - TRV – coesione e angolo di resistenza al taglio da prove di taglio diretto

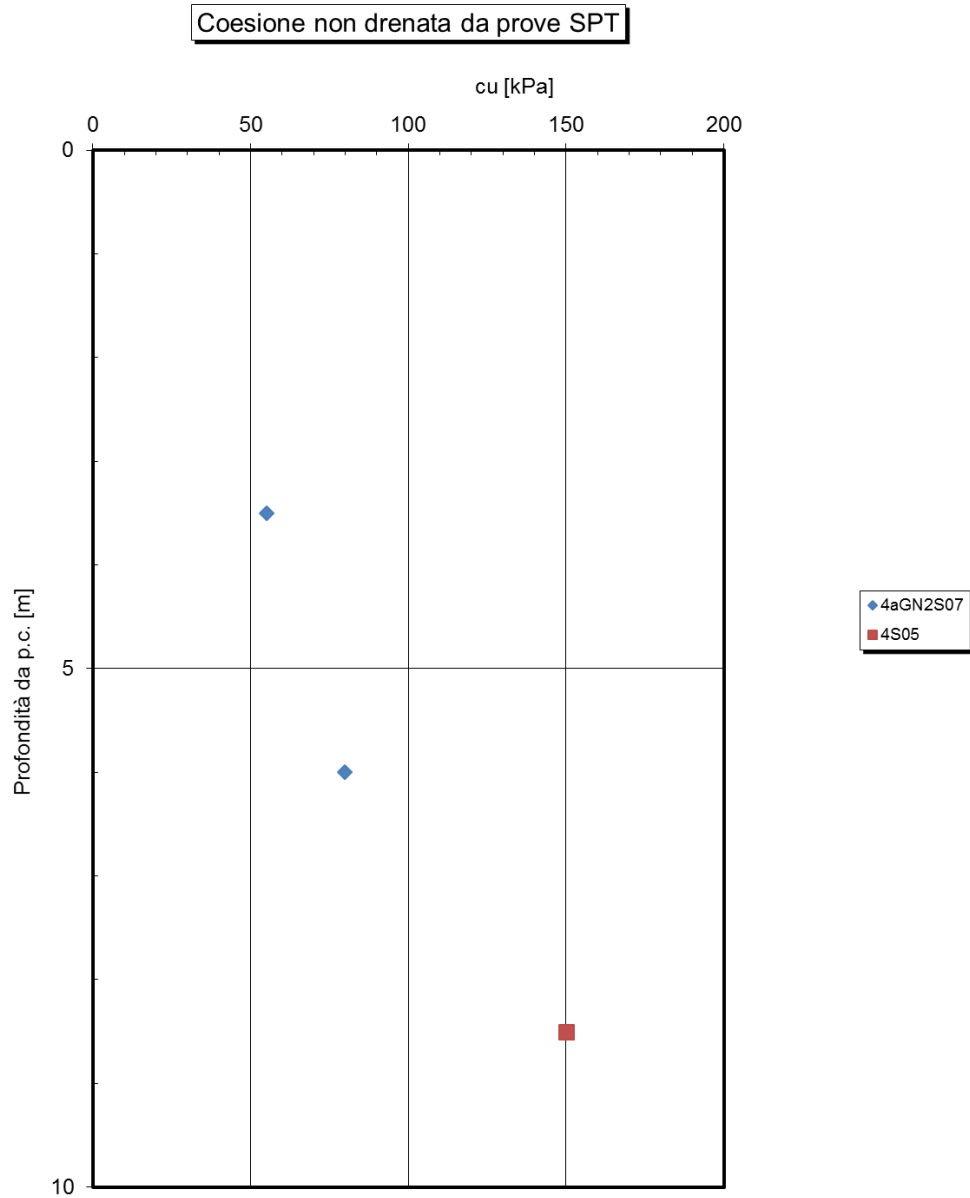


Figura 7: Galleria Salso - TRV – coesione non drenata da prove SPT

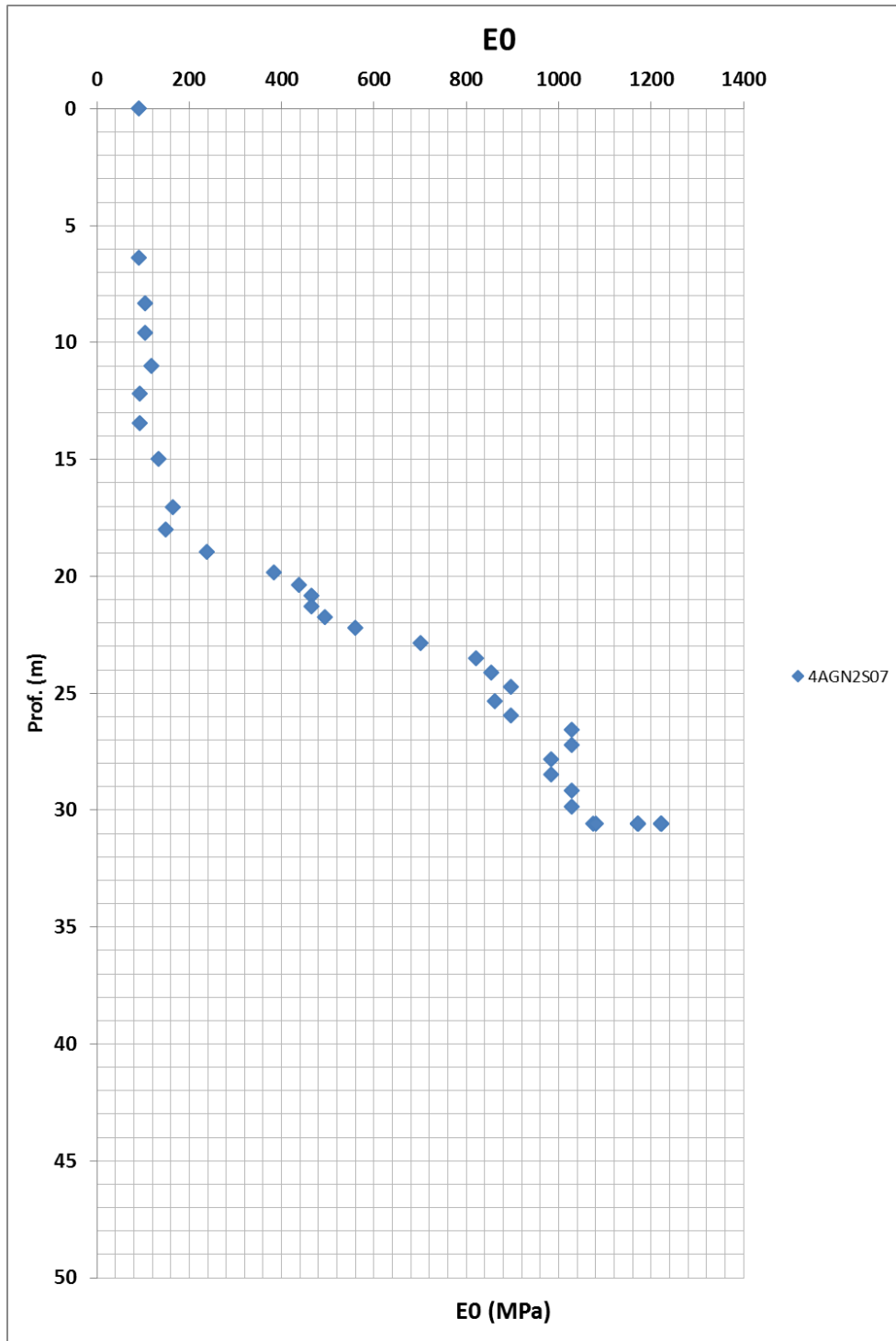


Figura 8: Galleria Salso - TRV – modulo di Young da sismiche

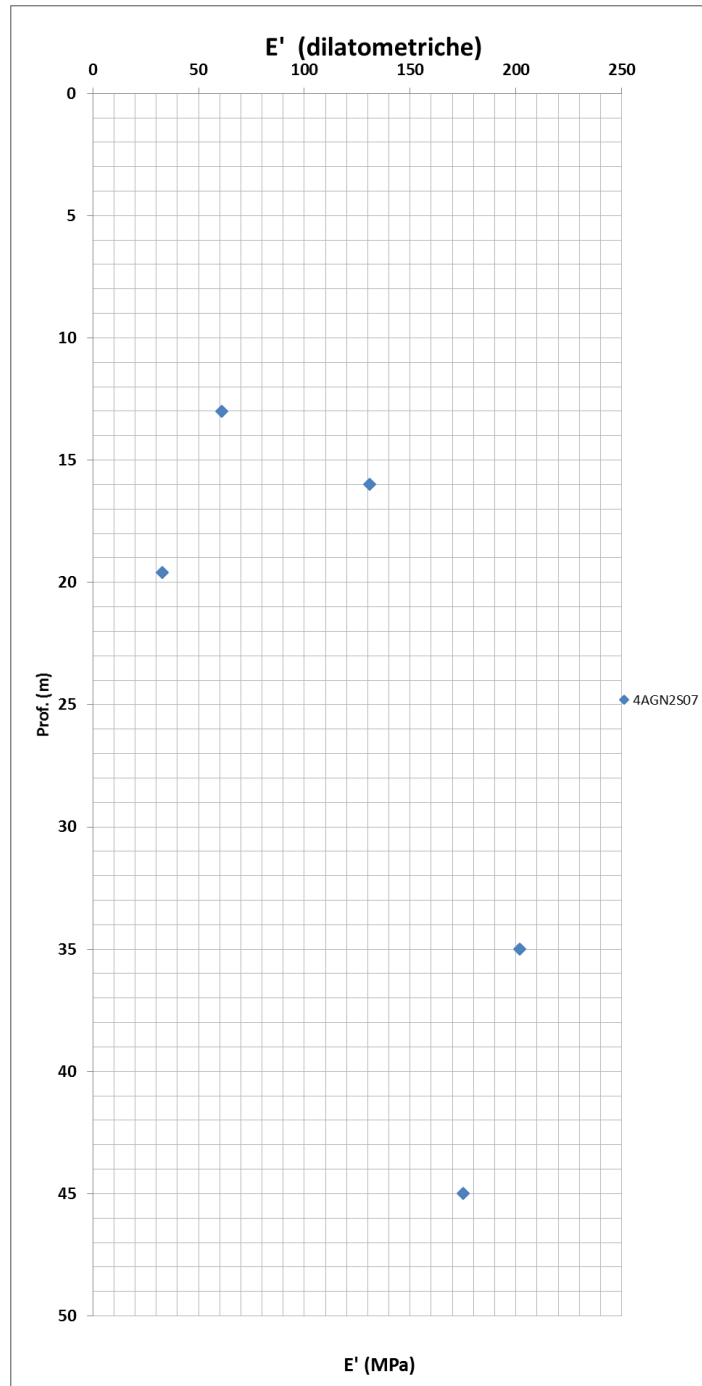


Figura 9: Galleria Salso – TRV – modulo di Young da prove dilatometriche

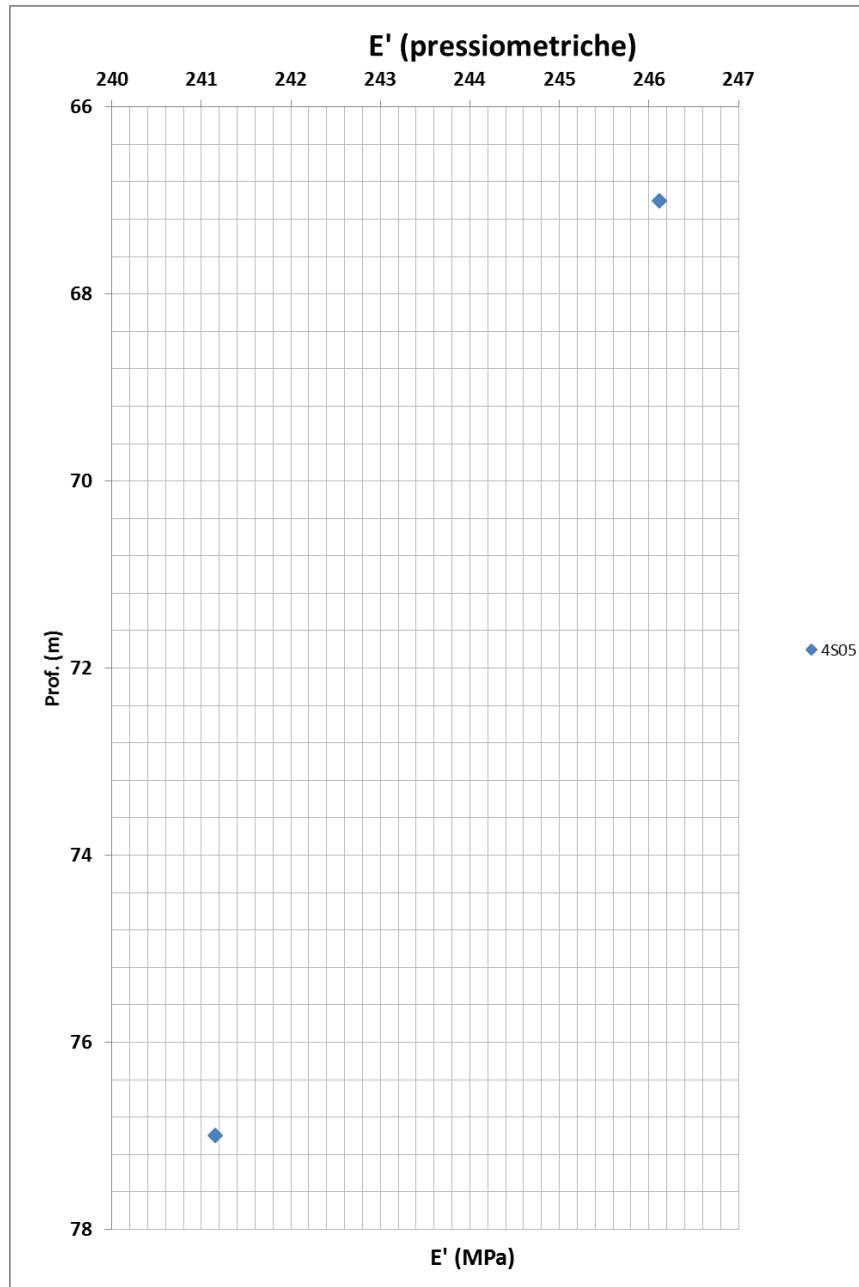


Figura 10: Galleria Salso – TRV – modulo di Young da prove pressiometriche


 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

Tabella 1 – Parametri derivati dalla caratterizzazione geotecnica – Galleria Salso – Imbocco lato Palermo - TRV

COPERTURA	FORMAZIONE	γ	GSI	m_i	σ_m	ν	E	c'	Cu	φ'
--		[kN/m ³]			[MPa]		[MPa]	[kPa]	[kPa]	[°]
IMBOCCO	TRV	21	-	-	-	0.3	50-150	15	85	22

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

Seguono le tabelle riassuntive dei parametri geotecnici utilizzati per le analisi. Si presentano due differenti stratificazioni introdotte che si differenziano per le profondità degli strati e dei moduli elastici associati a questi.

Tabella 2 – Parametri geotecnici caratteristici – Galleria Salso – Imbocco lato Palermo


Profondità	FORMAZIONE	γ	ν	E	c'_{M1}	φ'_{M1}
[m]	-	[kN/m ³]	[-]	[MPa]	[kPa]	[°]
0-10	TRV	21	0.3	67	15	22
10-20	TRV	21	0.3	102	15	22
20-30	TRV	21	0.3	135	15	22

Tabella 3 – Parametri geotecnici caratteristici – Galleria Salso – Imbocco lato Palermo

Profondità	FORMAZIONE	γ	ν	E	c'_{M1}	φ'_{M1}
[m]	-	[kN/m ³]	[-]	[MPa]	[kPa]	[°]
0-20	TRV	21	0.3	83	15	22
20-30	TRV	21	0.3	135	15	22
30-40	TRV	21	0.3	150	15	22

Tabella 4 – Parametri geotecnici caratteristici – Galleria Salso – Imbocco lato Catania

Profondità	FORMAZIONE	γ	ν	E	c'_{M1}	φ'_{M1}
[m]	-	[kN/m ³]	[-]	[MPa]	[kPa]	[°]
0-10	TRV	21	0.3	67	15	22

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

10-20	TRV	21	0.3	102	15	22
20-30	TRV	21	0.3	135	15	22

Tabella 5 – Parametri geotecnici caratteristici – Galleria Salso – Imbocco lato Catania

Profondità	FORMAZIONE	γ	ν	E	c'_{M1}	φ'_{M1}
[m]	-	[kN/m ³]	[-]	[MPa]	[kPa]	[°]
0-20	TRV	21	0.3	83	15	22
20-30	TRV	21	0.3	135	15	22
30-40	TRV	21	0.3	150	15	22

7.3.4 Il regime idraulico

Dai risultati derivanti dalle informazioni piezometriche presenti in corrispondenza dei sondaggi in corrispondenza dell'imbocco lato Palermo (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.

Per quanto riguarda l'imbocco lato Catania, osservando le informazioni piezometriche delle indagini inerenti l'imbocco in questione, il livello di falda è posto ad una profondità da p.c. di 5.5 m circa.

7.4 Caratteristiche del sito e definizione dell'azione sismica


Le opere in progetto per l'imbocco Salso lato Palermo si trovano nel Comune di Stazione d'Imera, in un sito con le seguenti coordinate geografiche: Latitudine 37.5263, Longitudine 14.1351.

Le opere in progetto per l'imbocco Salso lato Catania si trovano nel Comune di Villarosa, in un sito con le seguenti coordinate geografiche: Latitudine 37.5387, Longitudine 14.1740.

Alle strutture di sostegno, trattandosi di opere provvisoriale, 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:

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

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

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 Salso lato Ovest e lato Est si è fatto riferimento all'indagine MASW 4a-V04 che fornisce un valore di $V_{s,eq}$ pari a 265 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 6 – 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
Coord. geografiche	Lat 37.5263, Lon 14.1351	Lat 37.5263, Lon 14.1351	Lat 37.5387, Lon 14.1740	Lat 37.5387, Lon 14.1740

**GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI
 CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 002	B	22 di 354

Coord. Geografiche imbocco di riferimento	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

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 23 di 354

8 SOLUZIONI PROGETTUALI

8.1 Imbocco Salso lato Palermo

8.1.1 Opere di sostegno

L'imbocco Salso 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 318 m.s.l.m.) è di circa 15 m, mentre le altre altezze valutate come dimensionanti al fine del calcolo sono 14 e 10 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 (da 3 a 5 a seconda dell'ordine) con un diametro del bulbo variabile da 16 cm a 18cm. La lunghezza massima del bulbo sarà di circa 12 m. La lunghezza libera è valutata in base all'inclinazione del tirante (10° per quelli posizionati nella la parte frontale e una parte del lato sinistro, 20° per i rimanenti), alla sua distanza dal piede della paratia e al valore di accelerazione massima in situ.

In corrispondenza dell'imbocco delle gallerie TBM verrà eseguito un tampone a tergo della paratia costituito da pali plastici (la cui geometria viene meglio descritta negli elaborati grafici) avente larghezza trasversale all'asse della galleria pari a circa 16 m, estensione dall'imbocco di circa 16 m e profondità massima di 23.50 m, al fine di favorire le operazioni di scavo delle TBM. La parte di paratia in cui è presente l'imbocco non presenta tiranti a trefoli.

L'esecuzione dei tamponi con pali plastici avviene precedentemente alla realizzazione delle paratie di pali, tramite la realizzazione di piste apposite per la gestione delle aree interessate a tergo della futura paratia di pali.

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 degli imbocchi della galleria Salso vengono realizzati dei conci di attacco aventi spessore costante di 0.45 m e raggio interno di 4.05 m. Questi sono realizzati all'interno di dime (spessore calotta di 0.90 m e spessore piedritti di 1.60 m) e su selle (spessore in asse di 1.70 m).

Le gallerie artificiali sono realizzate su una sella avente spessore in asse di 1.70 m, lo spessore della calotta è di 0.90 m, mentre lo spessore del piedritto è di 1.50 m.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 24 di 354

8.2 Imbocco Salso lato Catania

8.2.1 Opere di sostegno

L'imbocco Salso lato Catania 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 337 m.s.l.m.) è di circa 20 m, mentre le altre altezze valutate come dimensionanti al fine del calcolo sono 17 e 15 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 (da 3 a 5 a seconda dell'ordine) con un diametro del bulbo variabile da 16 cm a 18cm. La lunghezza massima del bulbo sarà di circa 12 m. La lunghezza libera è valutata in base all'inclinazione del tirante (10° per quelli posizionati nella la parte frontale e una parte del lato sinistro, 20° per i rimanenti), alla sua distanza dal piede della paratia e al valore di accelerazione massima in situ.

In corrispondenza dell'imbocco delle gallerie TBM verrà eseguito un tampone a tergo della paratia costituito da pali plastici (la cui geometria viene meglio descritta negli elaborati grafici) avente larghezza trasversale all'asse della galleria pari a circa 16 m, estensione dall'imbocco di circa 16 m e profondità massima di 23.50 m, al fine di favorire le operazioni di scavo delle TBM. La parte di paratia in cui è presente l'imbocco non presenta tiranti a trefoli.


L'esecuzione dei tamponi con pali plastici avviene precedentemente alla realizzazione delle paratie di pali, tramite la realizzazione di piste apposite per la gestione delle aree interessate a tergo della futura paratia di pali.

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.

8.2.2 Galleria artificiale

In corrispondenza degli imbocchi della galleria Salso vengono realizzati dei conci di attacco aventi spessore costante di 0.45 m e raggio interno di 4.05 m. Questi sono realizzati all'interno di dime (spessore calotta di 0.90 m e spessore piedritti di 1.60 m) e su selle (spessore in asse di 1.70 m).

Le gallerie artificiali sono realizzate su una sella avente spessore in asse di 1.70 m, lo spessore della calotta è di 0.90 m, mentre lo spessore del piedritto è di 1.50 m.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

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

Calcestruzzo pali paratia	
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	$E_{cm} = 22000(f_{cm}/10)^{0.3} = 31475.81 \text{ MPa}$

Acciaio per tubi e profilati	
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

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


 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

Calcestruzzo pali plastici	
Resistenza a compressione	$R_{ck}=3$
Resistenza di progetto a compressione a 28 giorni	$f_{cd} = 0.85 f_{ck}/1.5 = 1.411 \text{ MPa}$
Modulo elastico a 28 giorni	$E_{cm} = 22000(f_{cm}/10)^{0.3} = 22318 \text{ MPa}$

Galleria artificiale

Calcestruzzo armato	
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) $\sigma_c = 0.45f_{ck} = 11.205 \text{ MPa}$ 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]).	$\sigma_{lim} = 0.8 f_{yk} = 360 \text{ MPa}$

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 27 di 354

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

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 28 di 354

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 Δt 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,
- α è il coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 del DM 17/01/2018);
- β 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.

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

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 29 di 354

dove: γ 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, δ , 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 γ_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 ξ_{a3} e ξ_{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).

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

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:

- β_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 β_s è assunto pari a 0.38 coerentemente con le indicazioni del §7.11.4 delle DM 17/01/2018.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 31 di 354

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 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 0. 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.

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


GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI
 CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 002	B	33 di 354

SP.dx	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Qd_sx	20.0	16.0	0.0	0.0	0.0
Qd_dx	20.0	16.0	0.0	0.0	0.0
SQ.sx	10.0	0.0	8.0	0.0	0.0
SQ.dx	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
PP	1.3	1.3	1.0	1.3	1.0	1.3	1.0
Pcop	26.0	26.0	20.0	26.0	20.0	26.0	20.0
SP.sx	13.0	10.0	13.0	13.0	13.0	10.0	10.0
SP.dx	13.0	10.0	13.0	10.0	10.0	13.0	13.0
Qd_sx	30.0	30.0	0.0	30.0	0.0	30.0	0.0
Qd_dx	30.0	30.0	0.0	30.0	0.0	30.0	0.0
SQ.sx	15.0	0.0	15.0	15.0	15.0	0.0	0.0
SQ.dx	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
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	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
SP.sx	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
SP.dx	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
Qd_sx	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
Qd_dx	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
SQ.sx	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
SQ.dx	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
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
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

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 34 di 354

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,
- β_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;
- ν ed E' il coefficiente di Poisson ed il modulo elastico del mezzo al contorno rispettivamente;

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

11 VERIFICA DELLE OPERE DELL'IMBOCCO SALSO LATO OVEST

11.1 Opere di sostegno

Sono state verificate le seguenti sezioni:

- sez. 1: paratia frontale H=32m;
- sez. 2: paratia di pali laterale H=26 m;
- sez. 3: paratia di pali laterale H=23m.

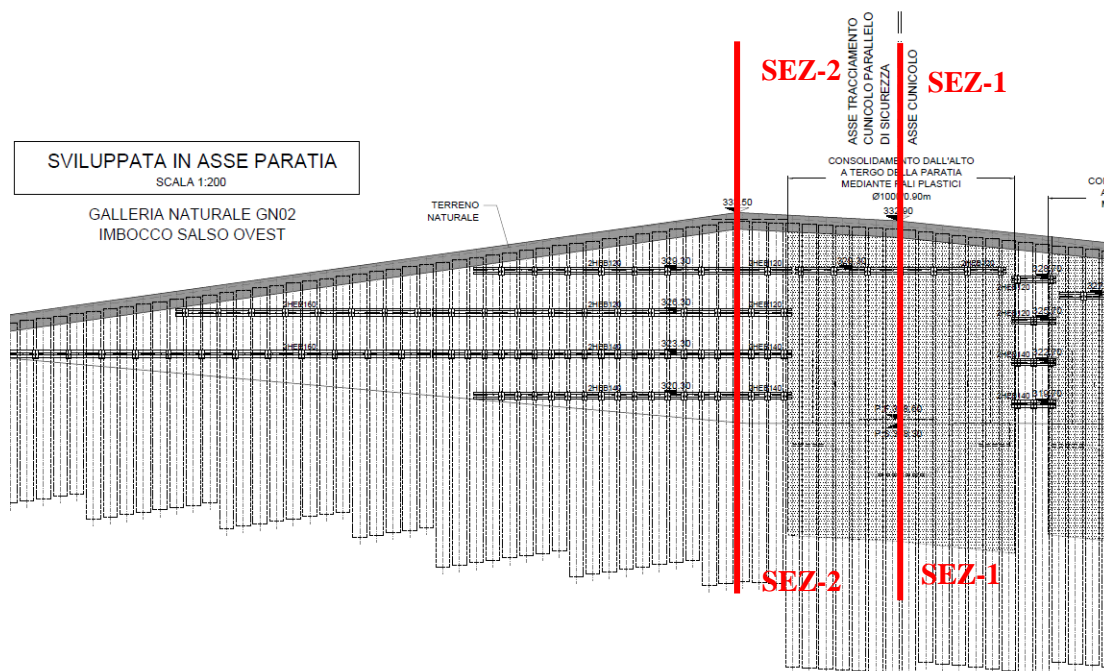


Figura 11: Sviluppo paratia con indicazione sezioni di calcolo

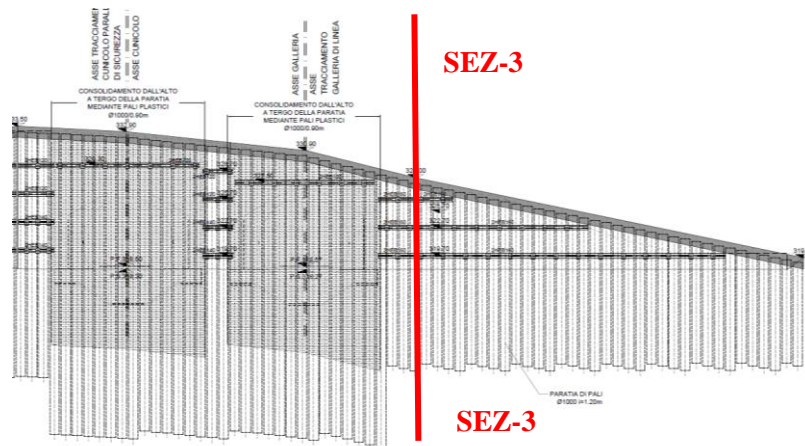


Figura 12: Sviluppata paratia con indicazione sezioni di calcolo

11.1.1 Sezione 1: paratia frontale $H=32\text{m}$

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

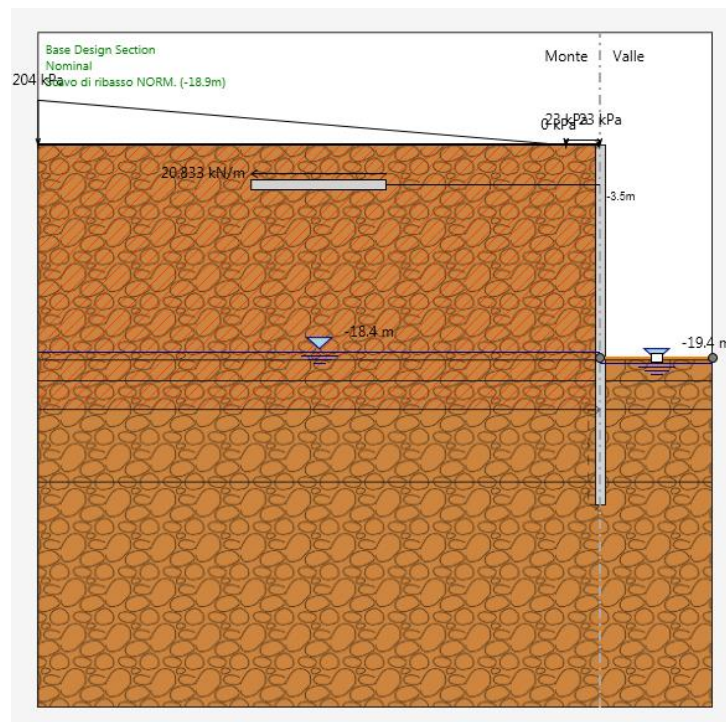



Figura 13: Sezione 1 – paratia frontale $H=32\text{m}$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B


11.1.1.1 Geometria e parametri geotecnici del modello

Tabella 7 – Sezione 1 – Caratteristiche geometriche della sezione di calcolo

Tipologia struttura di sostegno	Pali $\Phi 1000$ mm ad interasse 1.2 m, calcestruzzo C25/30
Altezza totale paratia	$H_{tot} = 32$ m
Altezza di scavo	$H = 18.4$ m
Altezza di scavo di calcolo (DM 2018 § 6.5.2.2)	$H_1 = H + \min [0.5; 10\% (18-0)] = 0.5$ m
Ordini di tiranti (n°)	1
Passo orizzontale tiranti	2.4
Passo verticale dei tiranti	-
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 8 – Sezione 1 – Parametri geotecnici di calcolo - TRV

Terreno	Gruppo coeff. parziali	Condizione	γ	c_d	φ'_d	δ_{attiva}	$\delta_{passiva}$	E'	E'_{ur}	k_o	K_{ah}	K_{ph}
			(kN/m^3)	(kPa)	($^\circ$)	($^\circ$)	($^\circ$)	(MPa)	(MPa)	(-)	(-)	(-)
TRV	M1	SLU	21	15	22	15	15	83-135-150	83-135-150	0.63	0.392	2.879
		SLV					0				0.4108	2.1099
	M2	SLU		12	18	12	12			0.69	0.4649	2.3135
		SLV				0					-	
γ = peso dell'unità di volume												
c'_d = coesione efficace (valore di calcolo)												
φ'_d = angolo di resistenza al taglio (valore di calcolo)												
δ = angolo d'attrito struttura/terreno												

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

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 9 – Sezione 1 – Parametri geotecnici di calcolo - Tampone


Terreno	Gruppo coeff. parziali	Condizione	γ	c_d	ϕ'_d	δ_{attiva}	$\delta_{passiva}$	E'	E'_{ur}	k_o	K_{ah}	K_{ph}
			(kN/m^3)	(kPa)	($^\circ$)	($^\circ$)	($^\circ$)	(MPa)	(MPa)	(-)	(-)	(-)
TAMPONE PALI PLASTICI	M1	SLU	21	623	49	32	32	22318	22318	0.24	0.1141	22.6468
		SLV					0				0.1235	6.9955
	M2	SLU		498	42	28	28			0.33	0.1576	11.9918
		SLV				0					-	
γ = peso dell'unità di volume												
c'_d = coesione efficace (valore di calcolo)												
ϕ'_d = angolo di resistenza al taglio (valore di calcolo)												
δ = 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 10 – Sezione 1 – Parametri per il calcolo dell'azione sismica

Terreno	Condizione	Categoria sottosuolo	Categoria topografica	a_g/g	S	a_{max}/g	α	u_s	β	K_h
		(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(m)	(-)	(-)
TRV	SLV	C	T1	0.0794	1.50	0.1191	0.476	0.16	0.46	0.0260
α = coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 del DM 17/01/2018) u_s = spostamento ammissibile β = 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:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

- Condizione geostatica e carico permanente del versante lato monte, esecuzione del tampone a tergo;
- Esecuzione della paratia di pali;
- Successivi step di scavo;
- Scavo fino alla quota relativa al fondo scavo;
- Scavo fino alla quota relativa alla base della sella;
- 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.

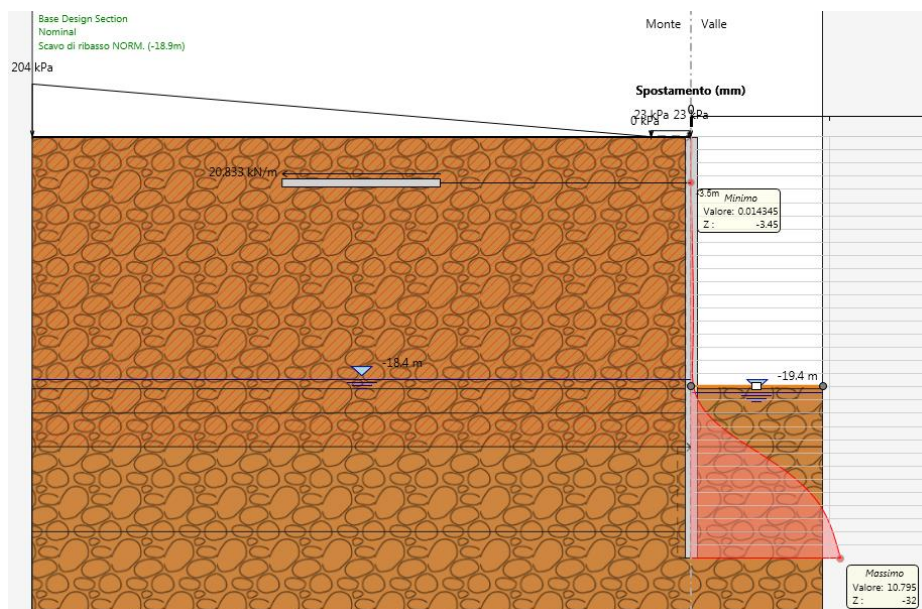


Figura 14 – Sezione 1 – involucro della deformata dell'opera (SLU) nei vari step di calcolo

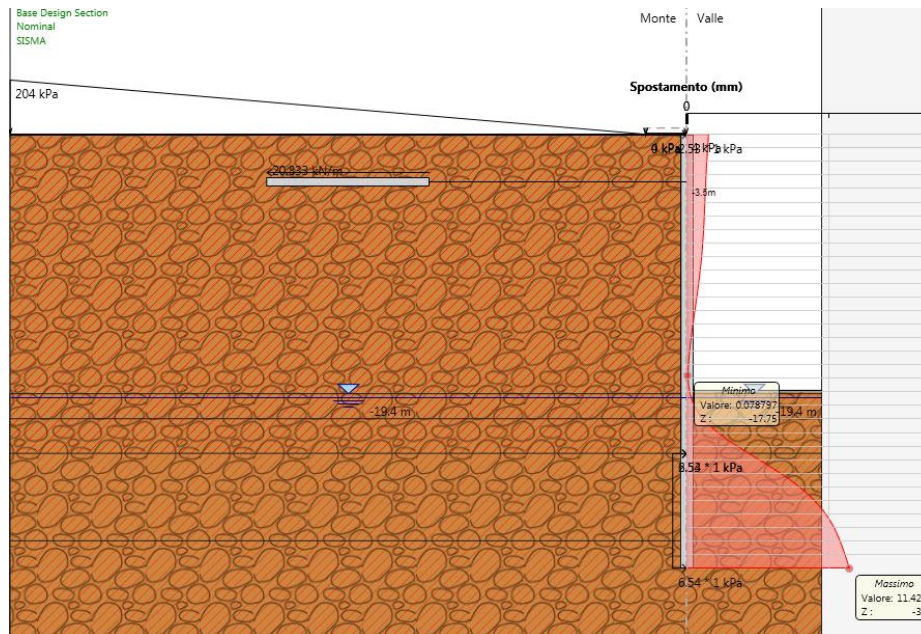


Figura 15 – Sezione 1 – involuppo della deformata dell’opera (SLV) nei vari step di calcolo

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.

3) Verifica dei tiranti

Nei prospetti che seguono, per ciascun ordine di tiranti, sono riportate le principali caratteristiche geometriche e strutturali e gli involuppi 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.


 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B


Tabella 11 – Sezione 2 – caratteristiche geometriche dei tiranti

Ordine tirante	i	Quota da testa paratia	L _{libera min statica}	L _{libera min sismica}	n° trefoli	L _{libera di progetto}	L _{fondazione}	L _{totale}	T _{iniz}
[-]	[°]	[m]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[m]	[kN]
I	0	3.5	15.8	18.6	3	19	12	31	50

Tabella 12 – Sezione 2 – caratteristiche meccaniche dei tiranti

Altezza totale della paratia	H _{paratia}	32	m
Spessore della paratia (Φ perforazione)	S _{paratia}	1.0	m
Altezza massima di scavo	H _{scavo}	18.9	m
Altezza di infissione della paratia	H _{infissione}	13.1	m
Profondità della falda da testa paratia	Z _{falda}	4.2	m

N° ordini di tiranti	n° tiranti	1	-
Tipologia tiranti	Temporanei		
Coefficiente parziale per resistenza a sfilamento	γ _R	1.2	-
Area del singolo trefolo	A _{trefolo}	1.39	cm ²
Diametro del singolo trefolo	Φ _{trefolo}	15.2	mm
Tensione caratteristica di rottura	f _{ptk}	1860	N/mm ²
Tensione caratteristica all'1% di deformazione totale	f _{p(1)k}	1670	N/mm ²
Coefficiente parziale condizioni permanenti e transitorie	γ _S	1.15	-
Tensione di calcolo acciaio (condizioni permanenti e transitorie)	f _{yd}	1452.17	N/mm ²
Coefficiente parziale condizioni eccezionali	γ _S	1.00	-
Tensione di calcolo acciaio (condizioni eccezionali)	f _{yd}	1670	N/mm ²
Forza di trazione a rottura dell'acciaio (singolo trefolo)	F _{pk}	232.13	kN/trefolo
Verifica rapporto di duttilità f _{ptk} /f _{p(1)k} ≥ 1,1	f _{ptk} /f _{p(1)k}	1.11	-
Resistenza di progetto del singolo trefolo (condizioni ordinarie)	R _{ad}	201.85	kN/trefolo
Resistenza di progetto del singolo trefolo (condizioni eccezionali)	R _{ad}	232.13	kN/trefolo
Tensione limite (in esercizio e in fase di tesatura)	σ _{spi}	1395	N/mm ²
Trazione limite per il singolo trefolo	N _{q,amm}	193.91	kN/trefolo
Numero di verticali di indagine	n° sondaggi	1	-
Fattore di correlazione per la resistenza caratteristica	ξ _{sa3}	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	γ _C	1.5	-
Tensione limite di aderenza trefoli-malta	τ _{tm}	1.2	MPa
Tasso nominale di esercizio del singolo trefolo	S _{e,es}	1336	MPa

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

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;
- α è un coefficiente correttivo che tiene conto della tecnologia realizzativa dell'ancoraggio e del contesto geotecnico (Viggiani, '99);
- τ_{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;
- ξ è un fattore di correlazione che dipende dal numero di profili di indagine geotecnica disponibili per la determinazione della resistenza caratteristica τ_{ak} .

La verifica viene condotta nel rispetto della seguente disuguaglianza:

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

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 13 – Sezione 2 – verifiche Geotecniche della fondazione dei tiranti – condizioni statiche

Ordine Tirante	D_p	α	τ_{ak}	L_a	$\gamma_{Ra,p}$	ξ	$N_{R,ad}$	Condiz.	$N_{S,d}$	R_d / E_d
[-]	[mm]	[-]	[kPa]	[m]	[-]	[-]	kN	[-]	[kN]	[-]
1	160	1.2	150	12	1.2	1.8	502.4	Inviluppo SLU	65	7.73


 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

Tabella 14 – Sezione 2 – verifiche Geotecniche della fondazione dei tiranti – condizioni sismiche

Ordine Tirante	D_p	α	τ_{ak}	L_a	$\gamma_{Ra,p}$	ξ	$N_{R,ad}$	Condiz.	$N_{S,d}$	R_d / E_d
[-]	[mm]	[-]	[kPa]	[m]	[-]	[-]	kN	[-]	[kN]	[-]
1	160	1.2	150	12	1.2	1.8	502.4	Inviluppo SLV	54.3	9.25

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;

γ_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 15 – Sezione 2 – Verifiche strutturali dell'armatura dei tiranti – condizioni statiche

Ordine Tirante	$f_{p(1)k}$	A_{tr}	n_{tr}	γ_s	$N_{R,pd}$	Condiz.	$N_{S,d}$	R_d / E_d
[-]	[MPa]	[mm ²]	[-]	[-]	kN	[-]	[kN]	[-]
1	1670	139	3	1.15	605.6	Inviluppo SLU	64.99	9.32

Tabella 16 – Sezione 2 - Verifiche strutturali dell'armatura dei tiranti – condizioni sismiche

Ordine Tirante	$f_{p(1)k}$	A_{tr}	n_{tr}	γ_s	$N_{R,pd}$	Condiz.	$N_{S,d}$	R_d / E_d
[-]	[MPa]	[mm ²]	[-]	[-]	kN	[-]	[kN]	[-]
1	1670	139	3	1.15	605.6	Inviluppo SLV	54.34	11.14

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

Infine, nel rispetto della gerarchia delle resistenze, è necessario verificare che la resistenza caratteristica al limite di snervamento del tratto libero sia sempre maggiore della resistenza caratteristica a sfilamento della fondazione dell'ancoraggio. Dal confronto tra i risultati, esposti nella tabella precedente, emerge che tale verifica è sempre soddisfatta essendo $R_d/E_d > 1$.

4) Verifica stabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno

Le verifiche di stabilità globale sono state condotte con il metodo dell'equilibrio limite mediante il software Slope/W (Geostudio 2007).

Il calcolo è stato condotto analizzando superfici di scorrimento secondo la formulazione di Morgenstern & Price.

L'analisi viene effettuata con parametri abbattuti secondo i coefficienti di normativa M2 in condizioni statiche, mentre in condizioni sismiche si utilizzano i coefficienti M1.

Il valore del sovraccarico in fase statica è di 20 kPa, mentre in fase sismica deve essere moltiplicato per il fattore $Q=0.20$, quindi si ottiene un valore di 4 kPa.

Il valore di profondità della falda in corrispondenza dell'asse della galleria in corrispondenza dell'imbocco Salso Ovest viene dedotto dalle letture piezometriche disponibili in corrispondenza dell'imbocco lato Palermo, in questo caso si valuta una profondità di falda di circa 4 m.

La paratia è stata simulata come un elemento estremamente rigido. I tiranti sono stati simulati all'interno del modello in modo da non contribuire alla stabilità globale (valori di carico applicato, bar capacity e shear capacity nulli).

Le azioni sismiche pseudo-statiche sono state sintetizzate nella seguente tabella:

Tabella 17: Sezione 1 – parametri sismici

SUOLO	TOPOGRAFIA	PARAMETRI SISMICI						
		a_g	S_S	S_T	$a_{g,max}$	β	k_h	k_v
		(g)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
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.


	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

Tabella 18: Sezione 1 – sintesi dei risultati delle analisi di stabilità

<i>Combinazione</i>	<i>R_d / E_d</i>
“SLU” - globale	1.150
“SLV” - globale	1.245

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

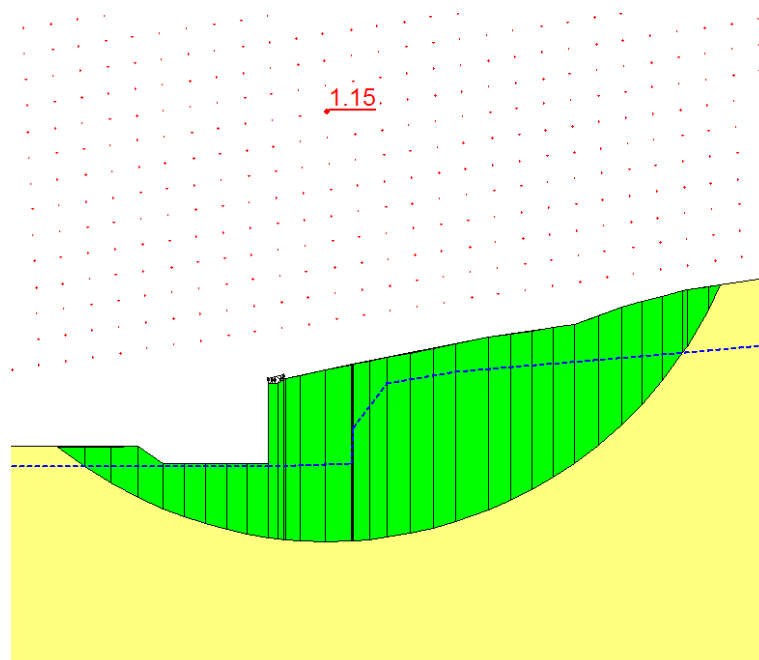



Figura 16 – Sezione 1 – superficie di scorrimento critica – condizioni statiche globali

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

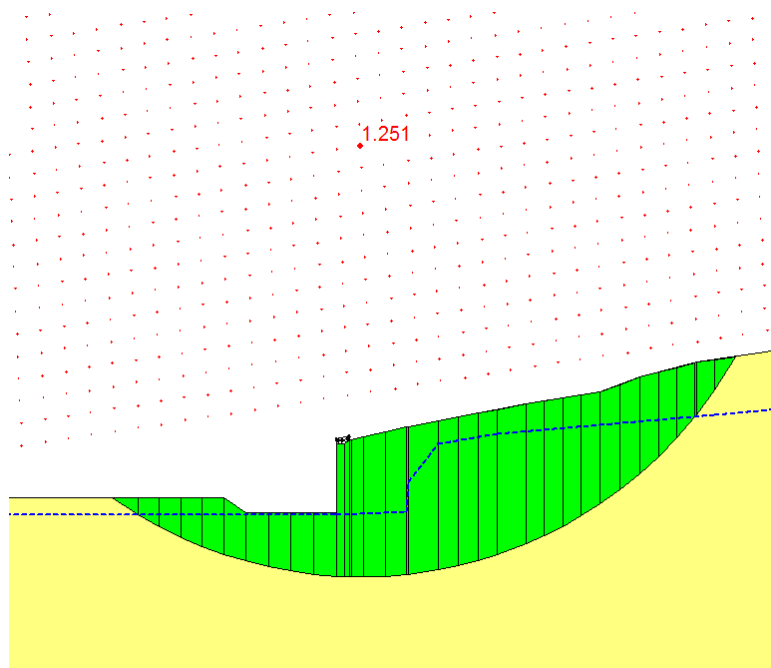


Figura 17 – Sezione 1 – superficie di scorrimento critica – condizioni sismiche globali

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 19 – 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	-21.05	567.31	50.47	413.32
	Inviluppo	Taglio	-23.55	150.49	406.26	462.40
SLE	Inviluppo	Momento	-8.5	436.39	38.82	166.90
SLV	Sisma_STR	Momento	-21.05	459.24	4.56	413.32
	Sisma_STR	Taglio	-23.55	91.53	324.10	462.40

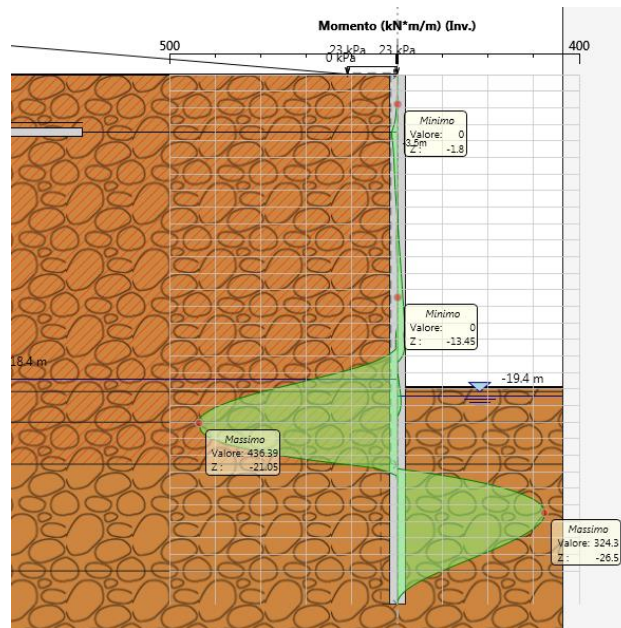


Figura 18 – Sezione 1 – momento flettente statico agente nei pali (SLE)

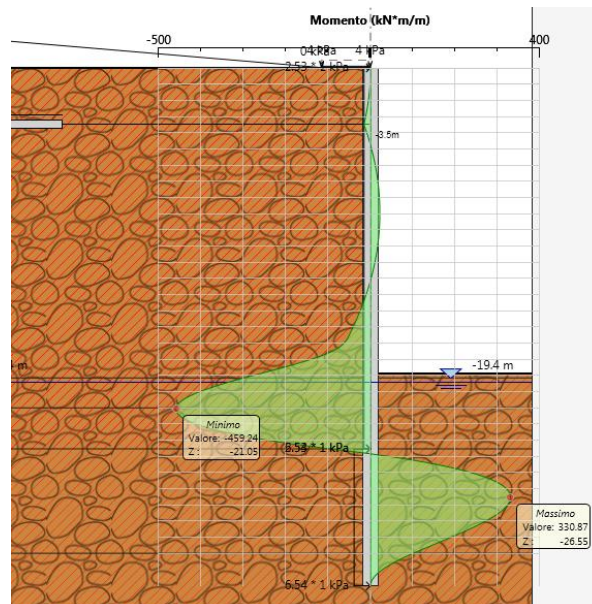


Figura 19 – Sezione 1 – momento flettente sismico agente nei pali (SLV)

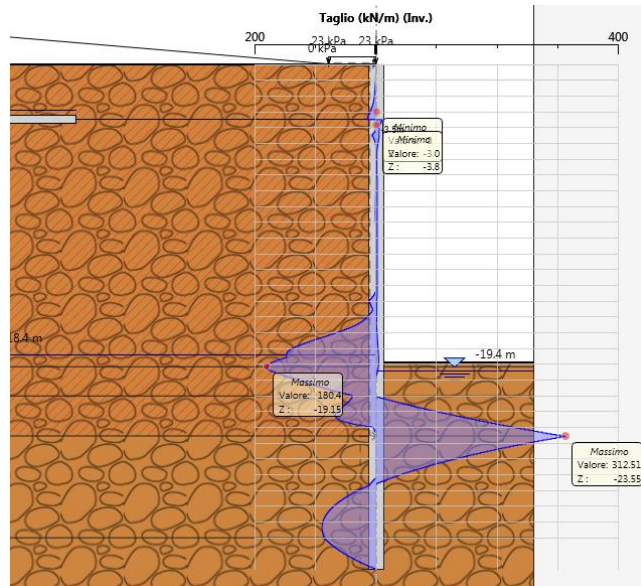


Figura 20 – Sezione 1 – taglio statico agente nei pali (SLE)

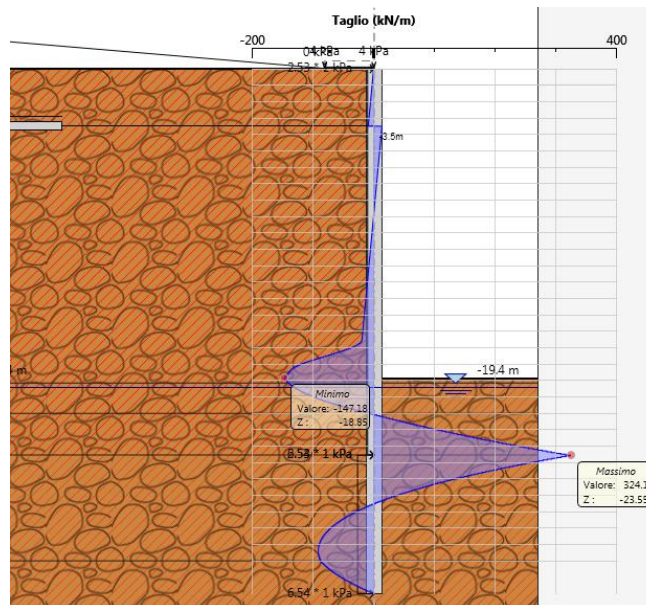


Figura 21 – Sezione 1 – taglio sismico agente nei pali (SLV)

Le sollecitazioni più gravose sono quelle derivanti dall'analisi sismica. 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.

Tabella 20 – Sezione 1 – materiali strutturali e geometria di verifica

MATERIALI					
Calcestruzzo			Acciaio		
R_{ck}	30	Mpa	f_{yk}	450	Mpa
f_{ck}	25	Mpa	E_s	200000	Mpa
E_{cm}	31000	Mpa	γ_c	1.15	-
γ_c	1.5	-	f_{yd}	391.3	Mpa
α_{cc}	0.85	-	ϵ_{uk}	75	‰
f_{cd}	14.1	Mpa			
f_{ctm}	2.6	MPa			
ν	0.5	-			
ϵ_{c2}	2	‰			
ϵ_{cu2}	3.5	‰			
α_e	15.0	-			
k_t	0.4	-			
k_1	0.8	-	Valori limite		
k_2	0.5	-	$0,45 f_{ck}$	11.2	Mpa
k_3	1.63	-	$0,8 f_{yk}$	360	Mpa
k_4	0.425	-	$W_{k,lim}$	0.3	mm

GEOMETRIA			
Sezione trasversale			
D	100	cm	
d	91.2	cm	
Armatura longitudinale			
n_{barre}	Φ	c	A_{sl}
	mm	mm	cm ²
22	26	75	116.80
	0	173	0.00
Armatura a taglio			
tipo	Φ	passo	c
	mm	cm	mm
Spirale	12	20	63

Tabella 21 – Sezione 1 – verifica combinazione Mmax e Tmax

VERIFICA A TAGLIO - SLU					
α	90	°	M_{Ed}	180.59	kNm
A_{sw}	226.2	mm ²	N_{ed}	462.40	kN
r	500.0	mm	V_{ed}	487.52	kN
r_s	437.0	mm	M_{Rd}	1745	kNm
α	0.6	rad			
A_{tot}	785398.2	mm ²	V_{Rd}	477.7	kN
A	655793.4	mm ²	FS	0.98	-
b	842.7	mm	<i>Necessita di armatura a taglio</i>		
h	932.0	mm			
d	778.2	mm	cot θ	2.5	-
γ_c	1.5	-			

σ_{cp}	0.6	kPa	V_{Rsd}	774.9	kN
ρ_l	1.8	%	FS	1.59	-
k	1.5	-	V_{Rcd}	1435.9	kN
v_{min}	0.3	-	FS	2.95	-
α_c	1.0	-			

VERIFICA A TAGLIO - SLV					
α	90	°	M_{Ed}	109.84	kNm
A_{sw}	226.2	mm ²	N_{ed}	462.40	kN
r	500.0	mm	V_{ed}	388.92	kN
r_s	437.0	mm	M_{Rd}	1733	kNm
α	0.6	rad			
A_{tot}	785398.2	mm ²	V_{Rd}	477.7	kN
A	655793.4	mm ²	FS	1.23	-
b	842.7	mm	<i>Non necessita di armatura a taglio</i>		
h	932.0	mm			
d	778.2	mm	cot θ	2.5	-
γ_c	1.5	-			
σ_{cp}	0.6	kPa	V_{Rsd}	774.9	kN
ρ_l	1.8	%	FS	1.99	-
k	1.5	-	V_{Rcd}	1435.9	kN
v_{min}	0.3	-	FS	3.69	-
α_c	1.0	-			

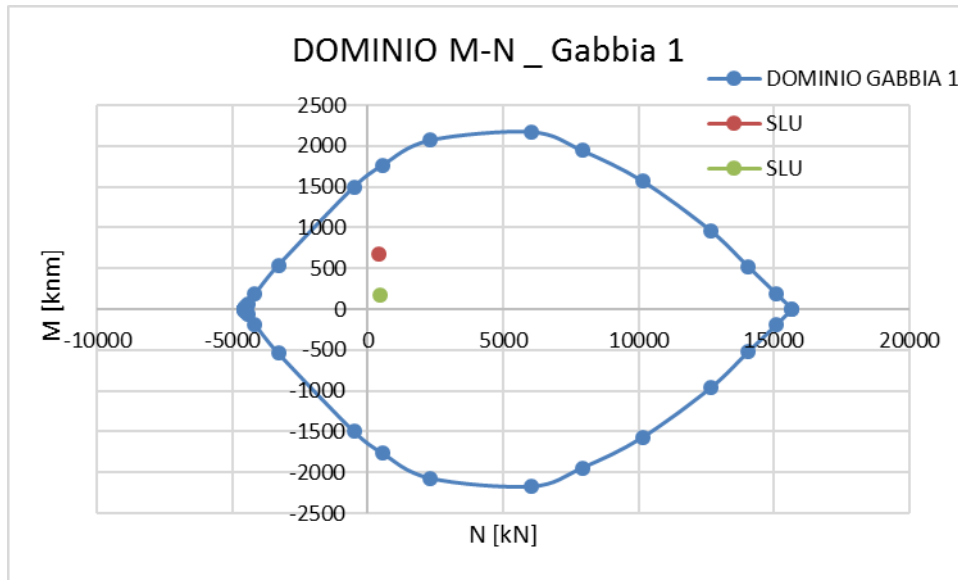


Figura 22 – Dominio M-N - SLU

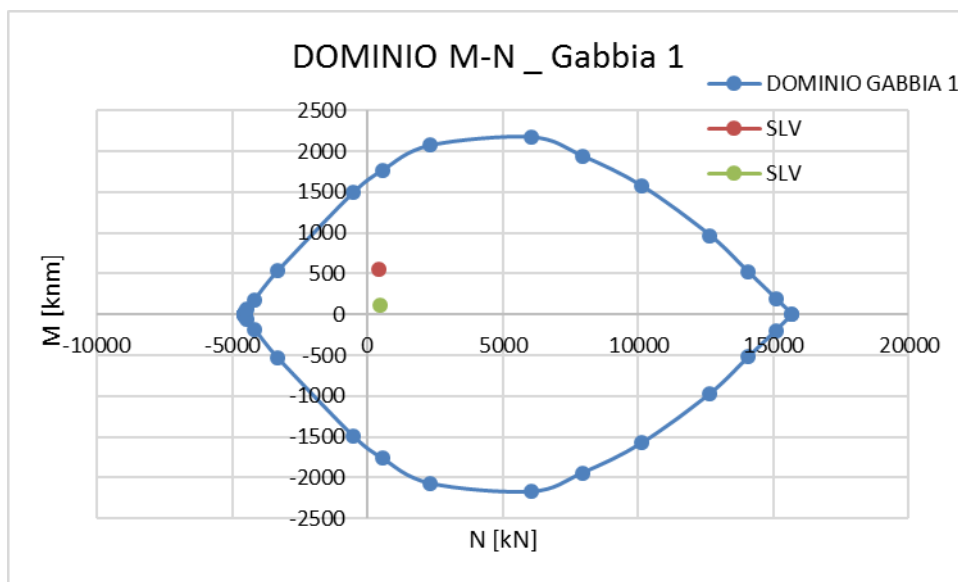



Figura 23 – Dominio M-N - SLV

Le verifiche strutturali sono pertanto tutte soddisfatte. Per la sezione in esame l'incidenza è di 155.6 kg/m³.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

6) Verifica resistenza strutturale delle travi di ripartizione

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:

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

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


Le travi di ripartizione costituite da profili metallici accoppiati HEB 120 per il primo ordine.

Tabella 22 – 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	20.83	2.4	S275R	275	1.05	261.90	HEB120	144.1	165.2	42.96	13.1
SISMICO	22.64						2				

Tabella 23 – Verifiche trave di ripartizione – I ordine

	Azioni sollecitanti					Azioni resistenti				Verifiche	
	Msk	Vsk	γA	Msd	Vsd	Mel rd	Mpl rd	M rd	Vpl rd	Mrd/Msd	Vrd/Vsd
CASO	[kNm]	[kN]	[-]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[-]	[-]
STATICO	6.0	12.5	1.3	7.8	16.2	56.5	64.3	56.5	197.8	5.55	10.20
SISMICO	6.5	13.6	1.0	6.5	13.6	56.5	64.3	64.3	197.8	6.64	12.21

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

11.1.2 Sezione 2 – paratia di pali laterale H=26 m

Sono di seguito descritte le principali caratteristiche della struttura e del modello geotecnico per le analisi di verifica.




Figura 24 – Sezione 2 – paratia frontale H=26m

11.1.2.1 Geometria e parametri geotecnici del modello

Tabella 24 – Sezione 2 – 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 (3/4/5) in acciaio armonico
Altezza totale paratia	$H_{tot} = 26$ m
Altezza di scavo	$H = 15$ m
Altezza di scavo di calcolo (DM 2018 § 6.5.2.2)	$H_1 = H + \min [0.5; 10\% (15-13)] = 0.3$ m
Ordini di tiranti (n°)	4
Passo orizzontale tiranti	2.4 / 1.2

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B


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 25 – Sezione 2 – Parametri geotecnici di calcolo - TRV

Terreno	Gruppo coeff. parziali	Condizione	γ	c_d	ϕ'_d	δ_{attiva}	$\delta_{passiva}$	E'	E'_{ur}	k_o	K_{ah}	K_{ph}
			(kN/m ³)	(kPa)	(°)	(°)	(°)	(MPa)	(MPa)	(-)	(-)	(-)
TRV	M1	SLU	21	15	22	18	18	67-102-135	67-102-135	0.63	0.392	2.879
		SLV					0				0.4178	2.1099
	M2	SLU		15	15	0.69	0.4649			2.3135		
		SLV		12	18		0			-		
<i>γ = peso dell'unità di volume</i>												
<i>c'_d = coesione efficace (valore di calcolo)</i>												
<i>ϕ'_d = angolo di resistenza al taglio (valore di calcolo)</i>												
<i>δ = angolo d'attrito struttura/terreno</i>												
<i>E' = modulo di Young</i>												
<i>E'_{ur} = modulo di Young (scarico/ricarico)</i>												
<i>k_o = coefficiente di spinta a riposo</i>												
<i>K_a = coefficiente di spinta attiva</i>												
<i>K_p = coefficiente di resistenza passiva</i>												

Tabella 26 – Sezione 2 – Parametri per il calcolo dell'azione sismica

Terreno	Condizione	Categoria sottosuolo	Categoria topografica	a_g/g	S	a_{max}/g	α	u_s	β	K_h
		(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(m)	(-)	(-)
TRV	SLV	C	T1	0.0794	1.50	0.1191	0.608	0.13	0.49	0.0351

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 55 di 354

α = coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 del DM 17/01/2018)
 u_s = spostamento ammissibile
 β = coefficiente di spostamento (Figura 7.11.3 del DM 17/01/2018)
 k_h = coefficiente sismico

11.1.2.2 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;

11.1.2.3 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.

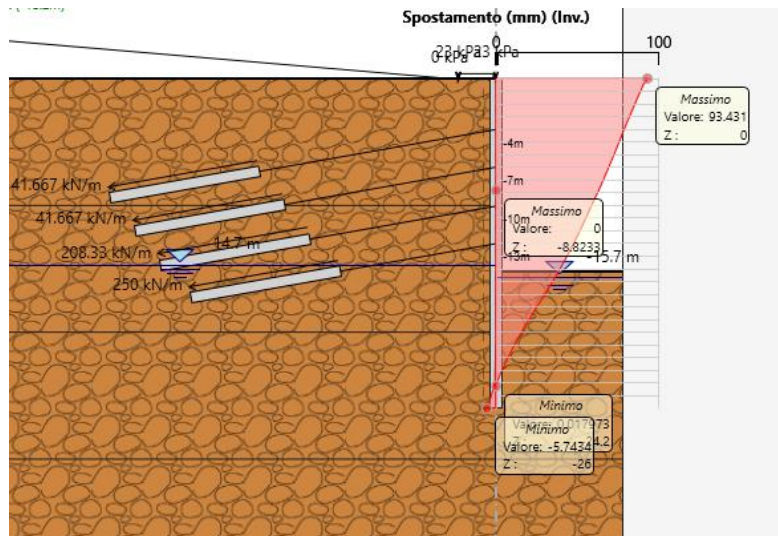


Figura 25 – Sezione 2 – involucro della deformata dell’opera (SLU) nei vari step di calcolo

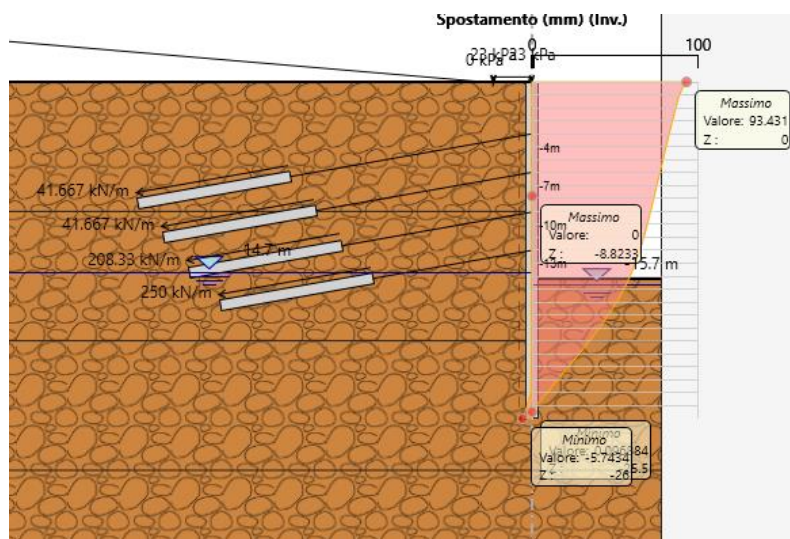



Figura 26 – Sezione 2 – involucro della deformata dell’opera (SLV) nei vari step di calcolo

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.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

3) Verifica stabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno

Le verifiche di stabilità globale sono state condotte con il metodo dell'equilibrio limite mediante il software Slope/W (Geostudio 2007).

Il calcolo è stato condotto analizzando superfici di scorrimento secondo la formulazione di Morgenstern & Price.

L'analisi viene effettuata con parametri abbattuti secondo i coefficienti di normativa M2 in condizioni statiche, mentre in condizioni sismiche si utilizzano i coefficienti M1.

Il valore del sovraccarico in fase statica è di 20 kPa, mentre in fase sismica deve essere moltiplicato per il fattore $Q=0.20$, quindi si ottiene un valore di 4 kPa.

Il valore di profondità della falda in corrispondenza dell'asse della galleria in corrispondenza dell'imbocco Salso Ovest viene dedotto dalle letture piezometriche disponibili in corrispondenza dell'imbocco lato Palermo, in questo caso si valuta una profondità di falda di circa 4 m.

La paratia è stata simulata come un elemento estremamente rigido. I tiranti sono stati simulati all'interno del modello in modo da non contribuire alla stabilità globale (valori di carico applicato, bar capacity e shear capacity nulli).

Le azioni sismiche pseudo-statiche sono state sintetizzate nella seguente tabella:


Tabella 27: Sezione 2 – parametri sismici

<i>SUOLO</i>	<i>TOPOGRAFIA</i>	<i>PARAMETRI SISMICI</i>						
		<i>ag</i>	<i>S_s</i>	<i>S_T</i>	<i>a_{g,max}</i>	<i>β</i>	<i>k_h</i>	<i>k_v</i>
		(g)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
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 28: Sezione 2 – sintesi dei risultati delle analisi di stabilità

<i>Combinazione</i>	<i>R_d/E_d</i>
"SLU" - globale	1.152
"SLV" - globale	1.236

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

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).

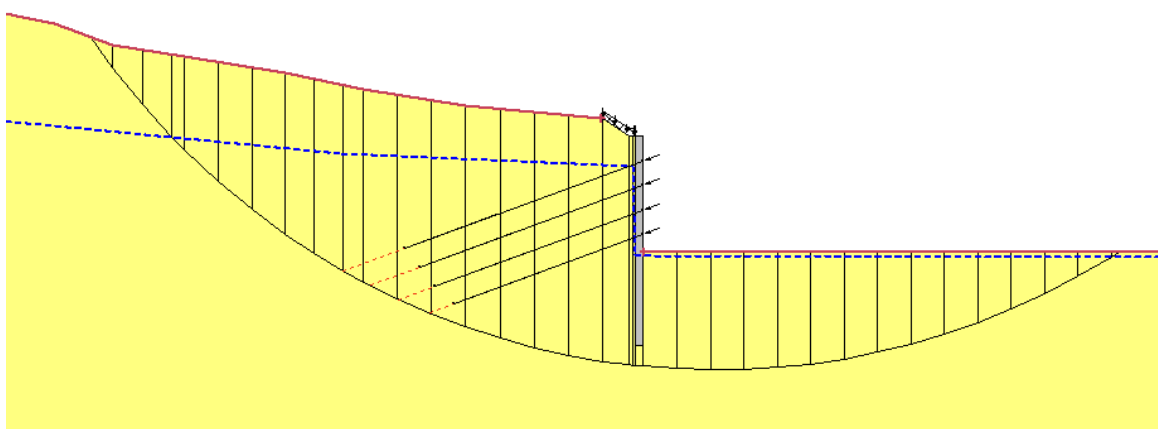


Figura 27 – Sezione 2 – superficie di scorrimento critica – condizioni statiche globali

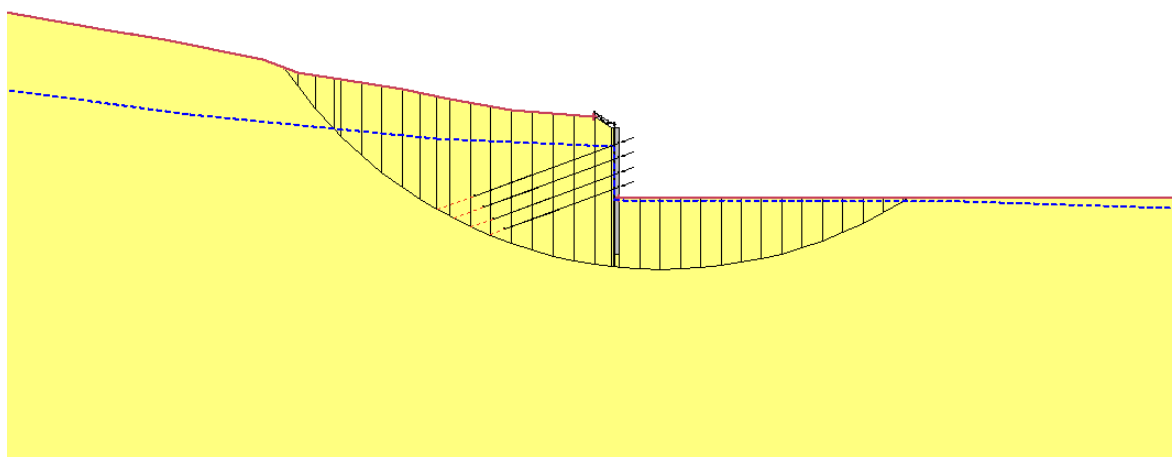



Figura 28 – Sezione 2 – superficie di scorrimento critica – condizioni sismiche globali

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

4) 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 29 – Sezione 2 – caratteristiche geometriche dei tiranti

Ordine tirante	i	Quota da testa paratia	L _{libera min statica}	L _{libera min sismica}	n° trefoli	L _{libera di progetto}	L _{fondazione}	L _{totale}	T _{iniz}
[-]	[°]	[m]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[m]	[kN]
I	10	4	15.8	18.6	4	19	12	31	100
II	10	7	14.1	16.6	4	17	12	29	100
III	10	10	12.4	14.6	5	15	12	27	250
IV	10	13	10.6	12.5	5	12.5	12	24.5	300

Tabella 30 – Sezione 2 – caratteristiche meccaniche dei tiranti

Altezza totale della paratia	H _{paratia}	26	m
Spessore della paratia (Φ perforazione)	S _{paratia}	1.0	m
Altezza massima di scavo	H _{scavo}	15	m
Altezza di infissione della paratia	H _{infissione}	11	m
Profondità della falda da testa paratia	Z _{falda}	4.2	m

N° ordini di tiranti	n° tiranti	4	-
Tipologia tiranti	Temporanei		
Coefficiente parziale per resistenza a sfilamento	γ _R	1.2	-
Area del singolo trefolo	A _{trefolo}	1.39	cm ²
Diametro del singolo trefolo	φ _{trefolo}	15.2	mm
Tensione caratteristica di rottura	f _{ptk}	1860	N/mm ²
Tensione caratteristica all'1% di deformazione totale	f _{p(1)k}	1670	N/mm ²
Coefficiente parziale condizioni permanenti e transitorie	γ _S	1.15	-
Tensione di calcolo acciaio (condizioni permanenti e transitorie)	f _{yd}	1452.17	N/mm ²
Coefficiente parziale condizioni eccezionali	γ _S	1.00	-
Tensione di calcolo acciaio (condizioni eccezionali)	f _{yd}	1670	N/mm ²
Forza di trazione a rottura dell'acciaio (singolo trefolo)	F _{pk}	232.13	kN/trefolo
Verifica rapporto di duttilità f _{ptk} / f _{p(1)k} ≥ 1,1	f _{ptk} / f _{p(1)k}	1.11	-

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

<i>Resistenza di progetto del singolo trefolo (condizioni ordinarie)</i>	R_{ad}	201.85	kN/trefolo
<i>Resistenza di progetto del singolo trefolo (condizioni eccezionali)</i>	R_{ad}	232.13	kN/trefolo
<i>Tensione limite (in esercizio e in fase di tesatura)</i>	σ_{spi}	1395	N/mm ²
<i>Trazione limite per il singolo trefolo</i>	$N_{q,amm}$	193.91	kN/trefolo
<i>Numero di verticali di indagine</i>	$n^{\circ}_{sondaggi}$	1	-
<i>Fattore di correlazione per la resistenza caratteristica</i>	ξ_{a3}	1.8	-
<i>Resistenza cubica caratteristica della malta</i>	R_{ck}	30	MPa
<i>Resistenza a trazione semplice della malta</i>	f_{ctm}	2.56	MPa
<i>Coefficiente parziale di sicurezza della malta</i>	γ_c	1.5	-
<i>Tensione limite di aderenza trefoli-malta</i>	τ_{tm}	1.2	MPa
<i>Tasso nominale di esercizio del singolo trefolo</i>	$S_{e,es}$	1336	MPa
<i>Tiro massimo iniziale del sigolo trefolo</i>	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;
- α è un coefficiente correttivo che tiene conto della tecnologia realizzativa dell'ancoraggio e del contesto geotecnico (Viggiani, '99);
- τ_{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;
- ξ è un fattore di correlazione che dipende dal numero di profili di indagine geotecnica disponibili per la determinazione della resistenza caratteristica τ_{ak} .

La verifica viene condotta nel rispetto della seguente disuguaglianza:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

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

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 31 – Sezione 2 – verifiche Geotecniche della fondazione dei tiranti – condizioni statiche

Ordine Tirante	D_p	α	τ_{ok}	L_a	$\gamma_{Ra,p}$	ξ	$N_{R,ad}$	Condiz.	$N_{S,d}$	R_d / E_d
[-]	[mm]	[-]	[kPa]	[m]	[-]	[-]	kN	[-]	[kN]	[-]
1	160	1.2	150	12	1.2	1.8	502.4	Inviluppo SLU	447.0	1.12
2	160	1.2	150	12	1.2	1.8	502.4	Inviluppo SLU	461.4	1.09
3	180	1.2	150	12	1.2	1.8	565.2	Inviluppo SLU	506.8	1.12
4	180	1.2	150	12	1.2	1.8	565.2	Inviluppo SLU	422.9	1.34

Tabella 32 – Sezione 2 – verifiche Geotecniche della fondazione dei tiranti – condizioni sismiche

Ordine Tirante	D_p	α	τ_{ok}	L_a	$\gamma_{Ra,p}$	ξ	$N_{R,ad}$	Condiz.	$N_{S,d}$	R_d / E_d
[-]	[mm]	[-]	[kPa]	[m]	[-]	[-]	kN	[-]	[kN]	[-]
1	160	1.2	150	12	1.2	1.8	502.4	Inviluppo SLV	356.6	1.41
2	160	1.2	150	12	1.2	1.8	502.4	Inviluppo SLV	391.9	1.28
3	180	1.2	150	12	1.2	1.8	565.2	Inviluppo SLV	472.4	1.20
4	180	1.2	150	12	1.2	1.8	565.2	Inviluppo SLV	453.2	1.25

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;

γ_S è il coefficiente parziale dell'acciaio.

La verifica viene condotta nel rispetto della seguente disuguaglianza:

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

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 33 – Sezione 2 – Verifiche strutturali dell'armatura dei tiranti – condizioni statiche

Ordine Tirante	$f_{p(1)k}$	A_{tr}	n_{tr}	γ_s	$N_{R,pd}$	Condiz.	$N_{S,d}$	R_d / E_d
[-]	[MPa]	[mm ²]	[-]	[-]	kN	[-]	[kN]	[-]
1	1670	139	4	1.15	807.4	Inviluppo SLU	447.0	1.81
2	1670	139	4	1.15	807.4	Inviluppo SLU	461.4	1.75
3	1670	139	5	1.15	1009.3	Inviluppo SLU	506.8	1.99
4	1670	139	5	1.15	1009.3	Inviluppo SLU	422.9	2.39

Tabella 34 – Sezione 2 - Verifiche strutturali dell'armatura dei tiranti – condizioni sismiche

Ordine Tirante	$f_{p(1)k}$	A_{tr}	n_{tr}	γ_s	$N_{R,pd}$	Condiz.	$N_{S,d}$	R_d / E_d
[-]	[MPa]	[mm ²]	[-]	[-]	kN	[-]	[kN]	[-]
1	1670	139	4	1.15	807.4	Inviluppo SLV	356.6	2.26
2	1670	139	4	1.15	807.4	Inviluppo SLV	391.9	2.06
3	1670	139	5	1.15	1009.3	Inviluppo SLV	472.4	2.14
4	1670	139	5	1.15	1009.3	Inviluppo SLV	453.2	2.23

Infine, nel rispetto della gerarchia delle resistenze, è necessario verificare che la resistenza caratteristica al limite di snervamento del tratto libero sia sempre maggiore della resistenza caratteristica a sfilamento della fondazione dell'ancoraggio. Dal confronto tra i risultati, esposti nella tabella precedente, emerge che tale verifica è sempre soddisfatta essendo $R_d / E_d > 1$.

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 35 – Sezione 2 – Sollecitazioni SLU, SLE, e SLV

Condizione	Fase di calcolo	Soll. Max.	Quota	M_{Sd}	T_{Sd}	N_{Sd}
[-]	[-]	[-]	[m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]
SLU	Inviluppo	Momento	-16.5	1272.77	306.37	323.98

	Inviluppo	Taglio	-10	282.74	307.37	196.35
SLE	Inviluppo	Momento	-16.5	979.05	235.67	166.90
SLV	Sisma_STR	Momento	-15.9	813.69	1.61	312.20
	Sisma_STR	Taglio	-13	352.57	332.21	255.25

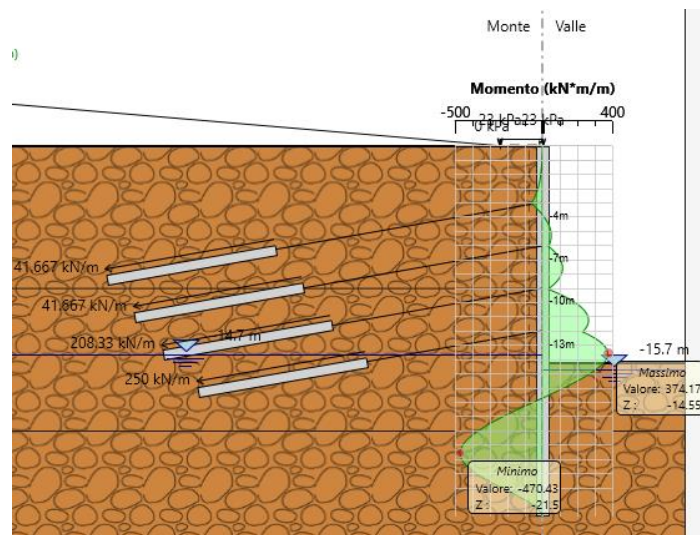


Figura 29 – Sezione 2 – momento flettente statico agente nei pali (SLE)

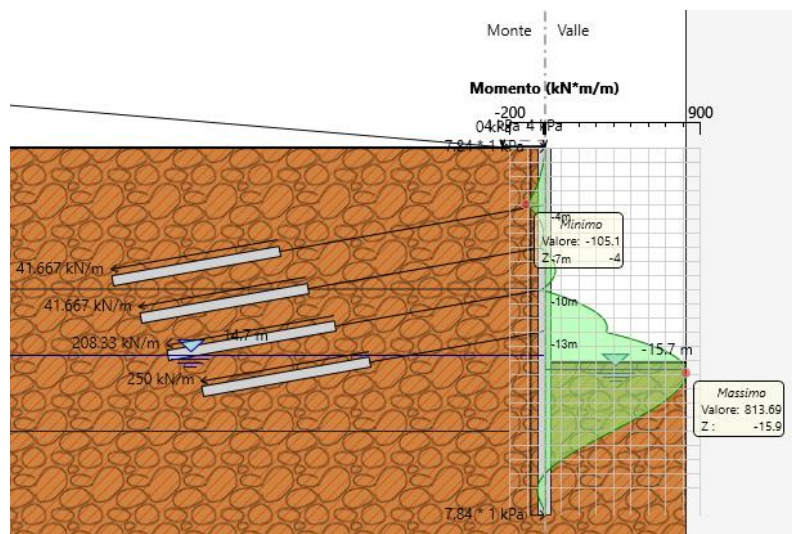
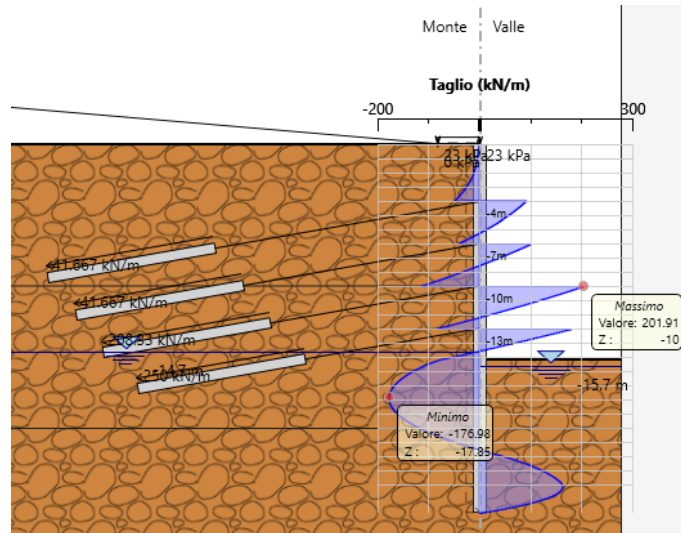
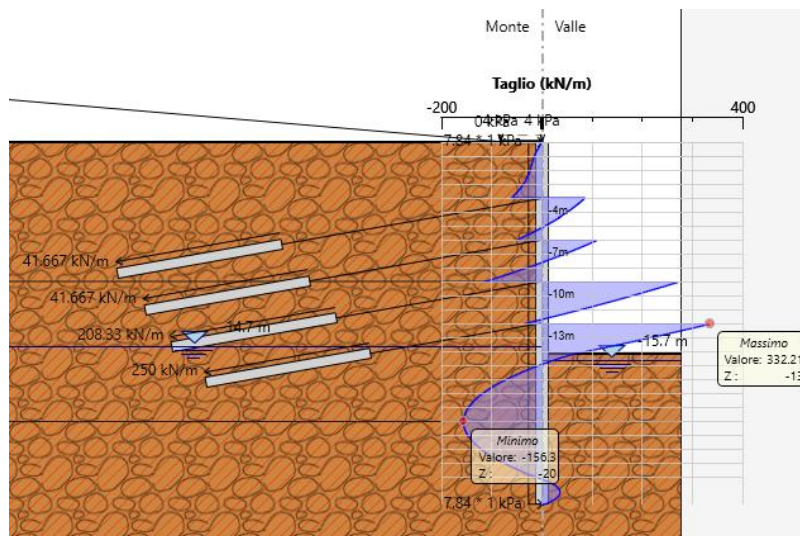


Figura 30 – Sezione 2 – momento flettente sismico agente nei pali (SLV)


Figura 31 – Sezione 2 – taglio statico agente nei pali (SLE)

Figura 32 – Sezione 2 – 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.

Tabella 36 – Sezione 2 – materiali strutturali e geometria di verifica

MATERIALI					
Calcestruzzo			Acciaio		
R _{ck}	30	Mpa	f _{yk}	450	Mpa
f _{ck}	25	Mpa	E _s	200000	Mpa

GEOMETRIA			
Sezione trasversale			
D	100	cm	
d	91.2	cm	

E_{cm}	31000	Mpa	γ_c	1.15	-
γ_c	1.5	-	f_{yd}	391.3	Mpa
α_{cc}	0.85	-	ϵ_{uk}	75	‰
f_{cd}	14.1	Mpa			
f_{ctm}	2.6	MPa			
ν	0.5	-			
ϵ_{c2}	2	‰			
ϵ_{cu2}	3.5	‰			
α_e	15.0	-			
k_t	0.4	-			
k_1	0.8	-	Valori limite		
k_2	0.5	-	$0,45 f_{ck}$	11.2	Mpa
k_3	1.63	-	$0,8 f_{yk}$	360	Mpa
k_4	0.425	-	$W_{k,lim}$	0.3	mm

Armatura longitudinale			
nbarre	Φ	c	A_{sl}
	mm	mm	cm ²
30	26	75	159.28
	0	173	0.00
Armatura a taglio			
tipo	Φ	passo	c
	mm	cm	mm
Spirale	12	30	63

Tabella 37 – Sezione 2 – verifica combinazione Mmax e Tmax

VERIFICA A TAGLIO - SLU					
α	90	°	M_{Ed}	339.28	kNm
A_{sw}	226.2	mm ²	N_{ed}	196.35	kN
r	500.0	mm	V_{ed}	368.85	kN
r_s	437.0	mm	M_{Rd}	2305	kNm
α	0.6	rad			
A_{tot}	785398.2	mm ²	V_{Rd}	490.1	kN
A	655793.4	mm ²	FS	1.33	-
b	842.7	mm	<i>Non necessita di armatura a taglio</i>		
h	932.0	mm			
d	778.2	mm	cot θ	2.5	-
γ_c	1.5	-			
σ_{cp}	0.3	kPa	V_{Rsd}	516.6	kN
ρ_l	2.4	%	FS	1.40	-
k	1.5	-	V_{Rcd}	1435.9	kN
v_{min}	0.3	-	FS	3.89	-

GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI
CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 002	B	66 di 354

α_c	1.0	-			
------------	-----	---	--	--	--

VERIFICA A TAGLIO - SLV					
α	90	°	M_{Ed}	423.08	kNm
A_{sw}	226.2	mm ²	N_{ed}	255.25	kN
r	500.0	mm	V_{ed}	398.65	kN
r_s	437.0	mm	M_{Rd}	2317	kNm
α	0.6	rad			
A_{tot}	785398.2	mm ²	V_{Rd}	490.1	kN
A	655793.4	mm ²	FS	1.23	-
b	842.7	mm	<i>Non necessita di armatura a taglio</i>		
h	932.0	mm			
d	778.2	mm	cot θ	2.5	-
γ_c	1.5	-			
σ_{cp}	0.3	kPa	V_{Rsd}	516.6	kN
ρ_l	2.4	%	FS	1.30	-
k	1.5	-	V_{Rcd}	1435.9	kN
v_{min}	0.3	-	FS	3.60	-
α_c	1.0	-			

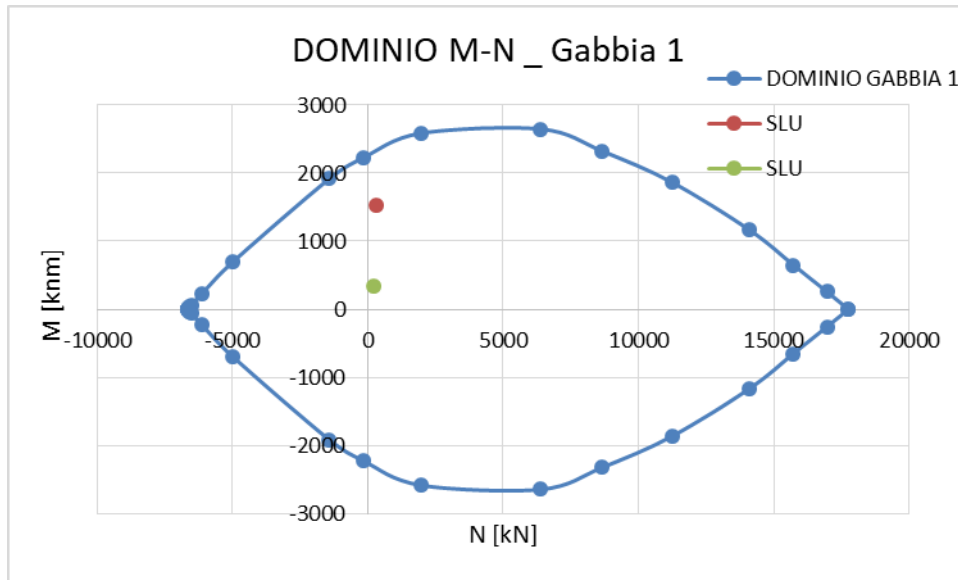


Figura 33 – Dominio M-N - SLU

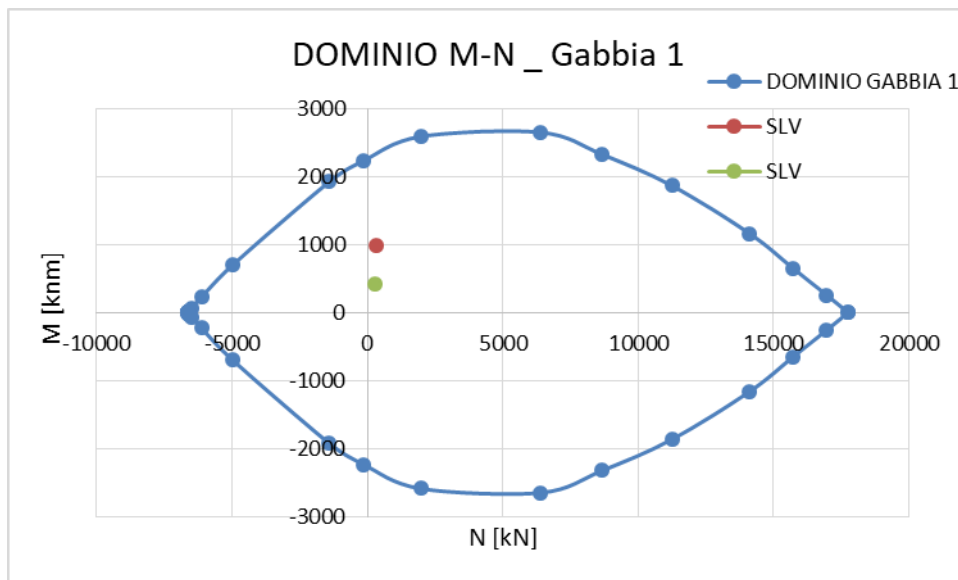



Figura 34 – Dominio M-N - SLV

Le verifiche strutturali sono pertanto tutte soddisfatte. Per la sezione in esame l'incidenza è di 209.05 kg/m³.

6) Verifica resistenza strutturale delle travi di ripartizione

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

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:

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

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

Le travi di ripartizione costituite da profili metallici accoppiati HEB 140 per i primi 3 ordini, da profili metallici accoppiati HEB 120 per l'ultimo ordine.

Tabella 38 – 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	143.27	2.4	S275R	275	1.05	261.90	HEB140	215.6	245.4	42.96	13.1
SISMICO	148.57						2				

Tabella 39 – Verifiche trave di ripartizione – I ordine

	Azioni sollecitanti					Azioni resistenti				Verifiche	
	Msk	Vsk	γA	Msd	Vsd	Mel rd	Mpl rd	M rd	Vpl rd	Mrd/Msd	Vrd/Vsd
CASO	[kNm]	[kN]	[-]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[-]	[-]
STATICO	41.3	86.0	1.3	53.6	111.8	56.5	64.3	56.5	197.8	1.05	1.77
SISMICO	42.8	89.1	1.0	42.8	89.1	56.5	64.3	64.3	197.8	1.50	2.22

Tabella 40 – 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]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

STATICO	147.87	2.4	S275R	275	1.05	261.90	HEB140	215.6	245.4	42.96	13.1
SISMICO	163.28						2				

Tabella 41 – Verifiche trave di ripartizione – II ordine

	Azioni sollecitanti					Azioni resistenti				Verifiche	
	Msk	Vsk	γ_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	42.6	88.7	1.3	55.4	115.3	56.5	64.3	56.5	197.8	1.02	1.71
SISMICO	47.0	98.0	1.0	47.0	98.0	56.5	64.3	64.3	197.8	1.37	2.02

Tabella 42 – Caratteristiche trave di ripartizione – III ordine


A1+M1	Dati da Paratie		Tipo acciaio				Profilato				
	T paratie	passo	Tipo	fyk	γ_{M0}	fyd	Tipo e numero	Wel	Wpl	A	Av
CASO	[kN/m]	[m]	acciaio	[MPa]	[-]	[MPa]		HEB140	[cm3]	[cm3]	[cm2]
STATICO	324.88	1.2	S275R	275	1.05	261.90	215.6		245.4	42.96	13.1
SISMICO	393.64						2				

Tabella 43 – Verifiche trave di ripartizione – III ordine

	Azioni sollecitanti					Azioni resistenti				Verifiche	
	Msk	Vsk	γ_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	23.4	97.5	1.3	30.4	126.7	37.7	43.3	37.7	165.8	1.24	1.31
SISMICO	28.3	118.1	1.0	28.3	118.1	37.7	43.3	37.7	165.8	1.33	1.40

Tabella 44 – Caratteristiche trave di ripartizione – IV ordine

A1+M1	Dati da Paratie		Tipo acciaio				Profilato				
	T paratie	passo	Tipo	fyk	γ_{M0}	fyd	Tipo e	Wel	Wpl	A	Av

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

CASO	[kN/m]	[m]	acciaio	[MPa]	[-]	[MPa]	numero	[cm3]	[cm3]	[cm2]	[cm2]
STATICO	271.08	1.2	S275R	275	1.05	261.90	HEB 120	144.1	165.2	34.01	11.0
SISMICO	377.66						2				

Tabella 45 – Verifiche trave di ripartizione – IV ordine

CASO	Azioni sollecitanti					Azioni resistenti				Verifiche	
	Msk	Vsk	γ_A	Msd	Vsd	Mel rd	Mpl rd	M rd	Vpl rd	Mrd/Msd	Vrd/Vsd
	[kNm]	[kN]	[-]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[-]	[-]
STATICO	19.5	81.3	1.3	25.4	105.7	37.7	43.3	37.7	165.8	1.49	1.57
SISMICO	27.2	113.3	1.0	27.2	113.3	37.7	43.3	37.7	165.8	1.39	1.46

Tutte le verifiche sono soddisfatte.

11.1.3 Sezione 3 – paratia di pali laterale H=23 m

Sono di seguito descritte le principali caratteristiche della struttura e del modello geotecnico per le analisi di verifica.

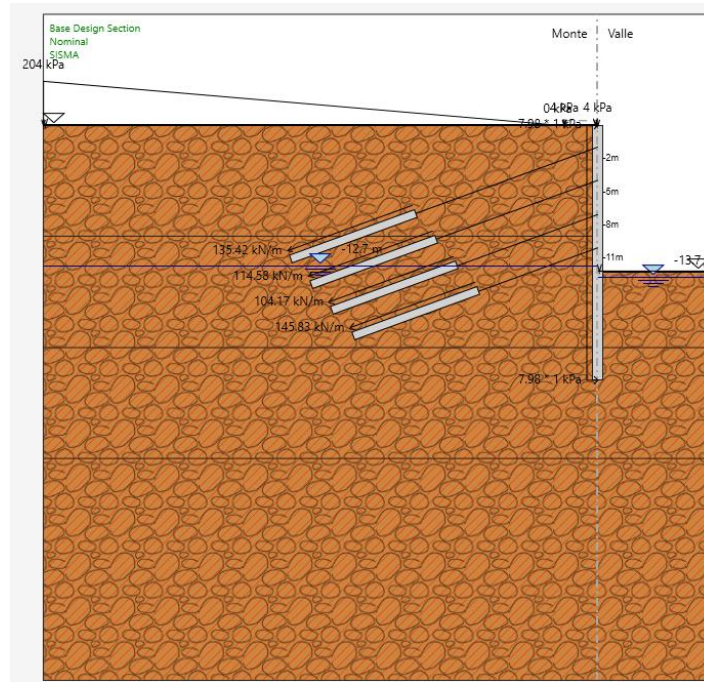


Figura 35 – Sezione 3 – paratia frontale H=23m


11.1.3.1 Geometria e parametri geotecnici del modello

Per la descrizione del modello geotecnico per la sezione di imbocco si rimanda al paragrafo 8.3.

Nella figura precedente si riporta la geometria della sezione a scavo ultimato, con 4 ordini di tiranti e il complesso di carichi considerati agenti a tergo dell'opera.

Tabella 46 – Sezione 3 – 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 160 in acciaio S275R Tiranti a trefoli (4/5) in acciaio armonico
Altezza totale paratia	$H_{tot} = 23$ m
Altezza di scavo	$H = 13$ m
Altezza di scavo di calcolo (DM 2018 § 6.5.2.2)	$H_1 = H + \min [0.5; 10\% (12-8)] = 0.2$ m
Ordini di tiranti (n°)	4

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B


Passo orizzontale tiranti	2.4
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 47 – Sezione 3 – Parametri geotecnici di calcolo - TRV

Terreno	Gruppo coeff. parziali	Condizione	γ	c_d	φ'_d	δ_{attiva}	$\delta_{passiva}$	E'	E'_{ur}	k_o	K_{ah}	K_{ph}
			(kN/m ³)	(kPa)	(°)	(°)	(°)	(MPa)	(MPa)	(-)	(-)	(-)
TRV	M1	SLU	21	15	22	18	18	67-102-135	67-102-135	0.63	0.392	2.879
		SLV					0				0.4217	2.1019
	M2	SLU		12	18	15	0.69			0.4649	2.3135	
		SLV				0				-		
γ = peso dell'unità di volume												
c'_d = coesione efficace (valore di calcolo)												
φ'_d = angolo di resistenza al taglio (valore di calcolo)												
δ = 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 48 – Sezione 3 – Parametri per il calcolo dell'azione sismica

Terreno	Condizione	Categoria sottosuolo	Categoria topografica	a_g/g	S	a_{max}/g	α	u_s	β	K_h
		(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(m)	(-)	(-)
TRV	SLV	C	T1	0.0794	1.50	0.1191	0.674	0.115	0.50	0.04030

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 73 di 354

α = coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 del DM 17/01/2018)
 u_s = spostamento ammissibile
 β = coefficiente di spostamento (Figura 7.11.3 del DM 17/01/2018)
 k_h = coefficiente sismico

11.1.3.2 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;

11.1.3.3 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.

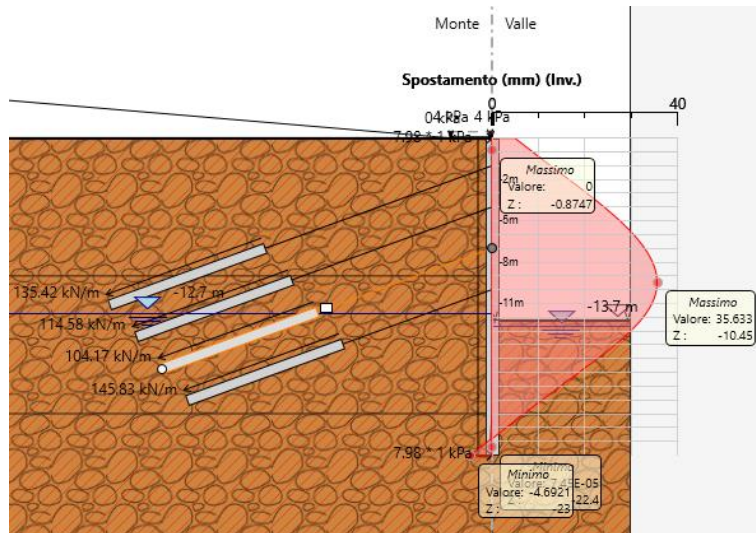


Figura 36 – Sezione 3 – involucro della deformata dell'opera (SLU) nei vari step di calcolo

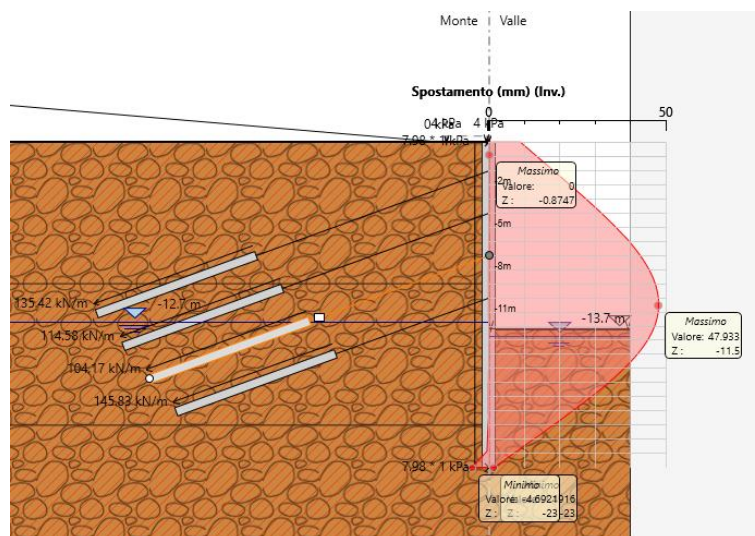



Figura 37 – Sezione 3 – involucro della deformata dell'opera (SLV) nei vari step di calcolo

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.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

3) Verifica stabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno

Le verifiche di stabilità globale sono state condotte con il metodo dell'equilibrio limite mediante il software Slope/W (Geostudio 2007).

Il calcolo è stato condotto analizzando superfici di scorrimento secondo la formulazione di Morgenstern & Price.

L'analisi viene effettuata con parametri abbattuti secondo i coefficienti di normativa M2 in condizioni statiche, mentre in condizioni sismiche si utilizzano i coefficienti M1.

Il valore del sovraccarico in fase statica è di 20 kPa, mentre in fase sismica deve essere moltiplicato per il fattore $Q=0.20$, quindi si ottiene un valore di 4 kPa.

Il valore di profondità della falda in corrispondenza dell'asse della galleria in corrispondenza dell'imbocco Salso Ovest viene dedotto dalle letture piezometriche disponibili in corrispondenza dell'imbocco lato Palermo, in questo caso si valuta una profondità di falda di circa 4 m.

La paratia è stata simulata come un elemento estremamente rigido. I tiranti sono stati simulati all'interno del modello in modo da non contribuire alla stabilità globale (valori di carico applicato, bar capacity e shear capacity nulli).

Le azioni sismiche pseudo-statiche sono state sintetizzate nella seguente tabella:


Tabella 49: Sezione 3 – parametri sismici

<i>SUOLO</i>	<i>TOPOGRAFIA</i>	<i>PARAMETRI SISMICI</i>						
		<i>ag</i>	<i>S_s</i>	<i>S_T</i>	<i>a_{g,max}</i>	<i>β</i>	<i>k_h</i>	<i>k_v</i>
		(g)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
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 50: Sezione 3 – sintesi dei risultati delle analisi di stabilità

<i>Combinazione</i>	<i>R_d/E_d</i>
"SLU" - globale	1.195
"SLV" - globale	1.285

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

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).

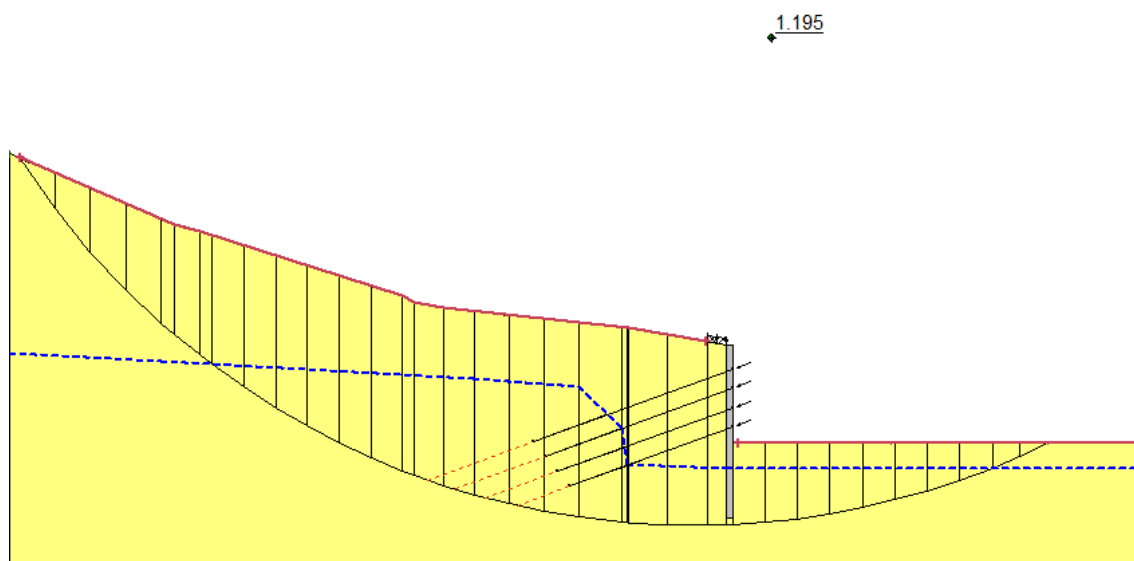


Figura 38 – Sezione 3 – superficie di scorrimento critica – condizioni statiche globali

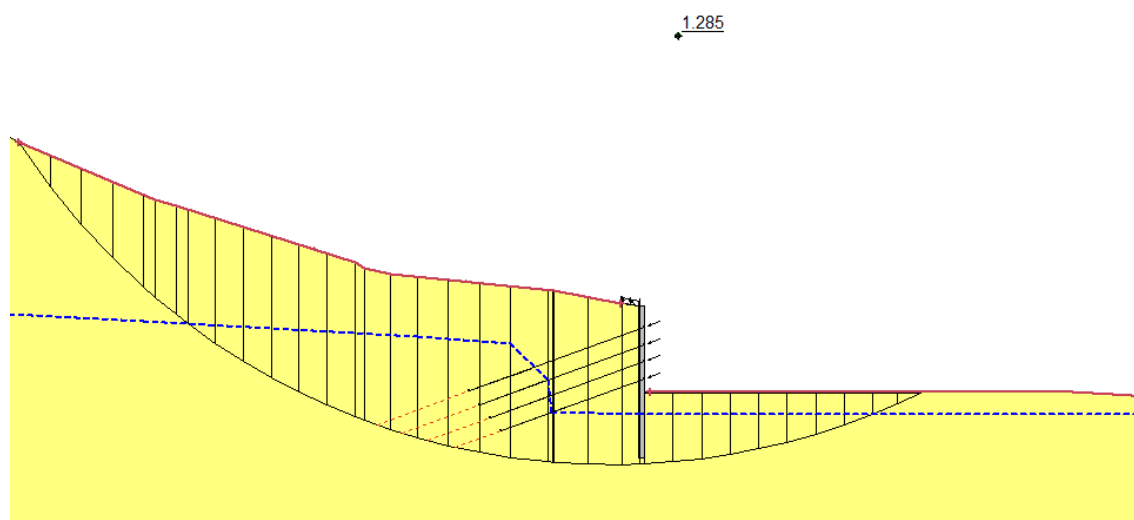



Figura 39 – Sezione 3 – superficie di scorrimento critica – condizioni sismiche globali

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

4) 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 51 – Sezione 3 – caratteristiche geometriche dei tiranti

Ordine tirante	i	Quota da testa paratia	L _{libera min statica}	L _{libera min sismica}	n° trefoli	L _{libera di progetto}	L _{fondazione}	L _{totale}	T _{iniz}
[-]	[°]	[m]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[m]	[kN]
I	20	2	14.8	17.5	4	17.5	12	29.5	325
II	20	5	13.1	15.4	4	15.5	12	27.5	275
III	20	8	11.4	13.4	5	13.5	12	25.5	250
IV	20	11	9.6	11.4	5	11.5	12	23.5	350

Tabella 52 – Sezione 3 – caratteristiche meccaniche dei tiranti

Altezza totale della paratia	$H_{paratia}$	23	m
Spessore della paratia (Φ perforazione)	$S_{paratia}$	1.0	m
Altezza massima di scavo	H_{scavo}	13	m
Altezza di infissione della paratia	$H_{infissione}$	10	m
Profondità della falda da testa paratia	Z_{falda}	4.2	m

N° ordini di tiranti	$n^{\circ}_{tiranti}$	4	-
Tipologia tiranti		Temporanei	
Coefficiente parziale per resistenza a sfilamento	γ_R	1.2	-
Area del singolo trefolo	$A_{trefolo}$	1.39	cm ²
Diametro del singolo trefolo	$\Phi_{trefolo}$	15.2	mm
Tensione caratteristica di rottura	f_{ptk}	1860	N/mm ²
Tensione caratteristica all'1% di deformazione totale	$f_{p(1)k}$	1670	N/mm ²
Coefficiente parziale condizioni permanenti e transitorie	γ_S	1.15	-
Tensione di calcolo acciaio (condizioni permanenti e transitorie)	f_{yd}	1452.17	N/mm ²
Coefficiente parziale condizioni eccezionali	γ_S	1.00	-
Tensione di calcolo acciaio (condizioni eccezionali)	f_{yd}	1670	N/mm ²
Forza di trazione a rottura dell'acciaio (singolo trefolo)	F_{pk}	232.13	kN/trefolo
Verifica rapporto di duttilità $f_{ptk} / f_{p(1)k} \geq 1,1$	$f_{ptk} / f_{p(1)k}$	1.11	-

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

<i>Resistenza di progetto del singolo trefolo (condizioni ordinarie)</i>	R_{ad}	201.85	kN/trefolo
<i>Resistenza di progetto del singolo trefolo (condizioni eccezionali)</i>	R_{ad}	232.13	kN/trefolo
<i>Tensione limite (in esercizio e in fase di tesatura)</i>	σ_{spi}	1395	N/mm ²
<i>Trazione limite per il singolo trefolo</i>	$N_{q,amm}$	193.91	kN/trefolo
<i>Numero di verticali di indagine</i>	$n^{\circ}_{sondaggi}$	1	-
<i>Fattore di correlazione per la resistenza caratteristica</i>	ξ_{a3}	1.8	-
<i>Resistenza cubica caratteristica della malta</i>	R_{ck}	30	MPa
<i>Resistenza a trazione semplice della malta</i>	f_{ctm}	2.56	MPa
<i>Coefficiente parziale di sicurezza della malta</i>	γ_c	1.5	-
<i>Tensione limite di aderenza trefoli-malta</i>	τ_{tm}	1.2	MPa
<i>Tasso nominale di esercizio del singolo trefolo</i>	$S_{e,es}$	1336	MPa
<i>Tiro massimo iniziale del sigolo trefolo</i>	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;
- α è un coefficiente correttivo che tiene conto della tecnologia realizzativa dell'ancoraggio e del contesto geotecnico (Viggiani, '99);
- τ_{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;
- ξ è un fattore di correlazione che dipende dal numero di profili di indagine geotecnica disponibili per la determinazione della resistenza caratteristica τ_{ak} .

La verifica viene condotta nel rispetto della seguente disuguaglianza:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

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

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 53 – Sezione 3 – verifiche Geotecniche della fondazione dei tiranti – condizioni statiche

Ordine Tirante	D_p	α	τ_{ok}	L_a	$\gamma_{Ra,p}$	ξ	$N_{R,ad}$	Condiz.	$N_{S,d}$	R_d / E_d
[-]	[mm]	[-]	[kPa]	[m]	[-]	[-]	kN	[-]	[kN]	[-]
1	160	1.2	150	12	1.2	1.8	502.4	Inviluppo SLU	493.1	1.02
2	160	1.2	150	12	1.2	1.8	502.4	Inviluppo SLU	484.1	1.04
3	180	1.2	150	12	1.2	1.8	565.2	Inviluppo SLU	538.1	1.05
4	180	1.2	150	12	1.2	1.8	565.2	Inviluooo SLU	456.3	1.24

Tabella 54 – Sezione 3 – verifiche Geotecniche della fondazione dei tiranti – condizioni sismiche

Ordine Tirante	D_p	α	τ_{ok}	L_a	$\gamma_{Ra,p}$	ξ	$N_{R,ad}$	Condiz.	$N_{S,d}$	R_d / E_d
[-]	[mm]	[-]	[kPa]	[m]	[-]	[-]	kN	[-]	[kN]	[-]
1	160	1.2	150	12	1.2	1.8	502.4	Inviluppo SLV	403.8	1.24
2	160	1.2	150	12	1.2	1.8	502.4	Inviluppo SLV	408.7	1.23
3	180	1.2	150	12	1.2	1.8	565.2	Inviluppo SLV	478.8	1.18
4	180	1.2	150	12	1.2	1.8	565.2	Inviluppo SLV	452.6	1.25

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;

γ_S è il coefficiente parziale dell'acciaio.

La verifica viene condotta nel rispetto della seguente disuguaglianza:

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

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 55 – Sezione 2 – Verifiche strutturali dell'armatura dei tiranti – condizioni statiche

<i>Ordine Tirante</i>	$f_{p(l)k}$	A_{tr}	n_{tr}	γ_s	$N_{R,pd}$	<i>Condiz.</i>	$N_{S,d}$	R_d / E_d
<i>[-]</i>	<i>[MPa]</i>	<i>[mm²]</i>	<i>[-]</i>	<i>[-]</i>	<i>kN</i>	<i>[-]</i>	<i>[kN]</i>	<i>[-]</i>
1	1670	139	4	1.15	807.4	Inviluppo SLU	493.05	1.64
2	1670	139	4	1.15	807.4	Inviluppo SLU	484.07	1.67
3	1670	139	5	1.15	1009.3	Inviluppo SLU	538.14	1.88
4	1670	139	5	1.15	1009.3	Inviluppo SLU	456.3	2.21

Tabella 56 – Sezione 2 – Verifiche strutturali dell'armatura dei tiranti – condizioni sismiche

<i>Ordine Tirante</i>	$f_{p(l)k}$	A_{tr}	n_{tr}	γ_s	$N_{R,pd}$	<i>Condiz.</i>	$N_{S,d}$	R_d / E_d
<i>[-]</i>	<i>[MPa]</i>	<i>[mm²]</i>	<i>[-]</i>	<i>[-]</i>	<i>kN</i>	<i>[-]</i>	<i>[kN]</i>	<i>[-]</i>
1	1670	139	4	1.15	807.4	Inviluppo SLV	403.8	2.00
2	1670	139	4	1.15	807.4	Inviluppo SLV	408.7	1.98
3	1670	139	5	1.15	1009.3	Inviluppo SLV	478.75	2.11
4	1670	139	5	1.15	1009.3	Inviluppo SLV	452.57	2.23

Infine, nel rispetto della gerarchia delle resistenze, è necessario verificare che la resistenza caratteristica al limite di snervamento del tratto libero sia sempre maggiore della resistenza caratteristica a sfilamento della fondazione dell'ancoraggio. Dal confronto tra i risultati, esposti nella tabella precedente, emerge che tale verifica è sempre soddisfatta essendo $R_d / E_d > 1$.

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 57 – Sezione 3 – 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	-11.05	1923.48	226.43	216.97

	Inviluppo	Taglio	-14.95	964.66	393.21	293.54
SLE	Inviluppo	Momento	-11.05	1479.6	174.18	216.9662
SLV	Sisma_STR	Momento	1550.16	4.86	247.40	1550.16
	Sisma_STR	Taglio	933.94	293.58	157.08	933.94

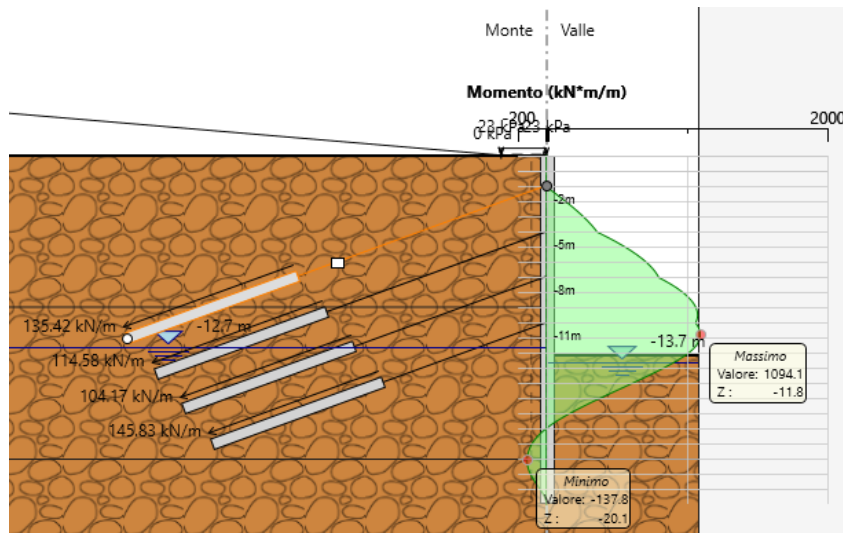


Figura 40 – Sezione 3 – momento flettente statico agente nei pali (SLE)

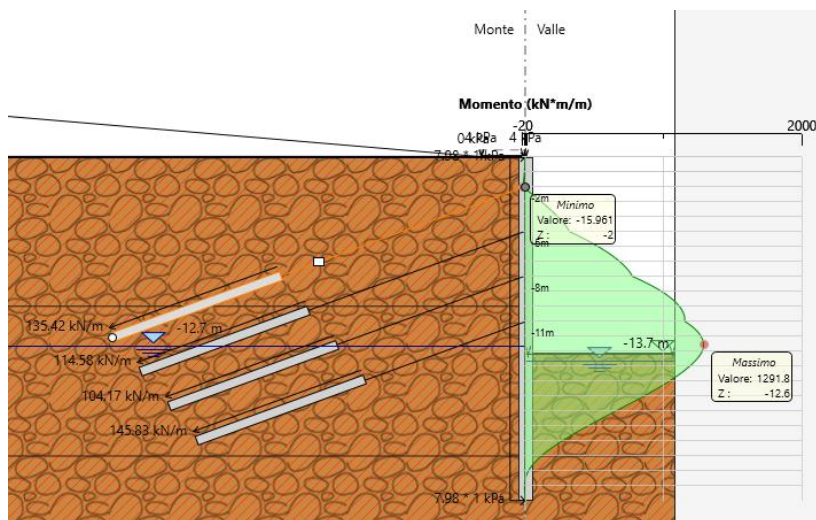


Figura 41 – Sezione 3 – momento flettente sismico agente nei pali (SLV)

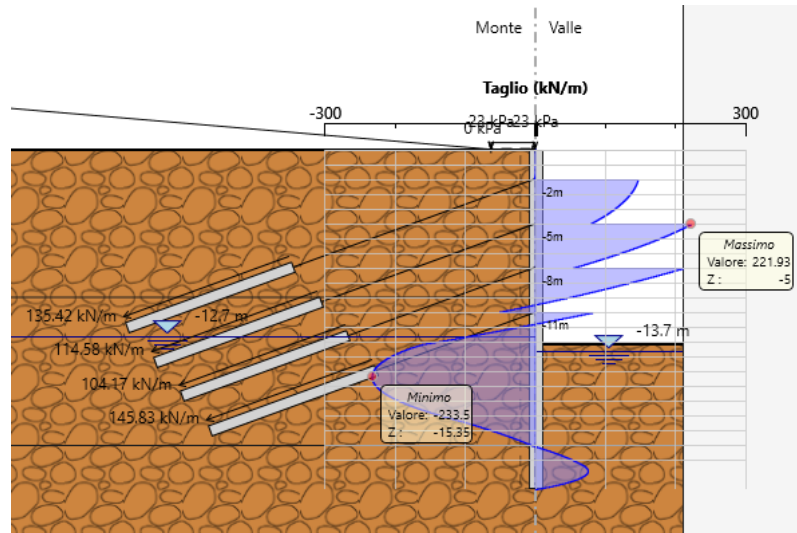


Figura 42 – Sezione 3 – taglio statico agente nei pali (SLE)

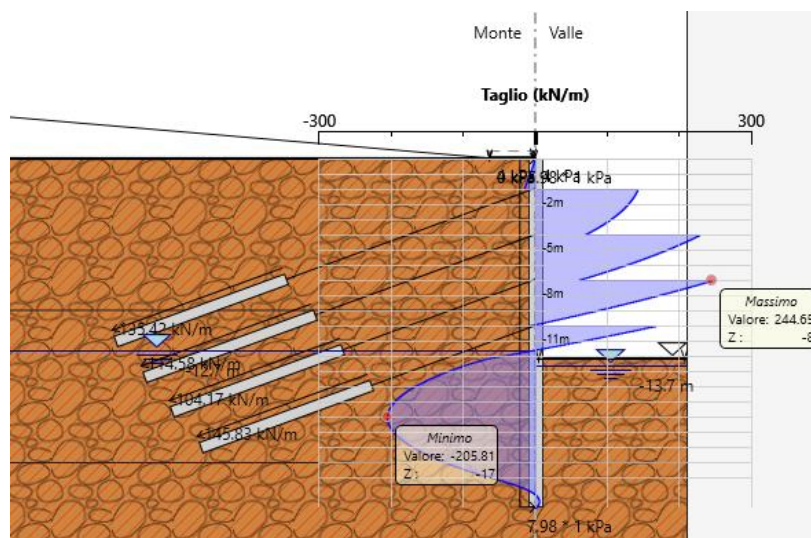


Figura 43 – Sezione 3 – taglio sismico agente nei pali (SLV)

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.

Tabella 58 – Sezione 3 – materiali strutturali e geometria di verifica

MATERIALI

GEOMETRIA

Calcestruzzo			Acciaio		
R_{ck}	30	Mpa	f_{yk}	450	Mpa
f_{ck}	25	Mpa	E_s	200000	Mpa
E_{cm}	31000	Mpa	γ_c	1.15	-
γ_c	1.5	-	f_{yd}	391.3	Mpa
α_{cc}	0.85	-	ϵ_{uk}	75	‰
f_{cd}	14.1	Mpa			
f_{ctm}	2.6	MPa			
ν	0.5	-			
ϵ_{c2}	2	‰			
ϵ_{cu2}	3.5	‰			
α_e	15.0	-			
k_t	0.4	-			
k_1	0.8	-	Valori limite		
k_2	0.5	-	$0,45 f_{ck}$	11.2	Mpa
k_3	1.61	-	$0,8 f_{yk}$	360	Mpa
k_4	0.425	-	$W_{k,lim}$	0.3	mm

Sezione trasversale			
D	100	cm	
d	90.8	cm	
Armatura longitudinale			
n_{barre}	Φ	c	A_{sl}
	mm	mm	cm ²
30	30	77	212.06
	0	179	0.00
Armatura a taglio			
tipo	Φ	passo	c
	mm	cm	mm
Spirale	12	30	65

Tabella 59 – Sezione 3 – verifica combinazione Mmax e Tmax

VERIFICA A TAGLIO - SLU					
α	90	°	M_{Ed}	964.66	kNm
A_{sw}	226.2	mm ²	N_{Ed}	293.54	kN
r	500.0	mm	V_{Ed}	393.21	kN
r_s	435.0	mm	M_{Rd}	2787	kNm
α	0.6	rad			
A_{tot}	785398.2	mm ²	V_{Rd}	548.4	kN
A	654734.4	mm ²	FS	1.39	-
b	842.7	mm	<i>Non necessita di armatura a taglio</i>		
h	932.0	mm			
d	776.9	mm	cot θ	2.5	-
γ_c	1.5	-			
σ_{cp}	0.4	kPa	V_{Rsd}	515.8	kN

ρ_l	3.2	%	FS	1.31	-
k	1.5	-	V_{Rcd}	1433.6	kN
v_{min}	0.3	-	FS	3.65	-
α_c	1.0	-			

VERIFICA A TAGLIO - SLV					
α	90	°	M_{Ed}	933.94	kNm
A_{sw}	226.2	mm ²	N_{ed}	157.08	kN
r	500.0	mm	V_{ed}	293.58	kN
r_s	435.0	mm	M_{Rd}	2761	kNm
α	0.6	rad			
A_{tot}	785398.2	mm ²	V_{Rd}	548.4	kN
A	654734.4	mm ²	FS	1.87	-
b	842.7	mm	<i>Non necessita di armatura a taglio</i>		
h	932.0	mm			
d	776.9	mm	cot θ	2.5	-
γ_c	1.5	-			
σ_{cp}	0.4	kPa	V_{Rsd}	515.8	kN
ρ_l	3.2	%	FS	1.76	-
k	1.5	-	V_{Rcd}	1433.5	kN
v_{min}	0.3	-	FS	4.88	-
α_c	1.0	-			

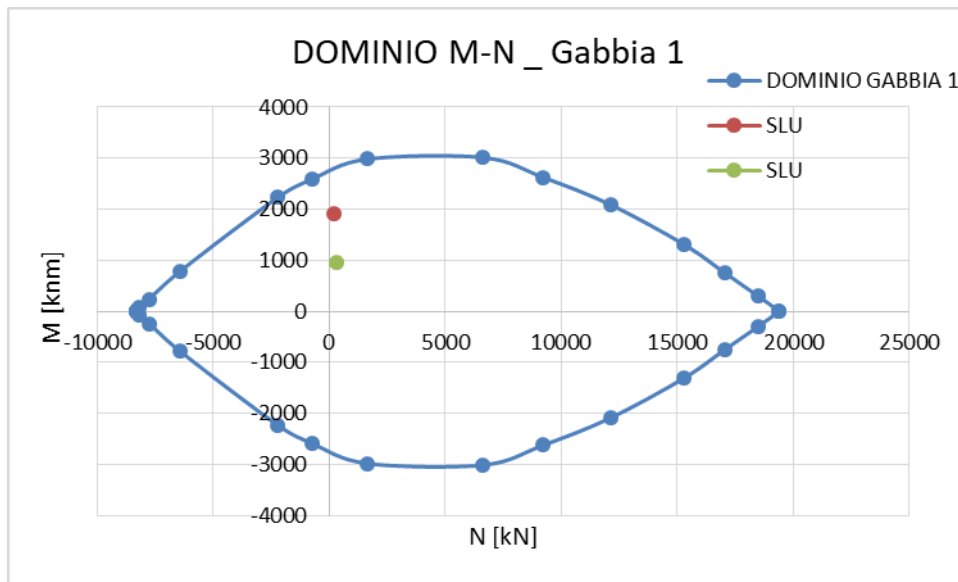


Figura 44 – Dominio M-N - SLU

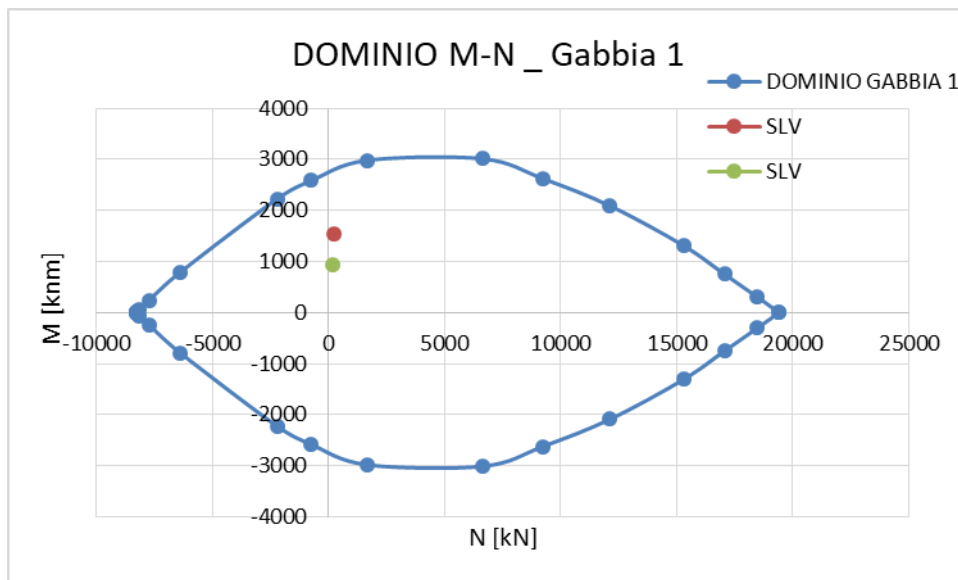



Figura 45 – Dominio M-N - SLV

Le verifiche strutturali sono pertanto tutte soddisfatte. Per la sezione in esame l'incidenza è di 258.0 kg/m³.

6) Verifica resistenza strutturale delle travi di ripartizione

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

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:

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

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

Le travi di ripartizione costituite da profili metallici accoppiati HEB 160.

Tabella 60 – 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	158.03	2.4	S275R	275	1.05	261.90	HEB160	311.5	354	54.25	17.6
SISMICO	168.25						2				

Tabella 61 – Verifiche trave di ripartizione – I ordine

	Azioni sollecitanti					Azioni resistenti				Verifiche	
	Msk	Vsk	γA	Msd	Vsd	Mel rd	Mpl rd	M rd	Vpl rd	Mrd/Msd	Vrd/Vsd
CASO	[kNm]	[kN]	[-]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[-]	[-]
STATICO	42.1	87.8	1.3	54.8	114.1	81.6	92.7	92.7	266.0	1.69	2.33
SISMICO	54.3	113.1	1.0	54.3	113.1	81.6	92.7	92.7	266.0	1.71	2.35

Tabella 62 – 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]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

STATICO	155.15	2.4	S275R	275	1.05	261.90	HEB160	311.5	354	54.25	17.6
SISMICO	170.29						2				

Tabella 63 – Verifiche trave di ripartizione – II ordine

	Azioni sollecitanti					Azioni resistenti				Verifiche	
	Msk	Vsk	γ_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	44.7	93.1	1.3	58.1	121.0	81.6	92.7	92.7	266.0	1.60	2.20
SISMICO	49.0	102.2	1.0	49.0	102.2	81.6	92.7	92.7	266.0	1.89	2.60

Tabella 64 – Caratteristiche trave di ripartizione – III ordine


A1+M1	Dati da Paratie		Tipo acciaio				Profilato				
	T paratie	passo	Tipo	fyk	γ_{M0}	fyd	Tipo e numero	Wel	Wpl	A	Av
CASO	[kN/m]	[m]	acciaio	[MPa]	[-]	[MPa]		HEB160	[cm3]	[cm3]	[cm2]
STATICO	172.48	2.4	S275R	275	1.05	261.90	311.5		354	54.25	17.6
SISMICO	199.48						2				

Tabella 65 – Verifiche trave di ripartizione – III ordine

	Azioni sollecitanti					Azioni resistenti				Verifiche	
	Msk	Vsk	γ_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	49.7	103.5	1.3	64.6	134.5	81.6	92.7	81.6	266.0	1.26	1.98
SISMICO	57.5	119.7	1.0	57.5	119.7	81.6	92.7	92.7	266.0	1.61	2.22

Tabella 66 – Caratteristiche trave di ripartizione – IV ordine

A1+M1	Dati da Paratie		Tipo acciaio				Profilato				
	T paratie	passo	Tipo	fyk	γ_{M0}	fyd	Tipo e	Wel	Wpl	A	Av

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

CASO	[kN/m]	[m]	acciaio	[MPa]	[-]	[MPa]	numero	[cm3]	[cm3]	[cm2]	[cm2]
STATICO	146.25	2.4	S275R	275	1.05	261.90	HEB160	311.5	354	54.25	17.6
SISMICO	188.57						2				

Tabella 67 – Verifiche trave di ripartizione – IV ordine

CASO	Azioni sollecitanti					Azioni resistenti				Verifiche	
	Msk	Vsk	γ_A	Msd	Vsd	Mel rd	Mpl rd	M rd	Vpl rd	Mrd/Msd	Vrd/Vsd
	[kNm]	[kN]	[-]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[-]	[-]
STATICO	42.1	87.8	1.3	54.8	114.1	81.6	92.7	92.7	266.0	1.69	2.33
SISMICO	54.3	113.1	1.0	54.3	113.1	81.6	92.7	92.7	266.0	1.71	2.35

Tutte le verifiche risultano soddisfatte.

11.2 Galleria artificiale

Si riporta in seguito la planimetria dell'imbotto 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'imbotto.

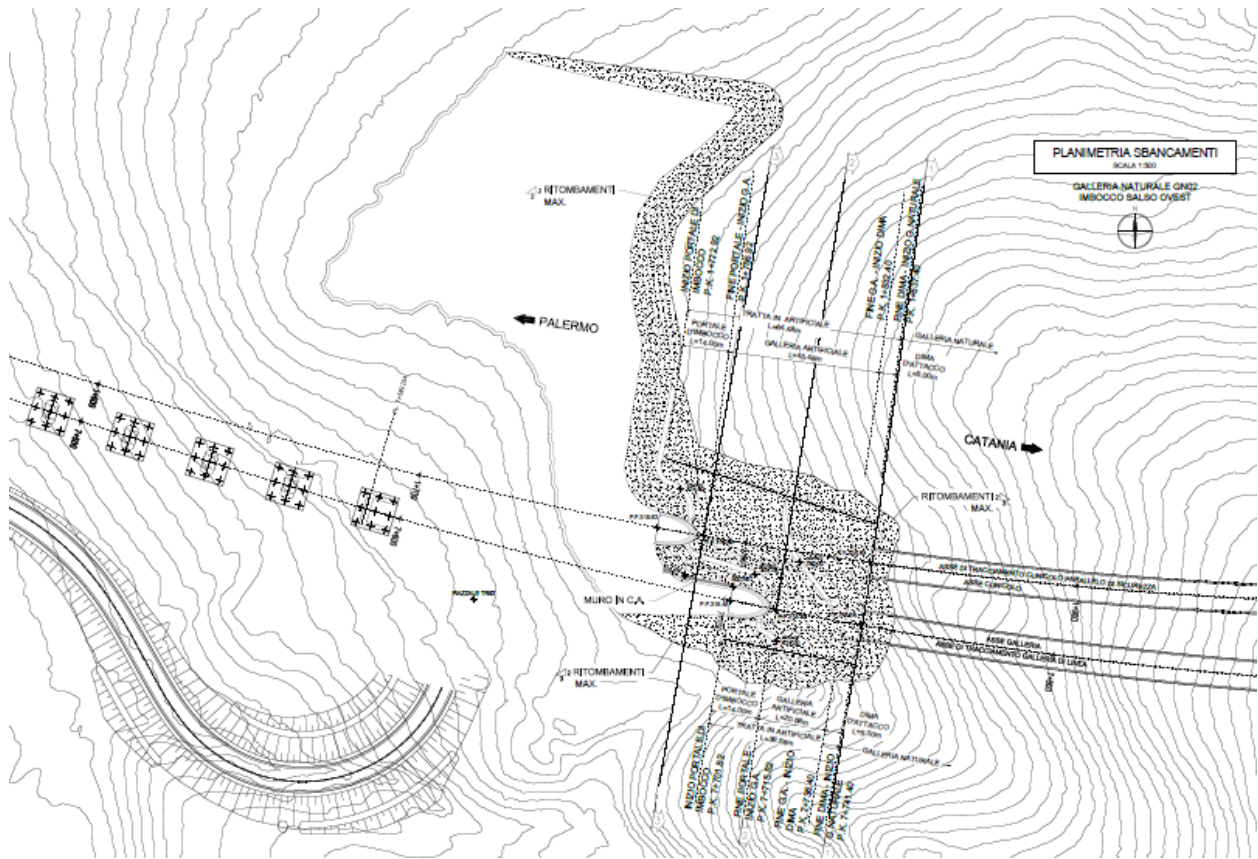
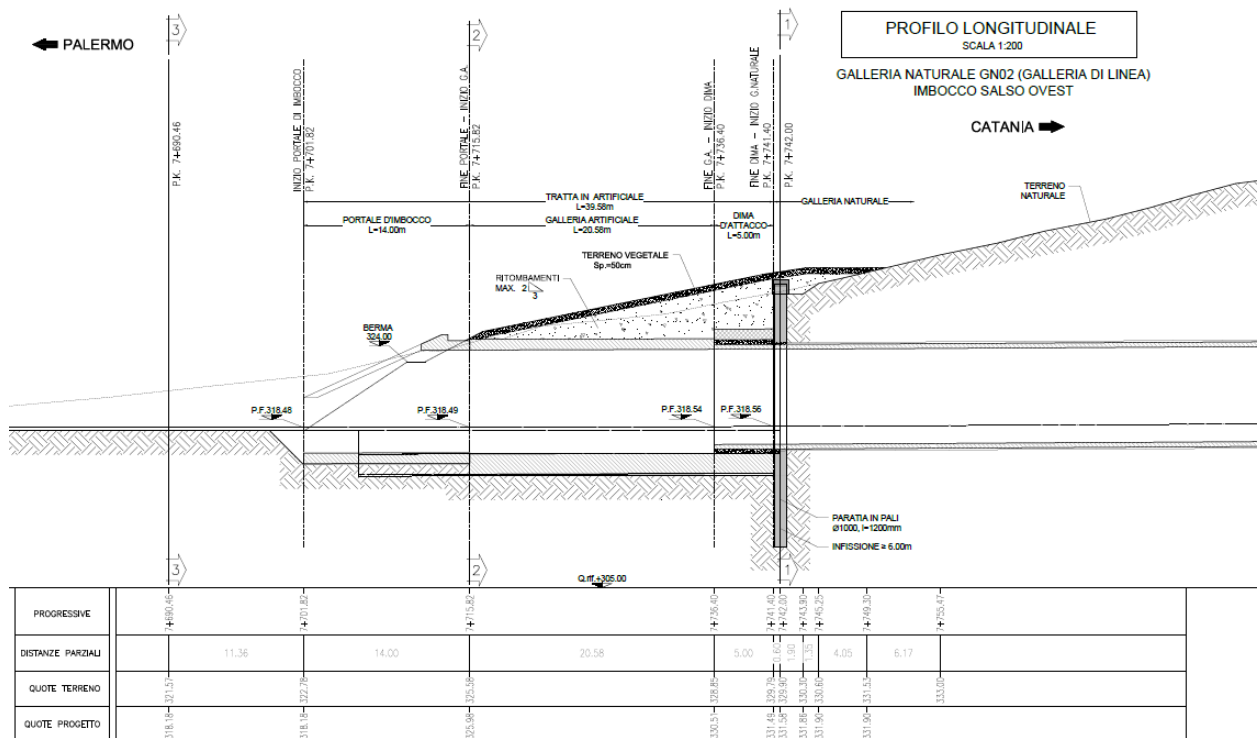



Figura 46 – Planimetria e posizione indicativa sezioni di calcolo delle opere di imbocco

Figura 47 – Sezioni trasversali di calcolo delle opere di imbocco



 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

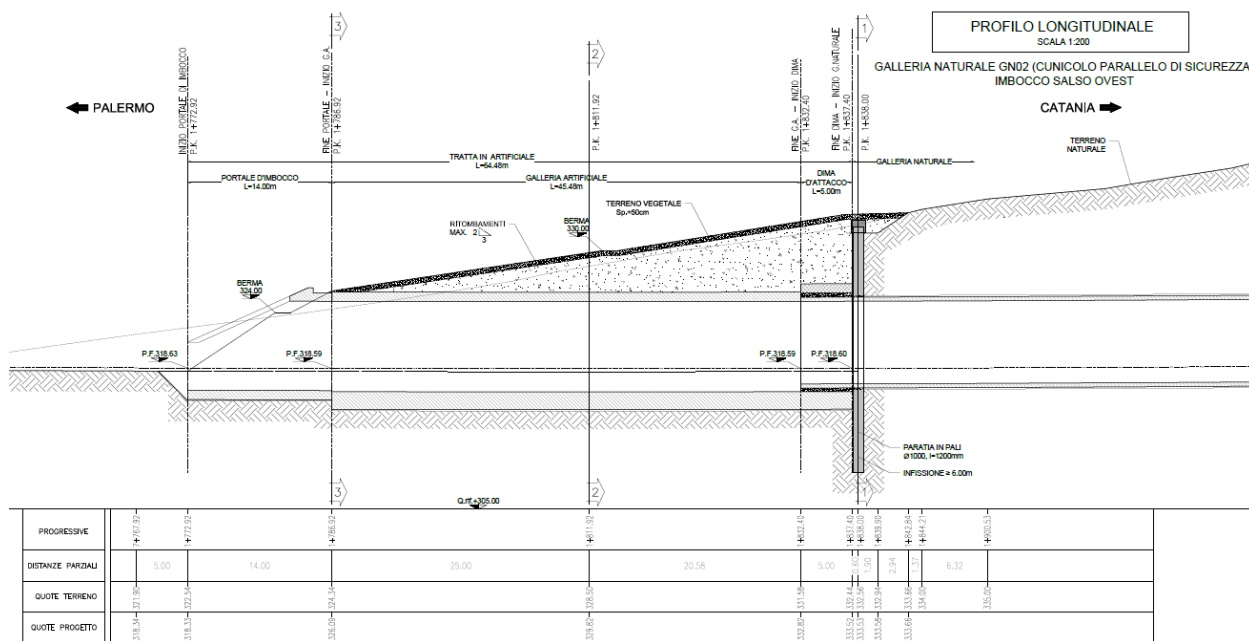


Figura 48 – Sezioni longitudinali di calcolo delle opere di imbocco

Le principali caratteristiche delle strutture in esame sono le seguenti:


CONCIO Sezione 1

- Spessore rivestimento definitivo in c.a.: Calotta / Piedritti= 120 cm
- Spessore rivestimento definitivo in c.a.: Reni = 220cm
- Spessore rivestimento definitivo in c.a.: Piedritti = 160 cm
- Spessore rivestimento definitivo in c.a.: Arco rovescio= 170 cm

GALLERIA ARTIFICIALE Sezione 2

- Spessore rivestimento definitivo in c.a.: Calotta = 90 cm
- Spessore rivestimento definitivo in c.a.: Reni = 210cm
- Spessore rivestimento definitivo in c.a.: Piedritti = 150 cm
- Spessore rivestimento definitivo in c.a.: Arco rovescio= 170 cm

Per la verifica della galleria artificiale è stata presa in considerazione la sezione caratterizzata dalla massima altezza di ritombamento. Di seguito è fornita una descrizione delle principali caratteristiche geometriche e uno schema del modello di calcolo.


	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 93 di 354

La sezione 1 del concio d'attacco presenta le seguenti dimensioni:

- Calotta: 1m*1.2m;
- Reni: 1m*2.2 m
- Piedritto: 1m* 1.6 m
- Attacco muretta-piedritto: 1m* 2.5m
- Attacco muretta-arco rovescio: 1m*1.7m
- Arco rovescio: 1m*1.7m

La sezione 2 della galleria presenta le seguenti dimensioni:

- Calotta: 1m*0.9m;
- Reni: 1m*2.1 m
- Piedritto: 1m* 1.5 m
- Attacco muretta-piedritto: 1m* 1.8 m
- Attacco muretta-arco rovescio: 1m*1.7m
- Arco rovescio: 1m*1.7m

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

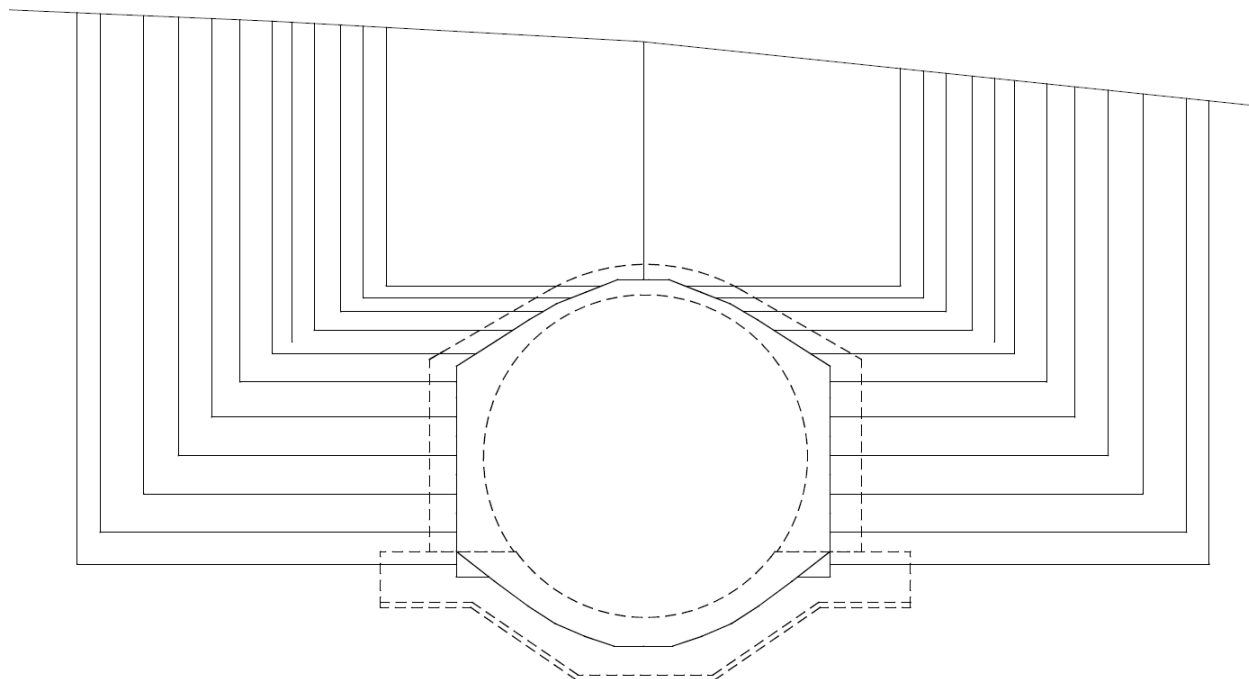


Figura 49 – Sezione con le relative altezze di ritombamento

Tabella 68 – Altezze di ricoprimento

ALTEZZE DI RICOPRIMENTO	(m)
H1	16.3
H2	15.3
H3	14.3
H4	13.3
H5	11.8

H6	10.7
H7	9.8
H8	9
H9	8.5
H10	8
H11	7.6
H12	7
H13	8.5
H14	9.3
H15	10.3
H16	11.3
H17	12.5
H18	13.7
H19	14.8
H20	16.8

La sezione 2 della galleria presenta altezze di ricoprimento a partire dalla quota in corrispondenza della muretta e arrivando fino al piano campagna:

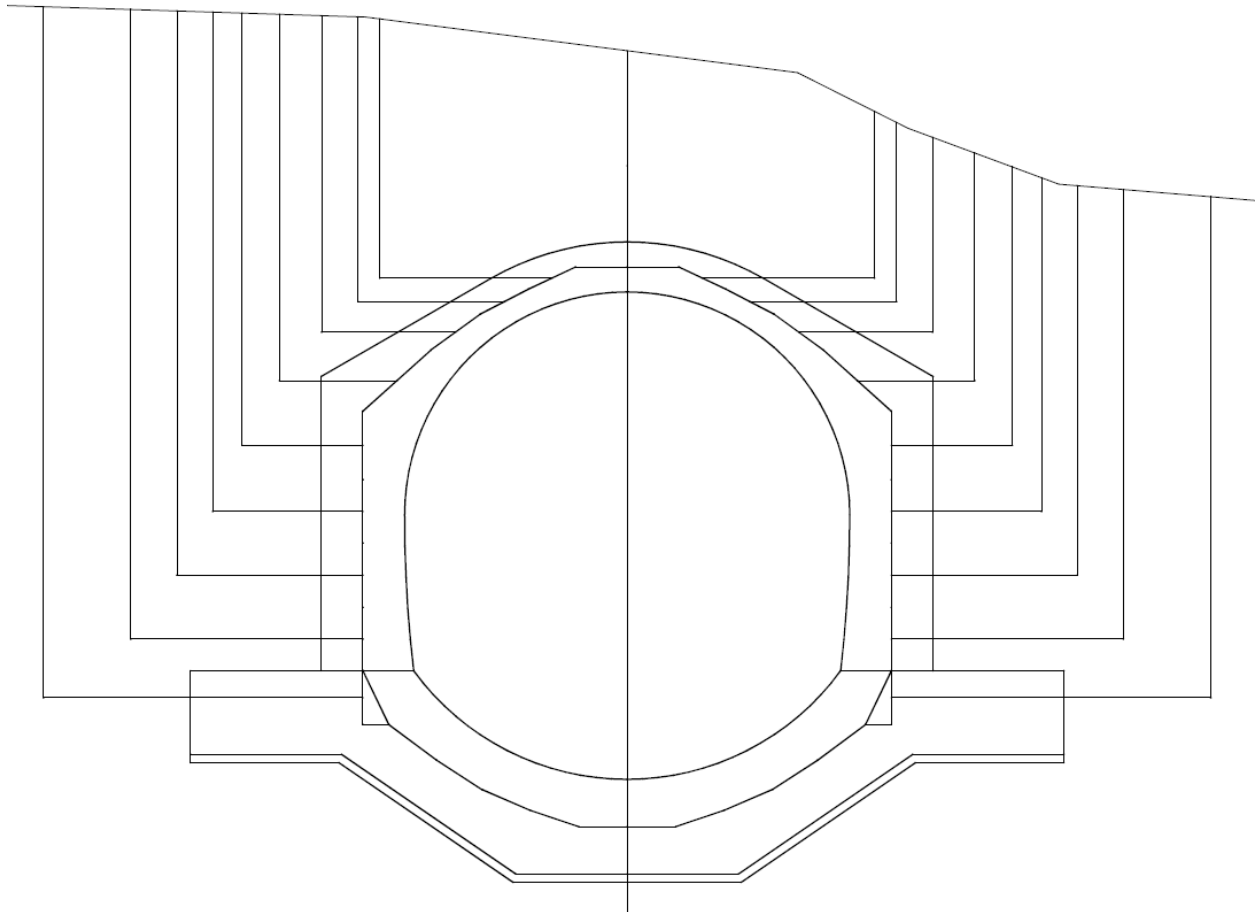



Figura 50 – Sezione con le relative altezze di ritombamento

Tabella 69 – Altezze di ricoprimento

ALTEZZE DI RICOPRIMENTO	(m)
H1	16.3
H2	15.3
H3	14.2
H4	13

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 97 di 354

H5	11.8
H6	10.7
H7	9.8
H8	9
H9	8.5
H10	8
H11	7.6
H12	7
H13	7.5
H14	8
H15	8.8
H16	9.7
H17	10.8
H18	11.8
H19	12.8
H20	13.7

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.

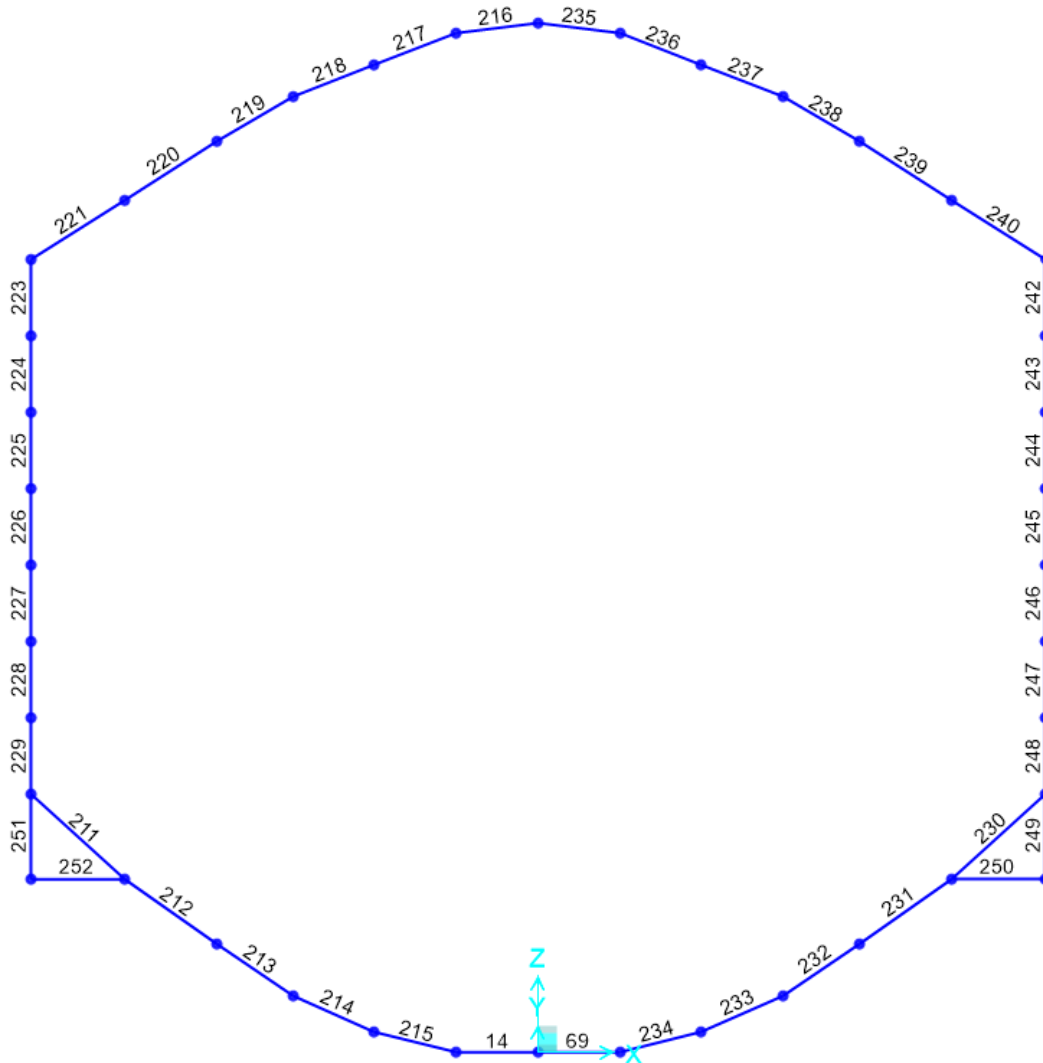



Figura 51 – Schema degli elementi di calcolo agli elementi finiti

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 99 di 354

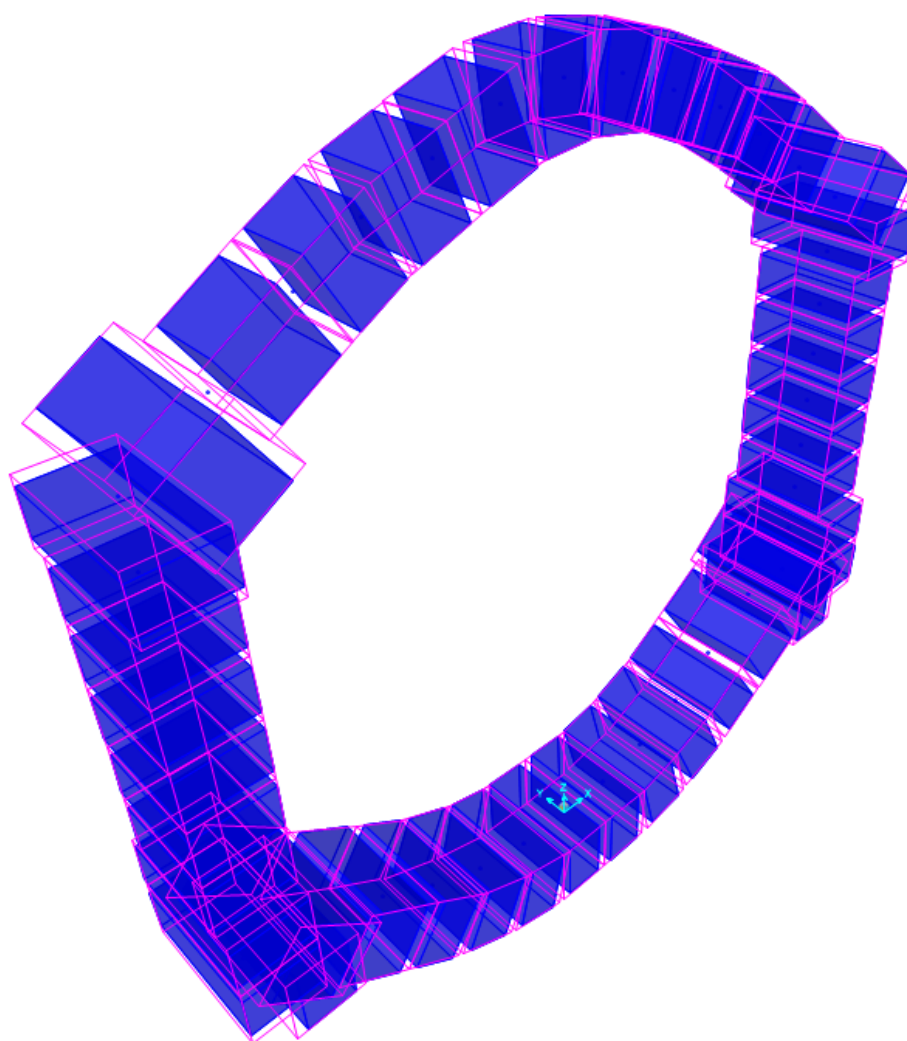



Figura 52 – Schema tridimensionale del modello

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.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

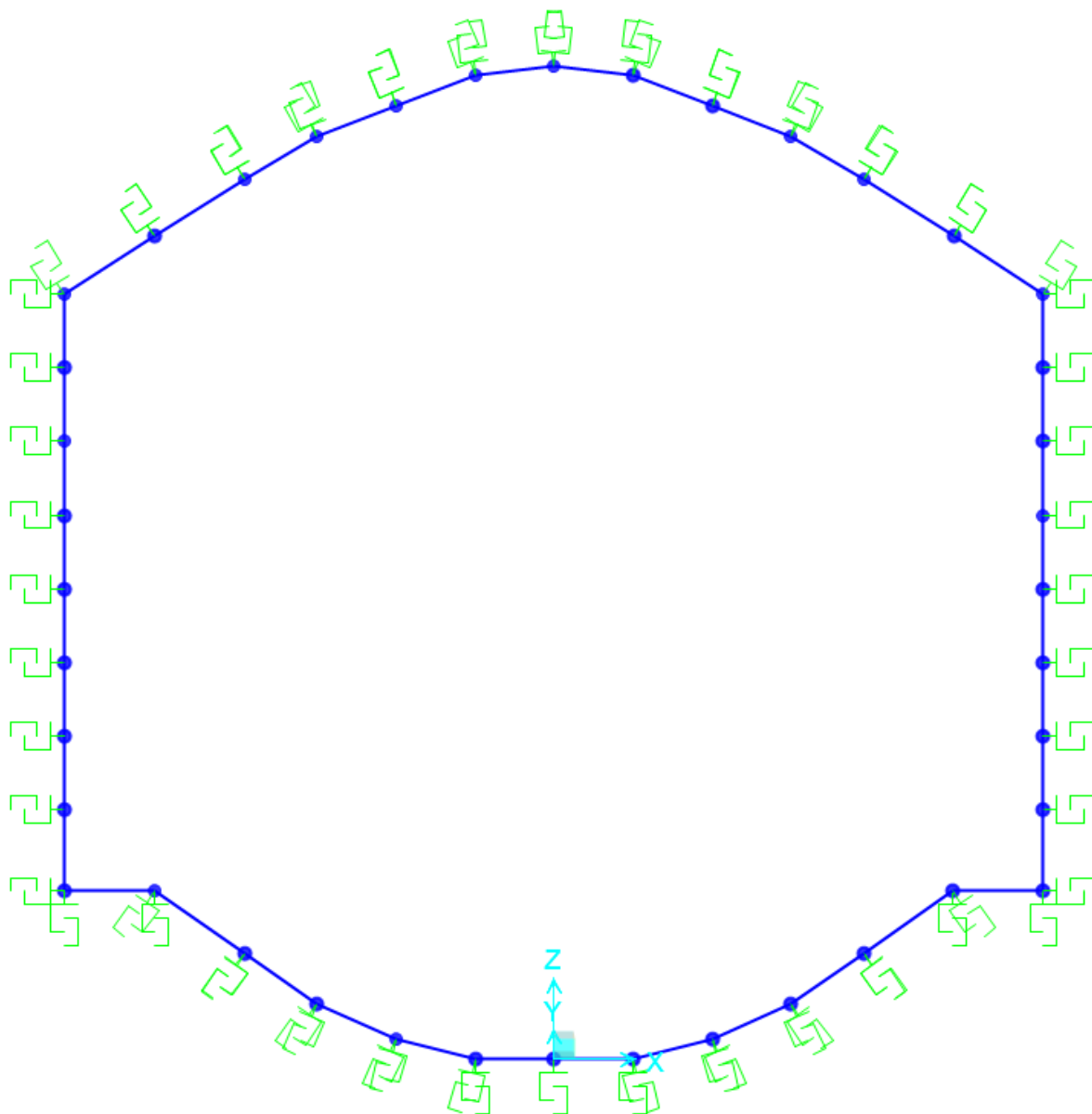


Figura 53 – Schema con le molle di calcolo

Le molle sono calcolate con la seguente formulazione:

✓ per i tratti curvilinei di rivestimento

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

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</p>												
<p>GALLERIA SALSO - 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 00 002</td> <td>B</td> <td>101 di 354</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 002	B	101 di 354
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 002	B	101 di 354								

✓ per i tratti rettilinei del rivestimento

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


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
- ν 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 70 – Carichi applicati al modello di calcolo


1	PP	Dead Load (Peso della struttura)
2	P_{cop}	Peso in copertura
3	SP.sx	Spinta del terreno a riposo sui fianchi della galleria, da sinistra
4	SP.dx	Spinta del terreno a riposo sui fianchi della galleria, da destra
5	Qd_sx	Carichi variabili in copertura da sinistra
6	Qd_dx	Carichi variabili in copertura da destra
7	SQ.sx	Incremento di spinta orizzontale per carico variabile in copertura, da sinistra
8	SQ.dx	Incremento di spinta orizzontale per carico variabile in copertura, da destra
9	ΔS,h sx	Incremento di spinta sismica orizzontale del terreno sui fianchi (th.di

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</p>												
<p>GALLERIA SALSO - 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 00 002</td> <td>B</td> <td>102 di 354</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 002	B	102 di 354
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 002	B	102 di 354								

		Wood), da sinistra
10	$\Delta S, h dx$	Incremento di spinta sismica orizzontale del terreno sui fianchi (th.di Wood), da destra
11	$\Delta S, v$	Azione sismica verticale
12	I.h	Inerzia orizzontale
13	I.v	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)

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

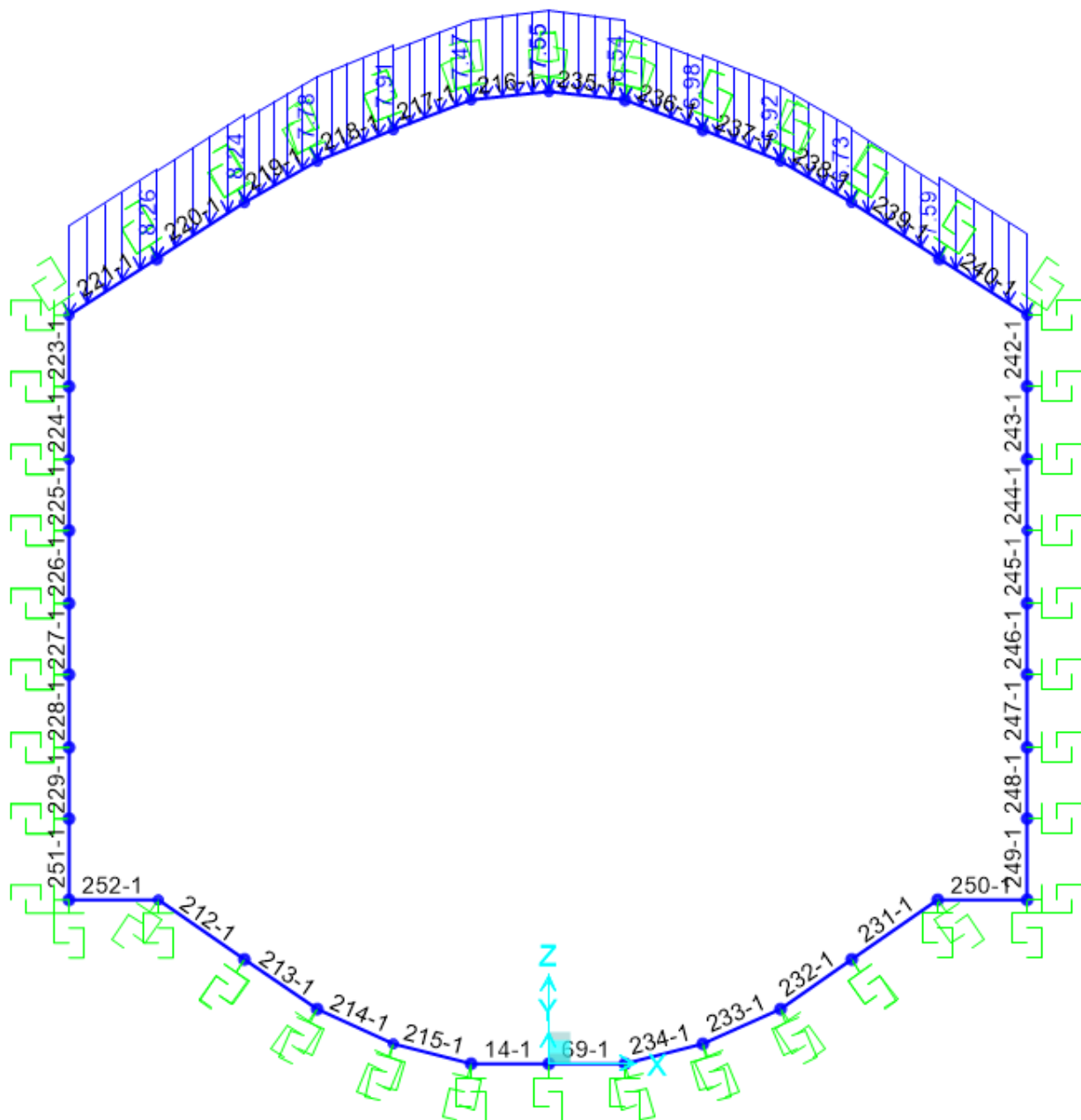


Figura 54 – Carico applicato: peso in copertura

Spinte del terreno sui fianchi della galleria; la spinta è valutata considerando in peso del terreno pari a 20 kN/m^3 , 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:

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

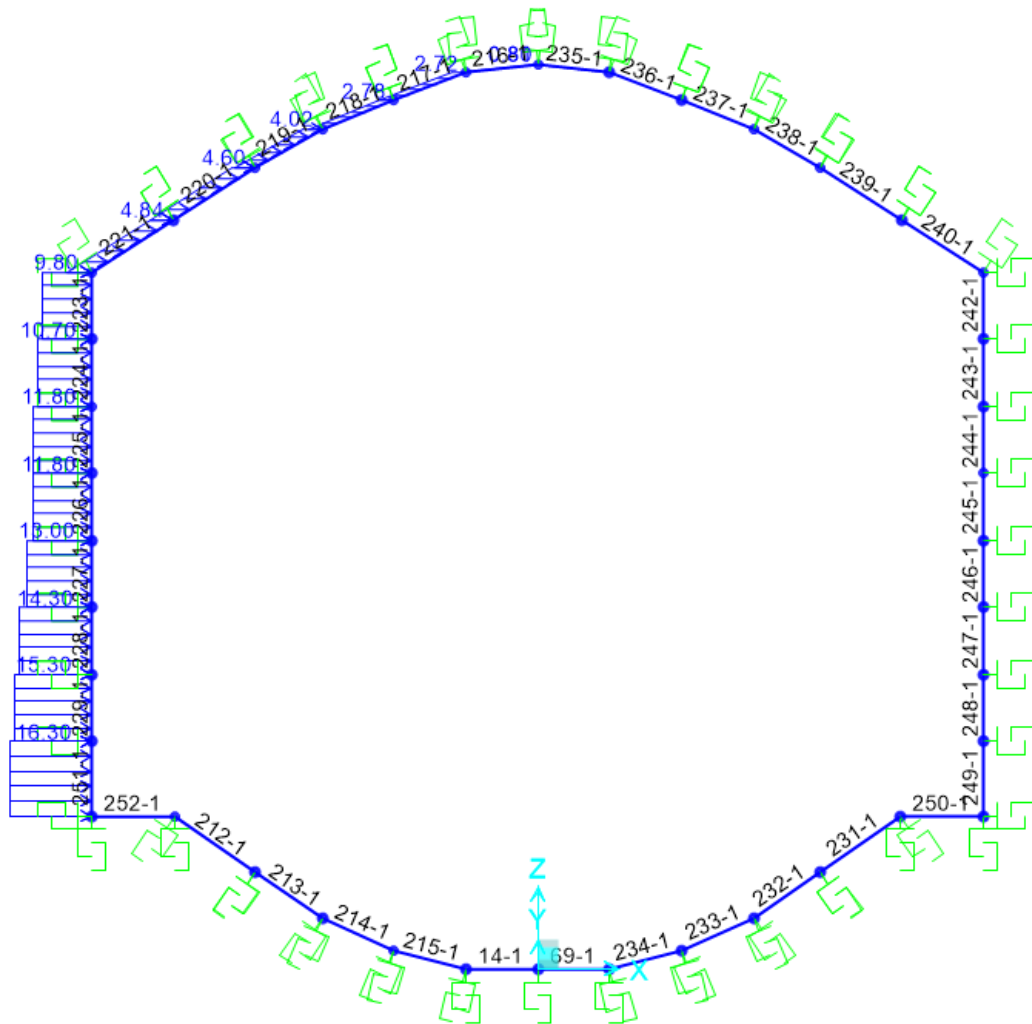


Figura 55 – Carico applicato: spinta laterale del terreno – lato sinistro

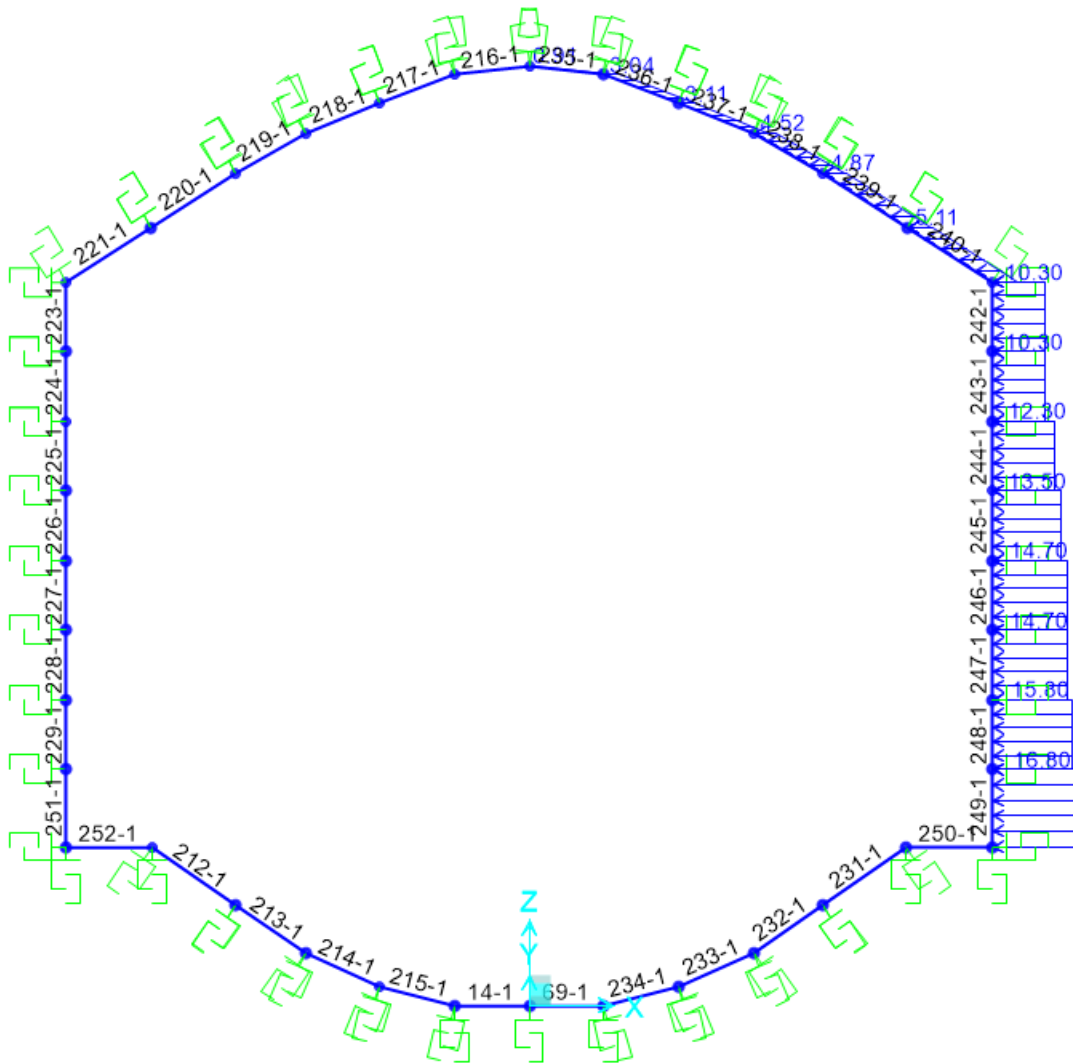


Figura 56 – Carico applicato: spinta laterale del terreno – lato destro

Azioni variabili: carico variabile Q_1 pari a 20 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:

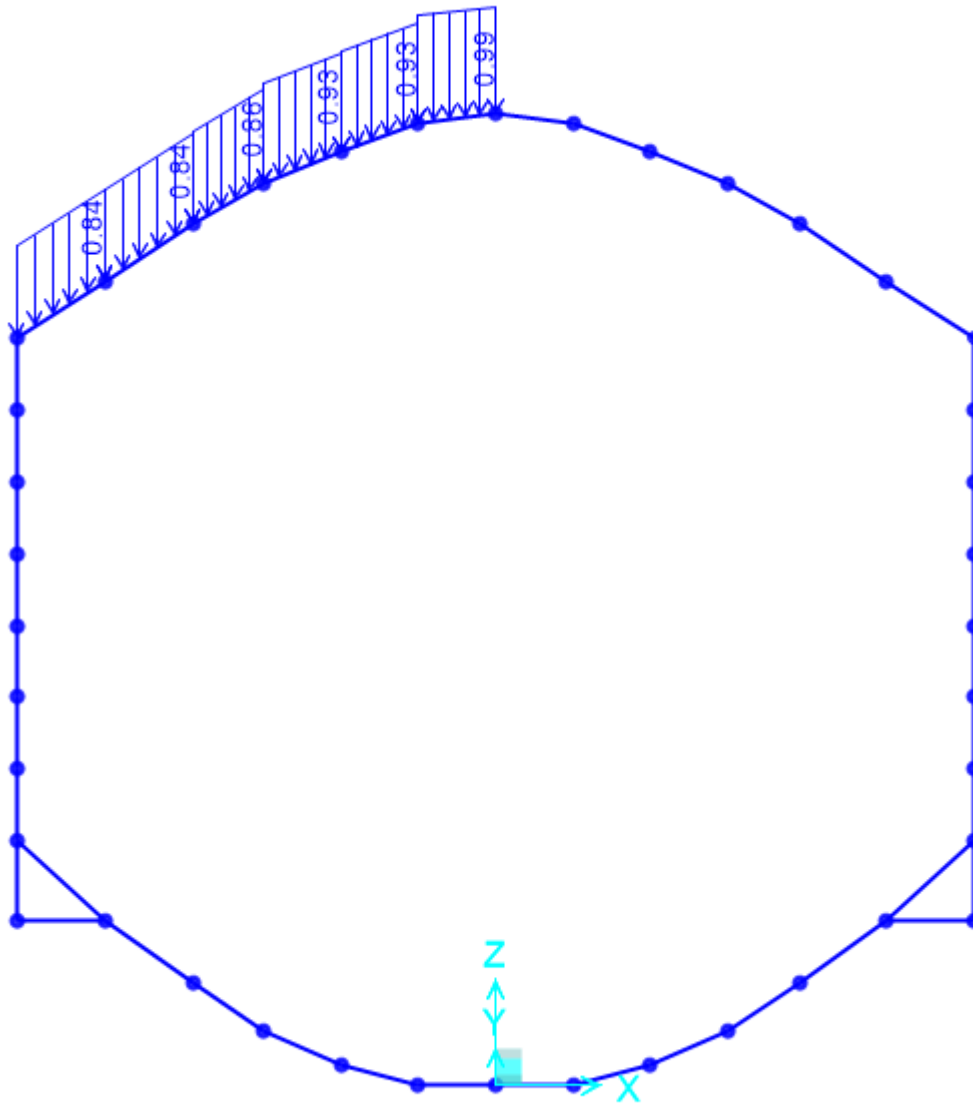


Figura 57 – Carico applicato: carico variabile in copertura - lato sinistro

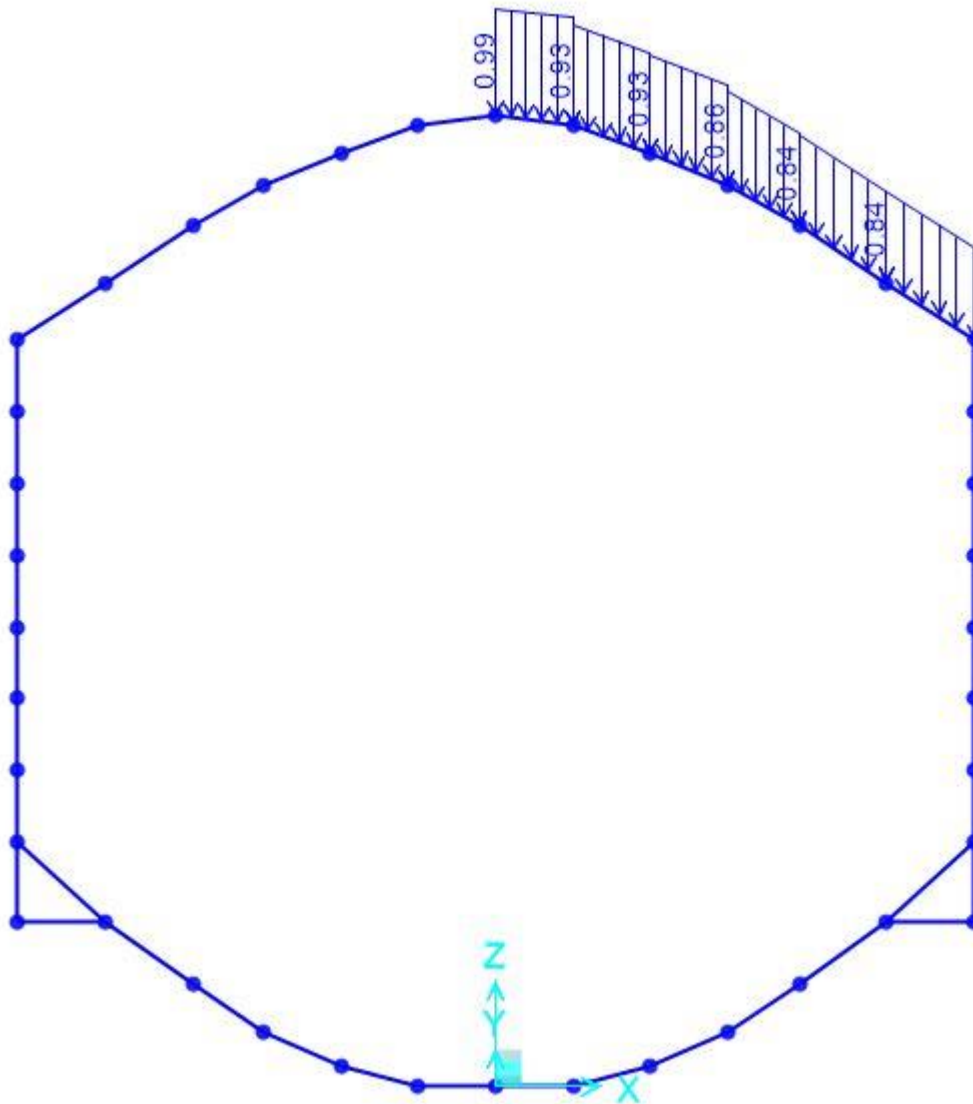



Figura 58 – Carico applicato: carico variabile in copertura – lato sinistro

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 = $20 \text{ kN/m} \cdot x$ $k_0 = 12 \text{ kN/m}$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

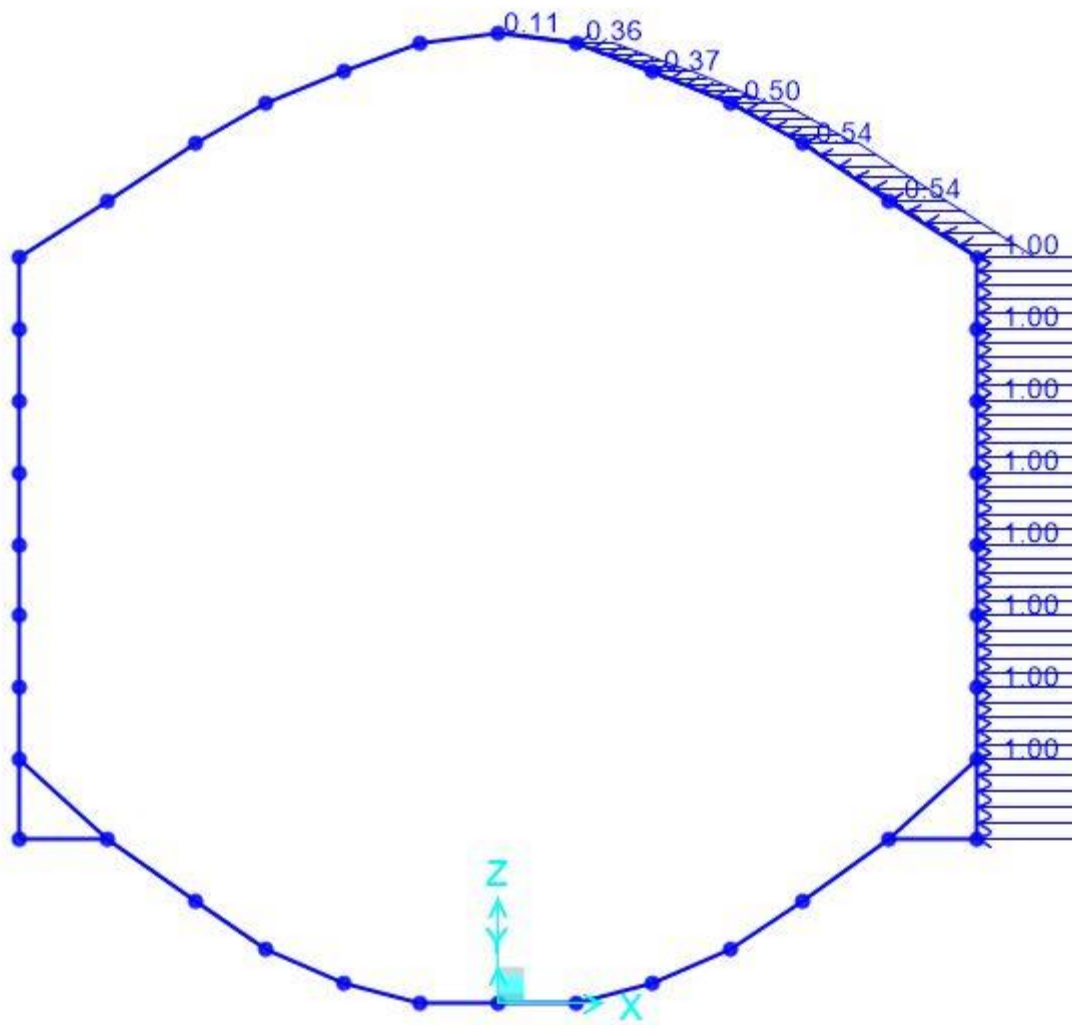


Figura 59 – Carico applicato: incremento di spinta orizzontale per carico variabile in copertura – lato destro

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 ($\pm \Delta S_H$); l’incremento di spinta può valutarsi secondo la teoria di Wood, per cui la risultante dell’azione sismica orizzontale può calcolarsi secondo:

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

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

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

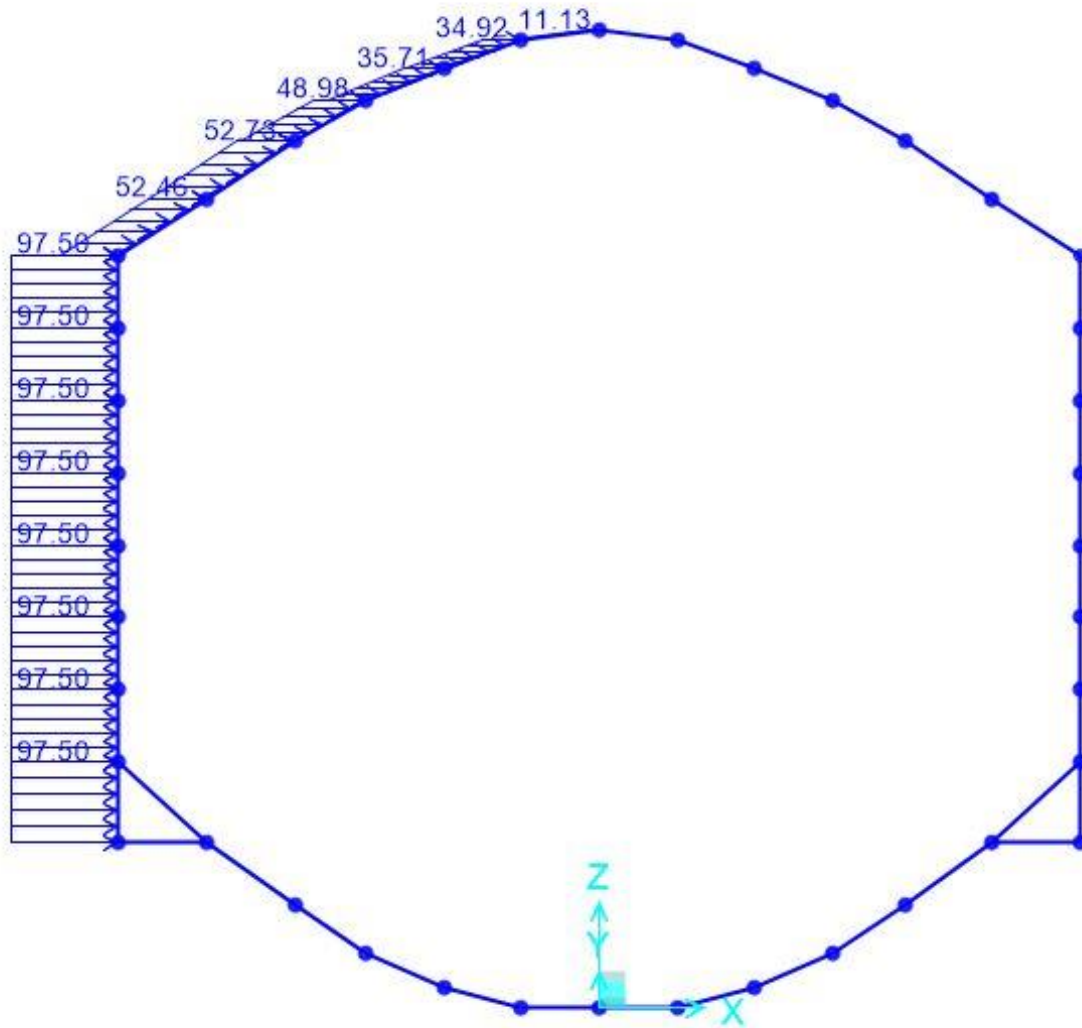



Figura 60 – Carico applicato: incremento di spinta sismica orizzontale – lato sinistro

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

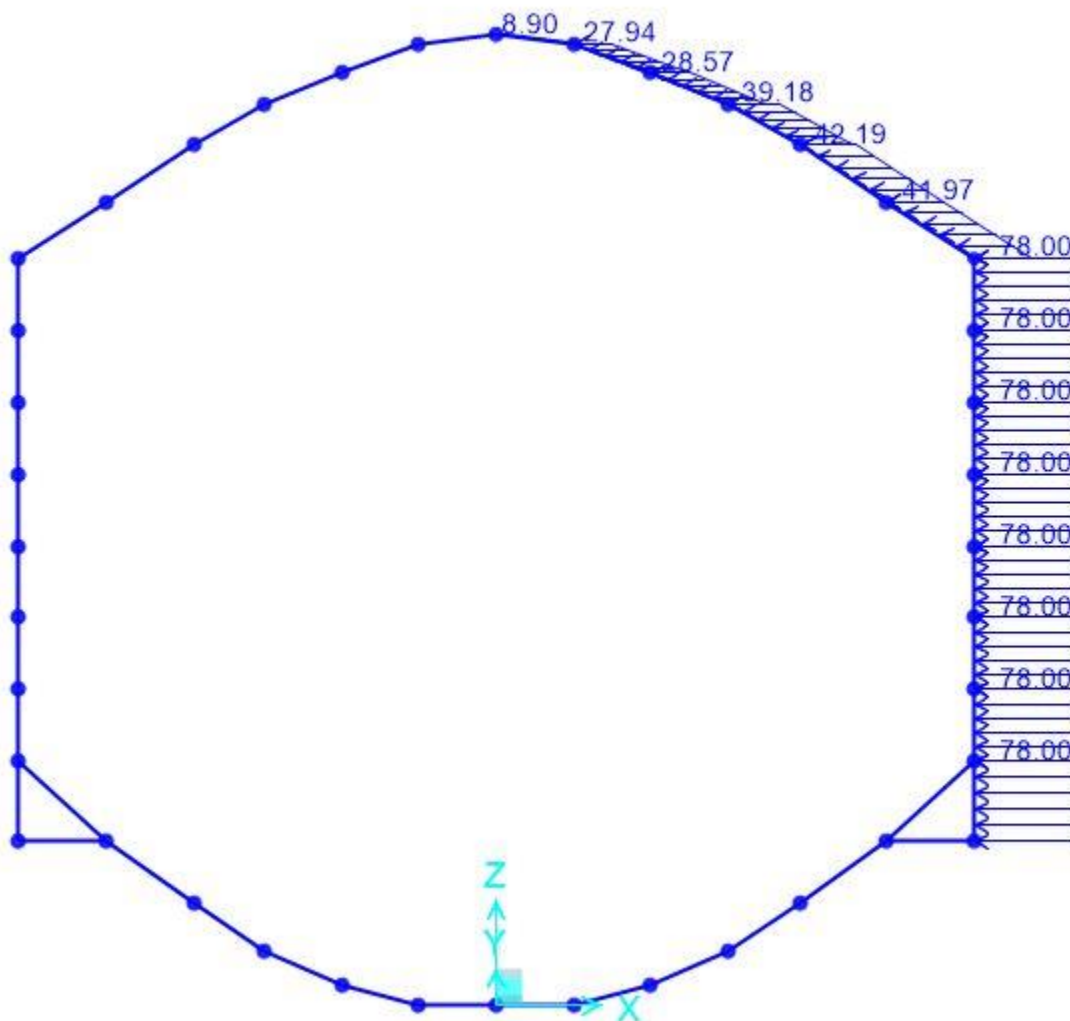


Figura 61 – Carico applicato: spinta sismica orizzontale lato destro

Variazione del peso del terreno di ritombamento ($\pm \Delta S_v$); l'incremento di spinta può valutarsi secondo la teoria di Wood, per cui la risultante dell'azione sismica verticale può calcolarsi secondo:

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

In cui A rappresenta l'altezza del carico di coprimento (variabile in questo caso) al di sopra della calotta. La spinta viene applicata sulla calotta, uniformemente distribuita sulla larghezza dell'opera; a tale scopo sul modello sono state inserite le altezze medie di carico verticale, mentre

nelle combo è stato inserito il moltiplicatore comune, pertanto il carico sismico verticale assunto è pari a:

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

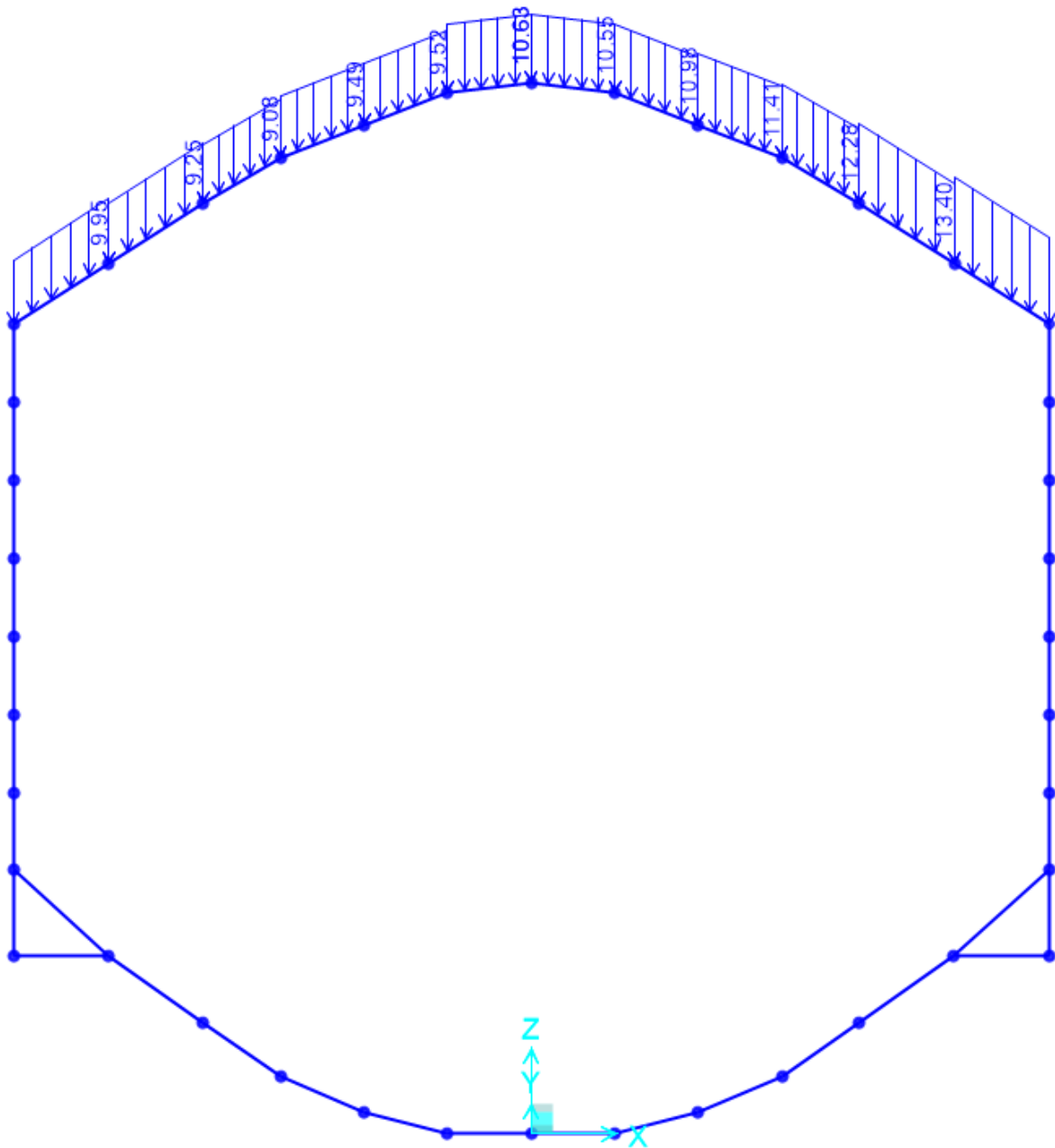


Figura 62 – Carico applicato: spinta sismica verticale

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


 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

Tabella 71 – parametri di calcolo

SALSO					
Parametri di calcolo					
Tipo Terreno	γ	c'	ϕ'	E'	ν
[-]	[kN/m3]	[kN/m2]	[°]	[MPa]	[-]
Ricoprimento	20	0	30	30	0.3
Terreno alla base	21	15	22	83	0.3
Rigidezza molle per elementi curvi (Formula di Galerkin)					
$K_n = \frac{E}{(1+\nu) \times R}$	Elemento	R	K		
	[-]	[m]	[kN/m3]		
	AR	4.2	30403		
	Calotta	5	4615		
Rigidezza molle per elementi Lineari (Formula Di Boussinesq)					
$k_n = \frac{E}{B \cdot (1-\nu^2)}$	Elemento	B	K		
	[-]	[m]	[kN/m3]		
	Sommità piedritto	5.7	5784		
	Base piedritto	2	91209		

Modello della Galleria Artificiale

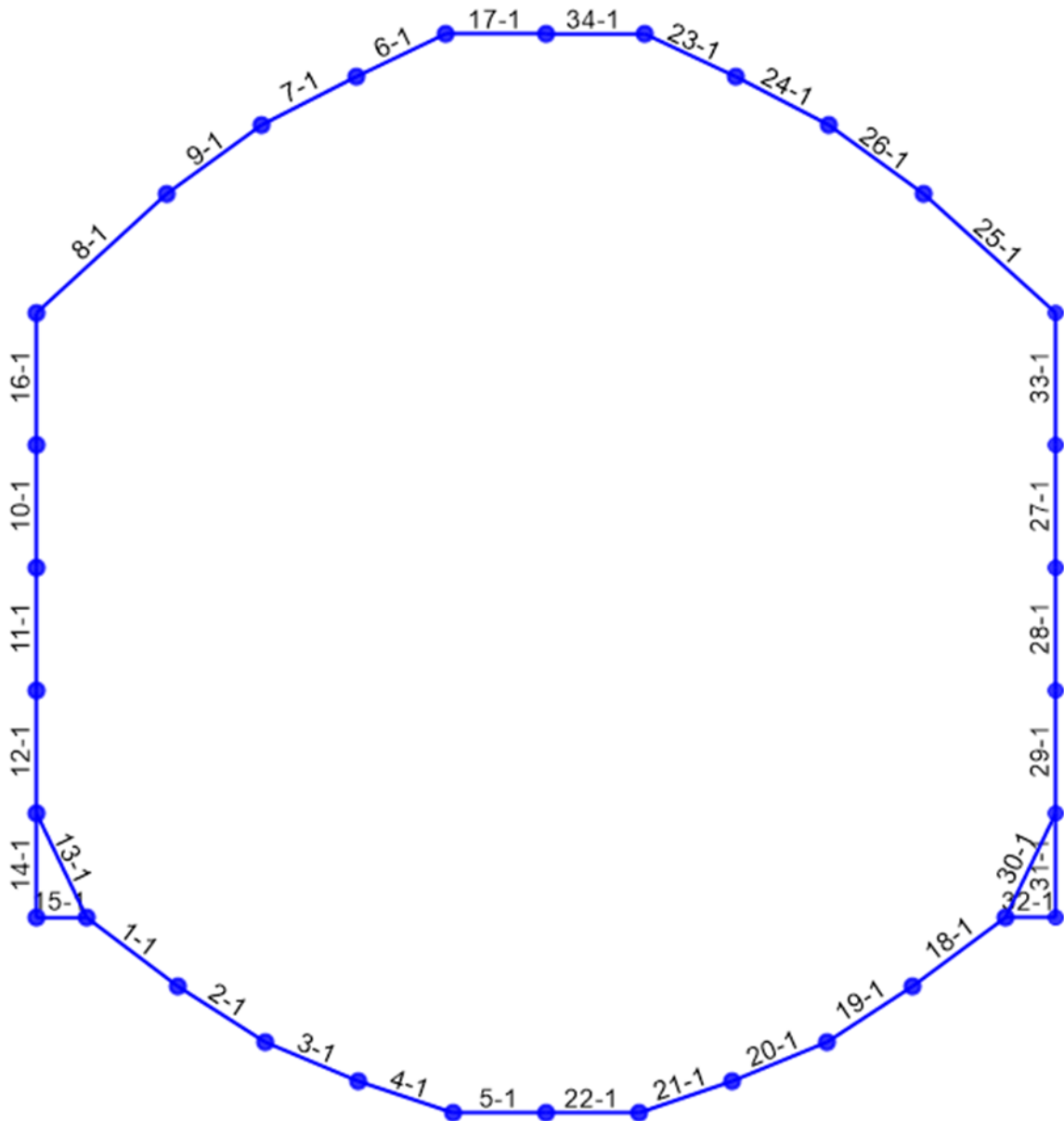


Figura 63 – Schema degli elementi di calcolo agli elementi finiti

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 114 di 354

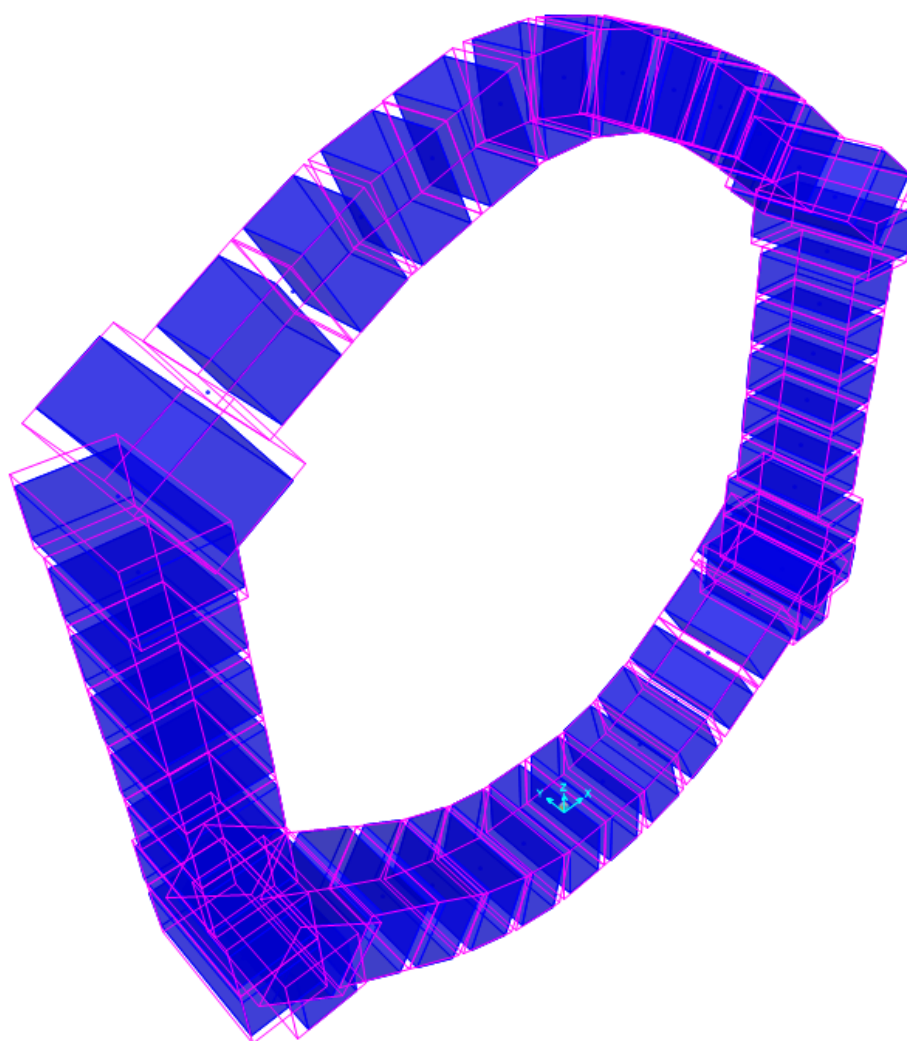



Figura 64 – Schema tridimensionale del modello

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>ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</p>					
<p>GALLERIA SALSO - 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 00 002</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 115 di 354</p>

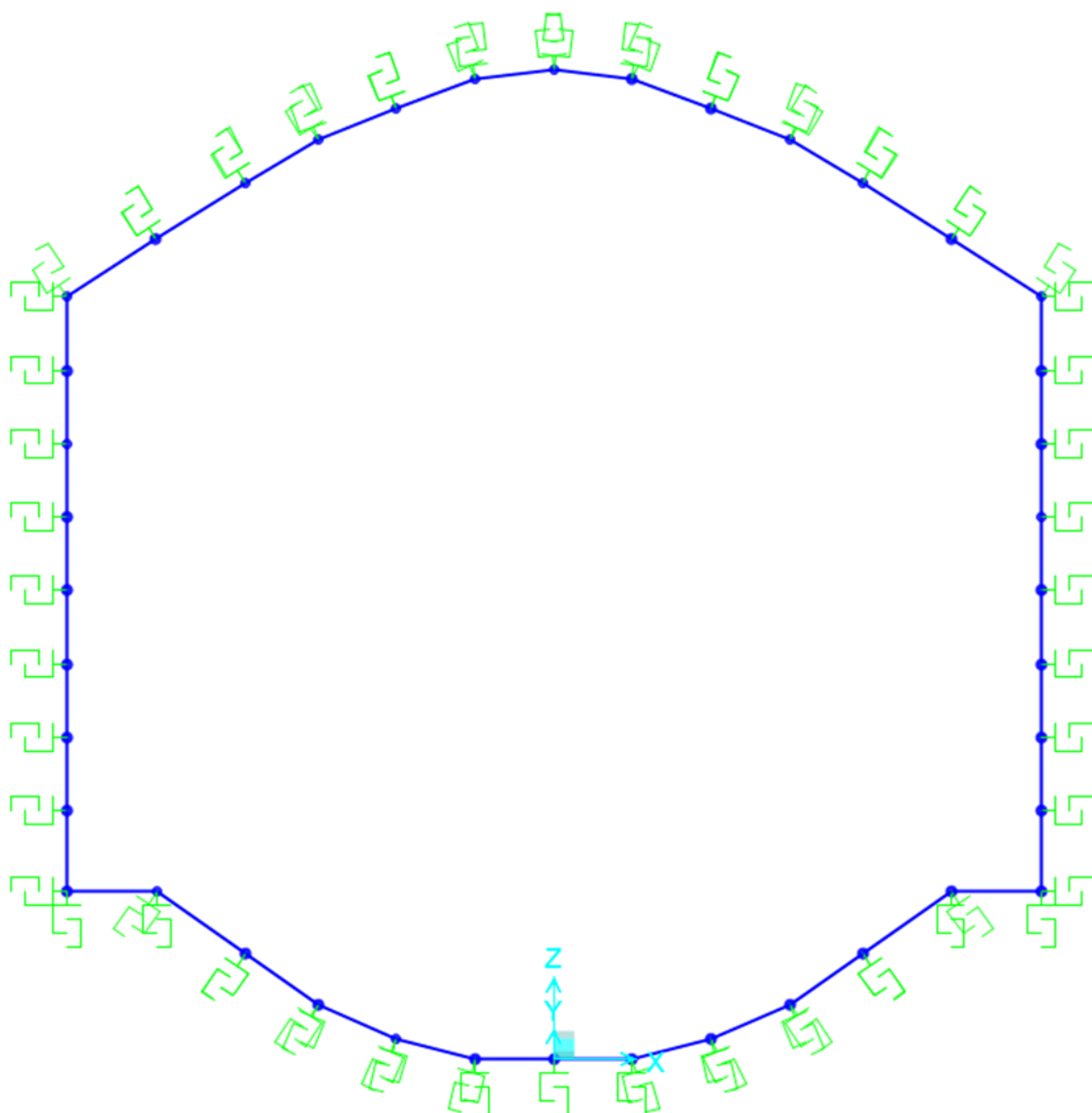



Figura 65 – Schema con le molle di calcolo

Le molle sono calcolate con la seguente formulazione:

- ✓ per i tratti curvilinei di rivestimento

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</p>												
<p>GALLERIA SALSO - 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 00 002</td> <td>B</td> <td>116 di 354</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 002	B	116 di 354
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 002	B	116 di 354								

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

✓ per i tratti rettilinei del rivestimento

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


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
- ν 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 72 – Carichi applicati

1	PP	Dead Load (Peso della struttura)
2	Pcop	Peso in copertura
3	SP.sx	Spinta del terreno a riposo sui fianchi della galleria, da sinistra
4	SP.dx	Spinta del terreno a riposo sui fianchi della galleria, da destra
5	Qd_sx	Carichi variabili in copertura da sinistra
6	Qd_dx	Carichi variabili in copertura da destra
7	SQ.sx	Incremento di spinta orizzontale per carico variabile in copertura, da sinistra
8	SQ.dx	Incremento di spinta orizzontale per carico variabile in copertura, da

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</p>												
<p>GALLERIA SALSO - 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 00 002</td> <td>B</td> <td>117 di 354</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 002	B	117 di 354
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 002	B	117 di 354								

		destra
9	$\Delta S, h_{sx}$	Incremento di spinta sismica orizzontale del terreno sui fianchi (th.di Wood), da sinistra
10	$\Delta S, h_{dx}$	Incremento di spinta sismica orizzontale del terreno sui fianchi (th.di Wood), da destra
11	$\Delta S, v$	Azione sismica verticale
12	I.h	Inerzia orizzontale
13	I.v	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)

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

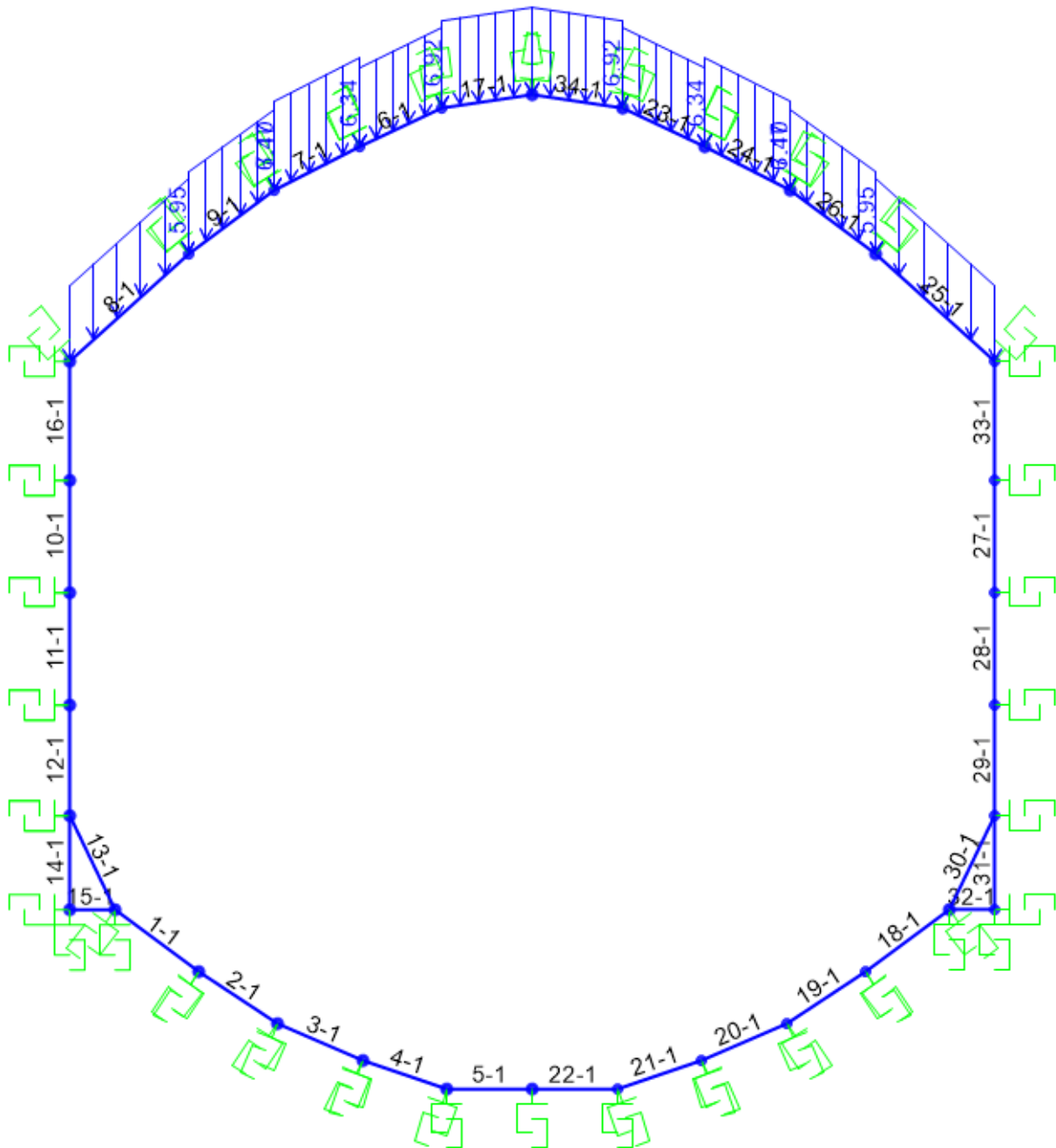



Figura 66 – Carico applicato: peso in copertura

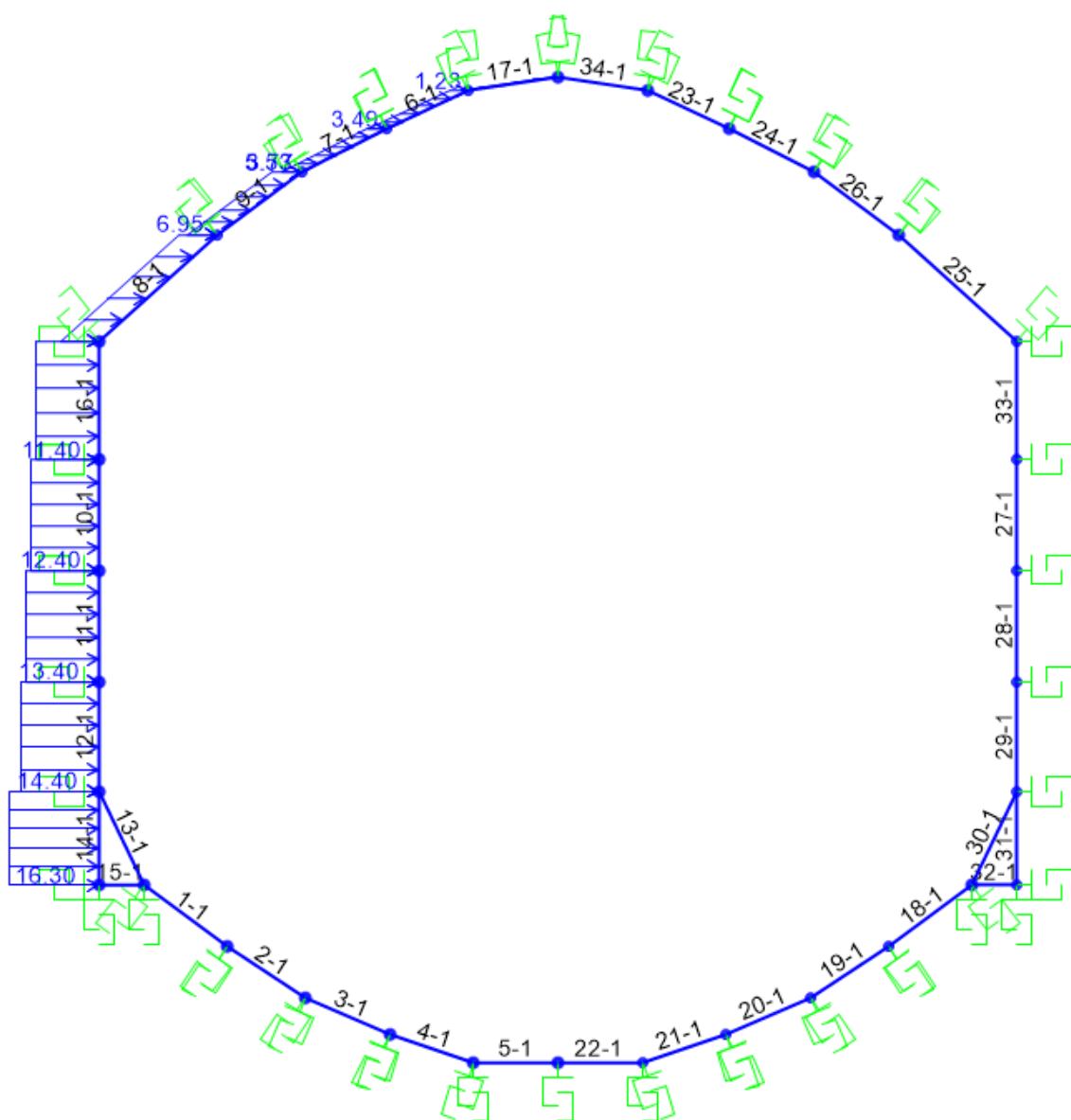
Spinte del terreno sui fianchi della galleria; la spinta è valutata considerando in peso del terreno pari a 20 kN/m³, un angolo di attrito di 30° e un coefficiente di spinta a riposo sul lato destro pari a 0.6

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

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:

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

Figura 67 – Carico applicato: spinta laterale del terreno – lato sinistro




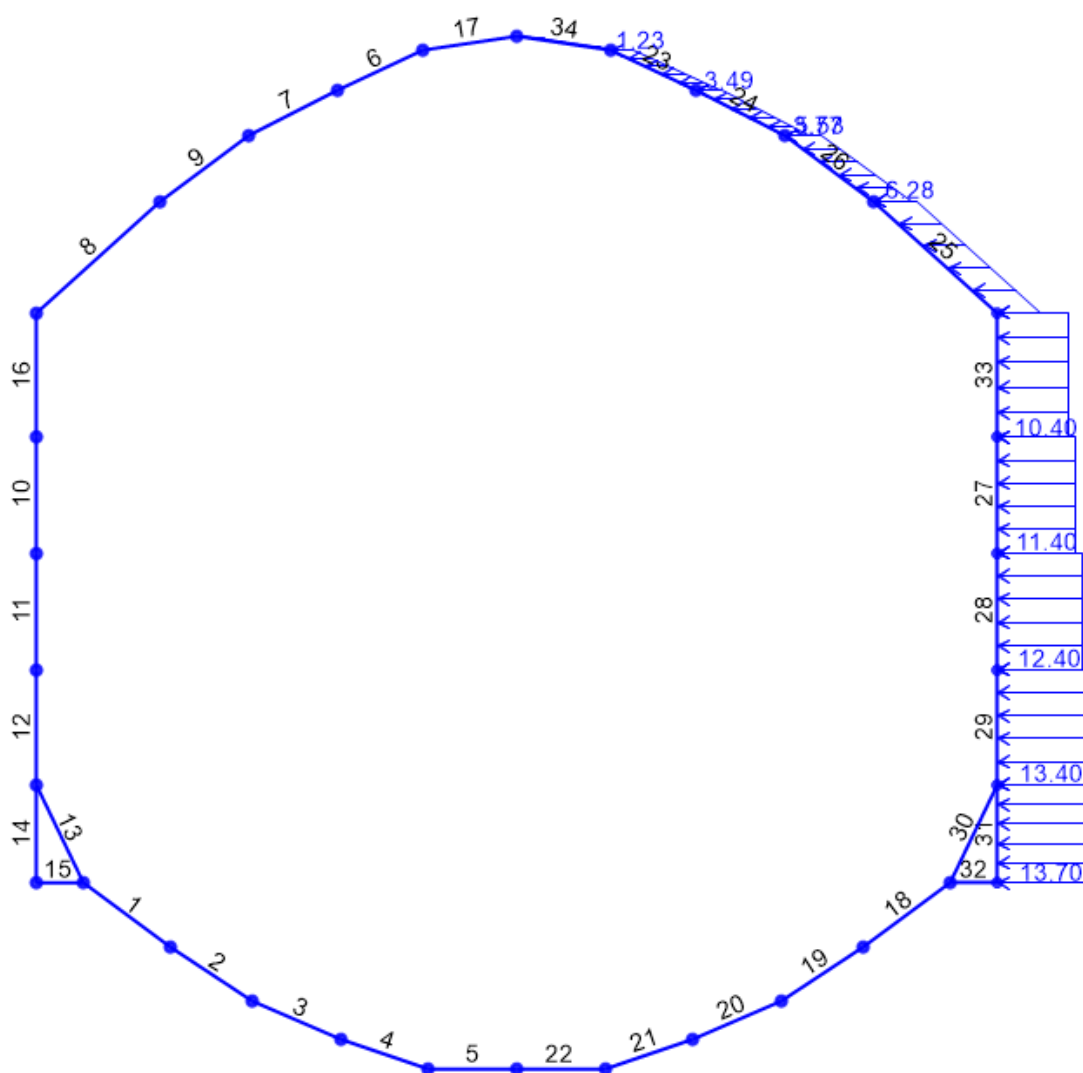
 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

Figura 68 – Carico applicato: spinta laterale del terreno – lato destro



Azioni variabili: carico variabile Q_1 pari a 20 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:

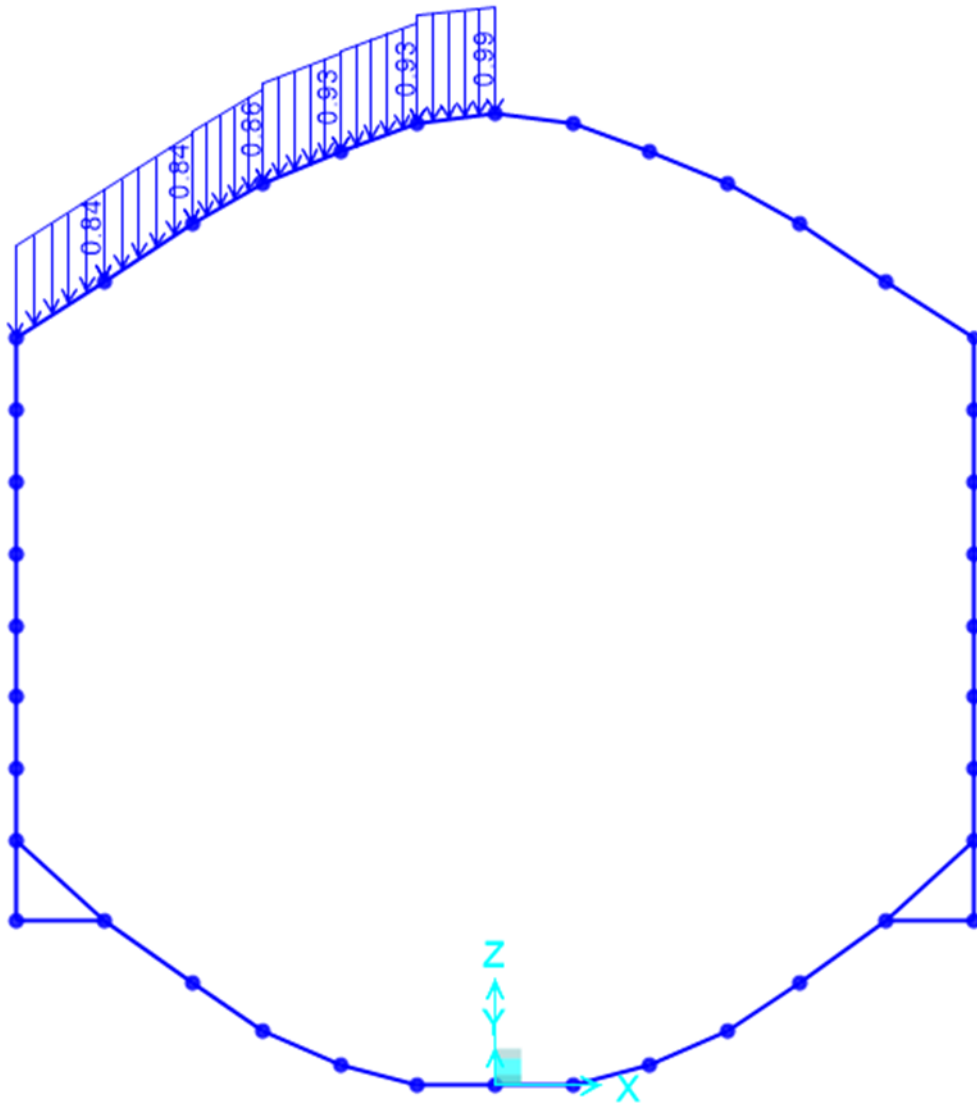


Figura 69 – Carico applicato: carico variabile in copertura – lato sinistro

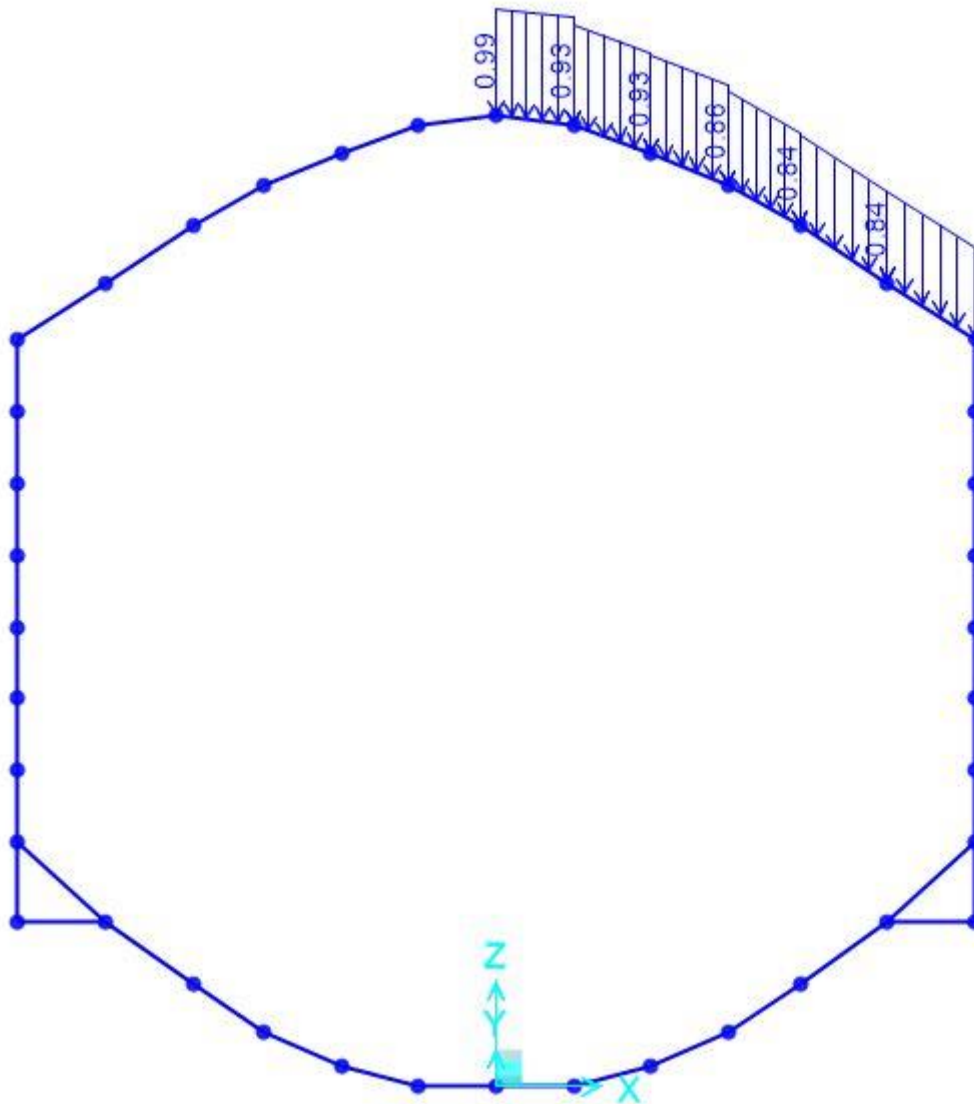


Figura 70 – Carico applicato: carico variabile in copertura – lato sinistro

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 kN/m

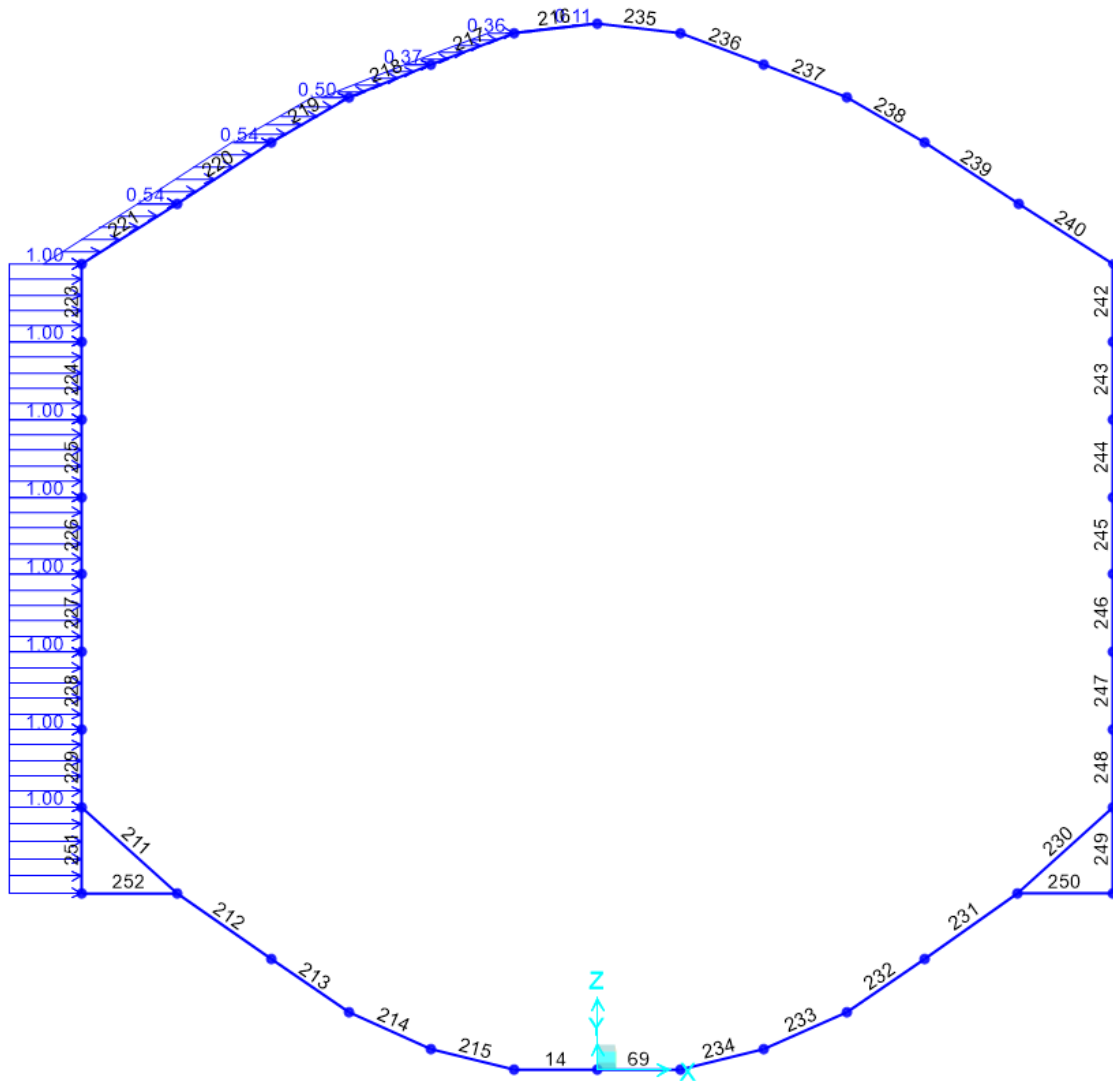



Figura 71 – Carico applicato: incremento di spinta orizzontale per carico variabile in copertura – lato sinistro

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

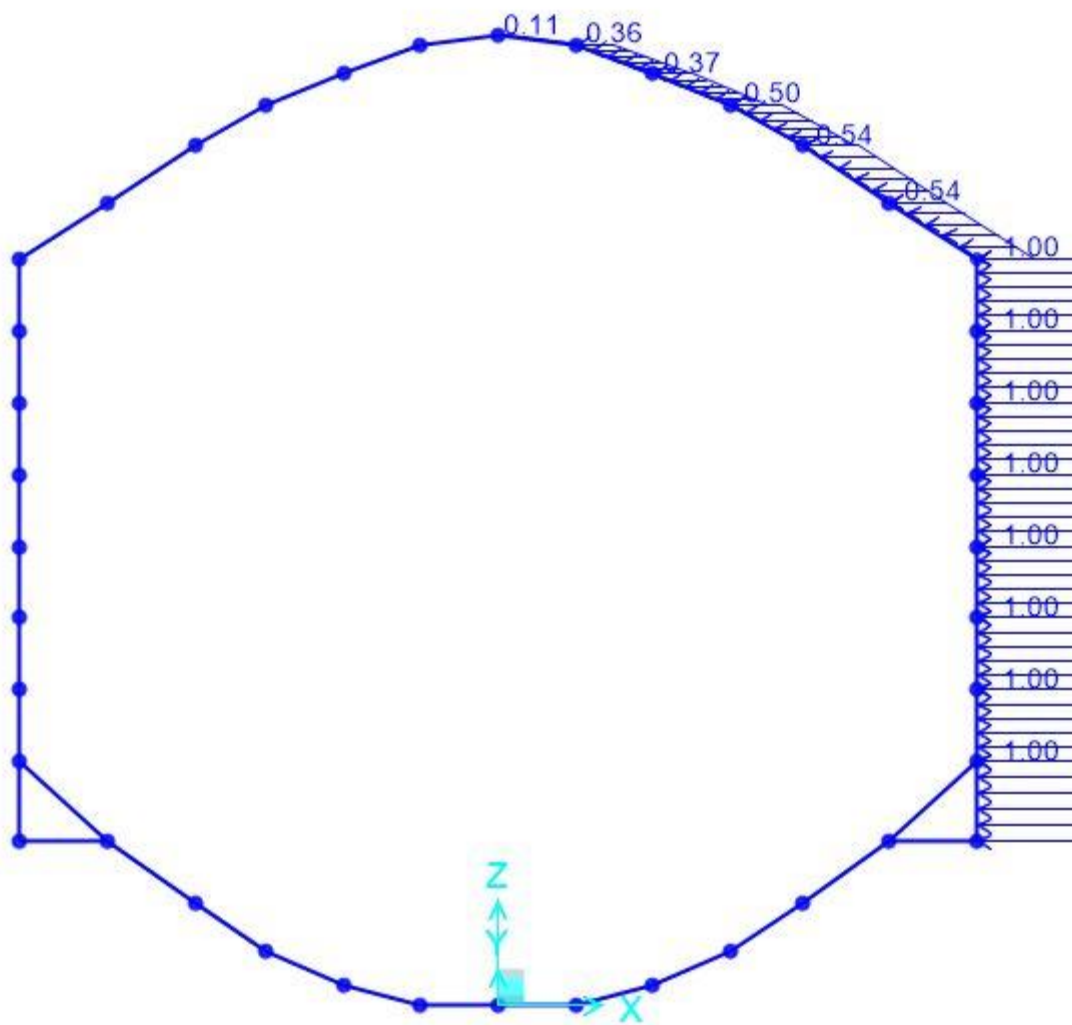


Figura 72 – Carico applicato: incremento di spinta orizzontale per carico variabile in copertura – lato destro

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 ($\pm \Delta S_H$); l’incremento di spinta può valutarsi secondo la teoria di Wood, per cui la risultante dell’azione sismica orizzontale può calcolarsi secondo:

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

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

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

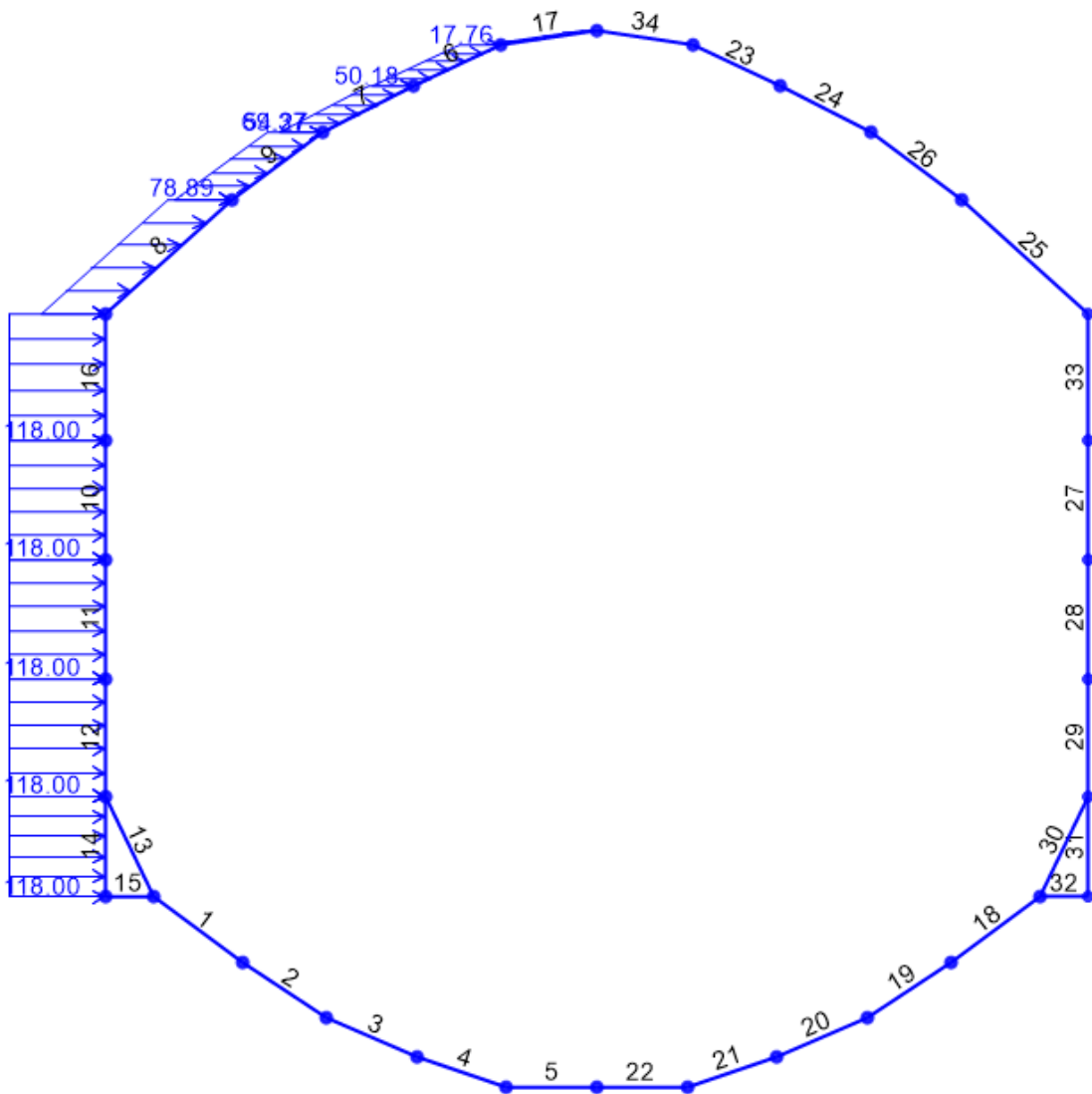


Figura 73 – Carico applicato: incremento spinta sismica orizzontale – lato sinistro

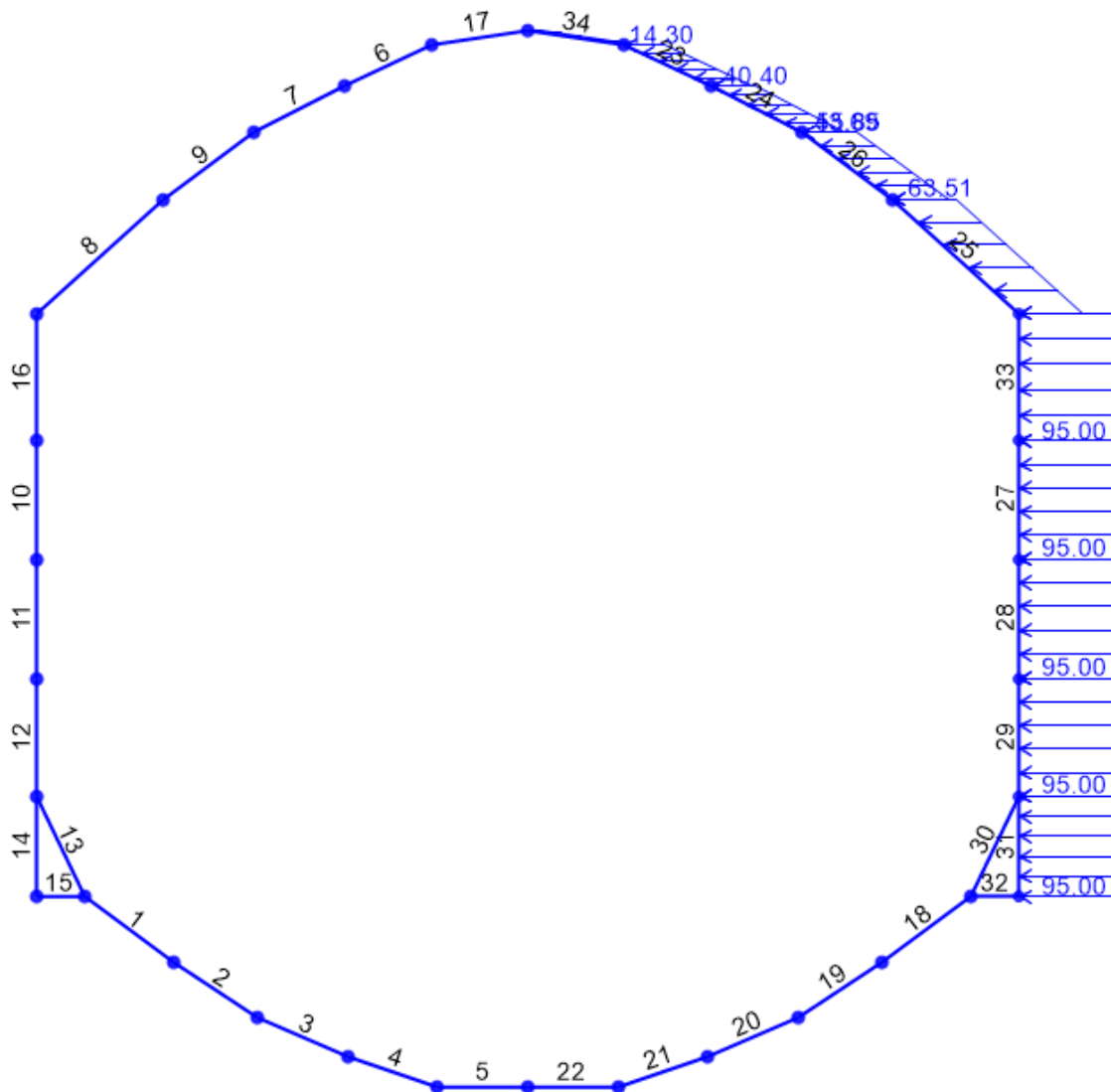



Figura 74 – Carico applicato: spinta sismica orizzontale – lato destro

Variazione del peso del terreno di ritombamento ($\pm \Delta S_V$); l'incremento di spinta può valutarsi secondo la teoria di Wood, per cui la risultante dell'azione sismica verticale può calcolarsi secondo:

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

In cui A rappresenta l'altezza del carico di coprimento (variabile in questo caso) al di sopra della calotta. La spinta viene applicata sulla calotta, uniformemente distribuita sulla larghezza

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 127 di 354

dell'opera; a tale scopo sul modello sono state inserite le altezze medie di carico verticale, mentre nelle combo è stato inserito il moltiplicatore comune, pertanto il carico sismico verticale assunto è pari a:

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

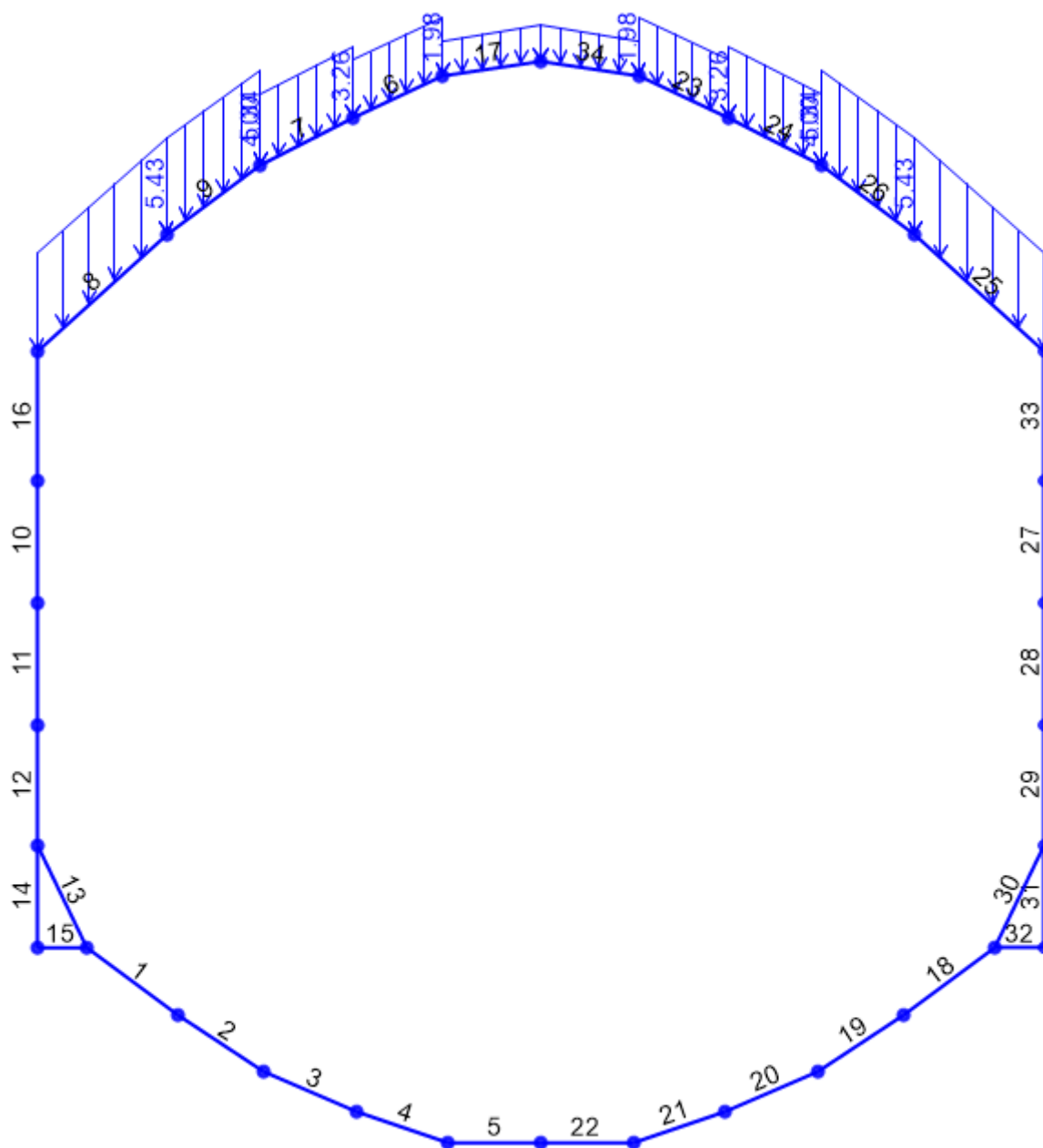



Figura 75 – Carico applicato: spinta sismica verticale

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

SALSO					
Parametri di calcolo					
Tipo Terreno	γ	c'	ϕ'	E'	ν
[-]	[kN/m3]	[kN/m2]	[°]	[MPa]	[-]
Ricoprimento	20	0	30	30	0.3
Terreno alla base	21	15	22	83	0.3
Rigidezza molle per elementi curvi (Formula di Galerkin)					
$K_n = \frac{E}{(1+\nu) \times R}$	Elemento	R	K		
	[-]	[m]	[kN/m3]		
	AR	4.2	30403		
	Calotta	5	4615		
Rigidezza molle per elementi Lineari (Formula Di Boussinesq)					
$k_n = \frac{E}{B \cdot (1-\nu^2)}$	Elemento	B	K		
	[-]	[m]	[kN/m3]		
	Sommità piedritto	5.7	5784		
	Base piedritto	2	91209		

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 indico l'elemento strutturale considerato, il cerchio rosso la sezione più sollecitata.

SEZIONE 1-2 : CONCIO D'ATTACCO

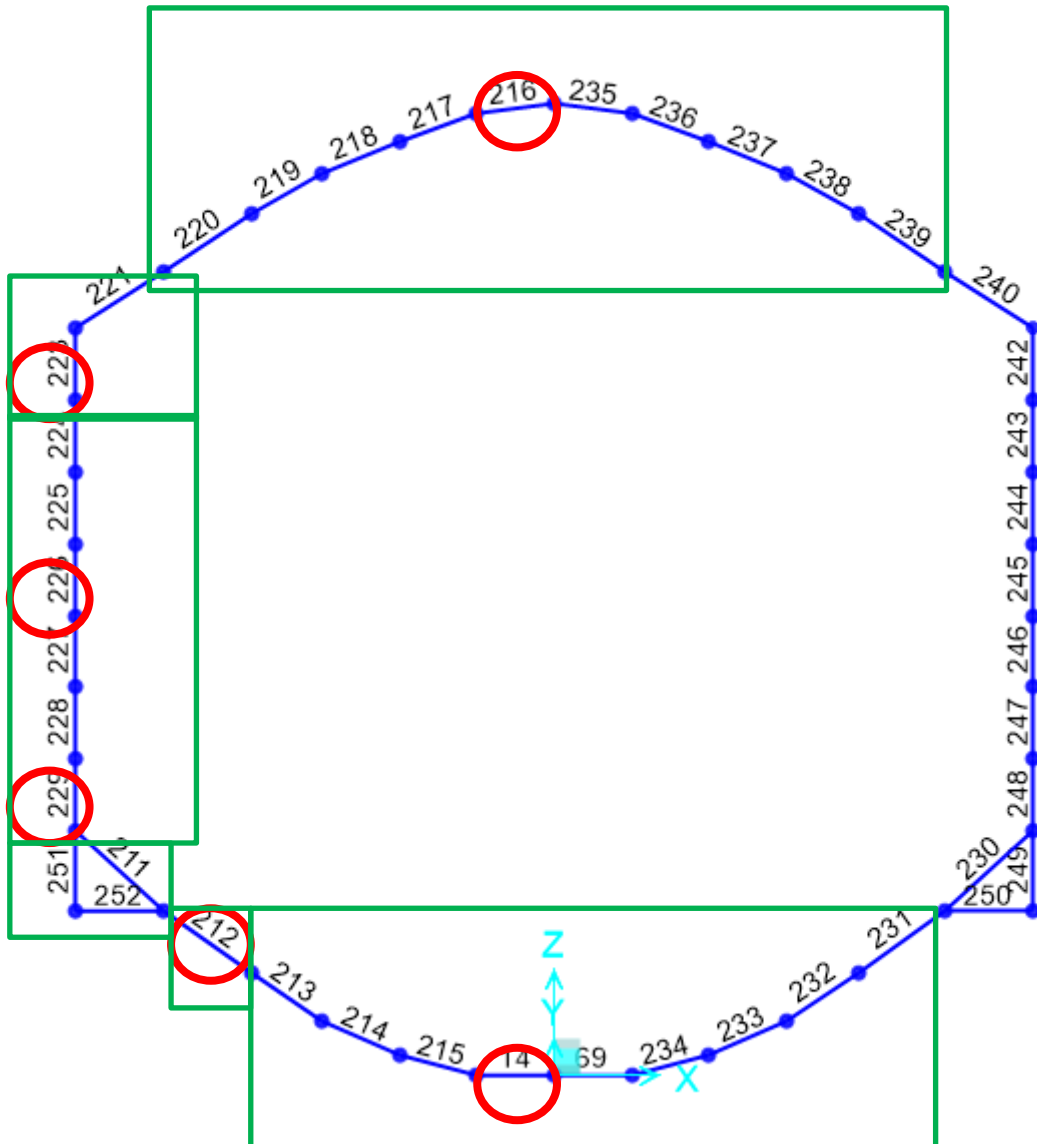


Figura 76 – Sezione 1 – Concio d'attacco – imbocco lato Ovest

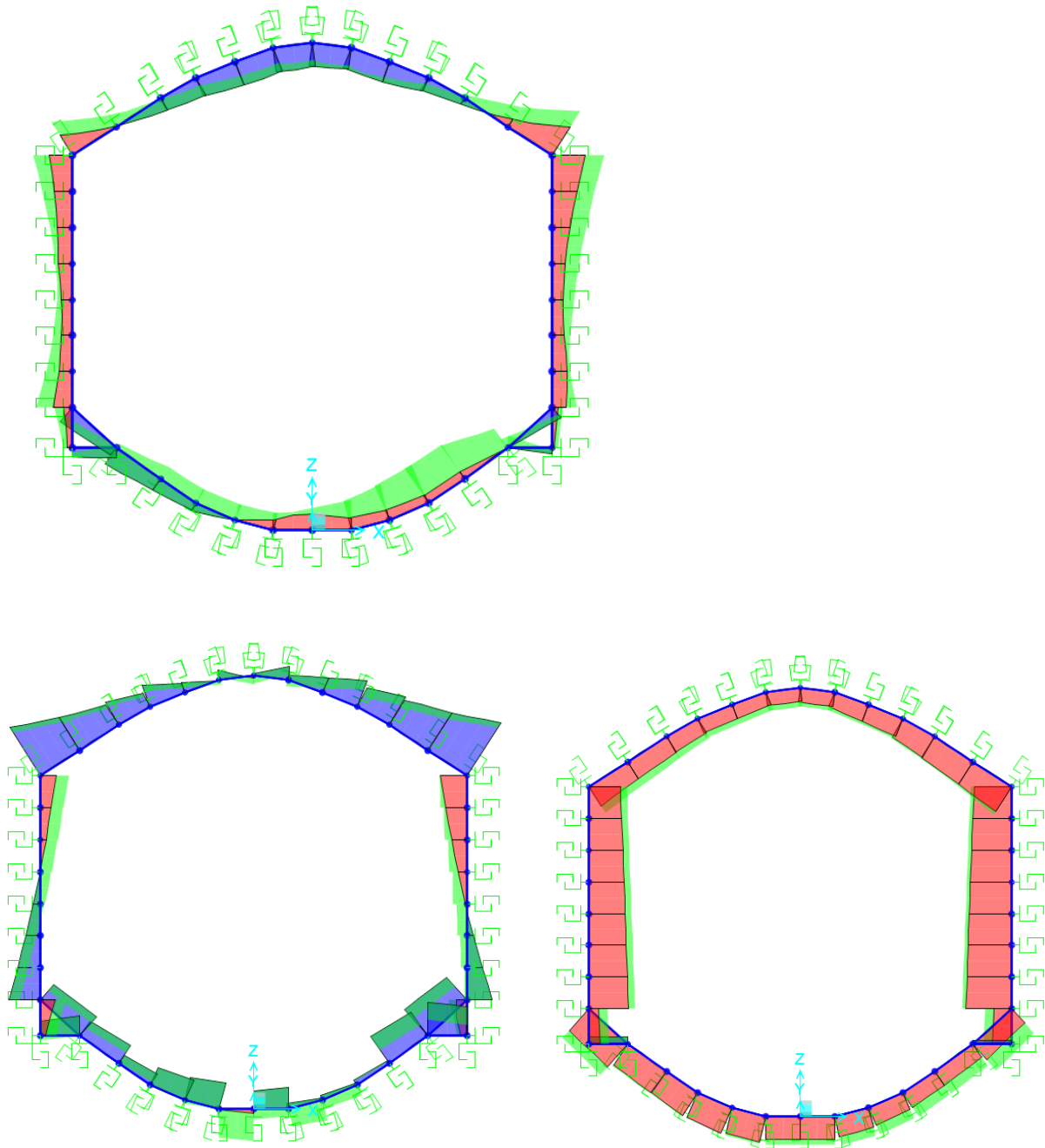


Figura 77 – Da sinistra involucri del momento, del taglio e dello sforzo normale SLE



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

GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI
CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3U 40 D 07 CL GA 00 00 002 B 132 di 354

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Statio	OutputCa	T	CaseType	StepTy	P	V2	V3	T	M2	M3
216	0	SLE-QP	NonStatic	Max	-458.593	-177.433	-2.842E-14	0	-7.816E-14	642.2065	
216	0.43815	SLE-QP	NonStatic	Max	-464.166	-98.247	-2.842E-14	0	-6.571E-14	702.601	
216	0.8763	SLE-QP	NonStatic	Max	-469.739	-19.061	-2.842E-14	0	-5.325E-14	728.3002	
216	0	SLE-QP	NonStatic	Min	-458.593	-177.433	-2.842E-14	0	-7.816E-14	642.2065	
216	0.43815	SLE-QP	NonStatic	Min	-464.166	-98.247	-2.842E-14	0	-6.571E-14	702.601	
216	0.8763	SLE-QP	NonStatic	Min	-469.739	-19.061	-2.842E-14	0	-5.325E-14	728.3002	
216	0	SLE-C	NonStatic	Max	-699.24	-95.392	0	-5.329E-14	-5.684E-14	502.6046	
216	0.43815	SLE-C	NonStatic	Max	-705.309	-7.5	0	-5.329E-14	-5.684E-14	525.1455	
216	0.8763	SLE-C	NonStatic	Max	-711.379	80.392	0	-5.329E-14	-5.684E-14	509.1767	
216	0	SLE-C	NonStatic	Min	-699.24	-95.392	0	-5.329E-14	-5.684E-14	502.6046	
216	0.43815	SLE-C	NonStatic	Min	-705.309	-7.5	0	-5.329E-14	-5.684E-14	525.1455	
216	0.8763	SLE-C	NonStatic	Min	-711.379	80.392	0	-5.329E-14	-5.684E-14	509.1767	
216	0	INV_SLE-F	Combination	Max	-485.771	-80.983	0	-2.842E-14	0	605.2466	
216	0.43815	INV_SLE-F	Combination	Max	-490.945	-1.796	0	-2.842E-14	0	671.5753	
216	0.8763	INV_SLE-F	Combination	Max	-496.12	82.845	0	-2.842E-14	0	703.1858	
216	0	INV_SLE-F	Combination	Min	-658.192	-190.992	-1.137E-13	-5.684E-14	-8.527E-14	420.9396	
216	0.43815	INV_SLE-F	Combination	Min	-663.765	-111.761	-1.137E-13	-5.684E-14	-7.281E-14	499.0742	
216	0.8763	INV_SLE-F	Combination	Min	-669.337	-32.53	-1.137E-13	-5.684E-14	-6.036E-14	422.5134	
223	0	SLE-QP	NonStatic	Max	-1039.526	-268.888	0	2.842E-14	-1.705E-13	-663.8716	
223	0.4062	SLE-QP	NonStatic	Max	-1061.86	-229.08	3.507E-15	2.842E-14	-1.712E-13	-562.7351	
223	0.81239	SLE-QP	NonStatic	Max	-1084.194	-189.273	7.015E-15	2.842E-14	-1.734E-13	-477.7682	
223	0	SLE-QP	NonStatic	Min	-1039.526	-268.888	0	2.842E-14	-1.705E-13	-663.8716	
223	0.4062	SLE-QP	NonStatic	Min	-1061.86	-229.08	3.507E-15	2.842E-14	-1.712E-13	-562.7351	
223	0.81239	SLE-QP	NonStatic	Min	-1084.194	-189.273	7.015E-15	2.842E-14	-1.734E-13	-477.7682	
223	0	SLE-C	NonStatic	Max	-1256.427	-469.726	4.547E-13	1.421E-13	4.547E-13	-1137.2206	
223	0.4062	SLE-C	NonStatic	Max	-1278.76	-425.857	4.588E-13	1.421E-13	2.692E-13	-955.3293	
223	0.81239	SLE-C	NonStatic	Max	-1301.095	-381.987	4.628E-13	1.421E-13	8.206E-14	-791.2576	
223	0	SLE-C	NonStatic	Min	-1256.427	-469.726	4.547E-13	1.421E-13	4.547E-13	-1137.2206	
223	0.4062	SLE-C	NonStatic	Min	-1278.76	-425.857	4.588E-13	1.421E-13	2.692E-13	-955.3293	
223	0.81239	SLE-C	NonStatic	Min	-1301.095	-381.987	4.628E-13	1.421E-13	8.206E-14	-791.2576	
223	0	INV_SLE-F	Combination	Max	-1029.134	-277.335	0	1.705E-13	2.274E-13	-598.2856	
223	0.4062	INV_SLE-F	Combination	Max	-1051.468	-234.278	3.507E-15	1.705E-13	4.114E-13	-494.3778	
223	0.81239	INV_SLE-F	Combination	Max	-1073.802	-191.221	7.015E-15	1.705E-13	5.94E-13	-407.9596	
223	0	INV_SLE-F	Combination	Min	-1224.827	-450.734	-4.547E-13	-1.421E-14	-8.527E-14	-1143.5911	
223	0.4062	INV_SLE-F	Combination	Min	-1257.161	-410.927	-4.512E-13	-1.421E-14	-7.124E-16	-972.177	
223	0.81239	INV_SLE-F	Combination	Min	-1279.496	-371.12	-4.477E-13	-1.421E-14	-2.849E-15	-816.9266	
229	0	SLE-QP	NonStatic	Max	-1246.625	311.098	7.958E-13	-4.832E-13	5.684E-13	-669.749	
229	0.4055	SLE-QP	NonStatic	Max	-1262.84	373.14	8.113E-13	-4.832E-13	2.426E-13	-808.4798	
229	0.81101	SLE-QP	NonStatic	Max	-1279.056	435.182	8.268E-13	-4.832E-13	6.953E-14	-972.3689	
229	0	SLE-QP	NonStatic	Min	-1246.625	311.098	7.958E-13	-4.832E-13	5.684E-13	-669.749	
229	0.4055	SLE-QP	NonStatic	Min	-1262.84	373.14	8.113E-13	-4.832E-13	2.426E-13	-808.4798	
229	0.81101	SLE-QP	NonStatic	Min	-1279.056	435.182	8.268E-13	-4.832E-13	6.953E-14	-972.3689	
229	0	SLE-C	NonStatic	Max	-1463.526	203.515	4.547E-13	-1.137E-13	2.274E-13	-379.7548	
229	0.4055	SLE-C	NonStatic	Max	-1479.741	269.613	4.707E-13	-1.137E-13	3.973E-14	-475.6826	
229	0.81101	SLE-C	NonStatic	Max	-1495.957	335.71	4.867E-13	-1.137E-13	1.544E-13	-598.4131	
229	0	SLE-C	NonStatic	Min	-1463.526	203.515	4.547E-13	-1.137E-13	2.274E-13	-379.7548	
229	0.4055	SLE-C	NonStatic	Min	-1479.741	269.613	4.707E-13	-1.137E-13	3.973E-14	-475.6826	
229	0.81101	SLE-C	NonStatic	Min	-1495.957	335.71	4.867E-13	-1.137E-13	1.544E-13	-598.4131	
229	0	INV_SLE-F	Combination	Max	-1236.233	341.58	9.095E-13	-8.527E-14	5.826E-13	-304.6107	
229	0.4055	INV_SLE-F	Combination	Max	-1252.448	406.866	9.252E-13	-8.527E-14	2.855E-13	-393.8817	
229	0.81101	INV_SLE-F	Combination	Max	-1268.664	472.152	9.405E-13	-8.527E-14	-1.802E-14	-508.311	
229	0	INV_SLE-F	Combination	Min	-1441.926	185.091	7.248E-13	-4.832E-13	0	-657.8871	
229	0.4055	INV_SLE-F	Combination	Min	-1458.142	247.133	7.406E-13	-4.832E-13	-3.719E-13	-809.6362	
229	0.81101	INV_SLE-F	Combination	Min	-1474.357	309.175	7.565E-13	-4.832E-13	-7.500E-13	-987.8592	
212	0	SLE-QP	NonStatic	Max	-814.85	113.456	-5.684E-14	1.492E-13	-1.137E-13	473.4863	
212	0.39894	SLE-QP	NonStatic	Max	-824.882	127.733	-5.684E-14	1.492E-13	-9.101E-14	425.3762	
212	0.79788	SLE-QP	NonStatic	Max	-834.913	142.009	-5.684E-14	1.492E-13	-6.833E-14	371.5706	
212	1.19682	SLE-QP	NonStatic	Max	-844.945	156.286	-5.684E-14	1.492E-13	-4.566E-14	312.0695	
212	0	SLE-QP	NonStatic	Min	-814.85	113.456	-5.684E-14	1.492E-13	-1.137E-13	473.4863	
212	0.39894	SLE-QP	NonStatic	Min	-824.882	127.733	-5.684E-14	1.492E-13	-9.101E-14	425.3762	
212	0.79788	SLE-QP	NonStatic	Min	-834.913	142.009	-5.684E-14	1.492E-13	-6.833E-14	371.5706	
212	1.19682	SLE-QP	NonStatic	Min	-844.945	156.286	-5.684E-14	1.492E-13	-4.566E-14	312.0695	
212	0	SLE-C	NonStatic	Max	-848.458	199.471	4.547E-13	-9.948E-14	6.821E-13	-171.7104	
212	0.39894	SLE-C	NonStatic	Max	-858.489	213.747	4.547E-13	-9.948E-14	5.007E-13	-254.1352	
212	0.79788	SLE-C	NonStatic	Max	-868.521	228.024	4.547E-13	-9.948E-14	3.193E-13	-342.2555	
212	1.19682	SLE-C	NonStatic	Max	-878.553	242.3	4.547E-13	-9.948E-14	1.379E-13	-436.0712	
212	0	SLE-C	NonStatic	Min	-848.458	199.471	4.547E-13	-9.948E-14	6.821E-13	-171.7104	
212	0.39894	SLE-C	NonStatic	Min	-858.489	213.747	4.547E-13	-9.948E-14	5.007E-13	-254.1352	
212	0.79788	SLE-C	NonStatic	Min	-868.521	228.024	4.547E-13	-9.948E-14	3.193E-13	-342.2555	
212	1.19682	SLE-C	NonStatic	Min	-878.553	242.3	4.547E-13	-9.948E-14	1.379E-13	-436.0712	
212	0	INV_SLE-F	Combination	Max	-755.973	208.686	4.547E-13	1.528E-13	7.958E-13	538.7462	
212	0.39894	INV_SLE-F	Combination	Max	-806.004	222.962	4.547E-13	1.528E-13	6.144E-13	490.3791	
212	0.79788	INV_SLE-F	Combination	Max	-816.036	237.239	4.547E-13	1.528E-13	9.53E-13	444.3008	
212	1.19682	INV_SLE-F	Combination	Max	-826.067	251.515	4.547E-13	1.528E-13	1.316E-12	392.5271	
212	0	INV_SLE-F	Combination	Min	-849.084	94.087	-9.095E-13	-8.527E-14	0	-209.7366	
212	0.39894	INV_SLE-F	Combination	Min	-859.115	108.363	-9.095E-13	-8.527E-14	4.835E-14	-282.0291	
212	0.79788	INV_SLE-F	Combination	Min	-869.147	122.64	-9.095E-13	-8.527E-14	9.071E-14	-361.817	
212	1.19682	INV_SLE-F	Combination	Min	-879.178	136.916	-9.095E-13	-8.527E-14	1.361E-13	-446.4003	
14	0	SLE-QP	NonStatic	Max	-711.34	-409.814	0	4.263E-14	-1.137E-13	-692.2987	
14	0.43529	SLE-QP	NonStatic	Max	-711.34	-390.776	0	4.263E-14	-1.137E-13	-518.055	
14	0.87058	SLE-QP	NonStatic	Max	-711.34	-371.738	0	4.263E-14	-1.137E-13	-352.0984	
14	0	SLE-QP	NonStatic	Min	-711.34	-409.814	0	4.263E-14	-1.137E-13	-692.2987	
14	0.43529	SLE-QP	NonStatic	Min	-711.34	-390.776	0	4.263E-14	-1.137E-13	-518.055	
14	0.87058	SLE-QP	NonStatic	Min	-711.34	-371.738	0	4.263E-14	-1.137E-13	-352.0984	
14	0	SLE-C	NonStatic	Max	-910.891	-86.831	0	-1.137E-13	2.274E-13	-553.132	
14	0.43529	SLE-C	NonStatic	Max	-910.891	-67.793	0	-1.137E-13	2.274E-13	-519.4792	
14	0.87058	SLE-C	NonStatic	Max	-910.891	-48.754	0	-1.137E-13	2.274E-13	-4	

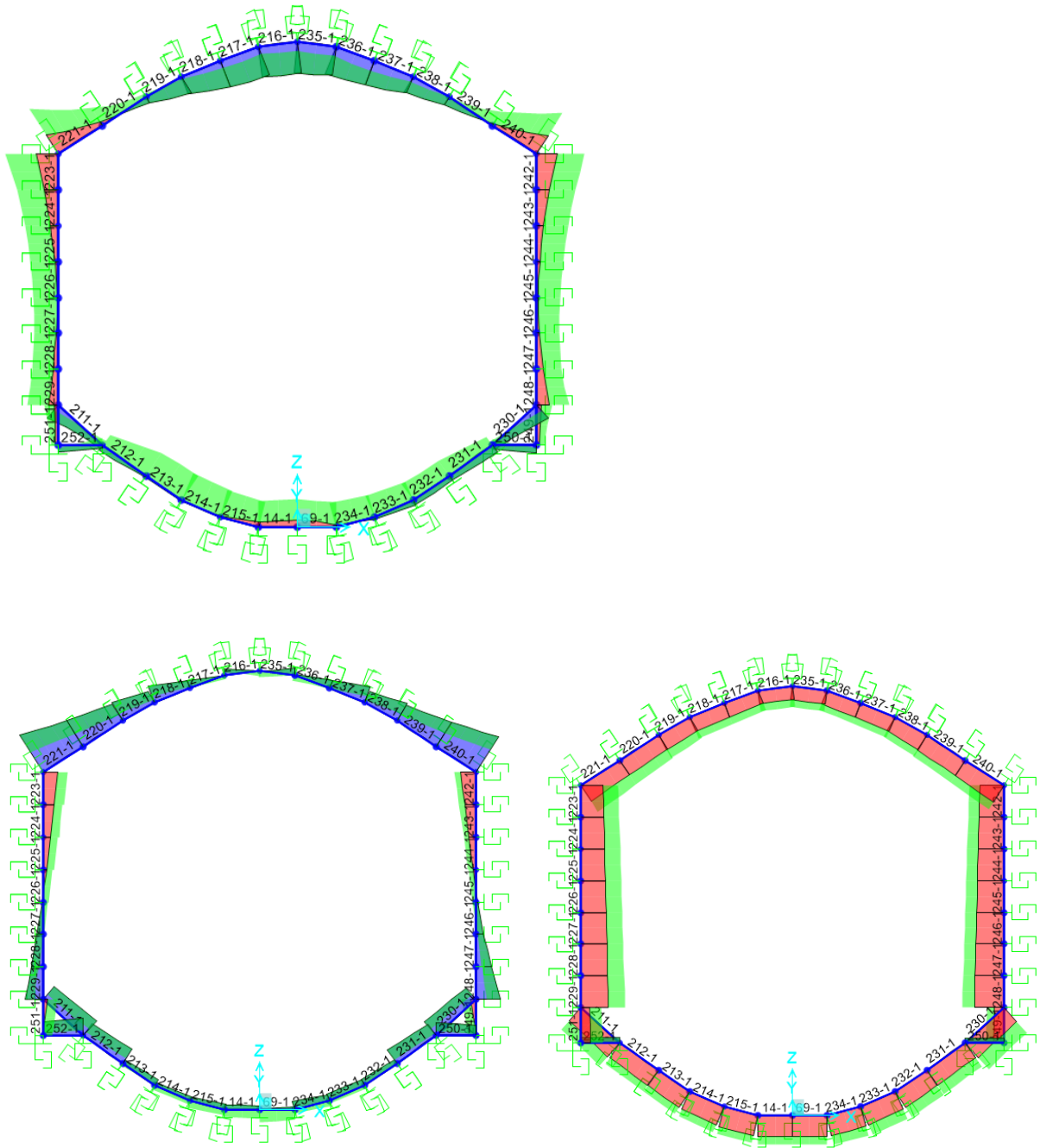


Figura 79 – Da sinistra: involuppo del momento, del taglio e dello sforzo normale – SLU

Figura 80 – Combinazioni di carico da SAP2000 – SLU

TABLE: Element Forces - Frames										
Frame	Statio	OutputCa	CaseType	StepTy	P	V2	V3	T	M2	M3
216	0	INV_SLU	Combination	Max	-684.675	-48.826	1.137E-13	-3.553E-14	1.137E-13	956.9633
216	0.43815	INV_SLU	Combination	Max	-695.943	30.36	1.137E-13	-3.553E-14	2.133E-13	1005.8334
216	0.8763	INV_SLU	Combination	Max	-707.211	119.575	1.137E-13	-3.553E-14	3.129E-13	998.2837
216	0	INV_SLU	Combination	Min	-1093.64	-200.915	-2.274E-13	-8.527E-14	-1.705E-13	148.9664
216	0.43815	INV_SLU	Combination	Min	-1103.119	-78.274	-2.274E-13	-8.527E-14	-1.137E-13	180.7365
216	0.8763	INV_SLU	Combination	Min	-1112.599	1.117	-2.274E-13	-8.527E-14	-1.565E-13	177.7213
223	0	INV_SLU	Combination	Max	-1095.113	-480	1.819E-12	2.274E-13	4.547E-13	-696.5016
223	0.4062	INV_SLU	Combination	Max	-1117.447	-422.158	1.822E-12	2.274E-13	3.684E-13	-513.2748
223	0.81239	INV_SLU	Combination	Max	-1139.781	-364.316	1.825E-12	2.274E-13	1.02E-12	-353.5434
223	0	INV_SLU	Combination	Min	-1798.389	-776.72	-1.819E-12	5.684E-14	-4.547E-13	-1804.045
223	0.4062	INV_SLU	Combination	Min	-1827.423	-718.877	-1.815E-12	5.684E-14	-2.847E-13	-1557.9987
223	0.81239	INV_SLU	Combination	Min	-1856.458	-661.035	-1.812E-12	5.684E-14	-1.026E-12	-1328.122
229	0	INV_SLU	Combination	Max	-1302.212	347.042	2.728E-12	5.684E-14	9.095E-13	-52.2691
229	0.4055	INV_SLU	Combination	Max	-1318.427	433.78	2.746E-12	5.684E-14	1.253E-13	-142.2279
229	0.81101	INV_SLU	Combination	Max	-1334.642	520.517	2.764E-12	5.684E-14	-2.979E-13	-257.3451
229	0	INV_SLU	Combination	Min	-2067.618	165.426	9.095E-13	-3.411E-13	-4.547E-13	-795.6307
229	0.4055	INV_SLU	Combination	Min	-2088.698	227.468	9.28E-13	-3.411E-13	-8.278E-13	-876.4417
229	0.81101	INV_SLU	Combination	Min	-2109.778	289.511	9.465E-13	-3.411E-13	-1.318E-12	-982.4111
212	0	INV_SLU	Combination	Max	-856.577	359.031	4.547E-13	2.842E-14	4.547E-13	125.9131
212	0.39894	INV_SLU	Combination	Max	-866.609	377.59	4.547E-13	2.842E-14	4.547E-13	100.093
212	0.79788	INV_SLU	Combination	Max	-876.64	396.149	4.547E-13	2.842E-14	4.547E-13	68.5775
212	1.19682	INV_SLU	Combination	Max	-886.672	414.709	4.547E-13	2.842E-14	4.547E-13	31.3665
212	0	INV_SLU	Combination	Min	-1196.229	57.583	0	-1.421E-13	1.137E-13	-572.8958
212	0.39894	INV_SLU	Combination	Min	-1209.27	71.86	0	-1.421E-13	1.137E-13	-676.7753
212	0.79788	INV_SLU	Combination	Min	-1222.311	86.136	0	-1.421E-13	9.191E-14	-810.8441
212	1.19682	INV_SLU	Combination	Min	-1235.352	100.413	0	-1.421E-13	-8.95E-14	-967.4204
14	0	INV_SLU	Combination	Max	-986.47	82.378	4.547E-13	-2.132E-14	4.547E-13	-206.3518
14	0.43529	INV_SLU	Combination	Max	-986.47	101.417	4.547E-13	-2.132E-14	6.527E-13	-176.5444
14	0.87058	INV_SLU	Combination	Max	-986.47	120.455	4.547E-13	-2.132E-14	8.506E-13	-112.239
14	0	INV_SLU	Combination	Min	-1382.738	-234.423	-4.547E-13	-1.279E-13	-1.137E-13	-1015.262
14	0.43529	INV_SLU	Combination	Min	-1382.738	-215.384	-4.547E-13	-1.279E-13	-1.632E-13	-972.4559
14	0.87058	INV_SLU	Combination	Min	-1382.738	-196.346	-4.547E-13	-1.279E-13	-2.127E-13	-940.4231
226	0	INV_SLU	Combination	Max	-1204.753	-102.39	9.095E-13	2.274E-13	0	41.468
226	0.4062	INV_SLU	Combination	Max	-1220.996	-33.986	9.166E-13	2.274E-13	7.374E-13	96.9706
226	0.81239	INV_SLU	Combination	Max	-1237.239	34.417	9.237E-13	2.274E-13	1.472E-12	124.688
226	0	INV_SLU	Combination	Min	-1940.922	-277.625	-1.819E-12	1.137E-13	-4.547E-13	-838.5003
226	0.4062	INV_SLU	Combination	Min	-1962.038	-209.221	-1.812E-12	1.137E-13	-4.557E-13	-774.4129
226	0.81239	INV_SLU	Combination	Min	-1983.154	-151.804	-1.805E-12	1.137E-13	-7.446E-13	-729.795

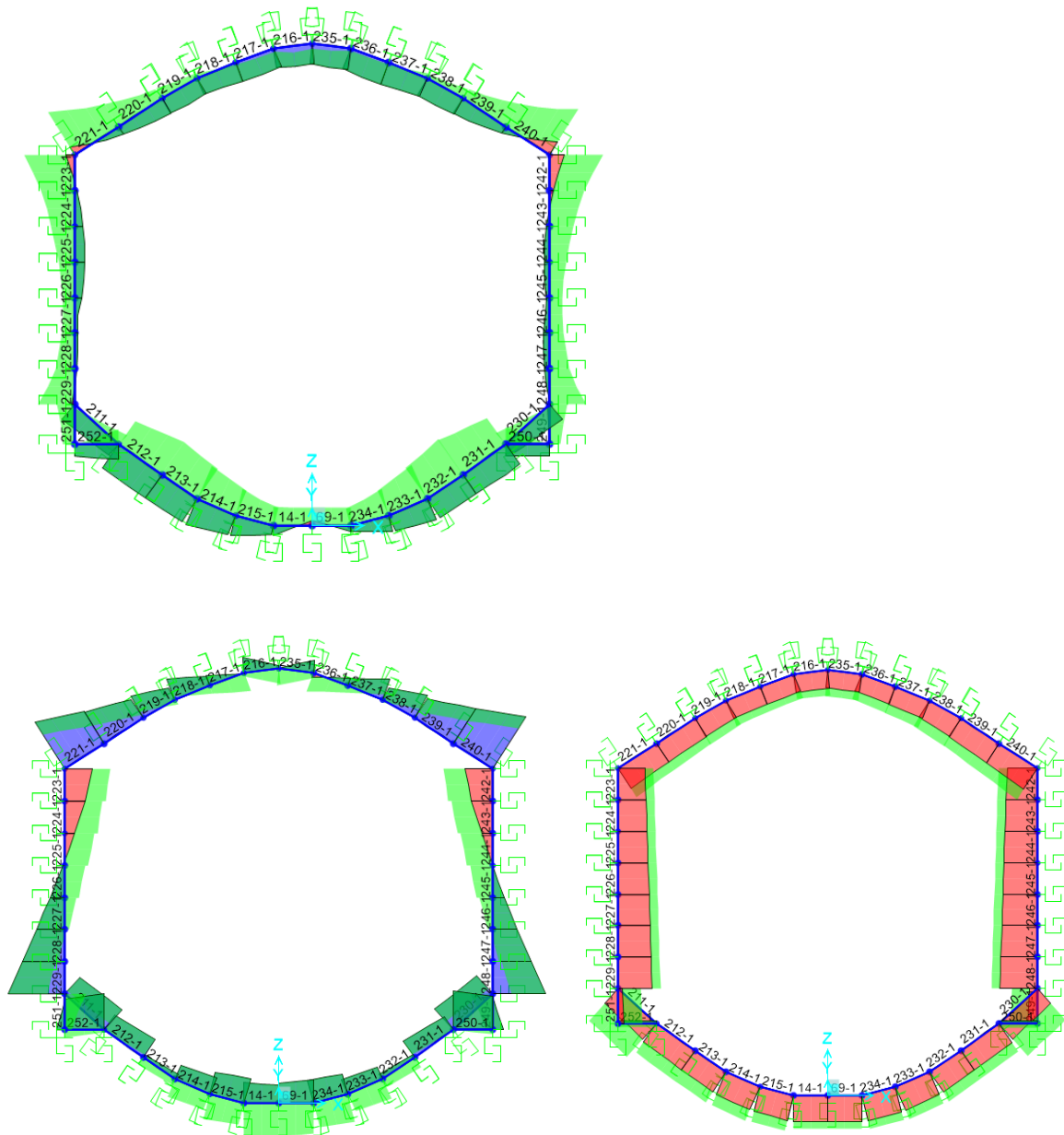



Figura 81 – Da sinistra: involuppo del momento, del taglio e dello sforzo normale - SLV

Figura 82 – Combinazioni di carico da SAP2000 – SLV

TABLE: Element Forces - Frames										
Frame	Statio	OutputCa	CaseType	StepTy	P	V2	V3	T	M2	M3
14	0	INV-SLV	Combination	Max	-922.823	177.934	2.274E-13	3.02E-14	4.547E-13	-97.1216
14	0.43529	INV-SLV	Combination	Max	-922.823	196.973	2.274E-13	3.02E-14	6.527E-13	77.4087
14	0.87058	INV-SLV	Combination	Max	-922.823	216.011	2.274E-13	3.02E-14	8.506E-13	243.652
14	0	INV-SLV	Combination	Min	-1150.131	-411.069	-4.547E-13	-1.421E-13	-4.547E-13	-484.3264
14	0.43529	INV-SLV	Combination	Min	-1150.131	-392.031	-4.547E-13	-1.421E-13	-2.568E-13	-482.4129
14	0.87058	INV-SLV	Combination	Min	-1150.131	-372.993	-4.547E-13	-1.421E-13	-2.411E-13	-488.7866
212	0	INV-SLV	Combination	Max	-809.093	197.924	9.095E-13	1.563E-13	6.821E-13	513.1652
212	0.39894	INV-SLV	Combination	Max	-819.124	212.2	9.095E-13	1.563E-13	5.007E-13	529.9856
212	0.79788	INV-SLV	Combination	Max	-829.156	226.477	9.095E-13	1.563E-13	5.902E-13	541.1105
212	1.19682	INV-SLV	Combination	Max	-839.188	240.753	9.095E-13	1.563E-13	7.716E-13	546.54
212	0	INV-SLV	Combination	Min	-1198.027	-49.301	-4.547E-13	-1.421E-13	-1.137E-13	-711.3466
212	0.39894	INV-SLV	Combination	Min	-1208.059	-35.024	-4.547E-13	-1.421E-13	-2.842E-14	-779.7865
212	0.79788	INV-SLV	Combination	Min	-1218.09	-20.748	-4.547E-13	-1.421E-13	-2.709E-13	-853.922
212	1.19682	INV-SLV	Combination	Min	-1228.122	-6.471	-4.547E-13	-1.421E-13	-6.338E-13	-933.7529
216	0	INV-SLV	Combination	Max	-720.298	-16.969	2.274E-13	-1.243E-14	5.684E-14	427.0775
216	0.43815	INV-SLV	Combination	Max	-725.439	65.346	2.274E-13	-1.243E-14	1.565E-13	457.4012
216	0.8763	INV-SLV	Combination	Max	-729.137	147.661	2.274E-13	-1.243E-14	2.561E-13	459.0804
216	0	INV-SLV	Combination	Min	-959.895	-253.001	-2.274E-13	-7.105E-14	-2.274E-13	17.2648
216	0.43815	INV-SLV	Combination	Min	-960.884	-172.906	-2.274E-13	-7.105E-14	-2.274E-13	79.4006
216	0.8763	INV-SLV	Combination	Min	-961.872	-92.811	-2.274E-13	-7.105E-14	-2.274E-13	34.6943
223	0	INV-SLV	Combination	Max	-1025.308	-446.935	1.819E-12	1.705E-13	4.547E-13	-253.0033
223	0.4062	INV-SLV	Combination	Max	-1047.643	-394.434	1.823E-12	1.705E-13	7.381E-13	-57.5935
223	0.81239	INV-SLV	Combination	Max	-1069.977	-341.933	1.826E-12	1.705E-13	1.475E-12	105.2296
223	0	INV-SLV	Combination	Min	-1291.777	-686.056	-1.819E-12	0	-9.095E-13	-1309.3105
223	0.4062	INV-SLV	Combination	Min	-1314.111	-645.436	-1.815E-12	0	-7.396E-13	-1038.8868
223	0.81239	INV-SLV	Combination	Min	-1336.445	-604.817	-1.812E-12	0	-1.481E-12	-814.0612
226	0	INV-SLV	Combination	Max	-1134.949	-16.363	9.095E-13	1.99E-13	2.274E-13	415.2131
226	0.4062	INV-SLV	Combination	Max	-1151.192	71.985	9.145E-13	1.99E-13	2.254E-13	403.9165
226	0.81239	INV-SLV	Combination	Max	-1167.435	160.332	9.194E-13	1.99E-13	2.801E-13	356.7333
226	0	INV-SLV	Combination	Min	-1401.417	-269.55	-9.095E-13	1.421E-14	-4.547E-13	-306.8815
226	0.4062	INV-SLV	Combination	Min	-1417.66	-220.806	-9.045E-13	1.421E-14	-3.704E-13	-240.4983
226	0.81239	INV-SLV	Combination	Min	-1433.903	-172.063	-8.995E-13	1.421E-14	-7.429E-13	-193.9147
229	0	INV-SLV	Combination	Max	-1232.408	543.707	1.819E-12	1.705E-13	9.095E-13	128.6643
229	0.4055	INV-SLV	Combination	Max	-1248.623	646.097	1.835E-12	1.705E-13	9.063E-13	42.3358
229	0.81101	INV-SLV	Combination	Max	-1264.838	748.487	1.85E-12	1.705E-13	8.969E-13	-69.4799
229	0	INV-SLV	Combination	Min	-1498.876	178.997	0	-3.268E-13	-4.547E-13	-373.983
229	0.4055	INV-SLV	Combination	Min	-1515.091	241.85	1.558E-14	-3.268E-13	-4.579E-13	-499.3052
229	0.81101	INV-SLV	Combination	Min	-1531.307	304.703	3.117E-14	-3.268E-13	-1.033E-12	-760.8655

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</p>												
<p>GALLERIA SALSO - 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 00 002</td> <td>B</td> <td>137 di 354</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 002	B	137 di 354
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 002	B	137 di 354								

GALLERIA ARTIFICIALE

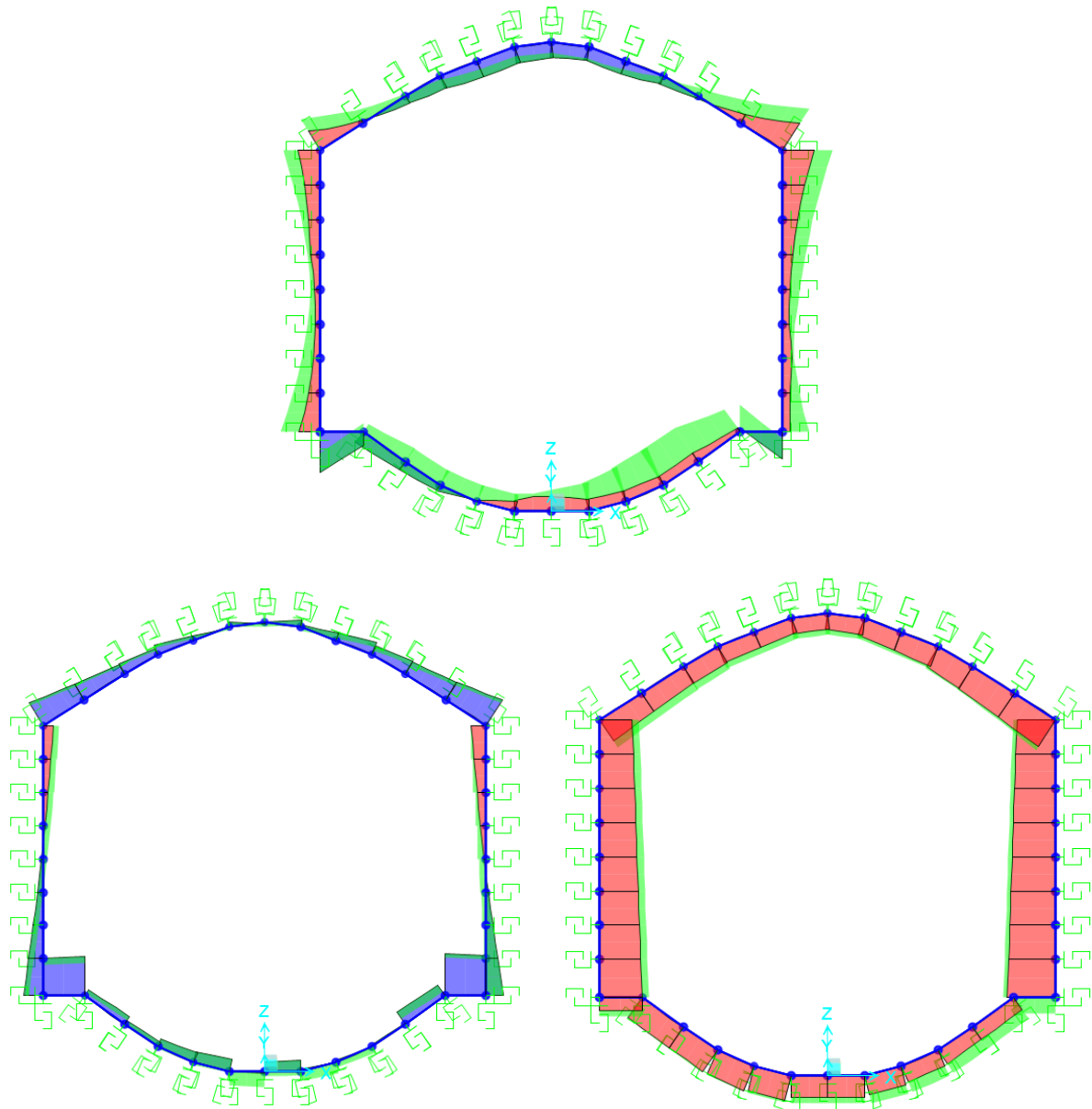


Figura 83 – Da sinistra: involuppo del momento, del taglio e dello sforzo normale – SLE

Figura 84 – Combinazioni di carico da SAP2000 – SLE

GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI
CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3U 40 D 07 CL GA 00 00 002 B 138 di 354

TABLE: Element Forces - Frames										
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-r	KN-r	KN-m
17	0	SLE-QP	NonStatic	Max	-424.025	27.891	0	0	0	345.9978
17	0.46814	SLE-QP	NonStatic	Max	-418.49	102.629	0	0	0	315.4473
17	0.93627	SLE-QP	NonStatic	Max	-412.954	177.367	0	0	0	249.9092
17	0	SLE-QP	NonStatic	Min	-424.025	27.891	0	0	0	345.9978
17	0.46814	SLE-QP	NonStatic	Min	-418.49	102.629	0	0	0	315.4473
17	0.93627	SLE-QP	NonStatic	Min	-412.954	177.367	0	0	0	249.9092
17	0	SLE-C	NonStatic	Max	-639.346	-66.722	0	0	0	163.8256
17	0.46814	SLE-C	NonStatic	Max	-633.114	17.273	0	0	0	175.3999
17	0.93627	SLE-C	NonStatic	Max	-626.882	101.268	0	0	0	147.6532
17	0	SLE-C	NonStatic	Min	-639.346	-66.722	0	0	0	163.8256
17	0.46814	SLE-C	NonStatic	Min	-633.114	17.273	0	0	0	175.3999
17	0.93627	SLE-C	NonStatic	Min	-626.882	101.268	0	0	0	147.6532
17	0	INV_SLE-F	Combination	Max	-447.343	40.459	0	0	0	332.3451
17	0.46814	INV_SLE-F	Combination	Max	-442.365	115.282	0	0	0	295.8913
17	0.93627	INV_SLE-F	Combination	Max	-437.387	190.105	0	0	0	224.4101
17	0	INV_SLE-F	Combination	Min	-598.696	-70.225	0	0	0	116.9265
17	0.46814	INV_SLE-F	Combination	Min	-593.16	11.506	0	0	0	129.0339
17	0.93627	INV_SLE-F	Combination	Min	-587.625	86.244	0	0	0	106.1537
8	0	SLE-QP	NonStatic	Max	-552.019	175.204	0	0	0	204.1314
8	0.8218	SLE-QP	NonStatic	Max	-603.737	318.196	0	0	0	1.3934
8	1.6436	SLE-QP	NonStatic	Max	-655.455	461.187	0	0	0	-318.8552
8	0	SLE-QP	NonStatic	Min	-552.019	175.204	0	0	0	204.1314
8	0.8218	SLE-QP	NonStatic	Min	-603.737	318.196	0	0	0	1.3934
8	1.6436	SLE-QP	NonStatic	Min	-655.455	461.187	0	0	0	-318.8552
8	0	SLE-C	NonStatic	Max	-807.616	184.721	0	0	0	-88.1444
8	0.8218	SLE-C	NonStatic	Max	-863.419	340.476	0	0	0	-303.948
8	1.6436	SLE-C	NonStatic	Max	-919.223	496.23	0	0	0	-647.7505
8	0	SLE-C	NonStatic	Min	-807.616	184.721	0	0	0	-88.1444
8	0.8218	SLE-C	NonStatic	Min	-863.419	340.476	0	0	0	-303.948
8	1.6436	SLE-C	NonStatic	Min	-919.223	496.23	0	0	0	-647.7505
8	0	INV_SLE-F	Combination	Max	-555.735	195.872	0	0	0	241.9727
8	0.8218	INV_SLE-F	Combination	Max	-604.184	346.135	0	0	0	50.6212
8	1.6436	INV_SLE-F	Combination	Max	-652.633	496.398	0	0	0	-260.6557
8	0	INV_SLE-F	Combination	Min	-774.179	155.451	0	0	0	-99.788
8	0.8218	INV_SLE-F	Combination	Min	-832.434	298.443	0	0	0	-322.499
8	1.6436	INV_SLE-F	Combination	Min	-890.689	441.434	0	0	0	-668.6961
11	0	SLE-QP	NonStatic	Max	-937.392	256.843	0	0	0	428.0018
11	0.57722	SLE-QP	NonStatic	Max	-914.31	179.496	0	0	0	302.07
11	1.15444	SLE-QP	NonStatic	Max	-891.228	102.148	0	0	0	220.7846
11	0	SLE-QP	NonStatic	Min	-937.392	256.843	0	0	0	428.0018
11	0.57722	SLE-QP	NonStatic	Min	-914.31	179.496	0	0	0	302.07
11	1.15444	SLE-QP	NonStatic	Min	-891.228	102.148	0	0	0	220.7846
11	0	SLE-C	NonStatic	Max	-1139.806	120.33	0	0	0	212.1052
11	0.57722	SLE-C	NonStatic	Max	-1116.724	37.21	0	0	0	166.6376
11	1.15444	SLE-C	NonStatic	Max	-1093.642	-45.91	0	0	0	169.1484
11	0	SLE-C	NonStatic	Min	-1139.806	120.33	0	0	0	212.1052
11	0.57722	SLE-C	NonStatic	Min	-1116.724	37.21	0	0	0	166.6376
11	1.15444	SLE-C	NonStatic	Min	-1093.642	-45.91	0	0	0	169.1484
11	0	INV_SLE-F	Combination	Max	-928.481	280.808	0	0	0	404.5804
11	0.57722	INV_SLE-F	Combination	Max	-905.399	198.843	0	0	0	266.1483
11	1.15444	INV_SLE-F	Combination	Max	-882.317	116.878	0	0	0	213.2347
11	0	INV_SLE-F	Combination	Min	-1120.852	107.63	0	0	0	150.9764
11	0.57722	INV_SLE-F	Combination	Min	-1097.77	30.283	0	0	0	111.0584
11	1.15444	INV_SLE-F	Combination	Min	-1074.688	-47.065	0	0	0	115.7868
12	0	SLE-QP	NonStatic	Max	-982.873	420.603	0	0	0	813.2375
12	0.56868	SLE-QP	NonStatic	Max	-960.133	338.713	0	0	0	597.3355
12	1.13735	SLE-QP	NonStatic	Max	-937.392	256.824	0	0	0	428.0018
12	0	SLE-QP	NonStatic	Min	-982.873	420.603	0	0	0	813.2375
12	0.56868	SLE-QP	NonStatic	Min	-960.133	338.713	0	0	0	597.3355
12	1.13735	SLE-QP	NonStatic	Min	-937.392	256.824	0	0	0	428.0018
12	0	SLE-C	NonStatic	Max	-1185.286	296.213	0	0	0	449.3987
12	0.56868	SLE-C	NonStatic	Max	-1162.546	208.637	0	0	0	305.8508
12	1.13735	SLE-C	NonStatic	Max	-1139.806	121.061	0	0	0	212.1052
12	0	SLE-C	NonStatic	Min	-1185.286	296.213	0	0	0	449.3987
12	0.56868	SLE-C	NonStatic	Min	-1162.546	208.637	0	0	0	305.8508
12	1.13735	SLE-C	NonStatic	Min	-1139.806	121.061	0	0	0	212.1052
12	0	INV_SLE-F	Combination	Max	-973.961	453.668	0	0	0	822.2492
12	0.56868	INV_SLE-F	Combination	Max	-951.221	367.23	0	0	0	588.8371
12	1.13735	INV_SLE-F	Combination	Max	-928.481	280.791	0	0	0	404.5804
12	0	INV_SLE-F	Combination	Min	-1166.332	272.674	0	0	0	370.8895
12	0.56868	INV_SLE-F	Combination	Min	-1143.592	190.785	0	0	0	237.6488
12	1.13735	INV_SLE-F	Combination	Min	-1120.852	108.896	0	0	0	150.9764
1	0	SLE-QP	NonStatic	Max	-908.018	-226.614	0	0	0	671.592
1	0.53696	SLE-QP	NonStatic	Max	-893.998	-207.773	0	0	0	788.217
1	1.07393	SLE-QP	NonStatic	Max	-879.977	-188.932	0	0	0	894.7252
1	0	SLE-QP	NonStatic	Min	-908.018	-226.614	0	0	0	671.592
1	0.53696	SLE-QP	NonStatic	Min	-893.998	-207.773	0	0	0	788.217
1	1.07393	SLE-QP	NonStatic	Min	-879.977	-188.932	0	0	0	894.7252
1	0	SLE-C	NonStatic	Max	-921.855	-336.972	0	0	0	-13.7929
1	0.53696	SLE-C	NonStatic	Max	-907.834	-318.131	0	0	0	-162.0905
1	1.07393	SLE-C	NonStatic	Max	-893.813	-299.29	0	0	0	327.8571
1	0	SLE-C	NonStatic	Min	-921.855	-336.972	0	0	0	-13.7929
1	0.53696	SLE-C	NonStatic	Min	-907.834	-318.131	0	0	0	-162.0905
1	1.07393	SLE-C	NonStatic	Min	-893.813	-299.29	0	0	0	327.8571
1	0	INV_SLE-F	Combination	Max	-862.261	-206.749	0	0	0	740.5554
1	0.53696	INV_SLE-F	Combination	Max	-848.241	-187.908	0	0	0	846.5138
1	1.07393	INV_SLE-F	Combination	Max	-834.22	-169.067	0	0	0	942.3553
1	0	INV_SLE-F	Combination	Min	-938.237	-345.432	0	0	0	-46.4939
1	0.53696	INV_SLE-F	Combination	Min	-924.216	-326.591	0	0	0	112.6319
1	1.07393	INV_SLE-F	Combination	Min	-910.196	-307.75	0	0	0	261.6409

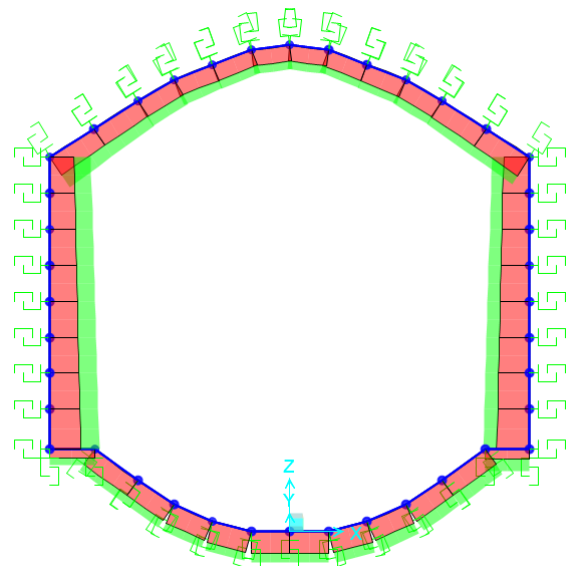
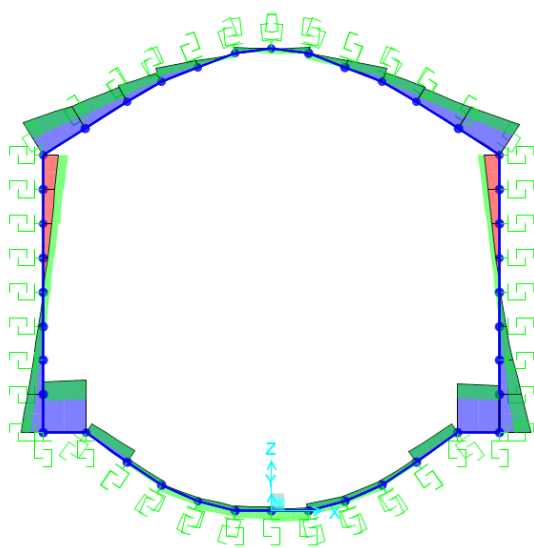
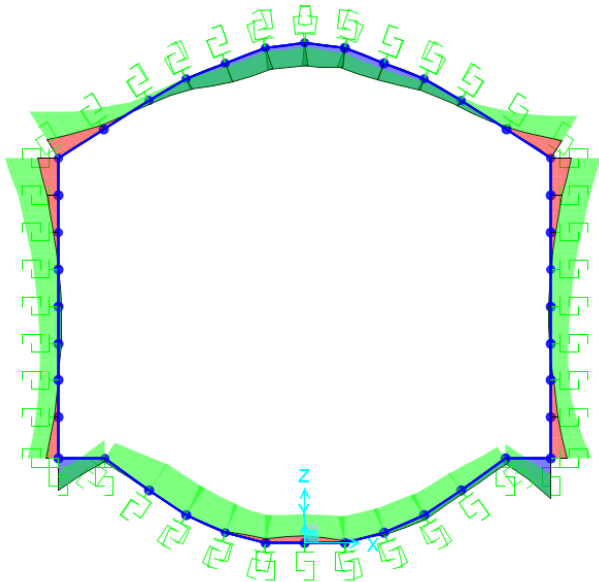


Figura 85 – Da sinistra: involucro del momento, del taglio e dello sforzo normale – SLU

Figura 86 – Combinazioni di carico da SAP2000 – SLU

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
17	0	INV_SLU	Combinat	Max	-631.186	23.884	0	0	0	445.2944
17	0.46814	INV_SLU	Combinat	Max	-618.095	99.042	0	0	0	456.2275
17	0.93627	INV_SLU	Combinat	Max	-605.005	197.208	0	0	0	408.9478
17	0	INV_SLU	Combinat	Min	-979.403	-119.732	0	0	0	-47.049
17	0.46814	INV_SLU	Combinat	Min	-969.071	-16.99	0	0	0	-54.7696
17	0.93627	INV_SLU	Combinat	Min	-958.74	57.748	0	0	0	-97.6744
8	0	INV_SLU	Combinat	Max	-749.698	375.606	0	0	0	171.4413
8	0.8218	INV_SLU	Combinat	Max	-782.539	577.301	0	0	0	55.4084
8	1.6436	INV_SLU	Combinat	Max	-815.38	778.997	0	0	0	-192.082
8	0	INV_SLU	Combinat	Min	-1229.47	54.966	0	0	0	-281.257
8	0.8218	INV_SLU	Combinat	Min	-1315.09	214.929	0	0	0	-636.399
8	1.6436	INV_SLU	Combinat	Min	-1400.71	374.891	0	0	0	-1157.3
11	0	INV_SLU	Combinat	Max	-984.787	268.026	0	0	0	603.3262
11	0.57722	INV_SLU	Combinat	Max	-961.705	158.816	0	0	0	575.605
11	1.15444	INV_SLU	Combinat	Max	-938.623	49.606	0	0	0	592.5302
11	0	INV_SLU	Combinat	Min	-1634.37	38.746	0	0	0	-112.291
11	0.57722	INV_SLU	Combinat	Min	-1604.36	-38.601	0	0	0	-193.833
11	1.15444	INV_SLU	Combinat	Min	-1574.35	-115.949	0	0	0	-212.336
12	0	INV_SLU	Combinat	Max	-1030.27	497.979	0	0	0	798.5302
12	0.56868	INV_SLU	Combinat	Max	-1007.53	382.993	0	0	0	677.644
12	1.13735	INV_SLU	Combinat	Max	-984.787	268.007	0	0	0	603.3262
12	0	INV_SLU	Combinat	Min	-1693.49	232.206	0	0	0	128.9935
12	0.56868	INV_SLU	Combinat	Min	-1663.93	150.317	0	0	0	5.2269
12	1.13735	INV_SLU	Combinat	Min	-1634.37	68.428	0	0	0	-112.291
1	0	INV_SLU	Combinat	Max	-903.423	-158.827	0	0	0	453.7145
1	0.53696	INV_SLU	Combinat	Max	-889.403	-139.986	0	0	0	533.9403
1	1.07393	INV_SLU	Combinat	Max	-875.382	-121.145	0	0	0	604.0492
1	0	INV_SLU	Combinat	Min	-1266.47	-552.116	0	0	0	-382.91
1	0.53696	INV_SLU	Combinat	Min	-1248.25	-527.623	0	0	0	-140.911
1	1.07393	INV_SLU	Combinat	Min	-1230.02	-503.13	0	0	0	3.9963
5	0	INV_SLU	Combinat	Max	-978.476	265.3	0	0	0	74.8182
5	0.4353	INV_SLU	Combinat	Max	-978.476	284.339	0	0	0	-44.8114
5	0.87061	INV_SLU	Combinat	Max	-978.476	303.378	0	0	0	-105.537
5	0	INV_SLU	Combinat	Min	-1327.04	-61.519	0	0	0	-708.012
5	0.4353	INV_SLU	Combinat	Min	-1327.04	-42.48	0	0	0	-766.369
5	0.87061	INV_SLU	Combinat	Min	-1327.04	-23.441	0	0	0	-835.501

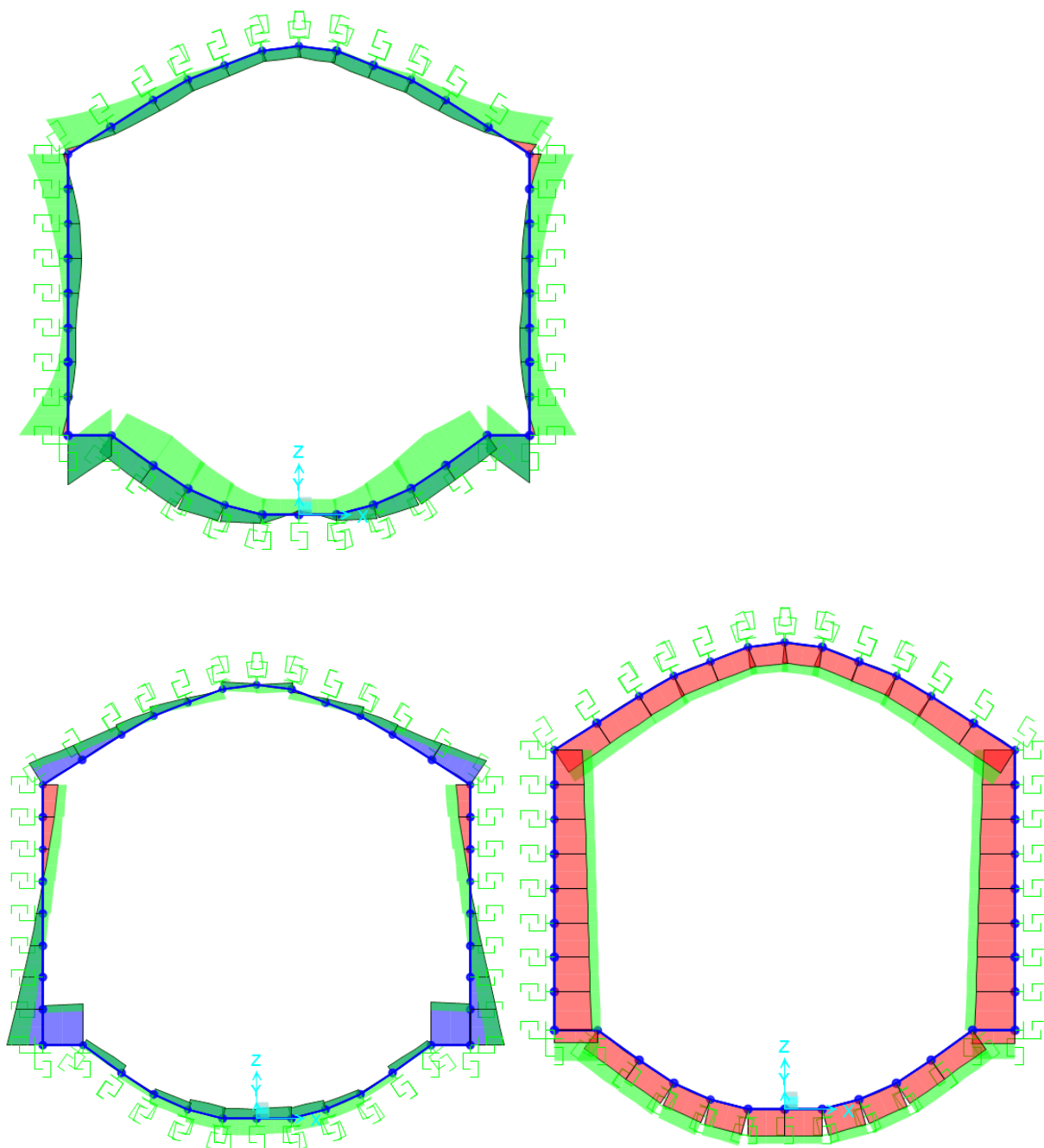


Figura 87 – Da sinistra: involuppo del momento, del taglio e dello sforzo normale – SLV

Figura 88 – Combinazioni di carico da SAP2000 – SLV

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
17	0	INV-SLV	Combination	Max	-672.008	141.542	0	0	0	103.2927
17	0.46814	INV-SLV	Combination	Max	-666.472	219.109	0	0	0	84.4072
17	0.93627	INV-SLV	Combination	Max	-660.936	297.022	0	0	0	62.4968
17	0	INV-SLV	Combination	Min	-919.022	-138.478	0	0	0	-220.0116
17	0.46814	INV-SLV	Combination	Min	-921.527	-61.614	0	0	0	-173.4972
17	0.93627	INV-SLV	Combination	Min	-924.031	15.111	0	0	0	-249.0637
8	0	INV-SLV	Combination	Max	-739.628	149.286	0	0	0	524.4529
8	0.8218	INV-SLV	Combination	Max	-774.716	298.147	0	0	0	501.9114
8	1.6436	INV-SLV	Combination	Max	-780.753	447.009	0	0	0	324.9576
8	0	INV-SLV	Combination	Min	-1040.768	-66.518	0	0	0	-334.8264
8	0.8218	INV-SLV	Combination	Min	-1094.198	121.377	0	0	0	-455.0967
8	1.6436	INV-SLV	Combination	Min	-1147.627	309.272	0	0	0	-695.7931
11	0	INV-SLV	Combination	Max	-908.191	484.724	0	0	0	108.9826
11	0.57722	INV-SLV	Combination	Max	-885.11	338.11	0	0	0	40.2493
11	1.15444	INV-SLV	Combination	Max	-862.028	191.496	0	0	0	59.9859
11	0	INV-SLV	Combination	Min	-1195.795	5.271	0	0	0	-338.0224
11	0.57722	INV-SLV	Combination	Min	-1172.713	-73.231	0	0	0	-394.947
11	1.15444	INV-SLV	Combination	Min	-1149.631	-151.733	0	0	0	-547.7965
12	0	INV-SLV	Combination	Max	-953.672	784.955	0	0	0	576.383
12	0.56868	INV-SLV	Combination	Max	-930.932	634.825	0	0	0	267.5577
12	1.13735	INV-SLV	Combination	Max	-908.191	484.694	0	0	0	108.9826
12	0	INV-SLV	Combination	Min	-1241.276	228.75	0	0	0	-171.3611
12	0.56868	INV-SLV	Combination	Min	-1218.536	145.723	0	0	0	-278.2993
12	1.13735	INV-SLV	Combination	Min	-1195.795	62.697	0	0	0	-338.0224
1	0	INV-SLV	Combination	Max	-879.841	2.633	0	0	0	1073.1343
1	0.53696	INV-SLV	Combination	Max	-865.82	21.473	0	0	0	1068.102
1	1.07393	INV-SLV	Combination	Max	-851.8	40.314	0	0	0	1055.7789
1	0	INV-SLV	Combination	Min	-1322.529	-319.115	0	0	0	-624.8579
1	0.53696	INV-SLV	Combination	Min	-1308.509	-300.274	0	0	0	-471.335
1	1.07393	INV-SLV	Combination	Min	-1294.488	-281.433	0	0	0	-330.8311
5	0	INV-SLV	Combination	Max	-917.91	498.306	0	0	0	519.7606
5	0.4353	INV-SLV	Combination	Max	-917.91	517.345	0	0	0	299.1001
5	0.87061	INV-SLV	Combination	Max	-917.91	536.384	0	0	0	70.1519
5	0	INV-SLV	Combination	Min	-1183.982	-221.139	0	0	0	-299.0063
5	0.4353	INV-SLV	Combination	Min	-1183.982	-202.1	0	0	0	-306.385
5	0.87061	INV-SLV	Combination	Min	-1183.982	-183.061	0	0	0	-322.0514

ARMATURE 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 ARTIFICIALE

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)

Il dato di incidenza è dato da:

ARMATURE CONCIO D'ATTACCO

INCIDENZA

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

ARCO ROVESCIO	28
PIEDRITTO	30
CALOTTA	40

ARMATURA GALLERIA ARTIFICIALE

INCIDENZA	
ARCO ROVESCIO	30
PIEDRITTO	32
CALOTTA	53

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

Tabella 73 – Verifiche statiche SLE – limitazione tensioni e fessurazione

M_{Ek}	N_{Ek}	σ_c	σ_s	w_k
[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[mm]
728.3	469.7	-5.31	212.43	0.191
525.1	711.4	-3.70	87.82	0.079

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

703.2	669.3	-5.10	165.00	0.148
-------	-------	-------	--------	-------

Reni

Tabella 74 - Verifiche statiche SLE – limitazione tensioni e fessurazione

M_{Ek}	N_{Ek}	σ_c	σ_s	w_k
[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[mm]
-1137.2	1278.8	0.3	2.3	0.0
-1143.6	1301.1	0.3	4.7	0.0
-972.4	1279.5	0.3	4.5	0.0

Piedritto

Tabella 75 – Verifiche statiche SLE – limitazione tensioni e fessurazione

M_{Ek}	N_{Ek}	σ_c	σ_s	w_k
[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[mm]
-598.4	1496.0	-2.2	-30.7	
-987.9	1474.4	-3.9	-52.3	0.1
473.5	844.9	-1.8	17.0	0.09

Attacco piedritto-muretta

Tabella 76 – Verifiche statiche SLE – limitazione tensioni e fessurazione

M_{Ek}	N_{Ek}	σ_c	σ_s	w_k
[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[mm]
-436.1	878.6	-0.7	-10.6	
530.8	878.6	-0.8	1.6	0.1
-446.4	879.2	-0.7	-10.8	0.09

Attacco muretta-arco rovescio


 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

Tabella 77 – Verifiche statiche SLE – limitazione tensioni e fessurazione


M_{Ek}	N_{Ek}	σ_c	σ_s	w_k
[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[mm]
-692.3	711.3	-2.6	-34.5	0.1
-553.1	910.9	-1.9	-25.7	0.09
-658.5	874.0	-2.4	-31.7	0.09

Arco rovescio

Tabella 78 – Verifiche statiche SLE – limitazione tensioni e fessurazione

M_{Ek}	N_{Ek}	σ_c	σ_s	w_k
[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[mm]
-348.7	1181.7	-1.3	-19.0	0.062
-348.5	1398.6	-1.4	-20.9	0.005
-393.9	1377.0	-1.5	-21.8	0.036

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

1	CALOTTA			
2	CALOTTA			
3	RENI			
4	RENI			
5	PIEDRITTO			
6	PIEDRITTO			
7	ATTACCO PIEDRITTO -MURETTA			
8	ATTACCO PIEDRITTO -MURETTA			
9	ATTACCO MURETTA-ARCO ROVESCIO			
10	ATTACCO MURETTA-ARCO ROVESCIO			
11	ARCO ROVESCIO			
12	ARCO ROVESCIO			

Figura 89 – Sezioni di riferimento

	Md	Nd	Vd	AS	A'S	Md [N=cost]
	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[-]	[-]	[kNm/m]
1.00	982.4	-809.5	-200.9	10f24	10f24	1246.0
2.00	459.1	-959.9	-253.0	10f24	10f24	520.0
3.00	-1842.9	-1798.4	-776.7	10f24	10f24	945.0
4.00	-1309.3	-1291.8	-686.1	10f24	10f24	1204.0
5.00	-905.3	-2109.8	520.5	10f24	10f24	1874.0
6.00	1411.0	-1264.8	748.5	10f24	10f24	1457.0
7.00	-1248.7	-1209.3	414.7	10f24	10f24	975.0
8.00	-779.8	-1208.1	240.8	10f24	10f24	964.0
9.00	1248.7	-1222.3	-234.4	10f24	10f24	1450.0
10.00	-933.8	-1228.1	-411.1	10f24	10f24	1357.0
11.00	-914.8	-1382.7	-215.4	10f24	10f24	1254.0
12.00	-488.8	-1150.1	-392.0	10f24	10f24	675.0

Tabella 79 – Sollecitazioni e armature delle sezioni di riferimento


 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</p>					
<p>GALLERIA SALSO - 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 00 002</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 148 di 354</p>

Tabella 80 – Output SAP2000 - SLU

Frame	OutputCase	M3 (M)	V2 (V)	P (N)	
Text	Text	KN-m	kN	KN	
216	SLU	982.43	30.36	-809.52	MAX M
216		145.4168	-200.92	-1093.64	MAX V
216					
216					
216					
216					
223	SLU	-1842.87	-776.72	-1798.39	MAX M
223		-1842.87	-776.72	-1798.39	MAX V
223					
223					
223					
223					
229	SLU	-905.31	289.51	-2109.78	MAX M
229		-221.576	520.52	-1334.64	MAX V
229					
229					
229					
229					
212	SLU	-1248.67	71.86	-1209.27	MAX M
212		-905.306	414.71	-886.67	MAX V
212					
212					
212					
212					
14	SLU	1248.67	86.14	-1222.31	MAX M
14		-652.781	-234.42	-1382.74	MAX V
14					
14					
14					
14					
226	SLU	-914.83	-33.99	-1221.00	MAX M
226		-186.701	-215.38	-1382.74	MAX V
226					
226					
226					


 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</p>					
<p>GALLERIA SALSO - 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 00 002</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 150 di 354</p>

Tabella 81 – Output SAP2000 - SLV

Frame	OutputCase	M3 (M)	V2 (V)	P (N)	
Text	Text	KN-m	kN	KN	
216	SLU	459.0804	147.661	-729.137	MAX M
216		17.2648	-253.001	-959.895	MAX V
216					
216					
216					
216					
223	SLU	-1309.31	-686.056	-1291.78	MAX M
223		-1309.31	-686.056	-1291.78	MAX V
223					
223					
223					
223					
229	SLU	-760.866	304.703	-1531.31	MAX M
229		-69.4799	748.487	-1264.84	MAX V
229					
229					
229					
229					
212	SLU	-779.787	-35.024	-1208.06	MAX M
212		546.54	240.753	-839.188	MAX V
212					
212					
212					
212					
14	SLU	-933.753	-6.471	-1228.12	MAX M
14		-484.326	-411.069	-1150.13	MAX V
14					
14					
14					
14					
226	SLU	-488.787	-372.993	-1150.13	MAX M
226		-482.413	-392.031	-1150.13	MAX V
226					
226					
226					
226					

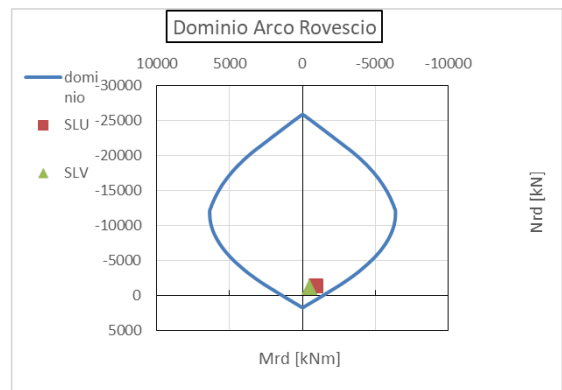
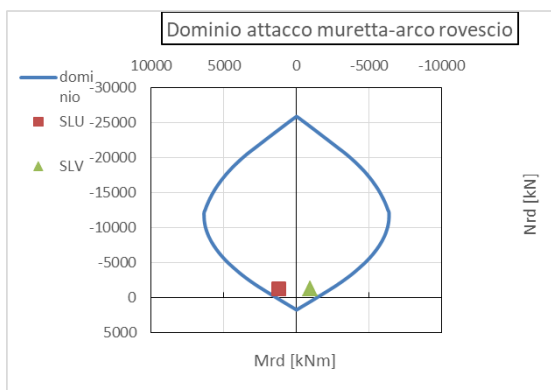
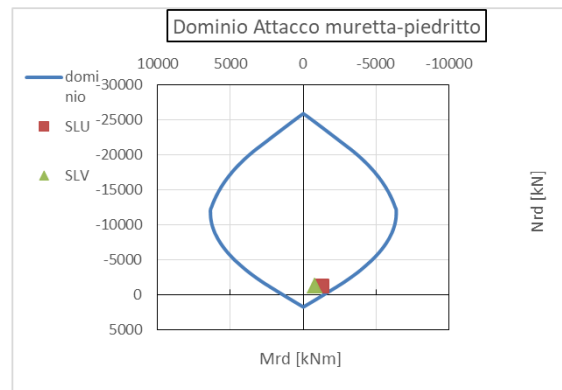
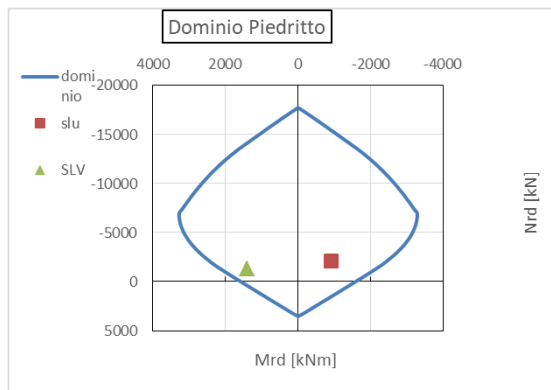
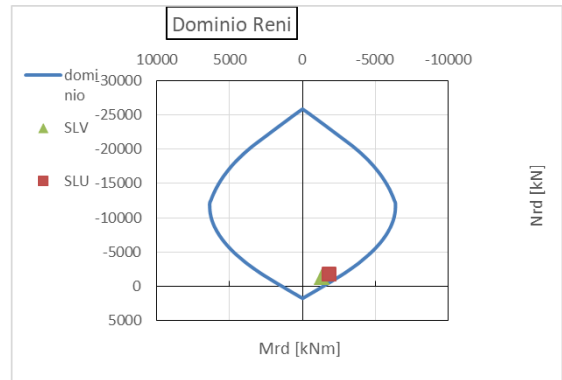
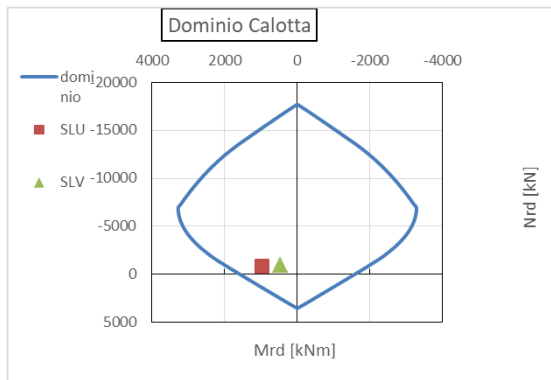




Figura 90 – Domini M-N – SLU

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

Verifica a taglio

Tabella 82 – Verifica a taglio – SLU - CALOTTA

Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	200.915	[kN]
N_{Ed-SLU}	809.515	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	1200	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	20	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	1130	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	1571	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00139	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.67	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	406.1	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	449.2	[kN]
$V_{Rd,0}$	449.2	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	0.45	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	770	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	1021	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	3773	[kN]
$V_{Rd} = \min (V_{Rs,d} ; V_{Rc,d})$	1021	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.20	[-]

Tabella 83 – Verifica a taglio – SLU – RENI

Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	776.72	[kN]
N_{Ed-SLU}	1798.389	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	2200	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	20	[mm]
c (ricompimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s/2$	2130	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	1571	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00074	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.82	[MPa]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	670.6	[kN]
$(v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	817.8	[kN]
$V_{Rd,0}$	817.8	[kN]
$V_{Ed} / V_{Rd,0} \leq 1$	0.95	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	2.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	16	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	402	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	1005	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	7181	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	1005	[kN]
$V_{Ed} / V_{Rd} \leq 1$	0.77	[-]

Tabella 84 – Verifica a taglio – SLU – PIEDRITTO

Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	520.517	[kN]
N_{Ed-SLU}	2109.778	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	1600	[mm]

Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	24	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h-c-\Phi_s/2$	1528	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	2262	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00148	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	1.32	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	688.5	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	727.2	[kN]
$V_{Rd,0}$	727.2	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	0.72	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	770	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	38.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.28	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	1767	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	5166	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	1767	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.29	[-]

Tabella 85 – Verifica a taglio – SLU – Attacco muretta-piedritto

Verifica Taglio -NT2008			
Sollecitazioni			
V_{Ed-SLU}		414.709	[kN]
N_{Ed-SLU}		1209.27	[kN]
Proprietà materiali strutturali			
Calcestruzzo			

f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	1600	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	10	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	24	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	1528	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	4524	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00296	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed} / A_c	0.76	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	659.8	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	598.2	[kN]
$V_{Rd,0}$	659.8	[kN]
$V_{Ed} / V_{Rd,0} \leq 1$	0.63	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	770	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	38.0	
$1 \leq \text{ctg} \theta \leq 2.5$	1.28	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	1767	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	4978	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	1767	[kN]


$$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$$

0.23

[-]

Tabella 86 – Verifica a taglio – SLU – Attacco muretta-arco rovescio


Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	234.423	[kN]
N_{Ed-SLU}	1222.311	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	1700	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	20	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	1630	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	1571	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00096	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.72	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	529.9	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	623.4	[kN]
$V_{Rd,0}$	623.4	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	0.38	[-]
Armatura trasversale		

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	770	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	1473	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	5459	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	1473	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.16	[-]

Tabella 87 – Verifica a taglio – SLU – Arco rovescio

Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	215.4	[kN]
N_{Ed-SLU}	1382.7	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	1700	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	7	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	24	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s/2$	1628	[mm]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

A_s (area dell'armatura long. tesa)	3167	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00195	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.81	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	645.6	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	645.8	[kN]
$V_{Rd,0}$	645.8	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	0.33	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	2.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	308	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	200	[mm]
α	90	[°]
θ	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	883	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	5487	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	883	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.24	[-]

Tabella 88 – Verifica a taglio – SLV - Calotta

Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	253.00	[kN]
N_{Ed-SLU}	959.9	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]

Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	1200	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	20	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	1130	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	1571	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00139	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed} / A_c	0.80	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	427.4	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	470.5	[kN]
$V_{Rd,0}$	470.5	[kN]
$V_{Ed} / V_{Rd,0} \leq 1$	0.54	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	770	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	1021	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	3805	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	1021	[kN]
$V_{Ed} / V_{Rd} \leq 1$	0.25	[-]



 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

Tabella 89 – Verifica a taglio – SLV - Reni


Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	686.06	[kN]
N_{Ed-SLU}	1291.78	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	2200	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	20	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	2130	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	1571	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00074	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.59	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 * k * (100 * \rho_l * f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 * \sigma_{cp}\} * b_w * d$	597.1	[kN]
$(v_{min} + 0.15 * \sigma_{cp}) * b_w * d$	744.2	[kN]
$V_{Rd,0}$	744.2	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	0.92	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	2.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	308	[mm ²]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	770	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	7071	[kN]

Tabella 90 – Verifica a taglio - SLV - Piedritto

Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	748.49	[kN]
N_{Ed-SLU}	1264.8	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	1600	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	24	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	1528	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	2262	[mm ²]
ρ_i (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00148	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.79	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

$\{0.18*k*(100*\rho_l*f_{ck})^{1/3}/\gamma_c+0.15*\sigma_{cp}\}*b_w*d$	567.4	[kN]
$(v_{min}+0.15*\sigma_{cp})*b_w*d$	606.1	[kN]
$V_{Rd,0}$	606.1	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	1.23	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	770	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	38.0	
$1 \leq ctg\theta \leq 2.5$	1.28	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	1767	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	4990	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	1767	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.42	[-]

Tabella 91 – Verifica a taglio – SLV – Attacco piedritto-muretta


Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	240.75	[kN]
N_{Ed-SLU}	1208.1	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	1600	[mm]

Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	10	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	24	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	1528	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	4524	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00296	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.76	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	659.7	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	598.0	[kN]
$V_{Rd,0}$	659.7	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	0.36	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	770	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	38.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.28	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	1767	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	4978	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	1767	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.14	[-]

Tabella 92 – Verifica a taglio – SLV – Attacco muretta – arco rovescio

Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	411.07	[kN]
N_{Ed-SLU}	1228.1	[kN]


Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	1700	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	20	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	1630	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	1571	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00096	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed} / A_c	0.72	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 * k * (100 * \rho_l * f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 * \sigma_{cp}\} * b_w * d$	530.7	[kN]
$(v_{min} + 0.15 * \sigma_{cp}) * b_w * d$	624.2	[kN]
$V_{Rd,0}$	624.2	[kN]
$V_{Ed} / V_{Rd,0} \leq 1$	0.66	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	770	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	1473	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	5461	[kN]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

$V_{Rd} = \min (V_{Rs,d} ; V_{Rc,d})$	1473	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.28	[-]

Tabella 93 – Verifica a taglio – SLV – Arco Rovescio

Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	392.03	[kN]
N_{Ed-SLU}	1150.1	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	1700	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	7	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	24	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h-c-\Phi_s/2$	1628	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	3167	[mm ²]
ρ_i (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00195	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.68	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_i \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	612.2	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	612.3	[kN]
$V_{Rd,0}$	612.3	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	0.64	[-]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	2.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	308	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	200	[mm]
α	90	[°]
θ	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	883	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	5437	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	883	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.44	[-]

11.2.1.2 Sezione 2 – Galleria artificiale

Calotta


Tabella 94 – Verifiche statiche SLE – limitazione tensioni e fessurazione

M_{Ek}	N_{Ek}	σ_c	σ_s	w_k
[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[mm]
346.0	424.0	-4.13	117.32	0.105
249.9	639.3	-2.82	34.65	0.030
332.3	626.9	-3.88	75.67	0.068

Reni

Tabella 95 – Verifiche statiche SLE – limitazione tensioni e fessurazione

M_{Ek}	N_{Ek}	σ_c	σ_s	w_k
[kN]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[mm]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

-318.9	807.6	0.30	2.32	0.005
-647.8	919.2	0.33	4.81	0.008
-668.7	937.4	0.31	4.64	0.021

Piedritto

Tabella 96 – Verifiche statiche SLE – limitazione tensioni e fessurazione

M_{Ek}	N_{Ek}	σ_c	σ_s	w_k
[kN]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[mm]
220.8	1139.8	-1.15	-3.89	0.099
404.6	1120.9	-1.53	1.58	0.082
813.2	1074.7	-3.29	61.74	0.056

Attacco piedritto-muretta


Tabella 97 – Verifiche statiche SLE – limitazione tensioni e fessurazione

M_{Ek}	N_{Ek}	σ_c	σ_s	w_k
[kN]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[mm]
449.4	1185.3	-1.66	2.29	0.026
822.2	1166.3	-3.27	53.65	0.048
894.7	1120.9	-3.67	75.37	0.068

Attacco muretta-arco rovescio

Tabella 98 – Verifiche statiche SLE – limitazione tensioni e fessurazione

M_{Ek}	N_{Ek}	σ_c	σ_s	w_k
[kN]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[mm]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

894.7	921.9	-3.41	87.67	0.079
942.4	938.2	-3.61	97.14	0.087
-539.0	910.2	-1.81	-25.01	0.016

Arco rovescio

Tabella 99 – Verifiche statiche SLE – limitazione tensioni e fessurazione

M_{Ek}	N_{Ek}	σ_c	σ_s	w_k
[kN]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[mm]
-539.0	902.7	-1.81	-25.03	0.016
-431.9	902.7	-1.42	-20.01	0.006
-509.9	864.4	-1.71	-23.65	0.015

1	CALOTTA			
2	CALOTTA			
3	RENI			
4	RENI			
5	PIEDRITTO			
6	PIEDRITTO			
7	ATTACCO PIEDRITTO -MURETTA			
8	ATTACCO PIEDRITTO -MURETTA			
9	ATTACCO MURETTA-ARCO ROVESCIO			
10	ATTACCO MURETTA-ARCO ROVESCIO			
11	ARCO ROVESCIO			
12	ARCO ROVESCIO			

Figura 91 – Sezioni di riferimento

Tabella 100 – Sollecitazioni e armature delle sezioni di riferimento

H	Md	Nd	Vd	AS	A'S	Md [N=cost]	CU	
[m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[-]	[-]	[kNm/m]	[-]	
1.70	456.2	-809.5	197.2	5f24	5f24	1246.0	2.7	√
1.70	-249.1	-660.9	297.0	5f24	5f24	520.0	2.1	√
1.70	-1157.3	-1400.7	779.0	5f24	5f24	2100.0	1.8	√
1.70	-695.8	-1147.6	447.0	5f24	5f24	1650.0	2.4	√
2.20	603.3	-984.8	268.0	5f24	5f24	1874.0	3.1	√
2.20	1411.0	-908.2	484.7	5f24	5f24	1457.0	1.0	√
1.60	798.5	-1030.3	498.0	5f24	5f24	1356.0	1.7	√
1.60	576.4	-953.7	785.0	5f24	5f24	964.0	1.7	√
2.50	604.0	-875.4	-552.1	5f24	5f24	1450.0	2.4	√
2.50	1073.1	-879.8	-319.1	5f24	5f24	1357.0	1.3	√
1.20	-835.5	-978.5	303.4	5f24	5f24	1254.0	1.5	√
1.20	519.8	-917.9	536.4	5f24	5f24	1625.0	3.1	√

Tabella 101 – Output SAP2000 – SLU

Frame	OutputCase	M3 (M)	V2 (V)	P (N)	
Text	Text	KN-m	kN	KN	
17	SLU	456.2275	99.042	-809.515	MAX M
17		408.9478	197.208	-605.005	MAX V
17					
17					
17					
17					
8	SLU	-1157.3	374.891	-1400.71	MAX M
8		-192.082	778.997	-815.38	MAX V
8					
8					
8					
8					
11	SLU	603.3262	268.026	-984.787	MAX M
11		603.3262	268.026	-984.787	MAX V
11					
11					
11					
11					
12	SLU	798.5302	497.979	-1030.27	MAX M
12		798.5302	497.979	-1030.27	MAX V
12					
12					
12					
12					
1	SLU	604.0492	-121.145	-875.382	MAX M
1		-382.91	-552.116	-1266.47	MAX V
1					
1					
1					
1					
5	SLU	-835.501	-23.441	-1327.04	MAX M
5		-105.537	303.378	-978.476	MAX V
5					
5					
5					
5					


 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</p>					
<p>GALLERIA SALSO - 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 00 002</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 173 di 354</p>

Tabella 102 – Output SAP2000 – SLV

Frame	OutputCase	M3 (M)	V2 (V)	P (N)	
Text	Text	KN-m	kN	KN	
17	SLU	-249.064	15.111	-924.031	MAX M
17		62.4968	297.022	-660.936	MAX V
17					
17					
17					
17					
8	SLU	-695.793	309.272	-1147.63	MAX M
8		324.9576	447.009	-780.753	MAX V
8					
8					
8					
8					
11	SLU	-547.797	-151.733	-1149.63	MAX M
11		108.9826	484.724	-908.191	MAX V
11					
11					
11					
11					
12	SLU	576.383	784.955	-953.672	MAX M
12		576.383	784.955	-953.672	MAX V
12					
12					
12					
12					
1	SLU	1073.134	2.633	-879.841	MAX M
1		-624.858	-319.115	-1322.53	MAX V
1					
1					
1					
1					
5	SLU	519.7606	498.306	-917.91	MAX M
5		70.1519	536.384	-917.91	MAX V
5					
5					
5					
5					

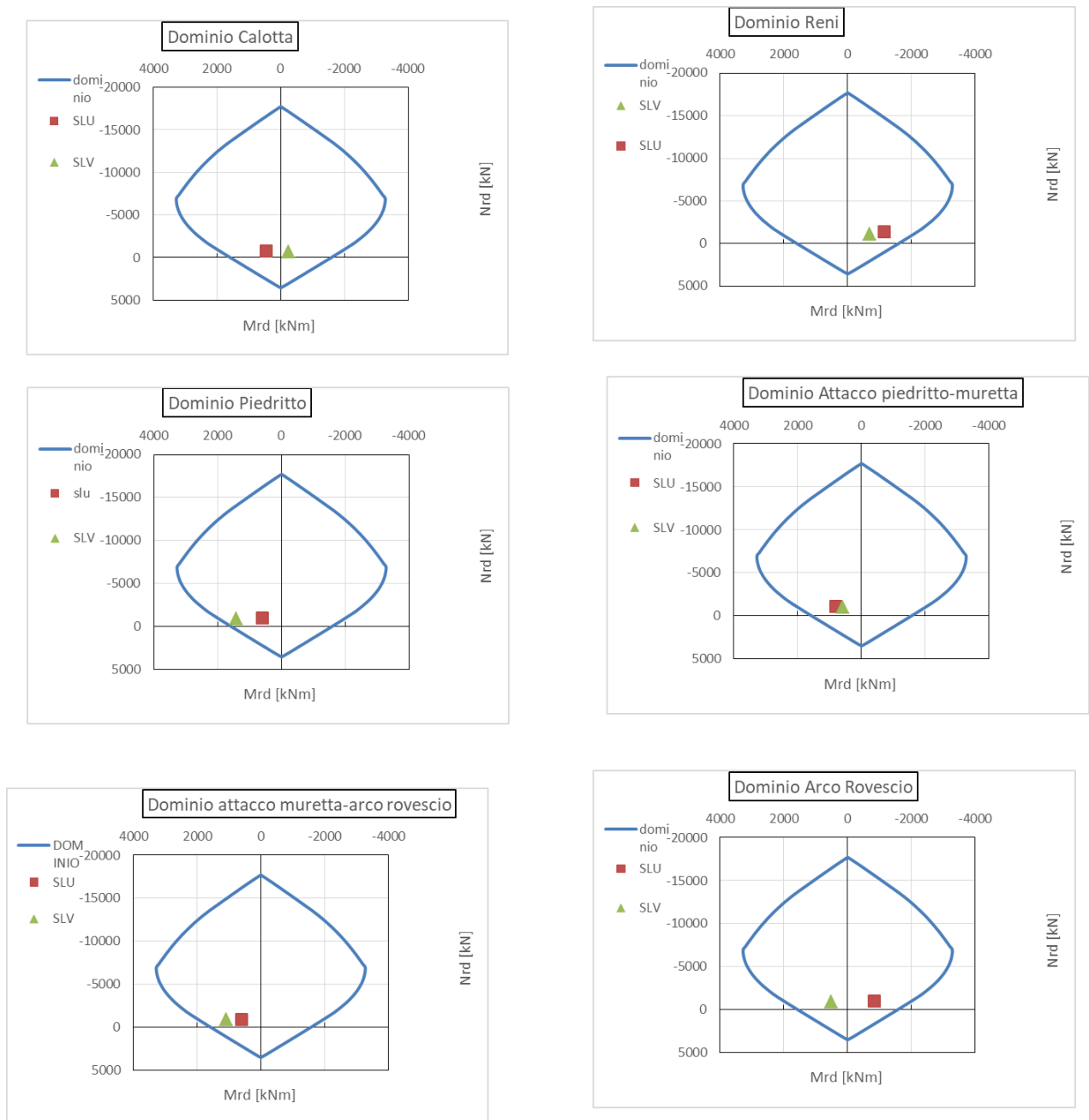



Figura 92 – Domini M-N – SLU

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

Verifica a taglio

Tabella 103 – Verifica a taglio – SLU - Calotta


Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	197.208	[kN]
N_{Ed-SLU}	809.515	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	900	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	20	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h-c-\Phi_s/2$	830	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	1571	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00189	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.90	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	361.3	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	376.4	[kN]
$V_{Rd,0}$	376.4	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	0.52	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	770	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	750	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	2814	[kN]
$V_{Rd} = \min (V_{Rs,d} ; V_{Rc,d})$	750	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.26	[-]

Tabella 104 – Verifica a taglio – SLU - Reni

Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	778.997	[kN]
N_{Ed-SLU}	1400.707	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	2100	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	20	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s/2$	2030	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	1571	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00077	[-]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.67	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	601.9	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	738.1	[kN]
$V_{Rd,0}$	738.1	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	1.06	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	770	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	1834	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	6775	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	1834	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.42	[-]

Tabella 105 – Verifica a taglio – SLU - Piedritto


Verifica Taglio -NT2008			
Sollecitazioni			
V_{Ed-SLU}		268.026	[kN]
N_{Ed-SLU}		984.787	[kN]
Proprietà materiali strutturali			
Calcestruzzo			
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)		25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)		14.2	[MPa]
Acciaio			
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)		450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)		391.3	[MPa]

Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	1600	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	24	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	1528	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	2262	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00148	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.62	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	527.3	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	566.0	[kN]
$V_{Rd,0}$	566.0	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	0.47	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	770	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	38.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.28	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	1767	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	4931	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	1767	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.15	[-]

Tabella 106 – Verifica a taglio – SLU - Attacco piedritto-muretta

Verifica Taglio -NT2008
Sollecitazioni


V_{Ed-SLU}	497.979	[kN]
N_{Ed-SLU}	1030.268	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	1600	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	10	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	24	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	1528	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	4524	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00296	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.64	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	634.2	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	572.5	[kN]
$V_{Rd,0}$	634.2	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	0.79	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	770	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	38.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.28	[-]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

Verifica sezione armata a taglio		
$V_{R_s,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	1767	[kN]
$V_{R_c,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	4941	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{R_s,d}; V_{R_c,d})$	1767	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.28	[-]

Tabella 107 – Verifica a taglio – SLU – Attacco muretta-arco rovescio

Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	552.116	[kN]
N_{Ed-SLU}	875.382	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	1700	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	20	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	1630	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	1571	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00096	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.51	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	480.0	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	573.5	[kN]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

$V_{Rd,0}$	573.5	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	0.96	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	770	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	1473	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	5384	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	1473	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.37	[-]

Tabella 108 – Verifica a taglio – SLU – Arco Rovescio

Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	303.4	[kN]
N_{Ed-SLU}	978.5	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	1700	[mm]
Armatura longitudinale		

n_s (numero di barre long. in zona tesa)	7	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	24	[mm]
c (ricompimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h-c-\Phi_s/2$	1628	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	3167	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00195	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.58	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	587.5	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	587.7	[kN]
$V_{Rd,0}$	587.7	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	0.52	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	2.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	308	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	200	[mm]
α	90	[°]
θ	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	883	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	5400	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	883	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.34	[-]

Tabella 109 – Verifica a taglio – SLV - Calotta


Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	297.02	[kN]
N_{Ed-SLU}	660.9	[kN]

Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	900	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	20	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	830	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	1571	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00189	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed} / A_c	0.73	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	340.7	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	355.8	[kN]
$V_{Rd,0}$	355.8	[kN]
$V_{Ed} / V_{Rd,0} \leq 1$	0.83	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	770	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	45.0	
$1 \leq \text{ctg} \theta \leq 2.5$	1.00	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	750	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	2783	[kN]

$V_{Rd} = \min (V_{R_{s,d}} ; V_{R_{c,d}})$	750	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.40	[-]

Tabella 110 – Verifica a taglio – SLV - Reni


Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	447.01	[kN]
N_{Ed-SLU}	1147.63	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	2100	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	20	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	2030	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	1571	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00077	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.55	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	565.2	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	701.4	[kN]
$V_{Rd,0}$	701.4	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	0.64	[-]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	2.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	308	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	734	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	6720	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	734	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.61	[-]

Tabella 111 – Verifica a taglio – SLV - Piedritto

Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	484.72	[kN]
N_{Ed-SLU}	908.2	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	1600	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	24	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

d (altezza utile sezione) = $h-c-\Phi_s/2$	1528	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	2262	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00148	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.57	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	516.3	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	555.0	[kN]
$V_{Rd,0}$	555.0	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	0.87	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	770	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	38.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.28	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	1767	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	4915	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	1767	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.27	[-]

Tabella 112 – Verifica a taglio – SLV – Attacco piedritto-muretta

Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	784.96	[kN]
N_{Ed-SLU}	953.7	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]

Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	1600	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	10	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	24	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	1528	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	4524	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00296	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed} / A_c	0.60	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 * k * (100 * \rho_l * f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 * \sigma_{cp}\} * b_w * d$	623.2	[kN]
$(v_{min} + 0.15 * \sigma_{cp}) * b_w * d$	561.6	[kN]
$V_{Rd,0}$	623.2	[kN]
$V_{Ed} / V_{Rd,0} \leq 1$	1.26	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	770	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	38.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.28	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	1767	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	4925	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	1767	[kN]
$V_{Ed} / V_{Rd} \leq 1$	0.44	[-]


 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

Tabella 113 – Verifica a taglio – SLV – Attacco muretta-arco rovescio

Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
$V_{Ed,SLU}$	319.12	[kN]
$N_{Ed,SLU}$	879.8	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	1700	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	20	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	1630	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	1571	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00096	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.52	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	480.6	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	574.1	[kN]
$V_{Rd,0}$	574.1	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	0.56	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	770	[mm ²]


 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	1473	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	5385	[kN]
$V_{Rd} = \min (V_{Rs,d} ; V_{Rc,d})$	1473	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.22	[-]

Tabella 114 – Verifica a taglio – SLV – Arco Rovescio

Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	536.38	[kN]
N_{Ed-SLU}	917.9	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	1700	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	7	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	24	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s/2$	1628	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	3167	[mm ²]
ρ_i (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00195	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.54	[MPa]

Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	578.8	[kN]
$(v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	579.0	[kN]
$V_{Rd,0}$	579.0	[kN]
$V_{Ed} / V_{Rd,0} \leq 1$	0.93	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	2.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	308	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	200	[mm]
α	90	[°]
θ	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	883	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	5387	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	883	[kN]
$V_{Ed} / V_{Rd} \leq 1$	0.61	[-]

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</p>					
<p>GALLERIA SALSO - 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 00 002</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 192 di 354</p>

12 VERIFICHE DELLE OPERE DELL'IMBOCCO SALSO LATO EST

12.1 Opere di sostegno

Sono state verificate le seguenti sezioni:

- sez. 1: paratia frontale H=35m;
- sez. 2: paratia di pali laterale H=31 m;
- sez. 3: paratia di pali laterale H=23 m.

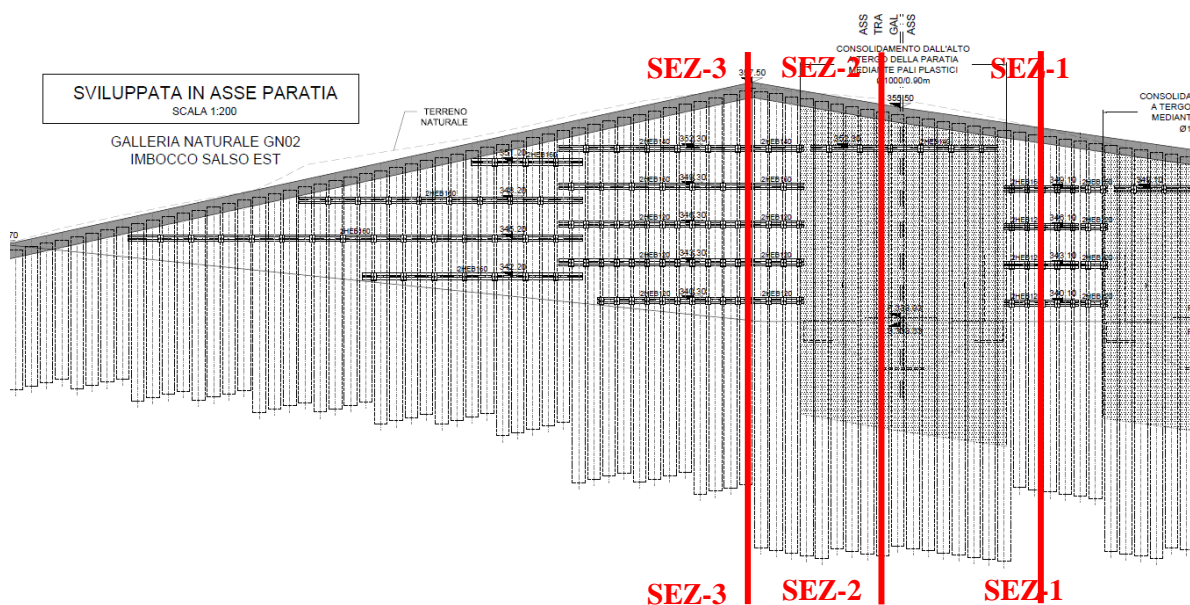


Figura 93: Sviluppata paratia con indicazione sezioni di calcolo

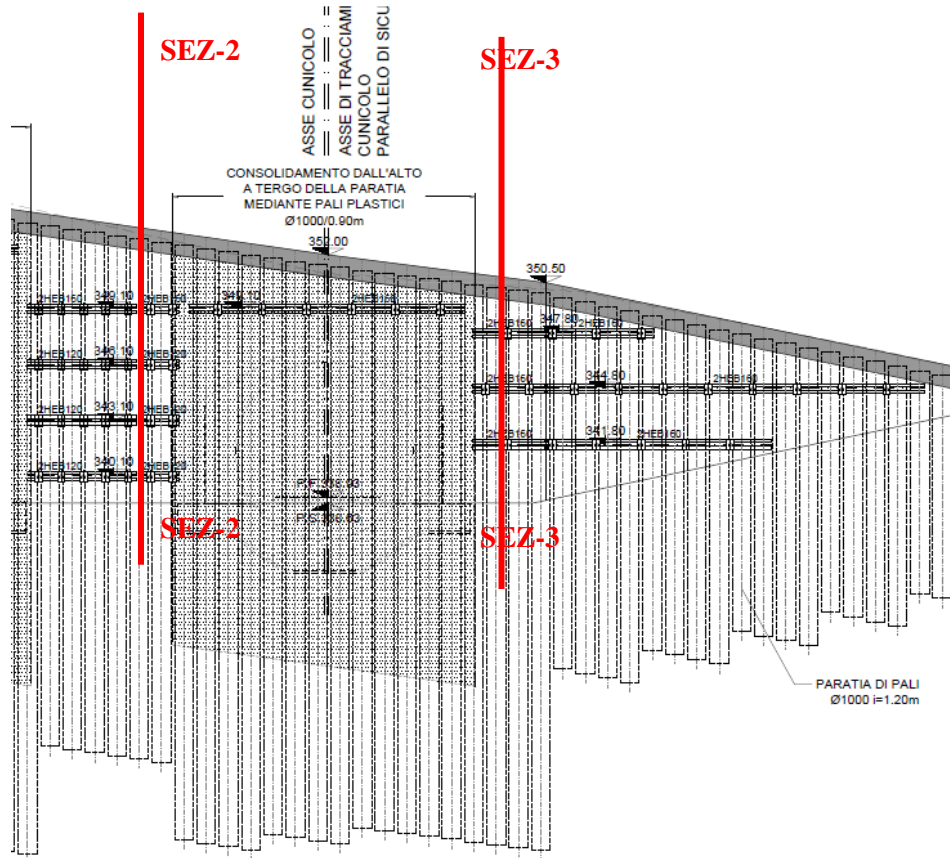



Figura 94: Sviluppata paratia con indicazione sezioni di calcolo

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

12.1.1 Sezione 1: paratia frontale H=35m

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

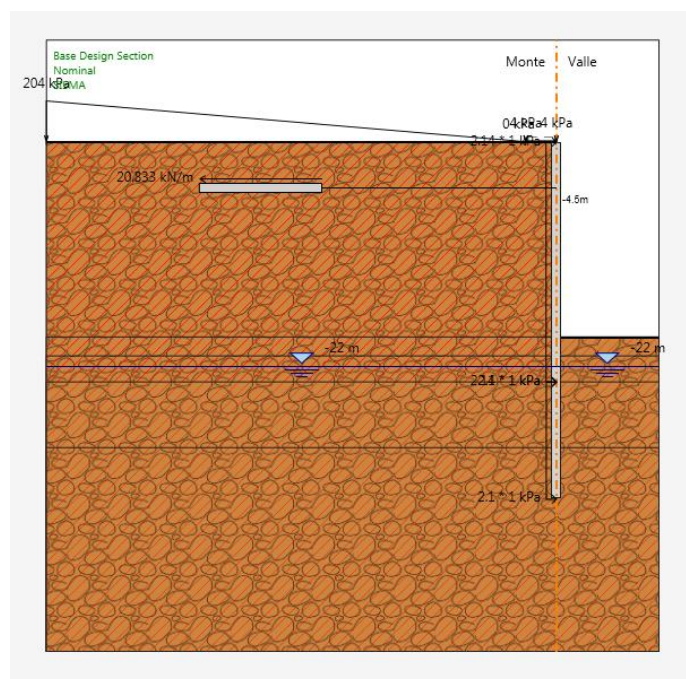



Figura 95: Sezione 1 – paratia frontale H=35m

12.1.1.1 Geometria e parametri geotecnici del modello

Tabella 115 – Sezione 1 – Caratteristiche geometriche della sezione di calcolo

Tipologia struttura di sostegno	Pali $\Phi 1000$ mm ad interasse 1.2 m, calcestruzzo C25/30
Altezza totale paratia	$H_{tot} = 35$ m
Altezza di scavo	$H = 21$ m
Altezza di scavo di calcolo (DM 2018 § 6.5.2.2)	$H_1 = H + \min [0.5; 10\% (18-0)] = 0.5$ m
Ordini di tiranti (n°)	1
Passo orizzontale tiranti	2.4
Passo verticale dei tiranti	-
Inclinazione del piano campagna a monte	Inferiore a 10° (categoria topografica T1)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B


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 116 – Sezione 1 – Parametri geotecnici di calcolo - TRV

Terreno	Gruppo coeff. parziali	Condizione	γ	c_d	ϕ'_d	δ_{attiva}	$\delta_{passiva}$	E'	E'_{ur}	k_o	K_{ah}	K_{ph}
			(kN/m ³)	(kPa)	(°)	(°)	(°)	(MPa)	(MPa)	(-)	(-)	(-)
TRV	M1	SLU	21	15	22	15	15	83-135-150	83-135-150	0.63	0.392	2.879
		SLV					0				0.4077	2.1124
	M2	SLU		12	18	12	12			0.69	0.4649	2.3135
		SLV				0					-	
γ = peso dell'unità di volume												
c'_d = coesione efficace (valore di calcolo)												
ϕ'_d = angolo di resistenza al taglio (valore di calcolo)												
δ = 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 117 – Sezione 1 – Parametri geotecnici di calcolo - Tampone

Terreno	Gruppo coeff. parziali	Condizione	γ	c_d	ϕ'_d	δ_{attiva}	$\delta_{passiva}$	E'	E'_{ur}	k_o	K_{ah}	K_{ph}
			(kN/m ³)	(kPa)	(°)	(°)	(°)	(MPa)	(MPa)	(-)	(-)	(-)
TAMPONE PALI PLASTICI	M1	SLU	21	623	49	32	32	22318	22318	0.24	0.1141	22.6468
		SLV					0				0.1219	6.9998
	M2	SLU		498	42	28	28			0.33	0.1576	11.9918
		SLV				0					-	

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

γ = peso dell'unità di volume
c'_d = coesione efficace (valore di calcolo)
ϕ'_d = angolo di resistenza al taglio (valore di calcolo)
δ = 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 118 – Sezione 1 – Parametri per il calcolo dell'azione sismica

Terreno	Condizione	Categoria sottosuolo	Categoria topografica	a_g/g	S	a_{max}/g	α	u_s	β	K_h
		(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(m)	(-)	(-)
TRV	SLV	C	T1	0.0794	1.50	0.1191	0.410	0.175	0.45	0.0218

α = coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 del DM 17/01/2018)
 u_s = spostamento ammissibile
 β = coefficiente di spostamento (Figura 7.11.3 del DM 17/01/2018)
 k_h = coefficiente sismico

12.1.1.2 Fasi di calcolo

L'analisi è articolata nelle seguenti fasi:


- Condizione geostatica e carico permanente del versante lato monte, esecuzione del tamponamento a tergo;
- Esecuzione della paratia di pali;
- Successivi step di scavo;
- Scavo fino alla quota relativa al fondo scavo;
- Scavo fino alla quota relativa alla base della sella;
- Applicazione dell'azione sismica in corrispondenza della quota di fondo scavo;

12.1.1.3 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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

(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.

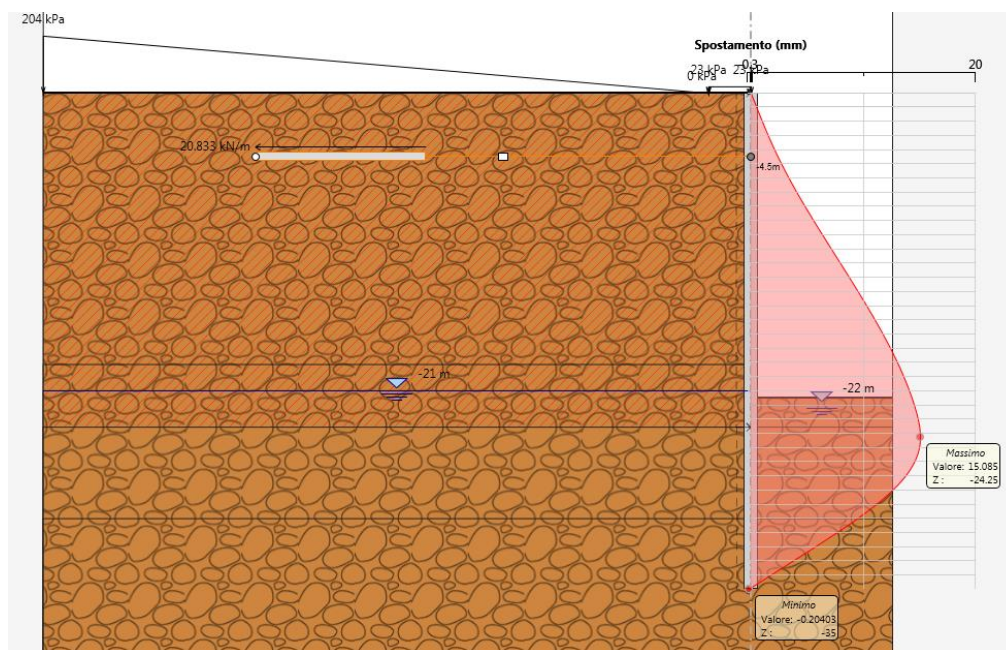


Figura 96 – Sezione 1 – inviluppo della deformata dell'opera (SLU) nei vari step di calcolo

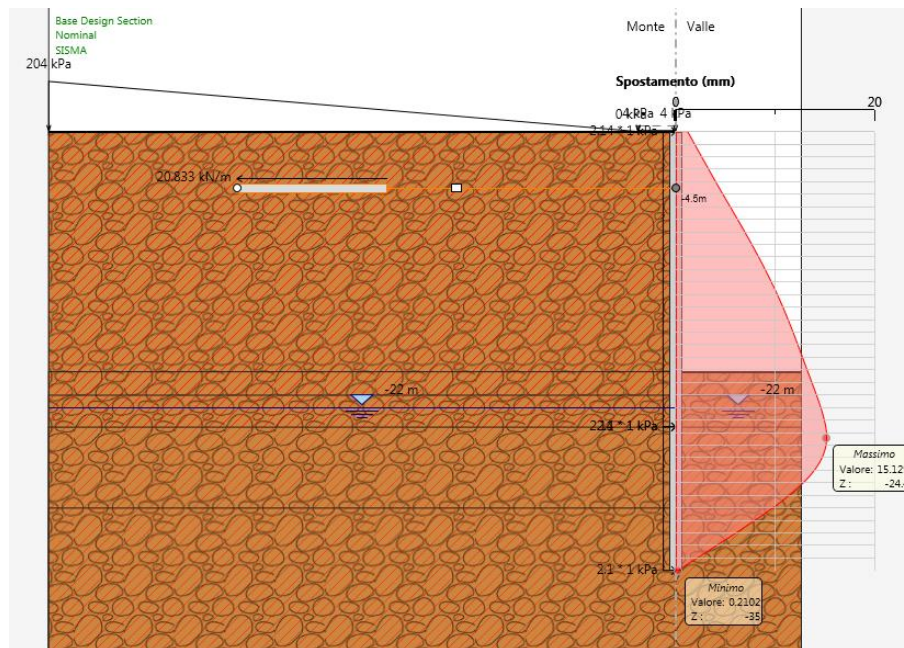


Figura 97 – Sezione 1 – inviluppo della deformata dell'opera (SLV) nei vari step di calcolo

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.

3) Verifica dei tiranti

Nei prospetti che seguono, per ciascun ordine di tiranti, sono riportate le principali caratteristiche geometriche e strutturali e gli inviluppi 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.


 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B


Tabella 119 – Sezione 2 – caratteristiche geometriche dei tiranti

Ordine tirante	i	Quota da testa paratia	L _{libera min statica}	L _{libera min sismica}	n° trefoli	L _{libera di progetto}	L _{fondazione}	L _{totale}	T _{iniz}
[-]	[°]	[m]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[m]	[kN]
I	0	4	19.3	22.8	3	23	12	35	50

Tabella 120 – Sezione 2 – caratteristiche meccaniche dei tiranti

Altezza totale della paratia	$H_{paratia}$	35	m
Spessore della paratia (Φ perforazione)	$S_{paratia}$	1.0	m
Altezza massima di scavo	H_{scavo}	21.5	m
Altezza di infissione della paratia	$H_{infissione}$	13.5	m
Profondità della falda da testa paratia	Z_{falda}	4.2	m

N° ordini di tiranti	n° tiranti	1	-
Tipologia tiranti		Temporanei	
Coefficiente parziale per resistenza a sfilamento	γ_R	1.2	-
Area del singolo trefolo	$A_{trefolo}$	1.39	cm ²
Diametro del singolo trefolo	$\Phi_{trefolo}$	15.2	mm
Tensione caratteristica di rottura	f_{ptk}	1860	N/mm ²
Tensione caratteristica all'1% di deformazione totale	$f_{p(1)k}$	1670	N/mm ²
Coefficiente parziale condizioni permanenti e transitorie	γ_S	1.15	-
Tensione di calcolo acciaio (condizioni permanenti e transitorie)	f_{yd}	1452.17	N/mm ²
Coefficiente parziale condizioni eccezionali	γ_S	1.00	-
Tensione di calcolo acciaio (condizioni eccezionali)	f_{yd}	1670	N/mm ²
Forza di trazione a rottura dell'acciaio (singolo trefolo)	F_{pk}	232.13	kN/trefolo
Verifica rapporto di duttilità $f_{ptk} / f_{p(1)k} \geq 1,1$	$f_{ptk} / f_{p(1)k}$	1.11	-
Resistenza di progetto del singolo trefolo (condizioni ordinarie)	R_{ad}	201.85	kN/trefolo
Resistenza di progetto del singolo trefolo (condizioni eccezionali)	R_{ad}	232.13	kN/trefolo
Tensione limite (in esercizio e in fase di tesatura)	σ_{spi}	1395	N/mm ²
Trazione limite per il singolo trefolo	$N_{q,amm}$	193.91	kN/trefolo
Numero di verticali di indagine	n° sondaggi	1	-
Fattore di correlazione per la resistenza caratteristica	ξ_{ca3}	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	γ_C	1.5	-
Tensione limite di aderenza trefoli-malta	τ_{tm}	1.2	MPa
Tasso nominale di esercizio del singolo trefolo	$S_{e,es}$	1336	MPa

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

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;
- α è un coefficiente correttivo che tiene conto della tecnologia realizzativa dell'ancoraggio e del contesto geotecnico (Viggiani, '99);
- τ_{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;
- ξ è un fattore di correlazione che dipende dal numero di profili di indagine geotecnica

disponibili per la determinazione della resistenza caratteristica τ_{ak} .

La verifica viene condotta nel rispetto della seguente disuguaglianza:

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

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 121 – Sezione 2 – verifiche Geotecniche della fondazione dei tiranti – condizioni statiche

Ordine Tirante	D_p	α	τ_{ak}	L_a	$\gamma_{Ra,p}$	ξ	$N_{R,ad}$	Condiz.	$N_{S,d}$	R_d / E_d
[-]	[mm]	[-]	[kPa]	[m]	[-]	[-]	kN	[-]	[kN]	[-]
1	160	1.2	150	12	1.2	1.8	502.4	Inviluppo SLU	73.9	6.80


 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

Tabella 122 – Sezione 2 – verifiche Geotecniche della fondazione dei tiranti – condizioni sismiche

Ordine Tirante	D_p	α	τ_{ak}	L_a	$V_{Ra,p}$	ξ	$N_{R,ad}$	Condiz.	$N_{S,d}$	R_d / E_d
[-]	[mm]	[-]	[kPa]	[m]	[-]	[-]	kN	[-]	[kN]	[-]
1	160	1.2	150	12	1.2	1.8	502.4	Inviluppo SLV	62.4	8.05

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;

γ_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 123 – Sezione 2 – Verifiche strutturali dell'armatura dei tiranti – condizioni statiche

Ordine Tirante	$f_{p(1)k}$	A_{tr}	n_{tr}	γ_s	$N_{R,pd}$	Condiz.	$N_{S,d}$	R_d / E_d
[-]	[MPa]	[mm ²]	[-]	[-]	kN	[-]	[kN]	[-]
1	1670	139	3	1.15	605.6	Inviluppo SLU	73.85	8.20

Tabella 124 – Sezione 2 - Verifiche strutturali dell'armatura dei tiranti – condizioni sismiche

Ordine Tirante	$f_{p(1)k}$	A_{tr}	n_{tr}	γ_s	$N_{R,pd}$	Condiz.	$N_{S,d}$	R_d / E_d
[-]	[MPa]	[mm ²]	[-]	[-]	kN	[-]	[kN]	[-]
1	1670	139	3	1.15	605.6	Inviluppo SLU	73.85	8.20

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

1	1670	139	3	1.15	605.6	Inviluppo SLV	62.40	9.70
---	------	-----	---	------	-------	---------------	-------	------

Infine, nel rispetto della gerarchia delle resistenze, è necessario verificare che la resistenza caratteristica al limite di snervamento del tratto libero sia sempre maggiore della resistenza caratteristica a sfilamento della fondazione dell'ancoraggio. Dal confronto tra i risultati, esposti nella tabella precedente, emerge che tale verifica è sempre soddisfatta essendo $R_d/E_d > 1$.

4) Verifica stabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno

Le verifiche di stabilità globale sono state condotte con il metodo dell'equilibrio limite mediante il software Slope/W (Geostudio 2007).

Il calcolo è stato condotto analizzando superfici di scorrimento secondo la formulazione di Morgenstern & Price.

L'analisi viene effettuata con parametri abbattuti secondo i coefficienti di normativa M2 in condizioni statiche, mentre in condizioni sismiche si utilizzano i coefficienti M1.

Il valore del sovraccarico in fase statica è di 20 kPa, mentre in fase sismica deve essere moltiplicato per il fattore $Q=0.20$, quindi si ottiene un valore di 4 kPa.

Il valore di profondità della falda in corrispondenza dell'asse della galleria in corrispondenza dell'imbocco Salso Est viene dedotto dalle letture piezometriche disponibili in corrispondenza dell'imbocco lato Catania, in questo caso si valuta una profondità di falda di circa 5 m.

La paratia è stata simulata come un elemento estremamente rigido. I tiranti sono stati simulati all'interno del modello in modo da non contribuire alla stabilità globale (valori di carico applicato, bar capacity e shear capacity nulli).


Le azioni sismiche pseudo-statiche sono state sintetizzate nella seguente tabella:

Tabella 125: Sezione 1 – parametri sismici

SUOLO	TOPOGRAFIA	PARAMETRI SISMICI						
		a_g	S_s	S_T	$a_{g,max}$	β	k_h	k_v
		(g)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
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 126: Sezione 1 – sintesi dei risultati delle analisi di stabilità

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

<i>Combinazione</i>	<i>R_d/E_d</i>
“SLU” - globale	1.110
“SLV” - globale	1.231

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

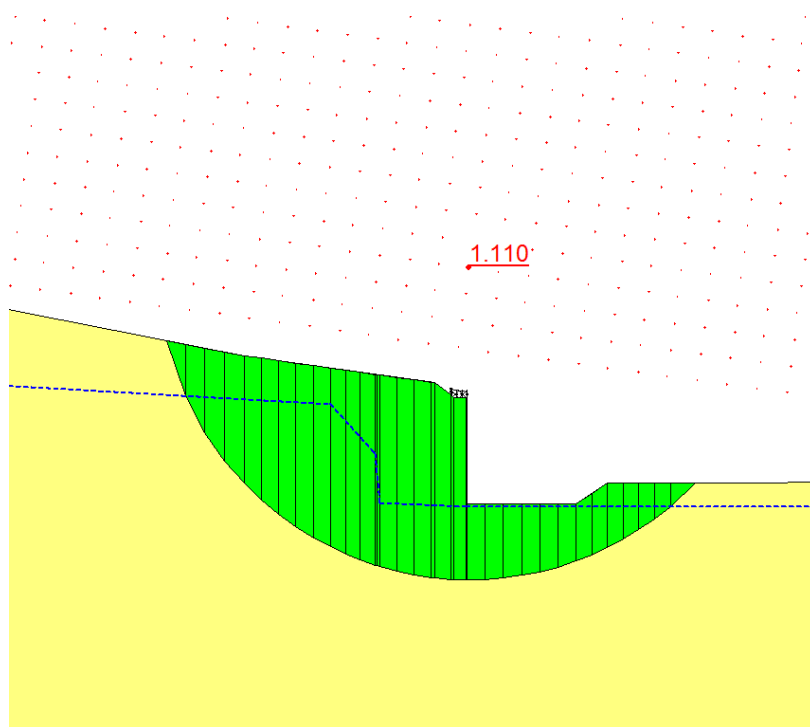



Figura 98 – Sezione 1 – superficie di scorrimento critica – condizioni statiche globali

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

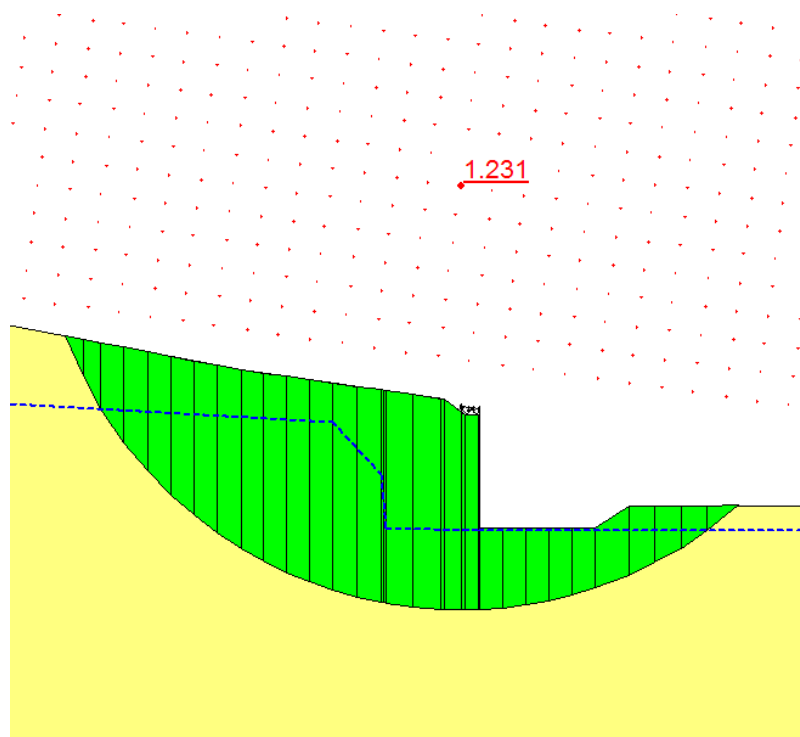


Figura 99 – Sezione 1 – superficie di scorrimento critica – condizioni sismiche globali

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 127 – Sezione 1 – Sollecitazioni SLU, SLE, e SLV

<i>Condizione</i> [-]	<i>Fase di calcolo</i> [-]	<i>Soll. Max.</i> [-]	<i>Quota</i> [m]	M_{Sd} [kNm/m]	T_{Sd} [kN/m]	N_{Sd} [kN/m]
SLU	Inviluppo	Momento	-26.1	647.76	11.77	512.47
	Inviluppo	Taglio	-23.55	340.29	317.89	462.40
SLE	Inviluppo	Momento	-26.1	458.12	1.40	509.53
SLV	Sisma_STR	Momento	-25.95	250.90	192.56	462.40
	Sisma_STR	Taglio	-23.55	498.28	9.05	512.47

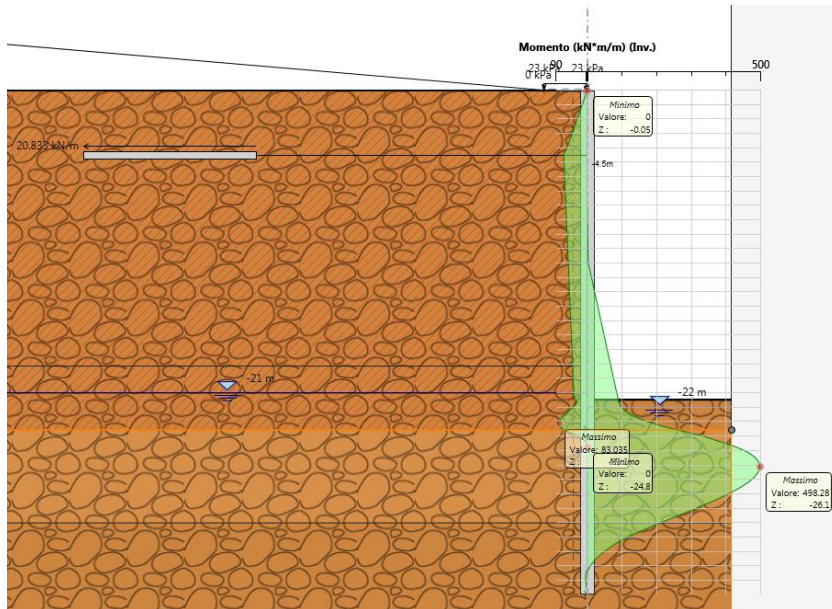


Figura 100 – Sezione 1 – momento flettente statico agente nei pali (SLE)

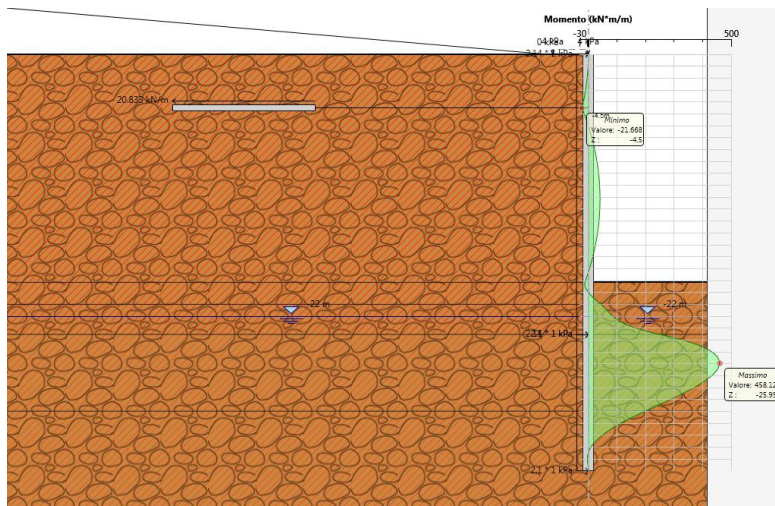


Figura 101 – Sezione 1 – momento flettente sismico agente nei pali (SLV)

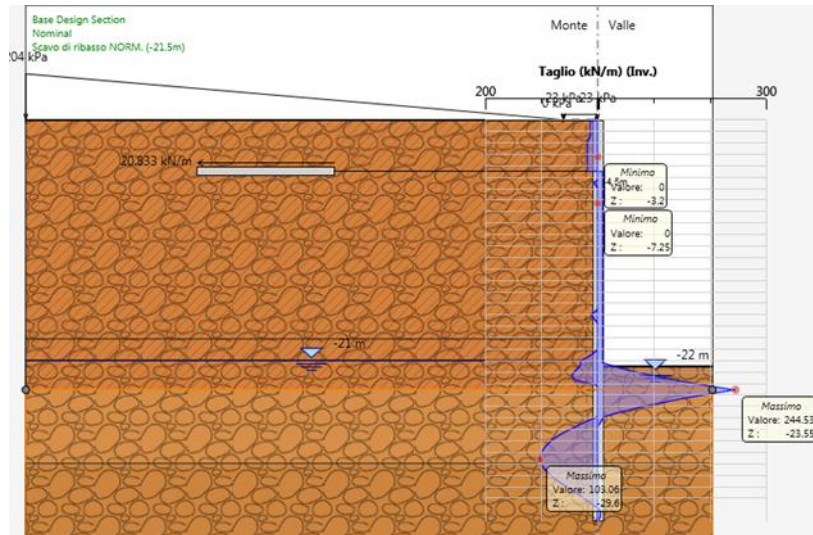


Figura 102 – Sezione 1 – taglio statico agente nei pali (SLE)

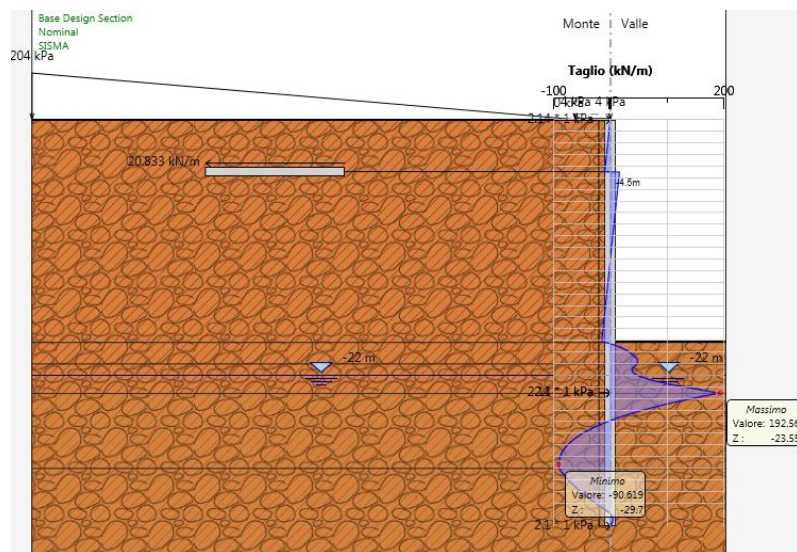


Figura 103 – Sezione 1 – taglio sismico agente nei pali (SLV)

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.

Tabella 128 – Sezione 1 – materiali strutturali e geometria di verifica

MATERIALI

GEOMETRIA

Calcestruzzo			Acciaio		
R_{ck}	30	Mpa	f_{yk}	450	Mpa
f_{ck}	25	Mpa	E_s	200000	Mpa
E_{cm}	31000	Mpa	γ_c	1.15	-
γ_c	1.5	-	f_{yd}	391.3	Mpa
α_{cc}	0.85	-	ϵ_{uk}	75	‰
f_{cd}	14.1	Mpa			
f_{ctm}	2.6	MPa			
ν	0.5	-			
ϵ_{c2}	2	‰			
ϵ_{cu2}	3.5	‰			
α_e	15.0	-			
k_t	0.4	-			
k_1	0.8	-	Valori limite		
k_2	0.5	-	$0,45 f_{ck}$	11.2	Mpa
k_3	1.68	-	$0,8 f_{yk}$	360	Mpa
k_4	0.425	-	$W_{k,lim}$	0.3	mm

Sezione trasversale			
D	100	cm	
d	91.8	cm	
Armatura longitudinale			
n_{barre}	Φ	c	A_{sI}
	mm	mm	cm ²
20	20	72	62.83
	0	164	0.00
Armatura a taglio			
tipo	Φ	passo	c
	mm	cm	mm
Spirale	12	30	30

Tabella 129 – Sezione 1 – verifica combinazione Mmax e Tmax

VERIFICA A TAGLIO - SLU					
α	90	°	M_{Ed}	408.35	kNm
A_{sw}	226.2	mm ²	N_{ed}	462.40	kN
r	500.0	mm	V_{ed}	381.47	kN
r_s	470.0	mm	M_{Rd}	1089	kNm
α	0.6	rad			
A_{tot}	785398.2	mm ²	V_{Rd}	405.2	kN
A	672942.9	mm ²	FS	1.06	-
b	842.0	mm	<i>Non necessita di armatura a taglio</i>		
h	932.8	mm			
d	799.2	mm	cot θ	2.5	-
γ_c	1.5	-			
σ_{cp}	0.6	kPa	V_{Rsd}	530.5	kN

ρ_l	0.9	%	FS	1.39	-
k	1.5	-	V_{Rcd}	1473.5	kN
v_{min}	0.3	-	FS	3.86	-
α_c	1.0	-			

VERIFICA A TAGLIO - SLV					
α	90	°	M_{Ed}	301.08	kNm
A_{sw}	226.2	mm ²	N_{ed}	462.40	kN
r	500.0	mm	V_{ed}	231.07	kN
r_s	470.0	mm	M_{Rd}	1141	kNm
α	0.6	rad			
A_{tot}	785398.2	mm ²	V_{Rd}	405.2	kN
A	672942.9	mm ²	FS	1.75	-
b	842.0	mm	<i>Non necessita di armatura a taglio</i>		
h	932.8	mm			
d	799.2	mm	cot θ	2.5	-
γ_c	1.5	-			
σ_{cp}	0.6	kPa	V_{Rsd}	530.5	kN
ρ_l	0.9	%	FS	2.30	-
k	1.5	-	V_{Rcd}	1473.4	kN
v_{min}	0.3	-	FS	6.38	-
α_c	1.0	-			

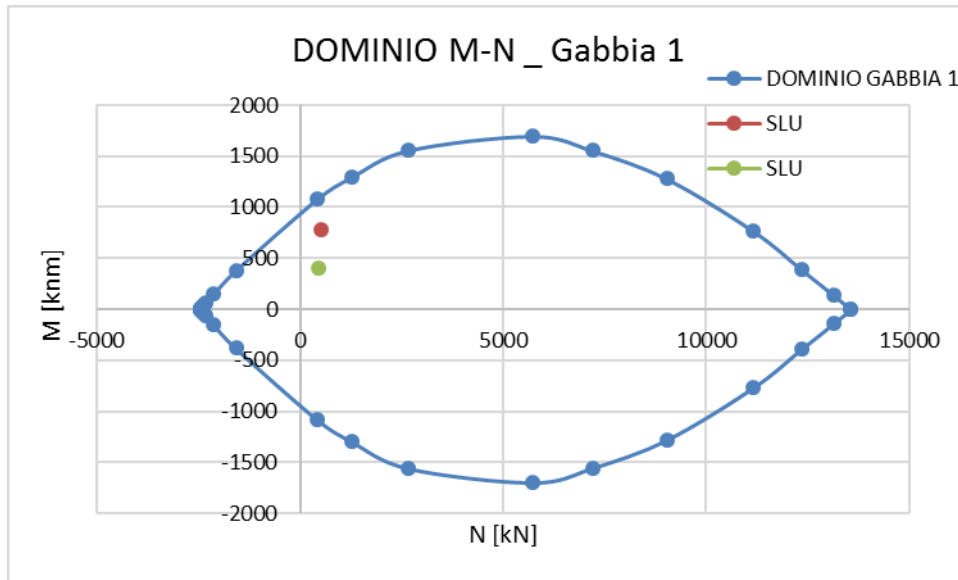


Figura 104 – Dominio M-N - SLU

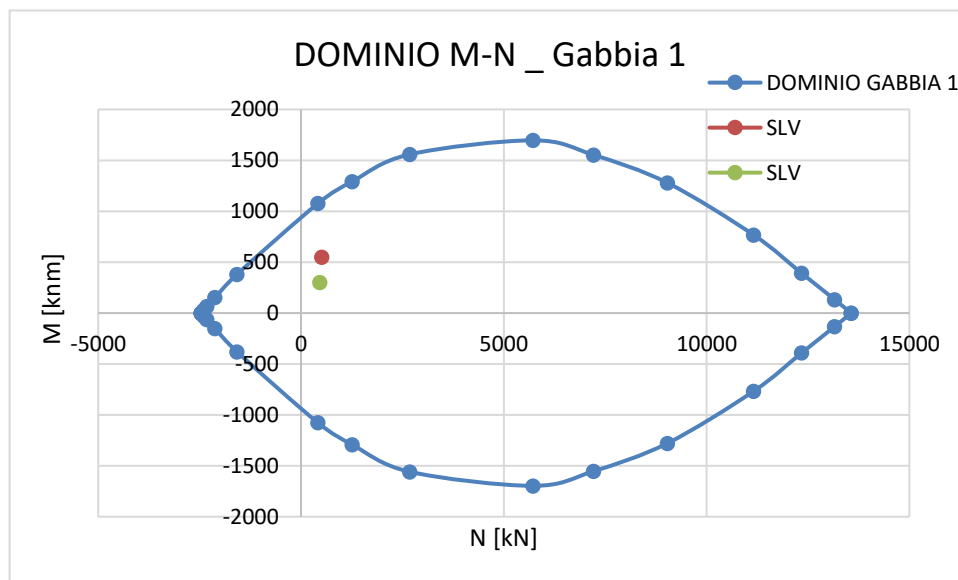



Figura 105 – Dominio M-N - SLV

Le verifiche strutturali sono pertanto tutte soddisfatte. Per la sezione in esame l'incidenza è di 72.4 kg/m³.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

6) Verifica resistenza strutturale delle travi di ripartizione

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:

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

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


Le travi di ripartizione costituite da profili metallici accoppiati HEB 140.

Tabella 130 – 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	23.67	2.4	S275R	275	1.05	261.90	HEB140	215.6	245.4	42.96	13.1
SISMICO	26						2				

Tabella 131 – Verifiche trave di ripartizione – I ordine

	Azioni sollecitanti					Azioni resistenti				Verifiche	
	Msk	Vsk	γA	Msd	Vsd	Mel rd	Mpl rd	M rd	Vpl rd	Mrd/Msd	Vrd/Vsd
CASO	[kNm]	[kN]	[-]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[-]	[-]
STATICO	6.8	14.2	1.3	8.9	18.5	56.5	64.3	56.5	197.8	7.25	10.71
SISMICO	7.5	15.6	1.0	7.5	15.6	56.5	64.3	64.3	197.8	8.58	12.68

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

12.1.2 Sezione 2 – paratia di pali laterale H=31 m

Sono di seguito descritte le principali caratteristiche della struttura e del modello geotecnico per le analisi di verifica.

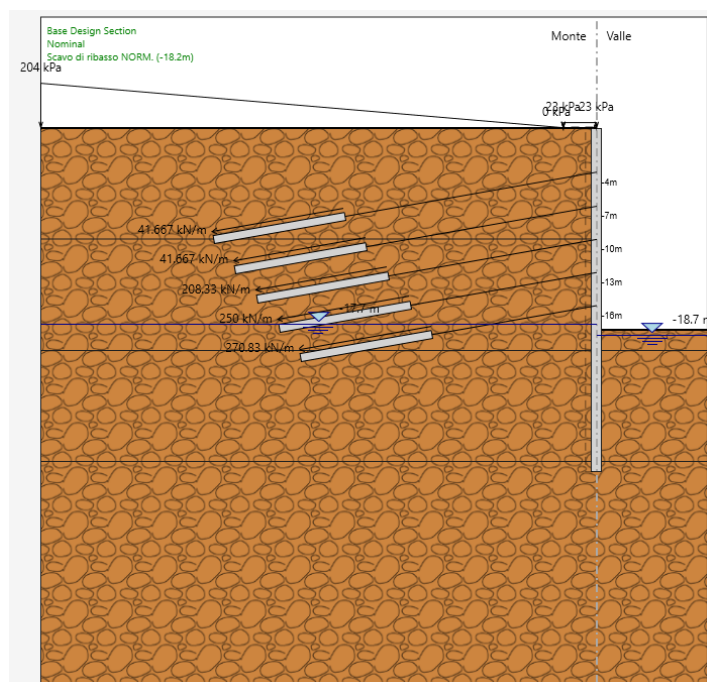


Figura 106 – Sezione 2 – paratia frontale H=31m

12.1.2.1 Geometria e parametri geotecnici del modello

Tabella 132 – Sezione 2 – 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 120/140/160 in acciaio S275R Tiranti a trefoli (3/4/5) in acciaio armonico
Altezza totale paratia	$H_{tot} = 31$ m
Altezza di scavo	$H = 18$ m
Altezza di scavo di calcolo (DM 2018 § 6.5.2.2)	$H_1 = H + \min [0.5; 10\% (16-13)] = 0.2$ m
Ordini di tiranti (n°)	5
Passo orizzontale tiranti	2.4/1.2

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B


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 133 – Sezione 2 – Parametri geotecnici di calcolo - TRV

Terreno	Gruppo coeff. parziali	Condizione	γ	c_d	ϕ'_d	δ_{attiva}	$\delta_{passiva}$	E'	E'_{ur}	k_o	K_{ah}	K_{ph}
			(kN/m ³)	(kPa)	(°)	(°)	(°)	(MPa)	(MPa)	(-)	(-)	(-)
TRV	M1	SLU	21	15	22	18	18	67-102-135	67-102-135	0.63	0.392	2.879
		SLV					0				0.4217	2.1019
	M2	SLU		15	15	0.69	0.4649			2.3135		
		SLV		12	18		0			-		
γ = peso dell'unità di volume												
c'_d = coesione efficace (valore di calcolo)												
ϕ'_d = angolo di resistenza al taglio (valore di calcolo)												
δ = 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 134 – Sezione 2 – Parametri per il calcolo dell'azione sismica

Terreno	Condizione	Categoria sottosuolo	Categoria topografica	a_g/g	S	a_{max}/g	α	u_s	β	K_h
		(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(m)	(-)	(-)
TRV	SLV	C	T1	0.0794	1.50	0.1191	0.498	0.155	0.46	0.0274

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 213 di 354

α = coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 del DM 17/01/2018)
 u_s = spostamento ammissibile
 β = coefficiente di spostamento (Figura 7.11.3 del DM 17/01/2018)
 k_h = coefficiente sismico

12.1.2.2 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;

12.1.2.3 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.

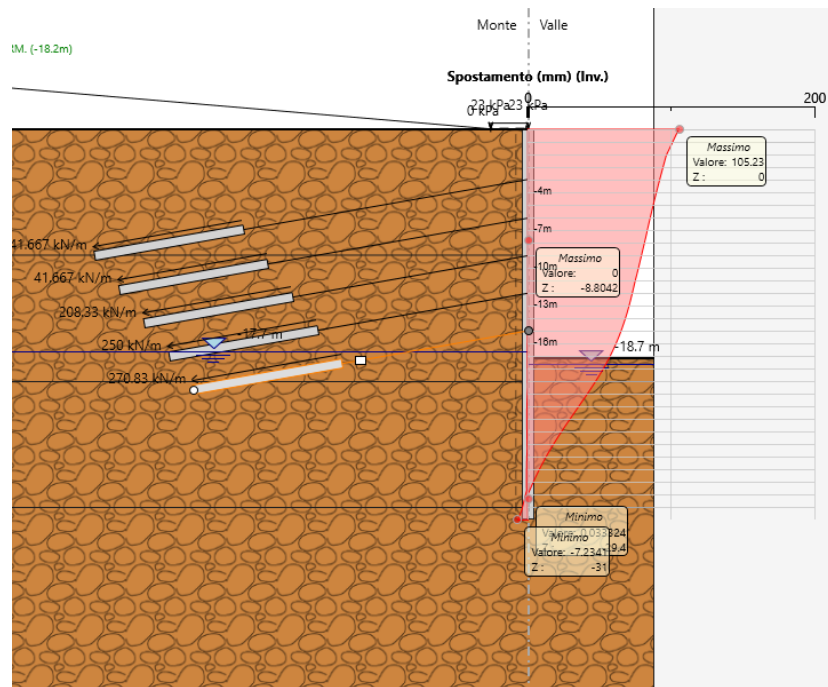


Figura 107 – Sezione 2 – involucro della deformata dell’opera (SLU) nei vari step di calcolo

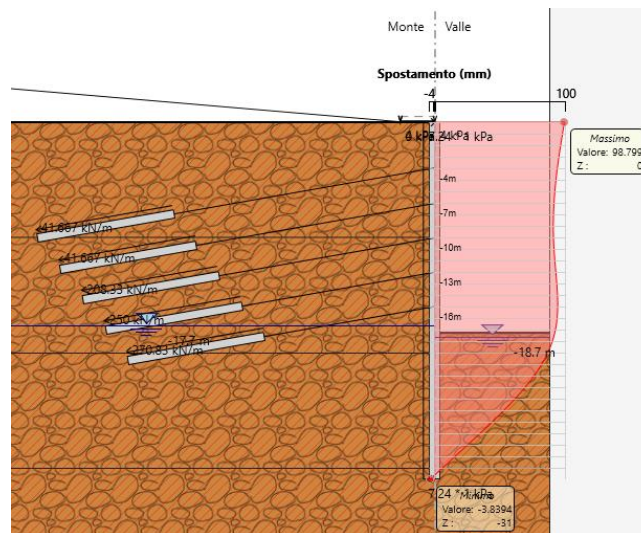


Figura 108 – Sezione 2 – involucro della deformata dell’opera (SLV) nei vari step di calcolo

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.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

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.

3) Verifica stabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno

Le verifiche di stabilità globale sono state condotte con il metodo dell'equilibrio limite mediante il software Slope/W (Geostudio 2007).

Il calcolo è stato condotto analizzando superfici di scorrimento secondo la formulazione di Morgenstern & Price.

L'analisi viene effettuata con parametri abbattuti secondo i coefficienti di normativa M2 in condizioni statiche, mentre in condizioni sismiche si utilizzano i coefficienti M1.

Il valore del sovraccarico in fase statica è di 20 kPa, mentre in fase sismica deve essere moltiplicato per il fattore $Q=0.20$, quindi si ottiene un valore di 4 kPa.

Il valore di profondità della falda in corrispondenza dell'asse della galleria in corrispondenza dell'imbocco Salso Est viene dedotto dalle letture piezometriche disponibili in corrispondenza dell'imbocco lato Catania, in questo caso si valuta una profondità di falda di circa 5 m.

La paratia è stata simulata come un elemento estremamente rigido. I tiranti sono stati simulati all'interno del modello in modo da non contribuire alla stabilità globale (valori di carico applicato, bar capacity e shear capacity nulli).

Le azioni sismiche pseudo-statiche sono state sintetizzate nella seguente tabella:


Tabella 135: Sezione 2 – parametri sismici

<i>SUOLO</i>	<i>TOPOGRAFIA</i>	<i>PARAMETRI SISMICI</i>						
		<i>ag</i>	<i>S_S</i>	<i>S_T</i>	<i>a_{g,max}</i>	<i>β</i>	<i>k_h</i>	<i>k_v</i>
		(g)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
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 136: Sezione 2 – sintesi dei risultati delle analisi di stabilità

<i>Combinazione</i>	<i>R_d/E_d</i>
"SLU" - globale	1.100

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

“SLV” - globale	1.184
-----------------	-------

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

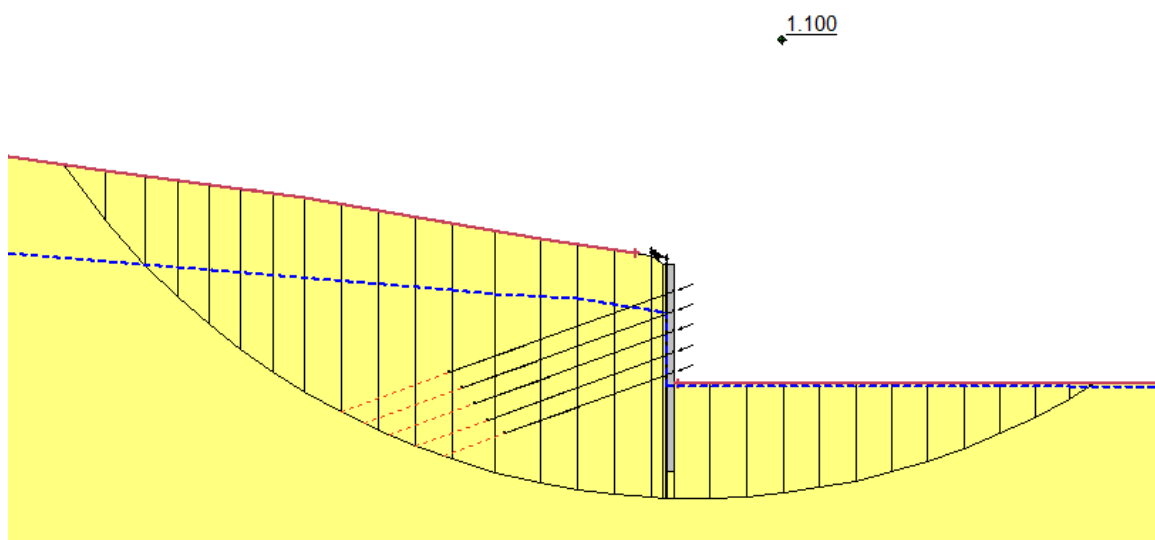


Figura 109 – Sezione 2 – superficie di scorrimento critica – condizioni statiche globali

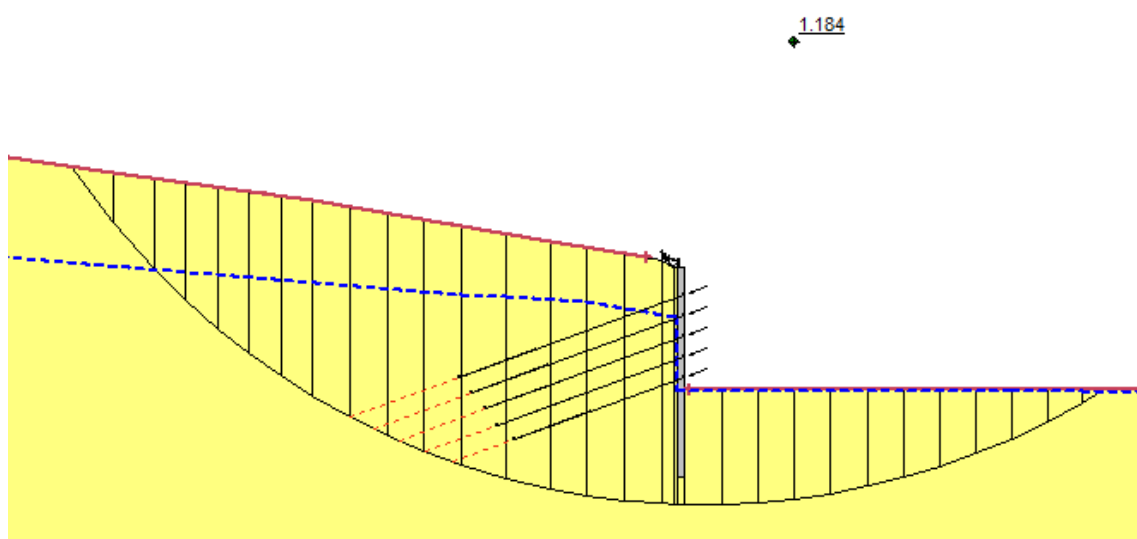



Figura 110 – Sezione 2 – superficie di scorrimento critica – condizioni sismiche globali

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

4) 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 137 – Sezione 2 – caratteristiche geometriche dei tiranti

Ordine tirante	i	Quota da testa paratia	L _{libera min statica}	L _{libera min sismica}	n° trefoli	L _{libera di progetto}	L _{fondazione}	L _{totale}	T _{iniz}
[-]	[°]	[m]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[m]	[kN]
I	10	4	19.3	22.8	3	23	12	35	100
II	10	7	17.6	20.7	4	21	12	33	100
III	10	10	15.9	18.7	5	19	12	31	250
IV	10	13	14.1	16.6	5	17	12	29	300
V	10	16	12.4	14.6	5	15	12	27	325

Tabella 138 – Sezione 2 – caratteristiche meccaniche dei tiranti

Altezza totale della paratia	H _{paratia}	31	m
Spessore della paratia (Φ perforazione)	S _{paratia}	1.0	m
Altezza massima di scavo	H _{scavo}	18	m
Altezza di infissione della paratia	H _{infissione}	13	m
Profondità della falda da testa paratia	Z _{falda}	4.2	m

N° ordini di tiranti	n° tiranti	5	-
Tipologia tiranti	Temporanei		
Coefficiente parziale per resistenza a sfilamento	γ _R	1.2	-
Area del singolo trefolo	A _{trefolo}	1.39	cm ²
Diametro del singolo trefolo	φ _{trefolo}	15.2	mm
Tensione caratteristica di rottura	f _{ptk}	1860	N/mm ²
Tensione caratteristica all'1% di deformazione totale	f _{p(1)k}	1670	N/mm ²
Coefficiente parziale condizioni permanenti e transitorie	γ _S	1.15	-
Tensione di calcolo acciaio (condizioni permanenti e transitorie)	f _{yd}	1452.17	N/mm ²
Coefficiente parziale condizioni eccezionali	γ _S	1.00	-
Tensione di calcolo acciaio (condizioni eccezionali)	f _{yd}	1670	N/mm ²
Forza di trazione a rottura dell'acciaio (singolo trefolo)	F _{pk}	232.13	kN/trefolo

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

Verifica rapporto di duttilità $f_{ptk}/f_{p(1)k} \geq 1,1$	$f_{ptk}/f_{p(1)k}$	1.11	-
Resistenza di progetto del singolo trefolo (condizioni ordinarie)	R_{ad}	201.85	kN/trefolo
Resistenza di progetto del singolo trefolo (condizioni eccezionali)	R_{ad}	232.13	kN/trefolo
Tensione limite (in esercizio e in fase di tesatura)	σ_{spi}	1395	N/mm ²
Trazione limite per il singolo trefolo	$N_{q,amm}$	193.91	kN/trefolo
Numero di verticali di indagine	n° sondaggi	1	-
Fattore di correlazione per la resistenza caratteristica	ξ_{a3}	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	γ_c	1.5	-
Tensione limite di aderenza trefoli-malta	τ_{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;
- α è un coefficiente correttivo che tiene conto della tecnologia realizzativa dell'ancoraggio e del contesto geotecnico (Viggiani, '99);
- τ_{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;
- ξ è un fattore di correlazione che dipende dal numero di profili di indagine geotecnica disponibili per la determinazione della resistenza caratteristica τ_{ak} .

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

La verifica viene condotta nel rispetto della seguente disuguaglianza:

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

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 139 – Sezione 2 – verifiche Geotecniche della fondazione dei tiranti – condizioni statiche

Ordine Tirante	D_p	α	τ_{ak}	L_a	$\gamma_{Ra,p}$	ξ	$N_{R,ad}$	Condiz.	$N_{S,d}$	R_d / E_d
[-]	[mm]	[-]	[kPa]	[m]	[-]	[-]	kN	[-]	[kN]	[-]
1	160	1.2	150	12	1.2	1.8	502.4	Inviluppo SLU	450.2	1.12
2	160	1.2	150	12	1.2	1.8	502.4	Inviluppo SLU	490.4	1.02
3	180	1.2	150	12	1.2	1.8	628.0	Inviluppo SLU	592.6	1.06
4	180	1.2	150	12	1.2	1.8	628.0	Inviluppo SLU	593.9	1.06
5	180	1.2	150	12	1.2	1.8	628.0	Inviluppo SLU	466.3	1.35

Tabella 140 – Sezione 2 – verifiche Geotecniche della fondazione dei tiranti – condizioni sismiche

Ordine Tirante	D_p	α	τ_{ak}	L_a	$\gamma_{Ra,p}$	ξ	$N_{R,ad}$	Condiz.	$N_{S,d}$	R_d / E_d
[-]	[mm]	[-]	[kPa]	[m]	[-]	[-]	kN	[-]	[kN]	[-]
1	160	1.2	150	12	1.2	1.8	502.4	Inviluppo SLV	348.2	1.44
2	160	1.2	150	12	1.2	1.8	502.4	Inviluppo SLV	399.6	1.26
3	180	1.2	150	12	1.2	1.8	628.0	Inviluppo SLV	517.7	1.21
4	180	1.2	150	12	1.2	1.8	628.0	Inviluppo SLV	573.0	1.10
5	180	1.2	150	12	1.2	1.8	628.0	Inviluppo SLV	546.1	1.15

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;

γ_s è il coefficiente parziale dell'acciaio.

La verifica viene condotta nel rispetto della seguente disuguaglianza:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

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

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 141 – Sezione 2 – Verifiche strutturali dell'armatura dei tiranti – condizioni statiche

Ordine Tirante	$f_{p(1)k}$	A_{tr}	n_{tr}	γ_s	$N_{R,pd}$	Condiz.	$N_{S,d}$	R_d / E_d
[-]	[MPa]	[mm ²]	[-]	[-]	kN	[-]	[kN]	[-]
1	1670	139	3	1.15	605.6	Inviluppo SLU	450.3	1.34
2	1670	139	4	1.15	807.4	Inviluppo SLU	490.4	1.65
3	1670	139	5	1.15	1009.3	Inviluppo SLU	592.6	1.70
4	1670	139	5	1.15	1009.3	Inviluppo SLU	593.89	1.70
5	1670	139	5	1.15	1009.3	Inviluppo SLU	466.25	2.16

Tabella 142 – Sezione 2 - Verifiche strutturali dell'armatura dei tiranti – condizioni sismiche

Ordine Tirante	$f_{p(1)k}$	A_{tr}	n_{tr}	γ_s	$N_{R,pd}$	Condiz.	$N_{S,d}$	R_d / E_d
[-]	[MPa]	[mm ²]	[-]	[-]	kN	[-]	[kN]	[-]
1	1670	139	3	1.15	605.6	Inviluppo SLV	348.2	1.74
2	1670	139	4	1.15	807.4	Inviluppo SLV	399.6	2.02
3	1670	139	5	1.15	1009.3	Inviluppo SLV	517.7	1.95
4	1670	139	5	1.15	1009.3	Inviluppo SLV	573.0	1.76
5	1670	139	5	1.15	1009.3	Inviluppo SLV	466.3	1.85

Infine, nel rispetto della gerarchia delle resistenze, è necessario verificare che la resistenza caratteristica al limite di snervamento del tratto libero sia sempre maggiore della resistenza caratteristica a sfilamento della fondazione dell'ancoraggio. Dal confronto tra i risultati, esposti nella tabella precedente, emerge che tale verifica è sempre soddisfatta essendo $R_d / E_d > 1$.

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 143 – Sezione 2 – Sollecitazioni SLU, SLE, e SLV

Condizione	Fase di calcolo	Soll. Max.	Quota	M_{Sd}	T_{Sd}	N_{Sd}
-------------------	------------------------	-------------------	--------------	----------	----------	----------

	[-]	[-]	[m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]
SLU	Inviluppo	Momento	-16.50	1355.25	335.92	323.98
	Inviluppo	Taglio	-13.00	726.18	459.81	255.25
SLE	Inviluppo	Momento	-16.50	1463.50	2.37	385.83
SLV	Sisma_STR	Momento	-19.65	633.98	487.72	314.16
	Sisma_STR	Taglio	-16.00	1042.50	258.40	166.90

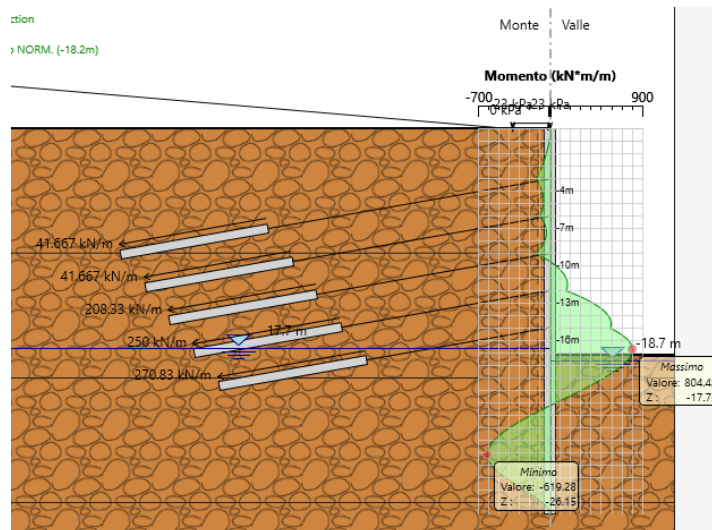


Figura 111 – Sezione 2 – momento flettente statico agente nei pali (SLE)

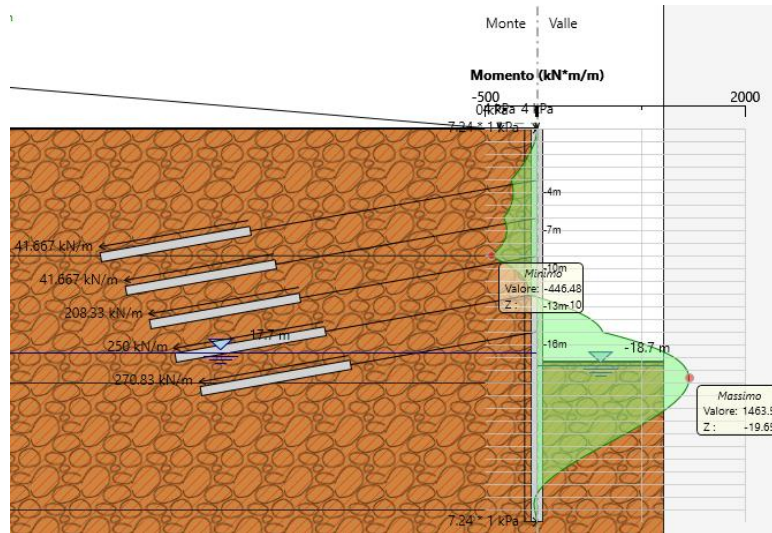


Figura 112 – Sezione 2 – momento flettente sismico agente nei pali (SLV)

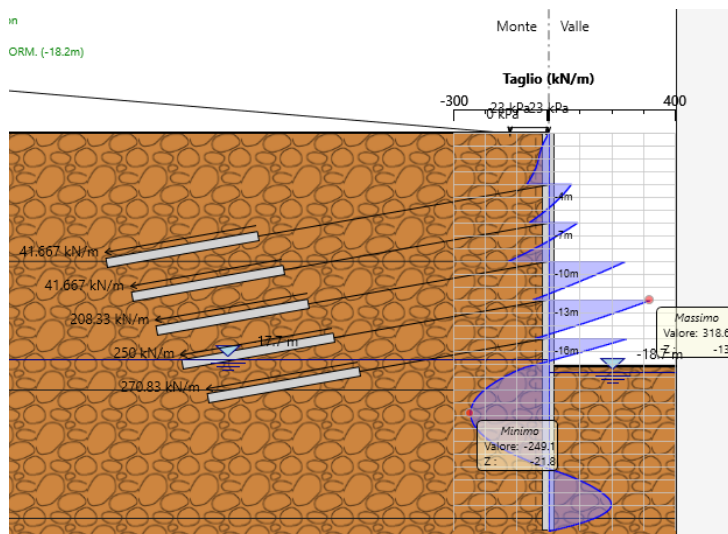
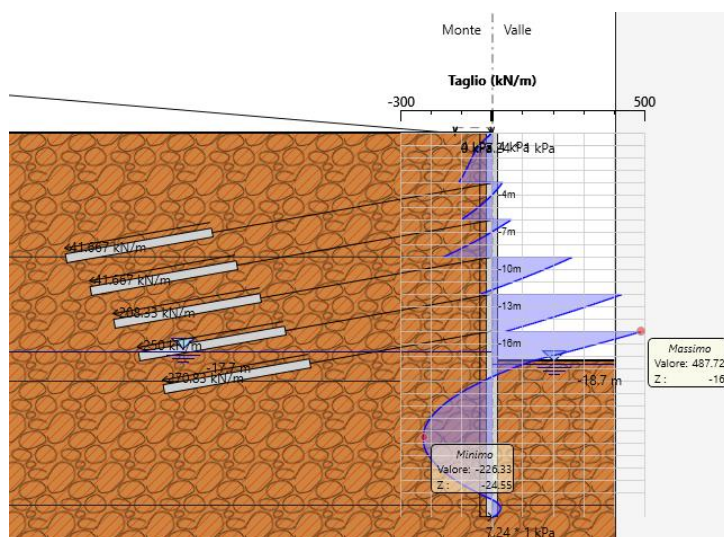


Figura 113 – Sezione 2 – taglio statico agente nei pali (SLE)


Figura 114 – Sezione 2 – taglio sismico agente nei pali (SLV)

Le sollecitazioni più gravose sono quelle derivanti dall'analisi sismica. 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.

Tabella 144 – Sezione 2 – materiali strutturali e geometria di verifica

MATERIALI					
Calcestruzzo			Acciaio		
R_{ck}	30	Mpa	f_{yk}	450	Mpa
f_{ck}	25	Mpa	E_s	200000	Mpa
E_{cm}	31000	Mpa	γ_c	1.15	-
γ_c	1.5	-	f_{yd}	391.3	Mpa
α_{cc}	0.85	-	ϵ_{uk}	75	‰
f_{cd}	14.1	Mpa			
f_{ctm}	2.6	MPa			
ν	0.5	-			
ϵ_{c2}	2	‰			
ϵ_{cu2}	3.5	‰			
α_e	15.0	-			
k_t	0.4	-			
k_l	0.8	-	Valori limite		

GEOMETRIA			
Sezione trasversale			
D	100	cm	
d	91.2	cm	
Armatura longitudinale			
n_{barre}	Φ	c	A_{sl}
	mm	mm	cm ²
32	26	75	169.90
	0	173	0.00
Armatura a taglio			
tipo	Φ	passo	c
	mm	cm	mm
Spirale	12	20	63

k ₂	0.5	-	0,45 f _{ck}	11.2	Mpa
k ₃	1.63	-	0,8 f _{yk}	360	Mpa
k ₄	0.425	-	W _{k,lim}	0.3	mm

Tabella 145 – Sezione 2 – verifica combinazione Mmax e Tmax

VERIFICA A TAGLIO - SLU					
α	90	°	M _{Ed}	871.42	kNm
A _{sw}	226.2	mm ²	N _{ed}	255.25	kN
r	500.0	mm	V _{ed}	551.77	kN
r _s	437.0	mm	M _{Rd}	2321	kNm
α	0.6	rad			
A _{tot}	785398.2	mm ²	V _{Rd}	507.6	kN
A	655793.4	mm ²	FS	0.92	-
b	842.7	mm	<i>Necessita di armatura a taglio</i>		
h	932.0	mm			
d	778.2	mm	cotθ	2.5	-
γ _c	1.5	-			
σ _{cp}	0.3	kPa	V _{Rsd}	774.9	kN
ρ _l	2.6	%	FS	1.40	-
k	1.5	-	V _{Rcd}	1435.9	kN
v _{min}	0.3	-	FS	2.60	-
α _c	1.0	-			

VERIFICA A TAGLIO - SLV					
α	90	°	M _{Ed}	760.78	kNm
A _{sw}	226.2	mm ²	N _{ed}	314.16	kN
r	500.0	mm	V _{ed}	585.26	kN
r _s	437.0	mm	M _{Rd}	2334	kNm
α	0.6	rad			
A _{tot}	785398.2	mm ²	V _{Rd}	507.6	kN
A	655793.4	mm ²	FS	0.87	-
b	842.7	mm	<i>Necessita di armatura a taglio</i>		

h	932.0	mm			
d	778.2	mm	cotθ	2.5	-
γ _c	1.5	-			
σ _{cp}	0.3	kPa	V _{Rsd}	774.9	kN
ρ _l	2.6	%	FS	1.32	-
k	1.5	-	V _{Rcd}	1435.9	kN
v _{min}	0.3	-	FS	2.45	-
α _c	1.0	-			

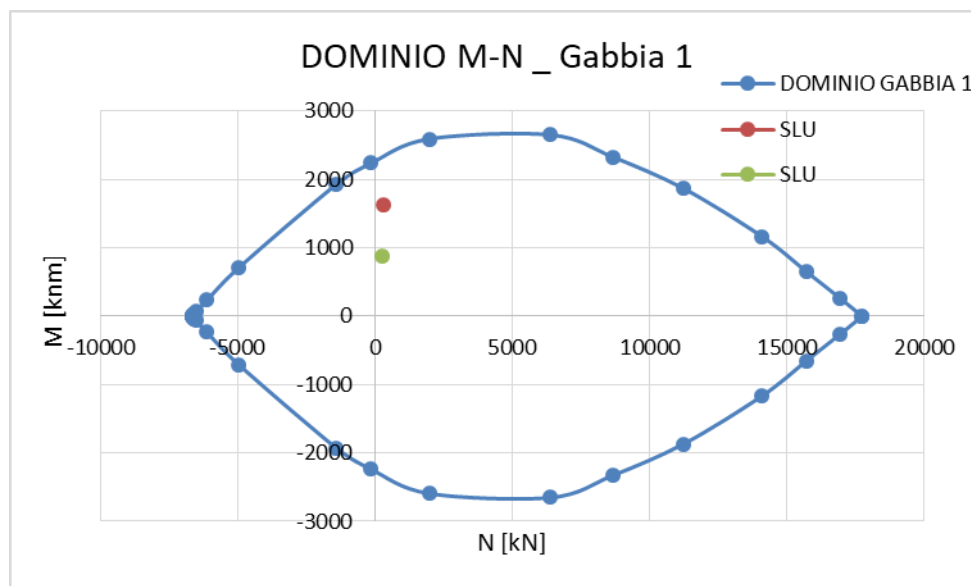


Figura 115 – Dominio M-N – SLU

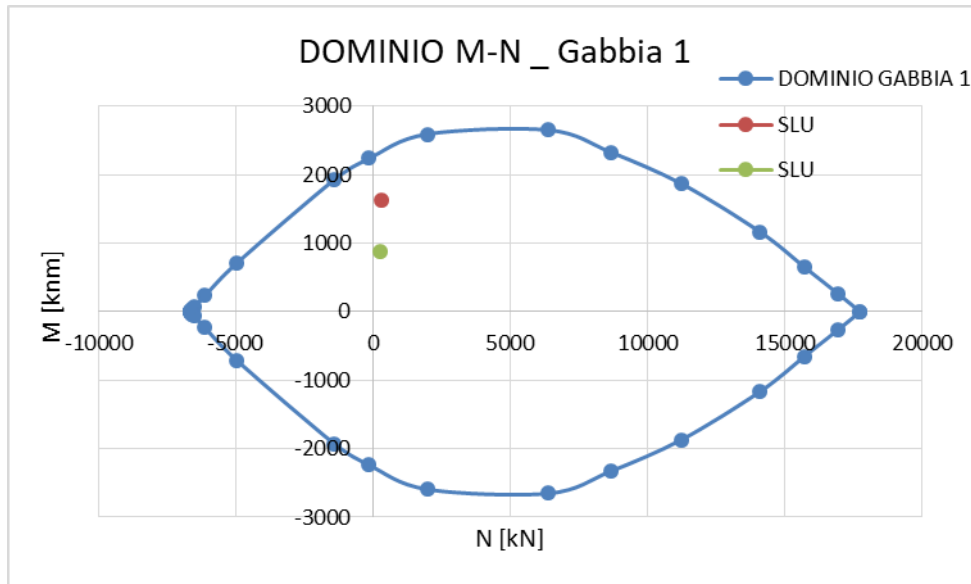


Figura 116 – Dominio M-N - SLV

Le verifiche strutturali sono pertanto tutte soddisfatte. Per la sezione in esame l'incidenza è di 209.5 kg/m³.

6) Verifica resistenza strutturale delle travi di ripartizione

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:


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

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

Le travi di ripartizione costituite da profili metallici accoppiati HEB 140 per il primo ordine, da profili metallici accoppiati HEB 160 per il secondo e da profili metallici accoppiati HEB 120 per gli ultimi tre ordini.

Tabella 146 – Caratteristiche trave di ripartizione – I ordine

A1+M1	Dati da Paratie	Tipo acciaio	Profilato
-------	-----------------	--------------	-----------

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

	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	144.31	2.4	S275R	275	1.05	261.90	HEB140	215.6	245.4	42.96	13.1
SISMICO	145.1						2				

Tabella 147 – Verifiche trave di ripartizione – I ordine

	Azioni sollecitanti					Azioni resistenti				Verifiche	
	Msk	Vsk	γA	Msd	Vsd	Mel rd	Mpl rd	M rd	Vpl rd	Mrd/Msd	Vrd/Vsd
CASO	[kNm]	[kN]	[-]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[-]	[-]
STATICO	41.6	86.6	1.3	54.0	112.6	56.5	64.3	56.5	197.8	1.05	1.76
SISMICO	41.8	87.1	1.0	41.8	87.1	56.5	64.3	64.3	197.8	1.54	2.27

Tabella 148 – 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	157.19	2.4	S275R	275	1.05	261.90	HEB160	311.5	354.0	54.25	17.6
SISMICO	166.5						2				

Tabella 149 – Verifiche trave di ripartizione – II ordine

	Azioni sollecitanti					Azioni resistenti				Verifiche	
	Msk	Vsk	γA	Msd	Vsd	Mel rd	Mpl rd	M rd	Vpl rd	Mrd/Msd	Vrd/Vsd
CASO	[kNm]	[kN]	[-]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[-]	[-]
STATICO	45.3	94.3	1.3	58.9	122.6	81.6	92.7	92.7	266.0	1.58	2.17
SISMICO	48.0	99.9	1.0	48.0	99.9	81.6	92.7	92.7	266.0	1.93	2.66


 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

Tabella 150 – Caratteristiche trave di ripartizione – III 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]
STATICO	379.88	1.2	S275R	275	1.05	261.90	HEB120	144.1	165.2	34.01	11.0
SISMICO	431.44						2				

Tabella 151 – Verifiche trave di ripartizione – III ordine

	Azioni sollecitanti					Azioni resistenti				Verifiche	
	Msk	Vsk	γA	Msd	Vsd	Mel rd	Mpl rd	M rd	Vpl rd	Mrd/Msd	Vrd/Vsd
CASO	[kNm]	[kN]	[-]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[-]	[-]
STATICO	27.4	114.0	1.3	35.6	148.2	37.7	43.3	37.7	165.8	1.06	1.12
SISMICO	31.1	129.4	1.0	31.1	129.4	37.7	43.3	37.7	165.8	1.21	1.28

Tabella 152 – Caratteristiche trave di ripartizione – IV 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]
STATICO	380.70	1.2	S275R	275	1.05	261.90	HEB120	144.1	165.2	34.01	11.0
SISMICO	477.46						2				

Tabella 153 – Verifiche trave di ripartizione – IV ordine

	Azioni sollecitanti					Azioni resistenti				Verifiche	
	Msk	Vsk	γA	Msd	Vsd	Mel rd	Mpl rd	M rd	Vpl rd	Mrd/Msd	Vrd/Vsd
CASO	[kNm]	[kN]	[-]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[-]	[-]
STATICO	27.4	114.2	1.3	35.6	148.5	37.7	43.3	37.7	165.8	1.06	1.12
SISMICO	34.4	143.2	1.0	34.4	143.2	37.7	43.3	37.7	165.8	1.10	1.16


 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

Tabella 154 – Caratteristiche trave di ripartizione – V 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	298.88	1.2	S275R	275	1.05	261.90	HEB120	144.1	165.2	34.01	11.0
SISMICO	455.06						2				


Tabella 155 – Verifiche trave di ripartizione – V ordine

	Azioni sollecitanti					Azioni resistenti				Verifiche	
	Msk	Vsk	γA	Msd	Vsd	Mel rd	Mpl rd	M rd	Vpl rd	Mrd/Msd	Vrd/Vsd
CASO	[kNm]	[kN]	[-]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[-]	[-]
STATICO	21.5	89.7	1.3	28.0	116.6	37.7	43.3	37.7	165.8	1.35	1.42
SISMICO	32.8	136.5	1.0	32.8	136.5	37.7	43.3	37.7	165.8	1.15	1.21

Tutte le verifiche sono soddisfatte.

12.1.3 Sezione 3 – paratia di pali laterale $H=23\text{ m}$

Sono di seguito descritte le principali caratteristiche della struttura e del modello geotecnico per le analisi di verifica.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

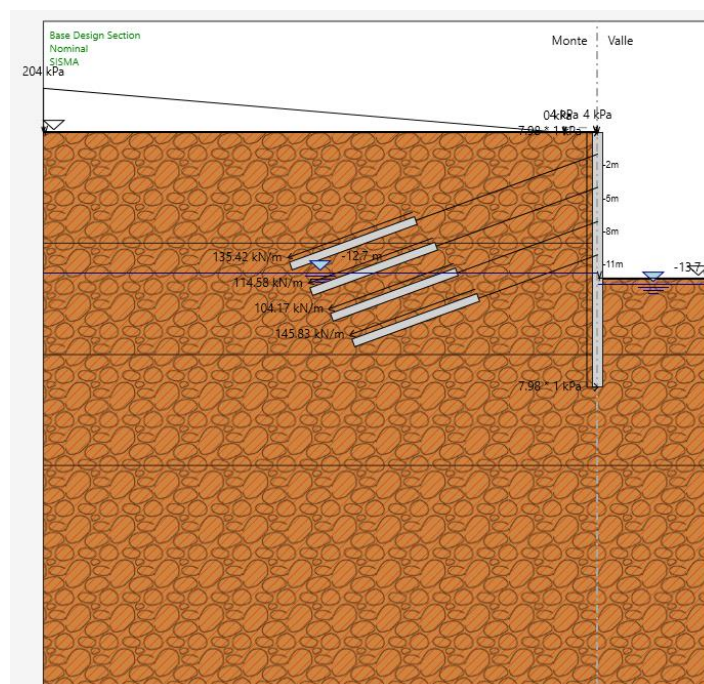


Figura 117 – Sezione 3 – paratia frontale H=23m


12.1.3.1 Geometria e parametri geotecnici del modello

Per la descrizione del modello geotecnico per la sezione di imbocco si rimanda al paragrafo 8.3.

Nella figura precedente si riporta la geometria della sezione a scavo ultimato, con 4 ordini di tiranti e il complesso di carichi considerati agenti a tergo dell'opera.

Tabella 156 – Sezione 3 – 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 160 in acciaio S275R Tiranti a trefoli (4/5) in acciaio armonico
Altezza totale paratia	$H_{tot} = 23$ m
Altezza di scavo	$H = 13$ m
Altezza di scavo di calcolo (DM 2018 § 6.5.2.2)	$H_1 = H + \min [0.5; 10\% (12-8)] = 0.2$ m
Ordini di tiranti (n°)	4

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

Passo orizzontale tiranti	2.4
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 157 – Sezione 3 – Parametri geotecnici di calcolo - TRV

Terreno	Gruppo coeff. parziali	Condizione	γ	c_d	φ'_d	δ_{attiva}	$\delta_{passiva}$	E'	E'_{ur}	k_o	K_{ah}	K_{ph}
			(kN/m ³)	(kPa)	(°)	(°)	(°)	(MPa)	(MPa)	(-)	(-)	(-)
TRV	M1	SLU	21	15	22	18	18	67-102-135	67-102-135	0.63	0.392	2.879
		SLV					0				0.4217	2.1019
	M2	SLU		12	18	15	15			0.69	0.4649	2.3135
		SLV				0					-	
γ = peso dell'unità di volume												
c'_d = coesione efficace (valore di calcolo)												
φ'_d = angolo di resistenza al taglio (valore di calcolo)												
δ = 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 158 – Sezione 3 – Parametri per il calcolo dell'azione sismica

Terreno	Condizione	Categoria sottosuolo	Categoria topografica	a_g/g	S	a_{max}/g	α	u_s	β	K_h
		(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(m)	(-)	(-)
TRV	SLV	C	T1	0.0794	1.50	0.1191	0.674	0.115	0.50	0.04030

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 232 di 354

α = coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 del DM 17/01/2018)
 u_s = spostamento ammissibile
 β = coefficiente di spostamento (Figura 7.11.3 del DM 17/01/2018)
 k_h = coefficiente sismico

12.1.3.2 Fasi di calcolo

L'analisi è articolata nelle seguenti fasi:

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

12.1.3.3 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.

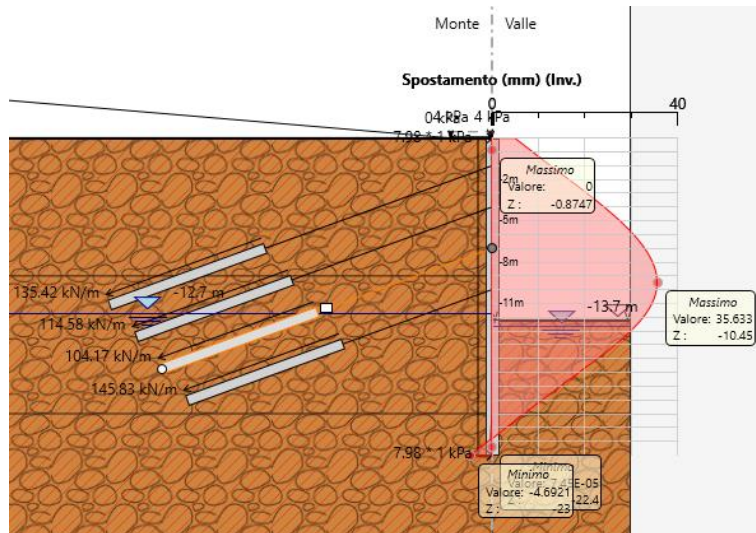


Figura 118 – Sezione 3 – inviluppo della deformatà dell’opera (SLU) nei vari step di calcolo

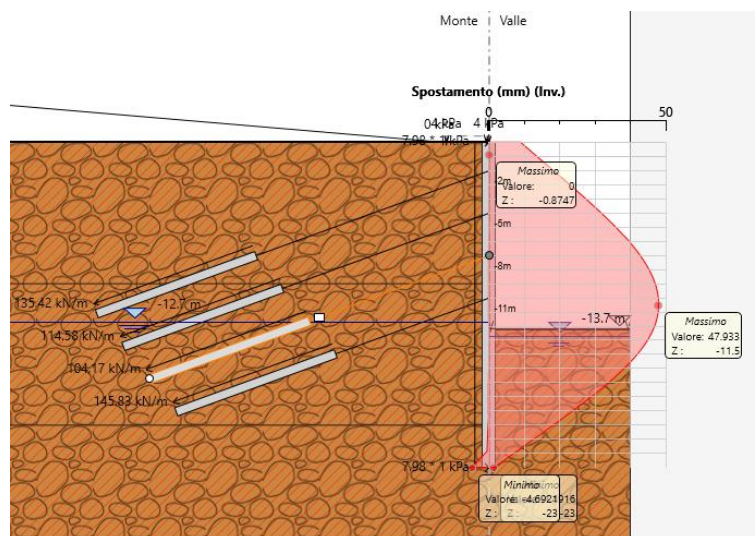



Figura 119 – Sezione 3 – inviluppo della deformatà dell’opera (SLV) nei vari step di calcolo

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

2) Verifica stabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno

Le verifiche di stabilità globale sono state condotte con il metodo dell'equilibrio limite mediante il software Slope/W (Geostudio 2007).

Il calcolo è stato condotto analizzando superfici di scorrimento secondo la formulazione di Morgenstern & Price.

L'analisi viene effettuata con parametri abbattuti secondo i coefficienti di normativa M2 in condizioni statiche, mentre in condizioni sismiche si utilizzano i coefficienti M1.

Il valore del sovraccarico in fase statica è di 20 kPa, mentre in fase sismica deve essere moltiplicato per il fattore $Q=0.20$, quindi si ottiene un valore di 4 kPa.

Il valore di profondità della falda in corrispondenza dell'asse della galleria in corrispondenza dell'imbocco Salso Est viene dedotto dalle letture piezometriche disponibili in corrispondenza dell'imbocco lato Catania, in questo caso si valuta una profondità di falda di circa 5 m.

La paratia è stata simulata come un elemento estremamente rigido. I tiranti sono stati simulati all'interno del modello in modo da non contribuire alla stabilità globale (valori di carico applicato, bar capacity e shear capacity nulli).

Le azioni sismiche pseudo-statiche sono state sintetizzate nella seguente tabella:


Tabella 159: Sezione 3 – parametri sismici

<i>SUOLO</i>	<i>TOPOGRAFIA</i>	<i>PARAMETRI SISMICI</i>						
		<i>ag</i>	<i>S_S</i>	<i>S_T</i>	<i>a_{g,max}</i>	<i>β</i>	<i>k_h</i>	<i>k_v</i>
		(g)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
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 160: Sezione 3 – sintesi dei risultati delle analisi di stabilità

<i>Combinazione</i>	<i>R_d/ E_d</i>
"SLU" – globale (left to right)	4.455
"SLU" – globale (right to left)	1.449

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

<i>“SLV” – globale (left to right)</i>	3.930
<i>“SLV” – globale (right to left)</i>	1.506

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

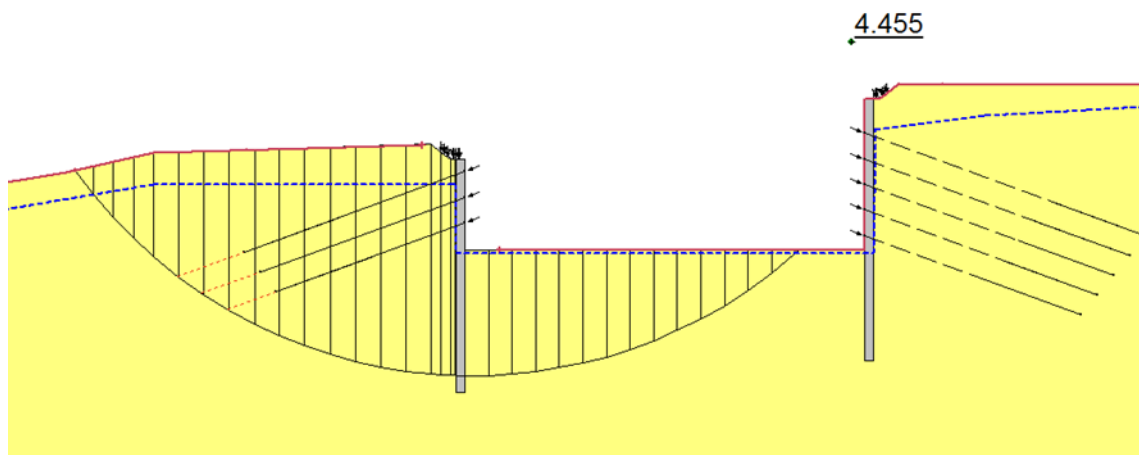


Figura 120 – Sezione 3 – superficie di scorrimento critica – condizioni statiche globali (left to right)

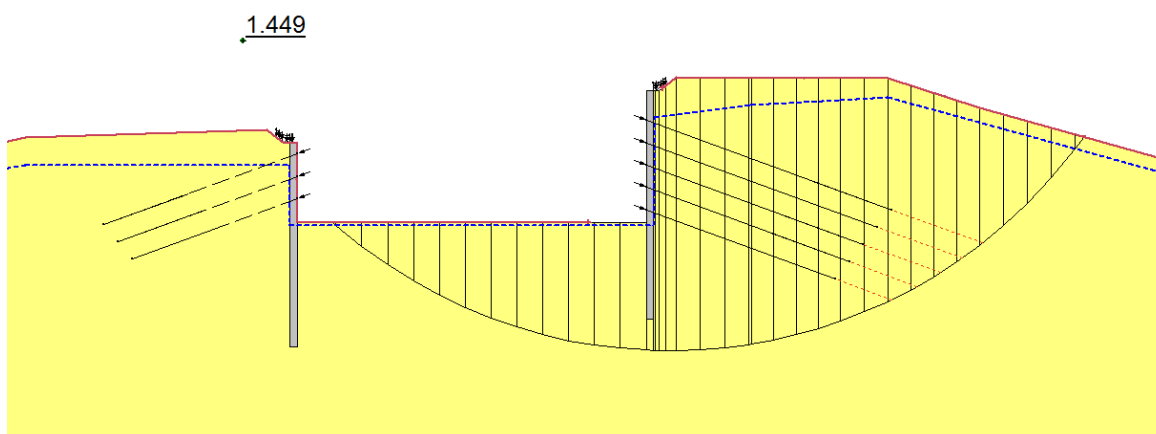



Figura 121 – Sezione 3 – superficie di scorrimento critica – condizioni statiche globali (right to left)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

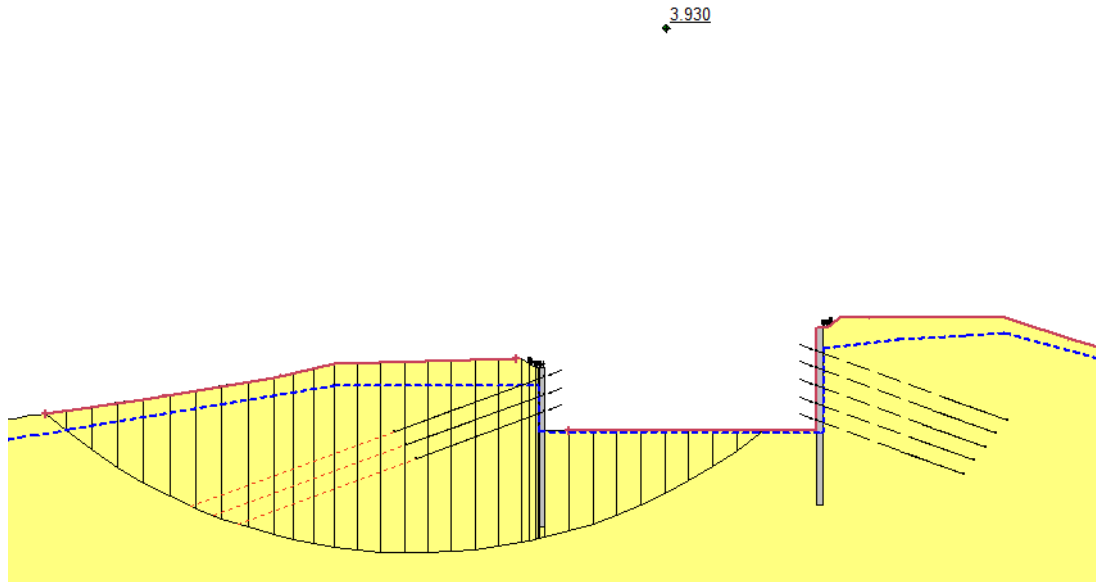


Figura 122 – Sezione 3 – superficie di scorrimento critica – condizioni sismiche globali (left to right)

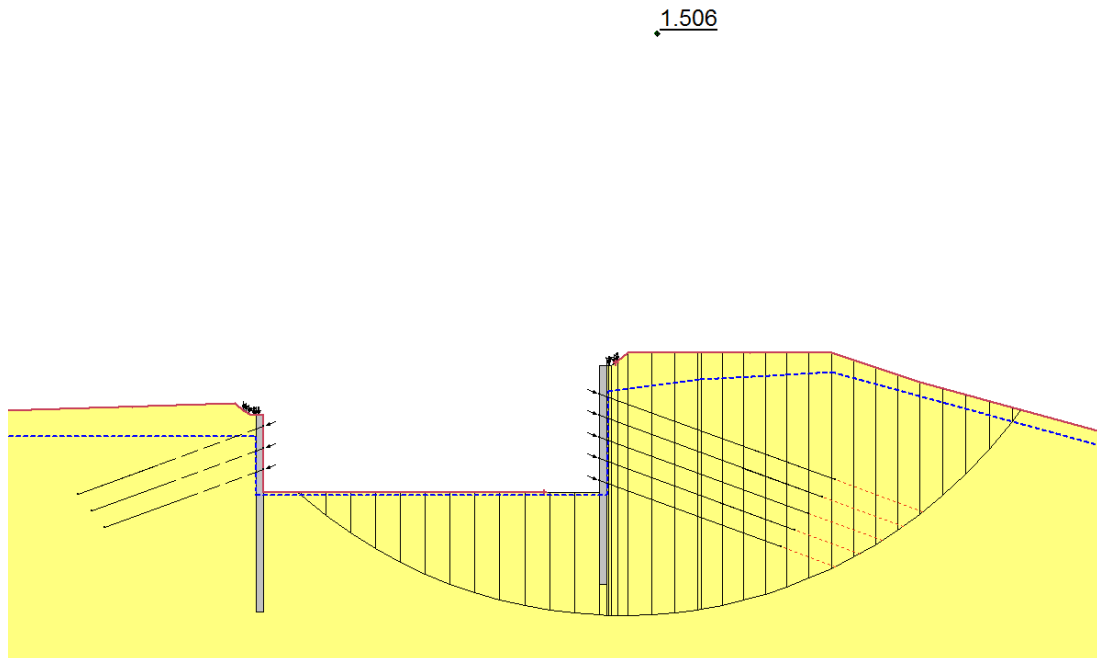



Figura 123 – Sezione 3 – superficie di scorrimento critica – condizioni sismiche globali (right to left)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

3) Verifica dei tiranti

Nei prospetti che seguono, per ciascun ordine di tiranti, sono riportate le principali caratteristiche geometriche e strutturali e gli involuppi 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 161 – Sezione 3 – caratteristiche geometriche dei tiranti

Ordine tirante	i	Quota da testa paratia	L _{libera min statica}	L _{libera min sismica}	n° trefoli	L _{libera di progetto}	L _{fondazione}	L _{totale}	T _{iniz}
[-]	[°]	[m]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[m]	[kN]
I	20	2	14.8	17.5	4	17.5	12	29.5	325
II	20	5	13.1	15.4	4	15.5	12	27.5	275
III	20	8	11.4	13.4	5	13.5	12	25.5	250
IV	20	11	9.6	11.4	5	11.5	12	23.5	350

Tabella 162 – Sezione 3 – caratteristiche meccaniche dei tiranti

Altezza totale della paratia	H _{paratia}	23	m
Spessore della paratia (Φ perforazione)	S _{paratia}	1.0	m
Altezza massima di scavo	H _{scavo}	13	m
Altezza di infissione della paratia	H _{infissione}	10	m
Profondità della falda da testa paratia	Z _{falda}	4.2	m

N° ordini di tiranti	n° tiranti	4	-
Tipologia tiranti	Temporanei		
Coefficiente parziale per resistenza a sfilamento	γ _R	1.2	-
Area del singolo trefolo	A _{trefolo}	1.39	cm ²
Diametro del singolo trefolo	Φ _{trefolo}	15.2	mm
Tensione caratteristica di rottura	f _{ptk}	1860	N/mm ²
Tensione caratteristica all'1% di deformazione totale	f _{p(1)k}	1670	N/mm ²
Coefficiente parziale condizioni permanenti e transitorie	γ _S	1.15	-
Tensione di calcolo acciaio (condizioni permanenti e transitorie)	f _{yd}	1452.17	N/mm ²
Coefficiente parziale condizioni eccezionali	γ _S	1.00	-
Tensione di calcolo acciaio (condizioni eccezionali)	f _{yd}	1670	N/mm ²
Forza di trazione a rottura dell'acciaio (singolo trefolo)	F _{pk}	232.13	kN/trefolo
Verifica rapporto di duttilità f _{ptk} / f _{p(1)k} ≥ 1,1	f _{ptk} / f _{p(1)k}	1.11	-

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

<i>Resistenza di progetto del singolo trefolo (condizioni ordinarie)</i>	R_{ad}	201.85	kN/trefolo
<i>Resistenza di progetto del singolo trefolo (condizioni eccezionali)</i>	R_{ad}	232.13	kN/trefolo
<i>Tensione limite (in esercizio e in fase di tesatura)</i>	σ_{spi}	1395	N/mm ²
<i>Trazione limite per il singolo trefolo</i>	$N_{q,amm}$	193.91	kN/trefolo
<i>Numero di verticali di indagine</i>	$n^{\circ}_{sondaggi}$	1	-
<i>Fattore di correlazione per la resistenza caratteristica</i>	ξ_{a3}	1.8	-
<i>Resistenza cubica caratteristica della malta</i>	R_{ck}	30	MPa
<i>Resistenza a trazione semplice della malta</i>	f_{ctm}	2.56	MPa
<i>Coefficiente parziale di sicurezza della malta</i>	γ_c	1.5	-
<i>Tensione limite di aderenza trefoli-malta</i>	τ_{tm}	1.2	MPa
<i>Tasso nominale di esercizio del singolo trefolo</i>	$S_{e,es}$	1336	MPa
<i>Tiro massimo iniziale del sigolo trefolo</i>	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;
- α è un coefficiente correttivo che tiene conto della tecnologia realizzativa dell'ancoraggio e del contesto geotecnico (Viggiani, '99);
- τ_{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;
- ξ è un fattore di correlazione che dipende dal numero di profili di indagine geotecnica disponibili per la determinazione della resistenza caratteristica τ_{ak} .

La verifica viene condotta nel rispetto della seguente disuguaglianza:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

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

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 163 – Sezione 3 – verifiche Geotecniche della fondazione dei tiranti – condizioni statiche

Ordine Tirante	D_p	α	τ_{ok}	L_a	$\gamma_{Ra,p}$	ξ	$N_{R,ad}$	Condiz.	$N_{S,d}$	R_d / E_d
[-]	[mm]	[-]	[kPa]	[m]	[-]	[-]	kN	[-]	[kN]	[-]
1	160	1.2	150	12	1.2	1.8	502.4	Inviluppo SLU	493.1	1.02
2	160	1.2	150	12	1.2	1.8	502.4	Inviluppo SLU	484.1	1.04
3	180	1.2	150	12	1.2	1.8	565.2	Inviluppo SLU	538.1	1.05
4	180	1.2	150	12	1.2	1.8	565.2	Inviluooo SLU	456.3	1.24

Tabella 164 – Sezione 3 – verifiche Geotecniche della fondazione dei tiranti – condizioni sismiche

Ordine Tirante	D_p	α	τ_{ok}	L_a	$\gamma_{Ra,p}$	ξ	$N_{R,ad}$	Condiz.	$N_{S,d}$	R_d / E_d
[-]	[mm]	[-]	[kPa]	[m]	[-]	[-]	kN	[-]	[kN]	[-]
1	160	1.2	150	12	1.2	1.8	502.4	Inviluppo SLV	403.8	1.24
2	160	1.2	150	12	1.2	1.8	502.4	Inviluppo SLV	408.7	1.23
3	180	1.2	150	12	1.2	1.8	565.2	Inviluppo SLV	478.8	1.18
4	180	1.2	150	12	1.2	1.8	565.2	Inviluppo SLV	452.6	1.25

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;

γ_s è il coefficiente parziale dell'acciaio.

La verifica viene condotta nel rispetto della seguente disuguaglianza:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

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

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 165 – Sezione 3 – Verifiche strutturali dell'armatura dei tiranti – condizioni statiche

<i>Ordine Tirante</i>	$f_{p(l)k}$	A_{tr}	n_{tr}	γ_s	$N_{R,pd}$	<i>Condiz.</i>	$N_{S,d}$	R_d / E_d
<i>[-]</i>	<i>[MPa]</i>	<i>[mm²]</i>	<i>[-]</i>	<i>[-]</i>	<i>kN</i>	<i>[-]</i>	<i>[kN]</i>	<i>[-]</i>
1	1670	139	4	1.15	807.4	Inviluppo SLU	493.05	1.64
2	1670	139	4	1.15	807.4	Inviluppo SLU	484.07	1.67
3	1670	139	5	1.15	1009.3	Inviluppo SLU	538.14	1.88
4	1670	139	5	1.15	1009.3	Inviluppo SLU	456.3	2.21

Tabella 166 – Sezione 3 – Verifiche strutturali dell'armatura dei tiranti – condizioni sismiche

<i>Ordine Tirante</i>	$f_{p(l)k}$	A_{tr}	n_{tr}	γ_s	$N_{R,pd}$	<i>Condiz.</i>	$N_{S,d}$	R_d / E_d
<i>[-]</i>	<i>[MPa]</i>	<i>[mm²]</i>	<i>[-]</i>	<i>[-]</i>	<i>kN</i>	<i>[-]</i>	<i>[kN]</i>	<i>[-]</i>
1	1670	139	4	1.15	807.4	Inviluppo SLV	403.8	2.00
2	1670	139	4	1.15	807.4	Inviluppo SLV	408.7	1.98
3	1670	139	5	1.15	1009.3	Inviluppo SLV	478.75	2.11
4	1670	139	5	1.15	1009.3	Inviluppo SLV	452.57	2.23

Infine, nel rispetto della gerarchia delle resistenze, è necessario verificare che la resistenza caratteristica al limite di snervamento del tratto libero sia sempre maggiore della resistenza caratteristica a sfilamento della fondazione dell'ancoraggio. Dal confronto tra i risultati, esposti nella tabella precedente, emerge che tale verifica è sempre soddisfatta essendo $R_d / E_d > 1$.

4) 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 167 – Sezione 3 – 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>[m]</i>	<i>[kNm/m]</i>	<i>[kN/m]</i>	<i>[kN/m]</i>
SLU	Inviluppo	Momento	-11.05	1923.48	226.43	216.97
	Inviluppo	Taglio	-14.95	964.66	393.21	293.54
SLE	Inviluppo	Momento	-11.05	1479.6	174.18	216.9662
SLV	Sisma_STR	Momento	1550.16	4.86	247.40	1550.16
	Sisma_STR	Taglio	933.94	293.58	157.08	933.94

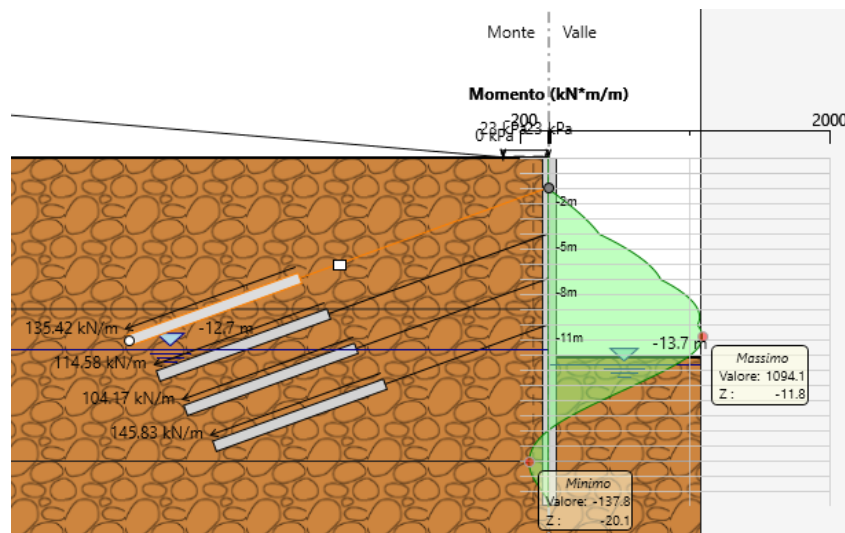


Figura 124 – Sezione 3 – momento flettente statico agente nei pali (SLE)

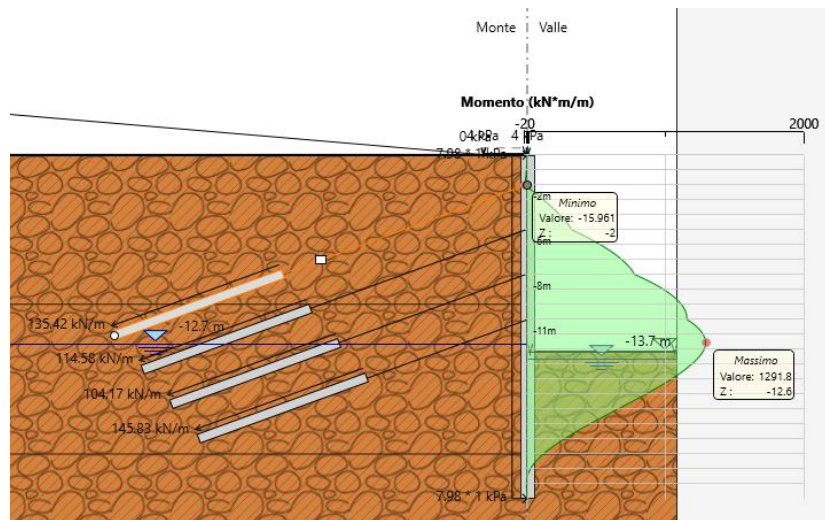


Figura 125 – Sezione 3 – momento flettente sismico agente nei pali (SLV)

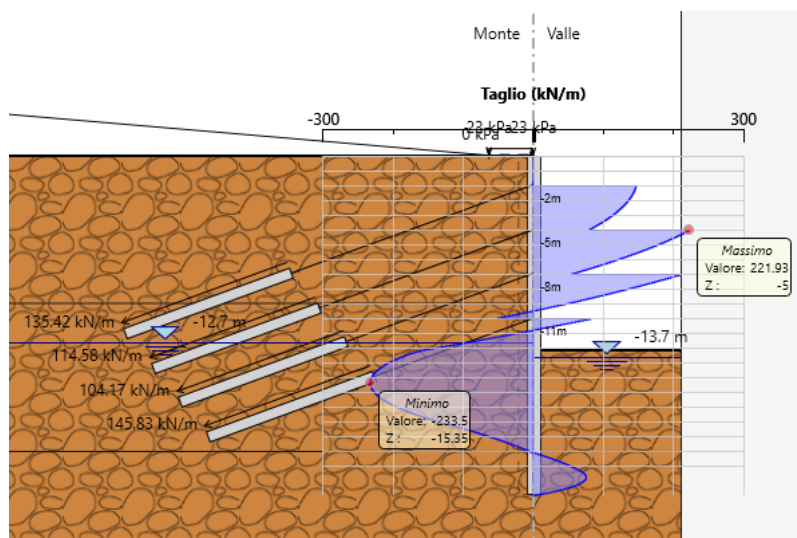
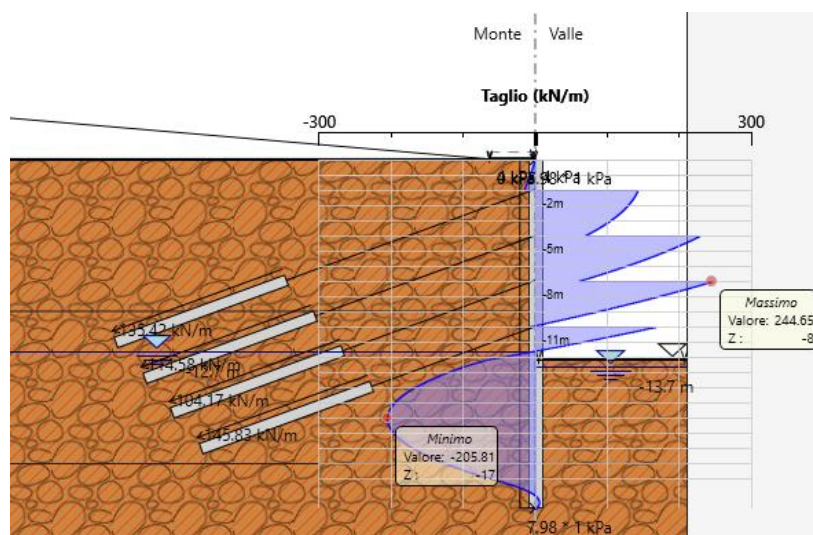


Figura 126 – Sezione 3 – taglio statico agente nei pali (SLE)


Figura 127 – Sezione 3 – 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.

Tabella 168 – Sezione 3 – materiali strutturali e geometria di verifica

MATERIALI					
Calcestruzzo			Acciaio		
R_{ck}	30	Mpa	f_{yk}	450	Mpa
f_{ck}	25	Mpa	E_s	200000	Mpa
E_{cm}	31000	Mpa	γ_c	1.15	-
γ_c	1.5	-	f_{yd}	391.3	Mpa
α_{cc}	0.85	-	ϵ_{uk}	75	%o
f_{cd}	14.1	Mpa			
f_{ctm}	2.6	MPa			
ν	0.5	-			
ϵ_{c2}	2	%o			
ϵ_{cu2}	3.5	%o			
α_e	15.0	-			
k_t	0.4	-			

GEOMETRIA			
Sezione trasversale			
D	100	cm	
d	90.8	cm	
Armatura longitudinale			
nbarre	Φ	c	A_{sl}
	mm	mm	cm ²
30	30	77	212.06
	0	179	0.00
Armatura a taglio			
tipo	Φ	passo	c
	mm	cm	mm
Spirale	12	30	65

k ₁	0.8	-	Valori limite		
k ₂	0.5	-	0,45 f _{ck}	11.2	Mpa
k ₃	1.61	-	0,8 f _{yk}	360	Mpa
k ₄	0.425	-	W _{k,lim}	0.3	mm

Tabella 169 – Sezione 3 – verifica combinazione Mmax e Tmax

VERIFICA A TAGLIO - SLU					
α	90	°	M _{Ed}	964.66	kNm
A _{sw}	226.2	mm ²	N _{ed}	293.54	kN
r	500.0	mm	V _{ed}	393.21	kN
r _s	435.0	mm	M _{Rd}	2787	kNm
α	0.6	rad			
A _{tot}	785398.2	mm ²	V _{Rd}	548.4	kN
A	654734.4	mm ²	FS	1.39	-
b	842.7	mm	<i>Non necessita di armatura a taglio</i>		
h	932.0	mm			
d	776.9	mm	cotθ	2.5	-
γ _c	1.5	-			
σ _{cp}	0.4	kPa	V _{Rsd}	515.8	kN
ρ _l	3.2	%	FS	1.31	-
k	1.5	-	V _{Rcd}	1433.6	kN
v _{min}	0.3	-	FS	3.65	-
α _c	1.0	-			

VERIFICA A TAGLIO - SLV					
α	90	°	M _{Ed}	933.94	kNm
A _{sw}	226.2	mm ²	N _{ed}	157.08	kN
r	500.0	mm	V _{ed}	293.58	kN
r _s	435.0	mm	M _{Rd}	2761	kNm
α	0.6	rad			
A _{tot}	785398.2	mm ²	V _{Rd}	548.4	kN

A	654734.4	mm ²	FS	1.87	-
b	842.7	mm	<i>Non necessita di armatura a taglio</i>		
h	932.0	mm			
d	776.9	mm	cotθ	2.5	-
γ _c	1.5	-			
σ _{cp}	0.4	kPa	V _{Rsd}	515.8	kN
ρ _l	3.2	%	FS	1.76	-
k	1.5	-	V _{Rcd}	1433.5	kN
v _{min}	0.3	-	FS	4.88	-
α _c	1.0	-			

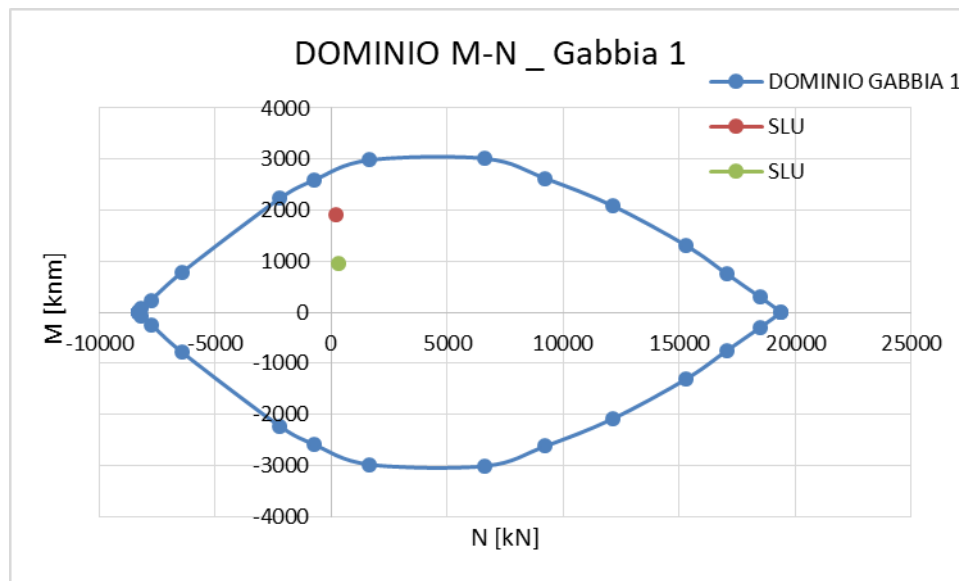



Figura 128 – Dominio M-N - SLU

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

CASO	[kN/m]	[m]	acciaio	[MPa]	[-]	[MPa]	numero	[cm3]	[cm3]	[cm2]	[cm2]
STATICO	158.03	2.4	S275R	275	1.05	261.90	HEB160	311.5	354	54.25	17.6
SISMICO	168.25						2				

Tabella 171 – Verifiche trave di ripartizione – I ordine

	Azioni sollecitanti					Azioni resistenti				Verifiche	
	Msk	Vsk	γ_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	42.1	87.8	1.3	54.8	114.1	81.6	92.7	92.7	266.0	1.69	2.33
SISMICO	54.3	113.1	1.0	54.3	113.1	81.6	92.7	92.7	266.0	1.71	2.35

Tabella 172 – Caratteristiche trave di ripartizione – II ordine


A1+M1	Dati da Paratie		Tipo acciaio				Profilato				
	T paratie	passo	Tipo	fyk	γ_{M0}	fyd	Tipo e numero	Wel	Wpl	A	Av
CASO	[kN/m]	[m]	acciaio	[MPa]	[-]	[MPa]		[cm3]	[cm3]	[cm2]	[cm2]
STATICO	155.15	2.4	S275R	275	1.05	261.90	HEB160	311.5	354	54.25	17.6
SISMICO	170.29						2				

Tabella 173 – Verifiche trave di ripartizione – II ordine

	Azioni sollecitanti					Azioni resistenti				Verifiche	
	Msk	Vsk	γ_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	44.7	93.1	1.3	58.1	121.0	81.6	92.7	92.7	266.0	1.60	2.20
SISMICO	49.0	102.2	1.0	49.0	102.2	81.6	92.7	92.7	266.0	1.89	2.60

Tabella 174 – Caratteristiche trave di ripartizione – III ordine

A1+M1	Dati da Paratie	Tipo acciaio	Profilato
-------	-----------------	--------------	-----------

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

	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	172.48	2.4	S275R	275	1.05	261.90	HEB160	311.5	354	54.25	17.6
SISMICO	199.48						2				

Tabella 175 – Verifiche trave di ripartizione – III ordine

	Azioni sollecitanti					Azioni resistenti				Verifiche	
	Msk	Vsk	γA	Msd	Vsd	Mel rd	Mpl rd	M rd	Vpl rd	Mrd/Msd	Vrd/Vsd
CASO	[kNm]	[kN]	[-]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[-]	[-]
STATICO	49.7	103.5	1.3	64.6	134.5	81.6	92.7	81.6	266.0	1.26	1.98
SISMICO	57.5	119.7	1.0	57.5	119.7	81.6	92.7	92.7	266.0	1.61	2.22

Tabella 176 – Caratteristiche trave di ripartizione – IV 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	146.25	2.4	S275R	275	1.05	261.90	HEB160	311.5	354	54.25	17.6
SISMICO	188.57						2				

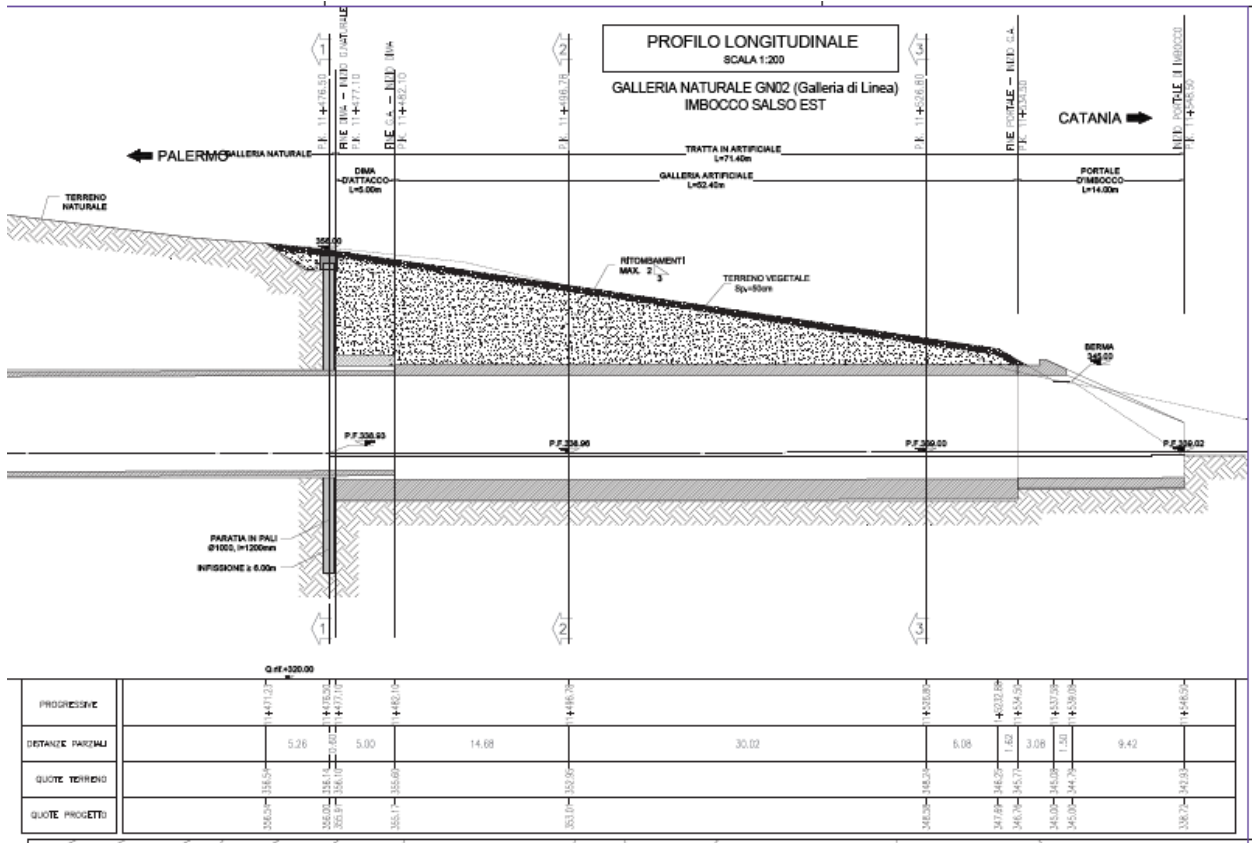
Tabella 177 – Verifiche trave di ripartizione – IV ordine

	Azioni sollecitanti					Azioni resistenti				Verifiche	
	Msk	Vsk	γA	Msd	Vsd	Mel rd	Mpl rd	M rd	Vpl rd	Mrd/Msd	Vrd/Vsd
CASO	[kNm]	[kN]	[-]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[-]	[-]
STATICO	42.1	87.8	1.3	54.8	114.1	81.6	92.7	92.7	266.0	1.69	2.33
SISMICO	54.3	113.1	1.0	54.3	113.1	81.6	92.7	92.7	266.0	1.71	2.35

Tutte le verifiche risultano soddisfatte.

GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 002	B	251 di 354



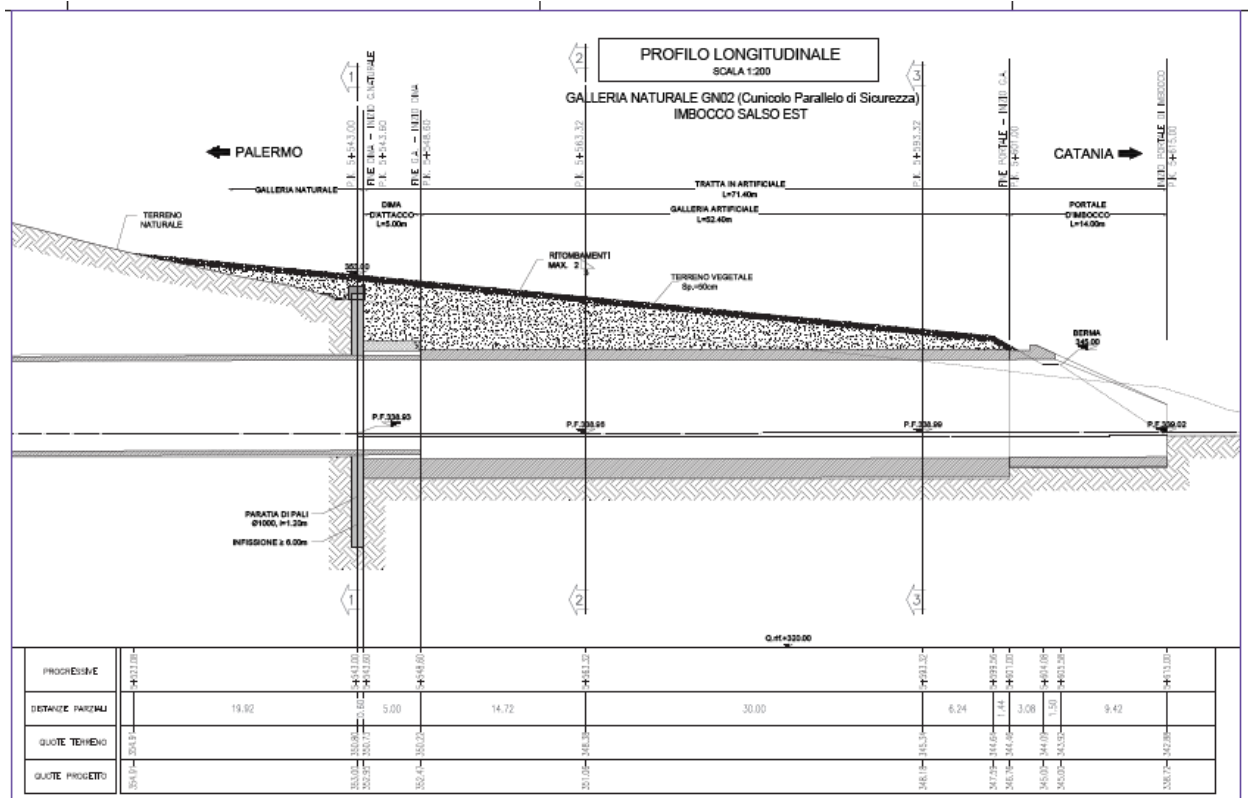


Figura 131 – Sezioni longitudinali di calcolo delle opere di imbocco


Le principali caratteristiche delle strutture in esame sono le seguenti:

CONCIO Sezione 1

- Spessore rivestimento definitivo in c.a.: Calotta / Piedritti= 120 cm
- Spessore rivestimento definitivo in c.a.: Reni = 220cm
- Spessore rivestimento definitivo in c.a.: Piedritti = 160 cm
- Spessore rivestimento definitivo in c.a.: Arco rovescio= 170 cm

GALLERIA ARTIFICIALE Sezione 2

- Spessore rivestimento definitivo in c.a.: Calotta = 90 cm
- Spessore rivestimento definitivo in c.a.: Reni = 210cm
- Spessore rivestimento definitivo in c.a.: Piedritti = 150 cm
- Spessore rivestimento definitivo in c.a.: Arco rovescio= 170 cm

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 253 di 354

Per la verifica della galleria artificiale è stata presa in considerazione la sezione caratterizzata dalla massima altezza di ritombamento. Di seguito è fornita una descrizione delle principali caratteristiche geometriche e uno schema del modello di calcolo.


La sezione 1 del concio d'attacco presenta le seguenti dimensioni:

- Calotta: 1m*1.2m;
- Reni: 1m*2.2 m
- Piedritto: 1m* 1.6 m
- Attacco muretta-piedritto: 1m* 2.5m
- Attacco muretta-arco rovescio: 1m*1.7m
- Arco rovescio: 1m*1.7m

La sezione 2 della galleria presenta le seguenti dimensioni:

- Calotta: 1m*0.9m;
- Reni: 1m*2.1 m
- Piedritto: 1m* 1.5 m
- Attacco muretta-piedritto: 1m* 1.8 m
- Attacco muretta-arco rovescio: 1m*1.7m
- Arco rovescio: 1m*1.7m

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:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

SEZIONE 1

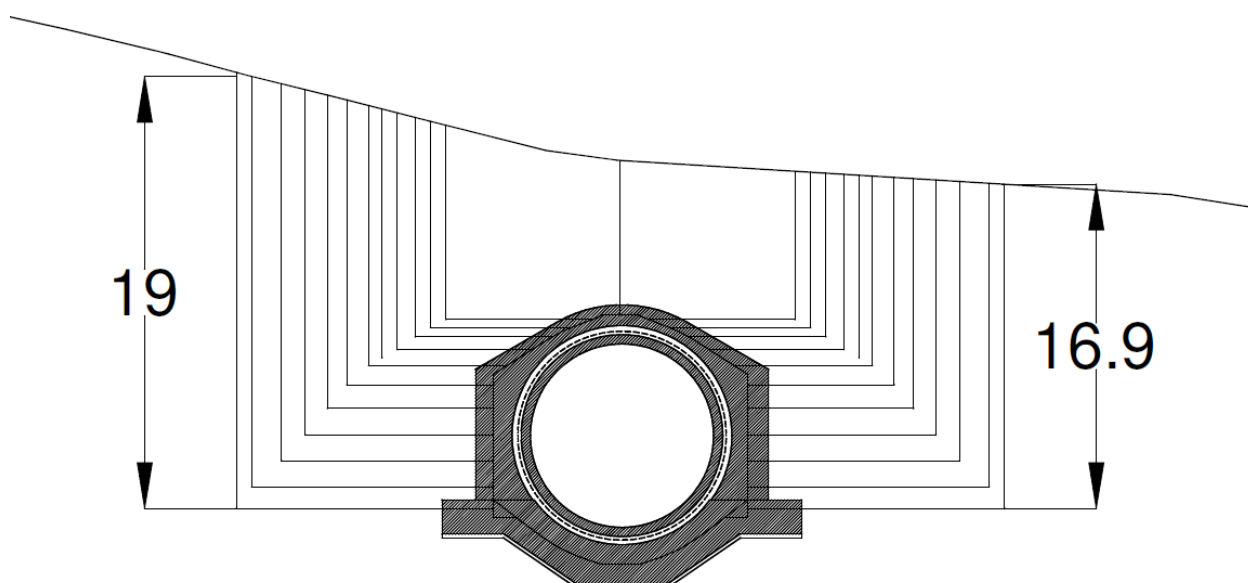


Figura 132 – Sezione con le relative altezze di ritombamento

Tabella 178 – Altezze di ricoprimento

ALTEZZE DI RICOPRIMENTO	(m)
H1	19
H2	17
H3	13
H4	10.8
H5	9.8
H6	8.75

H7	8
H8	7.4
H9	6.8
H10	6.2
H11	6.6
H12	6.9
H13	7.9
H14	8.2
H15	8.9
H16	9.9
H17	10.9
H18	11.9
H19	12.9
H20	12.5
H21	13.9
H22	16.9

La sezione 2 della galleria presenta altezze di ricoprimento a partire dalla quota in corrispondenza della muretta e arrivando fino al piano campagna:

SEZIONE 2

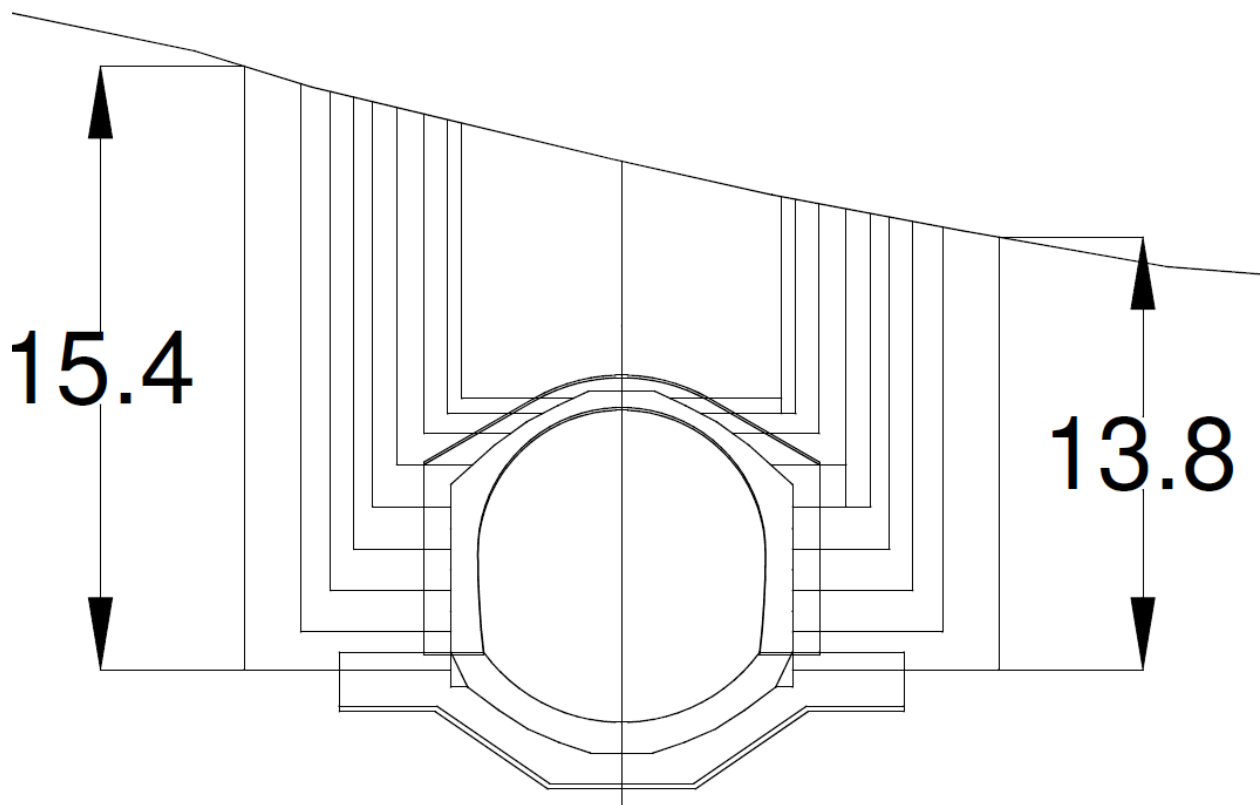



Figura 133 – Sezione con le relative altezze di ritombamento

Tabella 179 – Altezze di ricoprimento

ALTEZZE DI RICOPRIMENTO	(m)
H1	15.4
H2	12.8
H3	10.4
H4	9.4

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 257 di 354

H5	8.4
H6	7.4
H7	6.4
H8	6
H9	5.6
H10	5.3
H11	5
H12	5.5
H13	6.9
H14	7.2
H15	8.2
H16	9.2
H17	10.9
H18	11.2
H19	12.5
H20	13.8

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.

CONCIO D'ATTACCO

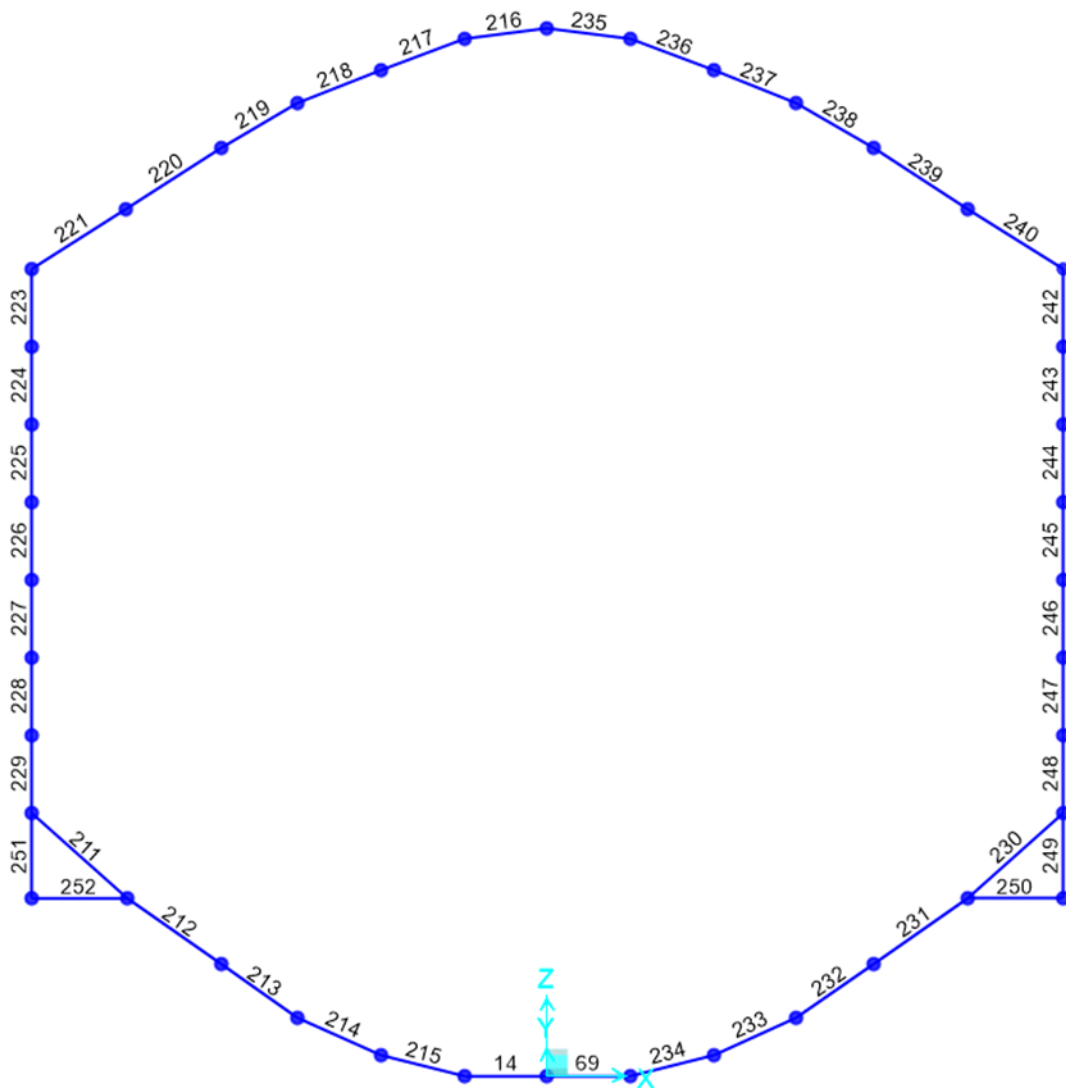



Figura 134 – Schema degli elementi di calcolo agli elementi finiti del concio di attacco

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 259 di 354

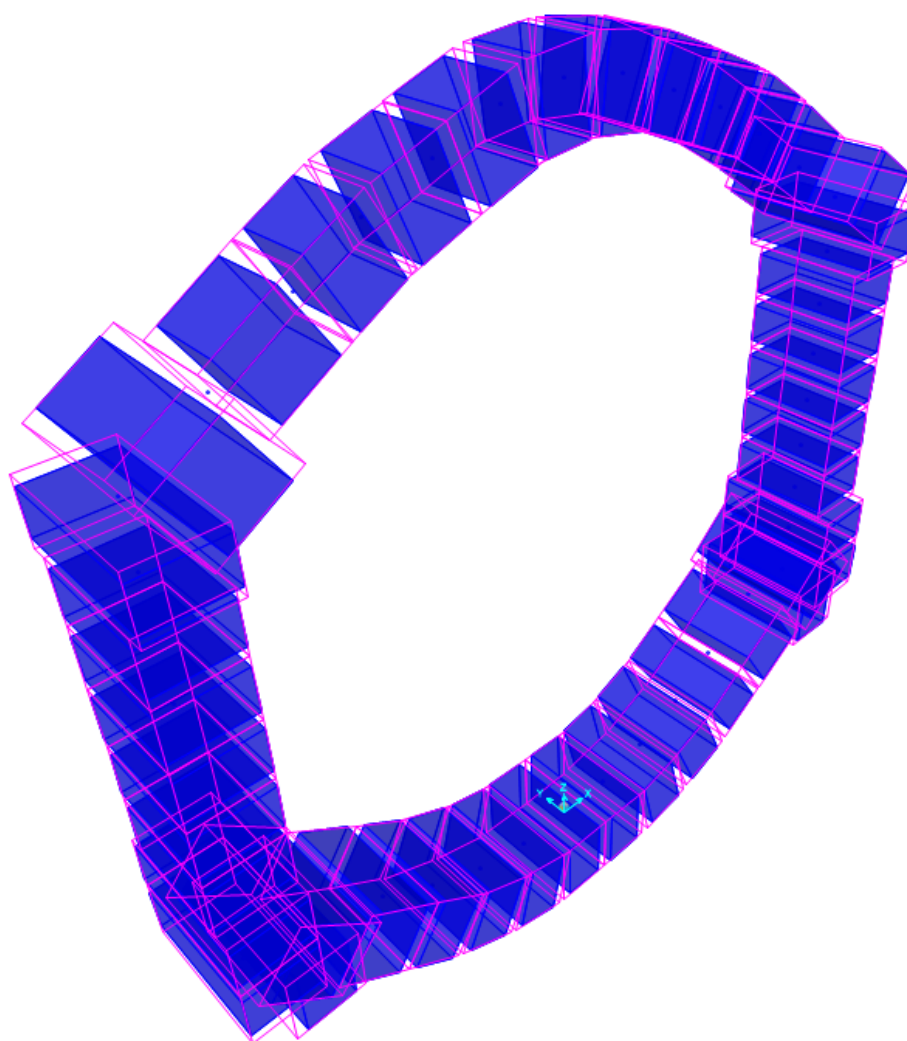


Figura 135 – Schema tridimensionale del modello

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.

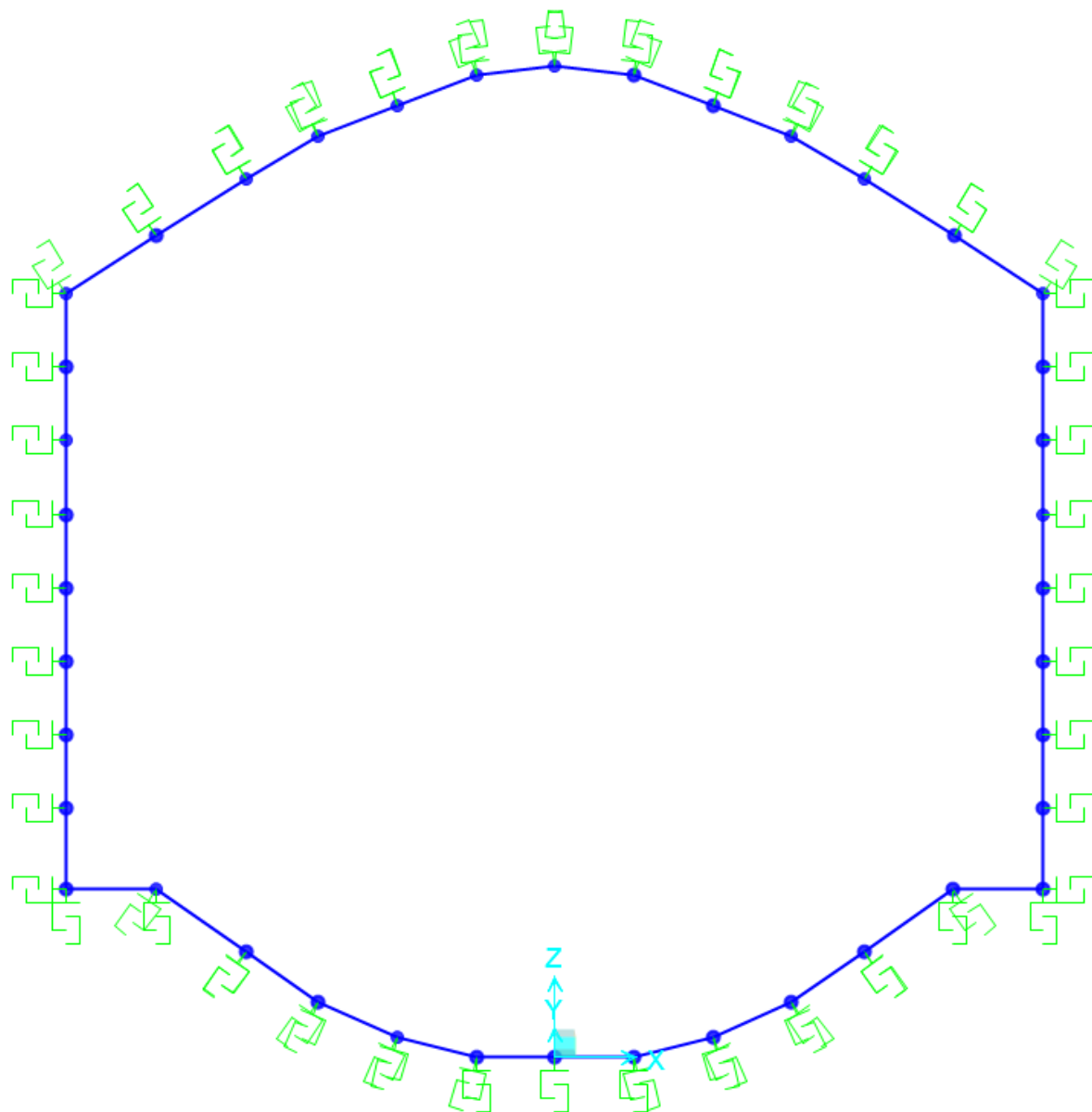



Figura 136 – Schema con le molle di calcolo

Le molle sono calcolate con la seguente formulazione:

✓ per i tratti curvilinei di rivestimento

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

✓ per i tratti rettilinei del rivestimento

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


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
- ν 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 180 – Carichi applicati al modello di calcolo

1	PP	Dead Load (Peso della struttura)
2	P_{cop}	Peso in copertura
3	SP.sx	Spinta del terreno a riposo sui fianchi della galleria, da sinistra
4	SP.dx	Spinta del terreno a riposo sui fianchi della galleria, da destra
5	Qd_sx	Carichi variabili in copertura da sinistra
6	Qd_dx	Carichi variabili in copertura da destra
7	SQ.sx	Incremento di spinta orizzontale per carico variabile in copertura, da sinistra
8	SQ.dx	Incremento di spinta orizzontale per carico variabile in copertura, da destra
9	ΔS,h sx	Incremento di spinta sismica orizzontale del terreno sui fianchi (th.di

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</p>												
<p>GALLERIA SALSO - 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 00 002</td> <td>B</td> <td>262 di 354</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 002	B	262 di 354
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 002	B	262 di 354								

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

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

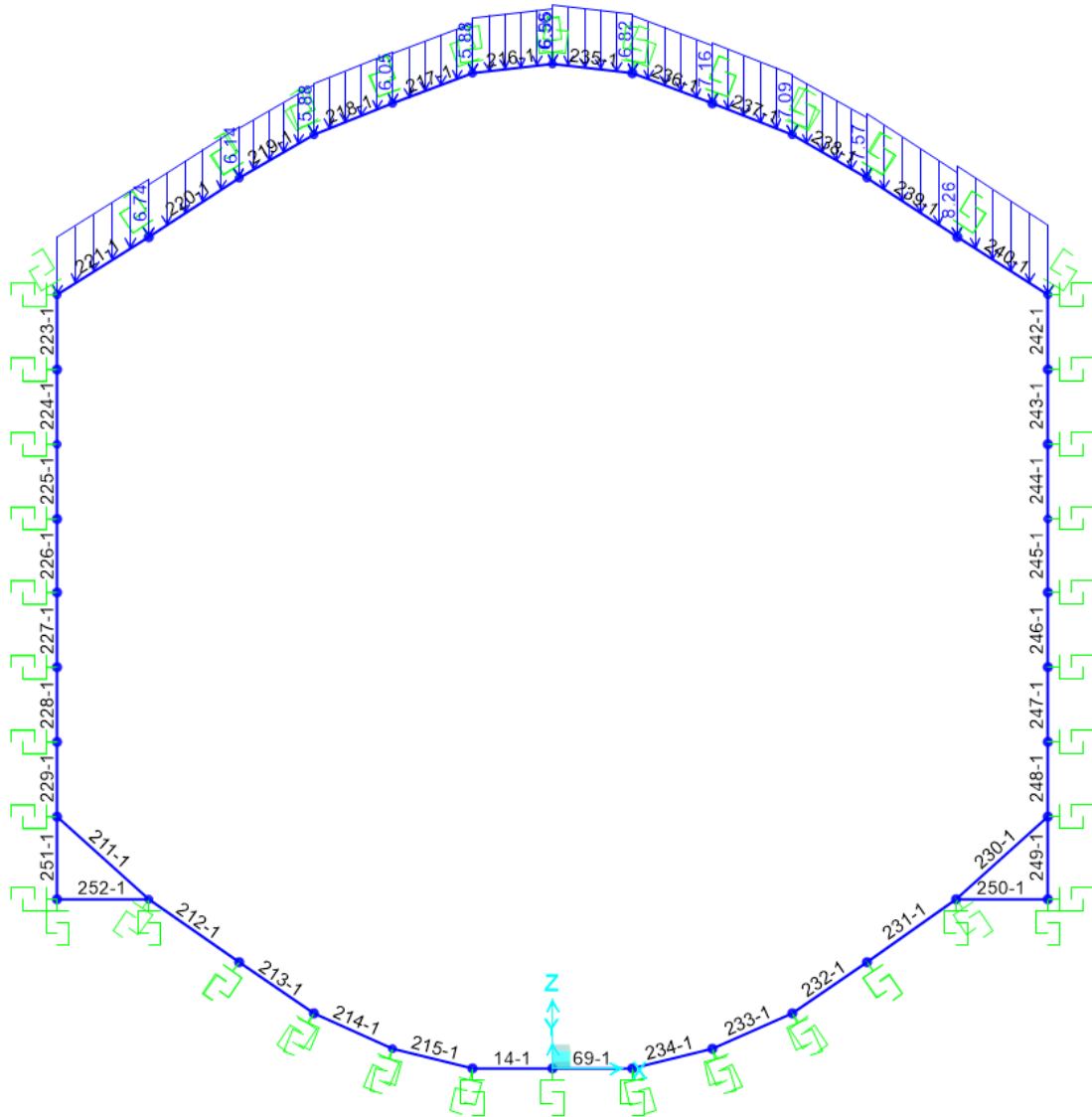


Figura 137 – Carico applicato: peso in copertura

Spinte del terreno sui fianchi della galleria; la spinta è valutata considerando in peso del terreno pari a 20 kN/m³, 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:

$$\text{Spinta del terreno} = K_0 * \gamma * Z_{rit}$$

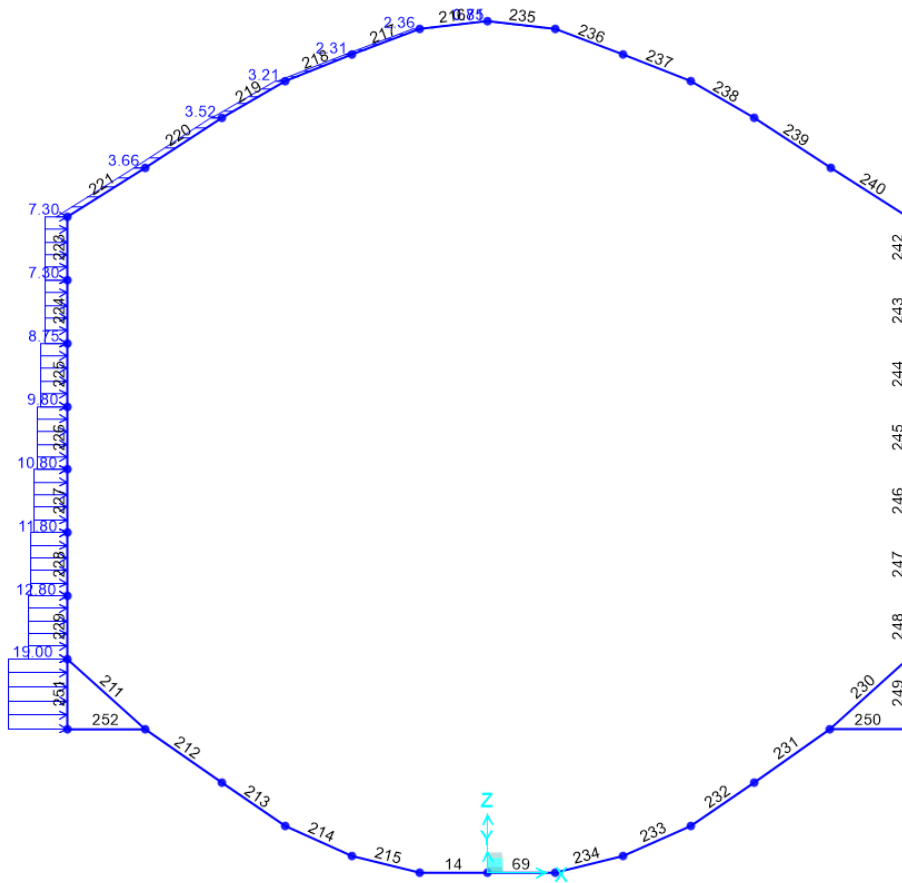



Figura 138 – Carico applicato: spinta laterale del terreno – lato sinistro

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

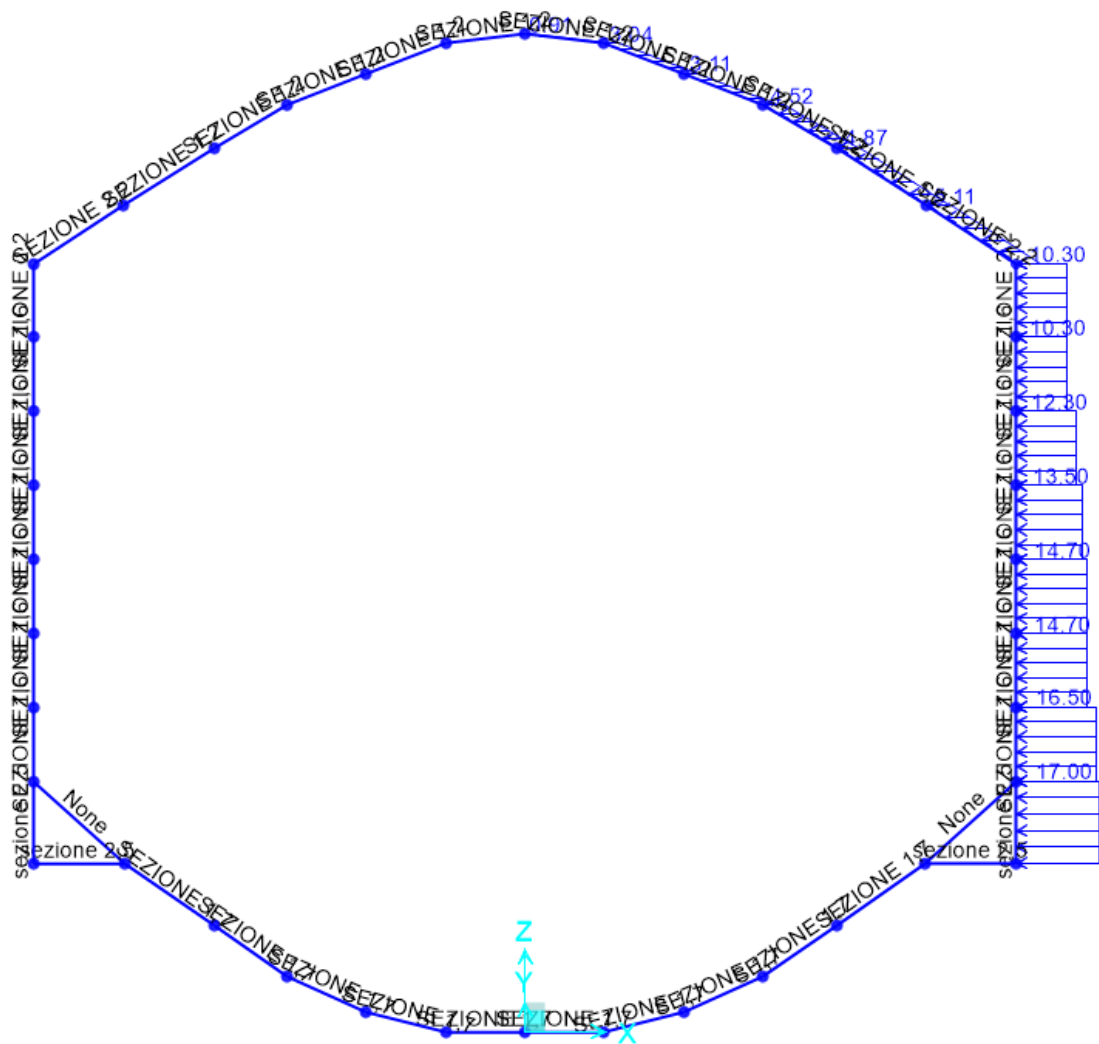


Figura 139 – Carico applicato: spinta laterale del terreno – lato destro

Azioni variabili: carico variabile Q_1 pari a 20 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 magnitudinelle varie combinazioni di carico:

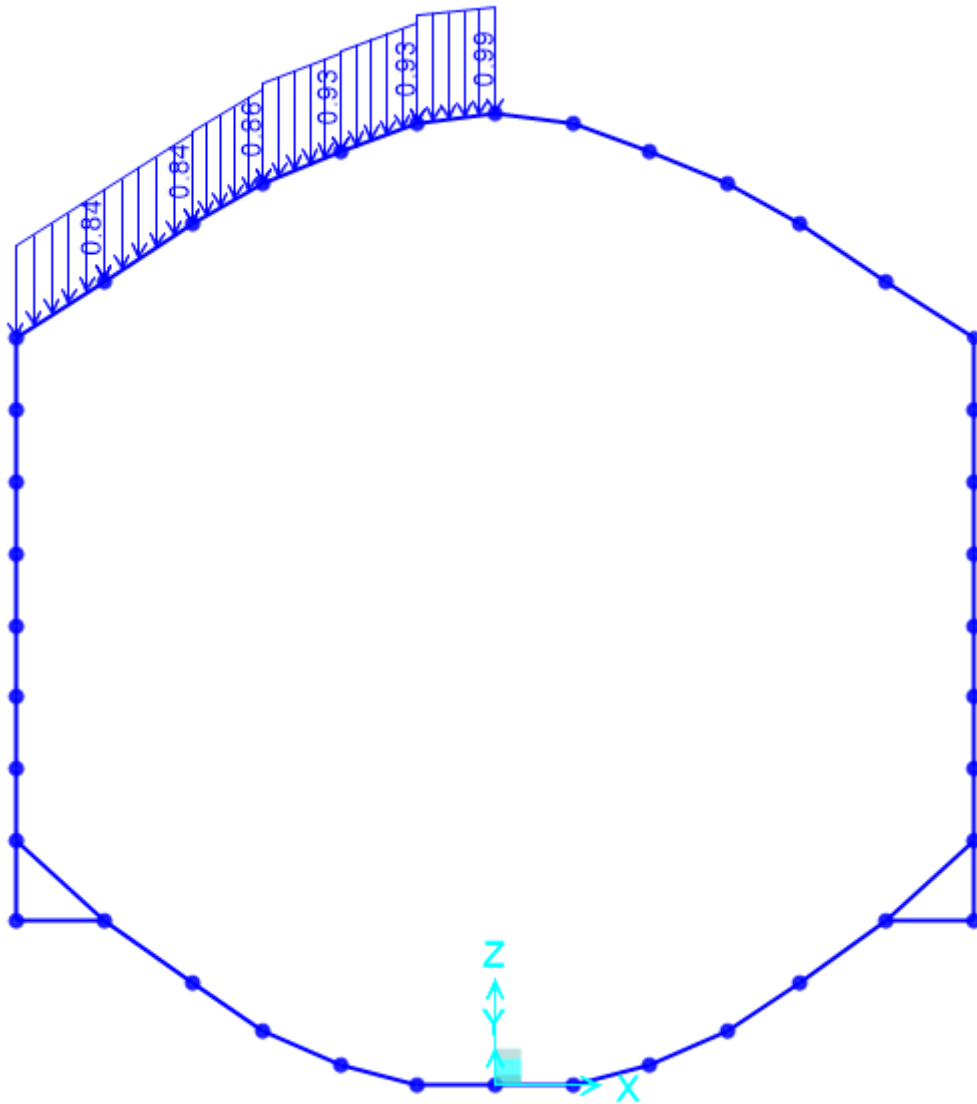


Figura 140 – Carico applicato: carico variabile in copertura - lato sinistro

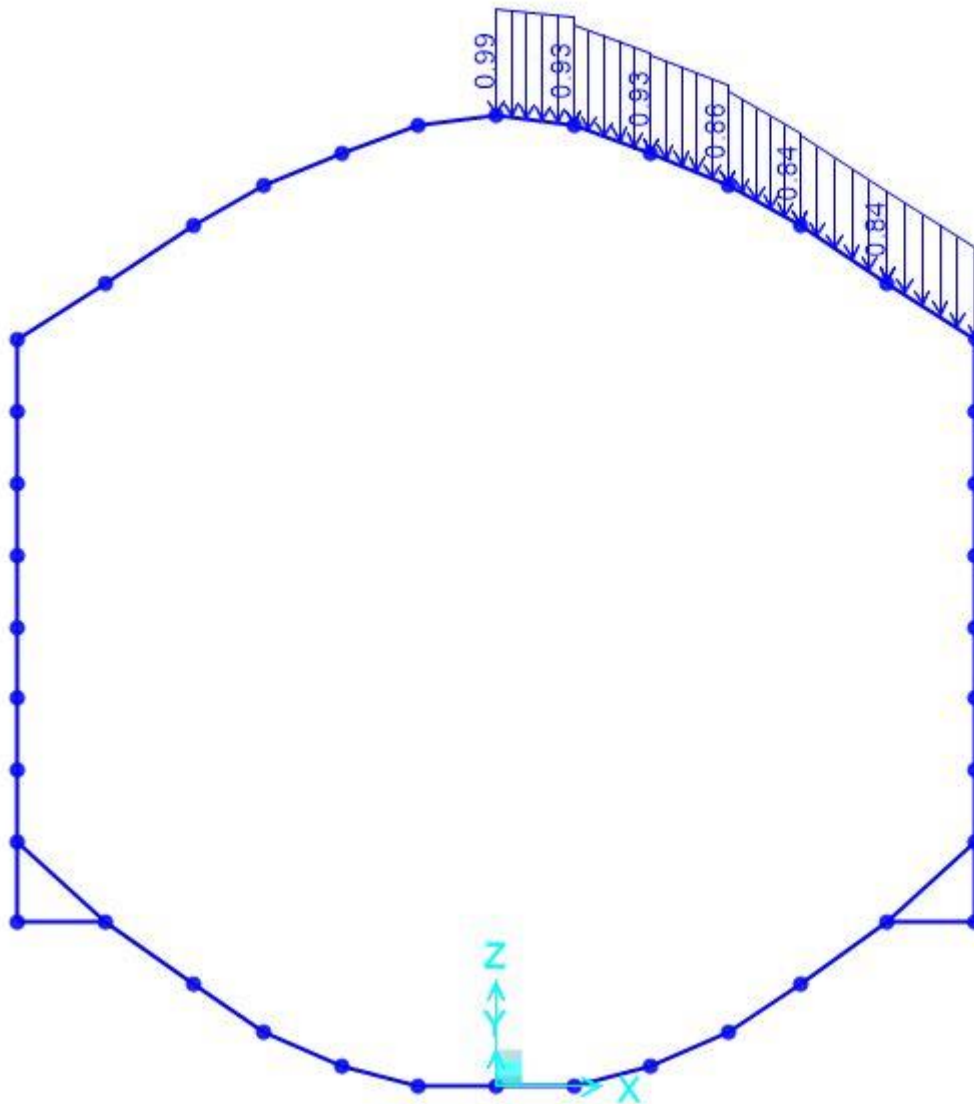


Figura 141 – Carico applicato: carico variabile in copertura – lato sinistro

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 = $20 \text{ kN/m} \cdot x$ $k_0 = 12 \text{ kN/m}$

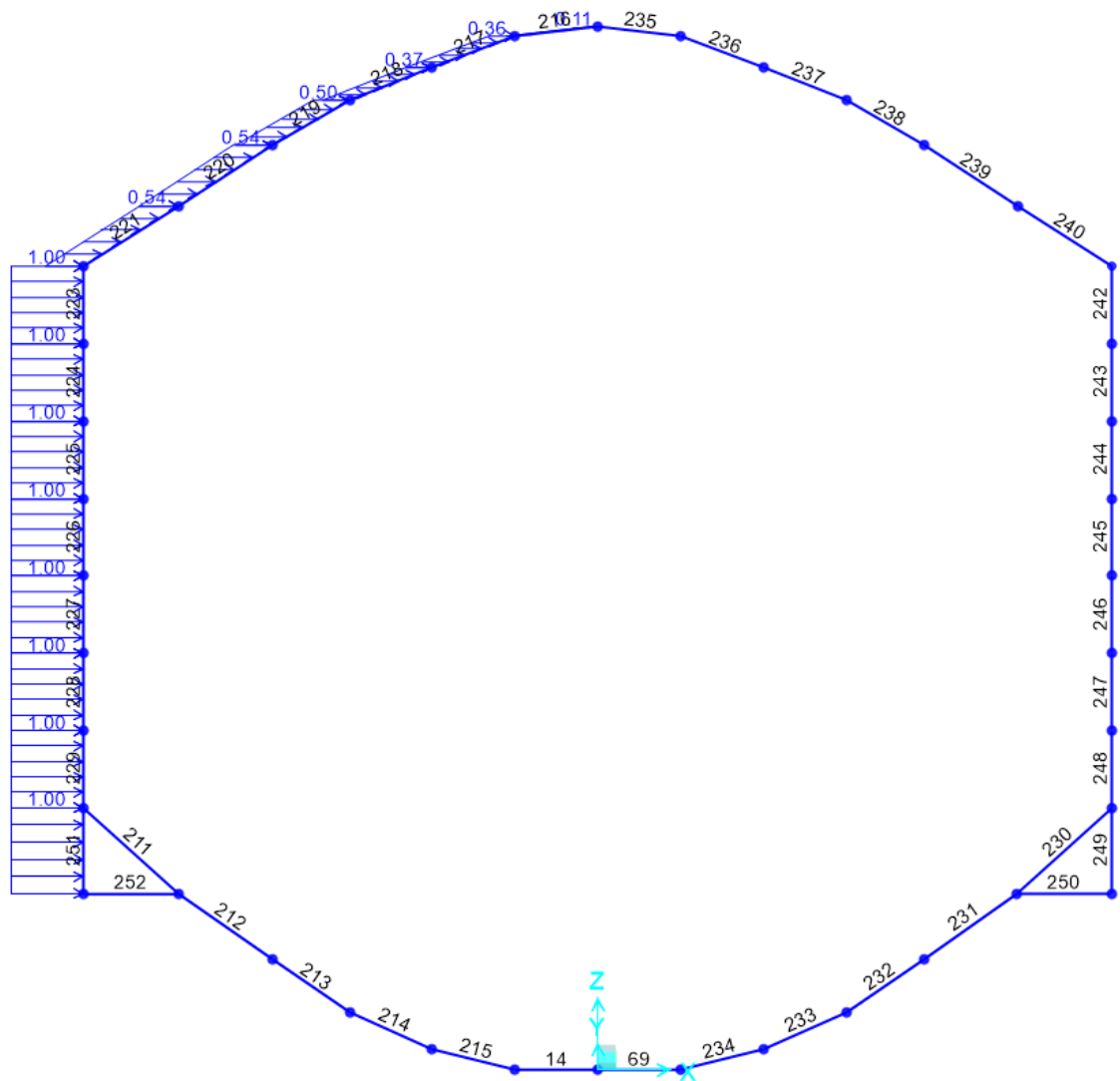



Figura 142 – Carico applicato: incremento di spinta orizzontale per carico variabile in copertura – lato sinistro

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

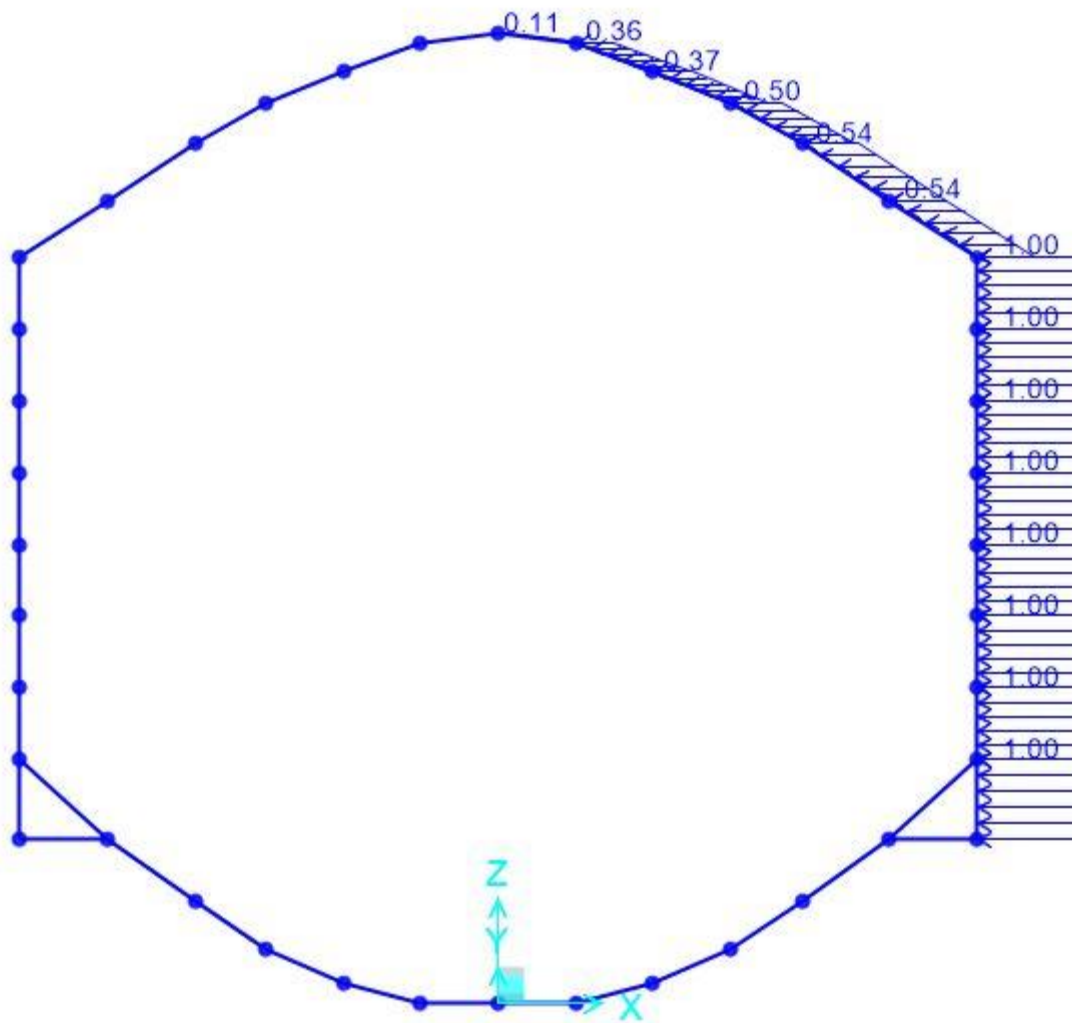


Figura 143 – Carico applicato: incremento di spinta orizzontale per carico variabile in copertura – lato destro

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 ($\pm \Delta S_H$); l’incremento di spinta può valutarsi secondo la teoria di Wood, per cui la risultante dell’azione sismica orizzontale può calcolarsi secondo:

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

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

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

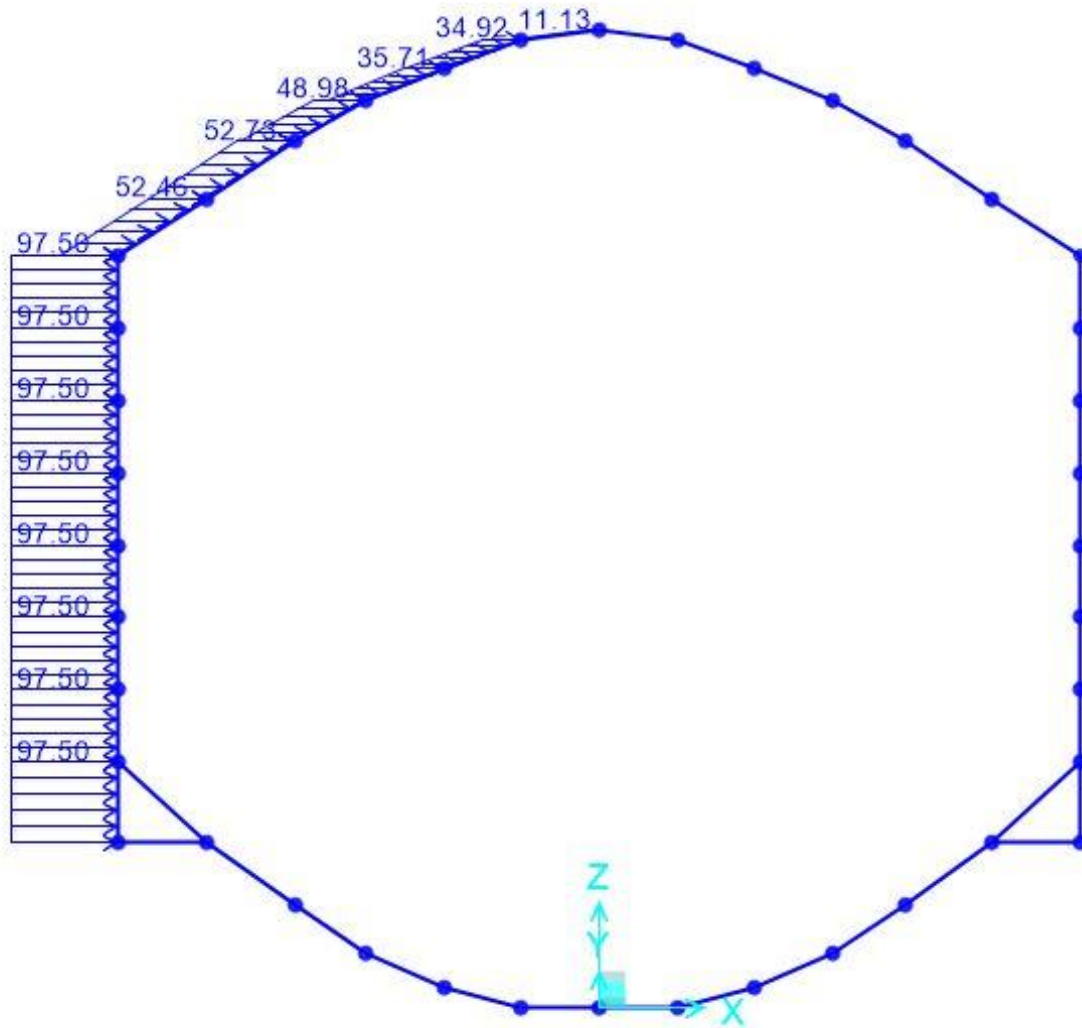



Figura 144 – Carico applicato: incremento di spinta sismica orizzontale – lato sinistro

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

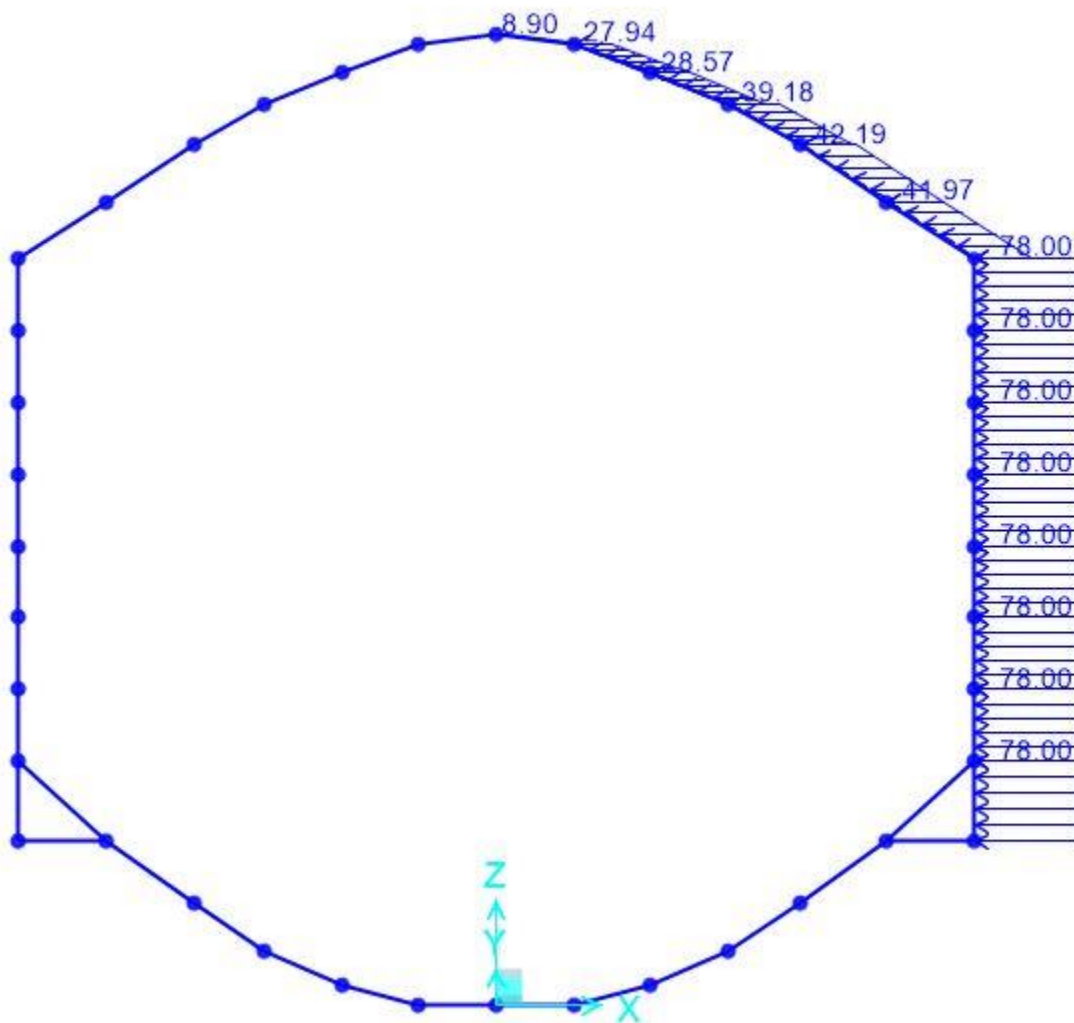



Figura 145 – Carico applicato: spinta sismica orizzontale lato destro

Variatione del peso del terreno di ritombamento ($\pm \Delta S_v$); l'incremento di spinta può valutarsi secondo la teoria di Wood, per cui la risultante dell'azione sismica verticale può calcolarsi secondo:

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

In cui A rappresenta l'altezza del carico di coprimento (variabile in questo caso) al di sopra della calotta. La spinta viene applicata sulla calotta, uniformemente distribuita sulla larghezza dell'opera; a tale scopo sul modello sono state inserite le altezze medie di carico verticale, mentre

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</p>					
<p>GALLERIA SALSO - 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 00 002</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 272 di 354</p>

nelle combo è stato inserito il moltiplicatore comune, pertanto il carico sismico verticale assunto è pari a:

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

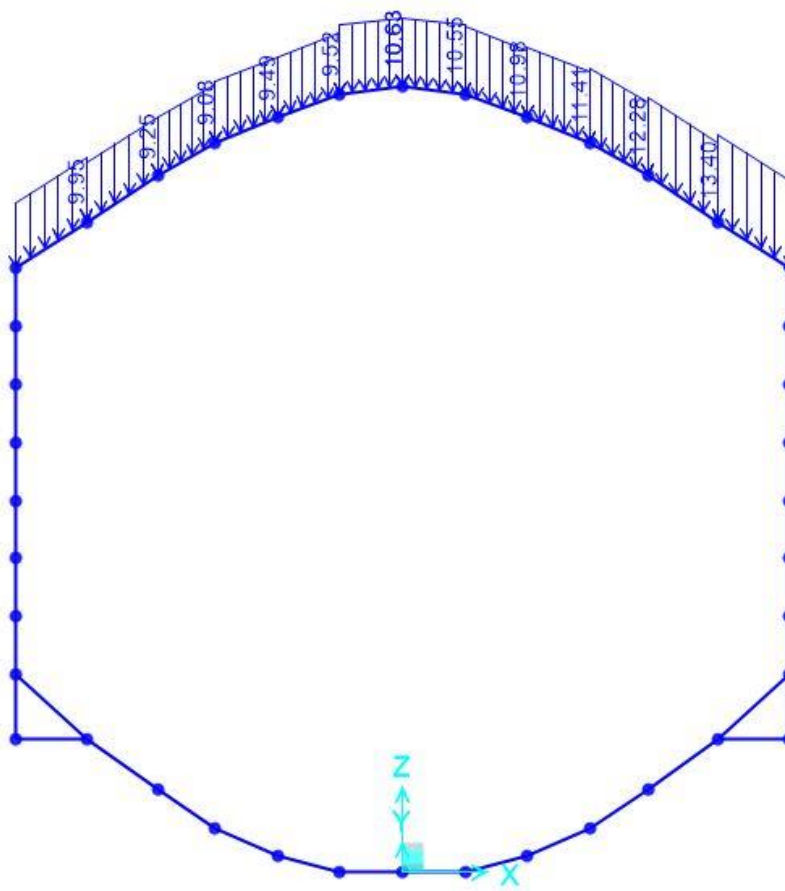



Figura 146 – Carico applicato: spinta sismica verticale

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

Tabella 181 – parametri di calcolo

SALSO					
Parametri di calcolo					
Tipo Terreno	γ	c'	ϕ'	E'	ν
[-]	[kN/m3]	[kN/m2]	[°]	[MPa]	[-]
Ricoprimento	20	0	30	30	0.3
Terreno alla base	21	15	22	83	0.3
Rigidezza molle per elementi curvi (Formula di Galerkin)					
$K_n = \frac{E}{(1+\nu) \times R}$	Elemento	R	K		
	[-]	[m]	[kN/m3]		
	AR	4.2	30403		
	Calotta	5	4615		
Rigidezza molle per elementi Lineari (Formula Di Boussinesq)					
$k_n = \frac{E}{B \cdot (1-\nu^2)}$	Elemento	B	K		
	[-]	[m]	[kN/m3]		
	Sommità piedritto	5.7	5784		
	Base piedritto	2	91209		

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</p>												
<p>GALLERIA SALSO - 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 00 002</td> <td>B</td> <td>274 di 354</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 002	B	274 di 354
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 002	B	274 di 354								

Modello della Galleria Artificiale

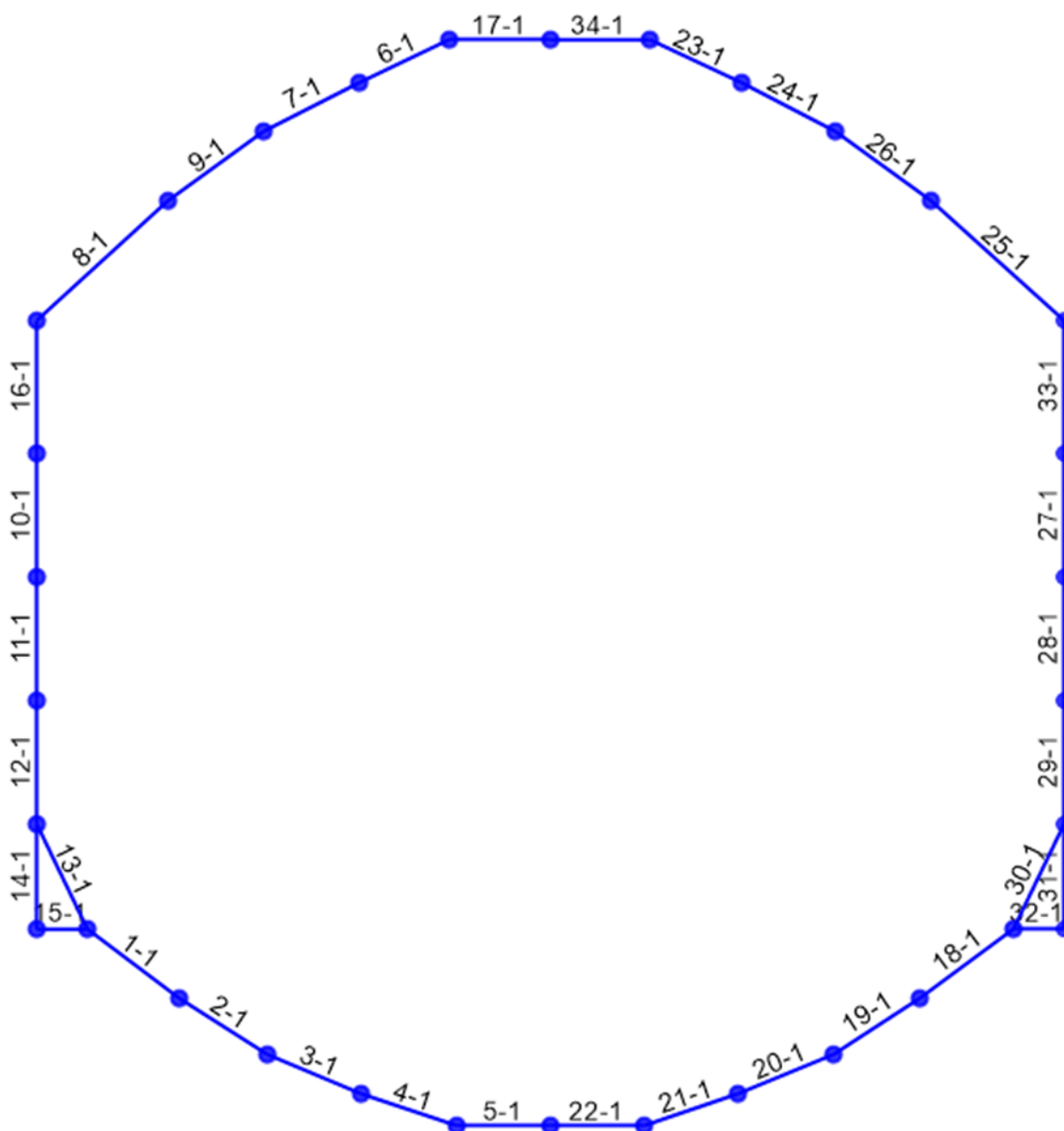



Figura 147 – Schema degli elementi di calcolo agli elementi finiti - GA

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 275 di 354

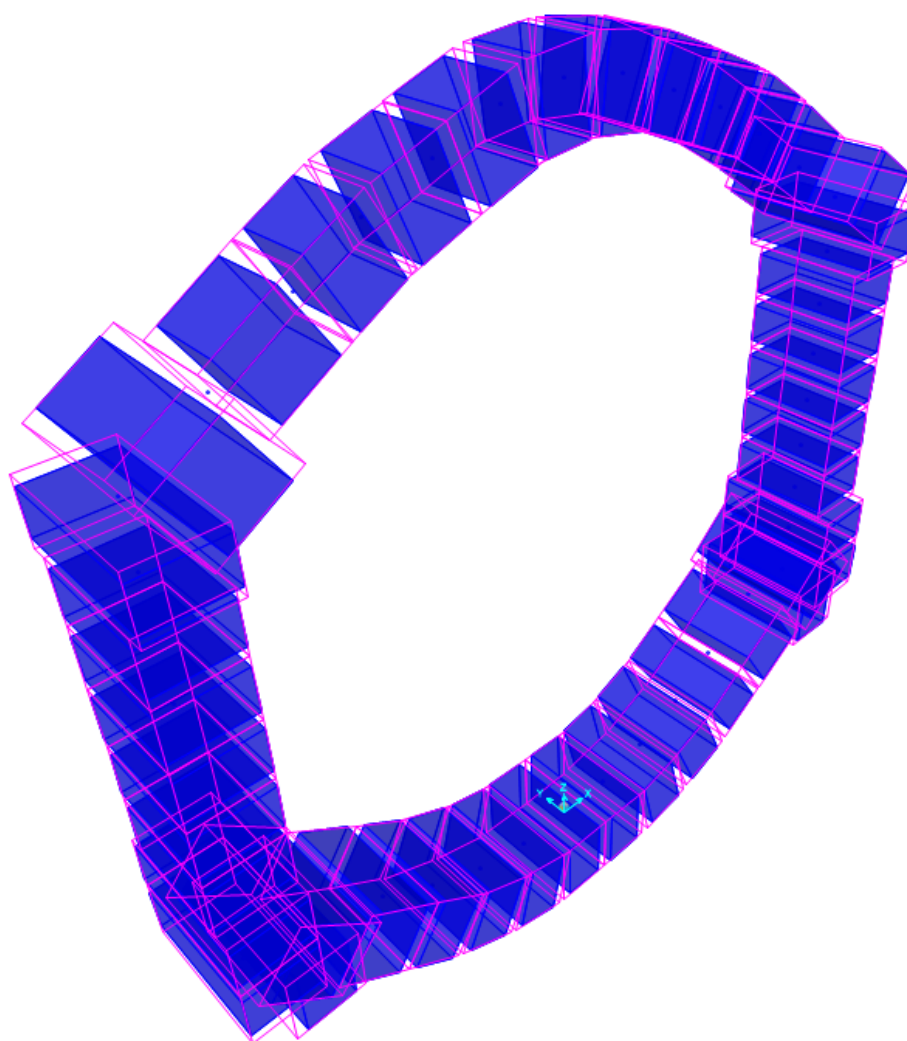



Figura 148 – Schema tridimensionale del modello

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.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

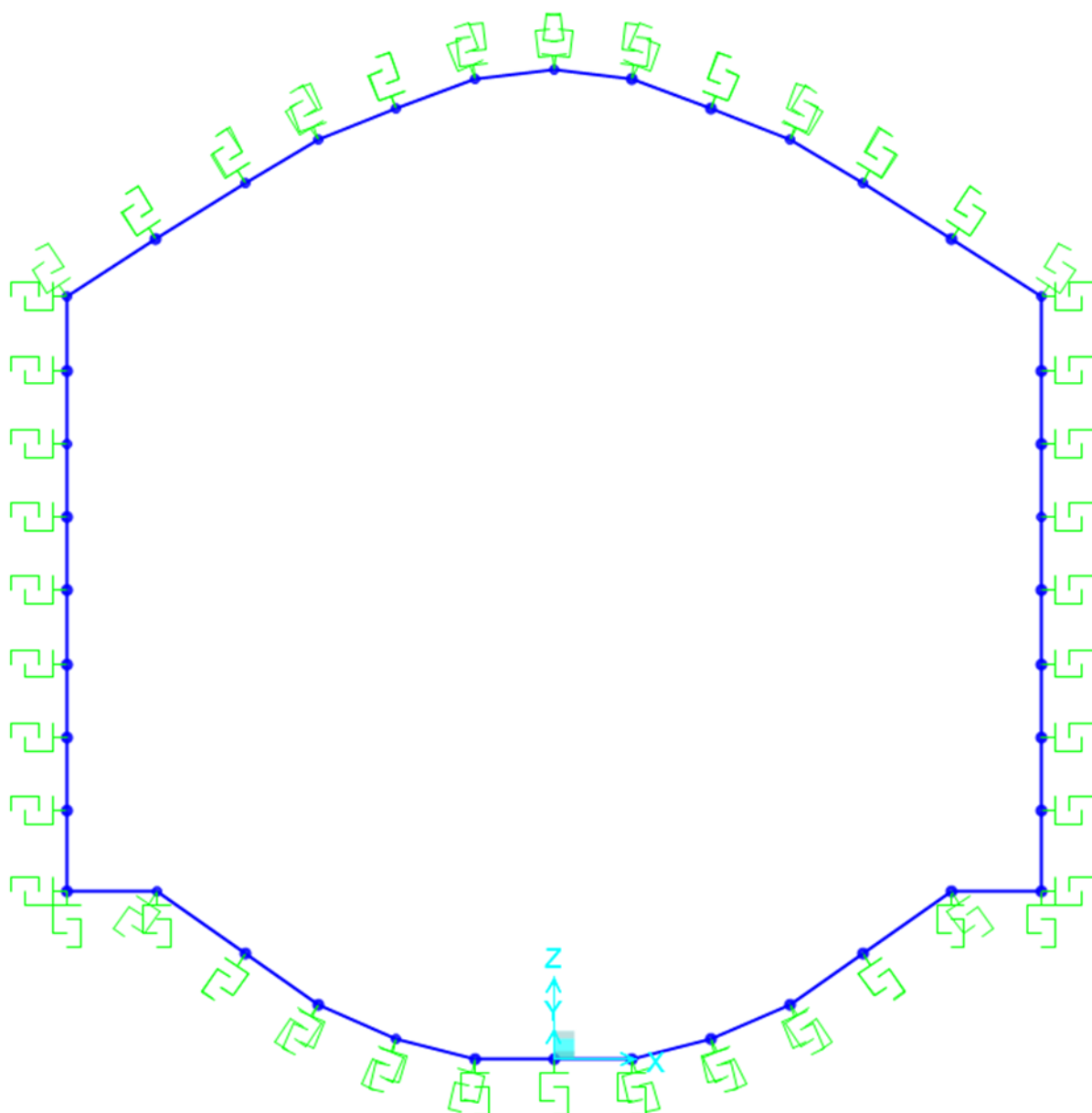



Figura 149 – Schema con le molle di calcolo

Le molle sono calcolate con la seguente formulazione:

- ✓ per i tratti curvilinei di rivestimento

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</p>												
<p>GALLERIA SALSO - 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 00 002</td> <td>B</td> <td>277 di 354</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 002	B	277 di 354
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 002	B	277 di 354								

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

✓ per i tratti rettilinei del rivestimento

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

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
- ν 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 182 – Carichi applicati

1	PP	Dead Load (Peso della struttura)
2	Pcop	Peso in copertura
3	SP.sx	Spinta del terreno a riposo sui fianchi della galleria, da sinistra
4	SP.dx	Spinta del terreno a riposo sui fianchi della galleria, da destra
5	Qd_sx	Carichi variabili in copertura da sinistra
6	Qd_dx	Carichi variabili in copertura da destra
7	SQ.sx	Incremento di spinta orizzontale per carico variabile in copertura, da sinistra
8	SQ.dx	Incremento di spinta orizzontale per carico variabile in copertura, da

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</p>												
<p>GALLERIA SALSO - 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 00 002</td> <td>B</td> <td>278 di 354</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 002	B	278 di 354
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 002	B	278 di 354								

		destra
9	$\Delta S, h_{sx}$	Incremento di spinta sismica orizzontale del terreno sui fianchi (th.di Wood), da sinistra
10	$\Delta S, h_{dx}$	Incremento di spinta sismica orizzontale del terreno sui fianchi (th.di Wood), da destra
11	$\Delta S, v$	Azione sismica verticale
12	I.h	Inerzia orizzontale
13	I.v	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)

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

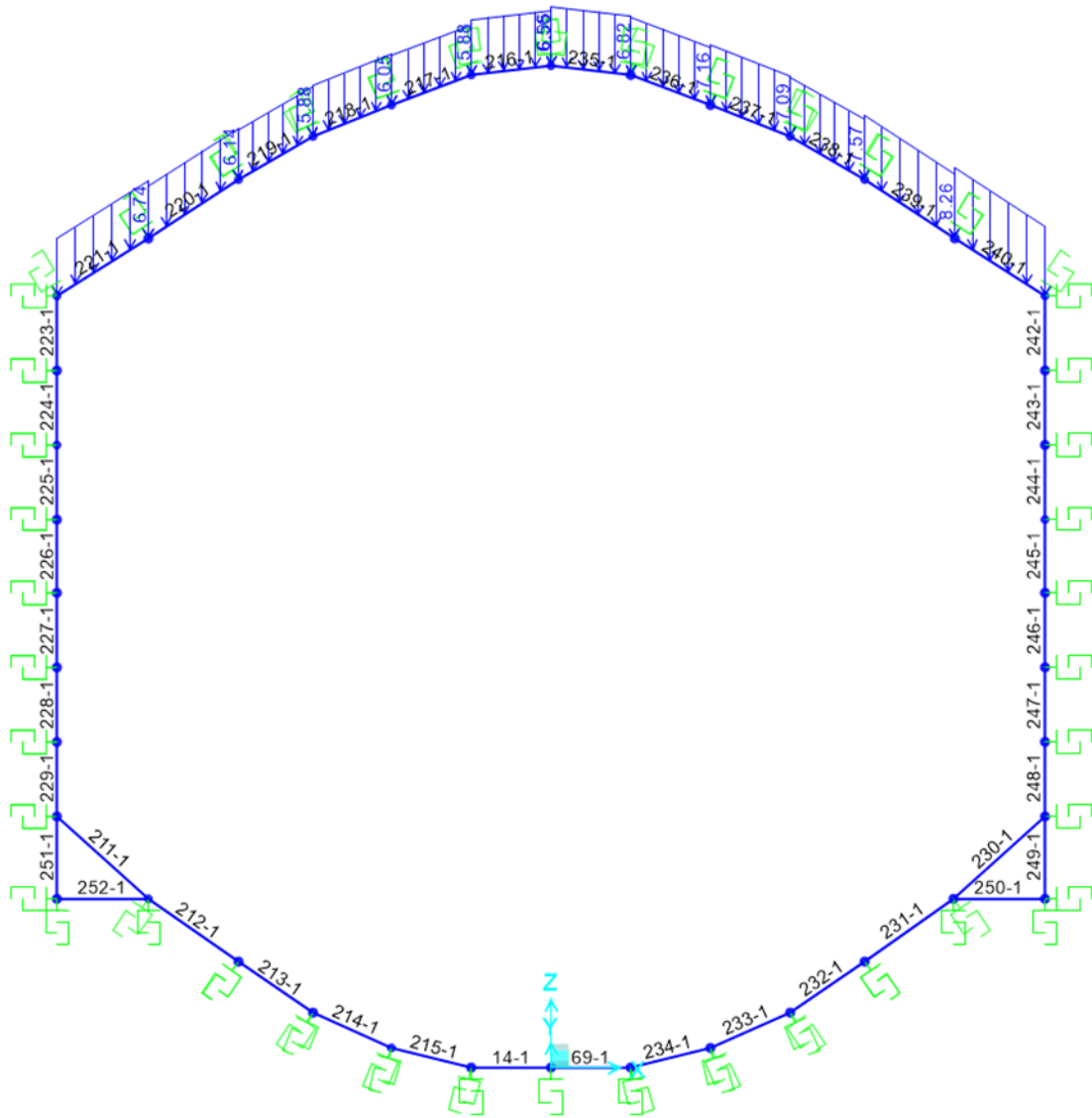


Figura 150 – Carico applicato: peso in copertura

Spinte del terreno sui fianchi della galleria; la spinta è valutata considerando in peso del terreno pari a 20 kN/m³, 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:

$$\text{Spinta del terreno} = K_0 \cdot \gamma \cdot Z_{rit}$$

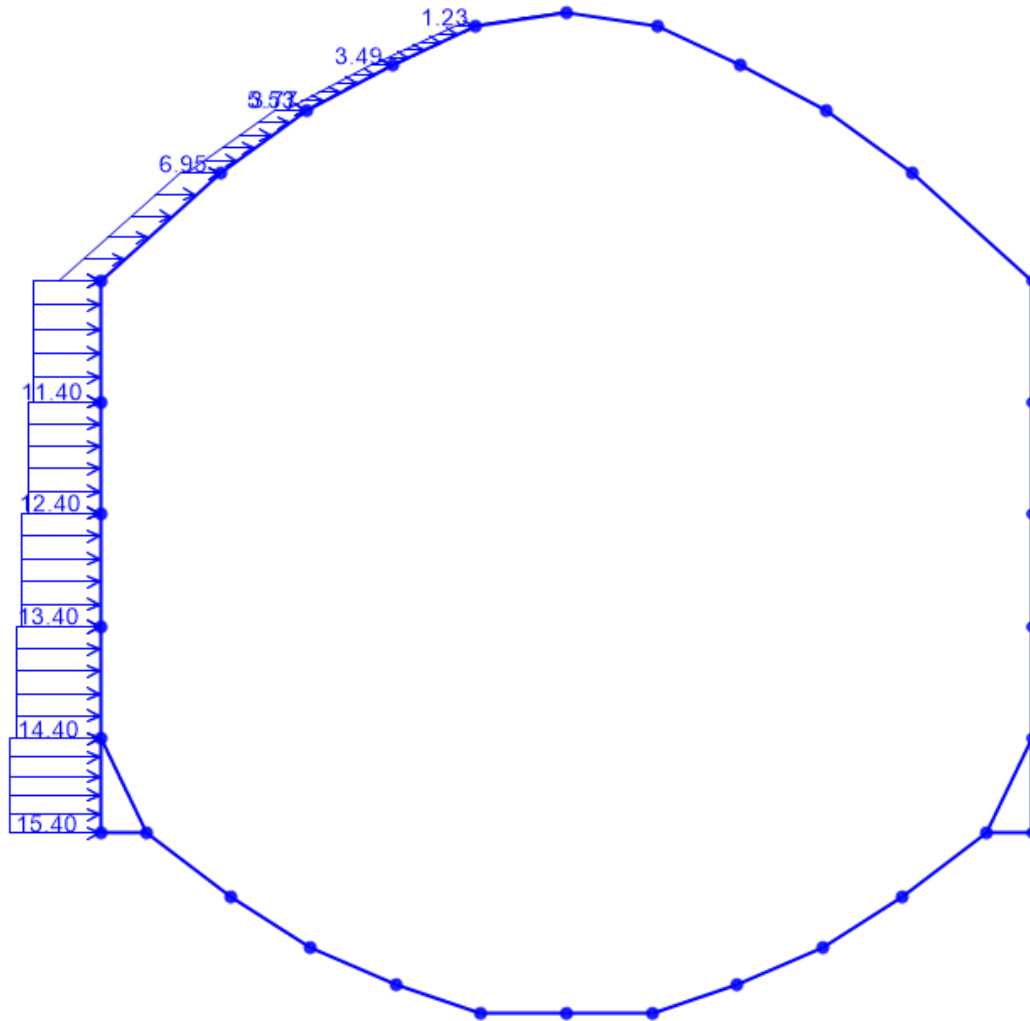


Figura 151 – Carico applicato: spinta laterale del terreno – lato sinistro

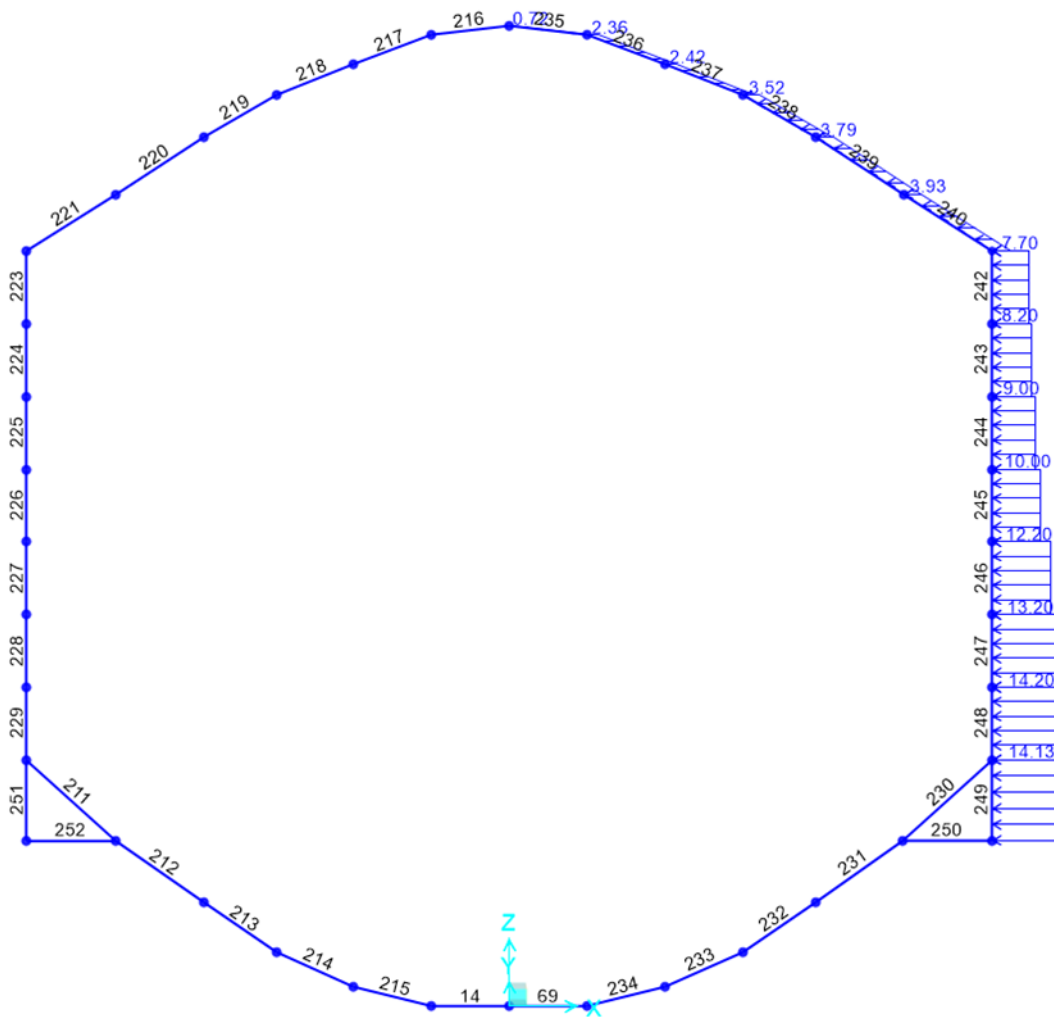


Figura 152 – Carico applicato: spinta laterale del terreno – lato destro

Azioni variabili: carico variabile Q_1 pari a 20 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:

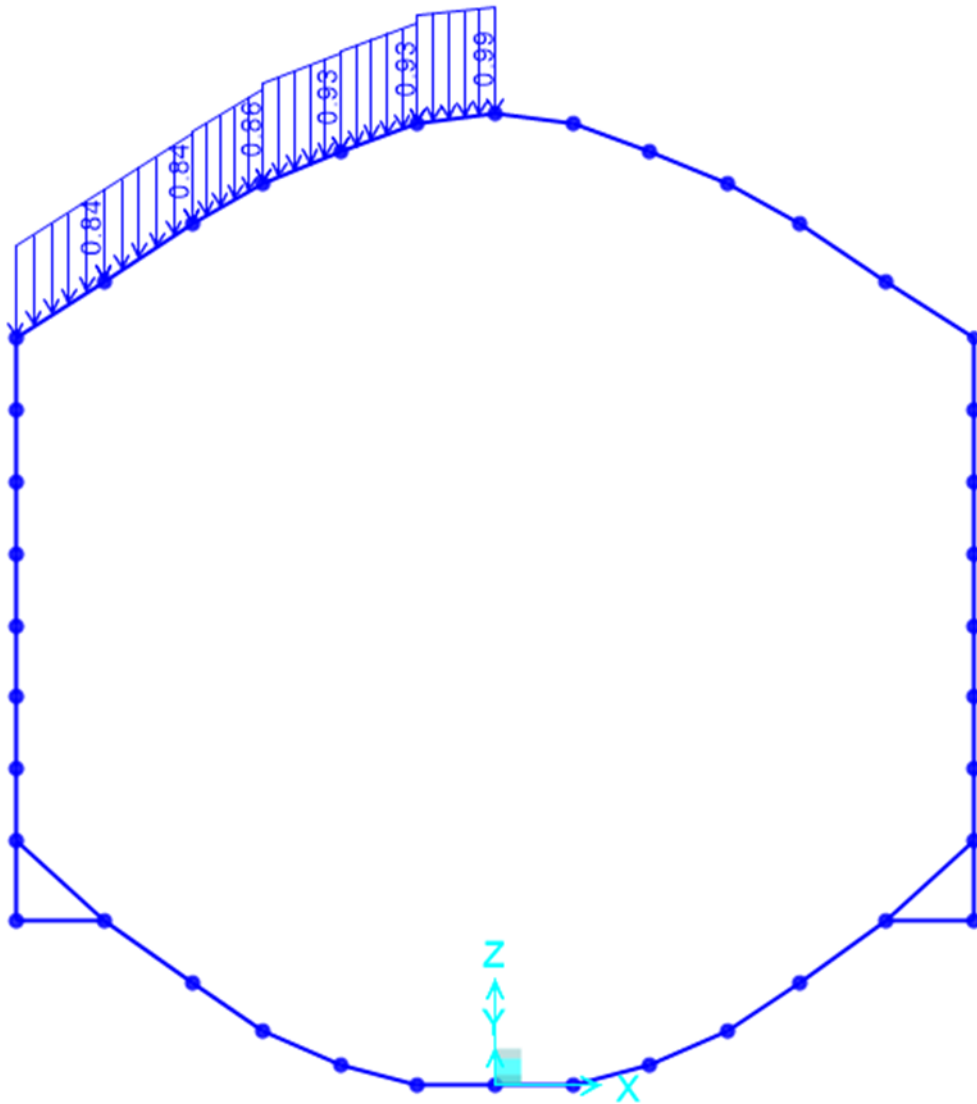


Figura 153 – Carico applicato: carico variabile in copertura – lato sinistro

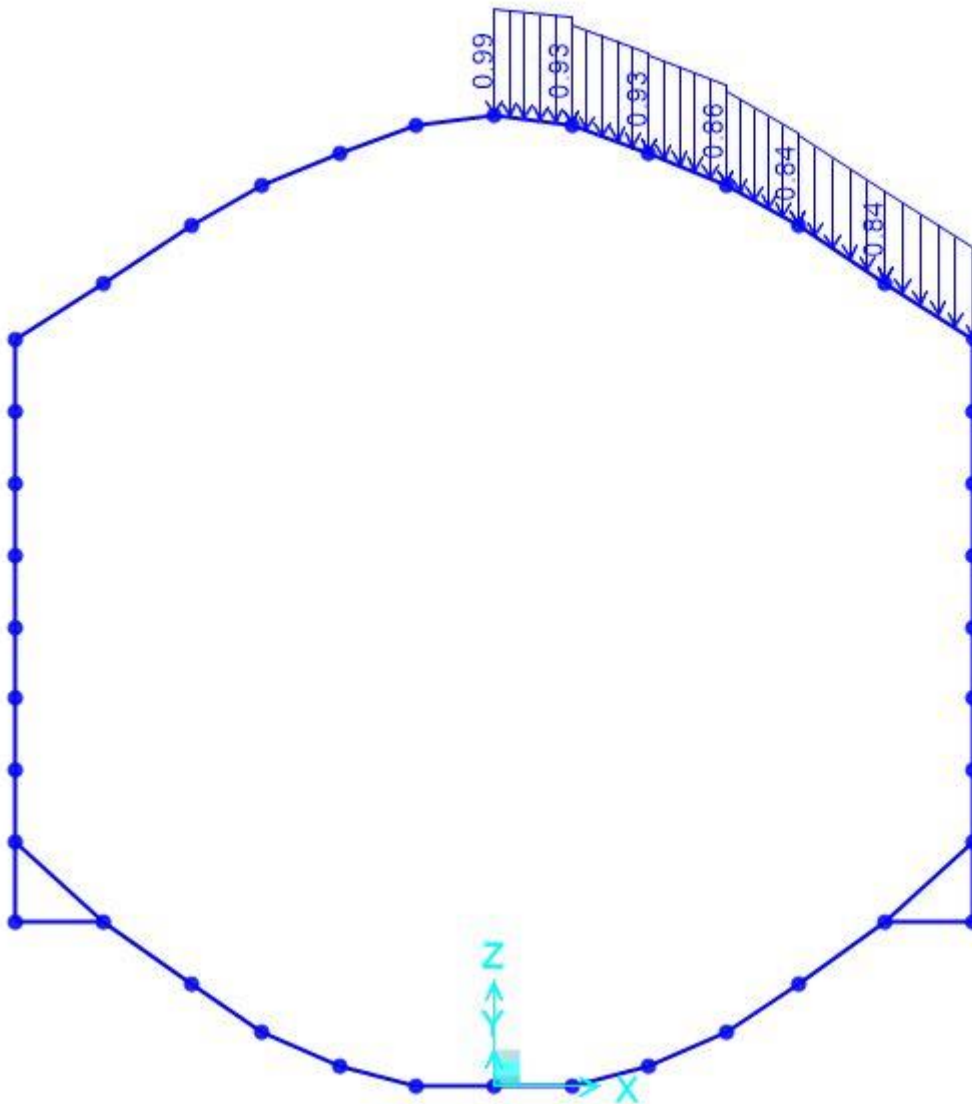


Figura 154 – Carico applicato: carico variabile in copertura – lato sinistro

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 kN/m

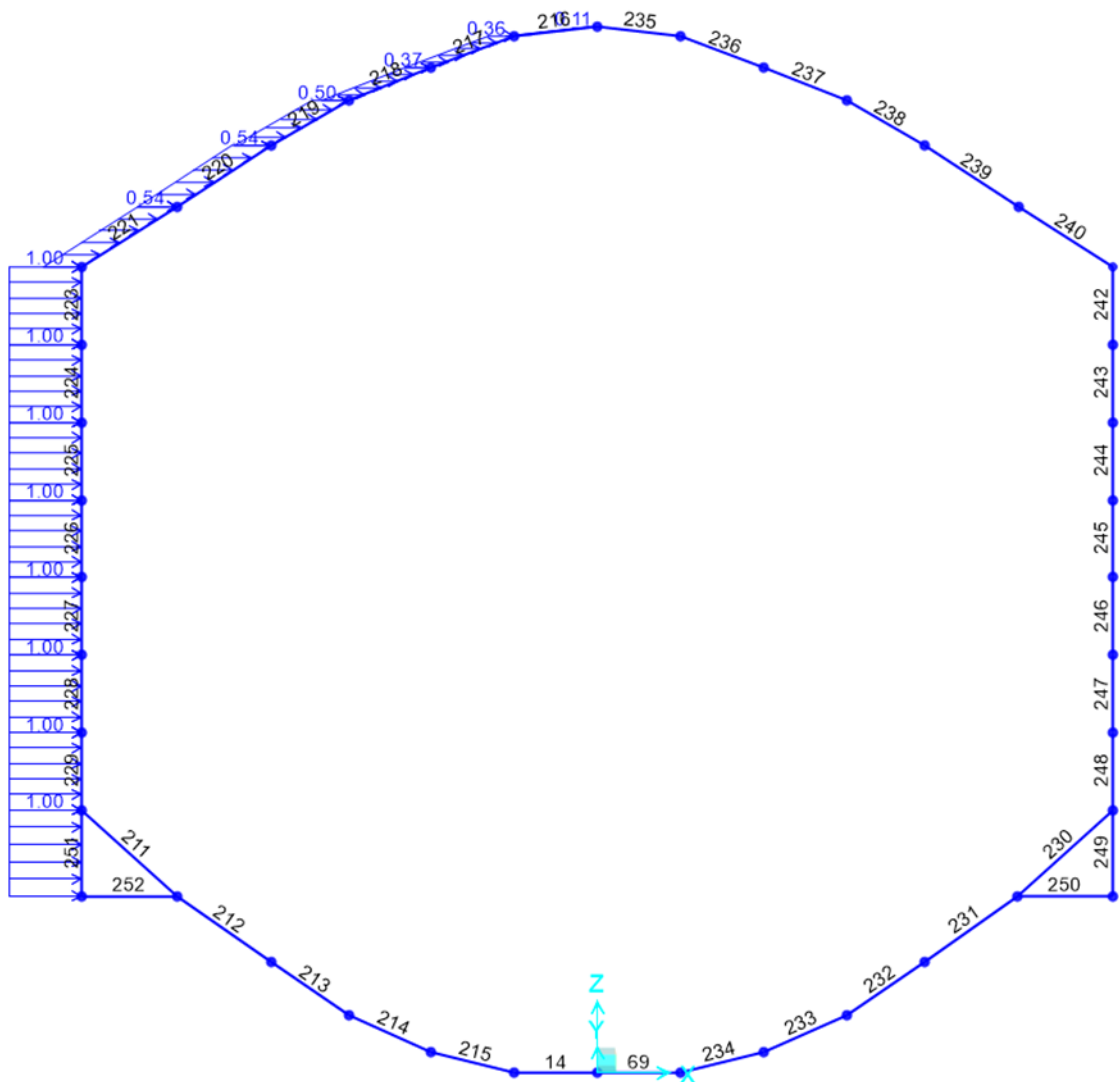


Figura 155 – Carico applicato: incremento di spinta orizzontale per carico variabile in copertura – lato sinistro

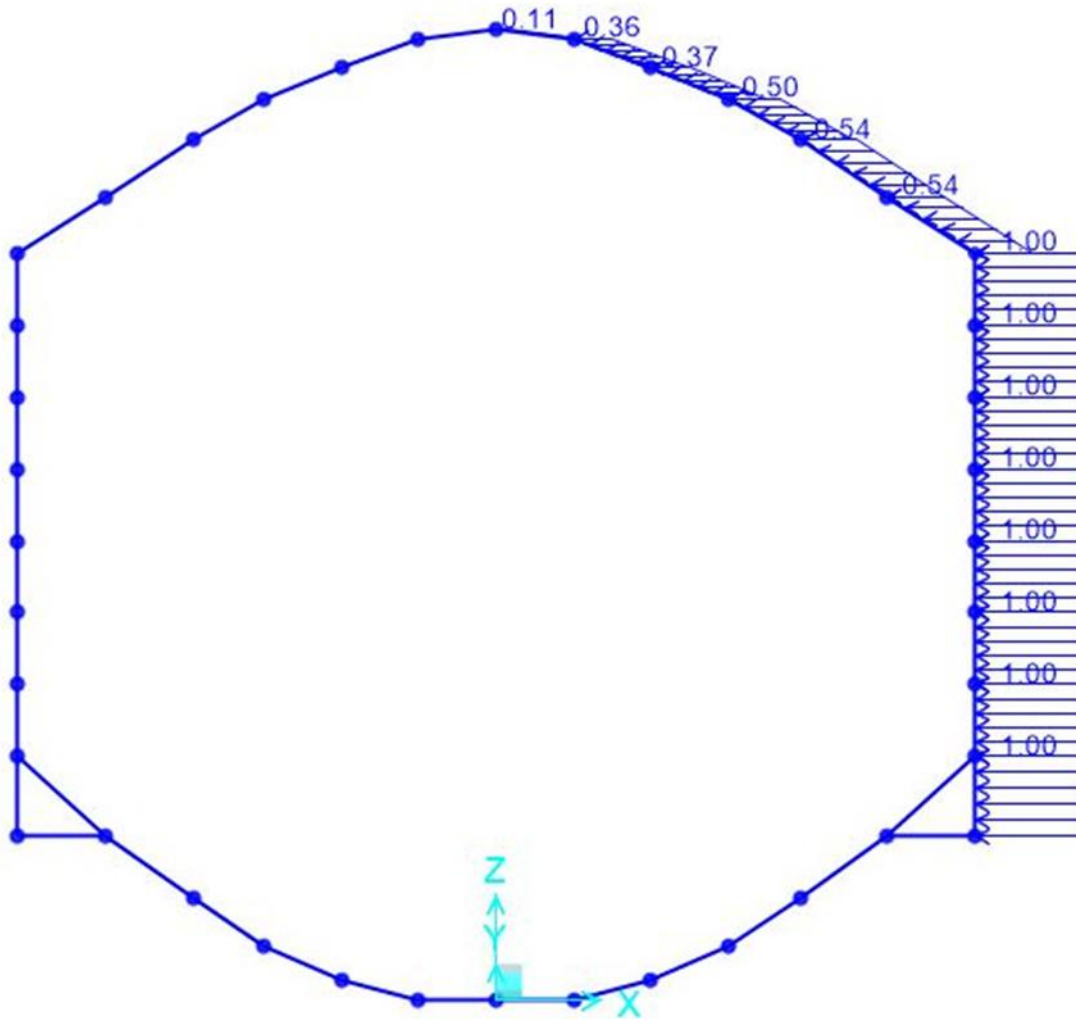


Figura 156 – Carico applicato: incremento di spinta orizzontale per carico variabile in copertura – lato destro

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 ($\pm \Delta S_H$); l'incremento di spinta può valutarsi secondo la teoria di Wood, per cui la risultante dell'azione sismica orizzontale può calcolarsi secondo:

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

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

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

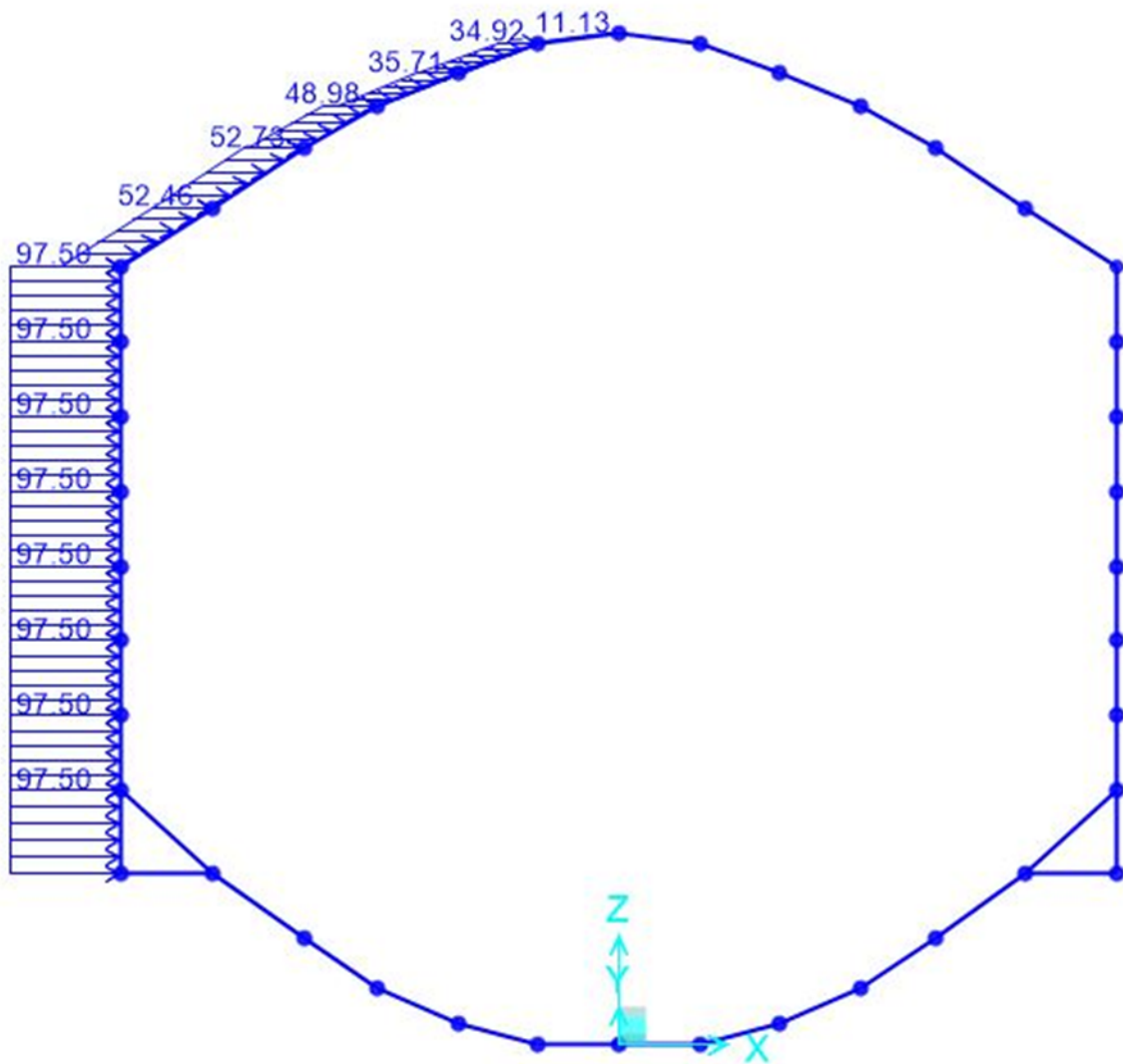



Figura 157 – Carico applicato: incremento spinta sismica orizzontale – lato sinistro

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

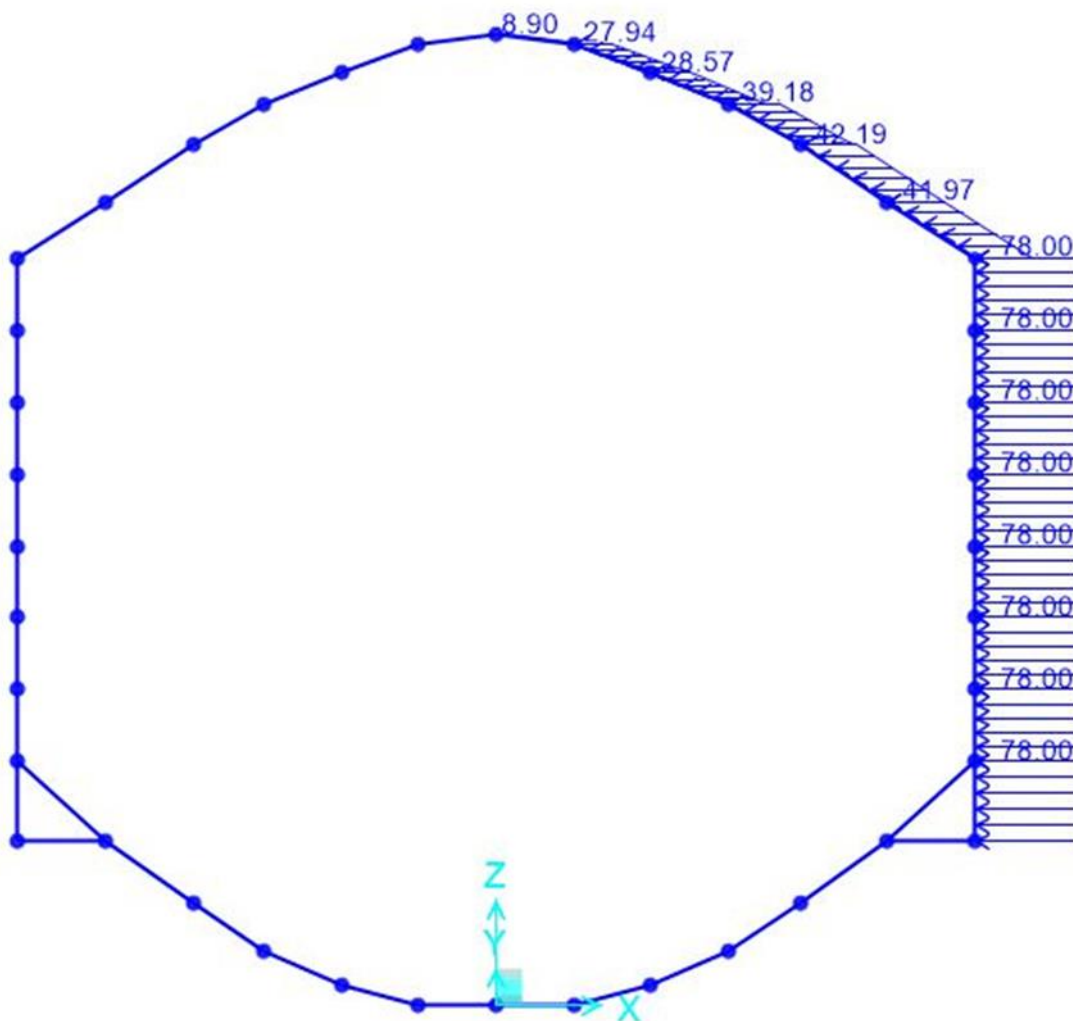



Figura 158 – Carico applicato: spinta sismica orizzontale – lato destro

Variazione del peso del terreno di ritombamento ($\pm \Delta S_v$); l'incremento di spinta può valutarsi secondo la teoria di Wood, per cui la risultante dell'azione sismica verticale può calcolarsi secondo:

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

In cui A rappresenta l'altezza del carico di coprimento (variabile in questo caso) al di sopra della calotta. La spinta viene applicata sulla calotta, uniformemente distribuita sulla larghezza dell'opera; a tale scopo sul modello sono state inserite le altezze medie di carico verticale, mentre

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

nelle combo è stato inserito il moltiplicatore comune, pertanto il carico sismico verticale assunto è pari a:

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

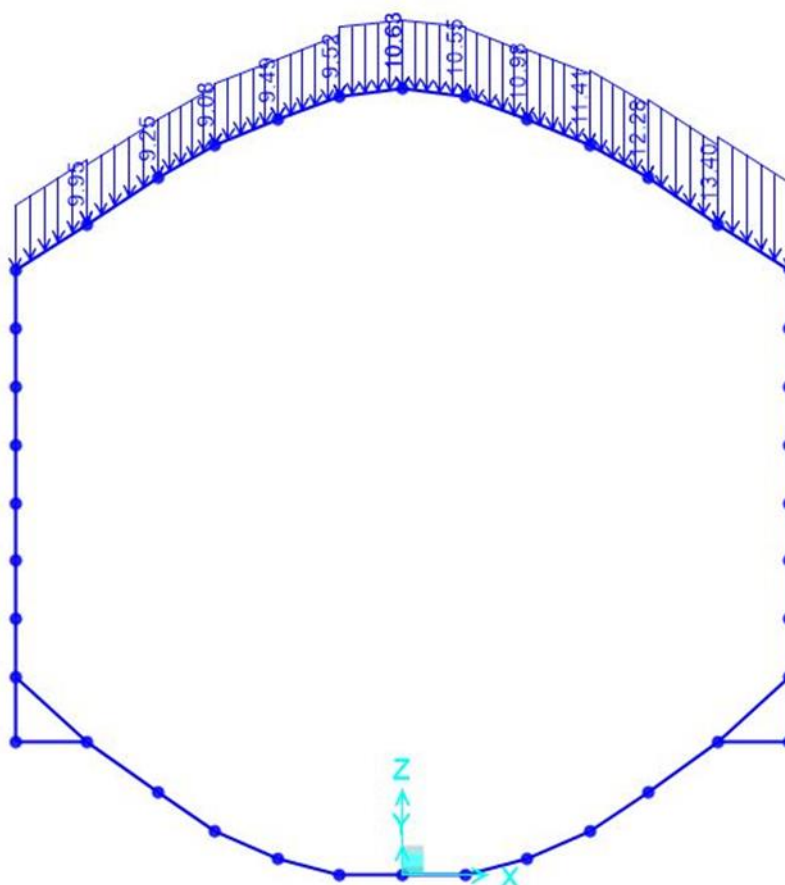



Figura 159 – Carico applicato: spinta sismica verticale

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

SALSO					
Parametri di calcolo					
Tipo Terreno	γ	c'	ϕ'	E'	ν
[-]	[kN/m3]	[kN/m2]	[°]	[MPa]	[-]
Ricoprimento	20	0	30	30	0.3
Terreno alla base	21	15	22	83	0.3
Rigidezza molle per elementi curvi (Formula di Galerkin)					
$K_n = \frac{E}{(1+\nu) \times R}$	Elemento	R	K		
	[-]	[m]	[kN/m3]		
	AR	4.2	30403		
	Calotta	5	4615		
Rigidezza molle per elementi Lineari (Formula Di Boussinesq)					
$k_n = \frac{E}{B \cdot (1-\nu^2)}$	Elemento	B	K		
	[-]	[m]	[kN/m3]		
	Sommità piedritto	5.7	5784		
	Base piedritto	2	91209		

12.2.1 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 indico l'elemento strutturale considerato, il cerchio rosso la sezione più sollecitata.

SEZIONE 1-2 : CONCIO D'ATTACCO

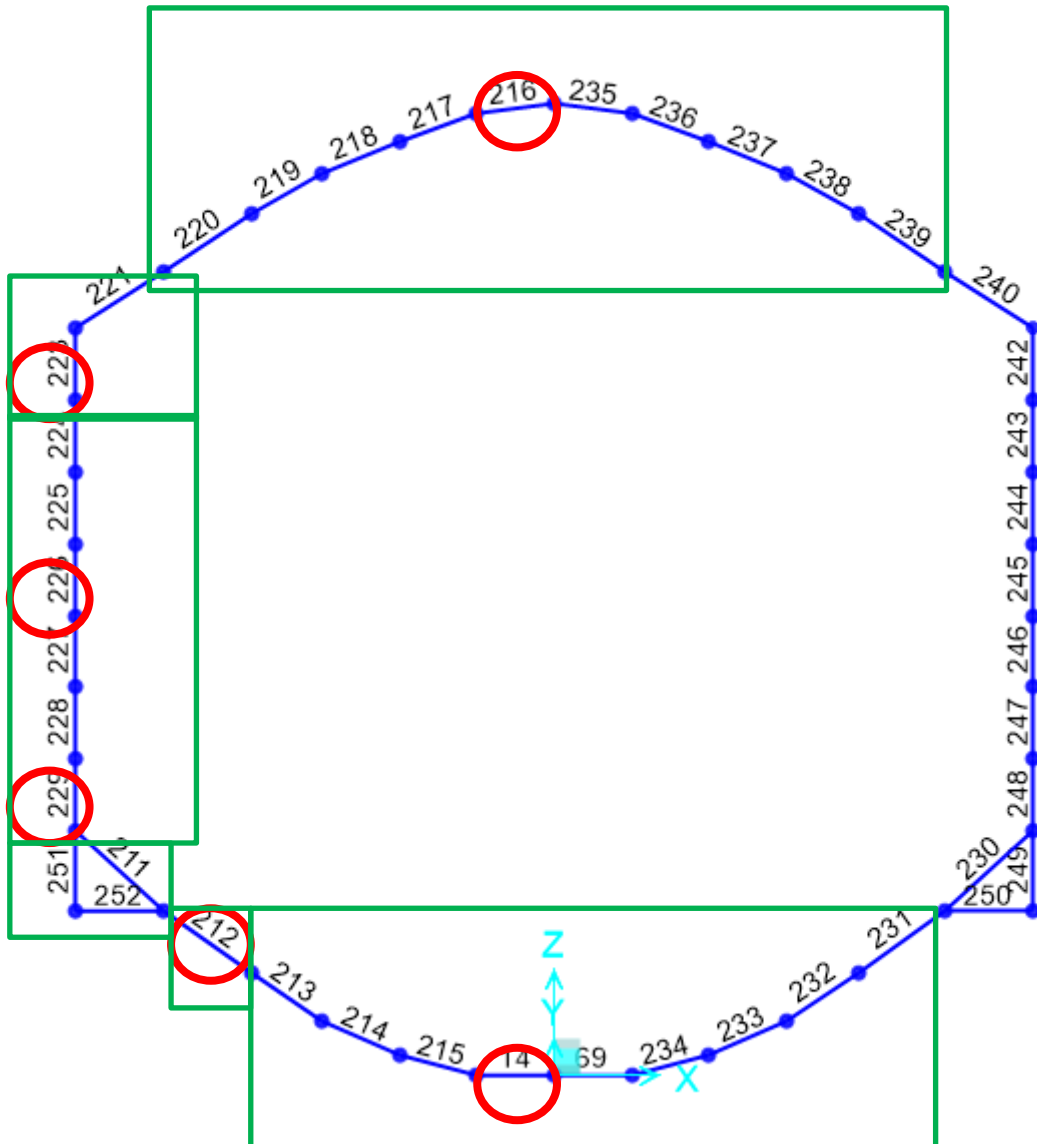


Figura 160 – Sezione 1 – Concio d'attacco – imbocco lato East

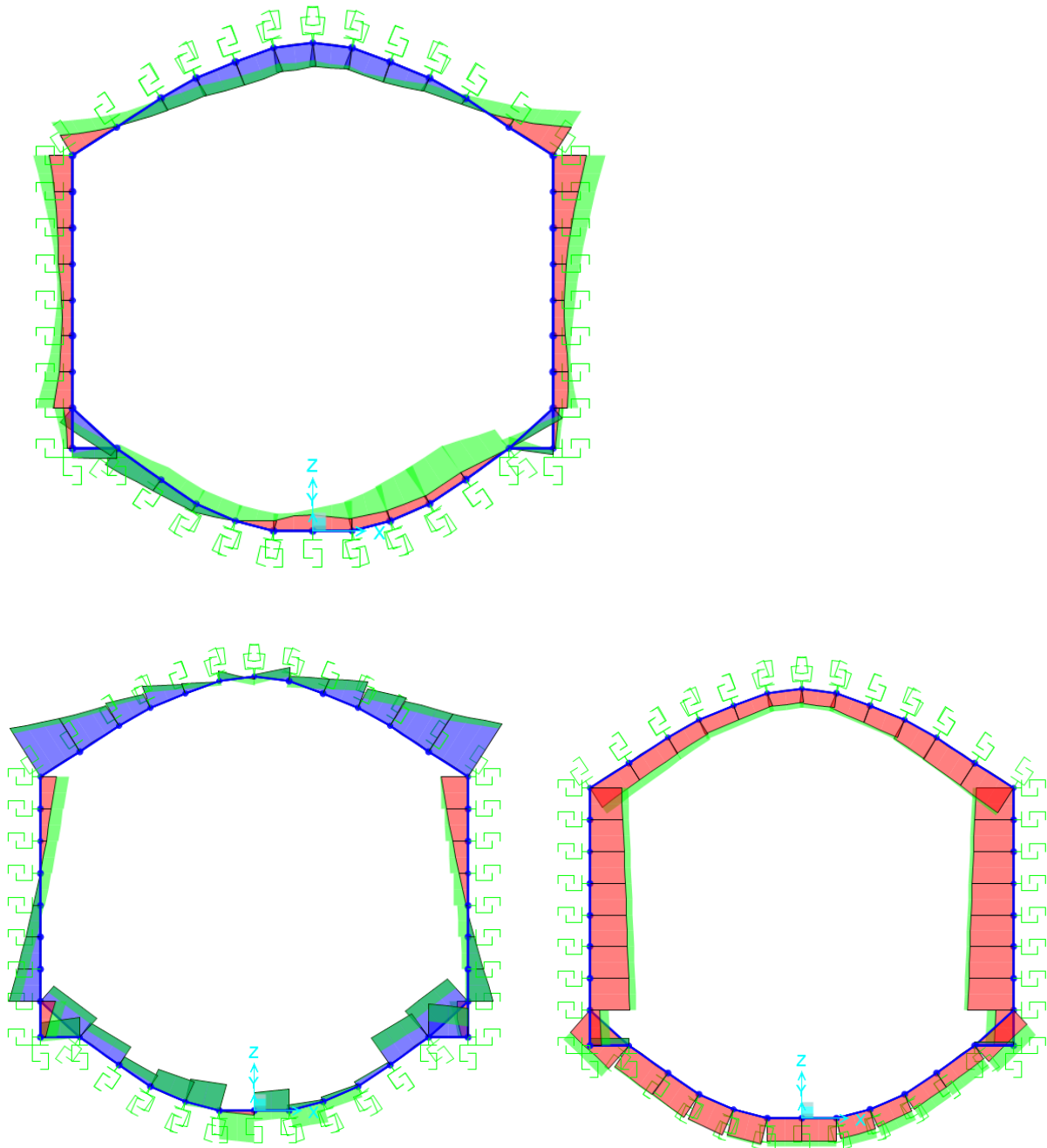


Figura 161 – Da sinistra involucro del momento, del taglio e dello sforzo normale SLE



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

GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI
 CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
 RS3U 40 D 07 CL GA 00 00 002 B 292 di 354

Frame	Stazio	Output	Case	Step	P	V2	V3	T	M2	M3
216	0 SLE-QP	NonStatic	Max	-766.552	-458.089	-2.274E-13	3.553E-14	-4.547E-13	-648.4143	
216	0.43815 SLE-QP	NonStatic	Max	-766.552	-439.051	-2.274E-13	3.553E-14	-3.558E-13	-453.1573	
216	0.8763 SLE-QP	NonStatic	Max	-766.552	-420.012	-2.274E-13	3.553E-14	-2.568E-13	-266.1874	
216	0 SLE-QP	NonStatic	Min	-766.552	-458.089	-2.274E-13	3.553E-14	-4.547E-13	-648.4143	
216	0.43815 SLE-QP	NonStatic	Min	-766.552	-439.051	-2.274E-13	3.553E-14	-3.558E-13	-453.1573	
216	0.8763 SLE-QP	NonStatic	Min	-766.552	-420.012	-2.274E-13	3.553E-14	-2.568E-13	-266.1874	
216	0 SLE-C	NonStatic	Max	-950.957	-118.975	0	-7.816E-14	-2.274E-13	-528.6713	
216	0.43815 SLE-C	NonStatic	Max	-950.957	-99.936	0	-7.816E-14	-2.274E-13	-481.0266	
216	0.8763 SLE-C	NonStatic	Max	-950.957	-80.898	0	-7.816E-14	-2.274E-13	-441.669	
216	0 SLE-C	NonStatic	Min	-950.957	-118.975	0	-7.816E-14	-2.274E-13	-528.6713	
216	0.43815 SLE-C	NonStatic	Min	-950.957	-99.936	0	-7.816E-14	-2.274E-13	-481.0266	
216	0.8763 SLE-C	NonStatic	Min	-950.957	-80.898	0	-7.816E-14	-2.274E-13	-441.669	
216	0 INV_SLE-F	Combination	Max	-791.487	-94.865	2.274E-13	4.974E-14	0	-453.503	
216	0.43815 INV_SLE-F	Combination	Max	-791.487	-75.827	2.274E-13	4.974E-14	0	-409.1013	
216	0.8763 INV_SLE-F	Combination	Max	-791.487	-56.788	2.274E-13	4.974E-14	0	-210.2863	
216	0 INV_SLE-F	Combination	Min	-911.346	-485.301	0	-9.948E-14	-3.411E-13	-616.2034	
216	0.43815 INV_SLE-F	Combination	Min	-911.346	-466.263	0	-9.948E-14	-3.411E-13	-512.3545	
216	0.8763 INV_SLE-F	Combination	Min	-911.346	-447.224	0	-9.948E-14	-3.411E-13	-473.8558	
221	0 SLE-QP	NonStatic	Max	-885.294	75.159	-1.137E-13	1.637E-13	-1.137E-13	542.9962	
221	0.39277 SLE-QP	NonStatic	Max	-885.294	89.435	-1.137E-13	1.637E-13	-6.833E-14	510.1645	
221	0.78554 SLE-QP	NonStatic	Max	-885.294	103.712	-1.137E-13	1.637E-13	-2.298E-14	471.6374	
221	1.17832 SLE-QP	NonStatic	Max	-915.389	117.988	-1.137E-13	1.637E-13	2.238E-14	427.4148	
221	0 SLE-C	NonStatic	Max	-885.294	75.159	-1.137E-13	1.637E-13	-1.137E-13	542.9962	
221	0.39277 SLE-C	NonStatic	Max	-885.294	89.435	-1.137E-13	1.637E-13	-6.833E-14	510.1645	
221	0.78554 SLE-C	NonStatic	Max	-885.294	103.712	-1.137E-13	1.637E-13	-2.298E-14	471.6374	
221	1.17832 SLE-C	NonStatic	Max	-915.389	117.988	-1.137E-13	1.637E-13	2.238E-14	427.4148	
221	0 SLE-C	NonStatic	Min	-898.582	175.263	0	-4.263E-14	2.274E-13	-128.7785	
221	0.39277 SLE-C	NonStatic	Min	-908.613	189.54	0	-4.263E-14	2.274E-13	-201.546	
221	0.78554 SLE-C	NonStatic	Min	-918.645	203.816	0	-4.263E-14	2.274E-13	-280.0089	
221	1.17832 SLE-C	NonStatic	Min	-928.677	218.093	0	-4.263E-14	2.274E-13	-364.1673	
221	0 SLE-C	NonStatic	Min	-898.582	175.263	0	-4.263E-14	2.274E-13	-128.7785	
221	0.39277 SLE-C	NonStatic	Min	-908.613	189.54	0	-4.263E-14	2.274E-13	-201.546	
221	0.78554 SLE-C	NonStatic	Min	-918.645	203.816	0	-4.263E-14	2.274E-13	-280.0089	
221	1.17832 SLE-C	NonStatic	Min	-928.677	218.093	0	-4.263E-14	2.274E-13	-364.1673	
221	0 INV_SLE-F	Combination	Max	-845.03	184.561	1.137E-13	1.847E-13	5.684E-13	597.9246	
221	0.39277 INV_SLE-F	Combination	Max	-855.062	198.837	1.137E-13	1.847E-13	5.684E-13	572.5666	
221	0.78554 INV_SLE-F	Combination	Max	-865.093	213.114	1.137E-13	1.847E-13	5.684E-13	541.5131	
221	1.17832 INV_SLE-F	Combination	Max	-875.125	227.39	1.137E-13	1.847E-13	5.684E-13	504.7642	
221	0 INV_SLE-F	Combination	Min	-910.389	56.425	-2.274E-13	-8.527E-14	-1.137E-13	-661.1759	
221	0.39277 INV_SLE-F	Combination	Min	-929.421	70.702	-2.274E-13	-8.527E-14	-1.59E-13	-224.0179	
221	0.78554 INV_SLE-F	Combination	Min	-939.452	84.978	-2.274E-13	-8.527E-14	-2.044E-13	-293.5553	
221	1.17832 INV_SLE-F	Combination	Min	-949.484	99.255	-2.274E-13	-8.527E-14	-2.497E-13	-374.3145	
226	0 SLE-QP	NonStatic	Max	-508.617	-197.034	-7.105E-15	0	-8.527E-14	629.5378	
226	0.4062 SLE-QP	NonStatic	Max	-514.637	-107.384	-7.105E-15	0	-8.527E-14	696.2283	
226	0.81239 SLE-QP	NonStatic	Max	-520.657	-17.734	-7.105E-15	0	-7.904E-14	723.6387	
226	0 SLE-QP	NonStatic	Min	-508.617	-197.034	-7.105E-15	0	-8.527E-14	629.5378	
226	0.4062 SLE-QP	NonStatic	Min	-514.637	-107.384	-7.105E-15	0	-8.527E-14	696.2283	
226	0.81239 SLE-QP	NonStatic	Min	-520.657	-17.734	-7.105E-15	0	-7.904E-14	723.6387	
226	0 SLE-C	NonStatic	Max	-748.022	85.747	-1.137E-13	-4.974E-14	1.436E-14	522.8267	
226	0.4062 SLE-C	NonStatic	Max	-748.022	85.747	-1.137E-13	-4.974E-14	1.436E-14	522.8267	
226	0.81239 SLE-C	NonStatic	Max	-748.022	85.747	-1.137E-13	-4.974E-14	1.436E-14	522.8267	
226	0 SLE-C	NonStatic	Min	-748.022	85.747	-1.137E-13	-4.974E-14	1.436E-14	522.8267	
226	0.4062 SLE-C	NonStatic	Min	-748.022	85.747	-1.137E-13	-4.974E-14	1.436E-14	522.8267	
226	0.81239 SLE-C	NonStatic	Min	-748.022	85.747	-1.137E-13	-4.974E-14	1.436E-14	522.8267	
226	0 INV_SLE-F	Combination	Max	-535.656	-97.265	0	7.105E-15	2.845E-14	592.7911	
226	0.4062 INV_SLE-F	Combination	Max	-542.278	-7.615	0	7.105E-15	7.823E-14	665.0372	
226	0.81239 INV_SLE-F	Combination	Max	-547.901	88.199	0	7.105E-15	1.28E-13	697.9831	
226	0 INV_SLE-F	Combination	Min	-690.924	-209.737	-1.137E-13	-3.908E-14	-1.137E-13	-434.2827	
226	0.4062 INV_SLE-F	Combination	Min	-696.944	-120.041	-1.137E-13	-3.908E-14	-1.137E-13	-457.2635	
226	0.81239 INV_SLE-F	Combination	Min	-702.963	-30.345	-1.137E-13	-3.908E-14	-1.137E-13	-440.9598	
229	0 SLE-QP	NonStatic	Max	-719.36	474.696	0	-4.263E-14	1.137E-13	89.0665	
229	0.4055 SLE-QP	NonStatic	Max	-748.259	558.853	8.177E-16	-4.263E-14	1.135E-13	-113.9082	
229	0.81101 SLE-QP	NonStatic	Max	-777.158	643.01	1.635E-15	-4.263E-14	1.13E-13	-349.9375	
229	0 SLE-C	NonStatic	Max	-806.057	727.167	2.453E-15	-4.263E-14	1.122E-13	-619.0213	
229	0.4055 SLE-C	NonStatic	Max	-719.36	474.696	0	-4.263E-14	1.137E-13	89.0665	
229	0.81101 SLE-C	NonStatic	Max	-748.259	558.853	8.177E-16	-4.263E-14	1.135E-13	-113.9082	
229	0 SLE-C	NonStatic	Max	-777.158	643.01	1.635E-15	-4.263E-14	1.13E-13	-349.9375	
229	0.4055 SLE-C	NonStatic	Max	-806.057	727.167	2.453E-15	-4.263E-14	1.122E-13	-619.0213	
229	0.81101 SLE-C	NonStatic	Max	-992.111	537.188	4.547E-13	-7.105E-14	2.274E-13	-326.6175	
229	0 SLE-C	NonStatic	Min	-1022.792	628.064	4.556E-13	-7.105E-14	4.858E-14	-555.4569	
229	0.4055 SLE-C	NonStatic	Min	-1052.472	718.939	4.565E-13	-7.105E-14	1.300E-13	-819.9897	
229	0.81101 SLE-C	NonStatic	Min	-1084.152	809.815	4.574E-13	-7.105E-14	-3.101E-13	-1120.2158	
229	0 INV_SLE-F	Combination	Max	-992.111	537.188	4.547E-13	-7.105E-14	2.274E-13	-326.6175	
229	0.4055 INV_SLE-F	Combination	Max	-1022.792	628.064	4.556E-13	-7.105E-14	4.858E-14	-555.4569	
229	0.81101 INV_SLE-F	Combination	Max	-1052.472	718.939	4.565E-13	-7.105E-14	1.300E-13	-819.9897	
229	0 INV_SLE-F	Combination	Min	-1084.152	809.815	4.574E-13	-7.105E-14	-3.101E-13	-1120.2158	
229	0.4055 INV_SLE-F	Combination	Min	-1120.216	909.815	4.583E-13	-7.105E-14	-4.858E-14	-959.9897	
229	0.81101 INV_SLE-F	Combination	Min	-1152.472	1000.815	4.591E-13	-7.105E-14	-6.858E-14	-1199.9897	
212	0 SLE-QP	NonStatic	Max	-781.259	717.872	2.29E-13	-2.842E-14	-6.943E-16	-292.6599	
212	0.39894 SLE-QP	NonStatic	Max	-808.733	806.494	2.298E-13	-2.842E-14	-1.562E-15	-556.505	
212	0.79788 SLE-QP	NonStatic	Max	-953.951	459.084	0	-7.816E-14	0	-320.9041	
212	1.19682 SLE-QP	NonStatic	Max	-985.7	544.15	8.838E-16	-7.816E-14	-8.947E-14	-562.6478	
212	0 SLE-C	NonStatic	Max	-1017.449	629.217	1.768E-15	-7.816E-14	-1.793E-13	-827.2038	
212	0.39894 SLE-C	NonStatic	Max	-1049.199	714.284	2.651E-15	-7.816E-14	-2.694E-13	-1126.5681	
212	0.79788 SLE-C	NonStatic	Max	-1156.275	-12.853	-5.684E-14	-2.842E-14	7.105E-14	-238.3384	
212	1.19682 SLE-C	NonStatic	Max	-1172.518	41.983	-5.112E-14	-2.842E-14	9.298E-14	-244.2547	
212	0 SLE-C	NonStatic	Max	-1188.761	96.82	-4.54E-14	-2.842E-14	1.126E-13	-272.4454	
212	0.39894 SLE-C	NonStatic	Max	-1375.571	-170.243	9.095E-13	1.705E-13	0	-314.2911	
212	0.79788 SLE-C	NonStatic	Max	-1391.814	-111.344	9.157E-13	1.705E-13	-3.707E-13	-257.1013	
212	1.19682 SLE-C	NonStatic	Max	-1408.057	-52.446	9.219E-13	1.705E-13	-7.439E-13	-223.8358	
212	0 INV_SLE-F	Combination	Max	-1375.571	-170.					


 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</p>					
	<p>GALLERIA SALSO - 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 00 002</p>	<p>REV. B</p>

Figura 162 – Combinazioni di carico da SAP2000 – SLE

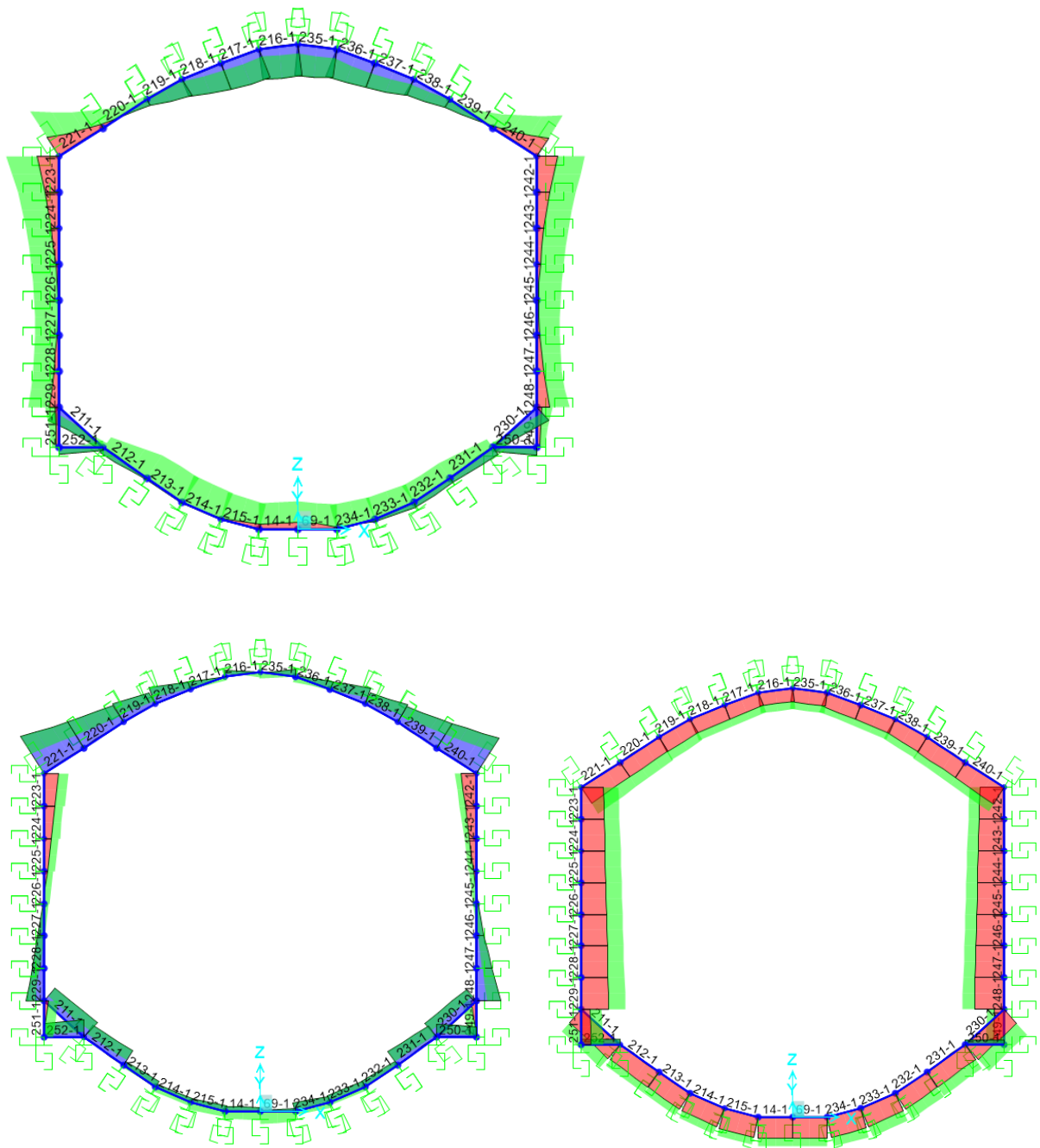


Figura 163 – Da sinistra: involucro del momento, del taglio e dello sforzo normale – SLU

TABLE: Element Forces - Frames										
Frame	Statio	OutputCa	CaseType	StepTy	P	V2	V3	T	M2	M3
216	0	INV_SLU	Combination	Max	-1027.11	36.957	4.547E-13	-2.842E-14	4.547E-13	-159.3932
216	0.43815	INV_SLU	Combination	Max	-1027.11	55.995	4.547E-13	-2.842E-14	2.568E-13	-104.8857
216	0.8763	INV_SLU	Combination	Max	-1027.11	75.033	4.547E-13	-2.842E-14	3.959E-13	12.0339
216	0	INV_SLU	Combination	Min	-1416.035	-297.16	-4.547E-13	-1.421E-13	-2.274E-13	-998.0984
216	0.43815	INV_SLU	Combination	Min	-1416.035	-278.122	-4.547E-13	-1.421E-13	-2.274E-13	-941.1821
216	0.8763	INV_SLU	Combination	Min	-1416.035	-259.084	-4.547E-13	-1.421E-13	-2.274E-13	-895.039
221	0	INV_SLU	Combination	Max	-899.711	336.998	9.095E-13	4.263E-14	9.095E-13	220.5439
221	0.39277	INV_SLU	Combination	Max	-909.743	355.557	9.095E-13	4.263E-14	9.095E-13	215.7806
221	0.78554	INV_SLU	Combination	Max	-919.774	374.117	9.095E-13	4.263E-14	9.095E-13	205.3219
221	1.17832	INV_SLU	Combination	Max	-929.806	392.676	9.095E-13	4.263E-14	9.99E-13	189.1677
221	0	INV_SLU	Combination	Min	-1252.892	4.802	-4.547E-13	-1.705E-13	0	-484.0121
221	0.39277	INV_SLU	Combination	Min	-1265.933	19.078	-4.547E-13	-1.705E-13	0	-585.5764
221	0.78554	INV_SLU	Combination	Min	-1278.975	33.354	-4.547E-13	-1.705E-13	0	-726.7083
221	1.17832	INV_SLU	Combination	Min	-1292.016	47.631	-4.547E-13	-1.705E-13	-1.79E-13	-875.2443
226	0	INV_SLU	Combination	Max	-722.141	-66.276	0	-2.487E-14	5.684E-14	980.9325
226	0.4062	INV_SLU	Combination	Max	-734.213	23.374	0	-2.487E-14	1.992E-13	1033.7266
226	0.81239	INV_SLU	Combination	Max	-746.286	129.069	0	-2.487E-14	3.985E-13	1024.1518
226	0	INV_SLU	Combination	Min	-1123.577	-221.065	-4.547E-13	-8.527E-14	-8.527E-14	140.4679
226	0.4062	INV_SLU	Combination	Min	-1133.638	-94.483	-4.547E-13	-8.527E-14	-8.527E-14	180.1297
226	0.81239	INV_SLU	Combination	Min	-1143.699	-4.602	-4.547E-13	-8.527E-14	-8.527E-14	180.4101
229	0	INV_SLU	Combination	Max	-950.888	842.591	4.547E-13	-4.263E-14	9.095E-13	-8.0113
229	0.4055	INV_SLU	Combination	Max	-971.825	965.362	4.559E-13	-4.263E-14	7.306E-13	-177.227
229	0.81101	INV_SLU	Combination	Max	-992.761	1088.132	4.571E-13	-4.263E-14	6.324E-13	-381.4937
229	0	INV_SLU	Combination	Min	-1013.697	1210.903	4.583E-13	-4.263E-14	7.206E-13	-620.8114
229	0.4055	INV_SLU	Combination	Min	-1499.652	386.204	-2.274E-13	-1.421E-13	-9.095E-13	-619.1249
229	0.81101	INV_SLU	Combination	Min	-1545.236	475.444	-2.262E-13	-1.421E-13	-9.097E-13	-962.0818
212	0	INV_SLU	Combination	Max	-1590.821	564.684	-2.25E-13	-1.421E-13	-9.101E-13	-1353.2598
212	0.39894	INV_SLU	Combination	Max	-1636.406	653.924	-2.238E-13	-1.421E-13	-9.109E-13	-1792.6588
212	0.79788	INV_SLU	Combination	Max	-1206.261	-108.088	4.547E-13	2.274E-13	0	141.3873
212	1.19682	INV_SLU	Combination	Max	-1222.504	-30.708	4.632E-13	2.274E-13	-1.662E-15	171.7823
212	0	INV_SLU	Combination	Min	-1238.747	46.673	4.717E-13	2.274E-13	2.797E-13	198.1746
212	0.39894	INV_SLU	Combination	Min	-1950.576	-286.092	-9.095E-13	5.684E-14	-4.547E-13	-812.4557
212	0.79788	INV_SLU	Combination	Min	-1971.692	-208.712	-9.041E-13	5.684E-14	-4.132E-13	-744.4894
212	1.19682	INV_SLU	Combination	Min	-1992.808	-145.724	-8.986E-13	5.684E-14	-6.012E-13	-698.7975
14	0	INV_SLU	Combination	Max	-1303.719	403.674	1.819E-12	5.684E-14	9.095E-13	-42.7081
14	0.43529	INV_SLU	Combination	Max	-1319.934	504.645	1.838E-12	5.684E-14	9.049E-13	-156.2745
14	0.87058	INV_SLU	Combination	Max	-1336.15	605.616	1.857E-12	5.684E-14	8.912E-13	-286.1312
14	0	INV_SLU	Combination	Min	-2077.272	184.254	0	-3.126E-13	0	-780.0924
14	0.43529	INV_SLU	Combination	Min	-2098.352	257.245	1.919E-14	-3.126E-13	-3.722E-13	-870.9763
14	0.87058	INV_SLU	Combination	Min	-2119.432	330.236	3.838E-14	-3.126E-13	-8.087E-13	-991.4583

Figura 164 – Combinazioni di carico da SAP2000 – SLU

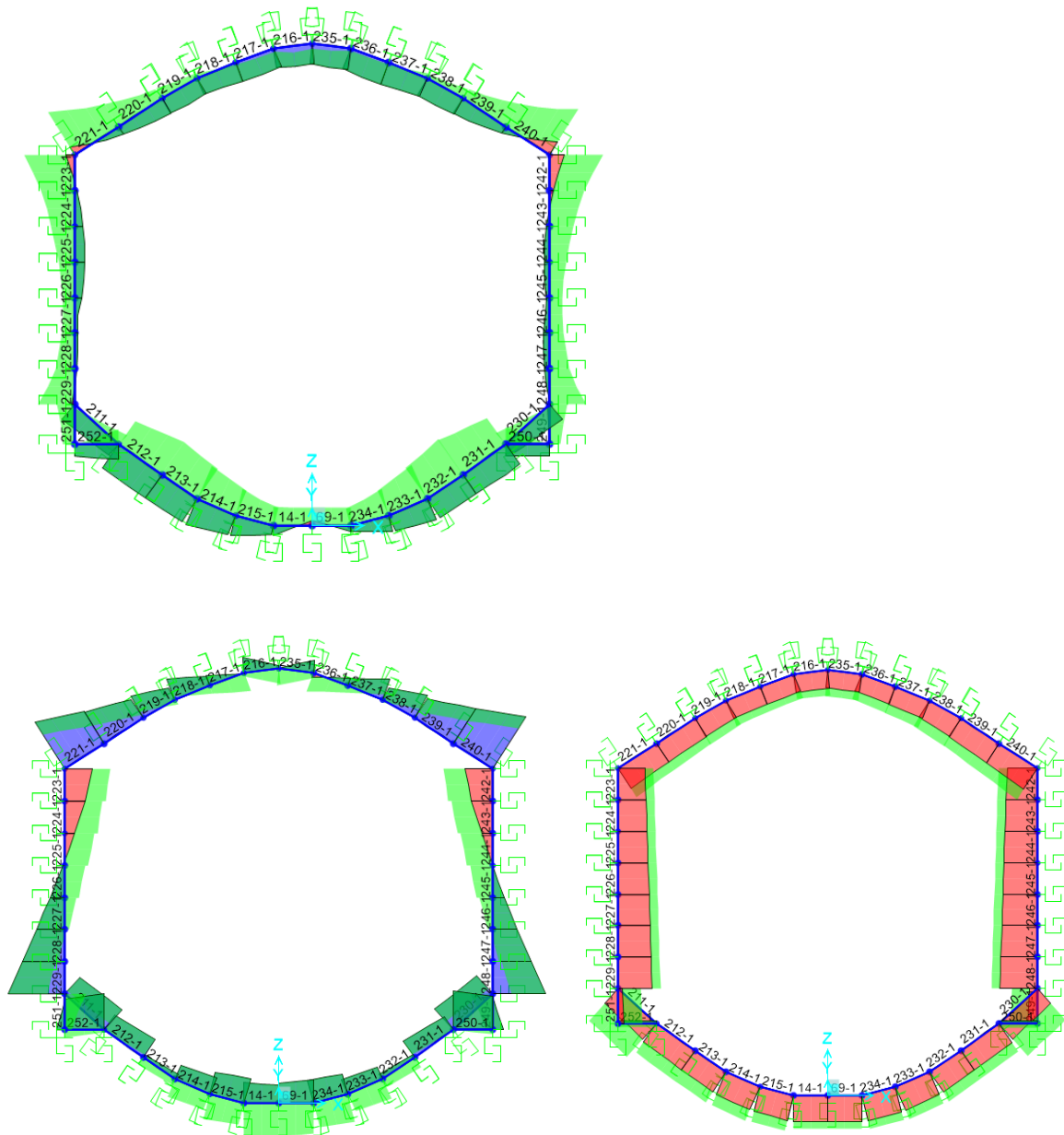


Figura 165 – Da sinistra: inviluppo del momento, del taglio e dello sforzo normale - SLV

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
216	0	INV-SLV	Combinat	Max	-946.667	132.035	4.55E-13	3.55E-14	4.55E-13	-51.0908
216	0.43815	INV-SLV	Combinat	Max	-946.667	151.074	4.55E-13	3.55E-14	4.55E-13	143.7905
216	0.8763	INV-SLV	Combinat	Max	-946.667	170.112	4.55E-13	3.55E-14	4.55E-13	330.3846
216	0	INV-SLV	Combinat	Min	-1207.1	-458.277	-2.3E-13	-1.1E-13	-3.4E-13	-482.151
216	0.43815	INV-SLV	Combinat	Min	-1207.1	-439.239	-2.3E-13	-1.1E-13	-3.4E-13	-460.309
216	0.8763	INV-SLV	Combinat	Min	-1207.1	-420.2	-2.3E-13	-1.1E-13	-4E-13	-446.755
221	0	INV-SLV	Combinat	Max	-851.447	175.247	0	1.53E-13	4.55E-13	581.3048
221	0.39277	INV-SLV	Combinat	Max	-861.479	189.523	0	1.53E-13	5.46E-13	613.0842
221	0.78554	INV-SLV	Combinat	Max	-871.51	203.8	0	1.53E-13	7.04E-13	639.1681
221	1.17832	INV-SLV	Combinat	Max	-881.542	218.076	0	1.53E-13	8.85E-13	659.5566
221	0	INV-SLV	Combinat	Min	-1269.52	-86.798	-4.5E-13	-1.4E-13	-2.3E-13	-642.105
221	0.39277	INV-SLV	Combinat	Min	-1279.55	-72.521	-4.5E-13	-1.4E-13	-4.6E-14	-701.507
226	0	INV-SLV	Combinat	Max	-742.71	-34.333	2.27E-13	-2.1E-14	5.68E-14	456.9648
226	0.4062	INV-SLV	Combinat	Max	-748.297	58.447	2.27E-13	-2.1E-14	1.57E-13	473.1611
226	0.81239	INV-SLV	Combinat	Max	-753.885	151.226	2.27E-13	-2.1E-14	2.85E-13	454.9317
226	0	INV-SLV	Combinat	Min	-1009.66	-272.549	-4.5E-13	-7.8E-14	-1.7E-13	4.491
226	0.4062	INV-SLV	Combinat	Min	-1011.09	-181.99	-4.5E-13	-7.8E-14	-1.7E-13	104.0692
226	0.81239	INV-SLV	Combinat	Min	-1012.53	-91.43	-4.5E-13	-7.8E-14	-2.3E-13	70.7995
229	0	INV-SLV	Combinat	Max	-908.192	522.731	9.1E-13	-3.6E-14	9.1E-13	305.4888
229	0.4055	INV-SLV	Combinat	Max	-930.135	611.525	9.1E-13	-3.6E-14	9.09E-13	171.7709
229	0.81101	INV-SLV	Combinat	Max	-952.078	700.319	9.11E-13	-3.6E-14	9.09E-13	0.5042
229	0	INV-SLV	Combinat	Min	-974.02	789.112	9.12E-13	-3.6E-14	9.08E-13	-208.311
229	0.4055	INV-SLV	Combinat	Min	-1202.7	292.647	-4.5E-13	-9.9E-14	-4.5E-13	-596.884
229	0.81101	INV-SLV	Combinat	Min	-1232.59	388.246	-4.5E-13	-9.9E-14	-2.8E-13	-792.751
212	0	INV-SLV	Combinat	Max	-1262.47	483.846	-4.5E-13	-9.9E-14	-2.9E-13	-1022.59
212	0.39894	INV-SLV	Combinat	Max	-1292.36	579.445	-4.5E-13	-9.9E-14	-6.2E-13	-1286.4
212	0.79788	INV-SLV	Combinat	Max	-1142.16	-22.788	9.1E-13	1.71E-13	4.55E-13	492.0911
212	1.19682	INV-SLV	Combinat	Max	-1158.4	72.465	9.17E-13	1.71E-13	7.38E-13	482.0019
212	0.79788	INV-SLV	Combinat	Min	-1423.85	-220.331	-1.8E-12	0	-3.7E-13	-222.256
212	1.19682	INV-SLV	Combinat	Min	-1440.09	-164.682	-1.8E-12	0	-7.4E-13	-177.246
14	0	INV-SLV	Combinat	Max	-1239.62	585.228	1.82E-12	1.71E-13	9.1E-13	124.2174
14	0.43529	INV-SLV	Combinat	Max	-1255.83	698.567	1.84E-12	1.71E-13	9.06E-13	27.7123
14	0.87058	INV-SLV	Combinat	Max	-1272.05	811.905	1.86E-12	1.71E-13	8.96E-13	-98.7199
14	0	INV-SLV	Combinat	Min	-1505.06	198.619	0	-3.1E-13	0	-337.055
14	0.43529	INV-SLV	Combinat	Min	-1521.28	272.42	1.69E-14	-3.1E-13	-3.7E-13	-481.806
14	0.87058	INV-SLV	Combinat	Min	-1537.49	346.222	3.39E-14	-3.1E-13	-1E-12	-766.5

Figura 166 – Combinazioni di carico da SAP2000 – SLV

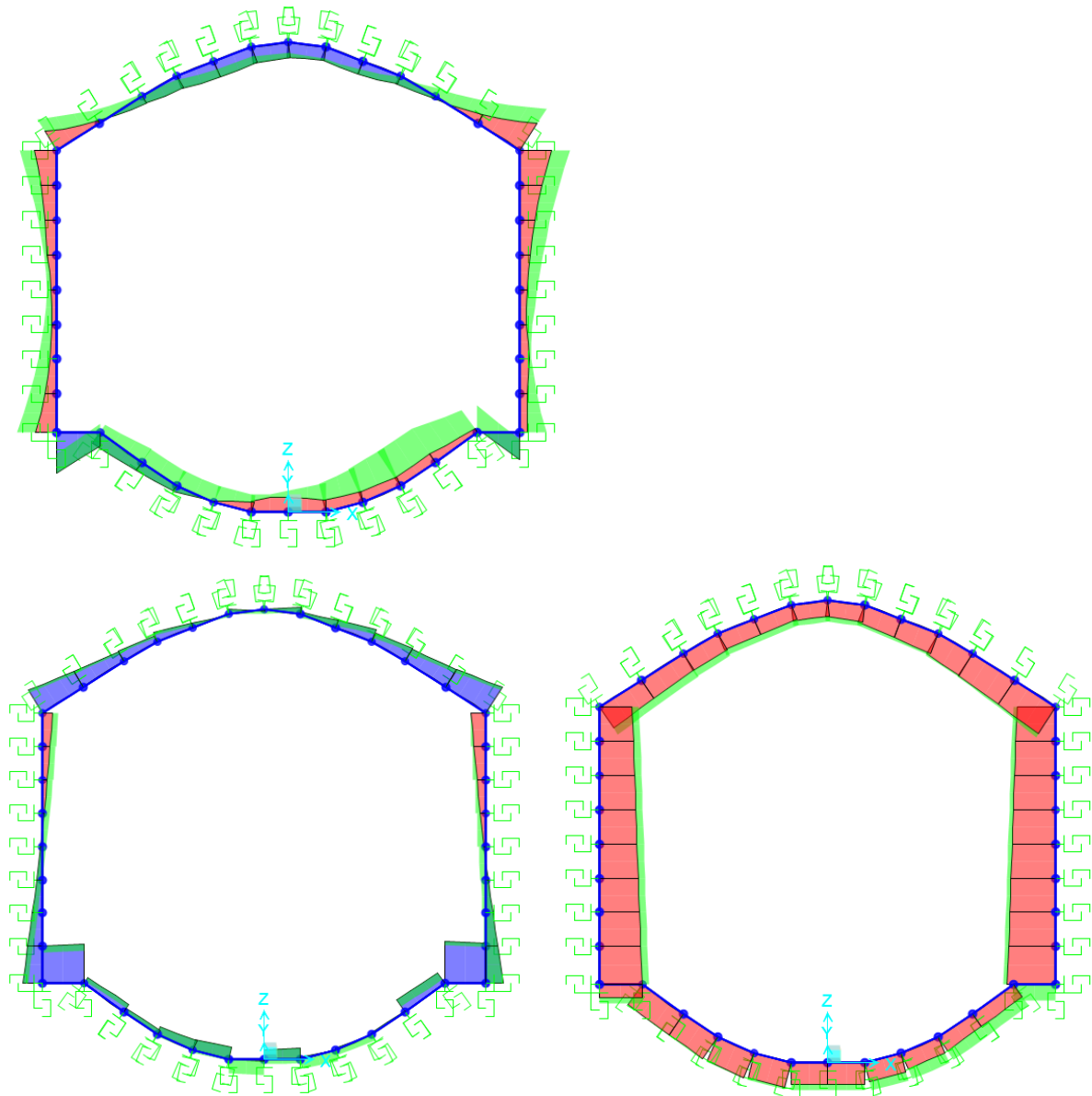


Figura 167 – Da sinistra: involucro del momento, del taglio e dello sforzo normale – SLE



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

GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI
 CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 002	B	298 di 354

TABLE: Element Forces - Frames										
Frame	Station	Output-Case	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
17		0 SLE-QP	NonStatic	Max	-437.431	8.06	0	0	0	421.2354
17	0.46814	SLE-QP	NonStatic	Max	-430.223	93.779	0	0	0	397.3981
17		0.93627 SLE-QP	NonStatic	Max	-423.015	179.498	0	0	0	333.4327
17		0 SLE-QP	NonStatic	Min	-437.431	8.06	0	0	0	421.2354
17	0.46814	SLE-QP	NonStatic	Min	-430.223	93.779	0	0	0	397.3981
17		0.93627 SLE-QP	NonStatic	Min	-423.015	179.498	0	0	0	333.4327
17		0 SLE-C	NonStatic	Max	-654.273	-87.596	0	0	0	237.9563
17	0.46814	SLE-C	NonStatic	Max	-646.368	7.379	0	0	0	256.7324
17		0.93627 SLE-C	NonStatic	Max	-638.464	102.355	0	0	0	231.0472
17		0 SLE-C	NonStatic	Min	-654.273	-87.596	0	0	0	237.9563
17	0.46814	SLE-C	NonStatic	Min	-646.368	7.379	0	0	0	256.7324
17		0.93627 SLE-C	NonStatic	Min	-638.464	102.355	0	0	0	231.0472
17		0 INV_SLE-F	Combination	Max	-460.073	21.257	0	0	0	408.1364
17	0.46814	INV_SLE-F	Combination	Max	-453.422	107.061	0	0	0	378.1012
17		0.93627 INV_SLE-F	Combination	Max	-446.772	192.865	0	0	0	307.8982
17		0 INV_SLE-F	Combination	Min	-613.672	-91.065	0	0	0	191.1133
17	0.46814	INV_SLE-F	Combination	Min	-606.465	1.703	0	0	0	210.3801
17		0.93627 INV_SLE-F	Combination	Min	-599.257	87.422	0	0	0	189.5189
8		0 SLE-QP	NonStatic	Max	-611.166	225.633	0	0	0	166.7062
8	0.8218	SLE-QP	NonStatic	Max	-674.325	381.35	0	0	0	-82.7035
8		1.6436 SLE-QP	NonStatic	Max	-737.483	537.066	0	0	0	-460.0809
8		0 SLE-QP	NonStatic	Min	-611.166	225.633	0	0	0	166.7062
8	0.8218	SLE-QP	NonStatic	Min	-674.325	381.35	0	0	0	-82.7035
8		1.6436 SLE-QP	NonStatic	Min	-737.483	537.066	0	0	0	-460.0809
8		0 SLE-C	NonStatic	Max	-868.605	235.182	0	0	0	-127.9372
8	0.8218	SLE-C	NonStatic	Max	-935.849	403.661	0	0	0	-390.4383
8		1.6436 SLE-C	NonStatic	Max	-1003.093	572.14	0	0	0	-791.3955
8		0 SLE-C	NonStatic	Min	-868.605	235.182	0	0	0	-127.9372
8	0.8218	SLE-C	NonStatic	Min	-935.849	403.661	0	0	0	-390.4383
8		1.6436 SLE-C	NonStatic	Min	-1003.093	572.14	0	0	0	-791.3955
8		0 INV_SLE-F	Combination	Max	-613.971	246.286	0	0	0	206.133
8	0.8218	INV_SLE-F	Combination	Max	-673.861	409.274	0	0	0	-31.7589
8		1.6436 INV_SLE-F	Combination	Max	-733.75	572.262	0	0	0	-400.0337
8		0 INV_SLE-F	Combination	Min	-835.173	205.809	0	0	0	-139.4371
8	0.8218	INV_SLE-F	Combination	Min	-904.867	361.526	0	0	0	-408.8071
8		1.6436 INV_SLE-F	Combination	Min	-974.562	517.242	0	0	0	-812.1205
11		0 SLE-QP	NonStatic	Max	-1048.661	246.572	0	0	0	533.054
11	0.57722	SLE-QP	NonStatic	Max	-1025.579	169.224	0	0	0	413.0512
11		1.15444 SLE-QP	NonStatic	Max	-1002.497	91.877	0	0	0	337.6949
11		0 SLE-QP	NonStatic	Min	-1048.661	246.572	0	0	0	533.054
11	0.57722	SLE-QP	NonStatic	Min	-1025.579	169.224	0	0	0	413.0512
11		1.15444 SLE-QP	NonStatic	Min	-1002.497	91.877	0	0	0	337.6949
11		0 SLE-C	NonStatic	Max	-1252.33	109.786	0	0	0	316.8088
11	0.57722	SLE-C	NonStatic	Max	-1229.248	26.666	0	0	0	277.4275
11		1.15444 SLE-C	NonStatic	Max	-1206.166	-56.454	0	0	0	286.0245
11		0 SLE-C	NonStatic	Min	-1252.33	109.786	0	0	0	316.8088
11	0.57722	SLE-C	NonStatic	Min	-1229.248	26.666	0	0	0	277.4275
11		1.15444 SLE-C	NonStatic	Min	-1206.166	-56.454	0	0	0	286.0245
11		0 INV_SLE-F	Combination	Max	-1039.021	271.097	0	0	0	509.7724
11	0.57722	INV_SLE-F	Combination	Max	-1015.939	189.132	0	0	0	376.9457
11		1.15444 INV_SLE-F	Combination	Max	-992.857	107.167	0	0	0	330.1652
11		0 INV_SLE-F	Combination	Min	-1233.342	97.21	0	0	0	256.0929
11	0.57722	INV_SLE-F	Combination	Min	-1210.26	19.862	0	0	0	222.0931
11		1.15444 INV_SLE-F	Combination	Min	-1187.178	-57.485	0	0	0	232.7399
12		0 SLE-QP	NonStatic	Max	-1094.141	410.33	0	0	0	906.6058
12	0.56868	SLE-QP	NonStatic	Max	-1071.401	328.44	0	0	0	696.5457
12		1.13735 SLE-QP	NonStatic	Max	-1048.661	246.551	0	0	0	533.054
12		0 SLE-QP	NonStatic	Min	-1094.141	410.33	0	0	0	906.6058
12	0.56868	SLE-QP	NonStatic	Min	-1071.401	328.44	0	0	0	696.5457
12		1.13735 SLE-QP	NonStatic	Min	-1048.661	246.551	0	0	0	533.054
12		0 SLE-C	NonStatic	Max	-1297.81	285.642	0	0	0	542.0791
12	0.56868	SLE-C	NonStatic	Max	-1275.07	198.066	0	0	0	404.5428
12		1.13735 SLE-C	NonStatic	Max	-1252.33	110.49	0	0	0	316.8088
12		0 SLE-C	NonStatic	Min	-1297.81	285.642	0	0	0	542.0791
12	0.56868	SLE-C	NonStatic	Min	-1275.07	198.066	0	0	0	404.5428
12		1.13735 SLE-C	NonStatic	Min	-1252.33	110.49	0	0	0	316.8088
12		0 INV_SLE-F	Combination	Max	-1084.501	443.953	0	0	0	916.391
12	0.56868	INV_SLE-F	Combination	Max	-1061.761	357.514	0	0	0	688.5039
12		1.13735 INV_SLE-F	Combination	Max	-1039.021	271.075	0	0	0	509.7724
12		0 INV_SLE-F	Combination	Min	-1278.822	262.238	0	0	0	464.3623
12	0.56868	INV_SLE-F	Combination	Min	-1256.082	180.349	0	0	0	336.9434
12		1.13735 INV_SLE-F	Combination	Min	-1233.342	98.46	0	0	0	256.0929
5		0 SLE-QP	NonStatic	Max	-940.659	289.929	0	0	0	638.2752
5		0.53696 SLE-QP	NonStatic	Max	-926.638	-271.089	0	0	0	788.8985
5		1.07393 SLE-QP	NonStatic	Max	-912.618	-252.248	0	0	0	929.4048
5		0 SLE-QP	NonStatic	Min	-940.659	289.929	0	0	0	638.2752
5		0.53696 SLE-QP	NonStatic	Min	-926.638	-271.089	0	0	0	788.8985
5		1.07393 SLE-QP	NonStatic	Min	-912.618	-252.248	0	0	0	929.4048
5		0 SLE-C	NonStatic	Max	-948.827	-395.87	0	0	0	-41.8688
5		0.53696 SLE-C	NonStatic	Max	-934.807	-377.029	0	0	0	165.6404
5		1.07393 SLE-C	NonStatic	Max	-920.786	-358.188	0	0	0	363.0327
5		0 SLE-C	NonStatic	Min	-948.827	-395.87	0	0	0	-41.8688
5		0.53696 SLE-C	NonStatic	Min	-934.807	-377.029	0	0	0	165.6404
5		1.07393 SLE-C	NonStatic	Min	-920.786	-358.188	0	0	0	363.0327
5		0 INV_SLE-F	Combination	Max	-889.02	-269.525	0	0	0	709.4243
5	0.53696	INV_SLE-F	Combination	Max	-874.999	-250.684	0	0	0	849.091
5		1.07393 INV_SLE-F	Combination	Max	-860.979	-231.843	0	0	0	978.6409
5		0 INV_SLE-F	Combination	Min	-970.992	-404.44	0	0	0	-74.1342
5		0.53696 INV_SLE-F	Combination	Min	-956.972	-385.6	0	0	0	116.8382
5		1.07393 INV_SLE-F	Combination	Min	-942.951	-366.759	0	0	0	297.6937
5		0 SLE-QP	NonStatic	Max	-757.034	416.99	0	0	0	-279.7992
5		0.4353 SLE-QP	NonStatic	Max	-757.034	436.029	0	0	0	-465.46
5		0.87061 SLE-QP	NonStatic	Max	-757.034	455.068	0	0	0	-659.4084
5		0 SLE-QP	NonStatic	Min	-757.034	416.99	0	0	0	-279.7992
5		0.4353 SLE-QP	NonStatic	Min	-757.034	436.029	0	0	0	-465.46
5		0.87061 SLE-QP	NonStatic	Min	-757.034	455.068	0	0	0	-659.4084
5		0 SLE-C	NonStatic	Max	-912.15	107.178	0	0	0	-451.685
5		0.4353 SLE-C	NonStatic	Max	-912.15	126.217	0	0	0	-502.4837
5		0.87061 SLE-C	NonStatic	Max	-912.15	145.256	0	0	0	-561.57
5		0 SLE-C	NonStatic	Min	-912.15	107.178	0	0	0	-451.685
5		0.4353 SLE-C	NonStatic	Min	-912.15	126.217	0	0	0	-502.4837
5		0.87061 SLE-C	NonStatic	Min	-912.15	145.256	0	0	0	-561.57
5		0 INV_SLE-F	Combination	Max	-779.234	443.774	0	0	0	-226.3175
5	0.4353	INV_SLE-F	Combination	Max	-779.234	462.813	0	0	0	-423.6372
5		0.87061 INV_SLE-F	Combination	Max	-779.234	481.851	0	0	0	-494.1236
5		0 INV_SLE-F	Combination	Min	-873.798	80.276	0	0	0	-483.7075
5	0.4353	INV_SLE-F	Combination	Min	-873.798	99.314	0	0	0	-533.5843
5		0.87061 INV_SLE-F	Combination	Min	-873.798	118.353	0	0	0	-629.2445


 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

Figura 168 – Combinazioni di carico da SAP2000 – SLE

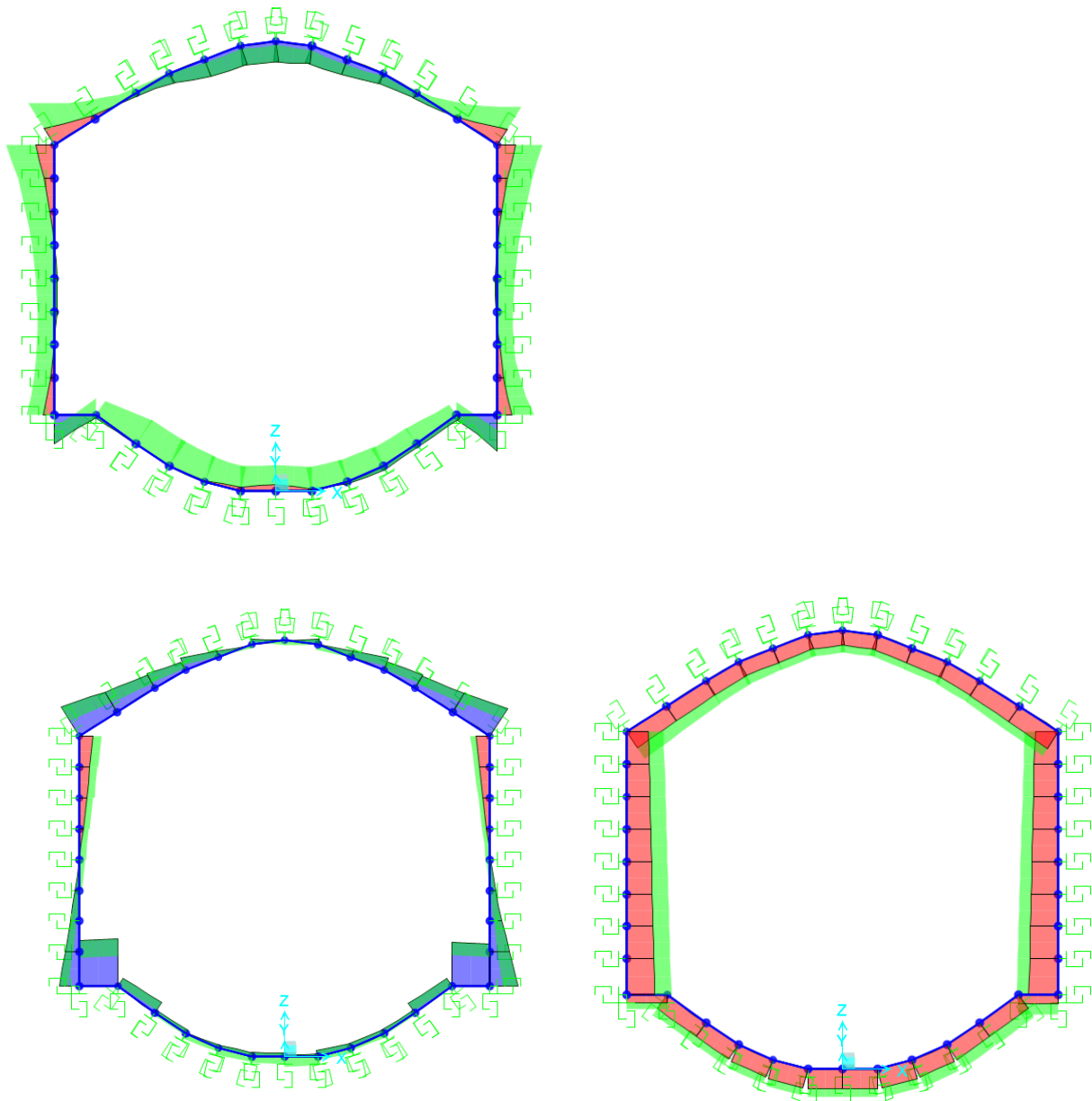


Figura 169 – Da sinistra: involucro del momento, del taglio e dello sforzo normale – SLU

TABLE: Element Forces - Frames											
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	
17	0	INV_SLU	Combination	Max	-651.532	2.805	0	0	0	540.5108	
17	0.46814	INV_SLU	Combination	Max	-636.267	88.944	0	0	0	560.6153	
17	0.93627	INV_SLU	Combination	Max	-621.003	198.701	0	0	0	515.8245	
17	0	INV_SLU	Combination	Min	-990.612	-146.28	0	0	0	27.9478	
17	0.46814	INV_SLU	Combination	Min	-978.107	-26.72	0	0	0	27.5693	
17	0.93627	INV_SLU	Combination	Min	-965.602	58.999	0	0	0	-13.1338	
8	0	INV_SLU	Combination	Max	-810.242	440.348	0	0	0	131.0915	
8	0.8218	INV_SLU	Combination	Max	-854.524	658.585	0	0	0	-32.0879	
8	1.6436	INV_SLU	Combination	Max	-898.805	876.823	0	0	0	-337.1822	
8	0	INV_SLU	Combination	Min	-1301.888	106.032	0	0	0	-329.8476	
8	0.8218	INV_SLU	Combination	Min	-1402.38	278.719	0	0	0	-747.7077	
8	1.6436	INV_SLU	Combination	Min	-1502.872	451.407	0	0	0	-1344.9155	
11	0	INV_SLU	Combination	Max	-1097.42	257.105	0	0	0	736.3028	
11	0.57722	INV_SLU	Combination	Max	-1074.338	147.895	0	0	0	716.427	
11	1.15444	INV_SLU	Combination	Max	-1051.256	38.685	0	0	0	741.1976	
11	0	INV_SLU	Combination	Min	-1779.296	26.355	0	0	0	-5.5222	
11	0.57722	INV_SLU	Combination	Min	-1749.289	-50.992	0	0	0	-80.7448	
11	1.15444	INV_SLU	Combination	Min	-1719.283	-128.34	0	0	0	-92.9292	
12	0	INV_SLU	Combination	Max	-1142.901	487.059	0	0	0	916.4985	
12	0.56868	INV_SLU	Combination	Max	-1120.16	372.073	0	0	0	803.1165	
12	1.13735	INV_SLU	Combination	Max	-1097.42	257.087	0	0	0	736.3028	
12	0	INV_SLU	Combination	Min	-1838.421	218.07	0	0	0	234.0731	
12	0.56868	INV_SLU	Combination	Min	-1808.858	136.18	0	0	0	116.8044	
12	1.13735	INV_SLU	Combination	Min	-1779.296	54.291	0	0	0	-5.5222	
1	0	INV_SLU	Combination	Max	-923.408	-219.498	0	0	0	423.8328	
1	0.53696	INV_SLU	Combination	Max	-909.387	-200.657	0	0	0	536.6367	
1	1.07393	INV_SLU	Combination	Max	-895.367	-181.816	0	0	0	639.3237	
1	0	INV_SLU	Combination	Min	-1289.749	-627.852	0	0	0	-407.6719	
1	0.53696	INV_SLU	Combination	Min	-1271.522	-603.359	0	0	0	-126.591	
1	1.07393	INV_SLU	Combination	Min	-1253.296	-578.866	0	0	0	50.1565	
5	0	INV_SLU	Combination	Max	-976.19	274.48	0	0	0	-48.7276	
5	0.4353	INV_SLU	Combination	Max	-976.19	293.518	0	0	0	-172.3531	
5	0.87061	INV_SLU	Combination	Max	-976.19	312.557	0	0	0	-239.5227	
5	0	INV_SLU	Combination	Min	-1320.235	-44.181	0	0	0	-860.5126	
5	0.4353	INV_SLU	Combination	Min	-1320.235	-25.142	0	0	0	-924.339	
5	0.87061	INV_SLU	Combination	Min	-1320.235	-6.104	0	0	0	-998.9393	

Figura 170 – Combinazioni di carico da SAP2000 – SLU

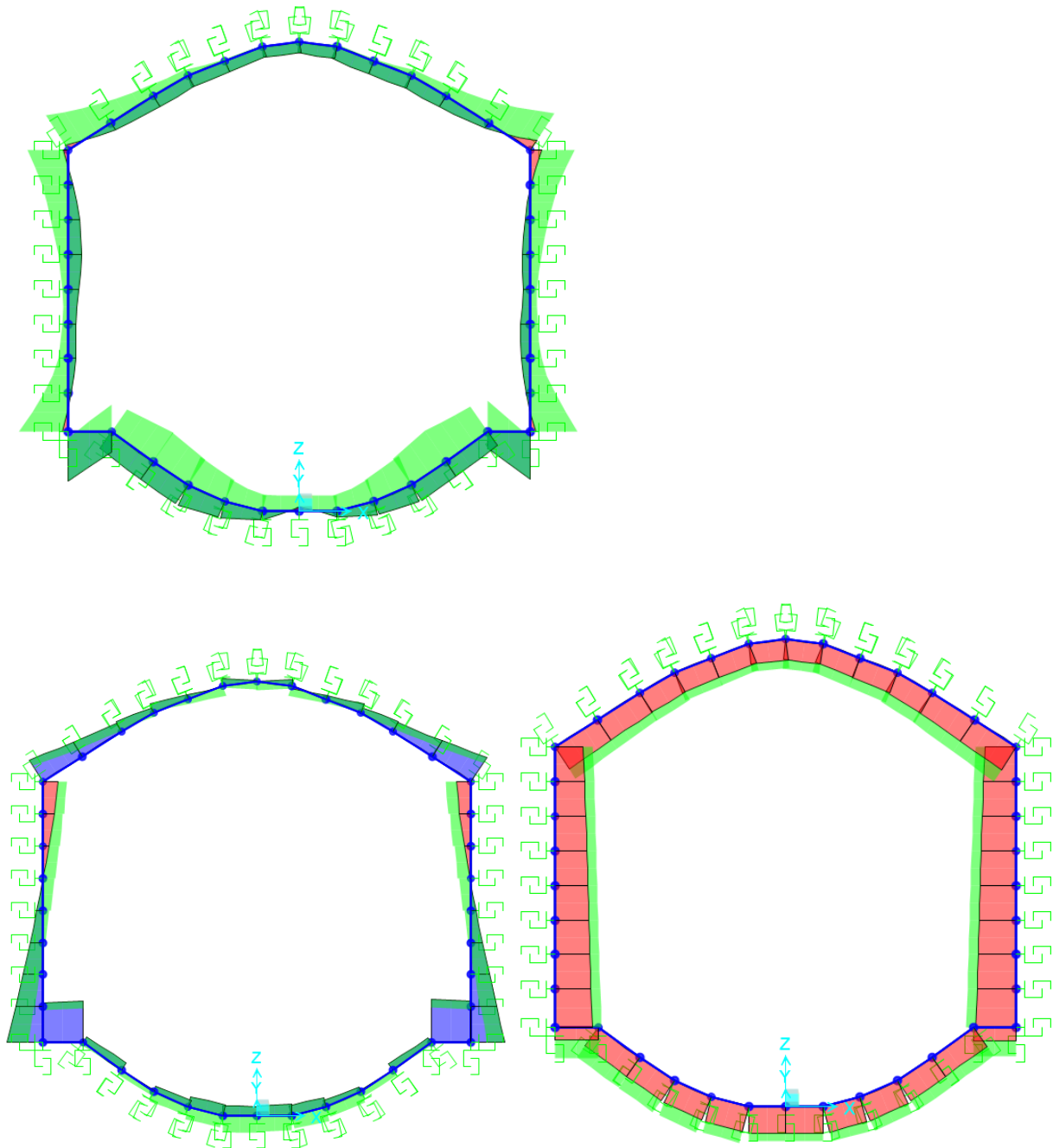



Figura 171 – Da sinistra: involucro del momento, del taglio e dello sforzo normale – SLV

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
17	0	INV-SLV	Combination	Max	-682.892	121.852	0	0	0	177.6434
17	0.46814	INV-SLV	Combination	Max	-675.685	210.399	0	0	0	166.0367
17	0.93627	INV-SLV	Combination	Max	-668.477	299.272	0	0	0	151.0539
17	0	INV-SLV	Combination	Min	-931.695	-159.621	0	0	0	-140.846
17	0.46814	INV-SLV	Combination	Min	-932.528	-71.777	0	0	0	-86.9602
17	0.93627	INV-SLV	Combination	Min	-933.36	15.836	0	0	0	-164.2005
8	0	INV-SLV	Combination	Max	-800.474	201.58	0	0	0	487.8874
8	0.8218	INV-SLV	Combination	Max	-847.002	363.166	0	0	0	418.3475
8	1.6436	INV-SLV	Combination	Max	-861.933	524.753	0	0	0	183.9379
8	0	INV-SLV	Combination	Min	-1098.116	-15.691	0	0	0	-375.2059
8	0.8218	INV-SLV	Combination	Min	-1162.986	184.929	0	0	0	-542.4536
8	1.6436	INV-SLV	Combination	Min	-1227.856	385.549	0	0	0	-840.5846
11	0	INV-SLV	Combination	Max	-1019.192	475.381	0	0	0	213.8468
11	0.57722	INV-SLV	Combination	Max	-996.11	328.767	0	0	0	159.6254
11	1.15444	INV-SLV	Combination	Max	-973.028	182.153	0	0	0	184.6693
11	0	INV-SLV	Combination	Min	-1306.14	-4.529	0	0	0	-226.2767
11	0.57722	INV-SLV	Combination	Min	-1283.058	-83.031	0	0	0	-281.4786
11	1.15444	INV-SLV	Combination	Min	-1259.976	-161.533	0	0	0	-428.9354
12	0	INV-SLV	Combination	Max	-1064.672	775.622	0	0	0	672.9462
12	0.56868	INV-SLV	Combination	Max	-1041.932	625.492	0	0	0	365.9908
12	1.13735	INV-SLV	Combination	Max	-1019.192	475.362	0	0	0	213.8468
12	0	INV-SLV	Combination	Min	-1351.62	217.934	0	0	0	-71.9867
12	0.56868	INV-SLV	Combination	Min	-1328.88	134.908	0	0	0	-172.7393
12	1.13735	INV-SLV	Combination	Min	-1306.14	51.881	0	0	0	-226.2767
1	0	INV-SLV	Combination	Max	-903.672	-58.961	0	0	0	1049.5781
1	0.53696	INV-SLV	Combination	Max	-889.651	-40.12	0	0	0	1076.9237
1	1.07393	INV-SLV	Combination	Max	-875.631	-21.279	0	0	0	1097.173
1	0	INV-SLV	Combination	Min	-1349.108	-378.718	0	0	0	-646.3024
1	0.53696	INV-SLV	Combination	Min	-1335.087	-359.877	0	0	0	-461.3245
1	1.07393	INV-SLV	Combination	Min	-1321.067	-341.036	0	0	0	-289.0963
5	0	INV-SLV	Combination	Max	-921.033	509.508	0	0	0	398.2112
5	0.4353	INV-SLV	Combination	Max	-921.033	528.547	0	0	0	172.7025
5	0.87061	INV-SLV	Combination	Max	-921.033	547.586	0	0	0	-61.0939
5	0	INV-SLV	Combination	Min	-1192.155	-206.879	0	0	0	-424.0069
5	0.4353	INV-SLV	Combination	Min	-1192.155	-187.841	0	0	0	-438.02
5	0.87061	INV-SLV	Combination	Min	-1192.155	-168.802	0	0	0	-460.3207

Figura 172 – Combinazioni di carico da SAP2000 – SLV
ARMATURE CONCIO D'ATTACCO

ZONA	H [m]	Arm. princ. intra	Ripartitori	Spilli
Calotta	1.0	5 Ø24	Ø14/30	Ø12/40x60

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

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 ARTIFICIALE

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)

Il dato di incidenza è dato da:

ARMATURE CONCIO D'ATTACCO

INCIDENZA

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

ARCO ROVESCIO	30
PIEDRITTO	30
CALOTTA	40

ARMATURA GALLERIA ARTIFICIALE

INCIDENZA	
ARCO ROVESCIO	30
PIEDRITTO	32
CALOTTA	53

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.

12.2.1.1 Sezione 1 – Concio d'attacco

Calotta

Tabella 183 – Verifiche statiche SLE – limitazione tensioni e fessurazione

M_{Ek}	N_{Ek}	σ_c	σ_s	w_k
[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[mm]
-648.4	766.6	-4.64	-56.28	0.114
-528.7	951.0	-3.57	-46.04	0.051

-616.2	911.3	-4.30	-53.86	0.082
--------	-------	-------	--------	-------

Reni

Tabella 184 - Verifiche statiche SLE – limitazione tensioni e fessurazione

M_{Ek}	N_{Ek}	σ_c	σ_s	w_k
[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[mm]
543.0	915.4	0.29	2.26	0.003
-364.2	928.7	0.32	4.71	0.003
597.9	949.5	0.31	4.54	0.003

Piedritto


Tabella 185 – Verifiche statiche SLE – limitazione tensioni e fessurazione

M_{Ek}	N_{Ek}	σ_c	σ_s	w_k
[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[mm]
723.6387	520.657	-3.23	120.75	0.109
538.8495	748.022	-2.15	36.88	0.033
697.9831	702.963	-3.00	82.89	0.075

Attacco piedritto-muretta

Tabella 186 – Verifiche statiche SLE – limitazione tensioni e fessurazione

M_{Ek}	N_{Ek}	σ_c	σ_s	w_k
[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[mm]
-619.0213	806.057	-0.98	-13.99	0.007
-1120.216	1084.152	-1.94	-27.20	0.030
-1120.216	1084.152	-1.94	-27.20	0.030

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

Attacco muretta-arco rovescio

Tabella 187 – Verifiche statiche SLE – limitazione tensioni e fessurazione

N_{Ek}	M_{Ek}	σ_c	σ_s	w_k
[kN]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[mm]
-1126.57	1049.199	-4.37	-56.59	0.114
-272.445	1188.761	-1.19	-17.11	
-314.291	1408.057	-1.39	-20.05	

Arco rovescio

Tabella 188 – Verifiche statiche SLE – limitazione tensioni e fessurazione

N_{Ek}	M_{Ek}	σ_c	σ_s	w_k
[kN]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[mm]
-359.687	1386.45	-1.46	-21.04	0.06
-977.864	1286.164	-3.50	-47.18	0.055
-603.491	1505.46	-1.99	-28.34	0.06

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.

1	CALOTTA			
2	CALOTTA			
3	RENI			
4	RENI			
5	PIEDRITTO			
6	PIEDRITTO			
7	ATTACCO PIEDRITTO -MURETTA			
8	ATTACCO PIEDRITTO -MURETTA			
9	ATTACCO MURETTA-ARCO ROVESCIO			
10	ATTACCO MURETTA-ARCO ROVESCIO			
11	ARCO ROVESCIO			
12	ARCO ROVESCIO			

Figura 173 – Sezioni di riferimento

Md	Nd	Vd	AS	A'S	Md [N=cost]	CU
[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[-]	[-]	[kNm/m]	[-]
-998.1	-809.5	-297.2	5f24	5f24	1246.0	1.2
-482.2	-1207.1	-458.3	5f24	5f24	520.0	1.1
-585.6	-1265.9	392.7	5f24	5f24	1935.0	3.3
-701.5	-1279.5	218.1	5f24	5f24	1458.0	2.1
1033.7	-734.2	-221.1	5f24	5f24	1874.0	1.8
1411.0	-1009.7	-272.5	5f24	5f24	1526.0	1.1
-962.1	-1545.2	1210.9	5f24	5f24	975.0	1.0
-792.8	-1232.6	789.1	5f24	5f24	964.0	1.2
-1792.7	-1636.4	653.9	5f24	5f24	1450.0	1.0
-1286.4	-1292.4	579.4	5f24	5f24	1357.0	1.1
-991.5	-1336.2	605.6	5f24	5f24	1254.0	1.3
-766.5	-1272.0	811.9	5f24	5f24	1254.0	1.6


 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</p>					
<p>GALLERIA SALSO - 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 00 002</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 308 di 354</p>

Tabella 189 – Sollecitazioni e armature delle sezioni di riferimento

Tabella 190 – Output SAP2000 - SLU

Frame	OutputCase	M3 (M)	V2 (V)	P (N)	
Frame	Text	KN-m	kN	KN	
216	SLU	-998.098	-297.16	-809.515	MAX M
216		-998.098	-297.16	-1416.04	MAX V
216					
216					
216					
216					
221	SLU	-585.576	19.078	-1265.93	MAX M
221		189.1677	392.676	-929.806	MAX V
221					
221					
221					
221					
226	SLU	1033.727	23.374	-734.213	MAX M
226		140.4679	-221.065	-1123.58	MAX V
226					
226					
226					
226					
229	SLU	-962.082	475.444	-1545.24	MAX M
229		-620.811	1210.903	-1013.7	MAX V
229					
229					
229					
229					
212	SLU	-1792.66	653.924	-1636.41	MAX M
212		-1792.66	653.924	-1636.41	MAX V
212					
212					
212					
212					
14	SLU	-991.458	330.236	-2119.43	MAX M
14		-286.131	605.616	-1336.15	MAX V
14					
14					
14					


 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA</p>					
<p>GALLERIA SALSO - 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 00 002</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 310 di 354</p>

Tabella 191 – Output SAP2000 - SLV

Frame	OutputCase	M3 (M)	V2 (V)	P (N)	
Frame	Text	KN-m	kN	KN	
216	SLU	-482.151	-458.277	-1207.1	MAX M
216		-482.151	-458.277	-1207.1	MAX V
216					
216					
216					
216					
221	SLU	-701.507	-72.521	-1279.55	MAX M
221		659.5566	218.076	-881.542	MAX V
221					
221					
221					
221					
226	SLU	473.1611	58.447	-748.297	MAX M
226		4.491	-272.549	-1009.66	MAX V
226					
226					
226					
226					
229	SLU	-792.751	388.246	-1232.59	MAX M
229		-208.311	789.112	-974.02	MAX V
229					
229					
229					
229					
212	SLU	-1286.4	579.445	-1292.36	MAX M
212		-1286.4	579.445	-1292.36	MAX V
212					
212					
212					
212					
14	SLU	-766.5	346.222	-1537.49	MAX M
14		-98.7199	811.905	-1272.05	MAX V
14					
14					
14					
14					

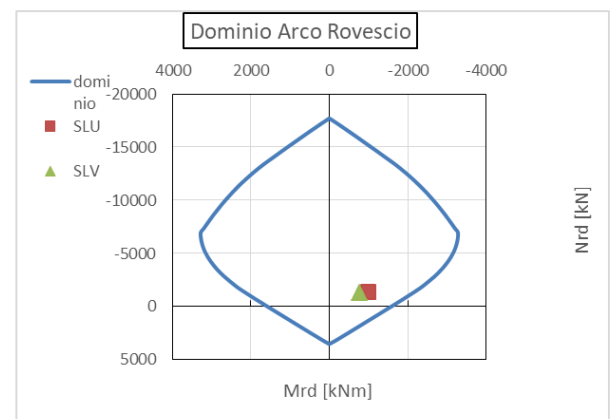
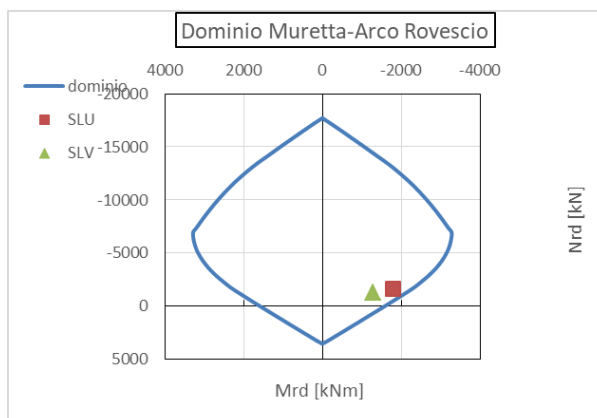
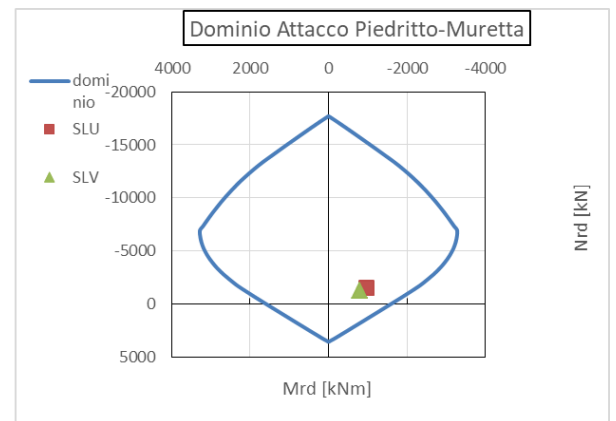
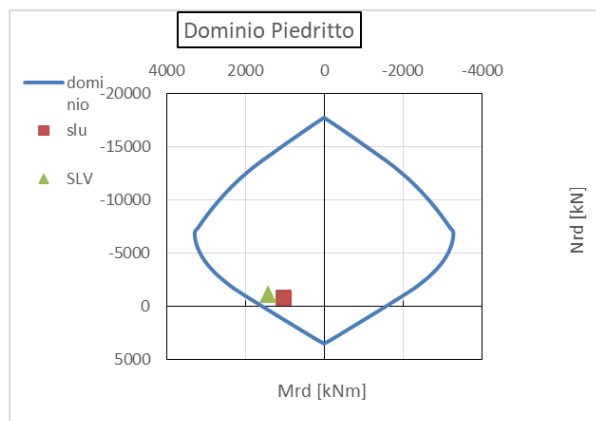
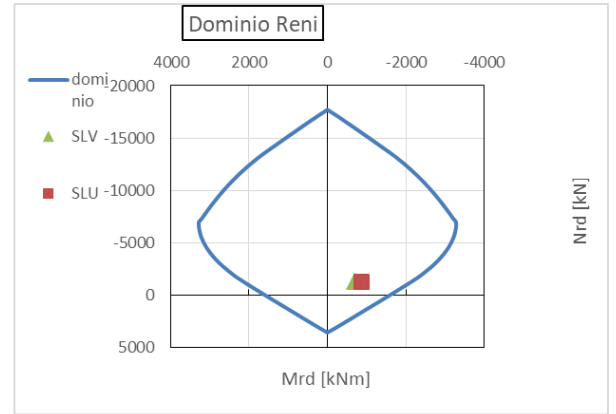
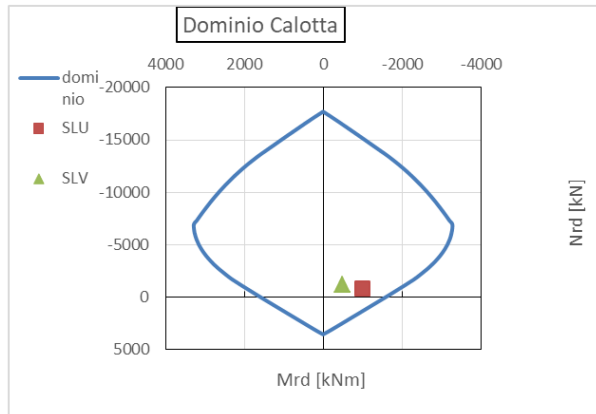



Figura 174 – Domini M-N – SLU

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

Verifica a taglio


Tabella 192 – Verifica a taglio – SLU - CALOTTA

Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	297.16	[kN]
N_{Ed-SLU}	809.515	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	1200	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	20	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	1130	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	1571	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00139	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.67	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 * k * (100 * \rho_l * f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 * \sigma_{cp}\} * b_w * d$	406.1	[kN]
$(v_{min} + 0.15 * \sigma_{cp}) * b_w * d$	449.2	[kN]
$V_{Rd,0}$	449.2	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	0.66	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]

A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	770	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	1021	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	3773	[kN]
$V_{Rd} = \min (V_{Rs,d} ; V_{Rc,d})$	1021	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.29	[-]

Tabella 193 – Verifica a taglio – SLU – RENI

Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	392.676	[kN]
N_{Ed-SLU}	1265.933	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	2100	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	20	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s/2$	2030	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	1571	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00077	[-]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.60	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	582.4	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	718.6	[kN]
$V_{Rd,0}$	718.6	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	0.55	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	2.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	16	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	402	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	958	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	6746	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	958	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.41	[-]

Tabella 194 – Verifica a taglio – SLU – PIEDRITTO

Verifica Taglio - NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	221.065	[kN]
N_{Ed-SLU}	734.213	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]

h (altezza sezione)	1600	[mm]
Armatura longitudinale		
n _s (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
Φ _s (diametro barre long.)	24	[mm]
c (ricompimento A _s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = h-c-Φ _s /2	1528	[mm]
A _s (area dell'armatura long. tesa)	2262	[mm ²]
ρ _l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00148	[-]
σ _{cp} (tensione di compressione) = N _{Ed} /A _c	0.46	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	491.4	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	530.1	[kN]
V _{Rd,0}	530.1	[kN]
V _{Ed} /V _{Rd,0} ≤ 1	0.42	[-]
Armatura trasversale		
n _b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
Φ _{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A _{sw} (area dell'armatura trasversale)	770	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	38.0	
1 ≤ ctgθ ≤ 2.5	1.28	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
V _{Rs,d} (resistenza a taglio - armatura tras.)	1767	[kN]
V _{Rc,d} (resistenza a taglio - sezione cls armata)	4879	[kN]
V _{Rd} = min (V _{Rs,d} ; V _{Rc,d})	1767	[kN]
V _{Ed} /V _{Rd} ≤ 1	0.13	[-]

Tabella 195 – Verifica a taglio – SLU – Attacco muretta-piedritto


Verifica Taglio -NT2008			
Sollecitazioni			
V _{Ed-SLU}		1210.903	[kN]
N _{Ed-SLU}		1545.236	[kN]

Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	1600	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	10	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	24	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	1528	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	4524	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00296	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed} / A_c	0.97	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 * k * (100 * \rho_l * f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 * \sigma_{cp}\} * b_w * d$	708.0	[kN]
$(v_{min} + 0.15 * \sigma_{cp}) * b_w * d$	646.3	[kN]
$V_{Rd,0}$	708.0	[kN]
$V_{Ed} / V_{Rd,0} \leq 1$	1.71	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	770	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	38.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.28	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	1767	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	5048	[kN]

$V_{Rd} = \min (V_{R_{s,d}} ; V_{R_{c,d}})$	1767	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.69	[-]

Tabella 196 – Verifica a taglio – SLU – Attacco muretta-arco rovescio


Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	653.924	[kN]
N_{Ed-SLU}	1636.406	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	1700	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	20	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	1630	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	1571	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00096	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.96	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 * k * (100 * \rho_l * f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 * \sigma_{cp}\} * b_w * d$	589.4	[kN]
$(v_{min} + 0.15 * \sigma_{cp}) * b_w * d$	682.9	[kN]
$V_{Rd,0}$	682.9	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	0.96	[-]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	770	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	1473	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	5549	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	1473	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.44	[-]

Tabella 197 – Verifica a taglio – SLU – Arco rovescio

Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	605.6	[kN]
N_{Ed-SLU}	1336.2	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	1700	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	7	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	24	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h-c-\Phi_s/2$	1628	[mm]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

A_s (area dell'armatura long. tesa)	3167	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00195	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.79	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	638.9	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	639.1	[kN]
$V_{Rd,0}$	639.1	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	0.95	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	2.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	308	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	200	[mm]
α	90	[°]
θ	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	883	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	5477	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	883	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.69	[-]

Tabella 198 – Verifica a taglio – SLV - Calotta

Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	458.28	[kN]
N_{Ed-SLU}	1207.1	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]

Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	1200	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	20	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	1130	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	1571	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00139	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed} / A_c	1.01	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 * k * (100 * \rho_l * f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 * \sigma_{cp}\} * b_w * d$	462.3	[kN]
$(v_{min} + 0.15 * \sigma_{cp}) * b_w * d$	505.4	[kN]
$V_{Rd,0}$	505.4	[kN]
$V_{Ed} / V_{Rd,0} \leq 1$	0.91	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	770	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	1021	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	3858	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	1021	[kN]
$V_{Ed} / V_{Rd} \leq 1$	0.45	[-]



 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

Tabella 199 – Verifica a taglio – SLV - Reni


Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	218.08	[kN]
N_{Ed-SLU}	1279.55	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	2200	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	20	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	2130	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	1571	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00074	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.58	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 * k * (100 * \rho_l * f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 * \sigma_{cp}\} * b_w * d$	595.3	[kN]
$(v_{min} + 0.15 * \sigma_{cp}) * b_w * d$	742.4	[kN]
$V_{Rd,0}$	742.4	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	0.29	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	2.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	308	[mm ²]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	770	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	7068	[kN]
$V_{Rd} = \min (V_{Rs,d} ; V_{Rc,d})$	770	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.28	[-]

Tabella 200 – Verifica a taglio - SLV - Piedritto


Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	272.55	[kN]
N_{Ed-SLU}	1009.7	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	1600	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	24	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h-c-\Phi_s/2$	1528	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	2262	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00148	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.63	[MPa]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	530.9	[kN]
$(v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	569.6	[kN]
$V_{Rd,0}$	569.6	[kN]
$V_{Ed} / V_{Rd,0} \leq 1$	0.48	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	770	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	38.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.28	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	1767	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	4936	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	1767	[kN]
$V_{Ed} / V_{Rd} \leq 1$	0.15	[-]

Tabella 201 – Verifica a taglio – SLV – Attacco piedritto-muretta

Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	789.11	[kN]
N_{Ed-SLU}	1232.6	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		


 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	1600	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	10	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	24	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	1528	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	4524	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00296	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.77	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 * k * (100 * \rho_l * f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 * \sigma_{cp}\} * b_w * d$	663.2	[kN]
$(v_{min} + 0.15 * \sigma_{cp}) * b_w * d$	601.5	[kN]
$V_{Rd,0}$	663.2	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	1.19	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	770	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	38.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.28	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	1767	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	4983	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	1767	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.45	[-]

Tabella 202 – Verifica a taglio – SLV – Attacco muretta – arco rovescio

Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	579.45	[kN]


N_{Ed-SLU}	1292.4	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	1700	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	20	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	1630	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	1571	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00096	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.76	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	539.9	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	633.4	[kN]
$V_{Rd,0}$	633.4	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	0.91	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	770	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
Verifica sezione armata a taglio		

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	1473	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	5474	[kN]
$V_{Rd} = \min (V_{Rs,d} ; V_{Rc,d})$	1473	[kN]

Tabella 203 – Verifica a taglio – SLV – Arco Rovescio

Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	811.91	[kN]
N_{Ed-SLU}	1272.0	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	1700	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	7	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	24	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	1628	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	3167	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00195	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.75	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	629.7	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	629.9	[kN]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

$V_{Rd,0}$	629.9	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	1.29	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	2.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	308	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	200	[mm]
α	90	[°]
θ	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	883	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	5463	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	883	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.92	[-]

12.2.1.2 Sezione 2 – Galleria artificiale

Calotta


Tabella 204 – Verifiche statiche SLE – limitazione tensioni e fessurazione

N_{Ek}	M_{Ek}	σ_c	σ_s	w_k
[kN]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[mm]
421.2354	437.431	-3.04	92.39	0.083
333.4327	654.273	-2.21	29.71	0.027
408.1364	638.464	-2.82	55.75	0.050

Reni

Tabella 205 – Verifiche statiche SLE – limitazione tensioni e fessurazione

N_{Ek}	M_{Ek}	σ_c	σ_s	w_k
[kN]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[mm]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

-460.0809	868.605	0.29	2.26	0.005
-791.3955	1003.093	0.32	4.71	0.008
-812.1205	1048.661	0.31	4.54	0.021

Piedritto

Tabella 206 – Verifiche statiche SLE – limitazione tensioni e fessurazione

N_{Ek}	M_{Ek}	σ_c	σ_s	w_k
[kN]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[mm]
337.6949	1252.33	-1.47	-1.53	0.05
509.7724	1233.342	-1.82	3.59	0.05
906.6058	1187.178	-3.68	70.10	0.063

Attacco piedritto-muretta


Tabella 207 – Verifiche statiche SLE – limitazione tensioni e fessurazione

N_{Ek}	M_{Ek}	σ_c	σ_s	w_k
[kN]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[mm]
542.0791	1297.81	-0.99	-0.74	0.007
916.391	1278.822	-1.44	8.51	0.008
929.4048	1233.342	-1.47	10.31	0.009

Attacco muretta-arco rovescio

Tabella 208 – Verifiche statiche SLE – limitazione tensioni e fessurazione

N_{Ek}	M_{Ek}	σ_c	σ_s	w_k
[kN]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[mm]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

929.4048	948.827	-3.55	92.35	0.083
978.6409	970.992	-3.76	101.39	0.091
-659.408	942.951	-2.30	-31.36	0.030

Arco rovescio

Tabella 209 – Verifiche statiche SLE – limitazione tensioni e fessurazione

N_{Ek}	M_{Ek}	σ_c	σ_s	w_k
[kN]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[mm]
-659.4084	912.15	-2.33	-31.54	0.033
-561.57	912.15	-1.90	-26.18	0.018
-629.2445	1505.46	-2.04	-29.00	0.019

1	CALOTTA			
2	CALOTTA			
3	RENI			
4	RENI			
5	PIEDRITTO			
6	PIEDRITTO			
7	ATTACCO PIEDRITTO -MURETTA			
8	ATTACCO PIEDRITTO -MURETTA			
9	ATTACCO MURETTA-ARCO ROVESCIO			
10	ATTACCO MURETTA-ARCO ROVESCIO			
11	ARCO ROVESCIO			
12	ARCO ROVESCIO			

Figura 175 – Sezioni di riferimento

Tabella 210 – Sollecitazioni e armature delle sezioni di riferimento

Md	Nd	Vd	AS	A'S	Md [N=cost]	CU	
[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[-]	[-]	[kNm/m]	[-]	
-998.1	-809.5	-297.2	5f24	5f24	1246.0	1.2	√
-482.2	-1207.1	-458.3	5f24	5f24	520.0	1.1	√
-875.2	-1292.0	392.7	5f24	5f24	1935.0	2.2	√
-701.5	-1279.5	218.1	5f24	5f24	1458.0	2.1	√
1033.7	-734.2	-221.1	5f24	5f24	1874.0	1.8	√
1411.0	-1009.7	-272.5	5f24	5f24	1526.0	1.1	√
-962.1	-1545.2	1210.9	5f24	5f24	975.0	1.0	√
-792.8	-1232.6	789.1	5f24	5f24	964.0	1.2	√
-1792.7	-1636.4	653.9	5f24	5f24	1450.0	1.0	√
-1286.4	-1292.4	579.4	5f24	5f24	1357.0	1.1	√
-991.5	-1336.2	605.6	5f24	5f24	1254.0	1.3	√
-766.5	-1272.0	811.9	5f24	5f24	1254.0	1.6	√

Tabella 211 – Output SAP2000 – SLU

Frame	OutputCase	M3 (M)	V2 (V)	P (N)	
Text	Text	KN-m	kN	KN	
17	SLU	-998.098	-297.16	-809.515	MAX M
17		-998.098	-297.16	-1416.04	MAX V
17					
17					
17					
17					
8	SLU	-875.244	47.631	-1292.02	MAX M
8		189.1677	392.676	-929.806	MAX V
8					
8					
8					
8					
11	SLU	1033.727	23.374	-734.213	MAX M
11		140.4679	-221.065	-1123.58	MAX V
11					
11					
11					
11					
12	SLU	-962.082	475.444	-1545.24	MAX M
12		-620.811	1210.903	-1013.7	MAX V
12					
12					
12					
12					
1	SLU	-1792.66	653.924	-1636.41	MAX M
1		-1792.66	653.924	-1636.41	MAX V
1					
1					
1					
1					
5	SLU	-991.458	330.236	-2119.43	MAX M
5		-286.131	605.616	-1336.15	MAX V
5					
5					
5					
5					

Tabella 212 – Output SAP2000 - SLV

Frame	OutputCase	M3 (M)	V2 (V)	P (N)	
Text	Text	KN-m	kN	KN	
17	SLU	-482.151	-458.277	-1207.1	MAX M
17		-482.151	-458.277	-1207.1	MAX V
17					
17					
17					
17					
8	SLU	-701.507	-72.521	-1279.55	MAX M
8		659.5566	218.076	-881.542	MAX V
8					
8					
8					
8					
11	SLU	473.1611	58.447	-748.297	MAX M
11		4.491	-272.549	-1009.66	MAX V
11					
11					
11					
11					
12	SLU	-792.751	388.246	-1232.59	MAX M
12		-208.311	789.112	-974.02	MAX V
12					
12					
12					
12					
1	SLU	-1286.4	579.445	-1292.36	MAX M
1		-1286.4	579.445	-1292.36	MAX V
1					
1					
1					
1					
5	SLU	-766.5	346.222	-1537.49	MAX M
5		-98.7199	811.905	-1272.05	MAX V
5					
5					
5					
5					



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

GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI
CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 002	B	334 di 354

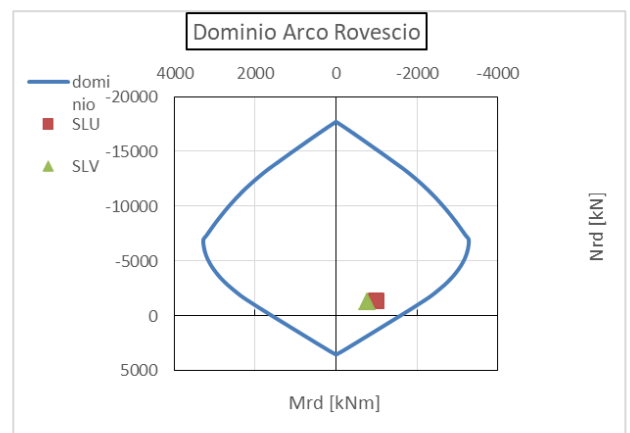
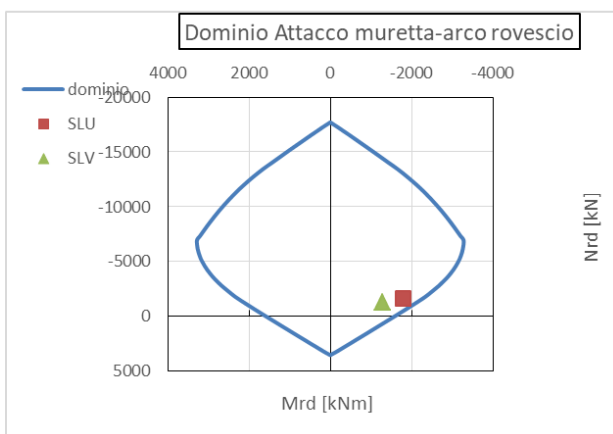
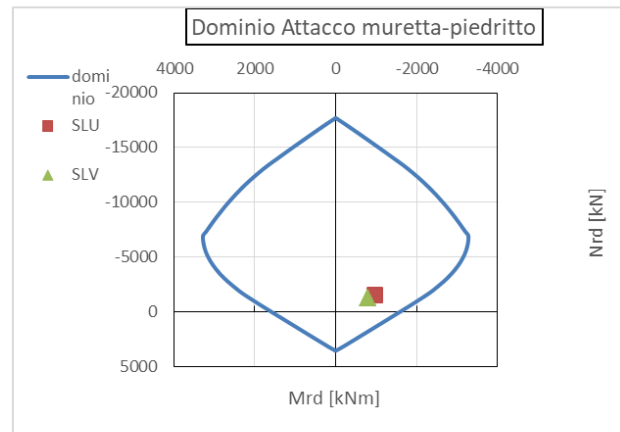
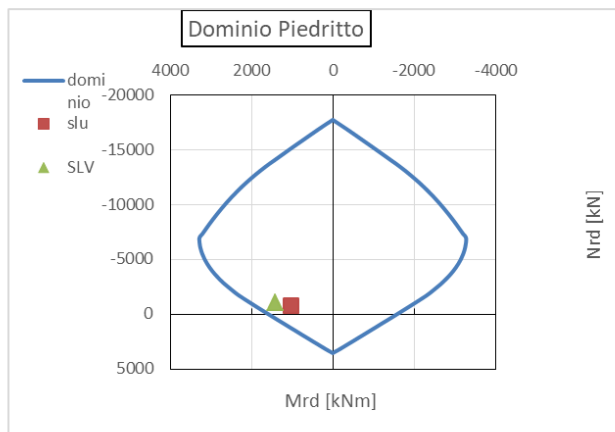
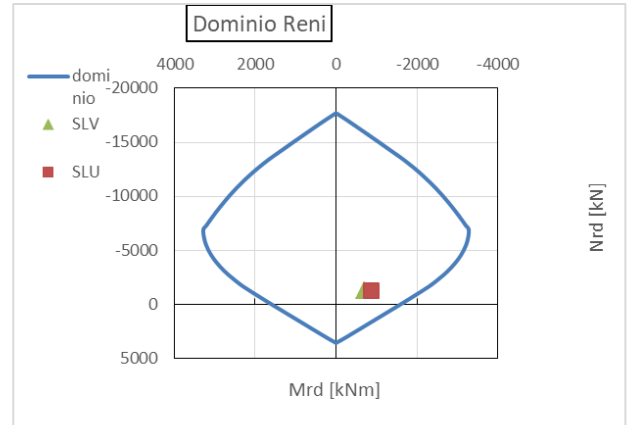
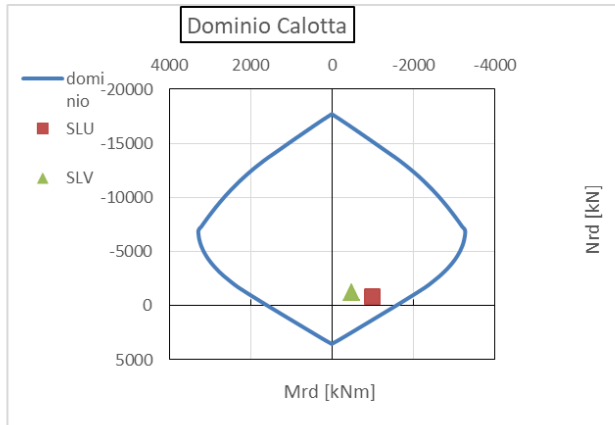



Figura 176 – Domini M-N – SLU

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

Verifica a taglio


Tabella 213 – Verifica a taglio – SLU – Calotta

Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	297.16	[kN]
N_{Ed-SLU}	809.515	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	900	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	20	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	830	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	1571	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00189	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.90	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 * k * (100 * \rho_l * f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 * \sigma_{cp}\} * b_w * d$	361.3	[kN]
$(v_{min} + 0.15 * \sigma_{cp}) * b_w * d$	376.4	[kN]
$V_{Rd,0}$	376.4	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	0.79	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]

A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	770	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	750	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	2814	[kN]
$V_{Rd} = \min (V_{Rs,d} ; V_{Rc,d})$	750	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.40	[-]

Tabella 214 – Verifica a taglio – SLU – Reni


Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	392.676	[kN]
N_{Ed-SLU}	1292.016	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	2100	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	20	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s/2$	2030	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	1571	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00077	[-]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.62	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	586.1	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	722.4	[kN]
$V_{Rd,0}$	722.4	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	0.54	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	770	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	1834	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	6752	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	1834	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.21	[-]

Tabella 215 – Verifica a taglio – SLU - Piedritto

Verifica Taglio -NT2008			
Sollecitazioni			
V_{Ed-SLU}		221.065	[kN]
N_{Ed-SLU}		734.213	[kN]
Proprietà materiali strutturali			
Calcestruzzo			
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)		25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)		14.2	[MPa]
Acciaio			
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)		450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)		391.3	[MPa]


 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	1600	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	24	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	1528	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	2262	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00148	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.46	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	491.4	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	530.1	[kN]
$V_{Rd,0}$	530.1	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	0.42	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	770	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	38.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.28	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	1767	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	4879	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	1767	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.13	[-]

Tabella 216 – Verifica a taglio – SLU - Attacco piedritto-muretta

Verifica Taglio -NT2008


Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	221.065	[kN]
N_{Ed-SLU}	734.213	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	1600	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	24	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	1528	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	2262	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00148	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.46	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	491.4	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	530.1	[kN]
$V_{Rd,0}$	530.1	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	0.42	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	770	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	38.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.28	[-]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	1767	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	4879	[kN]
$V_{Rd} = \min (V_{Rs,d} ; V_{Rc,d})$	1767	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.13	[-]

Tabella 217 – Verifica a taglio – SLU – Attacco muretta-arco rovescio

Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	653.924	[kN]
N_{Ed-SLU}	1636.406	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	1700	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	20	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	1630	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	1571	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00096	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.96	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	589.4	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	682.9	[kN]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

$V_{Rd,0}$	682.9	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	0.96	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	770	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	1473	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	5549	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	1473	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.44	[-]

Tabella 218 – Verifica a taglio – SLU – Arco Rovescio

Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	605.6	[kN]
N_{Ed-SLU}	1336.2	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	1700	[mm]
Armatura longitudinale		

n_s (numero di barre long. in zona tesa)	7	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	24	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h-c-\Phi_s/2$	1628	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	3167	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00195	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.79	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	638.9	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	639.1	[kN]
$V_{Rd,0}$	639.1	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	0.95	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	2.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	308	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	200	[mm]
α	90	[°]
θ	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	883	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	5477	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	883	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.69	[-]

Tabella 219 – Verifica a taglio – SLV - Calotta


Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	458.28	[kN]
N_{Ed-SLU}	1207.1	[kN]

Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	900	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	20	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	830	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	1571	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00189	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	1.34	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	416.3	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	431.4	[kN]
$V_{Rd,0}$	431.4	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	1.06	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	770	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	750	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	2896	[kN]

$V_{Rd} = \min (V_{Rs,d} ; V_{Rc,d})$	750	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.61	[-]

Tabella 220 – Verifica a taglio – SLV - Reni


Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	218.08	[kN]
N_{Ed-SLU}	1279.55	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	2100	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	20	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	2030	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	1571	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00077	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.61	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	584.3	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	720.6	[kN]
$V_{Rd,0}$	720.6	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	0.30	[-]
Armatura trasversale		

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	2.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	308	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{R_s,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	734	[kN]
$V_{R_c,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	6749	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{R_s,d}; V_{R_c,d})$	734	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.30	[-]

Tabella 221 – Verifica a taglio – SLV - Piedritto

Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	272.55	[kN]
N_{Ed-SLU}	1009.7	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	1600	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	24	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s/2$	1528	[mm]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

A_s (area dell'armatura long. tesa)	2262	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00148	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.63	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	530.9	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	569.6	[kN]
$V_{Rd,0}$	569.6	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	0.48	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	770	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	38.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.28	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	1767	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	4936	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	1767	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.15	[-]

Tabella 222 – Verifica a taglio – SLV – Attacco piedritto-muretta

Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	789.11	[kN]
N_{Ed-SLU}	1232.6	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		

f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	1600	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	10	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	24	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	1528	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	4524	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00296	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed} / A_c	0.77	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 * k * (100 * \rho_l * f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 * \sigma_{cp}\} * b_w * d$	663.2	[kN]
$(V_{min} + 0.15 * \sigma_{cp}) * b_w * d$	601.5	[kN]
$V_{Rd,0}$	663.2	[kN]
$V_{Ed} / V_{Rd,0} \leq 1$	1.19	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	770	[mm ²]
s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	38.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.28	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	1767	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	4983	[kN]
$V_{Rd} = \min(V_{Rs,d}; V_{Rc,d})$	1767	[kN]
$V_{Ed} / V_{Rd} \leq 1$	0.45	[-]



 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

Tabella 223 – Verifica a taglio – SLV – Attacco muretta-arco rovescio

Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
$V_{Ed,SLU}$	579.45	[kN]
$N_{Ed,SLU}$	1292.4	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	1700	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	5	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	20	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h - c - \Phi_s / 2$	1630	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	1571	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00096	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.76	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	539.9	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	633.4	[kN]
$V_{Rd,0}$	633.4	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	0.91	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	5.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	770	[mm ²]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
	GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B

s (passo armatura trasversale)	300	[mm]
α	90	[°]
θ	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{Rs,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	1473	[kN]
$V_{Rc,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	5474	[kN]
$V_{Rd} = \min (V_{Rs,d} ; V_{Rc,d})$	1473	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.39	[-]


Tabella 224 – Verifica a taglio – SLV – Arco Rovescio

Verifica Taglio -NT2008		
Sollecitazioni		
V_{Ed-SLU}	811.91	[kN]
N_{Ed-SLU}	1272.0	[kN]
Proprietà materiali strutturali		
Calcestruzzo		
f_{ck} (resistenza caratteristica cls)	25.0	[MPa]
f_{cd} (resistenza di progetto cls)	14.2	[MPa]
Acciaio		
f_{yk} (resistenza caratteristica acciaio)	450.0	[MPa]
f_{yd} (resistenza di progetto acciaio)	391.3	[MPa]
Geometria sezione di verifica		
b_w (larghezza minima sezione in zona tesa)	1000	[mm]
h (altezza sezione)	1700	[mm]
Armatura longitudinale		
n_s (numero di barre long. in zona tesa)	7	[-]
Φ_s (diametro barre long.)	24	[mm]
c (ricoprimento A_s)	60	[mm]
d (altezza utile sezione) = $h-c-\Phi_s/2$	1628	[mm]
A_s (area dell'armatura long. tesa)	3167	[mm ²]
ρ_l (percentuale geometrica di armatura long. tesa)	0.00195	[-]
σ_{cp} (tensione di compressione) = N_{Ed}/A_c	0.75	[MPa]
Verifica sezione non armata a taglio		
$\{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d$	629.7	[kN]
$(v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	629.9	[kN]
$V_{Rd,0}$	629.9	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd,0} \leq 1$	1.29	[-]
Armatura trasversale		
n_b (numero di bracci dell'armatura trasversale)	2.0	[-]
Φ_{sw} (diametro armatura trasversale)	14	[mm]
A_{sw} (area dell'armatura trasversale)	308	[mm ²]

GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI
CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 07 CL	GA 00 00 002	B	352 di 354

s (passo armatura trasversale)	200	[mm]
α	90	[°]
θ	45.0	
$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$	1.00	[-]
Verifica sezione armata a taglio		
$V_{R_s,d}$ (resistenza a taglio - armatura tras.)	883	[kN]
$V_{R_c,d}$ (resistenza a taglio - sezione cls armata)	5463	[kN]
$V_{Rd} = \min (V_{R_s,d} ; V_{R_c,d})$	883	[kN]
$V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$	0.92	[-]


	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 353 di 354

13 MONITORAGGIO

Per il monitoraggio delle opere di imbocco della galleria Salso 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;
- 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.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA					
GALLERIA SALSO - RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO	COMMESSA RS3U	LOTTO 40	CODIFICA D 07 CL	DOCUMENTO GA 00 00 002	REV. B	FOGLIO 354 di 354

14 CONCLUSIONI

Nella presente relazione di calcolo, sono state analizzate le problematiche progettuali connesse alla realizzazione delle opere di sostegno dell'imbocco Salso lato Ovest e Salso lato Est, 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.