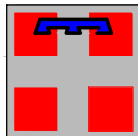




# Autostrada Asti-Cuneo



PROVINCIA DI ASTI



REGIONE PIEMONTE



PROVINCIA DI CUNEO

## COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE ASTI - CUNEO

TRONCO II A21 (ASTI EST) - A6 (MARENE)  
LOTTO 6 RODDI - DIGA ENEL

PROGETTO ESECUTIVO  
OPERE D'ARTE IN SEDE

GALLERIA DI VERDUNO  
GALLERIA ARTIFICIALE E IMBOCCO LATO ALBA  
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI IMBOCCO

Aggiornato: 00	Data :	Descrizione:	Redatto: Ing. Gatti	Controllato: Ing. Ossezia	Approvato: Ing. Ghislandi	Codifica: 2.6 E - r D.2.3.3.01
Aggiornato: 01	Data : Marzo 2015	Descrizione: Rev. a seguito richieste MIT-SVCA	Redatto: Ing. Gatti	Controllato: Ing. Saurio	Approvato: Ing. Ghislandi	Lotto Prog. Tipo Elaborato
Aggiornato:	Data :	Descrizione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:	Data: Marzo 2015
Aggiornato:	Data :	Descrizione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:	Scala: 1:500



PROGETTISTA e RESP. INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:  
Dott. Ing. Enrico Ghislandi  
Albo di Milano  
N° A 16993

CONSULENZA SPECIALIZZATA



CONCESSIONARIA:







## INDICE

<b>1. INTRODUZIONE</b> .....	<b>4</b>
<b>2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>5</b>
<b>3. SOFTWARE UTILIZZATO</b> .....	<b>7</b>
<b>4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOTECNICO</b> .....	<b>8</b>
4.1. <i>INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE</i> .....	9
4.2. <i>INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO</i> .....	9
4.3. <i>INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO</i> .....	13
4.4. <i>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA</i> .....	21
<b>5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO</b> .....	<b>23</b>
<b>6. ESAME DELLE PROBLEMATICHE PROGETTUALI E DEGLI     SCENARI DI RISCHIO</b> .....	<b>24</b>
<b>7. FASI ESECUTIVE E METODOLOGIA DI INTERVENTO</b> .....	<b>26</b>
7.1. <i>FASI ESECUTIVE</i> .....	26
7.2. <i>PARATIA DI PALI IN C.A. E SBANCAMENTI LATERALI</i> .....	27
7.2.1. <i>Esecuzione dei tiranti</i> .....	29
7.3. <i>ESECUZIONE CONSOLIDAMENTO AL FRONTE DELLA SEZIONE DI         ATTACCO</i> .....	30
7.3.1. <i>Intervento di presostegno al fronte della sezione di scavo</i> .....	30
7.4. <i>COSTRUZIONE DIMA D'ATTACCO</i> .....	31
7.5. <i>SCAVO DEL 1° CAMPO DI AVANZAMENTO</i> .....	31
7.6. <i>GETTO DELLA SOLETTA DI FONDO SCAVO PROVVISORIA</i> .....	32
7.7. <i>REALIZZAZIONE DELLA GALLERIA ARTIFICIALE</i> .....	32
7.8. <i>CAMPO PROVA JET-GROUTING</i> .....	32
7.9. <i>RITOMBAMENTO E SISTEMAZIONE DEFINITIVA</i> .....	37
<b>8. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA COSTRUZIONE</b> .....	<b>38</b>
<b>9. PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA E CARATTERISTICHE DEI     TERRENI PER LE ANALISI NUMERICHE</b> .....	<b>40</b>
9.1. <i>STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO</i> .....	40
9.1.1. <i>Sezione 1</i> .....	40



9.1.2.	Sezione 2 .....	45
9.1.3.	Sezione 3 .....	47
<b>10.</b>	<b>SPECIFICHE PER LE ANALISI DI PARATIE IN PALI.....</b>	<b>49</b>
10.1.	CONDIZIONI DI CARICO .....	51
10.1.1.	Spinta del terreno .....	51
10.1.2.	Spinta del sovraccarico superficiale .....	52
10.1.3.	Carico sismico .....	52
10.2.	ANALISI IN ACCORDO ALLE NTC2008 .....	53
<b>11.</b>	<b>SPECIFICHE PER LE ANALISI DI PARATIE IN JET GROUTING.....</b>	<b>56</b>
<b>12.</b>	<b>RISULTATI DELLE ANALISI .....</b>	<b>57</b>
12.1.	PARATIE IN PALI DI DIAMETRO 1200 MM.....	57
12.1.1.	Sezione n°1 – FASE 1.....	57
12.1.2.	Sezione n°1 – FASE 2.....	61
12.1.3.	Sezione n°2 .....	64
12.1.4.	Sezione n°3.....	68
<b>13.</b>	<b>VERIFICHE STRUTTURALI.....</b>	<b>71</b>
13.1.	PARATIE IN PALI DI DIAMETRO 1200 MM.....	71
13.1.1.	Verifiche dei pali in c.a. – Pali di altezza 31 m, 25 m, 22 m (provvisori) .....	71
13.1.2.	Verifiche dei pali in c.a. – Pali di altezza 25 m, 22 m (definitivi) ..	96
13.1.3.	Verifiche dei pali in c.a. – Pali di altezza 15 m (provvisori) .....	97
13.1.4.	Verifiche dei pali in c.a. – Pali di altezza 15 m (definitivi) .....	105
13.1.5.	Tiranti di ancoraggio .....	106
13.1.6.	Travi di ripartizione .....	111
13.1.7.	Travi di testa nella zona del fronte di attacco .....	116
13.1.8.	Travi di testa nelle zone laterali .....	120
<b>14.</b>	<b>ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE PER LA PARATIA E PER IL VERSANTE .....</b>	<b>123</b>
14.1.	ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE DELLA PARATIA .....	123
14.1.1.	Metodologia di analisi .....	123
14.1.2.	Risultati.....	126
14.2.	ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE LUNGO LA SEZIONE DI MASSIMA PENDENZA.....	130
14.2.1.	Descrizione del codice di calcolo.....	130
14.2.2.	Modello geometrico .....	131



14.2.3. Parametri geotecnici.....	135
14.2.4. Fasi di calcolo.....	137
14.2.5. Risultati analisi di stabilità.....	139
<b>15. INTERAZIONE OPERE D'IMBOCCO - STRUTTURA OSPEDALIERA ESISTENTE.....</b>	<b>142</b>
15.1.1. Fasi di calcolo.....	144
15.1.2. Sintesi dei risultati.....	146
<b>16. MONITORAGGIO DELLE OPERE DI IMBOCCO .....</b>	<b>148</b>
<b>17. OPERE DI REGIMAZIONE IDRAULICA DEL VERSANTE.....</b>	<b>149</b>
<b>18. APPENDICE A: “SEZIONE 1” – FASE 1.....</b>	<b>151</b>
18.1. ANALISI A1M1 - SLV .....	151
18.2. ANALISI A1M1 - SLD .....	153
18.3. ANALISI A2M2 - SLV .....	155
<b>19. APPENDICE B: “SEZIONE 1” – FASE 2.....</b>	<b>157</b>
19.1. ANALISI A1M1 - SLV .....	157
19.2. ANALISI A1M1 - SLD .....	158
19.3. ANALISI A2M2 - SLV .....	159
<b>20. APPENDICE C: “SEZIONE 2” – FASE 1.....</b>	<b>160</b>
20.1. ANALISI A1M1 - SLV .....	160
20.2. ANALISI A1M1 - SLD .....	162
20.3. ANALISI A2M2 - SLV .....	164
<b>21. APPENDICE E: “SEZIONE 3” .....</b>	<b>166</b>
21.1. ANALISI A1M1 - SLV .....	166
21.2. ANALISI A1M1 - SLD .....	168
21.3. ANALISI A2M2 – SLV.....	170



## 1. INTRODUZIONE

Oggetto della presente relazione di calcolo sono le verifiche geotecniche relative alle fasi di realizzazione dell'imbocco "lato Alba – Asti" della galleria Verduno, scavata con TBM-EPB, comprendendo il dimensionamento e la verifica delle opere di sostegno degli scavi, nonché le verifiche di stabilità dei versanti interessati dalla realizzazione dell'imbocco. L'opera fa parte del collegamento "Asti –Cuneo" tra le autostrade A6 ed A21, Tronco Il "Asti Est – Marene", lotto 6 "Roddi – Diga Enel".

Le opere di contenimento degli scavi dell'imbocco interessano prevalentemente un'area di versante dove, dal punto di vista litologico, sono presenti in sequenza: accumuli di frana e limo, argille limoso-sabbiose, rocce gessifere e marne.

Il presente Progetto Esecutivo è stato sviluppato tenendo conto delle fasi di progettazione precedenti ed alla luce degli approfondimenti geologici condotti a seguito delle indagini geognostiche integrative del settembre-luglio 2012.

Nel seguito sono riportate le analisi statiche condotte e le relative verifiche.

Il documento riporta per esteso le analisi e le verifiche strutturali condotte per alcune sezioni di scavo considerate tipologiche per l'intera sviluppata delle paratie di pali, eseguita con pali di diametro 1.20 m disposti con passo 1.40 m. I pali hanno lunghezze variabili: 31 m, 25 m, 22 m, 15 m, 12 m e 6 m. La trave di testa ha dimensioni 100x150 cm.

Le verifiche sono state condotte secondo quanto previsto dalle "Norme tecniche per le Costruzioni" 2008, sia agli Stati Limite Ultimi che agli Stati Limite di Esercizio.



## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le verifiche statiche degli interventi, la redazione della presente relazione e degli elaborati tecnici allegati sono state effettuate nel rispetto della Normativa in vigore e di alcune Raccomandazioni.

I principali riferimenti normativi sono i seguenti:

- Norme Tecniche per le Costruzioni del D.M. 14/01/2008.
- Circolare esplicativa n° 617 del 02/02/2009: “Istruzioni per l’applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”.
- Legge n° 1086 del 05/11/1971: Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- D.M. LL.PP. 11/03/1988: Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Circ. Min. LL.PP 24/09/88 n.30483. Legge 02/02/74, n.64 art.1. D.M. 11/03/1988: Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l’applicazione.
- Raccomandazioni AICAP (Maggio 1993): Ancoraggi nei terreni e nelle rocce.



- EN 1992-1-1: Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- EN 1997-1: Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali.
- EN 1998-5: Eurocodice 8. Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.





### 3. SOFTWARE UTILIZZATO

Nella presente relazione di calcolo si fa uso di seguenti codici di calcolo specifici :

1. PARATIE per Windows, Versione 7.0. Programma per il progetto e la verifica di paratie, CEAS;
2. SLOPE / W, Versione 5. Programma per l'analisi di stabilità di pendii, GEO-SLOPE Int. Ltd., Canada;
3. PLAXIS, versione 2011. Programma ad elementi finiti per applicazioni geotecniche nel quale modelli costitutivi del terreno sono utilizzati per simulare il comportamento del suolo.

#### 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOTECNICO

L'area in esame, coinvolta nella realizzazione delle opere di imbocco lato Alba della galleria, dal punto di vista geologico ricade in un settore di versante ampiamente indagato sia dagli studi eseguiti per lo sviluppo della progettazione dell'autostrada Asti – Cuneo, sia dagli studi eseguiti per la realizzazione del "Nuovo Ospedale di Alba-Bra", costruzione che insiste sul medesimo versante, circa 600 metri a monte dell'imbocco della galleria.

L'analisi di tutta la documentazione pregressa e delle indagini eseguite nell'ultima fase di progettazione, hanno consentito una ricostruzione lito-stratigrafica e geotecnica di dettaglio dell'area, in affinamento rispetto a quanto emerso in sede di Progetto Definitivo.

Nel seguito si riporta una sintesi delle caratteristiche lito-stratigrafiche della zona a progetto. Per un approfondimento geologico, geotecnico ed idrogeologico si rimanda alle specifiche relazioni di progetto:

- Relazione geologica (elaborato 2.6.E.r.D.2.1.02.00),
- Relazione geotecnica (elaborato 2.6.E.r.D.2.1.03.00),
- Relazione idrogeologica (elaborato 2.6.E.r.D.2.1.04.00),
- Planimetria geomorfologica di dettaglio lato Asti (elaborato 2.6.E.d.D.2.1.19.00),
- Sezioni geologiche lato Asti (scala 1:500/1:1000)
- Sezioni geologiche EE' FF' (elaborato 2.6.E.d.D.2.1.16.00)
- Sezione geologica GG' (elaborato 2.6.E.d.D.2.1.17.00)

#### **4.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE**

Nel complesso, il versante che si estende dal crinale della Morra – Verduno, sino al fondovalle del Fiume Tanaro, è caratterizzato dalla seguente successione lito-stratigrafica (partendo dai terreni più antichi ai più recenti):

- Marne di S. Agata Fossili (Tortoniano), costituita da argille, argilliti e marne,
- Formazione Gessoso-Solfifera (Messiniano), che si sovrappone alle Marne di S. Agata Fossili mediante una superficie di contatto erosivo, costituita da un'alternanza di peliti grigie, violacee o brune, entro la quale si intercalano corpi a giacitura lentiforme di gesso in grossi cristalli o a grana minuta,
- Depositi alluvionali medio-recenti ed attuali (Olocene – Pleistocene superiore), costituiti in prevalenza da sabbie e ghiaie, con frazioni limose; questi depositi sono caratterizzati da brusche variazioni laterali,
- Depositi di copertura detritico-colluviali ed accumuli di frana, costituiti da terreni sciolti a granulometria prevalentemente fine provenienti dal rimaneggiamento e da un limitato trasporto a opera delle acque di scorrimento superficiale non incanalate dei prodotti di alterazione in posto del substrato e dei materiali dei corpi di frana; da limi sabbiosi fini non addensati, limi argillosi poco consistenti inglobanti a tratti sabbie e ghiaie; localmente si osservano frammenti di cristalli di gessi e, raramente, ciottoli ( $d_{max} = 10 \div 20$  cm) e clasti di marna alterata.

#### **4.2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO**

La morfologia dell'area è caratterizzata prevalentemente da un pendio con bassa acclività condizionato dalle geometrie delle unità litologiche presenti. L'area è interessata dai depositi alluvionali del Tanaro posizionati a valle dell'imbocco; la presenza di depositi fluviali e una morfologia fortemente

influenzata dall'evoluzione del Tanaro risulta più evidente in prossimità dell'attuale alveo, in una zona esterna a quella interessata dall'imbocco.

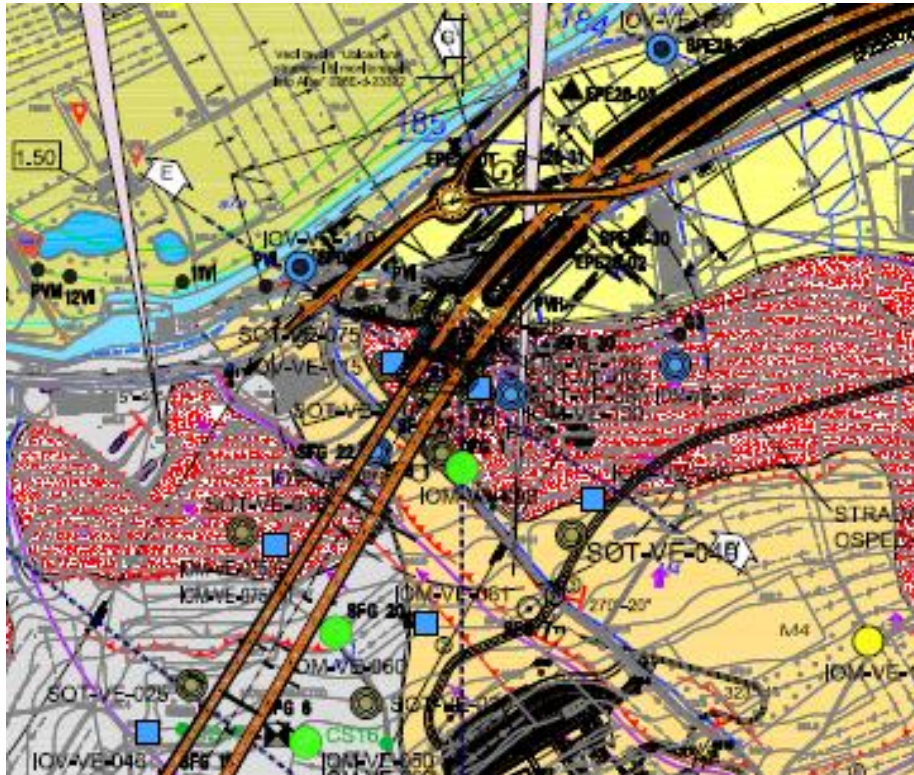


Figura 1: Inquadramento geologico-geomorfologico dell'imbocco

L'area interessata dall'imbocco risulta particolarmente delicata dal punto di vista geomorfologico in considerazione della presenza di depositi di frana che interessano il pendio per 70-80 m a monte dall'inizio della galleria naturale. Questi fenomeni di dissesto vengono censiti con le geometrie riportate nella carta geomorfologica di progetto, uno stralcio della quale è riportata in Figura 5.1., sia nell'inventario IFFI-ARPA come scivolamento rotazionale-traslativo, sia come frana quiescente nel censimento PAI aggiornato. A monte dell'imbocco è presente l'area interessata dalla costruzione del nuovo ospedale; tale area risulta interessata da trincee, indicanti un'area in dissesto, le cui principali instabilità si sono determinate a seguito delle prime fasi di costruzione dell'ospedale stesso. ma non viene riconosciuta nei censimenti dei dissesti sopra citati. Il monitoraggio in atto, mediante inclinometri profondi, indica spostamenti prevalentemente superficiali, interessanti i primi 4-5 m da quota



campagna, di entità millimetrica. Alcuni movimenti, sempre di entità millimetrica, sono presenti a profondità superiori ma devono essere oggetto di verifica nelle misure future, mostrando un'oscillazione dei dati che potrebbe anche essere ricondotta a tolleranze strumentali. Si riporta a titolo esemplificativo l'inclinometro SOT-VE-050, all'interno del quale sono stati registrati movimenti pari a circa 8 mm a circa 3 metri di profondità (ultima lettura eseguita 22 aprile 2013).



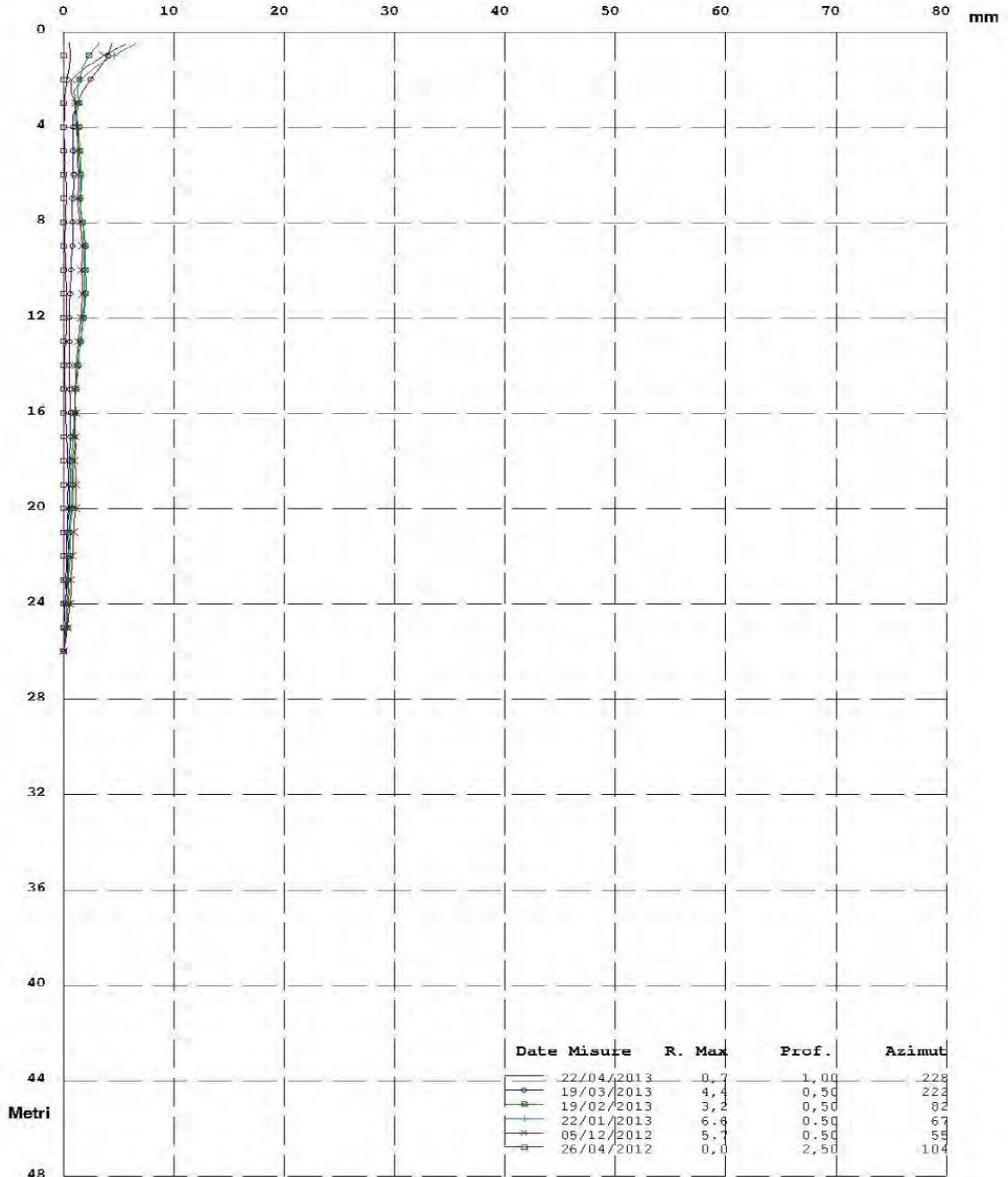
Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6  
PROGETTO ESECUTIVO  
Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba

RISULTANTE (Movimento per Sommatoria)

Zona : Galleria Verduno

Tubo: SV50

Id:



Elaborazione rispetto all'origine del 26/04/2012

Altri inclinometri, che non mostrano al momento movimenti di interesse, sono il SOT-VE-070, SOT-VE-075 e SOT-VE-100.

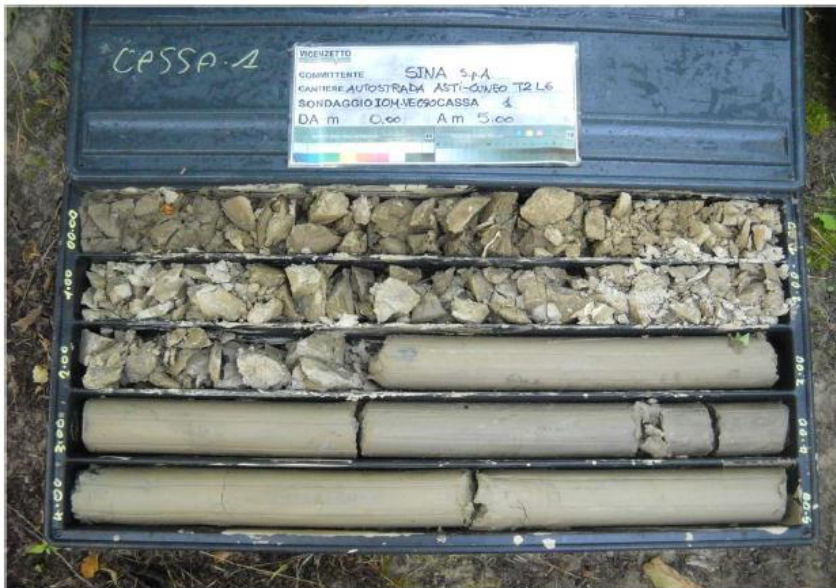


#### **4.3. INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO**

Le indagini geognostiche di dettaglio eseguite hanno consentito di individuare le successioni stratigrafiche descritte nel seguito, finalizzate allo studio delle opere di imbocco e delle condizioni di stabilità del versante. Oltre alle sezioni stratigrafiche in asse galleria (profili longitudinali), l'area d'imbocco è stata ricostruita mediante la definizione della sezione trasversale EE', ortogonale al tracciato delle gallerie, e della sezione GG', in corrispondenza della massima pendenza del versante che si sviluppa a monte dell'imbocco. In particolare quest'ultima è stata particolarmente utile al fine di valutare le condizioni di stabilità del versante e la loro evoluzione durante le fasi di costruzione dell'imbocco. Di seguito, al fine di inquadrare i terreni interessati, si riportano alcune foto di carote appartenenti ai sondaggi utilizzati proprio per la ricostruzione della sezione geologico - stratigrafica GG'.

Il sondaggio IOM-VE-090, in corrispondenza del contatto tra area in frana e substrato marnoso, evidenzia uno spessore di coltri limoso-argillose di 8 metri di profondità dal p.c., e quindi il substrato marnoso.

SONDAGGIO n° IOM-VE-090



**CASSA 1**  
 DA m 0,00  
 A m 5,00



**CASSA 2**  
 DA m 5,00  
 A m 10,00

Il sondaggio IOM-VE-105, ha rilevato la presenza di uno strato di ghiaia sabbioso-argillosa a circa 23 – 27 m di profondità.



SONDAGGIO n° IOM-VE-105/PZA-01-09



**CASSA 5**  
 DA m 20,00  
 A m 25,00



**CASSA 6**  
 DA m 25,00  
 A m 30,00

Si riportano nel seguito le sezioni finalizzate alla ricostruzione stratigrafica dell'area di imbocco.

### Canna di Monte

Alla progressiva di attacco della galleria naturale, in corrispondenza della paratia, lungo il profilo longitudinale in asse alla canna di monte, osserviamo la seguente stratigrafia schematica (cfr.Figura 2):

- dal piano campagna fino alla profondità di m 21.80, si osservano depositi di copertura costituiti da circa 1.5 – 2.0 metri di terreno vegetale, e la rimanente parte da depositi di copertura appartenenti alle unità litologiche 3 e 4, ovvero costituiti da depositi sabbioso-ghiaiosi in lenti (“Unità 3”) e da depositi di frana costituiti da limi argillosi, limi sabbiosi ed argille limose (“Unità 4”);
- quindi, l’opera di imbocco si intesta nel substrato marnoso-argilloso, rappresentata dalla formazione delle Marne di S. Agata Fossili, costituita da limo ed argilla da molto ad estremamente consistente passante ad argilla marnosa semi – litoide (“Unità litologica 7”).

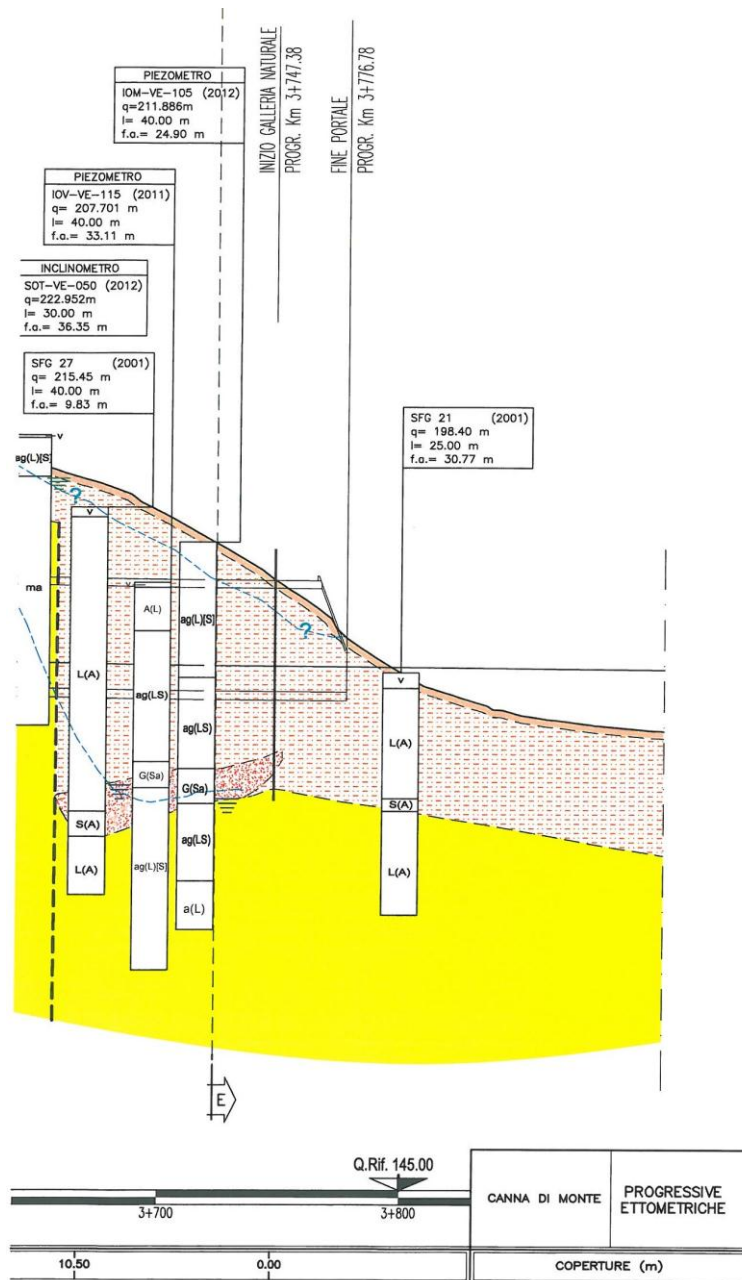


Figura 2: sezione geologico – stratigrafica – canna di monte



### Canna di Valle

Alla progressiva di attacco della galleria naturale, in corrispondenza della paratia, lungo il profilo longitudinale in asse alla canna di valle, osserviamo la seguente stratigrafia schematica (cfr.Figura 3):

- dal piano campagna fino alla profondità di m 21.44 circa, si osservano depositi di copertura costituiti da circa 1.5 – 2.0 metri di terreno vegetale, e la rimanente parte da depositi di copertura appartenenti alle unità litologiche 3 e 4, ovvero da depositi sabbioso-ghiaiosi in lenti (“Unità 3”) e da depositi di frana costituiti da limi argillosi, limi sabbiosi ed argille limose (“Unità 4”);
- quindi, l’opera si intesta nel substrato marnoso-argilloso, rappresentata dalla formazione delle Marne di S. Agata Fossili, costituita da limo ed argilla da molto ad estremamente consistente passante ad argilla marnosa semi – litoide (“Unità litologica 7”).

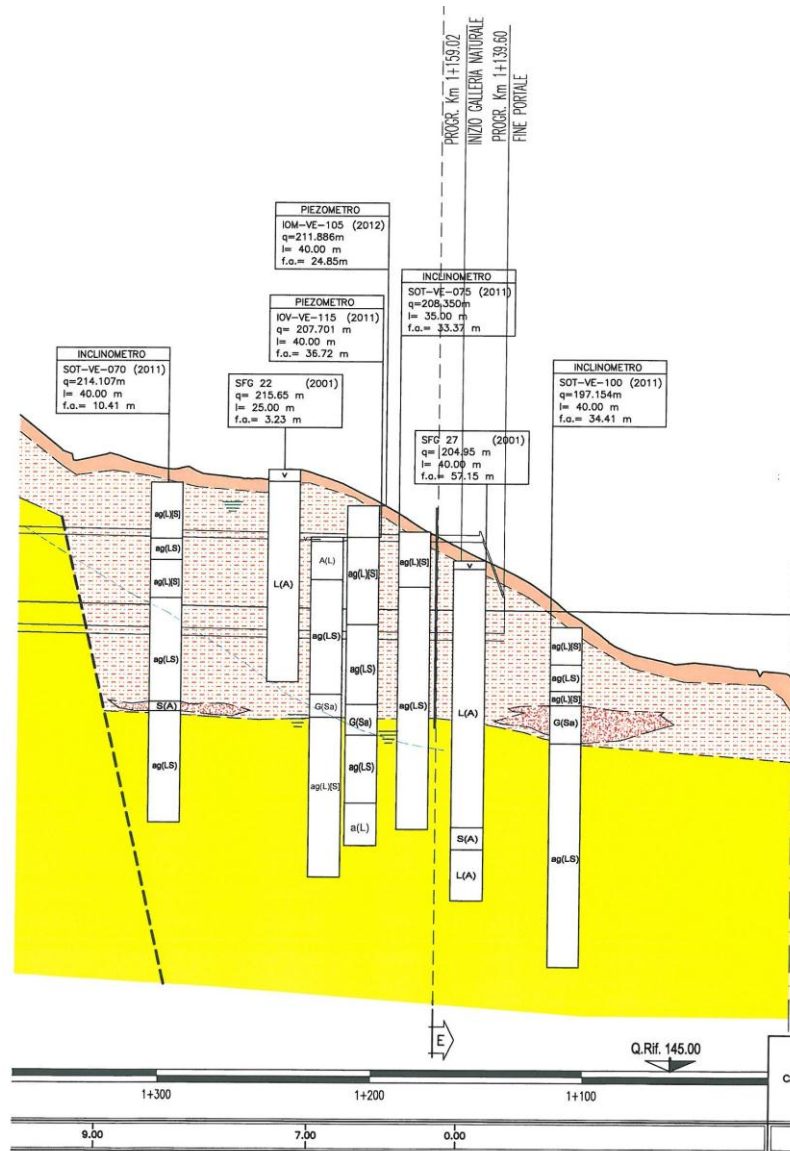


Figura 3: sezione geologico – stratigrafica – canna di valle

### Sezione GG'

La sezione G-G' (cfr.Figura 4) presenta uno sviluppo Nord-Sud e attraversa la zona di imbocco lungo la linea di massima pendenza del versante. Il substrato è costituito dalle Marne di Sant'Agata Fossili ed è ricoperto da uno spessore metrico di argille alterate. Un intervallo di gessi con caratteristiche lenticolari viene riconosciuto solo nel settore di monte della sezione.

La sezione in esame è stata confrontata con le sezioni ricostruite nel corso degli studi eseguiti per la progettazione e la messa in sicurezza dell'area dell'ospedale e per la progettazione della strada di accesso all'ospedale stesso, riscontrando una successione stratigrafica del tutto analoga; nel dettaglio:

- Nel settore, vicino al fiume Tanaro, la sezione presenta uno spessore importante di depositi di limi e argille, attribuibili ad un corpo franoso, con spessori massimi di circa 27 metri,
- Nel settore centrale il substrato marnoso risale mentre i depositi superficiali raggiungono spessori minimi, pari a circa 7 metri dal p.c.,
- Nel settore a monte, si osserva un intervallo di roccia gessifera, sopra il substrato marnoso, con caratteristiche lenticolari e con spessori massimi di circa 12 – 13 metri dal p.c.

In merito ai livelli di falda si osserva che, sulla base della campagna di monitoraggio piezometrico 2011/2012, la soggiacenza della falda in corrispondenza dell'area di imbocco si trova all'incirca alla profondità di 19-20 metri dal piano campagna e, pertanto, al di sotto del piano di imposta delle due carreggiate della galleria a progetto. In considerazione dell'effetto di risalita della quota di falda in corrispondenza dei terreni di imbocco, specie in concomitanza con eventi meteorici intensi, si ritiene opportuno ipotizzare, nelle verifiche progettuali, una quota di falda più elevata, fino a -6÷8 metri dal piano campagna, interferente quindi con la galleria.

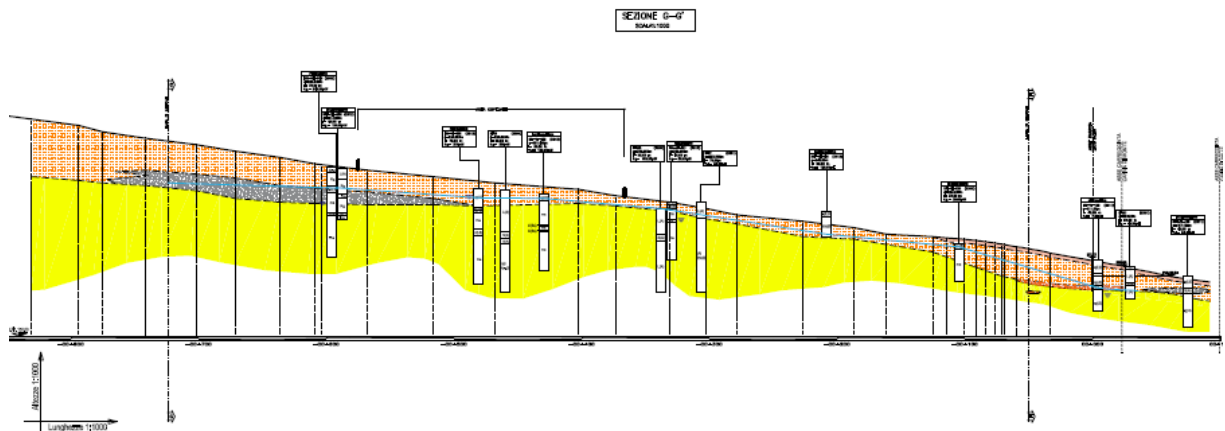


Figura 4: sezione geologico – stratigrafica – sezione GG’

#### 4.4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Le caratteristiche meccaniche (resistenza al taglio e deformabilità) sono state assunte sulla base dei dati disponibili presentati negli elaborati geologici e geotecnici. In particolare sono state analizzate tutte le prove geotecniche disponibili dai sondaggi eseguiti nelle varie fasi di indagini eseguite.

Di seguito si riportano sinteticamente i risultati ottenuti dalle prove di laboratorio eseguite su campioni prelevati dai sondaggi eseguiti.

Sondaggi	Campione	Profondità m	valori di picco		residuo
			c' (KPa)	φ' (°)	φ <sub>res</sub> (°)
SPD 26-04	Indisturbato	10,0-10,5	0	21,6	□
	Indisturbato	15,0-15,5	0	18,1	
SPD 26-05	Indisturbato	10,0-10,3	36	29	15
SPD 26-05	Indisturbato	15,0-15,2	0	19	19
SPD 26-09	Indisturbato	5,0-5,5	6,7	34	30
SFG1	Indisturbato	6,0-6,5	51	24,7	20
SFG21	Indisturbato	6,0-6,5	14	33,2	30,9
SFG21	Indisturbato	11,5-12,0	34	28,34	
SFG21	Indisturbato	15,6-16,2	2,75	28	
SFG21	Indisturbato	15,6-16,2	2,75	28	



L'analisi di tutti i dati ha consentito, come meglio discusso nella relazione geotecnica generale, la definizione dei seguenti range di parametri geotecnici per i terreni presenti in corrispondenza della zona di imbocco:

		<b>Unità 4</b>	<b>Unità 7</b>
<b>Peso di volume</b>	$[kN/m^3]$	19 - 20	21
<b>Coesione di picco</b>	$[kPa]$	0 - 10	20 - 100
<b>Angolo di attrito di picco</b>	$[^\circ]$	28 - 33	25 - 30
<b>Angolo di attrito residuo</b>	$[^\circ]$	16 - 20	18 - 20
<b>Modulo di deformabilità</b>	$[MPa]$	15 - 20	40 - 100

Dal punto di vista geotecnico, in assenza di prove aggiuntive, in ottemperanza alla nuova normativa, NTC 2008, è stato assunto che il terreno in esame appartenga ad un suolo di categoria C “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi fra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{SPT,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina)*”.



## 5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

In accordo alle indicazioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14/01/2008 il sisma ha un'intensità legata all'ubicazione geografica del sito di costruzione. Il Comune di Alba ha le seguenti coordinate geografiche:

- Latitudine: 44°42' N                      corrispondente a 44.70° N
- Longitudine: 8°02' E                      corrispondente a 8.03° E

L'opera è classificata in classe d'uso IV avendo funzione pubblica o strategica importante, anche con riferimento alle gestione della protezione civile in caso di calamità. La vita nominale dell'opera è stata assunta pari a 100 anni.

In accordo alla normativa, la vita di riferimento per il calcolo dell'azione sismica è quindi pari a:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 100 \text{ anni} \cdot 2 = 200 \text{ anni}$$

Quale categoria del suolo, come discusso al Capitolo 4, si è considerata la categoria C: *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi fra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{SPT,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina)”*.

La topografia del terreno interessato dall'intervento presenta lievi pendii: il terreno è stato considerato in categoria topografica T2.

L'azione sismica da impiegare per gli Stati Limite Ultimo (SLV) e di Esercizio (SLD) ha pertanto i seguenti parametri di riferimento.

STATO LIMITE	$T_R$ [ANNI]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLD	201	0.038	2.663	0.253
SLV	1898	0.064	2.893	0.318

## 6. ESAME DELLE PROBLEMATICHE PROGETTUALI E DEGLI SCENARI DI RISCHIO

Con riferimento al quadro geologico-geotecnico precedentemente presentato, la costruzione dell'imbocco lato Alba pone problematiche principalmente correlate al contesto geomorfologico dell'area, che appare molto delicato sia per la presenza di un esteso deposito detritico ritenuto in frana, sia, più in generale, per la vulnerabilità che il versante in cui si inserisce l'opera ha mostrato in passato a seguito di lavorazioni di scavo, come in occasione dei lavori per la realizzazione del "Nuovo Ospedale di Alba-Bra". Questo sia per le caratteristiche dei terreni, specie corticali, che costituiscono il versante sia per la presenza di falda che, soprattutto in occasione eventi meteorici intensi, opera negativamente sulle condizioni di stabilità generale del versante e sui primi metri di coltri, favorendone dissesti.

Le criticità che devono essere quindi esaminate in sede di progetto dell'imbocco sono principalmente le seguenti:

- Possibili instabilità delle coltri superficiali in fase di realizzazione degli scavi di imbocco
- Innesco di possibili superfici di scivolamento profonde interessanti il versante
- Interferenza con le preesistenze a monte dell'imbocco, rappresentate dalle strutture del nuovo ospedale in fase di costruzione.

Tali criticità costituiscono quindi dapprima le problematiche progettuali da risolvere nella scelta delle modalità di realizzazione dell'imbocco e successivamente rappresentano gli scenari di rischio che devono essere attentamente valutati in sede di progetto.

Al fine di mitigare le problematiche prima evidenziate, l'impostazione delle modalità di esecuzione dell'imbocco ha privilegiato la limitazione delle altezze di sbancamento, così da evitare di intagliare significativamente il versante in corrispondenza del piede. La posizione dell'imbocco è stata quindi arretrata rispetto a dove sarebbe stato necessario ubicarla per avere adeguati ricoprimenti in corrispondenza dell'attacco degli scavi ed è stata introdotta la realizzazione di una "protesi", ovvero di un rilevato al piede del versante. L'altezza degli scavi in corrispondenza della paratia di imbocco interessa quindi solo parzialmente il terreno in posto; lo strato più superficiale è infatti in parte costituito dalla protesi stessa, realizzata in misto stabilizzato. Questo rappresenta sicuramente un'azione di presidio nei confronti delle condizioni di stabilità generale del versante. Inoltre, per evitare il prodursi di instabilità delle coltri superficiali, si sono ridotte le altezze di sbancamento in assenza di opere di sostegno (altezza massima pari a 5 m) e soprattutto si sono adottate, anche in fase provvisoria, pendenze di sbancamento più ridotte, pari a 2 (verticale) su 3 (orizzontale), rispetto a quanto solito fare. La problematica connessa alla falda è stata affrontata con due azioni principali; la prima, volta agli strati più superficiali spesso messi in crisi da eventi meteorici intensi, ha previsto la realizzazione di trincee drenanti, di profondità pari a 4-5 m, finalizzate a favorire un corretto deflusso delle acque meteoriche e ad evitare l'instaurarsi di pressioni neutre. La seconda è finalizzata a mantenere bassa la quota di falda a tergo delle paratie di imbocco, ed è svolta da un sistema di drenaggi profondi realizzati in fase di ribasso, contestualmente ai tiranti; questo in particolare sul lato di paratia a sinistra dell'imbocco, ovvero sulla porzione rivolta verso il versante.

Nel seguito si riportano in dettaglio gli interventi previste e la successione delle fasi esecutive.

## 7. FASI ESECUTIVE E METODOLOGIA DI INTERVENTO

Si riportano nel seguito le principali fasi esecutive relative alla realizzazione delle opere di imbocco lato Alba, rimandando per i dettagli agli elaborati grafici.

### 7.1. FASI ESECUTIVE

Al fine di sintetizzare le principali fasi esecutive relative alle opere da realizzare in corrispondenza dell'imbocco lato Alba, si sono individuate 4 macrofasi.

#### Macrofase A

- Realizzazione della canaletta per lo smaltimento delle acque e di tutte le opere di stabilizzazione piezometrica mediante trincee drenanti.
- Realizzazione, dove previsto, di paratie in jet-grouting  $\phi 800$  propedeutiche ai successivi sbancamenti.
- Esecuzione degli scavi di sbancamento e riporto del terreno a preparazione del getto della protesi in misto stabilizzato.
- Realizzazione dei consolidamenti propedeutici alla fondazione della protesi.

#### Macrofase B

- Realizzazione della protesi in misto stabilizzato tramite il getto di uno strato di spritz-beton di spessore 20 cm (armato con rete elettrosaldata) e successiva stesa di terreno stabilizzato a calce secondo la geometria di progetto per strati non superiori a 30 cm con successiva rullatura.
- Esecuzione della paratia in pali di grosso diametro.

#### Macrofase C

- Esecuzione degli scavi e realizzazione dei tiranti fino al raggiungimento della quota di scavo.

- Realizzazione degli scavi di sbancamento necessari al raggiungimento della quota di imposta murette della galleria naturale.
- Realizzazione della dima di attacco in c.a..
- Rimozione dei pali in corrispondenza della sagoma della galleria e attacco degli scavi previa realizzazione di una rampa per consentire ai mezzi di raggiungere la quota di csvaro.
- Getto e scavo delle selle per la traslazione delle TBM non interferenti con la rampa di accesso alla galleria.
- Scavo e getto dell'ultima porzione di sella.
- Arrivo TBM.

#### Fase definitiva

- Successivamente allo scavo con metodo meccanizzato della galleria, realizzazione della gallerie artificiali e del becco di flauto in c.a..
- Ritombamento dell'imbocco e sistemazione definitiva anche delle opere di regimazione idraulica.

#### **7.2. PARATIA DI PALI IN C.A. E SBANCAMENTI LATERALI**

Quale opera di contenimento degli scavi è stata prevista la realizzazione di una paratia costituita da pali in cemento armato, tiranti:

- pali in cemento armato Ø1200 mm ed interasse 1.40 m;
- tiranti realizzati con trefoli da 0.6", in numero e lunghezza totale variabili ed interasse di 2.80 m o 1.40 m.

L'altezza massima fuori terra delle paratie è di circa 14.5 m con infissione variabile fino ad un massimo di circa 14 m. Sono stati impiegati tiranti aventi un numero massimo di trefoli pari a 6, disposti con passo 2.8 m e 1.4 m, con inclinazione di 15° rispetto all'orizzontale e 0° sul piano orizzontale. Le paratie in corrispondenza degli imbocchi della canna di valle e della canna di monte

prevedono tiranti con angoli di inclinazione verticale 10°, 7°, 5°, 2° e 0° per facilitare la rimozione dei trefoli in acciaio per il successivo scavo con TBM-EPB.

Per le quote di esecuzione degli ordini di tiranti e la disposizione della paratia si rimanda ai relativi elaborati grafici.

Le travi di ripartizione dei tiranti è previsto siano realizzate mediante travi in c.a. sia sul fronte di attacco delle gallerie che nelle altre zone dell'imbocco.

A tergo della paratia sono state previste canalette per la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche.

Sono infine previsti drenaggi di lunghezza variabile al fine di abbattere le eventuali pressioni idrostatiche a tergo della paratia. I tubi sono disposti a passo 2.8 m e le quote sono fissate sugli elaborati grafici.

Per la realizzazione delle paratie tirantate, si prevedono le seguenti fasi operative:

1. realizzazione dei pali trivellati armati con passo 140 cm e realizzazione della trave di testata;
2. scavo fino a 0.50 m sotto la quota del primo ordine di tiranti;
3. realizzazione del 1° ordine di tiranti;
4. realizzazione degli ordini di tiranti successivi con modalità analoghe alla realizzazione del primo ordine e scavo fino a 0.50 m sotto la quota dell'ordine di tiranti in esecuzione con relativa messa in opera dei drenaggi;
5. scavo fino alla quota di fondo;
6. getto della dima;
7. esecuzione dello scavo della galleria come da relativo elaborato grafico.

### 7.2.1. Esecuzione dei tiranti

L'esecuzione dei tiranti provvisori dovrà avvenire secondo le seguenti fasi:

1. perforazione secondo la geometria di progetto;
2. posa in opera del tirante, dotato di distanziatori e canne per la successiva iniezione del bulbo di ancoraggio;
3. iniezione della miscela cementizia per la formazione del bulbo di ancoraggio, della lunghezza prevista in progetto;
4. iniezione di cementazione secondaria nella parte libera del tirante, tra guaina liscia e parete del foro;
5. tesatura del tirante, prima di procedere al fissaggio della testa sarà necessario attendere la completa maturazione della miscela iniettata per il bulbo di ancoraggio, per un tempo dell'ordine di almeno 72 ore.

L'esecuzione dei tiranti definitivi dovrà avvenire secondo le seguenti fasi:

1. perforazione secondo la geometria di progetto;
2. posa in opera del tirante, dotato di distanziatori e canne per la successiva iniezione del bulbo di ancoraggio;
3. iniezione della miscela cementizia per la formazione del bulbo di ancoraggio, della lunghezza prevista in progetto;
4. iniezione di cementazione secondaria nella parte libera del tirante, tra guaina liscia e parete del foro;
5. tesatura del tirante, prima di procedere al fissaggio della testa sarà necessario attendere la completa maturazione della miscela iniettata per il bulbo di ancoraggio, per un tempo dell'ordine di almeno 72 ore.
6. esecuzione e posizionamento di una finitura esterna a protezione della paratia e delle teste di ancoraggio dei tiranti.

7. operazioni di ritesatura dei trefoli da effettuare durante la vita di progetto dell'opera.

A protezione di questi sbancamenti è previsto poi il ricoprimento dei fronti di scavo con:

- rivestimento in betoncino proiettato  $sp=10\text{cm}/20\text{cm}$ ,  $R_{ck}\geq 35\text{MPa}$
- armatura costituita da doppia rete elettrosaldata  $\phi$  6mm, maglia 15x15cm.

A seguito della realizzazione delle paratie e degli sbancamenti, si potrà procedere allo scavo di attacco della galleria naturale, per il quale si è previsto di realizzare in avanzamento interventi di preconsolidamento al fronte ed al contorno. Prima di operare gli scavi dovrà inoltre essere eseguita una dima di attacco. Tale dima ha la funzione di definire la geometria di scavo e di costituire un ulteriore elemento di stabilità della parete nella fase delicata di attacco della galleria naturale.

### **7.3. ESECUZIONE CONSOLIDAMENTO AL FRONTE DELLA SEZIONE DI ATTACCO**

Completati gli interventi sul versante, si procederà all'esecuzione dei trattamenti necessari per l'attacco delle gallerie naturali.

#### **7.3.1. Intervento di presostegno al fronte della sezione di scavo**

In corrispondenza del fronte di scavo verranno realizzati n° 79 tubi in VTR cementati di lunghezza 24 m e sovrapposizione 12 m.

Le fasi esecutive per l'esecuzione degli interventi di presostegno sono le seguenti:

- perforazione secondo la geometria di progetto;



- inserimento nei fori degli elementi strutturali in vetroresina;
- cementazione dei tubi nei fori.

In presenza di acqua deve essere prevista la realizzazione di drenaggi integrativi in avanzamento, in numero di 3 (dx) + 3(sx).

#### **7.4. COSTRUZIONE DIMA D'ATTACCO**

Si procede alla costruzione della dima d'attacco della galleria, secondo le seguenti fasi costruttive:

- si posiziona la centinatura metallica, all'intradosso della dima; ogni centina è costituita da due profilati HEB 200 tipo S275 o superiore, controventati tra loro, passo 1.00 m
- si effettua la cassetatura esterna della dima
- si esegue il getto della dima d'attacco con conglomerato cementizio avente  $R_{ck} \geq 35$  MPa:

#### **7.5. SCAVO DEL 1° CAMPO DI AVANZAMENTO**

Eseguita la dima si procede con lo scavo della galleria naturale, realizzando il primo campo d'avanzamento. Si esegue un primo avanzamento in naturale, di lunghezza pari a 12 m, secondo le seguenti fasi costruttive:

- avanzamento a piena sezione realizzando sfondi  $\approx 1.20$  m e posa immediata del rivestimento di 1<sup>a</sup> fase, costituito da spritz-beton di spessore pari a 35 cm, armato con rete elettrosaldata  $\varnothing 6$  maglia 20 x 20 o fibrorinforzato e centine metalliche 2HEB 220 passo 1.00 m, acciaio tipo S275 o superiore.
- Relativamente alle modalità di scavo si ipotizza l'impiego escavatore e/o demolitore meccanico.

Gli avanzamenti successivi a tale concio di attacco, saranno descritti nella relazione tecnica della galleria naturale, nella quale sono riportate anche i dimensionamenti relativi alle fasi di avanzamento con TBM-EPB.

#### **7.6. GETTO DELLA SOLETTA DI FONDO SCAVO PROVVISORIA**

Per garantire la stabilità dello scavo nel breve termine e per confinare il piede delle centine disposte in precedenza, si esegue il getto di una soletta di calcestruzzo non armata ad una distanza di un diametro dal fronte di scavo. Tale struttura è provvisoria in quanto, con il successivo passaggio della TBM, sarà demolita dallo scavo meccanizzato.

#### **7.7. REALIZZAZIONE DELLA GALLERIA ARTIFICIALE**

Le fasi esecutive del portale sono:

- scavo dell'arco rovescio;
- getto di uno spessore minimo di 10 cm di calcestruzzo magro di pulizia;
- posizionamento dell'armatura, della cassetta e getto dell'arco rovescio fino alla quota di ripresa di getto;
- posizionamento dell'armatura, della cassetta e getto dei piedritti e della calotta;
- sistemazione finale dell'imbocco, con la posa in opera di tutte le opere di protezione previste.

#### **7.8. CAMPO PROVA JET-GROUTING**

Al fine di definire in dettaglio i parametri operativi per la realizzazione dei trattamenti colonnari in jet-grouting previsti occorrerà predisporre uno specifico campo prova.

Gli interventi in jet-grouting previsti per le fasi esecutive dell'imbocco lato Alba sono:

- Trattamenti colonnari in jet-grouting propedeutici ai successivi sbancamenti. Saranno realizzati trattamenti colonnari in jet-grouting monofluido  $\phi 600$  /  $\phi 800$ ;
- Trattamenti colonnari in jet-grouting propedeutici alla fondazione della protesi. Saranno realizzati trattamenti colonnari in jet-grouting monofluido  $\phi 600$  /  $\phi 800$  aventi lunghezza pari a circa 12.0 m.

Scopi principali del Campo Prova sono:

- la definizione dei parametri operativi d'intervento, quali la composizione della miscela stabilizzante, i volumi e la portata del fluido introdotto, il numero ed il diametro degli ugelli, la pressione applicata e la velocità di risalita e di rotazione delle aste;
- i criteri di valutazione dei requisiti dei trattamenti realizzati, con indicazione delle prove da eseguire in situ ed in laboratorio;
- i requisiti minimi richiesti da progetto.

In funzione delle aree disponibili si realizzerà il campo prova in corrispondenza dell'imbocco lato Alba, in una zona a margine della paratia di imbocco, così da potere procedere allo scavo parziale delle colonne al fine di una ispezione visiva. In sede costruttiva verrà redatto uno specifico documento.

In questa fase si individua la necessità di realizzare:

- 3 trattamenti verticali di lunghezza pari a 12.0 m, del diametro nominale pari a 600 mm, con diverse combinazioni di ugelli e parametri operativi;

- 2 rosette, ciascuna composta da 3 colonne del diametro nominale pari a 600 mm, con due set di parametri individuati dalle prime colonne prova eseguite;
- 3 trattamenti verticali di lunghezza pari a 12.0 m, del diametro nominale pari a 800 mm, con diverse combinazioni di ugelli e parametri operativi;
- 2 rosette, ciascuna composta da 3 colonne del diametro nominale pari a 800 mm, con due set di parametri individuati dalle prime colonna prova eseguite.

I parametri operativi saranno scelti nell'ambito delle specifiche tecniche di seguito indicate, in considerazione delle attrezzature che il Cantiere intenderà adottare.

Per la esecuzione dei trattamenti in jet-grouting è preferibile che la perforazione avvenga "a secco" (eventualmente con miscela cementizia), del diametro di 100 mm. L'estrazione della sonda per l'iniezione della miscela avverrà, in considerazione dell'esame delle litologie riscontrate nei carotaggi, con i seguenti parametri operativi di partenza:

#### Colonne diametro 600 mm (monofluido)

- |                                  |                 |
|----------------------------------|-----------------|
| • Pressione:                     | 400-450 bar     |
| • Numero ugelli:                 | 2 da 2.2-2.6 mm |
| • Portata:                       | 150-190 lt/min  |
| • Velocità di estrazione:        | 40-60 cm/min    |
| • Velocità di rotazione:         | 12-16 giri/min  |
| • Rapporto A/C                   | 1.0-1.1         |
| • Resistenza media compressione: | 5.0 MPa         |

In sede di esecuzione del campo prova, si provvederà, in funzione dei risultati



delle prime perforazioni, ad una più puntuale calibrazione dei parametri operativi sopra riportati.

I trattamenti dovranno essere realizzati con le seguenti tolleranze ammissibili:

- coordinate planimetriche del centro del trattamento:  $\pm 2$  cm
- scostamento dall'asse teorico:  $\pm 2\%$
- lunghezza:  $\pm 15$  cm
- quota testa:  $\pm 10$  cm

Per ciascun trattamento del campo prova dovrà essere compilata una scheda contenente le seguenti informazioni:

- Denominazione del trattamento, con indicazione dell'ubicazione topografica e del giorno di esecuzione;
- Parametri operativi di progetto e reali: quota piano campagna, errore di centramento sul picchetto, inclinazione dell'asta di perforazione;
- Parametri di perforazione: lunghezza della perforazione, lunghezza della perforazione a vuoto, pressione in perforazione, diametro utensile, caratteristiche utensile;
- Parametri di iniezione: numero ugelli, diametro degli ugelli, velocità di rotazione, velocità di risalita, pressione pompa miscela, portata miscela;
- Caratteristiche della miscela: rapporto A/C, quantità miscela utilizzata, densità della miscela, viscosità della miscela, decantazione o resa volumetrica, tempo di presa, prelievo dei campioni per prove di rottura;
- Caratteristiche del trattamento: diametro efficace medio, quota testa;
- Prelievo di campioni dal trattamento: numero e profondità di asportazione, indicazioni sull'eventuale esecuzione di carotaggio in asse (RQD ...).

Al fine di verificare la buona riuscita del trattamento occorrerà procedere a:

#### Esame visivo del consolidamento

L'esame visivo del consolidamento sarà effettuato portando a giorno lo stesso sino ad una profondità  $\geq 4.50$  m da piano campagna, quindi circa 4.0 m di colonna dovrà risultare visibile. L'esame permetterà di valutare le caratteristiche d'insieme dell'intervento di consolidamento previsto e l'estensione della zona consolidata dei singoli trattamenti eseguiti. Si rileva che per zona consolidata dei singoli trattamenti s'intende il volume di terreno interessato dal consolidamento sia direttamente, attraverso il rimescolamento e l'eventuale sostituzione del terreno naturale con la miscela legante, sia la zona di terreno trattato tramite lenti o livelli di miscela penetrati nel terreno stesso (claquage).

Per ogni colonna prova realizzata andrà redatta una accurata descrizione degli esiti della verifica visiva, con relativa documentazione fotografica.

#### Carotaggi

Si prevede l'esecuzione di 2+2 carotaggi continui, per l'intera lunghezza delle colonne, con carotiere di almeno 100 mm di diametro nominale, in corrispondenza delle rosette compenstrate.

Sui carotaggi eseguiti andranno condotte le seguenti operazioni:

- catalogazione, descrizione e documentazione fotografica;
- osservazioni relative al grado di continuità con l'indicazione della percentuale di recupero e la lunghezza di ciascun pezzo di carota. Tale percentuale di recupero dovrà essere superiore o uguale al 70%;
- prelievo di n°2 campioni indisturbati per ciascun carotaggio, alle quote indicative  $-2.0$  m e  $-4.5$  m da piano campagna. I campioni dovranno essere conservati in fustelle di PVC chiuse con paraffina e imballati. Su tali campioni andranno eseguite le prove di laboratorio indicate nel seguito.



### Prove di laboratorio

Dopo aver ultimato l'esame visivo dei trattamenti, dovranno essere asportati dei blocchi di terreno consolidato, sufficienti da poter prelevare in laboratorio n° 2 campioni, in asse al trattamento, per ciascun consolidamento, per un totale di 18 campioni, in aggiunta alle carote prelevate dalle perforazioni di cui al paragrafo precedente. Sui tali campioni, in parte trascorsi 14 giorni ed in parte trascorsi almeno 28 giorni dall'esecuzione delle colonne, si prevede l'esecuzione delle seguenti prove di laboratorio:

- determinazione del peso specifico;
- resistenza a compressione mediante prove ad espansione laterale libera.
- su 1/3 dei provini, la prova a compressione dovrà essere condotta in controllo di deformazione o carico, al fine di determinare il valore del modulo elastico del terreno consolidato.

### **7.9. RITOMBAMENTO E SISTEMAZIONE DEFINITIVA**

La fase finale prevede il ritombamento dell'imbocco e la sistemazione definitiva delle opere di regimazione idraulica.

## 8. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA COSTRUZIONE

Per la progettazione delle opere di sostegno in oggetto, si sono utilizzati i seguenti materiali:

*calcestruzzo per i pali provvisori*

*e per le travi di ripartizione:*  $R_{ck} \geq 30$  MPa;  
 $E_c = 31447$  MPa  
Classe di esposizione XC2

*calcestruzzo per i pali definitivi*

*e per le travi di ripartizione:*  $R_{ck} \geq 40$  MPa;  
 $E_c = 33643$  MPa  
Classe di esposizione XC4

*calcestruzzo per le travi di testata:*  $R_{ck} \geq 35$  MPa  
 $E_c = 32588$  MPa  
Classe di esposizione XC2

*acciaio per profilati/piastre:* S355  
 $f_{yk} = 355$  MPa  
 $f_{tk} = 510$  MPa

*acciaio armonico per tiranti:* trefoli stabilizzati da 0.6”  
 $f_{ptk} \geq 1860$  N/mm<sup>2</sup>  
 $f_{p(1)k} \geq 1670$  N/mm<sup>2</sup>

*acciaio per armature:* B450C  
 $f_{yk} = 450$  MPa





(\*) In alternativa all'acciaio, le armature dei pali della paratia che saranno interessati da successive demolizioni per l'esecuzione degli scavi delle gallerie, potranno essere poste in opera barre di vetroresina al fine di facilitare le operazioni di rimozione delle strutture demolite e di ridurre gli oneri economici derivanti da questa lavorazione.

## 9. PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA E CARATTERISTICHE DEI TERRENI PER LE ANALISI NUMERICHE

### 9.1. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO

Sono state individuate 3 sezioni rappresentative per l'analisi della paratia e delle condizioni di stabilità del versante. Si riportano nel seguito i dettagli di tali sezioni e la stratigrafia utilizzata nelle analisi svolte.

#### 9.1.1. Sezione 1

La prima sezione di calcolo presa in considerazione riguarda il tratto di paratia frontale all'imbocco, con l'altezza di scavo massima ed il minimo spessore della protesi. I terreni interessanti le opere in oggetto, sulla base di quanto riportato nell'inquadramento geologico-geotecnico generale sono:

- da piano campagna fino a profondità –3 m: misto stabilizzato,
- da –3 m a –10 m: “Unità 4a”,
- da – 10 m a – 23.5 m: “Unità 4b”,
- oltre –23.5 m: “Unità 7”.

Per quanto riguarda i parametri geotecnici dei terreni, in Tabella 1 ed in Tabella 2 sono riportati i valori di resistenza e di deformabilità rispettivamente assunti per le combinazioni A1-M1 e A2-M2 previste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14/01/2008.

Tale analisi è stata denominata “Sezione 1 – FASE 1”.

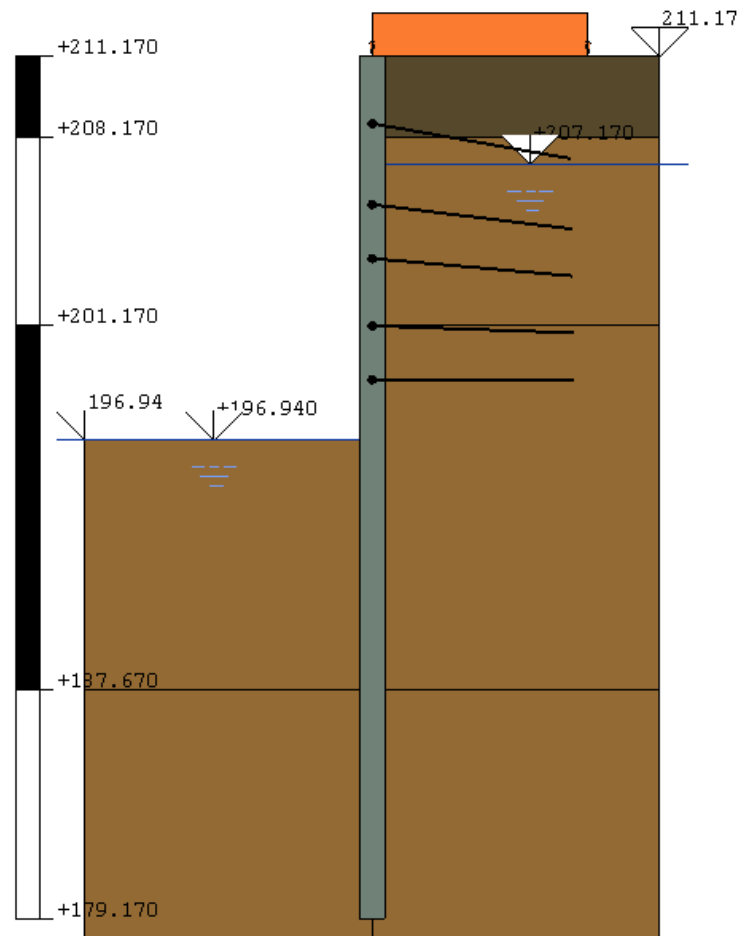


Figura 5: Sezione 1 – Fase 1

Le fasi costruttive definite in precedenza hanno reso necessario lo studio di una sezione di scavo definita “Sezione 1 – FASE 2”. Tale calcolo considera la situazione progettuale dopo il taglio dei pali fino al successivo passaggio della TBM.

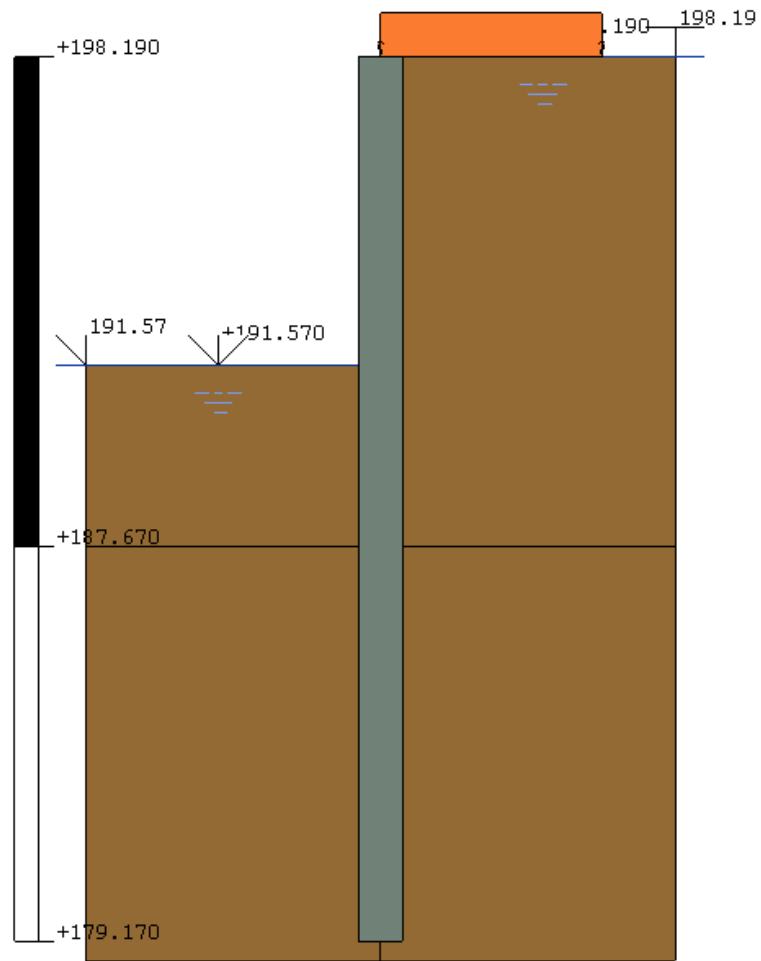


Figura 6: Sezione 1 – Fase 2



		<b>Misto stab.</b>	<b>Unità 4a</b>	<b>Unità 4b</b>	<b>Unità 7</b>
<b>Peso di volume</b>	[kN/m <sup>3</sup> ]	20	19	19	21
<b>Coesione</b>	[KPa]	60	0	0	80
<b>Angolo di attrito</b>	[°]	30	24	28	25
<b>Modulo di rigidezza in condizioni vergini</b>	[MPa]	60	15	15	120
<b>Modulo di rigidezza in condizioni di scarico – ricarico</b>	[MPa]	100	22.5	22.5	180

Tabella 1 – Caratterizzazione geotecnica (coefficienti M1)

		<b>Misto stab.</b>	<b>Unità 4a</b>	<b>Unità 4b</b>	<b>Unità 7</b>
<b>Peso di volume</b>	[kN/m <sup>3</sup> ]	20	19	19	21
<b>Coesione</b>	[KPa]	48	0	0	64
<b>Angolo di attrito</b>	[°]	24.8	19.6	23	20.5
<b>Modulo di rigidezza in condizioni vergini</b>	[MPa]	60	15	15	120
<b>Modulo di rigidezza in condizioni di scarico – ricarico</b>	[MPa]	100	22.5	22.5	180

Tabella 2 – Caratterizzazione geotecnica (coefficienti M2)

Per i terreni interessanti le opere in oggetto, sulla base dei risultati di quanto riportato nella documentazione di riferimento, in seguito ad analisi numeriche ed in accordo alle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14/01/2008, sono stati utilizzati i coefficienti di spinta statici e riportati in Tabella 3 ed in Tabella 4.

	<b>Misto stab.</b>	<b>Unità 4a</b>	<b>Unità 4b</b>	<b>Unità 7</b>
<b><math>k_a</math> statico</b>	0.333	0.422	0.361	0.406
<b><math>k_p</math> statico</b>	3.000	2.371	2.770	2.464
<b><math>k_a</math> sisma SLV</b>	0.346	0.435	0.374	0.419
<b><math>K_p</math> sisma SLV</b>	2.964	2.339	2.735	2.431
<b><math>k_a</math> sisma SLD</b>	0.341	0.430	0.369	0.414
<b><math>K_p</math> sisma SLD</b>	2.979	2.352	2.749	2.444

Tabella 3 - Caratterizzazione geotecnica di riferimento: coefficienti di spinta (coefficienti M1)

	<b>Misto stab.</b>	<b>Unità 4a</b>	<b>Unità 4b</b>	<b>Unità 7</b>
<b><math>k_a</math> statico</b>	0.409	0.498	0.438	0.481
<b><math>k_p</math> statico</b>	2.445	2.010	2.283	2.078
<b><math>k_a</math> sisma SLV</b>	0.423	0.512	0.451	0.497
<b><math>K_p</math> sisma SLV</b>	2.412	1.980	2.255	2.044

Tabella 4 - Caratterizzazione geotecnica di riferimento: coefficienti di spinta (coefficienti M2)



### 9.1.2. Sezione 2

La seconda sezione di calcolo riguarda sempre il tratto di paratia frontale all'imbocco, nella situazione in cui si ha sia il massimo scavo sia il massimo spessore della protesi. La ricostruzione stratigrafica prevede di considerare i seguenti materiali:

- da piano campagna fino a profondità  $-7$  m: misto stabilizzato,
- da  $-7$  m a  $-10$  m: "Unità 4a",
- da  $-10$  m a  $-23.5$  m: "Unità 4b",
- oltre  $-23.5$  m: "Unità 7".

I parametri geotecnici dei materiali sono riportati in Tabella 1, Tabella 2, Tabella 3 ed in Tabella 4.

Tale analisi è stata denominata "Sezione 1 – FASE 1".

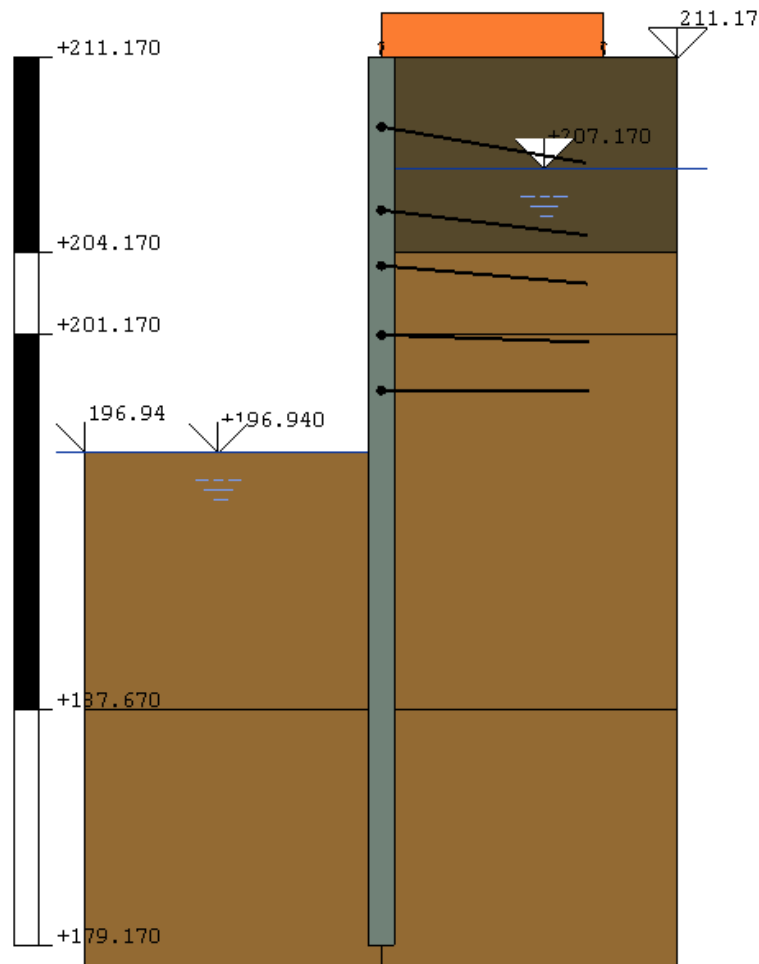


Figura 7: Sezione 2 – Fase 1

Le fasi costruttive definite in precedenza hanno reso necessario lo studio di una sezione di scavo definita “Sezione 1 – FASE 2”. Tale calcolo considera la situazione progettuale dopo il taglio dei pali fino al successivo passaggio della TBM. Dal punto di vista numerico tale analisi ha le medesime caratteristiche di quanto già riportato per la “Sezione 1 – Fase 2”.





### 9.1.3. Sezione 3

La terza sezione di calcolo è stata individuata considerando una zona compresa fra i due imbocchi della galleria naturale. La ricostruzione stratigrafica prevede di considerare i seguenti materiali:

- da piano campagna fino a profondità  $-6.33$  m: “Unità 4a”,
- da  $-10$  m a  $-16$  m: “Unità 4b”,

I parametri geotecnici dei materiali sono riportati in Tabella 1, Tabella 2, Tabella 3 ed in Tabella 4.

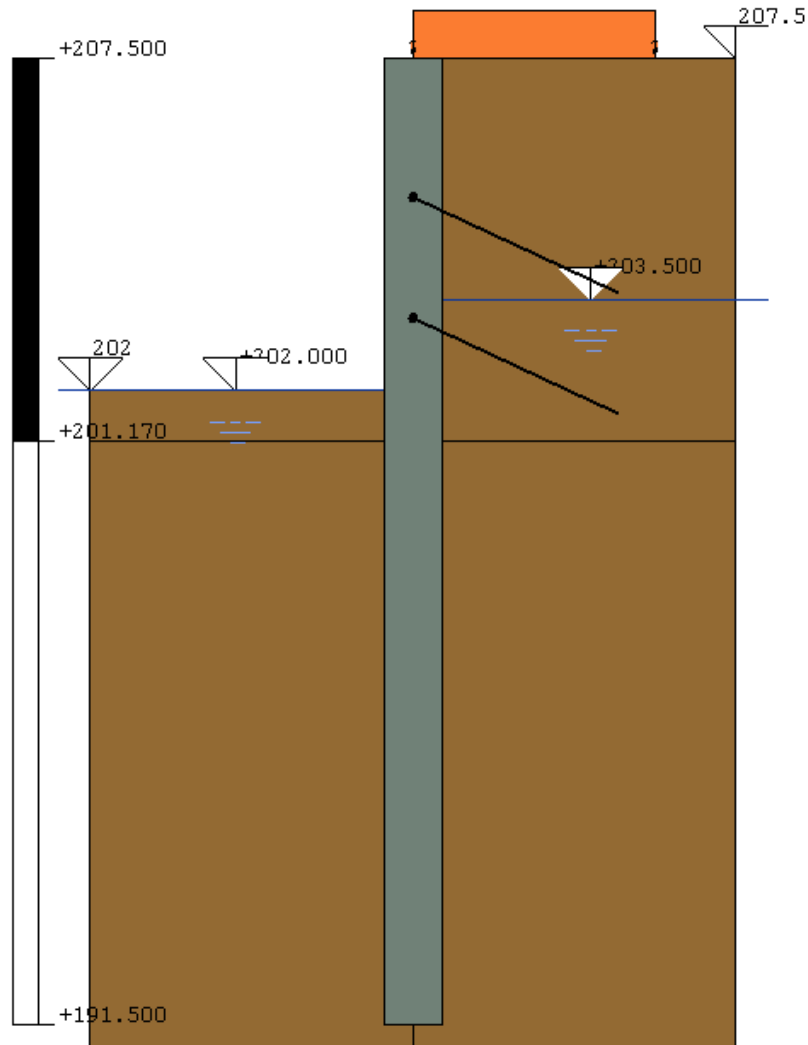


Figura 8: Sezione 3

## 10. SPECIFICHE PER LE ANALISI DI PARATIE IN PALI

Nella presente relazione è stato utilizzato il programma *Paratie* v. 7.0 per il calcolo delle sollecitazioni e delle deformazioni nelle paratie.

Il programma *Paratie* affronta il problema della simulazione di uno scavo sostenuto da diaframmi flessibili attraverso il metodo degli elementi finiti. La schematizzazione del fenomeno fisico è del tipo “Trave su suolo elastico” detto anche terreno alla Winkler.

I diaframmi sono rappresentati come elementi trave il cui comportamento flessionale è definito dalla rigidità flessionale  $EJ$ , mentre il terreno viene simulato attraverso elementi elastoplastici monodimensionali (molle) connessi ai nodi delle paratie.

Con questo modello di calcolo la realizzazione dello scavo sostenuto da paratie tirantate è seguita in tutte le varie fasi elencate in precedenza. L'analisi con il modello ad elementi finiti è quindi un'analisi “Statica Incrementale”: ogni passo coincide con una ben precisa configurazione caratterizzata da una certa quota di scavo, da un certo insieme di tiranti applicati, da una distribuzione di carichi applicati. Poiché il comportamento degli elementi finiti (terreno) è di tipo elastoplastico, ogni step richiede più iterazioni ed ogni configurazione dipende in generale dalle configurazioni precedenti: lo sviluppo di deformazioni plastiche ad un certo step di carico condiziona la risposta della struttura negli step successivi.

I parametri che caratterizzano il modello possono essere distinti in due classi: parametri di spinta e parametri di deformabilità del terreno.

I parametri di spinta sono il coefficiente di spinta a riposo  $K_0$ , il coefficiente di spinta attiva  $K_a$  e il coefficiente di spinta passiva  $K_p$ . I parametri di deformabilità del terreno compaiono nella definizione della rigidità delle molle.

Le due componenti di sforzo verticale ed orizzontale vengono intese come sforzi principali. È definita una funzione di plasticità dipendente da esse e la funzione anzidetta determina i confini di una regione entro la quale è



determinato lo stato tensionale. A seconda dello stato in cui l'elemento si trova, esso reagisce con differenti caratteristiche di rigidità. Sono possibili tre situazioni:

- Fase elastica: l'elemento si comporta elasticamente; questa fase corrisponde ad una porzione di terreno in fase di scarico-ricarico, sollecitato a livelli di sforzo al di sotto dei massimi livelli precedentemente sperimentati. Questa fase viene identificata con la sigla UL-RL (Unloading-Reloading).
- Fase incrudente: l'elemento viene sollecitato a livelli di tensione mai ancora sperimentati. La fase incrudente è identificata dalla sigla V - C (Virgin Compression).
- Collasso: il terreno è sottoposto ad uno stato di sollecitazione coincidente con i limiti minimo o massimo dettati dalla resistenza del materiale. Questa fase corrisponde a quelle che solitamente vengono chiamate condizioni di spinta attiva o passiva. Il collasso viene identificato attraverso la parola Active o Passive.

### 10.1. CONDIZIONI DI CARICO

Le opere di sostegno sono state verificate applicando i carichi indicati nel seguito.

#### 10.1.1. Spinta del terreno

Il terreno esercita una spinta orizzontale sulla paratia proporzionale al carico verticale cui esso è soggetto. Il fattore di proporzionalità (coefficiente di spinta) dipende dallo stato deformativo del terreno e può variare dal coefficiente di spinta attiva  $K_a$  al coefficiente di spinta passiva  $K_p$ , i quali a loro volta dipendono dall'angolo d'attrito interno del terreno, dall'attrito paratia – terreno, dall'inclinazione della paratia e dall'inclinazione dal terreno adiacente.

I coefficienti di spinta attiva e passiva sono stati calcolati in accordo alla teoria classica.

Il programma di calcolo utilizzato applica alla paratia la componente orizzontale della spinta del terreno, calcolata utilizzando un coefficiente di spinta ottenuto iterativamente ad ogni passo dell'analisi in funzione dello stato deformativo puntuale del terreno.

### 10.1.2. Spinta del sovraccarico superficiale

Il sovraccarico superficiale, considerato pari a  $20 \text{ kN/m}^2$ , determina una spinta orizzontale sulla paratia. Il fattore di proporzionalità (coefficiente di spinta) dipende dallo stato deformativo del terreno e può variare dal coefficiente di spinta attiva  $K_a$  al coefficiente di spinta passiva  $K_p$ , i quali a loro volta dipendono dall'angolo d'attrito interno del terreno, dall'attrito paratia – terreno, dall'inclinazione della paratia e dall'inclinazione dal terreno adiacente.

Il programma di calcolo utilizzato applica alla paratia la componente orizzontale della spinta del terreno, calcolata utilizzando un coefficiente di spinta ottenuto iterativamente ad ogni passo dell'analisi in funzione dello stato deformativo puntuale del terreno.

### 10.1.3. Carico sismico

Sulla base di quanto riportato nella normativa europea (Eurocodice 8 – Parte 5) si è deciso di considerare la presenza dell'azione sismica di progetto considerando la riduzione della spinta passiva nel terreno a disotto del piano di scavo e l'incremento del coefficiente di spinta attiva negli strati al di sopra.

## 10.2. ANALISI IN ACCORDO ALLE NTC2008

Le analisi delle sezioni caratteristiche delle paratie sono state effettuate in accordo a quanto stabilito nelle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14/01/2008.

In accordo a quanto stabilito al paragrafo 6.5.3.1.2 della normativa, è stato utilizzato l'Approccio 1.

Le verifiche allo Stato Limite Ultimo per il dimensionamento geotecnico delle paratie (GEO), per il quale si considera lo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e l'eventuale raggiungimento delle condizioni di equilibrio limite nel terreno interagente con la paratia, sono state condotte con la Combinazione A2+M2+R1. In questa combinazione, i coefficienti  $\gamma_R$  sulla resistenza globale (R1) sono unitari e le sole azioni variabili sono amplificate con il coefficienti del gruppo A2. Il sovraccarico pari a  $20 \text{ kN/m}^2$  è stato considerato applicato alla paratia con un coefficiente moltiplicativo pari a 1.0. Esso infatti rappresenta una condizione di esercizio rara e la sua intensità giustifica tale assunzione. I parametri di resistenza di progetto, modificati in accordo ai coefficienti M2, sono perciò inferiori a quelli caratteristici e di conseguenza il valore di progetto della spinta attiva è maggiore e quello della spinta passiva è minore, dei corrispondenti valori caratteristici.

Le verifiche allo Stato Limite Ultimo per il raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali (STR) sono state effettuate utilizzando la Combinazione A1+M1+R1, nella quale i coefficienti sui parametri di resistenza del terreno (M1) e sulla resistenza globale del sistema (R1) sono unitari, mentre le azioni permanenti e variabili sono amplificate mediante i coefficienti parziali del gruppo A1. In questo caso i coefficienti parziali amplificativi delle azioni sono stati applicati direttamente alle sollecitazioni, calcolate con i valori caratteristici delle azioni e delle resistenze. Ai fini delle analisi A1+M1 i risultati delle analisi sono stati moltiplicati per il coefficiente 1.3. L'entità del sovraccarico accidentale e la

sua effettiva presenza durante la vita di esercizio dell'opera, giustifica tale assunzione.

Per ciascuna sezione di calcolo delle paratie sono state elaborate 3 situazioni progettuali:

#### (1) Analisi A1M1 (SLV)

In questa analisi sono stati considerati i valori caratteristici dei parametri di resistenza del terreno e del sovraccarico. La struttura è stata in seguito sottoposta al carico sismico, modificando i parametri di spinta del terreno, per il sisma SLV. I risultati ottenuti, prima della fase sismica, sono stati utilizzati per le verifiche alle tensioni ed alla fessurazione in accordo Stato Limite di Esercizio e per il controllo degli spostamenti.

I risultati, di tipo statico, sono stati amplificati per il coefficiente 1.3, mentre i risultati di tipo sismico sono stati amplificati per il coefficiente 1.0. In tal modo è stato possibile effettuare le verifiche allo Stato Limite Ultimo delle strutture.

#### (2) Analisi A1M1 (SLD)

In questa analisi sono stati considerati i valori caratteristici dei parametri di resistenza del terreno e del sovraccarico. La struttura è stata in seguito sottoposta al carico sismico, modificando i parametri di spinta del terreno, per il sisma SLD. Tali risultati sono stati utilizzati per la valutazione degli spostamenti in condizioni sismiche.

#### (3) Analisi A2M2 (SLV)

In questa analisi i parametri di resistenza del terreno sono stati modificati in accordo ai coefficienti M2. Il sovraccarico accidentale, come specificato in precedenza, è stato considerato di entità pari a  $20 \text{ kN/m}^2$  (valore caratteristico). La struttura è stata in seguito sottoposta al carico sismico, modificando i





parametri di spinta del terreno, per il sisma SLV. L'analisi ha permesso di verificare l'eventuale formazione di meccanismi di collasso dovuti al raggiungimento dell'equilibrio limite nel terreno interagente con la paratia.



## 11. SPECIFICHE PER LE ANALISI DI PARATIE IN JET GROUTING

Le analisi condotte per il dimensionamento delle paratie in jet grouting sono riportate nella relazione di calcolo relativa alle opere di imbocco lato Cherasco.

## 12. RISULTATI DELLE ANALISI

### 12.1. PARATIE IN PALI DI DIAMETRO 1200 MM

Le analisi svolte con il programma Paratie hanno condotto ad una serie di risultati per le diverse combinazioni di carico analizzate. Nel seguito si riportano i risultati principali utilizzati per le verifiche.

#### 12.1.1. Sezione n°1 – FASE 1

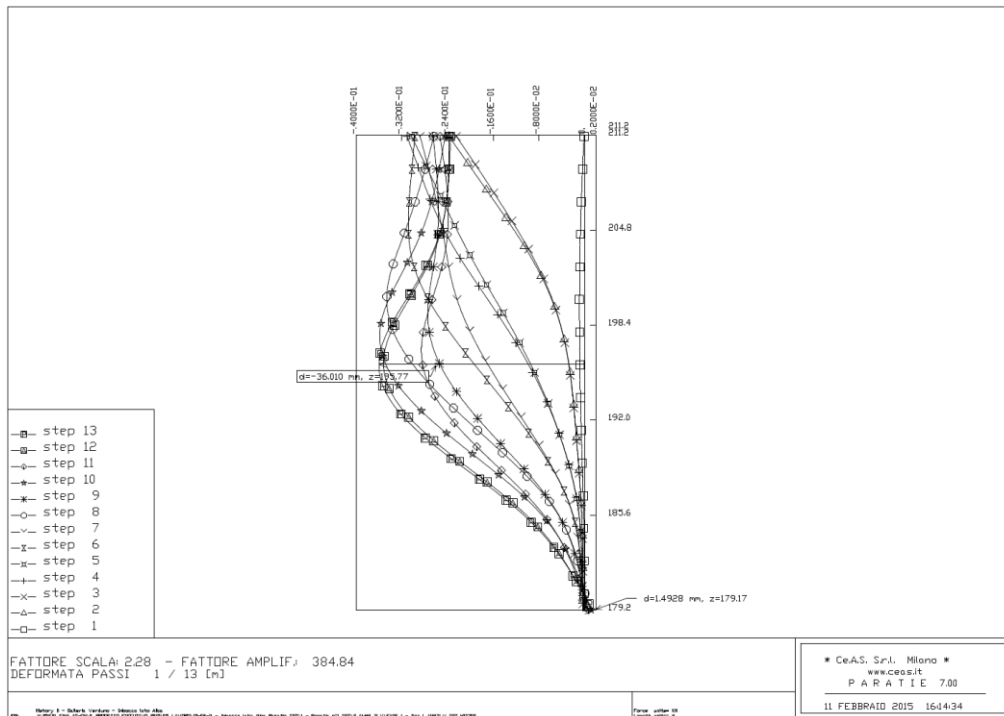


Figura 9: Deformata – analisi A1M1SLV

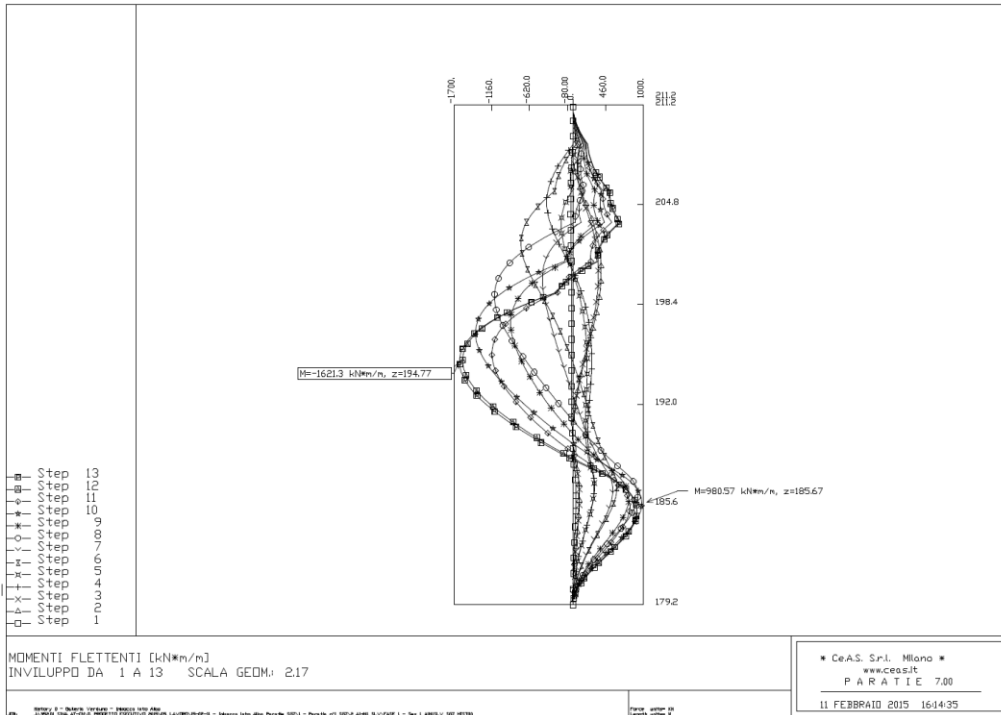


Figura 10: Momento flettente – analisi A1M1SLV

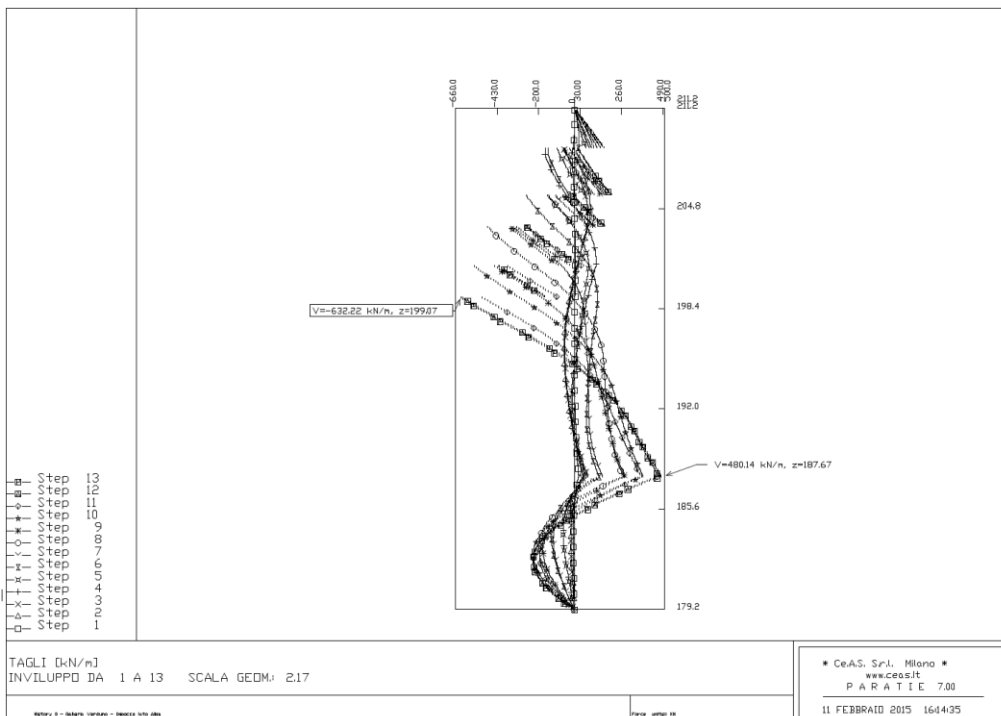


Figura 11: Azione di taglio – analisi A1M1SLV

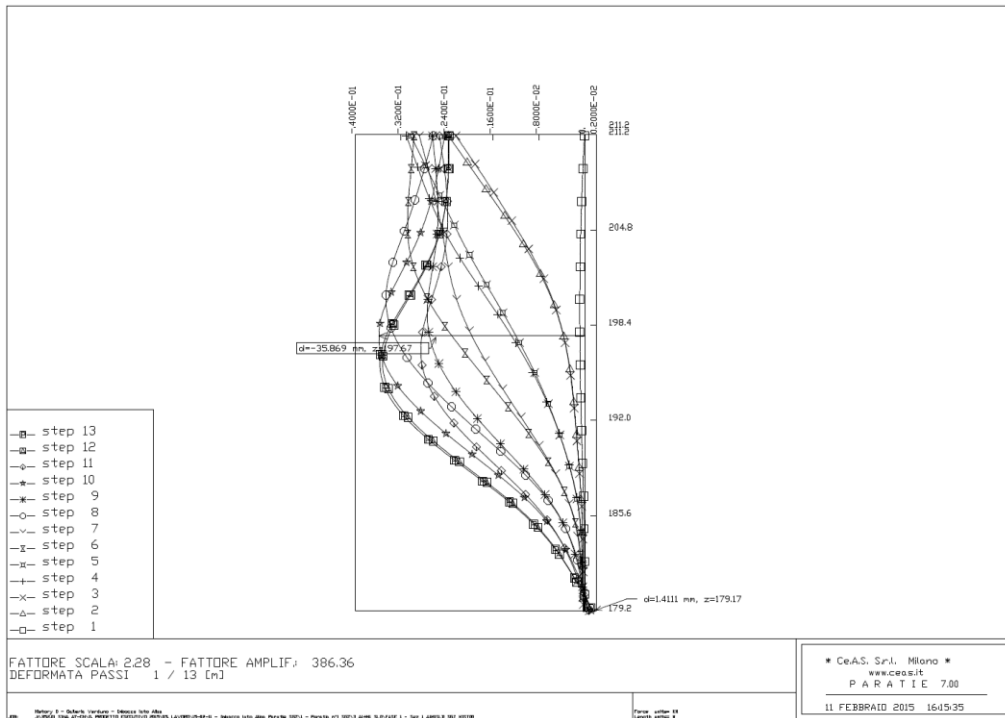


Figura 12: Deformata – analisi A1M1SLD

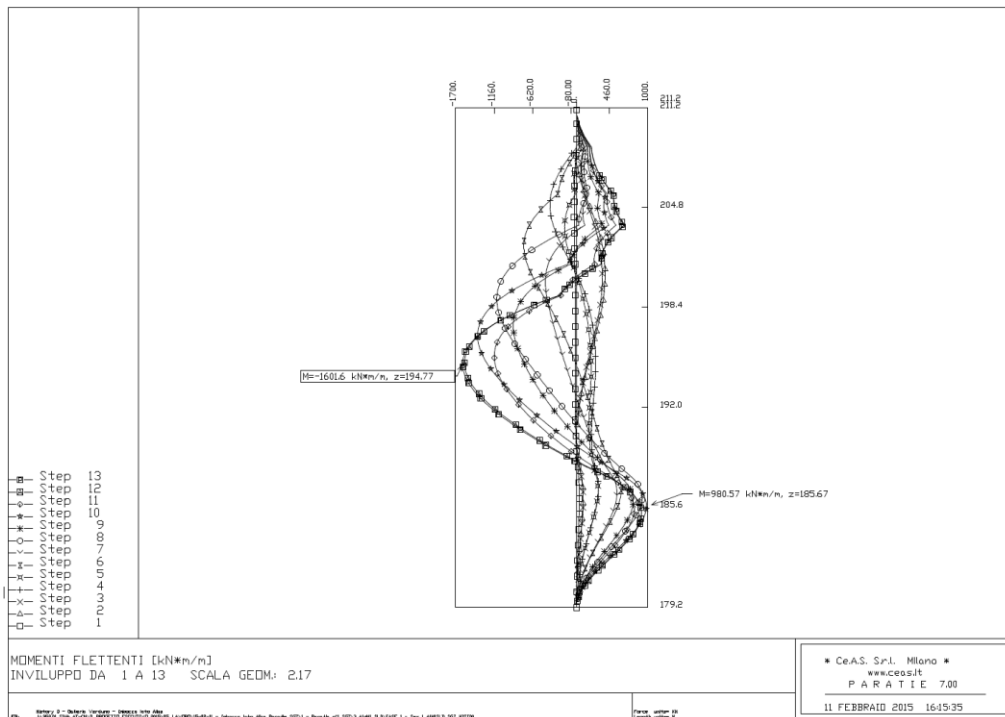


Figura 13: Momento flettente – analisi A1M1SLD

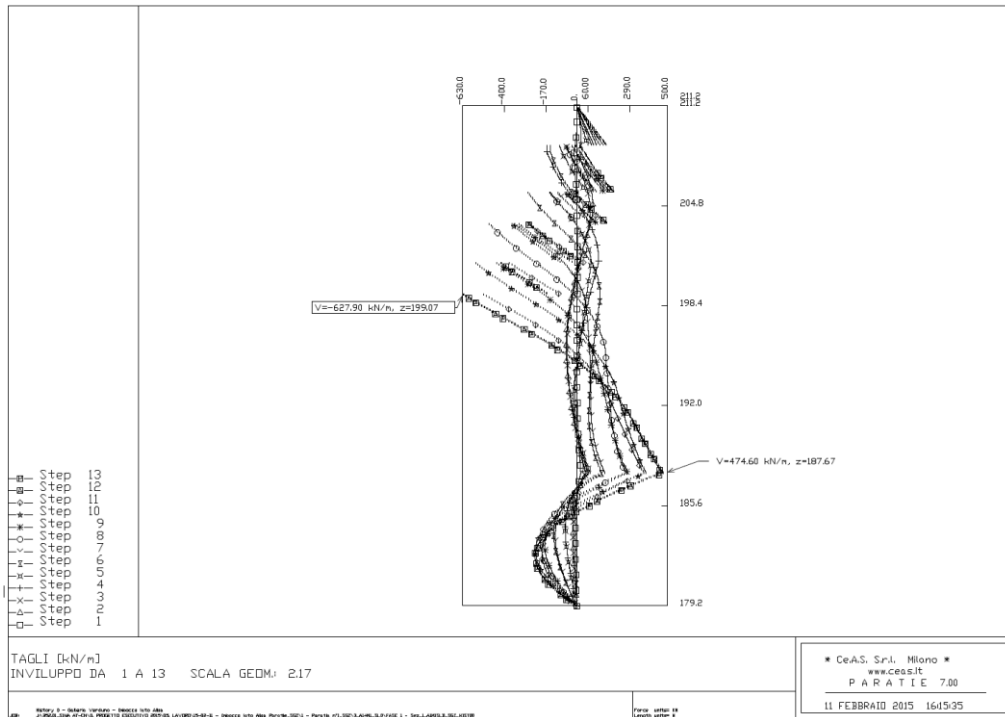


Figura 14: Azione di taglio – analisi A1M1SLD

12.1.2. Sezione n°1 – FASE 2

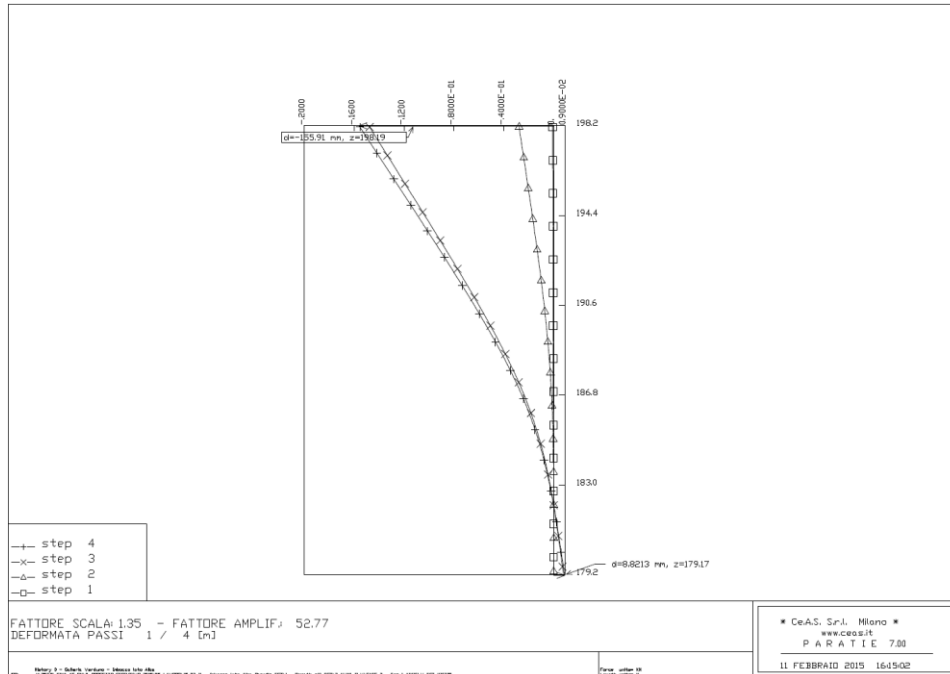


Figura 15: Deformata – analisi A1M1SLV

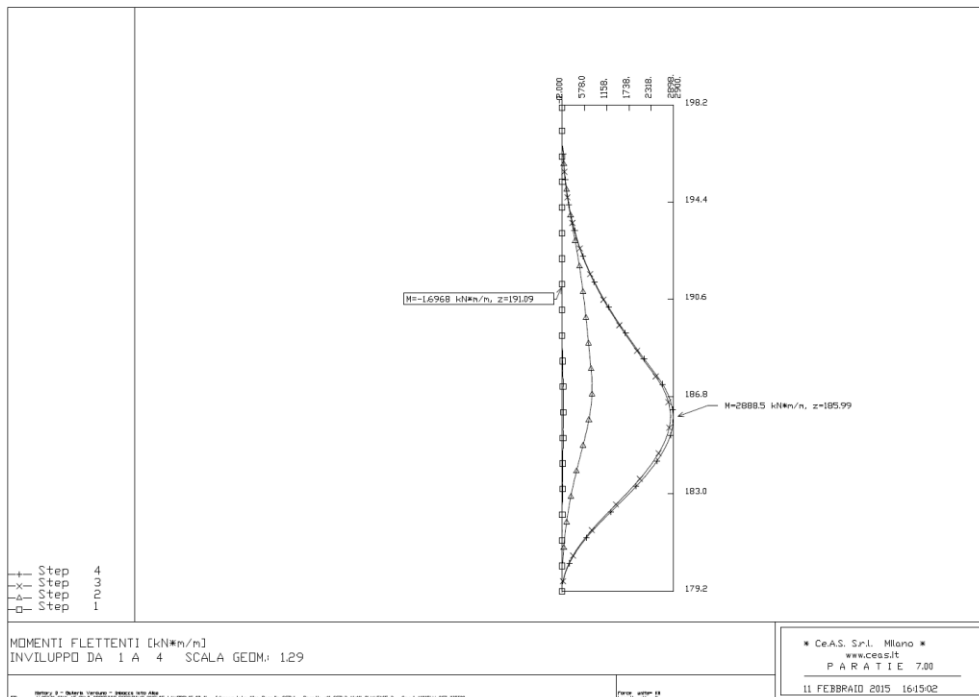


Figura 16: Momento flettente – analisi A1M1SLV

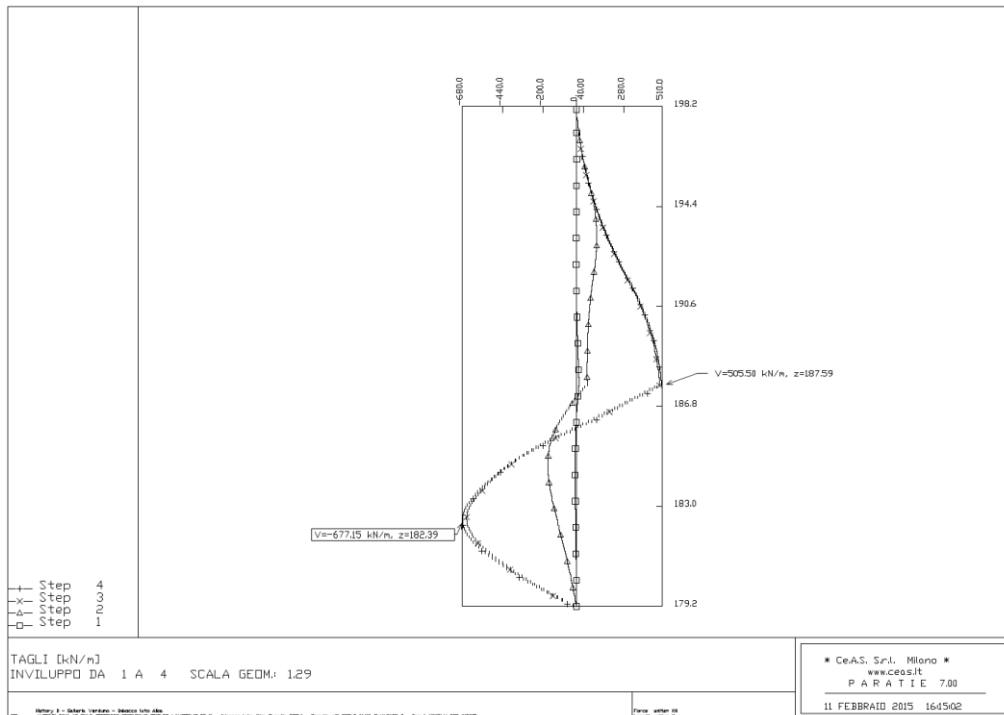


Figura 17: Azione di taglio – analisi A1M1SLV

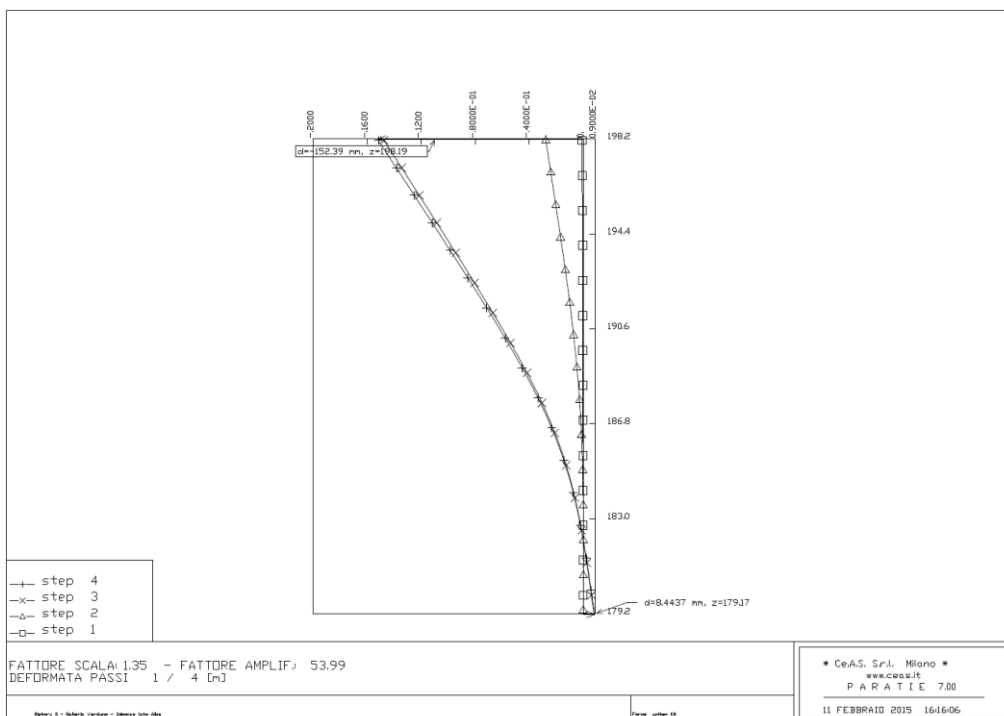


Figura 18: Deformata – analisi A1M1SLD



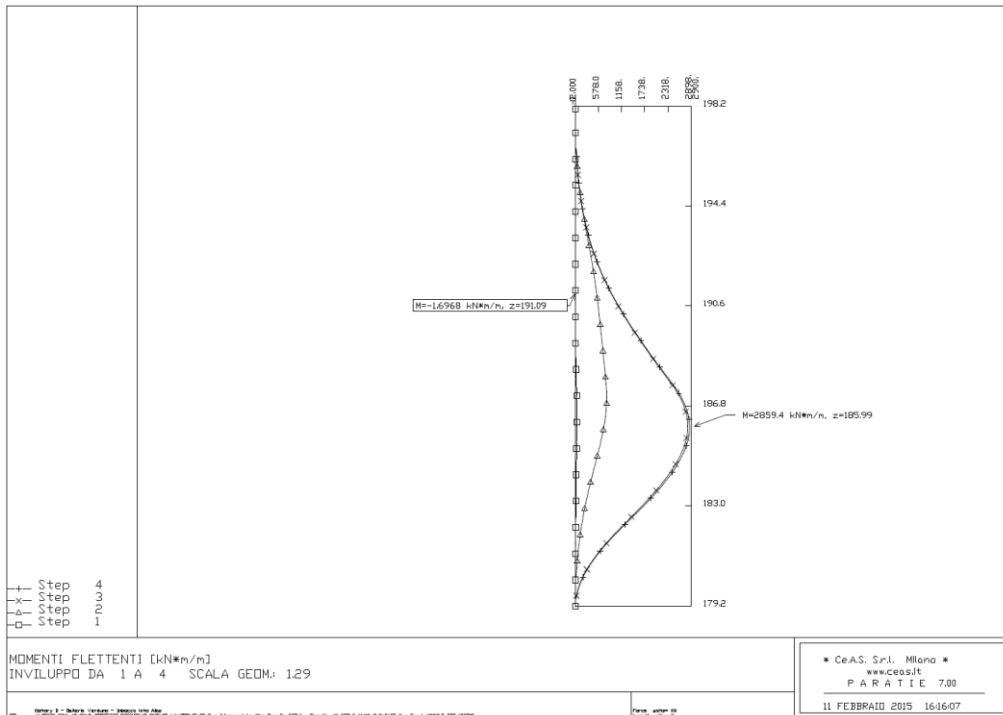


Figura 19: Momento flettente – analisi A1M1SLD

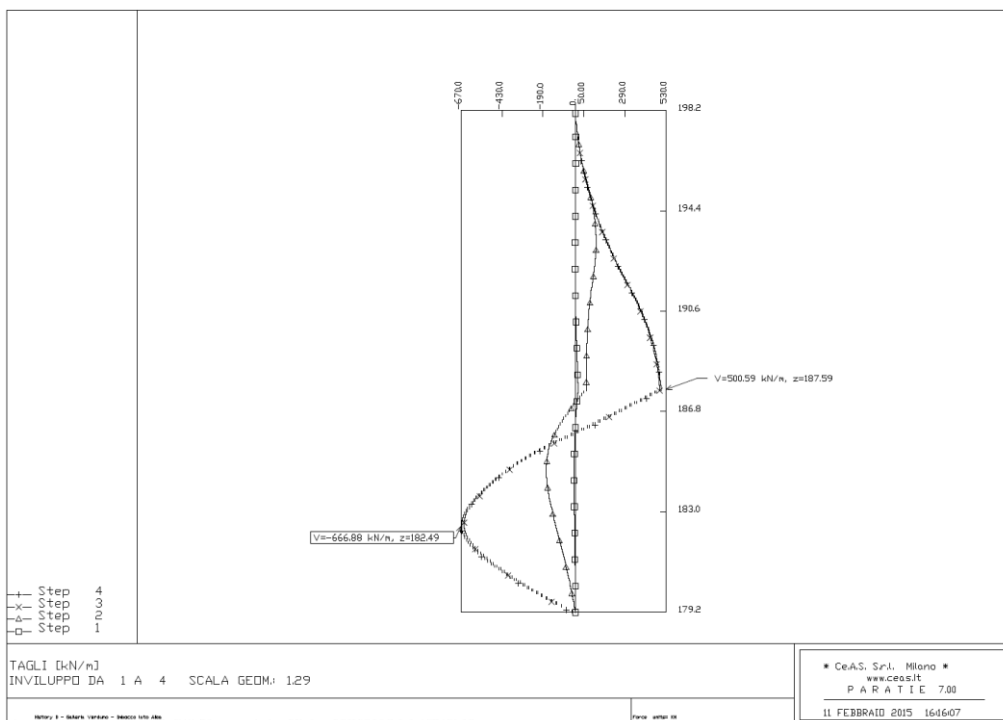


Figura 20: Azione di taglio – analisi A1M1SLD

Si osserva che la deformata massima in fase 2 (pari a 155 mm in condizioni sismiche e 140 mm in condizioni statiche) è relativa alla sola porzione di paratia a sbalzo tagliata poco prima della partenza della TBM, senza richiami verso il retrostante versante. Nel calcolo si è inoltre trascurato, a favore di sicurezza, la presenza del tampone di consolidamento a tergo della paratia, che consentirà il contenimento della deformata.

### 12.1.3. Sezione n°2

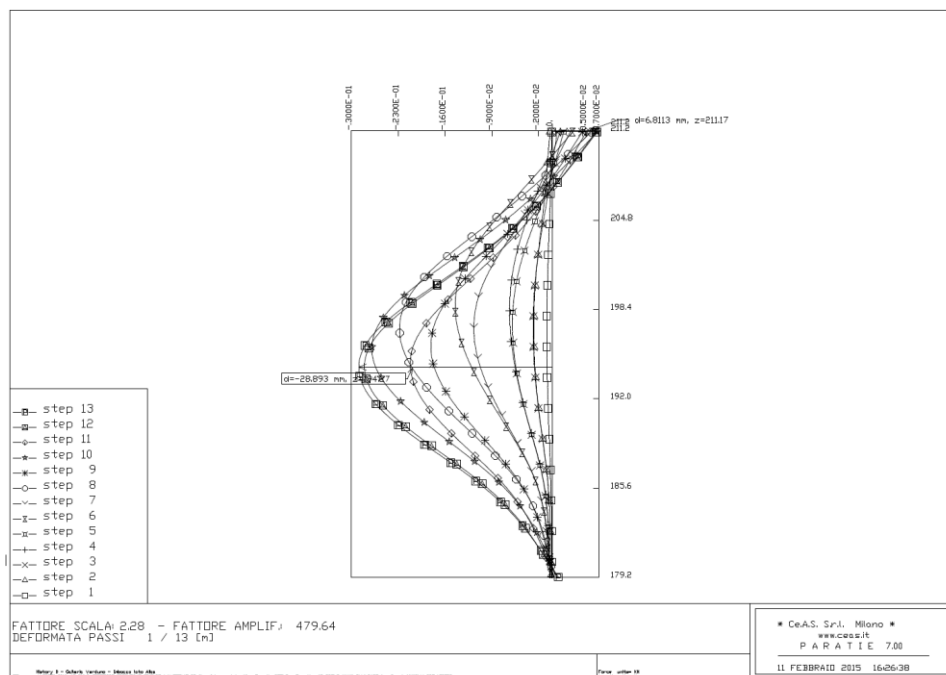


Figura 21: Deformata – analisi A1M1SLV

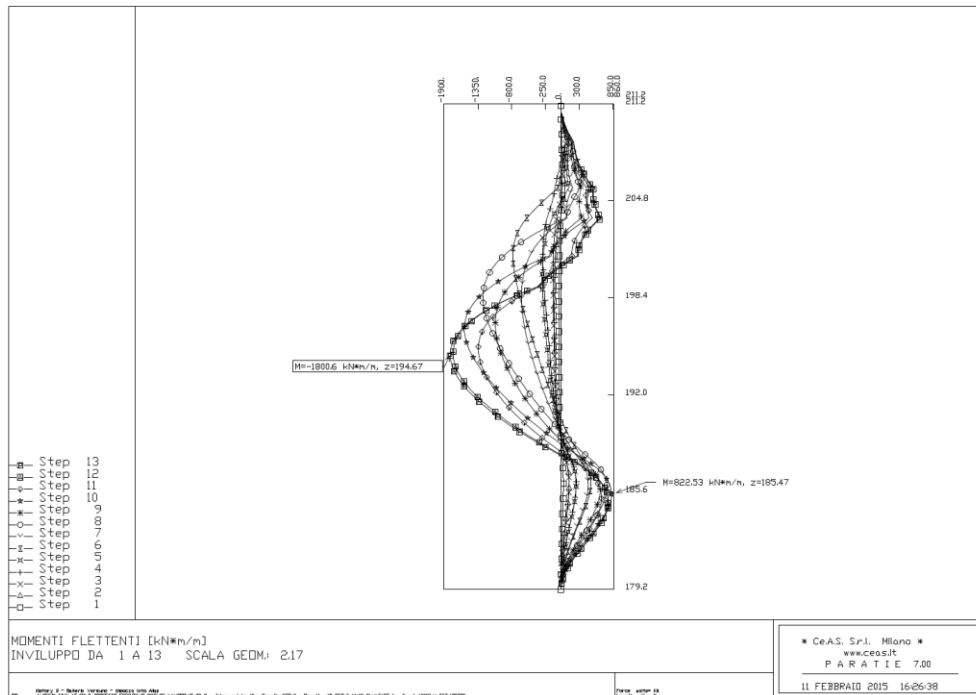


Figura 22: Momento flettente – analisi A1M1SLV

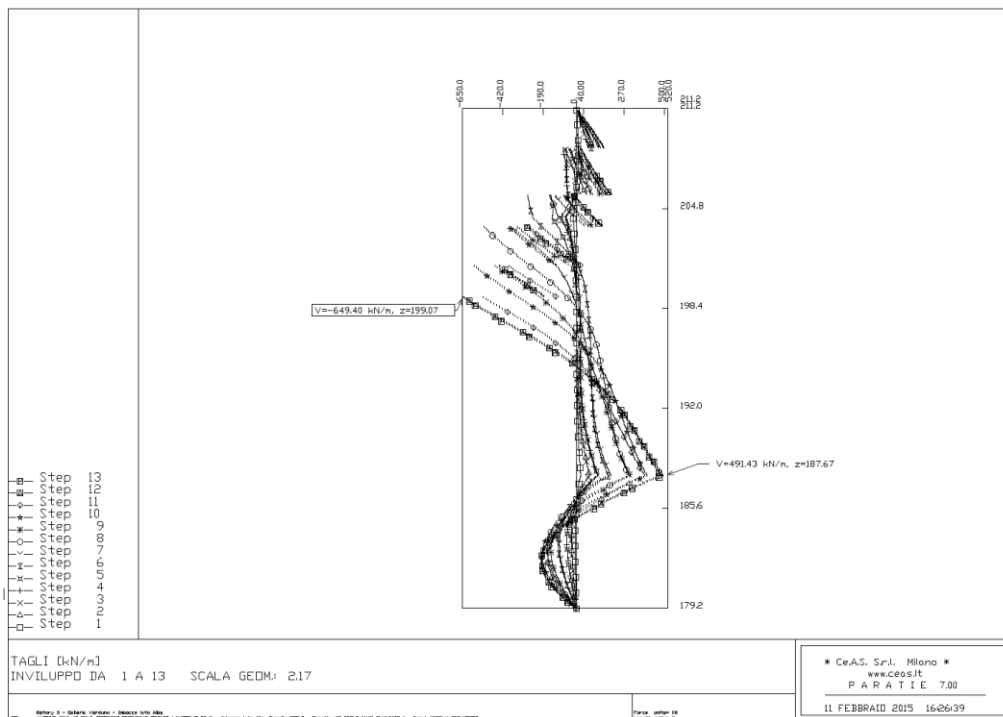


Figura 23: Azione di taglio – analisi A1M1SLV

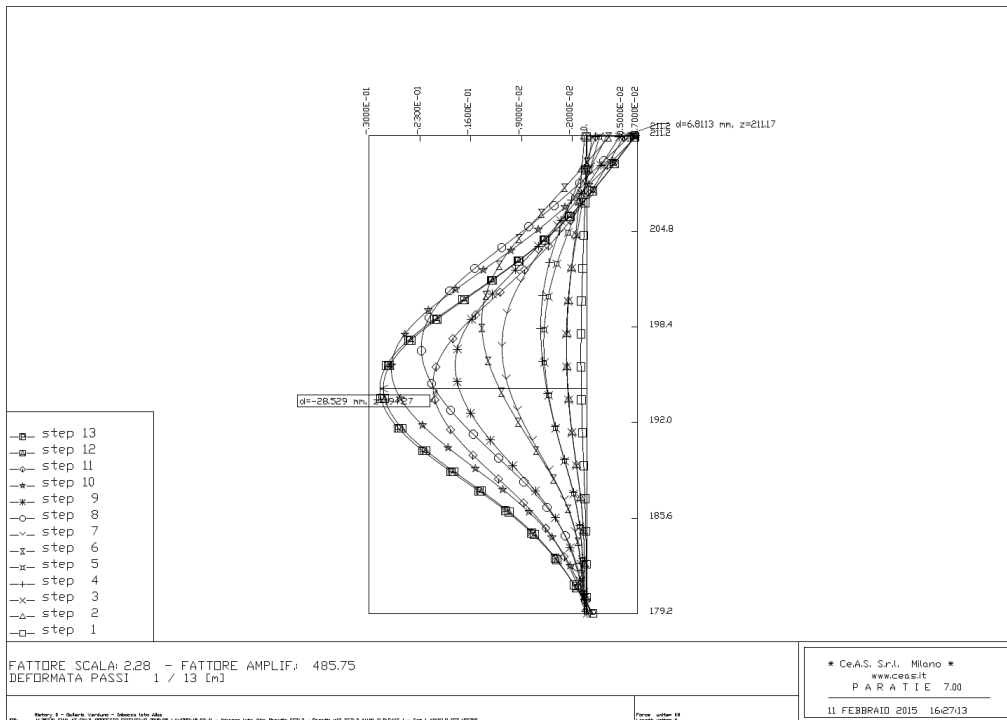


Figura 24: Deformata – analisi A1M1SLD

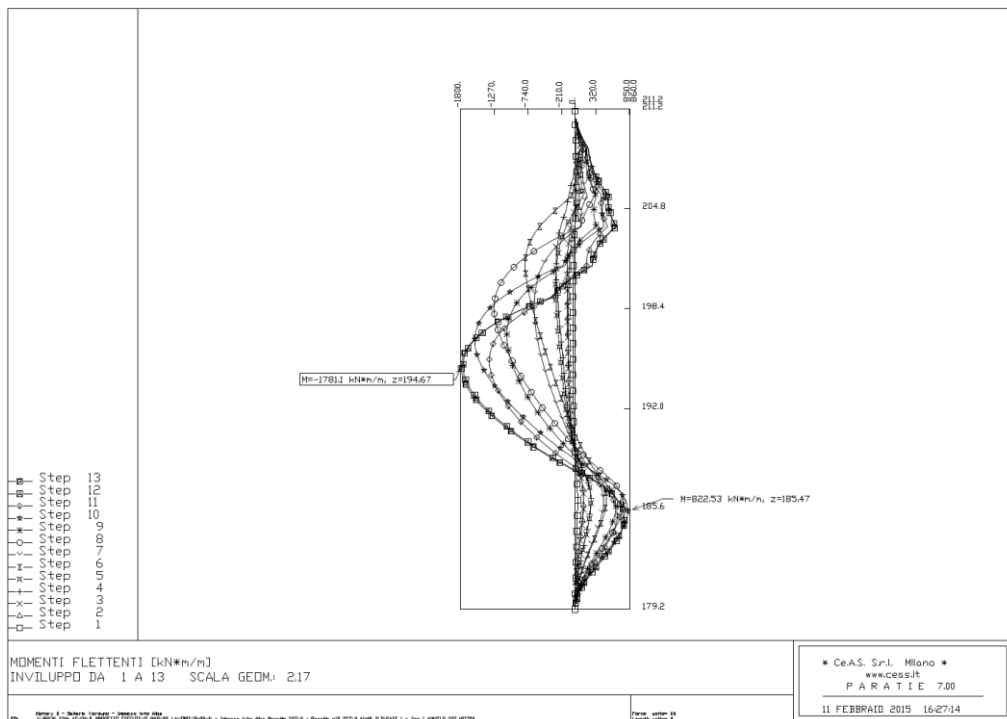


Figura 25: Momento flettente – analisi A1M1SLD

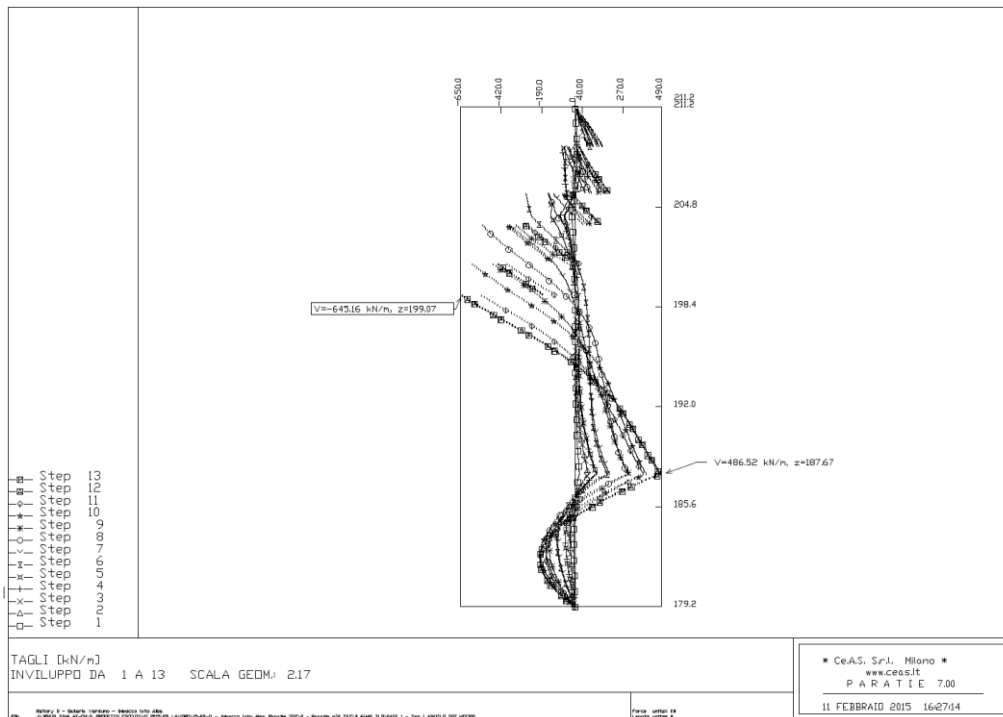


Figura 26: Azione di taglio – analisi A1M1SLD

12.1.4. Sezione n°3

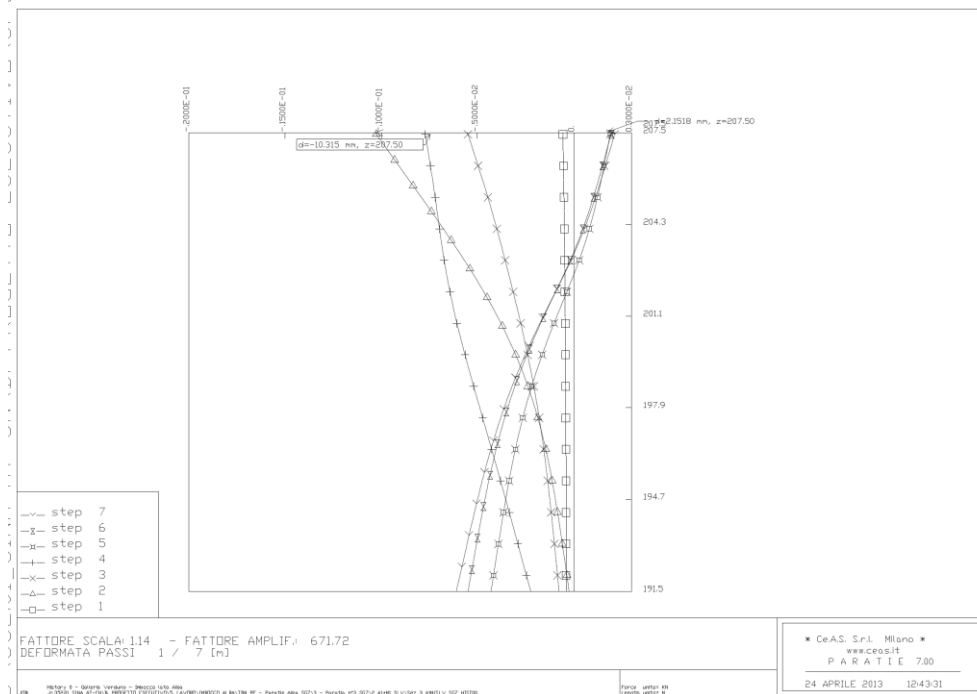


Figura 27: Deformata – analisi A1M1SLV

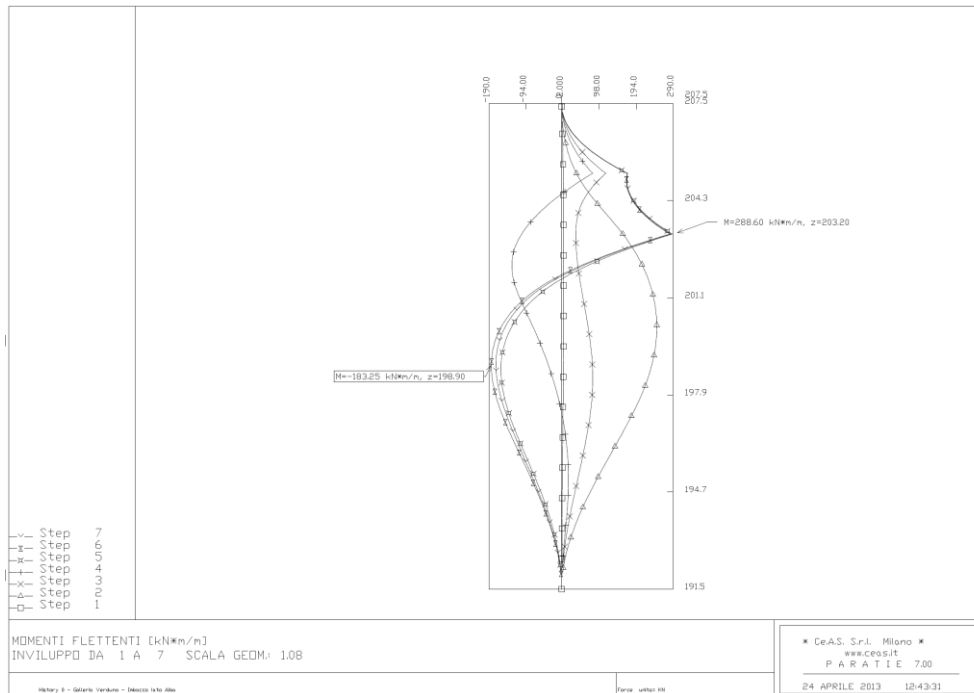


Figura 28: Momento flettente – analisi A1M1SLV



Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6  
PROGETTO ESECUTIVO  
Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba

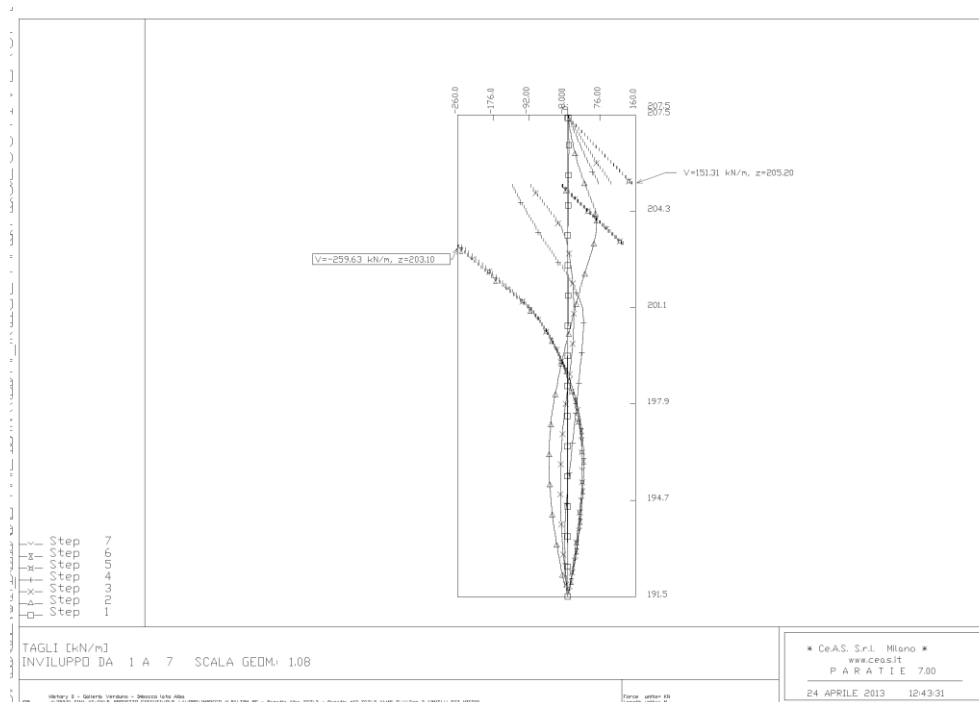


Figura 29: Azione di taglio – analisi A1M1SLV

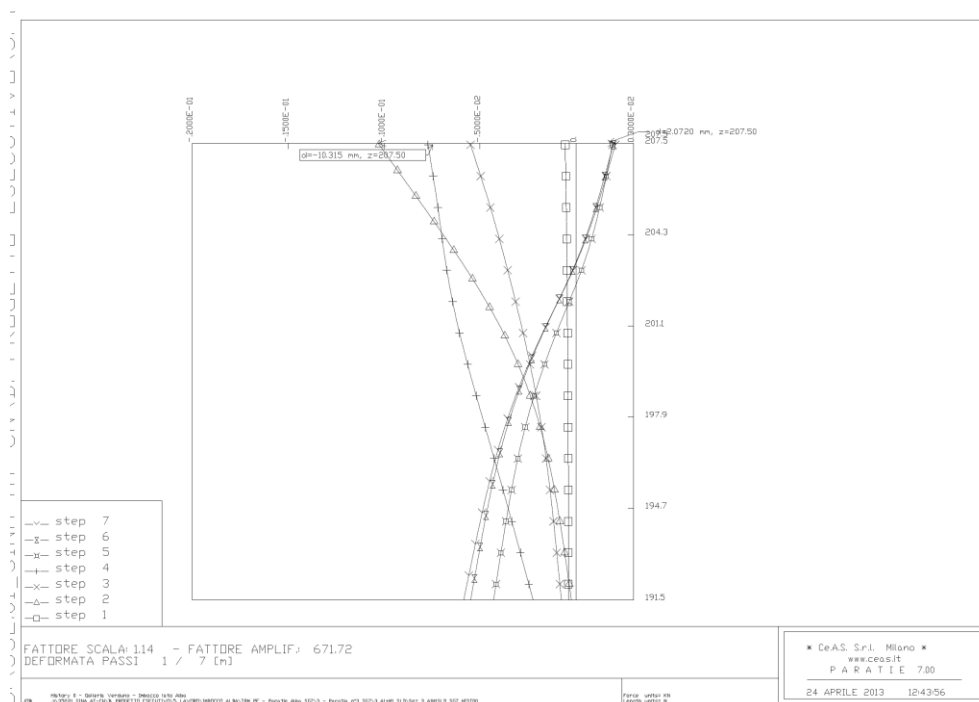


Figura 30: Deformata – analisi A1M1SLD

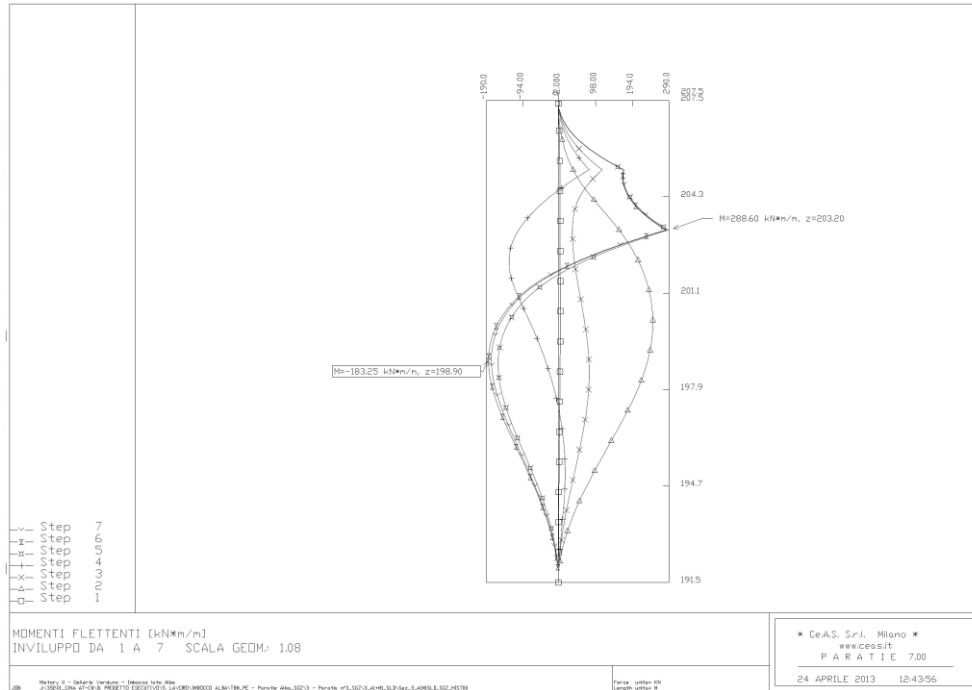


Figura 31: Momento flettente – analisi A1M1SLD

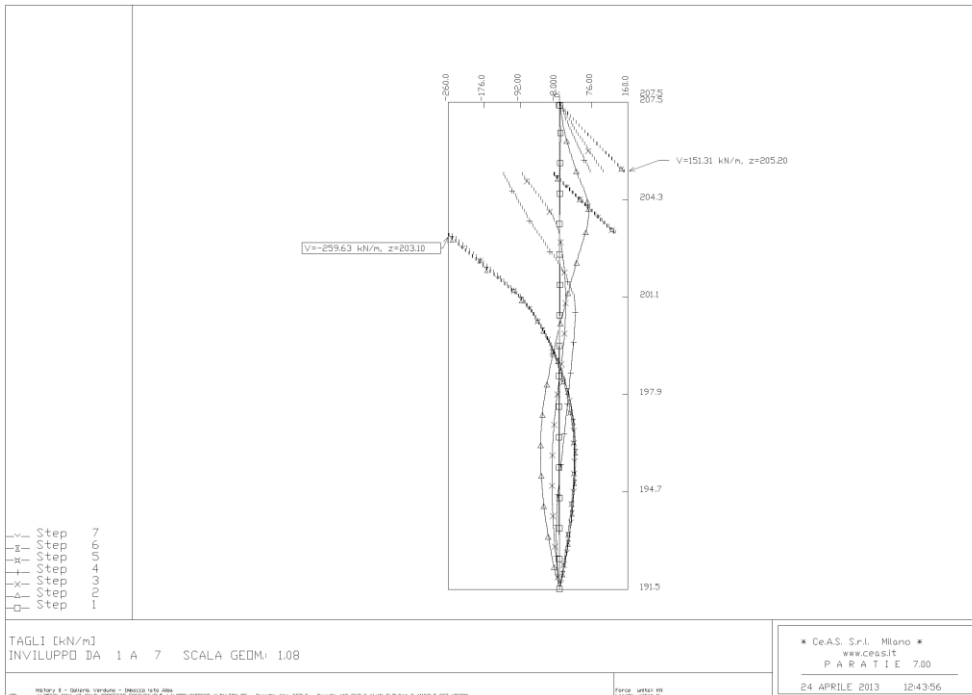


Figura 32: Azione di taglio – analisi A1M1SLD



### 13. VERIFICHE STRUTTURALI

#### 13.1. PARATIE IN PALI DI DIAMETRO 1200 MM

13.1.1. Verifiche dei pali in c.a. – Pali di altezza 31 m, 25 m, 22 m (provvisori)

I pali con diametro 1200 mm, di lunghezze 31 m, 25 m e 22 m, con carattere provvisorio necessari alla realizzazione della paratia di imbocco delle due canne, sono realizzati con un calcestruzzo di classe C25/30 con resistenza minima a compressione  $R_{ck} \geq 30$  MPa. L'acciaio è del tipo B450C con tensione limite caratteristica di snervamento  $f_{yk}$  pari a 450 MPa.

I pali sono armati con 24 barre longitudinali  $\phi 26$  per i primi 10 m di palo circa (Sezione tipo 1). Per i successivi 10 m l'armatura è formata da 24 + 24 barre longitudinali  $\phi 26$  (Sezione tipo 2) e in seguito da 24 + 24 barre longitudinali  $\phi 30$ . I pali di lunghezza 25 m e 22 m sono armati con 24  $\phi 26$  per i primi 10 m e successivamente con 24 + 24  $\phi 26$ . L'armatura a taglio è costituita da staffe  $\phi 20 / 20$  cm +  $\phi 20 / 40$  cm. Si riportano nel seguito le verifiche strutturali allo Stato Limite Ultimo effettuate per le combinazioni A1M1 e Sisma SLV e le verifiche allo Stato Limite di Esercizio effettuate per le combinazioni Rara, Frequente, Quasi Permanente e Sisma SLD.

I pali di altezza 31 m interessano le sezioni di calcolo 1 e 2, per le fasi 1 e 2. Tali risultati si considerano validi anche per i pali di altezza 25 m e 22 m. Le analisi hanno evidenziato risultati più gravosi per la sezione di calcolo 2: si riportano quindi le verifiche solo per questa sezione di calcolo avendo, in ogni caso, verificato che la disposizione delle barre di armatura fa fronte adeguatamente allo stato di sforzo presente nei pali della sezione di calcolo 1.



**Risultati numerici**

FASE 1		A1+M1							
		STATICO				SISMA SLV			
z	N	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>
[m]	[kN]	[kNm]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]
211.17	0.0	0.0	6.8	0.0	0.0	0.0	5.1	0.0	0.0
211.07	2.8	0.7	6.8	0.0	0.0	0.5	5.1	0.0	0.0
211.07	2.8	0.7	20.2	0.0	0.0	0.5	15.1	0.0	0.0
210.97	5.7	2.7	20.2	0.0	0.0	2.0	15.1	0.0	0.0
210.97	5.7	2.7	33.4	0.0	0.0	2.0	25.0	0.0	0.0
210.87	8.5	6.0	33.4	0.0	0.0	4.5	25.0	0.0	0.0
210.87	8.5	6.0	46.4	0.0	0.1	4.5	34.9	0.0	0.0
210.77	11.3	10.7	46.4	0.0	0.1	8.0	34.9	0.0	0.0
210.77	11.3	10.7	59.2	0.0	0.3	8.0	44.6	0.0	0.0
210.67	14.1	16.6	59.2	0.0	0.3	12.5	44.6	0.0	0.0
210.67	14.1	16.6	71.8	0.0	0.5	12.5	54.3	0.0	0.0
210.57	17.0	23.8	71.8	0.1	0.5	17.9	54.3	0.0	0.0
210.57	17.0	23.8	84.2	0.1	0.8	17.9	63.9	0.0	0.0
210.47	19.8	32.2	84.2	0.2	0.8	24.3	63.9	0.0	0.0
210.47	19.8	32.2	96.5	0.2	1.2	24.3	73.5	0.0	0.0
210.37	22.6	41.9	96.5	0.3	1.2	31.6	73.5	0.0	0.0
210.37	22.6	41.9	108.5	0.3	1.7	31.6	82.9	0.0	0.0
210.27	25.4	52.7	108.5	0.5	1.7	39.9	82.9	0.0	0.0
210.27	25.4	52.7	120.4	0.5	2.3	39.9	92.2	0.0	0.0
210.17	28.3	64.7	120.4	0.7	2.3	49.2	92.2	0.0	0.0
210.17	28.3	64.7	132.1	0.7	2.9	49.2	101.4	0.0	0.0
210.07	31.1	78.0	132.1	1.0	2.9	59.3	101.4	0.0	0.0
210.07	31.1	78.0	143.6	1.0	3.6	59.3	110.4	0.0	0.0
209.97	33.9	92.3	143.6	1.3	3.6	70.3	110.4	0.0	0.0
209.97	33.9	92.3	154.9	1.3	4.4	70.3	119.4	0.0	0.0
209.87	36.8	107.8	154.9	1.8	4.4	82.3	119.4	0.0	0.0
209.87	36.8	107.8	166.1	1.8	5.3	82.3	128.3	0.0	0.0
209.77	39.6	124.4	166.1	2.3	5.3	95.1	128.3	0.0	0.0
209.77	39.6	124.4	177.0	2.3	6.2	95.1	137.0	0.0	0.0
209.67	42.4	142.1	177.0	2.9	6.2	108.8	137.0	0.0	0.0
209.67	42.4	142.1	187.8	2.9	7.3	108.8	145.7	0.0	0.0
209.57	45.2	160.9	187.8	3.7	7.3	123.4	145.7	0.0	0.0
209.57	45.2	160.9	198.3	3.7	8.4	123.4	154.2	0.0	0.0
209.47	48.1	180.7	198.3	4.5	8.4	138.8	154.2	0.0	0.0
209.47	48.1	180.7	208.7	4.5	9.5	138.8	162.6	0.0	0.0
209.37	50.9	201.6	208.7	5.5	9.5	155.1	162.6	0.0	0.0
209.37	50.9	201.6	218.9	5.5	10.8	155.1	171.0	0.0	0.0
209.27	53.7	223.5	218.9	6.5	10.8	172.2	171.0	0.0	0.0
209.27	53.7	223.5	229.3	6.5	12.1	172.2	179.2	0.0	0.0
209.17	56.5	246.4	229.3	7.8	12.1	190.1	179.2	0.0	0.0
209.17	56.5	246.4	239.8	7.8	12.6	190.1	187.3	0.0	0.0
209.07	59.4	270.2	239.8	9.1	12.6	208.8	187.3	0.0	0.0
209.07	59.4	270.2	250.0	9.1	12.9	208.8	195.3	0.0	0.0
208.97	62.2	295.1	250.0	10.6	12.9	228.3	195.3	0.0	0.0
208.97	62.2	295.1	260.2	10.6	13.1	228.3	203.1	0.0	0.0
208.87	65.0	320.8	260.2	12.3	13.1	248.6	203.1	0.0	0.0
208.87	65.0	320.8	270.2	12.3	13.2	248.6	210.9	0.0	0.0
208.77	67.9	347.5	270.2	14.1	13.2	269.7	210.9	0.0	0.0
208.77	67.9	347.5	280.1	14.1	13.3	269.7	218.5	0.0	0.0
208.67	70.7	375.1	280.1	16.1	13.3	291.6	218.5	0.0	0.0
208.67	70.7	375.1	44.6	16.1	-137.8	291.6	37.8	0.0	0.0
208.57	73.5	378.7	44.6	18.3	-137.8	295.4	37.8	0.0	0.0
208.57	73.5	378.7	54.2	18.3	-134.6	295.4	45.2	0.0	0.0
208.47	76.3	383.1	54.2	20.6	-134.6	299.9	45.2	0.0	0.0
208.47	76.3	383.1	63.6	20.6	-131.5	299.9	52.5	0.0	0.0
208.37	79.2	389.0	63.6	23.2	-131.5	305.1	52.5	0.0	0.0
208.37	79.2	389.0	72.8	23.2	-128.6	305.1	59.6	0.0	0.0



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

FASE 1		A1+M1							
		STATICO				SISMA SLV			
z	N	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>
[m]	[kN]	[kNm]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]
208.27	82.0	396.2	72.8	26.0	-128.6	311.1	59.6	0.0	0.0
208.27	82.0	396.2	81.9	26.0	-125.9	311.1	66.7	0.0	0.0
208.17	84.8	404.4	81.9	28.1	-125.9	317.8	66.7	0.0	0.0
208.17	84.8	404.4	90.9	28.1	-123.5	317.8	73.6	0.0	0.0
208.07	87.7	413.5	90.9	29.4	-123.5	325.1	73.6	0.0	0.0
208.07	87.7	413.5	99.9	29.4	-121.2	325.1	80.6	0.0	0.0
207.97	90.5	423.5	99.9	30.7	-121.2	333.2	80.6	0.0	0.0
207.97	90.5	423.5	109.0	30.7	-119.2	333.2	87.7	0.0	0.0
207.87	93.3	434.4	109.0	32.0	-119.2	342.0	87.7	0.0	0.0
207.87	93.3	434.4	118.3	32.0	-117.4	342.0	94.8	0.0	0.0
207.77	96.1	446.2	118.3	33.2	-117.4	351.4	94.8	0.0	0.0
207.77	96.1	446.2	127.7	33.2	-115.8	351.4	102.1	0.0	0.0
207.67	99.0	459.0	127.7	34.4	-115.8	361.6	102.1	0.0	0.0
207.67	99.0	459.0	137.3	34.4	-114.4	361.6	109.5	0.0	0.0
207.57	101.8	472.7	137.3	23.5	-114.4	372.6	109.5	0.0	0.0
207.57	101.8	472.7	147.0	23.5	-113.2	372.6	117.0	0.0	0.0
207.47	104.6	487.4	147.0	12.1	-113.2	384.3	117.0	0.0	0.0
207.47	104.6	487.4	156.8	12.1	-112.2	384.3	124.6	0.0	0.0
207.37	107.4	503.1	156.8	0.9	-112.2	396.7	124.6	0.0	0.0
207.37	107.4	503.1	166.7	0.9	-111.5	396.7	132.2	0.0	0.0
207.27	110.3	519.8	166.7	-10.2	-111.5	410.0	132.2	0.0	0.0
207.27	110.3	519.8	176.8	-10.2	-110.9	410.0	140.0	0.0	0.0
207.17	113.1	537.5	176.8	-21.3	-110.9	424.0	140.0	0.0	0.0
207.17	113.1	537.5	187.0	-21.3	-110.6	424.0	147.9	0.0	0.0
207.07	115.9	556.2	187.0	-32.4	-110.6	438.8	147.9	0.0	0.0
207.07	115.9	556.2	197.5	-32.4	-110.4	438.8	156.0	0.0	0.0
206.97	118.8	575.9	197.5	-43.4	-110.4	454.4	156.0	0.0	0.0
206.97	118.8	575.9	208.2	-43.4	-110.0	454.4	164.2	0.0	0.0
206.87	121.6	596.7	208.2	-54.4	-110.0	470.8	164.2	0.0	0.0
206.87	121.6	596.7	219.1	-54.4	-109.4	470.8	172.6	0.0	0.0
206.77	124.4	618.6	219.1	-65.3	-109.4	488.0	172.6	0.0	0.0
206.77	124.4	618.6	230.2	-65.3	-108.6	488.0	181.1	0.0	0.0
206.67	127.2	641.7	230.2	-76.2	-108.6	506.2	181.1	0.0	0.0
206.67	127.2	641.7	241.5	-76.2	-107.7	506.2	189.9	0.0	0.0
206.57	130.1	665.8	241.5	-87.0	-107.7	525.1	189.9	0.0	0.0
206.57	130.1	665.8	253.0	-87.0	-106.6	525.1	198.7	0.0	0.0
206.47	132.9	691.1	253.0	-97.6	-106.6	545.0	198.7	0.0	0.0
206.47	132.9	691.1	264.7	-97.6	-105.3	545.0	207.7	0.0	0.0
206.37	135.7	717.6	264.7	-108.2	-105.3	565.8	207.7	0.0	0.0
206.37	135.7	717.6	276.6	-108.2	-103.9	565.8	216.8	0.0	0.0
206.27	138.5	745.2	276.6	-118.6	-103.9	587.5	216.8	0.0	0.0
206.27	138.5	745.2	288.7	-118.6	-102.2	587.5	226.1	0.0	0.0
206.17	141.4	774.1	288.7	-128.8	-102.2	610.1	226.1	0.0	0.0
206.17	141.4	774.1	301.0	-128.8	-100.4	610.1	235.6	0.0	0.0
206.07	144.2	804.2	301.0	-138.8	-100.4	633.6	235.6	0.0	0.0
206.07	144.2	804.2	313.5	-138.8	-98.4	633.6	245.2	0.0	0.0
205.97	147.0	835.6	313.5	-148.7	-98.4	658.2	245.2	0.0	0.0
205.97	147.0	835.6	326.2	-148.7	-96.3	658.2	254.9	0.0	0.0
205.87	149.9	868.2	326.2	-158.3	-96.3	683.6	254.9	0.0	0.0
205.87	149.9	868.2	339.1	-158.3	-94.0	683.6	264.8	0.0	0.0
205.77	152.7	902.1	339.1	-167.7	-94.0	710.1	264.8	0.0	0.0
205.77	152.7	902.1	352.2	-167.7	-91.4	710.1	274.8	0.0	0.0
205.67	155.5	937.3	352.2	-176.8	-91.4	737.6	274.8	0.0	0.0
205.67	155.5	937.3	-6.8	-176.8	-506.6	737.6	0.0	0.0	-17.5
205.57	158.3	934.6	-6.8	-185.7	-506.6	735.8	0.0	0.0	-17.5
205.57	158.3	934.6	-8.4	-185.7	-503.8	735.8	0.0	0.0	-7.2
205.47	161.2	933.2	-8.4	-194.3	-503.8	735.1	0.0	0.0	-7.2
205.47	161.2	933.2	-0.4	-194.3	-500.9	735.1	3.2	0.0	0.0
205.37	164.0	933.1	-0.4	-233.3	-500.9	735.4	3.2	0.0	0.0



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

FASE 1		A1+M1							
		STATICO				SISMA SLV			
z	N	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>
[m]	[kN]	[kNm]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]
205.37	164.0	933.1	13.4	-233.3	-497.9	735.4	13.7	0.0	0.0
205.27	166.8	934.5	13.4	-283.1	-497.9	736.8	13.7	0.0	0.0
205.27	166.8	934.5	27.3	-283.1	-494.6	736.8	24.3	0.0	0.0
205.17	169.6	937.2	27.3	-332.6	-494.6	739.2	24.3	0.0	0.0
205.17	169.6	937.2	41.4	-332.6	-491.2	739.2	35.0	0.0	0.0
205.07	172.5	941.3	41.4	-381.7	-491.2	742.7	35.0	0.0	0.0
205.07	172.5	941.3	55.6	-381.7	-487.6	742.7	45.9	0.0	0.0
204.97	175.3	946.9	55.6	-430.4	-487.6	747.3	45.9	0.0	0.0
204.97	175.3	946.9	70.0	-430.4	-483.9	747.3	56.9	0.0	0.0
204.87	178.1	953.9	70.0	-478.8	-483.9	753.0	56.9	0.0	0.0
204.87	178.1	953.9	84.5	-478.8	-480.0	753.0	67.9	0.0	0.0
204.77	181.0	962.3	84.5	-526.8	-480.0	759.8	67.9	0.0	0.0
204.77	181.0	962.3	99.2	-526.8	-475.9	759.8	79.1	0.0	0.0
204.67	183.8	972.3	99.2	-574.4	-475.9	767.7	79.1	0.0	0.0
204.67	183.8	972.3	113.9	-574.4	-471.6	767.7	90.3	0.0	0.0
204.57	186.6	983.7	113.9	-621.6	-471.6	776.8	90.3	0.0	0.0
204.57	186.6	983.7	128.9	-621.6	-467.2	776.8	101.7	0.0	0.0
204.47	189.4	996.5	128.9	-668.3	-467.2	786.9	101.7	0.0	0.0
204.47	189.4	996.5	143.9	-668.3	-462.6	786.9	113.1	0.0	0.0
204.37	192.3	1010.9	143.9	-714.6	-462.6	798.2	113.1	0.0	0.0
204.37	192.3	1010.9	159.1	-714.6	-457.9	798.2	124.6	0.0	0.0
204.27	195.1	1026.8	159.1	-760.3	-457.9	810.7	124.6	0.0	0.0
204.27	195.1	1026.8	174.3	-760.3	-453.0	810.7	136.2	0.0	0.0
204.17	197.9	1044.3	174.3	-805.6	-453.0	824.3	136.2	0.0	0.0
204.17	197.9	1044.3	191.5	-805.6	-437.7	824.3	149.4	0.0	0.0
204.07	200.7	1063.4	191.5	-849.4	-437.7	839.3	149.4	0.0	0.0
204.07	200.7	1063.4	208.9	-849.4	-422.3	839.3	162.8	0.0	0.0
203.97	203.6	1084.3	208.9	-891.6	-422.3	855.6	162.8	0.0	0.0
203.97	203.6	1084.3	226.5	-891.6	-406.5	855.6	176.3	0.0	0.0
203.87	206.4	1107.0	226.5	-932.3	-406.5	873.2	176.3	0.0	0.0
203.87	206.4	1107.0	244.3	-932.3	-390.6	873.2	190.0	0.0	0.0
203.77	209.2	1131.4	244.3	-971.3	-390.6	892.2	190.0	0.0	0.0
203.77	209.2	1131.4	262.4	-971.3	-374.4	892.2	203.8	0.0	0.0
203.67	212.1	1157.6	262.4	-1008.8	-374.4	912.6	203.8	0.0	0.0
203.67	212.1	1157.6	-28.8	-1008.8	-958.8	912.6	0.0	0.0	-393.2
203.57	214.9	1106.5	-28.8	-1044.6	-958.8	873.2	0.0	0.0	-393.2
203.57	214.9	1106.5	-27.8	-1044.6	-942.4	873.2	0.0	0.0	-379.1
203.47	217.7	1057.2	-27.8	-1078.7	-942.4	835.3	0.0	0.0	-379.1
203.47	217.7	1057.2	-26.7	-1078.7	-925.6	835.3	0.0	0.0	-364.7
203.37	220.5	1009.8	-26.7	-1111.1	-925.6	798.9	0.0	0.0	-364.7
203.37	220.5	1009.8	-25.7	-1111.1	-908.7	798.9	0.0	0.0	-350.2
203.27	223.4	964.2	-25.7	-1141.8	-908.7	763.8	0.0	0.0	-350.2
203.27	223.4	964.2	-24.7	-1141.8	-891.5	763.8	0.0	0.0	-335.5
203.17	226.2	920.6	-24.7	-1170.8	-891.5	730.3	0.0	0.0	-335.5
203.17	226.2	920.6	-23.7	-1170.8	-874.1	730.3	0.0	0.0	-320.6
203.07	229.0	878.9	-23.7	-1198.0	-874.1	698.2	0.0	0.0	-320.6
203.07	229.0	878.9	-22.8	-1198.0	-856.4	698.2	0.0	0.0	-305.5
202.97	231.8	839.2	-22.8	-1223.5	-856.4	667.7	0.0	0.0	-305.5
202.97	231.8	839.2	-21.8	-1223.5	-838.5	667.7	0.0	0.0	-290.2
202.87	234.7	801.5	-21.8	-1247.4	-838.5	638.7	0.0	0.0	-290.2
202.87	234.7	801.5	-20.9	-1247.4	-820.3	638.7	0.0	0.0	-274.8
202.77	237.5	765.8	-20.9	-1269.5	-820.3	611.2	0.0	0.0	-274.8
202.77	237.5	765.8	-20.0	-1269.5	-802.0	611.2	0.0	0.0	-259.2
202.67	240.3	732.1	-20.0	-1290.0	-802.0	585.3	0.0	0.0	-259.2
202.67	240.3	732.1	-19.1	-1290.0	-783.3	585.3	0.0	0.0	-243.4
202.57	243.2	700.5	-19.1	-1309.0	-783.3	560.9	0.0	0.0	-243.4
202.57	243.2	700.5	-18.2	-1309.0	-764.5	560.9	0.0	0.0	-227.4
202.47	246.0	671.0	-18.2	-1326.3	-764.5	538.2	0.0	0.0	-227.4
202.47	246.0	671.0	-17.3	-1326.3	-745.4	538.2	0.0	0.0	-211.2



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

FASE 1		A1+M1							
		STATICO				SISMA SLV			
z	N	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>
[m]	[kN]	[kNm]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]
202.37	248.8	643.6	-17.3	-1342.2	-745.4	517.1	0.0	0.0	-211.2
202.37	248.8	643.6	-16.5	-1342.2	-726.1	517.1	0.0	0.0	-194.9
202.27	251.6	618.3	-16.5	-1356.5	-726.1	497.6	0.0	0.0	-194.9
202.27	251.6	618.3	-15.6	-1356.5	-706.5	497.6	0.0	0.0	-178.4
202.17	254.5	595.2	-15.6	-1369.4	-706.5	479.7	0.0	0.0	-178.4
202.17	254.5	595.2	-14.8	-1369.4	-686.7	479.7	0.0	0.0	-161.7
202.07	257.3	574.3	-14.8	-1380.8	-686.7	463.6	0.0	0.0	-161.7
202.07	257.3	574.3	-14.0	-1380.8	-666.6	463.6	0.0	0.0	-144.9
201.97	260.1	555.5	-14.0	-1390.8	-666.6	449.1	0.0	0.0	-144.9
201.97	260.1	555.5	-13.3	-1390.8	-646.4	449.1	0.0	0.0	-127.8
201.87	263.0	539.0	-13.3	-1399.4	-646.4	436.3	0.0	0.0	-127.8
201.87	263.0	539.0	-12.5	-1399.4	-625.9	436.3	0.0	0.0	-110.7
201.77	265.8	524.7	-12.5	-1406.7	-625.9	425.2	0.0	0.0	-110.7
201.77	265.8	524.7	-11.7	-1406.7	-605.1	425.2	0.0	0.0	-93.3
201.67	268.6	512.7	-11.7	-1431.1	-605.1	415.9	0.0	0.0	-93.3
201.67	268.6	512.7	-11.0	-1431.1	-584.1	415.9	0.0	0.0	-75.8
201.57	271.4	502.9	-11.0	-1489.5	-584.1	408.3	0.0	0.0	-75.8
201.57	271.4	502.9	-10.3	-1489.5	-562.9	408.3	0.0	0.0	-58.1
201.47	274.3	495.5	-10.3	-1545.8	-562.9	402.5	0.0	0.0	-58.1
201.47	274.3	495.5	-9.6	-1545.8	-541.4	402.5	0.0	0.0	-40.3
201.37	277.1	490.4	-9.6	-1599.9	-541.4	398.5	0.0	0.0	-40.3
201.37	277.1	490.4	10.8	-1599.9	-519.7	398.5	0.0	0.0	-22.3
201.27	279.9	487.7	10.8	-1651.9	-519.7	396.3	0.0	0.0	-22.3
201.27	279.9	487.7	35.7	-1651.9	-497.8	396.3	0.0	0.0	-4.1
201.17	282.7	487.3	35.7	-1701.7	-497.8	395.9	0.0	0.0	-4.1
201.17	282.7	487.3	10.0	-1701.7	-1061.0	395.9	0.0	0.0	-614.8
201.07	285.6	408.0	10.0	-1749.4	-1061.0	334.4	0.0	0.0	-614.8
201.07	285.6	408.0	17.9	-1749.4	-1039.9	334.4	0.0	0.0	-597.6
200.97	288.4	331.0	17.9	-1795.1	-1039.9	274.6	0.0	0.0	-597.6
200.97	288.4	331.0	25.5	-1795.1	-1018.6	274.6	0.0	0.0	-580.4
200.87	291.2	256.2	25.5	-1838.7	-1018.6	216.6	0.0	0.0	-580.4
200.87	291.2	256.2	32.7	-1838.7	-997.1	216.6	0.0	0.0	-562.9
200.77	294.1	183.7	32.7	-1880.2	-997.1	160.3	0.0	0.0	-562.9
200.77	294.1	183.7	39.5	-1880.2	-975.4	160.3	0.0	0.0	-545.4
200.67	296.9	113.6	39.5	-1919.6	-975.4	105.7	0.0	0.0	-545.4
200.67	296.9	113.6	45.9	-1919.6	-953.5	105.7	0.0	0.0	-527.7
200.57	299.7	45.7	45.9	-1956.9	-953.5	53.0	0.0	0.0	-527.7
200.57	299.7	45.7	52.0	-1956.9	-931.5	53.0	0.0	0.0	-509.8
200.47	302.5	-19.9	52.0	-1992.0	-931.5	2.0	0.0	0.0	-509.8
200.47	302.5	-19.9	57.7	-1992.0	-909.2	2.0	0.0	0.0	-491.9
200.37	305.4	-51.7	57.7	-2025.1	-909.2	0.0	0.0	-47.2	-491.9
200.37	305.4	-51.7	63.0	-2025.1	-886.8	0.0	0.0	-47.2	-473.8
200.27	308.2	-52.2	63.0	-2056.2	-886.8	0.0	0.0	-94.6	-473.8
200.27	308.2	-52.2	67.9	-2056.2	-864.2	0.0	0.0	-94.6	-455.6
200.17	311.0	-52.7	67.9	-2085.4	-864.2	0.0	0.0	-140.1	-455.6
200.17	311.0	-52.7	72.4	-2085.4	-841.4	0.0	0.0	-140.1	-437.2
200.07	313.8	-53.1	72.4	-2112.5	-841.4	0.0	0.0	-183.8	-437.2
200.07	313.8	-53.1	76.6	-2112.5	-818.4	0.0	0.0	-183.8	-418.7
199.97	316.7	-53.6	76.6	-2137.6	-818.4	0.0	0.0	-225.7	-418.7
199.97	316.7	-53.6	80.4	-2137.6	-795.2	0.0	0.0	-225.7	-400.1
199.87	319.5	-54.0	80.4	-2161.1	-795.2	0.0	0.0	-265.7	-400.1
199.87	319.5	-54.0	83.8	-2161.1	-771.9	0.0	0.0	-265.7	-381.4
199.77	322.3	-54.4	83.8	-2182.5	-771.9	0.0	0.0	-303.9	-381.4
199.77	322.3	-54.4	86.8	-2182.5	-748.4	0.0	0.0	-303.9	-362.5
199.67	325.2	-54.7	86.8	-2202.4	-748.4	0.0	0.0	-340.1	-362.5
199.67	325.2	-54.7	89.6	-2202.4	-724.7	0.0	0.0	-340.1	-343.5
199.57	328.0	-55.1	89.6	-2220.2	-724.7	0.0	0.0	-374.5	-343.5
199.57	328.0	-55.1	92.2	-2220.2	-700.9	0.0	0.0	-374.5	-324.4
199.47	330.8	-55.4	92.2	-2236.6	-700.9	0.0	0.0	-406.9	-324.4



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

FASE 1		A1+M1							
		STATICO				SISMA SLV			
z	N	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>
[m]	[kN]	[kNm]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]
199.47	330.8	-55.4	94.8	-2236.6	-676.8	0.0	0.0	-406.9	-305.2
199.37	333.6	-55.7	94.8	-2251.2	-676.8	0.0	0.0	-437.4	-305.2
199.37	333.6	-55.7	97.2	-2251.2	-652.6	0.0	0.0	-437.4	-285.9
199.27	336.5	-56.0	97.2	-2263.9	-652.6	0.0	0.0	-466.0	-285.9
199.27	336.5	-56.0	99.6	-2263.9	-628.2	0.0	0.0	-466.0	-266.4
199.17	339.3	-56.3	99.6	-2275.2	-628.2	0.0	0.0	-492.7	-266.4
199.17	339.3	-56.3	101.9	-2275.2	-1164.5	0.0	0.0	-492.7	-909.2
199.07	342.1	-56.5	101.9	-2285.0	-1164.5	0.0	0.0	-583.6	-909.2
199.07	342.1	-56.5	104.1	-2285.0	-1138.8	0.0	0.0	-583.6	-889.5
198.97	344.9	-56.8	104.1	-2293.2	-1138.8	0.0	0.0	-672.5	-889.5
198.97	344.9	-56.8	106.3	-2293.2	-1112.9	0.0	0.0	-672.5	-869.7
198.87	347.8	-57.0	106.3	-2299.8	-1112.9	0.0	0.0	-759.5	-869.7
198.87	347.8	-57.0	108.3	-2299.8	-1086.8	0.0	0.0	-759.5	-849.8
198.77	350.6	-57.2	108.3	-2305.0	-1086.8	0.0	0.0	-844.5	-849.8
198.77	350.6	-57.2	110.3	-2305.0	-1060.6	0.0	0.0	-844.5	-829.8
198.67	353.4	-57.4	110.3	-2328.7	-1060.6	0.0	0.0	-927.5	-829.8
198.67	353.4	-57.4	112.2	-2328.7	-1034.1	0.0	0.0	-927.5	-809.6
198.57	356.3	-57.6	112.2	-2376.6	-1034.1	0.0	0.0	-1008.4	-809.6
198.57	356.3	-57.6	114.1	-2376.6	-1007.5	0.0	0.0	-1008.4	-789.2
198.47	359.1	-57.8	114.1	-2421.9	-1007.5	0.0	0.0	-1087.3	-789.2
198.47	359.1	-57.8	115.8	-2421.9	-980.7	0.0	0.0	-1087.3	-768.8
198.37	361.9	-57.9	115.8	-2464.8	-980.7	0.0	0.0	-1164.2	-768.8
198.37	361.9	-57.9	117.6	-2464.8	-953.7	0.0	0.0	-1164.2	-748.1
198.27	364.7	-58.1	117.6	-2505.2	-953.7	0.0	0.0	-1239.0	-748.1
198.27	364.7	-58.1	119.2	-2505.2	-926.5	0.0	0.0	-1239.0	-727.4
198.17	367.6	-58.2	119.2	-2543.3	-926.5	0.0	0.0	-1311.8	-727.4
198.17	367.6	-58.2	120.8	-2543.3	-899.2	0.0	0.0	-1311.8	-706.5
198.07	370.4	-58.4	120.8	-2578.9	-899.2	0.0	0.0	-1382.4	-706.5
198.07	370.4	-58.4	122.3	-2578.9	-871.6	0.0	0.0	-1382.4	-685.5
197.97	373.2	-58.5	122.3	-2612.4	-871.6	0.0	0.0	-1451.0	-685.5
197.97	373.2	-58.5	123.8	-2612.4	-843.8	0.0	0.0	-1451.0	-664.3
197.87	376.0	-58.6	123.8	-2643.4	-843.8	0.0	0.0	-1517.5	-664.3
197.87	376.0	-58.6	125.2	-2643.4	-815.9	0.0	0.0	-1517.5	-643.0
197.77	378.9	-58.7	125.2	-2672.3	-815.9	0.0	0.0	-1581.7	-643.0
197.77	378.9	-58.7	126.5	-2672.3	-787.8	0.0	0.0	-1581.7	-621.5
197.67	381.7	-58.8	126.5	-2698.9	-787.8	0.0	0.0	-1643.9	-621.5
197.67	381.7	-58.8	127.8	-2698.9	-759.5	0.0	0.0	-1643.9	-599.9
197.57	384.5	-58.9	127.8	-2723.3	-759.5	0.0	0.0	-1703.8	-599.9
197.57	384.5	-58.9	129.1	-2723.3	-731.1	0.0	0.0	-1703.8	-578.2
197.47	387.4	-59.0	129.1	-2745.7	-731.1	0.0	0.0	-1761.6	-578.2
197.47	387.4	-59.0	130.3	-2745.7	-702.4	0.0	0.0	-1761.6	-556.3
197.37	390.2	-59.1	130.3	-2765.9	-702.4	0.0	0.0	-1817.3	-556.3
197.37	390.2	-59.1	131.4	-2765.9	-673.6	0.0	0.0	-1817.3	-534.3
197.27	393.0	-59.2	131.4	-2784.1	-673.6	0.0	0.0	-1870.7	-534.3
197.27	393.0	-59.2	133.0	-2784.1	-644.6	0.0	0.0	-1870.7	-512.2
197.17	395.8	-59.2	133.0	-2800.1	-644.6	0.0	0.0	-1921.9	-512.2
197.17	395.8	-59.2	141.5	-2800.1	-615.4	0.0	0.0	-1921.9	-489.9
197.07	398.7	-59.3	141.5	-2814.3	-615.4	0.0	0.0	-1970.9	-489.9
197.07	398.7	-59.3	149.5	-2814.3	-586.0	0.0	0.0	-1970.9	-467.5
196.97	401.5	-59.3	149.5	-2826.3	-586.0	0.0	0.0	-2017.7	-467.5
196.97	401.5	-59.3	157.2	-2826.3	-556.4	0.0	0.0	-2017.7	-444.9
196.87	404.3	-59.4	157.2	-2836.5	-556.4	0.0	0.0	-2062.2	-444.9
196.87	404.3	-59.4	164.6	-2836.5	-527.0	0.0	0.0	-2062.2	-422.5
196.77	407.2	-59.4	164.6	-2844.8	-527.0	0.0	0.0	-2104.5	-422.5
196.77	407.2	-59.4	171.5	-2844.8	-498.0	0.0	0.0	-2104.5	-400.3
196.67	410.0	-59.5	171.5	-2851.4	-498.0	0.0	0.0	-2144.5	-400.3
196.67	410.0	-59.5	178.1	-2851.4	-469.3	0.0	0.0	-2144.5	-378.5
196.57	412.8	-59.5	178.1	-2855.9	-469.3	0.0	0.0	-2182.3	-378.5
196.57	412.8	-59.5	184.4	-2855.9	-441.0	0.0	0.0	-2182.3	-356.9



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

FASE 1		A1+M1							
		STATICO				SISMA SLV			
z	N	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>
[m]	[kN]	[kNm]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]
196.47	415.6	-59.5	184.4	-2858.9	-441.0	0.0	0.0	-2218.0	-356.9
196.47	415.6	-59.5	190.2	-2858.9	-413.1	0.0	0.0	-2218.0	-335.6
196.37	418.5	-59.6	190.2	-2882.3	-413.1	0.0	0.0	-2251.6	-335.6
196.37	418.5	-59.6	195.7	-2882.3	-385.6	0.0	0.0	-2251.6	-314.7
196.27	421.3	-59.6	195.7	-2920.7	-385.6	0.0	0.0	-2283.0	-314.7
196.27	421.3	-59.6	200.9	-2920.7	-358.5	0.0	0.0	-2283.0	-294.0
196.17	424.1	-59.6	200.9	-2956.6	-358.5	0.0	0.0	-2312.4	-294.0
196.17	424.1	-59.6	205.6	-2956.6	-331.8	0.0	0.0	-2312.4	-273.4
196.07	426.9	-59.6	205.6	-2989.9	-331.8	0.0	0.0	-2339.8	-273.4
196.07	426.9	-59.6	210.0	-2989.9	-305.4	0.0	0.0	-2339.8	-253.0
195.97	429.8	-59.6	210.0	-3020.5	-305.4	0.0	0.0	-2365.0	-253.0
195.97	429.8	-59.6	214.0	-3020.5	-279.5	0.0	0.0	-2365.0	-233.0
195.87	432.6	-59.6	214.0	-3048.3	-279.5	0.0	0.0	-2388.4	-233.0
195.87	432.6	-59.6	217.7	-3048.3	-253.9	0.0	0.0	-2388.4	-213.2
195.77	435.4	-59.6	217.7	-3073.8	-253.9	0.0	0.0	-2409.7	-213.2
195.77	435.4	-59.6	221.4	-3073.8	-228.7	0.0	0.0	-2409.7	-193.6
195.67	438.3	-59.6	221.4	-3096.5	-228.7	0.0	0.0	-2429.0	-193.6
195.67	438.3	-59.6	225.0	-3096.5	-203.9	0.0	0.0	-2429.0	-174.3
195.57	441.1	-59.6	225.0	-3116.9	-203.9	0.0	0.0	-2446.5	-174.3
195.57	441.1	-59.6	228.6	-3116.9	-179.5	0.0	0.0	-2446.5	-155.3
195.47	443.9	-59.5	228.6	-3135.0	-179.5	0.0	0.0	-2462.0	-155.3
195.47	443.9	-59.5	232.1	-3135.0	-155.4	0.0	0.0	-2462.0	-136.5
195.37	446.7	-59.5	232.1	-3150.4	-155.4	0.0	0.0	-2475.6	-136.5
195.37	446.7	-59.5	235.5	-3150.4	-131.8	0.0	0.0	-2475.6	-118.0
195.27	449.6	-59.5	235.5	-3163.7	-131.8	0.0	0.0	-2487.5	-118.0
195.27	449.6	-59.5	238.9	-3163.7	-108.5	0.0	0.0	-2487.5	-99.8
195.17	452.4	-59.4	238.9	-3174.4	-108.5	0.0	0.0	-2497.5	-99.8
195.17	452.4	-59.4	242.3	-3174.4	-85.6	0.0	0.0	-2497.5	-81.8
195.07	455.2	-59.3	242.3	-3183.0	-85.6	0.0	0.0	-2505.6	-81.8
195.07	455.2	-59.3	245.6	-3183.0	-63.1	0.0	0.0	-2505.6	-64.1
194.97	458.0	-59.3	245.6	-3189.4	-63.1	0.0	0.0	-2512.0	-64.1
194.97	458.0	-59.3	248.8	-3189.4	-41.0	0.0	0.0	-2512.0	-46.7
194.87	460.9	-59.2	248.8	-3193.6	-41.0	0.0	0.0	-2516.6	-46.7
194.87	460.9	-59.2	252.1	-3193.6	-19.3	0.0	0.0	-2516.6	-29.5
194.77	463.7	-59.1	252.1	-3195.4	-19.3	0.0	0.0	-2519.6	-29.5
194.77	463.7	-59.1	255.2	-3195.4	1.0	0.0	0.0	-2519.6	-12.6
194.67	466.5	-59.0	255.2	-3195.2	1.0	0.0	0.0	-2520.8	-12.6
194.67	466.5	-59.0	258.3	-3195.2	1.1	0.0	4.1	-2520.8	0.0
194.57	469.4	-58.9	258.3	-3192.8	1.1	0.0	4.1	-2520.4	0.0
194.57	469.4	-58.9	261.5	-3192.8	1.3	0.0	20.5	-2520.4	0.0
194.47	472.2	-58.8	261.5	-3188.6	1.3	0.0	20.5	-2518.5	0.0
194.47	472.2	-58.8	264.5	-3188.6	1.4	0.0	36.6	-2518.5	0.0
194.37	475.0	-58.6	264.5	-3182.1	1.4	0.0	36.6	-2514.8	0.0
194.37	475.0	-58.6	273.3	-3182.1	1.5	0.0	52.5	-2514.8	0.0
194.27	477.8	-58.5	273.3	-3173.7	1.5	0.0	52.5	-2509.5	0.0
194.27	477.8	-58.5	282.9	-3173.7	1.7	0.0	68.1	-2509.5	0.0
194.17	480.7	-58.3	282.9	-3163.3	1.7	0.0	68.1	-2502.8	0.0
194.17	480.7	-58.3	292.1	-3163.3	1.8	0.0	83.5	-2502.8	0.0
194.07	483.5	-58.1	292.1	-3151.1	1.8	0.0	83.5	-2494.4	0.0
194.07	483.5	-58.1	301.0	-3151.1	2.0	0.0	98.5	-2494.4	0.0
193.97	486.3	-57.9	301.0	-3137.0	2.0	0.0	98.5	-2484.6	0.0
193.97	486.3	-57.9	309.6	-3137.0	2.1	0.0	113.4	-2484.6	0.0
193.87	489.1	-57.7	309.6	-3120.9	2.1	0.0	113.4	-2473.2	0.0
193.87	489.1	-57.7	317.8	-3120.9	2.3	0.0	127.9	-2473.2	0.0
193.77	492.0	-57.5	317.8	-3103.1	2.3	0.0	127.9	-2460.4	0.0
193.77	492.0	-57.5	325.6	-3103.1	2.5	0.0	142.2	-2460.4	0.0
193.67	494.8	-57.2	325.6	-3083.4	2.5	0.0	142.2	-2446.2	0.0
193.67	494.8	-57.2	333.0	-3083.4	2.7	0.0	156.2	-2446.2	0.0
193.57	497.6	-57.0	333.0	-3062.2	2.7	0.0	156.2	-2430.5	0.0



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

FASE 1		A1+M1							
		STATICO				SISMA SLV			
z	N	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>
[m]	[kN]	[kNm]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]
193.57	497.6	-57.0	340.1	-3062.2	2.9	0.0	170.0	-2430.5	0.0
193.47	500.5	-56.7	340.1	-3039.0	2.9	0.0	170.0	-2413.6	0.0
193.47	500.5	-56.7	346.9	-3039.0	3.1	0.0	183.5	-2413.6	0.0
193.37	503.3	-56.3	346.9	-3014.3	3.1	0.0	183.5	-2395.1	0.0
193.37	503.3	-56.3	353.3	-3014.3	3.4	0.0	196.8	-2395.1	0.0
193.27	506.1	-56.0	353.3	-2987.9	3.4	0.0	196.8	-2375.5	0.0
193.27	506.1	-56.0	359.4	-2987.9	3.6	0.0	209.7	-2375.5	0.0
193.17	508.9	-55.7	359.4	-2959.9	3.6	0.0	209.7	-2354.5	0.0
193.17	508.9	-55.7	365.5	-2959.9	3.9	0.0	222.5	-2354.5	0.0
193.07	511.8	-55.3	365.5	-2930.2	3.9	0.0	222.5	-2332.3	0.0
193.07	511.8	-55.3	371.6	-2930.2	4.1	0.0	234.9	-2332.3	0.0
192.97	514.6	-54.9	371.6	-2899.1	4.1	0.0	234.9	-2308.7	0.0
192.97	514.6	-54.9	377.7	-2899.1	4.4	0.0	247.1	-2308.7	0.0
192.87	517.4	-54.4	377.7	-2866.5	4.4	0.0	247.1	-2284.1	0.0
192.87	517.4	-54.4	383.8	-2866.5	4.7	0.0	259.0	-2284.1	0.0
192.77	520.2	-53.9	383.8	-2832.3	4.7	0.0	259.0	-2258.2	0.0
192.77	520.2	-53.9	389.8	-2832.3	5.0	0.0	270.7	-2258.2	0.0
192.67	523.1	-53.4	389.8	-2796.8	5.0	0.0	270.7	-2231.2	0.0
192.67	523.1	-53.4	395.9	-2796.8	5.3	0.0	282.1	-2231.2	0.0
192.57	525.9	-52.9	395.9	-2759.8	5.3	0.0	282.1	-2202.9	0.0
192.57	525.9	-52.9	401.9	-2759.8	5.6	0.0	293.3	-2202.9	0.0
192.47	528.7	-52.4	401.9	-2721.4	5.6	0.0	293.3	-2173.6	0.0
192.47	528.7	-52.4	408.0	-2721.4	5.9	0.0	304.1	-2173.6	0.0
192.37	531.6	-51.8	408.0	-2682.0	5.9	0.0	304.1	-2143.1	0.0
192.37	531.6	-51.8	414.0	-2682.0	6.3	0.0	314.7	-2143.1	0.0
192.27	534.4	-51.1	414.0	-2641.0	6.3	0.0	314.7	-2111.6	0.0
192.27	534.4	-51.1	422.1	-2641.0	6.7	0.0	325.1	-2111.6	0.0
192.17	537.2	-50.5	422.1	-2598.8	6.7	0.0	325.1	-2079.1	0.0
192.17	537.2	-50.5	434.4	-2598.8	7.0	0.0	335.2	-2079.1	0.0
192.07	540.0	-49.8	434.4	-2555.3	7.0	0.0	335.2	-2045.7	0.0
192.07	540.0	-49.8	446.3	-2555.3	7.4	0.0	345.0	-2045.7	0.0
191.97	542.9	-49.0	446.3	-2510.7	7.4	0.0	345.0	-2011.1	0.0
191.97	542.9	-49.0	457.9	-2510.7	7.8	0.0	354.6	-2011.1	0.0
191.87	545.7	-48.2	457.9	-2464.8	7.8	0.0	354.6	-1975.7	0.0
191.87	545.7	-48.2	469.1	-2464.8	8.3	0.0	363.9	-1975.7	0.0
191.77	548.5	-47.4	469.1	-2417.9	8.3	0.0	363.9	-1939.3	0.0
191.77	548.5	-47.4	480.0	-2417.9	8.7	0.0	372.9	-1939.3	0.0
191.67	551.3	-46.5	480.0	-2370.0	8.7	0.0	372.9	-1902.0	0.0
191.67	551.3	-46.5	490.5	-2370.0	9.2	0.0	381.7	-1902.0	0.0
191.57	554.2	-45.6	490.5	-2320.9	9.2	0.0	381.7	-1863.8	0.0
191.57	554.2	-45.6	500.7	-2320.9	9.6	0.0	390.2	-1863.8	0.0
191.47	557.0	-44.7	500.7	-2270.8	9.6	0.0	390.2	-1824.8	0.0
191.47	557.0	-44.7	510.5	-2270.8	10.1	0.0	398.5	-1824.8	0.0
191.37	559.8	-43.6	510.5	-2219.7	10.1	0.0	398.5	-1785.0	0.0
191.37	559.8	-43.6	520.0	-2219.7	10.6	0.0	406.5	-1785.0	0.0
191.27	562.7	-42.6	520.0	-2167.8	10.6	0.0	406.5	-1744.3	0.0
191.27	562.7	-42.6	529.5	-2167.8	11.2	0.0	414.1	-1744.3	0.0
191.17	565.5	-41.5	529.5	-2114.8	11.2	0.0	414.1	-1703.0	0.0
191.17	565.5	-41.5	538.9	-2114.8	11.7	0.0	421.7	-1703.0	0.0
191.07	568.3	-40.3	538.9	-2061.0	11.7	0.0	421.7	-1660.7	0.0
191.07	568.3	-40.3	548.4	-2061.0	12.2	0.0	429.3	-1660.7	0.0
190.97	571.1	-39.1	548.4	-2005.5	12.2	0.0	429.3	-1617.4	0.0
190.97	571.1	-39.1	557.8	-2005.5	12.8	0.0	436.9	-1617.4	0.0
190.87	574.0	-37.8	557.8	-1949.8	12.8	0.0	436.9	-1573.7	0.0
190.87	574.0	-37.8	567.3	-1949.8	13.4	0.0	444.5	-1573.7	0.0
190.77	576.8	-36.4	567.3	-1893.0	13.4	0.0	444.5	-1529.2	0.0
190.77	576.8	-36.4	576.7	-1893.0	14.0	0.0	452.1	-1529.2	0.0
190.67	579.6	-35.0	576.7	-1835.3	14.0	0.0	452.1	-1484.0	0.0
190.67	579.6	-35.0	586.1	-1835.3	14.6	0.0	459.8	-1484.0	0.0





**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

FASE 1		A1+M1							
		STATICO				SISMA SLV			
z	N	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>
[m]	[kN]	[kNm]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]
190.57	582.5	-29.1	586.1	-1776.7	14.6	0.0	459.8	-1438.1	0.0
190.57	582.5	-29.1	595.6	-1776.7	15.3	0.0	467.4	-1438.1	0.0
190.47	585.3	-10.2	595.6	-1717.2	15.3	0.0	467.4	-1391.3	0.0
190.47	585.3	-10.2	605.0	-1717.2	16.0	0.0	475.0	-1391.3	0.0
190.37	588.1	8.9	605.0	-1656.7	16.0	0.0	475.0	-1343.8	0.0
190.37	588.1	8.9	614.5	-1656.7	16.6	0.0	482.7	-1343.8	0.0
190.27	590.9	28.3	614.5	-1595.2	16.6	0.0	482.7	-1295.5	0.0
190.27	590.9	28.3	624.0	-1595.2	17.3	0.0	490.3	-1295.5	0.0
190.17	593.8	48.1	624.0	-1532.8	17.3	0.0	490.3	-1246.5	0.0
190.17	593.8	48.1	633.4	-1532.8	18.1	0.0	498.0	-1246.5	0.0
190.07	596.6	68.1	633.4	-1469.5	18.1	0.0	498.0	-1196.7	0.0
190.07	596.6	68.1	642.9	-1469.5	18.8	0.0	505.6	-1196.7	0.0
189.97	599.4	88.5	642.9	-1405.2	18.8	0.0	505.6	-1146.2	0.0
189.97	599.4	88.5	652.4	-1405.2	19.6	0.0	513.3	-1146.2	0.0
189.87	602.2	109.3	652.4	-1339.9	19.6	0.0	513.3	-1094.8	0.0
189.87	602.2	109.3	661.9	-1339.9	20.3	0.0	521.0	-1094.8	0.0
189.77	605.1	130.4	661.9	-1273.7	20.3	0.0	521.0	-1042.7	0.0
189.77	605.1	130.4	671.4	-1273.7	21.1	0.0	528.7	-1042.7	0.0
189.67	607.9	152.0	671.4	-1206.6	21.1	0.0	528.7	-989.9	0.0
189.67	607.9	152.0	681.0	-1206.6	21.9	0.0	536.4	-989.9	0.0
189.57	610.7	173.9	681.0	-1138.5	21.9	0.0	536.4	-936.2	0.0
189.57	610.7	173.9	690.5	-1138.5	22.8	0.0	544.2	-936.2	0.0
189.47	613.6	196.3	690.5	-1069.5	22.8	0.0	544.2	-881.8	0.0
189.47	613.6	196.3	700.1	-1069.5	23.6	0.0	551.9	-881.8	0.0
189.37	616.4	219.1	700.1	-999.5	23.6	0.0	551.9	-826.6	0.0
189.37	616.4	219.1	709.7	-999.5	24.5	0.0	559.7	-826.6	0.0
189.27	619.2	242.4	709.7	-928.5	24.5	0.0	559.7	-770.6	0.0
189.27	619.2	242.4	719.3	-928.5	25.4	0.0	567.5	-770.6	0.0
189.17	622.0	266.1	719.3	-856.5	25.4	0.0	567.5	-713.9	0.0
189.17	622.0	266.1	729.0	-856.5	26.3	0.0	575.3	-713.9	0.0
189.07	624.9	290.4	729.0	-783.7	26.3	0.0	575.3	-656.3	0.0
189.07	624.9	290.4	738.6	-783.7	27.3	0.0	583.2	-656.3	0.0
188.97	627.7	315.1	738.6	-709.8	27.3	0.0	583.2	-598.0	0.0
188.97	627.7	315.1	748.3	-709.8	28.2	0.0	591.0	-598.0	0.0
188.87	630.5	340.4	748.3	-635.0	28.2	0.0	591.0	-538.9	0.0
188.87	630.5	340.4	758.0	-635.0	29.2	0.0	598.9	-538.9	0.0
188.77	633.3	373.3	758.0	-559.2	29.2	0.0	598.9	-479.0	0.0
188.77	633.3	373.3	767.8	-559.2	30.2	0.0	606.8	-479.0	0.0
188.67	636.2	420.4	767.8	-482.4	30.2	0.0	606.8	-418.3	0.0
188.67	636.2	420.4	777.5	-482.4	31.2	0.0	614.8	-418.3	0.0
188.57	639.0	468.0	777.5	-404.6	31.2	0.0	614.8	-356.9	0.0
188.57	639.0	468.0	787.3	-404.6	32.2	0.0	622.7	-356.9	0.0
188.47	641.8	516.4	787.3	-325.9	32.2	0.0	622.7	-294.6	0.0
188.47	641.8	516.4	797.2	-325.9	33.3	0.0	630.7	-294.6	0.0
188.37	644.7	565.4	797.2	-246.2	33.3	0.0	630.7	-231.5	0.0
188.37	644.7	565.4	807.4	-246.2	34.4	0.0	638.7	-231.5	0.0
188.27	647.5	615.2	807.4	-165.4	34.4	0.0	638.7	-167.7	0.0
188.27	647.5	615.2	817.8	-165.4	35.5	0.0	646.7	-167.7	0.0
188.17	650.3	665.7	817.8	-83.7	35.5	0.0	646.7	-103.0	0.0
188.17	650.3	665.7	828.4	-83.7	36.6	0.0	654.8	-103.0	0.0
188.07	653.1	716.9	828.4	-0.8	36.6	0.0	654.8	-37.5	0.0
188.07	653.1	716.9	839.3	-0.8	37.7	0.0	662.8	-37.5	0.0
187.97	656.0	769.0	839.3	32.8	37.7	28.8	662.8	0.0	0.0
187.97	656.0	769.0	850.3	32.8	38.9	28.8	671.0	0.0	0.0
187.87	658.8	821.8	850.3	36.7	38.9	95.9	671.0	0.0	0.0
187.87	658.8	821.8	861.7	36.7	40.0	95.9	679.4	0.0	0.0
187.77	661.6	875.4	861.7	40.7	40.0	163.8	679.4	0.0	0.0
187.77	661.6	875.4	873.2	40.7	41.2	163.8	688.0	0.0	0.0
187.67	664.4	929.9	873.2	44.8	41.2	232.6	688.0	0.0	0.0



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

FASE 1		A1+M1							
		STATICO				SISMA SLV			
z	N	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>
[m]	[kN]	[kNm]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]
187.67	664.4	929.9	834.1	44.8	37.7	232.6	657.6	0.0	0.0
187.57	667.3	980.9	834.1	48.6	37.7	298.4	657.6	0.0	0.0
187.57	667.3	980.9	795.5	48.6	34.3	298.4	627.6	0.0	0.0
187.47	670.1	1028.5	795.5	52.0	34.3	361.1	627.6	0.0	0.0
187.47	670.1	1028.5	757.6	52.0	31.0	361.1	598.0	0.0	0.0
187.37	672.9	1072.8	757.6	55.1	31.0	420.9	598.0	0.0	0.0
187.37	672.9	1072.8	720.2	55.1	27.9	420.9	569.0	0.0	0.0
187.27	675.8	1113.7	720.2	57.9	27.9	477.8	569.0	0.0	0.0
187.27	675.8	1113.7	683.4	57.9	24.9	477.8	540.3	0.0	0.0
187.17	678.6	1151.4	683.4	60.4	24.9	531.9	540.3	0.0	0.0
187.17	678.6	1151.4	647.1	60.4	22.0	531.9	512.2	0.0	0.0
187.07	681.4	1185.8	647.1	62.6	22.0	583.1	512.2	0.0	0.0
187.07	681.4	1185.8	611.4	62.6	19.3	583.1	484.5	0.0	0.0
186.97	684.2	1217.1	611.4	64.5	19.3	631.5	484.5	0.0	0.0
186.97	684.2	1217.1	576.3	64.5	16.7	631.5	457.2	0.0	0.0
186.87	687.1	1245.3	576.3	66.2	16.7	677.3	457.2	0.0	0.0
186.87	687.1	1245.3	541.7	66.2	14.3	677.3	430.3	0.0	0.0
186.77	689.9	1270.3	541.7	67.6	14.3	720.3	430.3	0.0	0.0
186.77	689.9	1270.3	507.7	67.6	11.9	720.3	403.9	0.0	0.0
186.67	692.7	1292.3	507.7	68.8	11.9	760.7	403.9	0.0	0.0
186.67	692.7	1292.3	474.2	68.8	9.7	760.7	377.9	0.0	0.0
186.57	695.5	1319.3	474.2	69.8	9.7	798.5	377.9	0.0	0.0
186.57	695.5	1319.3	441.2	69.8	7.6	798.5	352.4	0.0	0.0
186.47	698.4	1350.4	441.2	70.5	7.6	833.7	352.4	0.0	0.0
186.47	698.4	1350.4	408.8	70.5	5.6	833.7	327.2	0.0	0.0
186.37	701.2	1378.5	408.8	71.1	5.6	866.4	327.2	0.0	0.0
186.37	701.2	1378.5	376.8	71.1	3.7	866.4	302.5	0.0	0.0
186.27	704.0	1403.4	376.8	71.4	3.7	896.7	302.5	0.0	0.0
186.27	704.0	1403.4	345.3	71.4	-6.0	896.7	278.1	0.0	0.0
186.17	706.9	1425.3	345.3	71.6	-6.0	924.5	278.1	0.0	0.0
186.17	706.9	1425.3	314.4	71.6	-21.1	924.5	254.1	0.0	0.0
186.07	709.7	1444.2	314.4	71.7	-21.1	949.9	254.1	0.0	0.0
186.07	709.7	1444.2	283.9	71.7	-35.3	949.9	230.6	0.0	0.0
185.97	712.5	1460.1	283.9	71.5	-35.3	973.0	230.6	0.0	0.0
185.97	712.5	1460.1	253.9	71.5	-48.9	973.0	207.4	0.0	0.0
185.87	715.3	1473.1	253.9	71.3	-48.9	993.7	207.4	0.0	0.0
185.87	715.3	1473.1	224.4	71.3	-61.6	993.7	184.5	0.0	0.0
185.77	718.2	1483.3	224.4	70.8	-61.6	1012.1	184.5	0.0	0.0
185.77	718.2	1483.3	195.3	70.8	-73.7	1012.1	162.1	0.0	0.0
185.67	721.0	1490.7	195.3	70.3	-73.7	1028.4	162.1	0.0	0.0
185.67	721.0	1490.7	166.6	70.3	-85.1	1028.4	140.0	0.0	0.0
185.57	723.8	1495.2	166.6	69.6	-85.1	1042.4	140.0	0.0	0.0
185.57	723.8	1495.2	138.4	69.6	-95.8	1042.4	118.2	0.0	0.0
185.47	726.7	1497.0	138.4	68.9	-95.8	1054.2	118.2	0.0	0.0
185.47	726.7	1497.0	110.7	68.9	-105.8	1054.2	96.8	0.0	0.0
185.37	729.5	1496.1	110.7	68.0	-105.8	1063.9	96.8	0.0	0.0
185.37	729.5	1496.1	83.3	68.0	-123.3	1063.9	75.7	0.0	0.0
185.27	732.3	1492.6	83.3	67.0	-123.3	1071.4	75.7	0.0	0.0
185.27	732.3	1492.6	56.4	67.0	-140.0	1071.4	55.0	0.0	0.0
185.17	735.1	1486.5	56.4	66.0	-140.0	1076.9	55.0	0.0	0.0
185.17	735.1	1486.5	29.8	66.0	-155.8	1076.9	34.6	0.0	0.0
185.07	738.0	1478.1	29.8	64.9	-155.8	1080.4	34.6	0.0	0.0
185.07	738.0	1478.1	3.7	64.9	-170.7	1080.4	14.5	0.0	0.0
184.97	740.8	1467.3	3.7	63.6	-170.7	1081.8	14.5	0.0	0.0
184.97	740.8	1467.3	-12.7	63.6	-184.6	1081.8	0.0	0.0	-5.4
184.87	743.6	1454.4	-12.7	62.4	-184.6	1081.3	0.0	0.0	-5.4
184.87	743.6	1454.4	-13.3	62.4	-197.7	1081.3	0.0	0.0	-24.9
184.77	746.4	1439.5	-13.3	61.1	-197.7	1078.8	0.0	0.0	-24.9
184.77	746.4	1439.5	-13.8	61.1	-210.0	1078.8	0.0	0.0	-44.1



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

FASE 1		A1+M1							
		STATICO				SISMA SLV			
z	N	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>
[m]	[kN]	[kNm]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]
184.67	749.3	1422.6	-13.8	59.7	-210.0	1074.4	0.0	0.0	-44.1
184.67	749.3	1422.6	-14.3	59.7	-221.5	1074.4	0.0	0.0	-63.0
184.57	752.1	1403.9	-14.3	58.2	-221.5	1068.1	0.0	0.0	-63.0
184.57	752.1	1403.9	-14.7	58.2	-232.1	1068.1	0.0	0.0	-81.7
184.47	754.9	1383.4	-14.7	56.8	-232.1	1059.9	0.0	0.0	-81.7
184.47	754.9	1383.4	-15.0	56.8	-242.0	1059.9	0.0	0.0	-99.4
184.37	757.8	1361.3	-15.0	55.3	-242.0	1050.0	0.0	0.0	-99.4
184.37	757.8	1361.3	-15.3	55.3	-251.1	1050.0	0.0	0.0	-116.2
184.27	760.6	1337.8	-15.3	53.7	-251.1	1038.4	0.0	0.0	-116.2
184.27	760.6	1337.8	-15.6	53.7	-259.6	1038.4	0.0	0.0	-132.1
184.17	763.4	1315.5	-15.6	52.2	-259.6	1025.2	0.0	0.0	-132.1
184.17	763.4	1315.5	-15.8	52.2	-267.3	1025.2	0.0	0.0	-147.1
184.07	766.2	1295.5	-15.8	50.6	-267.3	1010.5	0.0	0.0	-147.1
184.07	766.2	1295.5	-16.0	50.6	-275.9	1010.5	0.0	0.0	-161.3
183.97	769.1	1273.8	-16.0	49.0	-275.9	994.3	0.0	0.0	-161.3
183.97	769.1	1273.8	-16.1	49.0	-287.4	994.3	0.0	0.0	-174.6
183.87	771.9	1250.4	-16.1	47.4	-287.4	976.9	0.0	0.0	-174.6
183.87	771.9	1250.4	-16.2	47.4	-298.0	976.9	0.0	0.0	-187.1
183.77	774.7	1225.6	-16.2	45.8	-298.0	958.2	0.0	0.0	-187.1
183.77	774.7	1225.6	-16.2	45.8	-307.7	958.2	0.0	0.0	-198.8
183.67	777.5	1199.3	-16.2	44.1	-307.7	938.3	0.0	0.0	-198.8
183.67	777.5	1199.3	-16.2	44.1	-316.6	938.3	0.0	0.0	-209.7
183.57	780.4	1171.6	-16.2	42.5	-316.6	917.3	0.0	0.0	-209.7
183.57	780.4	1171.6	-16.2	42.5	-324.7	917.3	0.0	0.0	-219.8
183.47	783.2	1142.8	-16.2	40.9	-324.7	895.3	0.0	0.0	-219.8
183.47	783.2	1142.8	-16.1	40.9	-332.0	895.3	0.0	0.0	-229.1
183.37	786.0	1112.8	-16.1	39.3	-332.0	872.4	0.0	0.0	-229.1
183.37	786.0	1112.8	-16.1	39.3	-338.4	872.4	0.0	0.0	-237.7
183.27	788.9	1081.8	-16.1	37.7	-338.4	848.7	0.0	0.0	-237.7
183.27	788.9	1081.8	-15.9	37.7	-343.9	848.7	0.0	0.0	-245.6
183.17	791.7	1049.9	-15.9	36.1	-343.9	824.1	0.0	0.0	-245.6
183.17	791.7	1049.9	-15.8	36.1	-348.5	824.1	0.0	0.0	-252.8
183.07	794.5	1017.1	-15.8	34.5	-348.5	798.8	0.0	0.0	-252.8
183.07	794.5	1017.1	-15.6	34.5	-352.2	798.8	0.0	0.0	-259.3
182.97	797.3	983.5	-15.6	32.9	-352.2	772.9	0.0	0.0	-259.3
182.97	797.3	983.5	-15.4	32.9	-355.2	772.9	0.0	0.0	-265.0
182.87	800.2	949.3	-15.4	31.4	-355.2	746.4	0.0	0.0	-265.0
182.87	800.2	949.3	-15.2	31.4	-357.3	746.4	0.0	0.0	-269.9
182.77	803.0	914.5	-15.2	29.9	-357.3	719.4	0.0	0.0	-269.9
182.77	803.0	914.5	-15.0	29.9	-358.6	719.4	0.0	0.0	-274.0
182.67	805.8	879.2	-15.0	28.4	-358.6	692.0	0.0	0.0	-274.0
182.67	805.8	879.2	-14.7	28.4	-359.2	692.0	0.0	0.0	-277.4
182.57	808.6	843.5	-14.7	26.9	-359.2	664.3	0.0	0.0	-277.4
182.57	808.6	843.5	-14.5	26.9	-359.3	664.3	0.0	0.0	-280.0
182.47	811.5	807.6	-14.5	25.5	-359.3	636.3	0.0	0.0	-280.0
182.47	811.5	807.6	-14.2	25.5	-361.2	636.3	0.0	0.0	-281.8
182.37	814.3	771.5	-14.2	24.0	-361.2	608.1	0.0	0.0	-281.8
182.37	814.3	771.5	-13.9	24.0	-362.2	608.1	0.0	0.0	-283.0
182.27	817.1	735.3	-13.9	22.7	-362.2	579.8	0.0	0.0	-283.0
182.27	817.1	735.3	-13.5	22.7	-362.3	579.8	0.0	0.0	-283.4
182.17	820.0	699.0	-13.5	21.3	-362.3	551.4	0.0	0.0	-283.4
182.17	820.0	699.0	-13.2	21.3	-361.5	551.4	0.0	0.0	-283.1
182.07	822.8	662.9	-13.2	20.0	-361.5	523.1	0.0	0.0	-283.1
182.07	822.8	662.9	-12.9	20.0	-359.9	523.1	0.0	0.0	-282.1
181.97	825.6	626.9	-12.9	18.7	-359.9	494.9	0.0	0.0	-282.1
181.97	825.6	626.9	-12.5	18.7	-357.4	494.9	0.0	0.0	-280.4
181.87	828.4	591.2	-12.5	17.4	-357.4	466.9	0.0	0.0	-280.4
181.87	828.4	591.2	-12.1	17.4	-354.0	466.9	0.0	0.0	-278.1
181.77	831.3	555.8	-12.1	16.2	-354.0	439.1	0.0	0.0	-278.1



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

FASE 1		A1+M1							
		STATICO				SISMA SLV			
z	N	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>
[m]	[kN]	[kNm]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]
181.77	831.3	555.8	-11.8	16.2	-349.9	439.1	0.0	0.0	-275.1
181.67	834.1	520.8	-11.8	15.1	-349.9	411.6	0.0	0.0	-275.1
181.67	834.1	520.8	-11.4	15.1	-344.9	411.6	0.0	0.0	-271.4
181.57	836.9	486.3	-11.4	13.9	-344.9	384.4	0.0	0.0	-271.4
181.57	836.9	486.3	-11.0	13.9	-339.2	384.4	0.0	0.0	-267.1
181.47	839.7	452.3	-11.0	12.8	-339.2	357.7	0.0	0.0	-267.1
181.47	839.7	452.3	-10.6	12.8	-332.6	357.7	0.0	0.0	-262.1
181.37	842.6	419.1	-10.6	11.8	-332.6	331.5	0.0	0.0	-262.1
181.37	842.6	419.1	-10.1	11.8	-325.3	331.5	0.0	0.0	-256.5
181.27	845.4	386.5	-10.1	10.8	-325.3	305.9	0.0	0.0	-256.5
181.27	845.4	386.5	-9.7	10.8	-317.2	305.9	0.0	0.0	-250.2
181.17	848.2	354.8	-9.7	9.8	-317.2	280.8	0.0	0.0	-250.2
181.17	848.2	354.8	-9.3	9.8	-308.3	280.8	0.0	0.0	-243.3
181.07	851.1	324.0	-9.3	8.9	-308.3	256.5	0.0	0.0	-243.3
181.07	851.1	324.0	-8.9	8.9	-298.6	256.5	0.0	0.0	-235.9
180.97	853.9	294.1	-8.9	8.0	-298.6	232.9	0.0	0.0	-235.9
180.97	853.9	294.1	-8.4	8.0	-288.2	232.9	0.0	0.0	-227.8
180.87	856.7	265.3	-8.4	7.1	-288.2	210.1	0.0	0.0	-227.8
180.87	856.7	265.3	-8.0	7.1	-277.1	210.1	0.0	0.0	-219.0
180.77	859.5	237.6	-8.0	6.3	-277.1	188.2	0.0	0.0	-219.0
180.77	859.5	237.6	-7.5	6.3	-265.2	188.2	0.0	0.0	-209.7
180.67	862.4	211.1	-7.5	5.6	-265.2	167.3	0.0	0.0	-209.7
180.67	862.4	211.1	-7.1	5.6	-252.5	167.3	0.0	0.0	-199.8
180.57	865.2	185.8	-7.1	4.9	-252.5	147.3	0.0	0.0	-199.8
180.57	865.2	185.8	-6.6	4.9	-239.2	147.3	0.0	0.0	-189.3
180.47	868.0	161.9	-6.6	4.2	-239.2	128.4	0.0	0.0	-189.3
180.47	868.0	161.9	-6.1	4.2	-225.2	128.4	0.0	0.0	-178.3
180.37	870.8	139.4	-6.1	3.6	-225.2	110.5	0.0	0.0	-178.3
180.37	870.8	139.4	-5.7	3.6	-210.6	110.5	0.0	0.0	-166.8
180.27	873.7	118.3	-5.7	3.0	-210.6	93.9	0.0	0.0	-166.8
180.27	873.7	118.3	-5.2	3.0	-195.4	93.9	0.0	0.0	-154.7
180.17	876.5	98.8	-5.2	2.5	-195.4	78.4	0.0	0.0	-154.7
180.17	876.5	98.8	-4.7	2.5	-179.6	78.4	0.0	0.0	-142.3
180.07	879.3	80.8	-4.7	2.0	-179.6	64.1	0.0	0.0	-142.3
180.07	879.3	80.8	-4.2	2.0	-163.3	64.1	0.0	0.0	-129.4
179.97	882.2	64.5	-4.2	1.6	-163.3	51.2	0.0	0.0	-129.4
179.97	882.2	64.5	-3.8	1.6	-146.3	51.2	0.0	0.0	-116.0
179.87	885.0	49.9	-3.8	1.2	-146.3	39.6	0.0	0.0	-116.0
179.87	885.0	49.9	-3.3	1.2	-128.7	39.6	0.0	0.0	-102.1
179.77	887.8	37.0	-3.3	0.9	-128.7	29.4	0.0	0.0	-102.1
179.77	887.8	37.0	-2.8	0.9	-110.6	29.4	0.0	0.0	-87.8
179.67	890.6	26.0	-2.8	0.6	-110.6	20.6	0.0	0.0	-87.8
179.67	890.6	26.0	-2.3	0.6	-91.8	20.6	0.0	0.0	-72.9
179.57	893.5	16.8	-2.3	0.4	-91.8	13.3	0.0	0.0	-72.9
179.57	893.5	16.8	-1.8	0.4	-72.5	13.3	0.0	0.0	-57.6
179.47	896.3	9.5	-1.8	0.2	-72.5	7.6	0.0	0.0	-57.6
179.47	896.3	9.5	-1.3	0.2	-52.5	7.6	0.0	0.0	-41.7
179.37	899.1	4.3	-1.3	0.1	-52.5	3.4	0.0	0.0	-41.7
179.37	899.1	4.3	-0.8	0.1	-32.0	3.4	0.0	0.0	-25.4
179.27	902.0	1.1	-0.8	0.0	-32.0	0.9	0.0	0.0	-25.4
179.27	902.0	1.1	-0.3	0.0	-10.9	0.9	0.0	0.0	-8.6
179.17	904.8	0.0	-0.3	0.0	-10.9	0.0	0.0	0.0	-8.6



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

FASE 2		A1+M1							
		STATICO				SISMA SLV			
z	N	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>
[m]	[kN]	[kNm]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]
198.19	0.0	0.0	0.7	0.0	0.7	0.0	0.5	0.0	0.5
198.09	2.8	0.1	0.7	0.1	0.7	0.1	0.5	0.1	0.5
198.09	2.8	0.1	2.2	0.1	1.6	0.1	1.8	0.1	1.8
197.99	5.7	0.3	2.2	0.2	1.6	0.2	1.8	0.2	1.8
197.99	5.7	0.3	4.0	0.2	2.2	0.2	3.1	0.2	3.1
197.89	8.5	0.7	4.0	0.4	2.2	0.5	3.1	0.5	3.1
197.89	8.5	0.7	6.0	0.4	2.4	0.5	4.7	0.5	4.7
197.79	11.3	1.3	6.0	0.7	2.4	1.0	4.7	1.0	4.7
197.79	11.3	1.3	8.3	0.7	2.6	1.0	6.4	1.0	6.4
197.69	14.1	2.1	8.3	0.9	2.6	1.7	6.4	1.7	6.4
197.69	14.1	2.1	10.8	0.9	2.8	1.7	8.3	1.7	8.3
197.59	17.0	3.2	10.8	1.2	2.8	2.5	8.3	2.5	8.3
197.59	17.0	3.2	13.5	1.2	2.9	2.5	10.4	2.5	10.4
197.49	19.8	4.5	13.5	1.5	2.9	3.5	10.4	3.5	10.4
197.49	19.8	4.5	16.4	1.5	3.0	3.5	12.6	3.5	12.6
197.39	22.6	6.2	16.4	1.8	3.0	4.8	12.6	4.8	12.6
197.39	22.6	6.2	19.6	1.8	3.2	4.8	15.0	4.8	15.0
197.29	25.4	8.1	19.6	2.1	3.2	6.3	15.0	6.3	15.0
197.29	25.4	8.1	23.0	2.1	3.3	6.3	17.6	6.3	17.6
197.19	28.3	10.4	23.0	2.5	3.3	8.1	17.6	8.1	17.6
197.19	28.3	10.4	26.7	2.5	3.3	8.1	20.4	8.1	20.4
197.09	31.1	13.1	26.7	2.8	3.3	10.1	20.4	10.1	20.4
197.09	31.1	13.1	30.5	2.8	3.4	10.1	23.3	10.1	23.3
196.99	33.9	16.2	30.5	3.1	3.4	12.4	23.3	12.4	23.3
196.99	33.9	16.2	34.6	3.1	3.4	12.4	26.4	12.4	26.4
196.89	36.8	19.6	34.6	3.5	3.4	15.1	26.4	15.1	26.4
196.89	36.8	19.6	39.0	3.5	3.4	15.1	29.6	15.1	29.6
196.79	39.6	23.5	39.0	3.8	3.4	18.0	29.6	18.0	29.6
196.79	39.6	23.5	43.5	3.8	3.4	18.0	33.0	18.0	33.0
196.69	42.4	27.9	43.5	4.2	3.4	21.3	33.0	21.3	33.0
196.69	42.4	27.9	48.3	4.2	3.4	21.3	36.6	21.3	36.6
196.59	45.2	32.7	48.3	4.5	3.4	25.0	36.6	25.0	36.6
196.59	45.2	32.7	53.4	4.5	3.4	25.0	40.4	25.0	40.4
196.49	48.1	38.1	53.4	4.8	3.4	29.0	40.4	29.0	40.4
196.49	48.1	38.1	58.6	4.8	3.3	29.0	44.3	29.0	44.3
196.39	50.9	43.9	58.6	5.2	3.3	33.4	44.3	33.4	44.3
196.39	50.9	43.9	64.1	5.2	3.2	33.4	48.4	33.4	48.4
196.29	53.7	50.3	64.1	5.5	3.2	38.3	48.4	38.3	48.4
196.29	53.7	50.3	69.9	5.5	3.1	38.3	52.6	38.3	52.6
196.19	56.5	57.3	69.9	5.8	3.1	43.5	52.6	43.5	52.6
196.19	56.5	57.3	75.8	5.8	3.0	43.5	57.1	43.5	57.1
196.09	59.4	64.9	75.8	6.1	3.0	49.3	57.1	49.3	57.1
196.09	59.4	64.9	82.0	6.1	2.9	49.3	61.7	49.3	61.7
195.99	62.2	73.1	82.0	6.4	2.9	55.4	61.7	55.4	61.7
195.99	62.2	73.1	88.4	6.4	2.7	55.4	66.4	55.4	66.4
195.89	65.0	81.9	88.4	6.7	2.7	62.1	66.4	62.1	66.4
195.89	65.0	81.9	95.1	6.7	2.5	62.1	71.4	62.1	71.4
195.79	67.9	91.4	95.1	6.9	2.5	69.2	71.4	69.2	71.4
195.79	67.9	91.4	102.0	6.9	2.3	69.2	76.5	69.2	76.5
195.69	70.7	101.6	102.0	7.1	2.3	76.8	76.5	76.8	76.5
195.69	70.7	101.6	109.1	7.1	2.1	76.8	81.7	76.8	81.7
195.59	73.5	112.5	109.1	7.4	2.1	85.0	81.7	85.0	81.7
195.59	73.5	112.5	116.4	7.4	1.9	85.0	87.2	85.0	87.2
195.49	76.3	124.2	116.4	7.5	1.9	93.7	87.2	93.7	87.2
195.49	76.3	124.2	124.0	7.5	1.6	93.7	92.8	93.7	92.8
195.39	79.2	136.6	124.0	7.7	1.6	103.0	92.8	103.0	92.8
195.39	79.2	136.6	131.8	7.7	1.4	103.0	98.6	103.0	98.6



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

FASE 2		A1+M1							
		STATICO				SISMA SLV			
z	N	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>
[m]	[kN]	[kNm]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]
195.29	82.0	149.8	131.8	7.8	1.4	112.9	98.6	112.9	98.6
195.29	82.0	149.8	139.8	7.8	1.1	112.9	104.5	112.9	104.5
195.19	84.8	163.7	139.8	7.9	1.1	123.3	104.5	123.3	104.5
195.19	84.8	163.7	147.3	7.9	0.7	123.3	110.6	123.3	110.6
195.09	87.7	178.5	147.3	8.0	0.7	134.4	110.6	134.4	110.6
195.09	87.7	178.5	154.5	8.0	0.4	134.4	116.9	134.4	116.9
194.99	90.5	193.9	154.5	8.1	0.4	146.1	116.9	146.1	116.9
194.99	90.5	193.9	161.3	8.1	0.0	146.1	123.4	146.1	123.4
194.89	93.3	210.1	161.3	8.1	0.0	158.4	123.4	158.4	123.4
194.89	93.3	210.1	167.8	8.1	-0.3	158.4	130.0	158.4	130.0
194.79	96.1	226.8	167.8	8.0	-0.3	171.4	130.0	171.4	130.0
194.79	96.1	226.8	174.6	8.0	-0.7	171.4	136.8	171.4	136.8
194.69	99.0	244.2	174.6	8.0	-0.7	185.1	136.8	185.1	136.8
194.69	99.0	244.2	183.5	8.0	-1.1	185.1	143.7	185.1	143.7
194.59	101.8	262.2	183.5	7.9	-1.1	199.5	143.7	199.5	143.7
194.59	101.8	262.2	192.6	7.9	-1.5	199.5	150.9	199.5	150.9
194.49	104.6	280.6	192.6	7.7	-1.5	214.5	150.9	214.5	150.9
194.49	104.6	280.6	202.0	7.7	-1.9	214.5	158.1	214.5	158.1
194.39	107.4	299.6	202.0	7.5	-1.9	230.4	158.1	230.4	158.1
194.39	107.4	299.6	211.5	7.5	-2.2	230.4	165.6	230.4	165.6
194.29	110.3	319.0	211.5	7.3	-2.2	246.9	165.6	246.9	165.6
194.29	110.3	319.0	221.3	7.3	-2.5	246.9	173.2	246.9	173.2
194.19	113.1	338.9	221.3	7.0	-2.5	264.2	173.2	264.2	173.2
194.19	113.1	338.9	231.3	7.0	-2.8	264.2	181.0	264.2	181.0
194.09	115.9	360.1	231.3	6.8	-2.8	282.3	181.0	282.3	181.0
194.09	115.9	360.1	241.5	6.8	-3.0	282.3	189.0	282.3	189.0
193.99	118.8	384.2	241.5	6.5	-3.0	301.2	189.0	301.2	189.0
193.99	118.8	384.2	251.9	6.5	-3.3	301.2	197.1	301.2	197.1
193.89	121.6	409.4	251.9	6.1	-3.3	321.0	197.1	321.0	197.1
193.89	121.6	409.4	262.6	6.1	-3.5	321.0	205.5	321.0	205.5
193.79	124.4	435.7	262.6	5.8	-3.5	341.5	205.5	341.5	205.5
193.79	124.4	435.7	273.4	5.8	-3.7	341.5	213.9	341.5	213.9
193.69	127.2	463.0	273.4	5.4	-3.7	362.9	213.9	362.9	213.9
193.69	127.2	463.0	284.5	5.4	-3.9	362.9	222.6	362.9	222.6
193.59	130.1	491.5	284.5	5.0	-3.9	385.2	222.6	385.2	222.6
193.59	130.1	491.5	295.8	5.0	-4.0	385.2	231.4	385.2	231.4
193.49	132.9	521.0	295.8	4.6	-4.0	408.3	231.4	408.3	231.4
193.49	132.9	521.0	307.3	4.6	-4.1	408.3	240.4	408.3	240.4
193.39	135.7	551.8	307.3	4.2	-4.1	432.3	240.4	432.3	240.4
193.39	135.7	551.8	319.0	4.2	-4.2	432.3	249.5	432.3	249.5
193.29	138.5	583.7	319.0	3.8	-4.2	457.3	249.5	457.3	249.5
193.29	138.5	583.7	330.9	3.8	-4.3	457.3	258.8	457.3	258.8
193.19	141.4	616.8	330.9	3.4	-4.3	483.2	258.8	483.2	258.8
193.19	141.4	616.8	343.1	3.4	-4.3	483.2	268.3	483.2	268.3
193.09	144.2	651.1	343.1	2.9	-4.3	510.0	268.3	510.0	268.3
193.09	144.2	651.1	355.5	2.9	-4.3	510.0	278.0	510.0	278.0
192.99	147.0	686.6	355.5	2.5	-4.3	537.8	278.0	537.8	278.0
192.99	147.0	686.6	368.1	2.5	-4.3	537.8	287.8	537.8	287.8
192.89	149.9	723.4	368.1	2.1	-4.3	566.6	287.8	566.6	287.8
192.89	149.9	723.4	380.9	2.1	-4.3	566.6	297.8	566.6	297.8
192.79	152.7	761.5	380.9	1.6	-4.3	596.4	297.8	596.4	297.8
192.79	152.7	761.5	393.9	1.6	-4.3	596.4	308.0	596.4	308.0
192.69	155.5	800.9	393.9	1.2	-4.3	627.2	308.0	627.2	308.0
192.69	155.5	800.9	407.1	1.2	-4.2	627.2	318.3	627.2	318.3
192.59	158.3	841.6	407.1	0.8	-4.2	659.0	318.3	659.0	318.3
192.59	158.3	841.6	420.6	0.8	-4.1	659.0	328.8	659.0	328.8
192.49	161.2	883.7	420.6	0.4	-4.1	691.9	328.8	691.9	328.8
192.49	161.2	883.7	434.3	0.4	-4.0	691.9	339.5	691.9	339.5
192.39	164.0	927.1	434.3	0.0	-4.0	725.8	339.5	725.8	339.5



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

FASE 2		A1+M1							
		STATICO				SISMA SLV			
z	N	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>
[m]	[kN]	[kNm]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]
192.39	164.0	927.1	448.1	0.0	-3.9	725.8	350.3	725.8	350.3
192.29	166.8	971.9	448.1	-0.4	-3.9	760.8	350.3	760.8	350.3
192.29	166.8	971.9	462.2	-0.4	-3.7	760.8	361.3	760.8	361.3
192.19	169.6	1018.1	462.2	-0.8	-3.7	797.0	361.3	797.0	361.3
192.19	169.6	1018.1	476.6	-0.8	-3.5	797.0	372.5	797.0	372.5
192.09	172.5	1065.8	476.6	-1.1	-3.5	834.2	372.5	834.2	372.5
192.09	172.5	1065.8	491.1	-1.1	-3.3	834.2	383.8	834.2	383.8
191.99	175.3	1114.9	491.1	-1.5	-3.3	872.6	383.8	872.6	383.8
191.99	175.3	1114.9	505.9	-1.5	-3.1	872.6	395.3	872.6	395.3
191.89	178.1	1165.5	505.9	-1.8	-3.1	912.1	395.3	912.1	395.3
191.89	178.1	1165.5	520.8	-1.8	-2.8	912.1	407.0	912.1	407.0
191.79	181.0	1217.6	520.8	-2.0	-2.8	952.8	407.0	952.8	407.0
191.79	181.0	1217.6	536.0	-2.0	-2.5	952.8	418.9	952.8	418.9
191.69	183.8	1271.2	536.0	-2.3	-2.5	994.7	418.9	994.7	418.9
191.69	183.8	1271.2	551.4	-2.3	-2.2	994.7	430.9	994.7	430.9
191.59	186.6	1326.3	551.4	-2.5	-2.2	1037.8	430.9	1037.8	430.9
191.59	186.6	1326.3	566.9	-2.5	-1.9	1037.8	443.0	1037.8	443.0
191.49	189.4	1383.0	566.9	-2.7	-1.9	1082.1	443.0	1082.1	443.0
191.49	189.4	1383.0	582.1	-2.7	-1.5	1082.1	454.8	1082.1	454.8
191.39	192.3	1441.2	582.1	-2.9	-1.5	1127.6	454.8	1127.6	454.8
191.39	192.3	1441.2	596.9	-2.9	-1.2	1127.6	466.4	1127.6	466.4
191.29	195.1	1500.9	596.9	-3.0	-1.2	1174.2	466.4	1174.2	466.4
191.29	195.1	1500.9	611.3	-3.0	-0.8	1174.2	477.7	1174.2	477.7
191.19	197.9	1562.0	611.3	-3.1	-0.8	1222.0	477.7	1222.0	477.7
191.19	197.9	1562.0	625.4	-3.1	-0.3	1222.0	488.7	1222.0	488.7
191.09	200.7	1624.6	625.4	-3.1	-0.3	1270.9	488.7	1270.9	488.7
191.09	200.7	1624.6	639.1	-3.1	0.1	1270.9	499.4	1270.9	499.4
190.99	203.6	1688.5	639.1	-3.1	0.1	1320.8	499.4	1320.8	499.4
190.99	203.6	1688.5	652.5	-3.1	0.6	1320.8	509.9	1320.8	509.9
190.89	206.4	1753.7	652.5	-3.0	0.6	1371.8	509.9	1371.8	509.9
190.89	206.4	1753.7	665.5	-3.0	1.1	1371.8	520.2	1371.8	520.2
190.79	209.2	1820.2	665.5	-2.9	1.1	1423.8	520.2	1423.8	520.2
190.79	209.2	1820.2	678.2	-2.9	1.6	1423.8	530.1	1423.8	530.1
190.69	212.1	1888.1	678.2	-2.8	1.6	1476.9	530.1	1476.9	530.1
190.69	212.1	1888.1	690.5	-2.8	2.1	1476.9	539.8	1476.9	539.8
190.59	214.9	1957.0	690.5	-2.5	2.1	1530.8	539.8	1530.8	539.8
190.59	214.9	1957.0	702.5	-2.5	2.7	1530.8	549.3	1530.8	549.3
190.49	217.7	2027.3	702.5	-2.3	2.7	1585.8	549.3	1585.8	549.3
190.49	217.7	2027.3	714.1	-2.3	3.3	1585.8	558.4	1585.8	558.4
190.39	220.5	2098.8	714.1	-1.9	3.3	1641.6	558.4	1641.6	558.4
190.39	220.5	2098.8	725.4	-1.9	3.9	1641.6	567.3	1641.6	567.3
190.29	223.4	2171.3	725.4	-1.6	3.9	1698.3	567.3	1698.3	567.3
190.29	223.4	2171.3	736.3	-1.6	4.5	1698.3	576.0	1698.3	576.0
190.19	226.2	2245.0	736.3	-1.1	4.5	1755.9	576.0	1755.9	576.0
190.19	226.2	2245.0	746.9	-1.1	5.2	1755.9	584.4	1755.9	584.4
190.09	229.0	2319.6	746.9	-0.6	5.2	1814.4	584.4	1814.4	584.4
190.09	229.0	2319.6	757.1	-0.6	5.9	1814.4	592.5	1814.4	592.5
189.99	231.8	2395.3	757.1	0.0	5.9	1873.6	592.5	1873.6	592.5
189.99	231.8	2395.3	766.9	0.0	6.6	1873.6	600.3	1873.6	600.3
189.89	234.7	2472.8	766.9	0.7	6.6	1934.2	600.3	1934.2	600.3
189.89	234.7	2472.8	776.5	0.7	7.3	1934.2	607.9	1934.2	607.9
189.79	237.5	2550.5	776.5	1.4	7.3	1995.0	607.9	1995.0	607.9
189.79	237.5	2550.5	785.6	1.4	8.1	1995.0	615.2	1995.0	615.2
189.69	240.3	2629.0	785.6	2.2	8.1	2056.6	615.2	2056.6	615.2
189.69	240.3	2629.0	794.4	2.2	8.8	2056.6	622.3	2056.6	622.3
189.59	243.2	2708.5	794.4	3.1	8.8	2118.8	622.3	2118.8	622.3
189.59	243.2	2708.5	802.9	3.1	9.6	2118.8	629.0	2118.8	629.0
189.49	246.0	2788.8	802.9	4.1	9.6	2181.6	629.0	2181.6	629.0
189.49	246.0	2788.8	811.0	4.1	10.5	2181.6	635.6	2181.6	635.6



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

FASE 2		A1+M1							
		STATICO				SISMA SLV			
z	N	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>
[m]	[kN]	[kNm]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]
189.39	248.8	2869.8	811.0	5.1	10.5	2245.2	635.6	2245.2	635.6
189.39	248.8	2869.8	818.8	5.1	11.3	2245.2	641.8	2245.2	641.8
189.29	251.6	2951.7	818.8	6.2	11.3	2309.4	641.8	2309.4	641.8
189.29	251.6	2951.7	826.2	6.2	12.2	2309.4	647.8	2309.4	647.8
189.19	254.5	3034.3	826.2	7.5	12.2	2374.1	647.8	2374.1	647.8
189.19	254.5	3034.3	833.2	7.5	13.1	2374.1	653.5	2374.1	653.5
189.09	257.3	3117.7	833.2	8.8	13.1	2439.5	653.5	2439.5	653.5
189.09	257.3	3117.7	839.9	8.8	14.0	2439.5	659.0	2439.5	659.0
188.99	260.1	3201.7	839.9	10.2	14.0	2505.4	659.0	2505.4	659.0
188.99	260.1	3201.7	846.3	10.2	15.0	2505.4	664.2	2505.4	664.2
188.89	263.0	3286.4	846.3	11.7	15.0	2571.8	664.2	2571.8	664.2
188.89	263.0	3286.4	852.3	11.7	15.9	2571.8	669.1	2571.8	669.1
188.79	265.8	3371.6	852.3	13.3	15.9	2638.7	669.1	2638.7	669.1
188.79	265.8	3371.6	857.9	13.3	16.9	2638.7	673.8	2638.7	673.8
188.69	268.6	3457.3	857.9	15.0	16.9	2706.2	673.8	2706.2	673.8
188.69	268.6	3457.3	863.2	15.0	17.9	2706.2	678.2	2706.2	678.2
188.59	271.4	3543.7	863.2	16.7	17.9	2774.0	678.2	2774.0	678.2
188.59	271.4	3543.7	868.2	16.7	19.0	2774.0	682.4	2774.0	682.4
188.49	274.3	3630.5	868.2	18.6	19.0	2842.3	682.4	2842.3	682.4
188.49	274.3	3630.5	872.8	18.6	20.0	2842.3	686.2	2842.3	686.2
188.39	277.1	3717.7	872.8	20.6	20.0	2910.9	686.2	2910.9	686.2
188.39	277.1	3717.7	877.0	20.6	21.1	2910.9	689.8	2910.9	689.8
188.29	279.9	3805.4	877.0	22.8	21.1	2979.8	689.8	2979.8	689.8
188.29	279.9	3805.4	880.9	22.8	22.2	2979.8	693.2	2979.8	693.2
188.19	282.7	3893.5	880.9	25.0	22.2	3049.2	693.2	3049.2	693.2
188.19	282.7	3893.5	884.4	25.0	23.4	3049.2	696.3	3049.2	696.3
188.09	285.6	3982.0	884.4	27.3	23.4	3118.8	696.3	3118.8	696.3
188.09	285.6	3982.0	887.7	27.3	24.5	3118.8	699.1	3118.8	699.1
187.99	288.4	4070.8	887.7	29.8	24.5	3188.6	699.1	3188.6	699.1
187.99	288.4	4070.8	890.5	29.8	25.7	3188.6	701.6	3188.6	701.6
187.89	291.2	4159.8	890.5	32.3	25.7	3258.8	701.6	3258.8	701.6
187.89	291.2	4159.8	893.0	32.3	26.9	3258.8	703.9	3258.8	703.9
187.79	294.1	4249.2	893.0	35.0	26.9	3329.2	703.9	3329.2	703.9
187.79	294.1	4249.2	895.1	35.0	28.1	3329.2	705.9	3329.2	705.9
187.69	296.9	4338.5	895.1	37.8	28.1	3399.8	705.9	3399.8	705.9
187.69	296.9	4338.5	896.9	37.8	29.3	3399.8	707.7	3399.8	707.7
187.59	299.7	4428.2	896.9	40.8	29.3	3470.6	707.7	3470.6	707.7
187.59	299.7	4428.2	845.1	40.8	26.2	3470.6	668.4	3470.6	668.4
187.49	302.5	4512.9	845.1	43.4	26.2	3537.4	668.4	3537.4	668.4
187.49	302.5	4512.9	792.8	43.4	23.1	3537.4	628.7	3537.4	628.7
187.39	305.4	4592.0	792.8	45.7	23.1	3600.2	628.7	3600.2	628.7
187.39	305.4	4592.0	740.0	45.7	20.3	3600.2	588.7	3600.2	588.7
187.29	308.2	4666.1	740.0	47.7	20.3	3659.2	588.7	3659.2	588.7
187.29	308.2	4666.1	686.7	47.7	17.5	3659.2	548.3	3659.2	548.3
187.19	311.0	4734.7	686.7	49.5	17.5	3714.1	548.3	3714.1	548.3
187.19	311.0	4734.7	632.9	49.5	-2.6	3714.1	507.5	3714.1	507.5
187.09	313.8	4798.1	632.9	51.0	-2.6	3764.7	507.5	3764.7	507.5
187.09	313.8	4798.1	578.7	51.0	-24.3	3764.7	466.4	3764.7	466.4
186.99	316.7	4855.9	578.7	52.2	-24.3	3811.4	466.4	3811.4	466.4
186.99	316.7	4855.9	524.0	52.2	-45.3	3811.4	425.0	3811.4	425.0
186.89	319.5	4908.4	524.0	53.3	-45.3	3853.9	425.0	3853.9	425.0
186.89	319.5	4908.4	468.9	53.3	-65.8	3853.9	383.1	3853.9	383.1
186.79	322.3	4955.1	468.9	54.1	-65.8	3892.3	383.1	3892.3	383.1
186.79	322.3	4955.1	413.2	54.1	-85.6	3892.3	341.0	3892.3	341.0
186.69	325.2	4996.4	413.2	54.7	-85.6	3926.3	341.0	3926.3	341.0
186.69	325.2	4996.4	357.1	54.7	-104.9	3926.3	298.4	3926.3	298.4
186.59	328.0	5032.3	357.1	55.1	-104.9	3956.1	298.4	3956.1	298.4
186.59	328.0	5032.3	300.5	55.1	-123.6	3956.1	255.5	3956.1	255.5
186.49	330.8	5062.3	300.5	55.3	-123.6	3981.7	255.5	3981.7	255.5





**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

FASE 2		A1+M1							
		STATICO				SISMA SLV			
z	N	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>
[m]	[kN]	[kNm]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]
186.49	330.8	5062.3	243.4	55.3	-141.9	3981.7	212.2	3981.7	212.2
186.39	333.6	5086.7	243.4	55.4	-141.9	4002.9	212.2	4002.9	212.2
186.39	333.6	5086.7	185.9	55.4	-159.7	4002.9	168.6	4002.9	168.6
186.29	336.5	5105.3	185.9	55.3	-159.7	4019.8	168.6	4019.8	168.6
186.29	336.5	5105.3	127.9	55.3	-177.0	4019.8	124.6	4019.8	124.6
186.19	339.3	5118.0	127.9	55.1	-177.0	4032.3	124.6	4032.3	124.6
186.19	339.3	5118.0	69.4	55.1	-193.8	4032.3	80.3	4032.3	80.3
186.09	342.1	5124.9	69.4	54.8	-193.8	4040.3	80.3	4040.3	80.3
186.09	342.1	5124.9	10.4	54.8	-210.2	4040.3	35.6	4040.3	35.6
185.99	344.9	5126.0	10.4	54.3	-210.2	4043.9	35.6	4043.9	35.6
185.99	344.9	5126.0	-5.8	54.3	-225.1	4043.9	-9.5	4043.9	-9.5
185.89	347.8	5121.1	-5.8	53.7	-225.1	4042.9	-9.5	4042.9	-9.5
185.89	347.8	5121.1	-6.8	53.7	-238.6	4042.9	-54.9	4042.9	-54.9
185.79	350.6	5110.2	-6.8	53.0	-238.6	4037.5	-54.9	4037.5	-54.9
185.79	350.6	5110.2	-7.7	53.0	-250.7	4037.5	-100.7	4037.5	-100.7
185.69	353.4	5093.3	-7.7	52.3	-250.7	4027.4	-100.7	4027.4	-100.7
185.69	353.4	5093.3	-8.6	52.3	-261.4	4027.4	-146.8	4027.4	-146.8
185.59	356.3	5070.5	-8.6	51.4	-261.4	4012.7	-146.8	4012.7	-146.8
185.59	356.3	5070.5	-9.3	51.4	-282.9	4012.7	-193.0	4012.7	-193.0
185.49	359.1	5042.3	-9.3	50.5	-282.9	3993.4	-193.0	3993.4	-193.0
185.49	359.1	5042.3	-10.0	50.5	-336.8	3993.4	-237.6	3993.4	-237.6
185.39	361.9	5008.6	-10.0	49.5	-336.8	3969.6	-237.6	3969.6	-237.6
185.39	361.9	5008.6	-10.6	49.5	-388.8	3969.6	-280.6	3969.6	-280.6
185.29	364.7	4969.7	-10.6	48.4	-388.8	3941.6	-280.6	3941.6	-280.6
185.29	364.7	4969.7	-11.2	48.4	-438.9	3941.6	-322.0	3941.6	-322.0
185.19	367.6	4925.8	-11.2	47.3	-438.9	3909.4	-322.0	3909.4	-322.0
185.19	367.6	4925.8	-11.6	47.3	-487.1	3909.4	-361.8	3909.4	-361.8
185.09	370.4	4877.1	-11.6	46.1	-487.1	3873.1	-361.8	3873.1	-361.8
185.09	370.4	4877.1	-12.0	46.1	-533.5	3873.1	-400.2	3873.1	-400.2
184.99	373.2	4823.7	-12.0	44.9	-533.5	3833.2	-400.2	3833.2	-400.2
184.99	373.2	4823.7	-12.4	44.9	-578.1	3833.2	-437.1	3833.2	-437.1
184.89	376.0	4766.0	-12.4	43.7	-578.1	3789.4	-437.1	3789.4	-437.1
184.89	376.0	4766.0	-12.6	43.7	-621.1	3789.4	-472.7	3789.4	-472.7
184.79	378.9	4703.8	-12.6	42.4	-621.1	3742.2	-472.7	3742.2	-472.7
184.79	378.9	4703.8	-12.9	42.4	-662.3	3742.2	-506.8	3742.2	-506.8
184.69	381.7	4637.5	-12.9	41.2	-662.3	3691.5	-506.8	3691.5	-506.8
184.69	381.7	4637.5	-13.0	41.2	-702.0	3691.5	-539.6	3691.5	-539.6
184.59	384.5	4567.5	-13.0	39.8	-702.0	3637.5	-539.6	3637.5	-539.6
184.59	384.5	4567.5	-13.2	39.8	-740.1	3637.5	-571.1	3637.5	-571.1
184.49	387.4	4493.4	-13.2	38.5	-740.1	3580.4	-571.1	3580.4	-571.1
184.49	387.4	4493.4	-13.3	38.5	-776.6	3580.4	-601.3	3580.4	-601.3
184.39	390.2	4415.7	-13.3	37.2	-776.6	3520.3	-601.3	3520.3	-601.3
184.39	390.2	4415.7	-13.3	37.2	-811.7	3520.3	-630.3	3520.3	-630.3
184.29	393.0	4334.5	-13.3	35.9	-811.7	3457.3	-630.3	3457.3	-630.3
184.29	393.0	4334.5	-13.3	35.9	-845.3	3457.3	-658.0	3457.3	-658.0
184.19	395.8	4250.1	-13.3	34.5	-845.3	3391.5	-658.0	3391.5	-658.0
184.19	395.8	4250.1	-13.3	34.5	-877.5	3391.5	-684.6	3391.5	-684.6
184.09	398.7	4162.3	-13.3	33.2	-877.5	3323.0	-684.6	3323.0	-684.6
184.09	398.7	4162.3	-13.2	33.2	-908.3	3323.0	-710.1	3323.0	-710.1
183.99	401.5	4071.5	-13.2	31.9	-908.3	3251.9	-710.1	3251.9	-710.1
183.99	401.5	4071.5	-13.1	31.9	-937.8	3251.9	-734.4	3251.9	-734.4
183.89	404.3	3977.8	-13.1	30.6	-937.8	3178.6	-734.4	3178.6	-734.4
183.89	404.3	3977.8	-13.0	30.6	-966.0	3178.6	-757.7	3178.6	-757.7
183.79	407.2	3881.2	-13.0	29.3	-966.0	3102.8	-757.7	3102.8	-757.7
183.79	407.2	3881.2	-12.9	29.3	-993.0	3102.8	-779.9	3102.8	-779.9
183.69	410.0	3781.8	-12.9	28.0	-993.0	3024.8	-779.9	3024.8	-779.9
183.69	410.0	3781.8	-12.7	28.0	-1018.8	3024.8	-801.1	3024.8	-801.1
183.59	412.8	3679.9	-12.7	26.7	-1018.8	2944.6	-801.1	2944.6	-801.1
183.59	412.8	3679.9	-12.5	26.7	-1043.3	2944.6	-821.2	2944.6	-821.2



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

FASE 2		A1+M1							
		STATICO				SISMA SLV			
z	N	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>
[m]	[kN]	[kNm]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]
183.49	415.6	3575.6	-12.5	25.5	-1043.3	2862.6	-821.2	2862.6	-821.2
183.49	415.6	3575.6	-12.3	25.5	-1066.8	2862.6	-840.5	2862.6	-840.5
183.39	418.5	3468.9	-12.3	24.3	-1066.8	2778.6	-840.5	2778.6	-840.5
183.39	418.5	3468.9	-12.0	24.3	-1089.1	2778.6	-858.7	2778.6	-858.7
183.29	421.3	3360.1	-12.0	23.0	-1089.1	2692.6	-858.7	2692.6	-858.7
183.29	421.3	3360.1	-11.8	23.0	-1110.3	2692.6	-876.1	2692.6	-876.1
183.19	424.1	3249.1	-11.8	21.9	-1110.3	2605.0	-876.1	2605.0	-876.1
183.19	424.1	3249.1	-11.5	21.9	-1130.5	2605.0	-892.6	2605.0	-892.6
183.09	426.9	3135.9	-11.5	20.7	-1130.5	2515.8	-892.6	2515.8	-892.6
183.09	426.9	3135.9	-11.2	20.7	-1148.0	2515.8	-908.2	2515.8	-908.2
182.99	429.8	3021.2	-11.2	19.6	-1148.0	2424.9	-908.2	2424.9	-908.2
182.99	429.8	3021.2	-10.9	19.6	-1162.3	2424.9	-921.4	2424.9	-921.4
182.89	432.6	2904.9	-10.9	18.5	-1162.3	2332.8	-921.4	2332.8	-921.4
182.89	432.6	2904.9	-10.6	18.5	-1173.4	2332.8	-931.9	2332.8	-931.9
182.79	435.4	2787.5	-10.6	17.4	-1173.4	2239.6	-931.9	2239.6	-931.9
182.79	435.4	2787.5	-10.3	17.4	-1181.3	2239.6	-939.7	2239.6	-939.7
182.69	438.3	2669.4	-10.3	16.4	-1181.3	2145.6	-939.7	2145.6	-939.7
182.69	438.3	2669.4	-10.0	16.4	-1186.1	2145.6	-945.0	2145.6	-945.0
182.59	441.1	2550.9	-10.0	15.4	-1186.1	2051.1	-945.0	2051.1	-945.0
182.59	441.1	2550.9	-9.7	15.4	-1188.0	2051.1	-947.7	2051.1	-947.7
182.49	443.9	2432.1	-9.7	14.4	-1188.0	1956.4	-947.7	1956.4	-947.7
182.49	443.9	2432.1	-9.4	14.4	-1186.6	1956.4	-948.0	1956.4	-948.0
182.39	446.7	2313.4	-9.4	13.5	-1186.6	1861.6	-948.0	1861.6	-948.0
182.39	446.7	2313.4	-9.0	13.5	-1181.9	1861.6	-945.4	1861.6	-945.4
182.29	449.6	2195.1	-9.0	12.6	-1181.9	1767.1	-945.4	1767.1	-945.4
182.29	449.6	2195.1	-8.7	12.6	-1173.9	1767.1	-940.0	1767.1	-940.0
182.19	452.4	2077.7	-8.7	11.7	-1173.9	1673.0	-940.0	1673.0	-940.0
182.19	452.4	2077.7	-8.4	11.7	-1162.9	1673.0	-932.0	1673.0	-932.0
182.09	455.2	1961.4	-8.4	10.9	-1162.9	1579.9	-932.0	1579.9	-932.0
182.09	455.2	1961.4	-8.0	10.9	-1148.9	1579.9	-921.5	1579.9	-921.5
181.99	458.0	1846.6	-8.0	10.1	-1148.9	1487.6	-921.5	1487.6	-921.5
181.99	458.0	1846.6	-7.7	10.1	-1132.1	1487.6	-908.6	1487.6	-908.6
181.89	460.9	1733.4	-7.7	9.3	-1132.1	1396.8	-908.6	1396.8	-908.6
181.89	460.9	1733.4	-7.4	9.3	-1112.7	1396.8	-893.5	1396.8	-893.5
181.79	463.7	1622.1	-7.4	8.6	-1112.7	1307.5	-893.5	1307.5	-893.5
181.79	463.7	1622.1	-7.0	8.6	-1090.7	1307.5	-876.2	1307.5	-876.2
181.69	466.5	1513.1	-7.0	7.9	-1090.7	1219.9	-876.2	1219.9	-876.2
181.69	466.5	1513.1	-6.7	7.9	-1066.3	1219.9	-856.8	1219.9	-856.8
181.59	469.4	1406.4	-6.7	7.2	-1066.3	1134.2	-856.8	1134.2	-856.8
181.59	469.4	1406.4	-6.4	7.2	-1039.6	1134.2	-835.4	1134.2	-835.4
181.49	472.2	1302.5	-6.4	6.6	-1039.6	1050.6	-835.4	1050.6	-835.4
181.49	472.2	1302.5	-6.0	6.6	-1010.4	1050.6	-812.0	1050.6	-812.0
181.39	475.0	1201.4	-6.0	6.0	-1010.4	969.4	-812.0	969.4	-812.0
181.39	475.0	1201.4	-5.7	6.0	-978.9	969.4	-786.5	969.4	-786.5
181.29	477.8	1103.5	-5.7	5.4	-978.9	890.8	-786.5	890.8	-786.5
181.29	477.8	1103.5	-5.4	5.4	-945.1	890.8	-759.7	890.8	-759.7
181.19	480.7	1009.0	-5.4	4.9	-945.1	814.8	-759.7	814.8	-759.7
181.19	480.7	1009.0	-5.1	4.9	-909.9	814.8	-731.9	814.8	-731.9
181.09	483.5	918.0	-5.1	4.3	-909.9	741.6	-731.9	741.6	-731.9
181.09	483.5	918.0	-4.8	4.3	-873.6	741.6	-703.2	741.6	-703.2
180.99	486.3	830.7	-4.8	3.9	-873.6	671.3	-703.2	671.3	-703.2
180.99	486.3	830.7	-4.5	3.9	-836.2	671.3	-673.5	671.3	-673.5
180.89	489.1	747.1	-4.5	3.4	-836.2	604.0	-673.5	604.0	-673.5
180.89	489.1	747.1	-4.1	3.4	-797.8	604.0	-643.0	604.0	-643.0
180.79	492.0	667.3	-4.1	3.0	-797.8	539.7	-643.0	539.7	-643.0
180.79	492.0	667.3	-3.9	3.0	-758.2	539.7	-611.5	539.7	-611.5
180.69	494.8	591.5	-3.9	2.6	-758.2	478.5	-611.5	478.5	-611.5
180.69	494.8	591.5	-3.6	2.6	-717.6	478.5	-579.1	478.5	-579.1
180.59	497.6	519.7	-3.6	2.3	-717.6	420.6	-579.1	420.6	-579.1



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

FASE 2		A1+M1							
		STATICO				SISMA SLV			
z	N	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>
[m]	[kN]	[kNm]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]
180.59	497.6	519.7	-3.3	2.3	-675.9	420.6	-545.8	420.6	-545.8
180.49	500.5	452.1	-3.3	1.9	-675.9	366.0	-545.8	366.0	-545.8
180.49	500.5	452.1	-3.0	1.9	-633.2	366.0	-511.6	366.0	-511.6
180.39	503.3	388.8	-3.0	1.6	-633.2	314.9	-511.6	314.9	-511.6
180.39	503.3	388.8	-2.7	1.6	-589.4	314.9	-476.5	314.9	-476.5
180.29	506.1	329.8	-2.7	1.4	-589.4	267.2	-476.5	267.2	-476.5
180.29	506.1	329.8	-2.5	1.4	-544.6	267.2	-440.5	267.2	-440.5
180.19	508.9	275.4	-2.5	1.1	-544.6	223.2	-440.5	223.2	-440.5
180.19	508.9	275.4	-2.2	1.1	-498.8	223.2	-403.6	223.2	-403.6
180.09	511.8	225.5	-2.2	0.9	-498.8	182.8	-403.6	182.8	-403.6
180.09	511.8	225.5	-1.9	0.9	-451.9	182.8	-365.8	182.8	-365.8
179.99	514.6	180.3	-1.9	0.7	-451.9	146.2	-365.8	146.2	-365.8
179.99	514.6	180.3	-1.7	0.7	-403.9	146.2	-327.2	146.2	-327.2
179.89	517.4	139.9	-1.7	0.5	-403.9	113.5	-327.2	113.5	-327.2
179.89	517.4	139.9	-1.4	0.5	-354.9	113.5	-287.7	113.5	-287.7
179.79	520.2	104.4	-1.4	0.4	-354.9	84.7	-287.7	84.7	-287.7
179.79	520.2	104.4	-1.2	0.4	-304.9	84.7	-247.3	84.7	-247.3
179.69	523.1	73.9	-1.2	0.3	-304.9	60.0	-247.3	60.0	-247.3
179.69	523.1	73.9	-1.0	0.3	-253.9	60.0	-206.0	60.0	-206.0
179.59	525.9	48.5	-1.0	0.2	-253.9	39.4	-206.0	39.4	-206.0
179.59	525.9	48.5	-0.8	0.2	-201.8	39.4	-163.8	39.4	-163.8
179.49	528.7	28.4	-0.8	0.1	-201.8	23.0	-163.8	23.0	-163.8
179.49	528.7	28.4	-0.5	0.1	-148.7	23.0	-120.7	23.0	-120.7
179.39	531.6	13.5	-0.5	0.0	-148.7	11.0	-120.7	11.0	-120.7
179.39	531.6	13.5	-0.3	0.0	-94.5	11.0	-76.8	11.0	-76.8
179.29	534.4	4.0	-0.3	0.0	-94.5	3.3	-76.8	3.3	-76.8
179.29	534.4	4.0	-0.1	0.0	-39.4	3.3	-32.0	3.3	-32.0
179.19	537.2	0.1	-0.1	0.0	-39.4	0.1	-32.0	0.1	-32.0
179.19	537.2	0.1	0.0	0.0	-5.6	0.1	-4.6	0.1	-4.6
179.17	537.8	0.0	0.0	0.0	-5.6	0.0	-4.6	0.0	-4.6

Verifica armatura tipo 1 (24  $\phi$ 26)

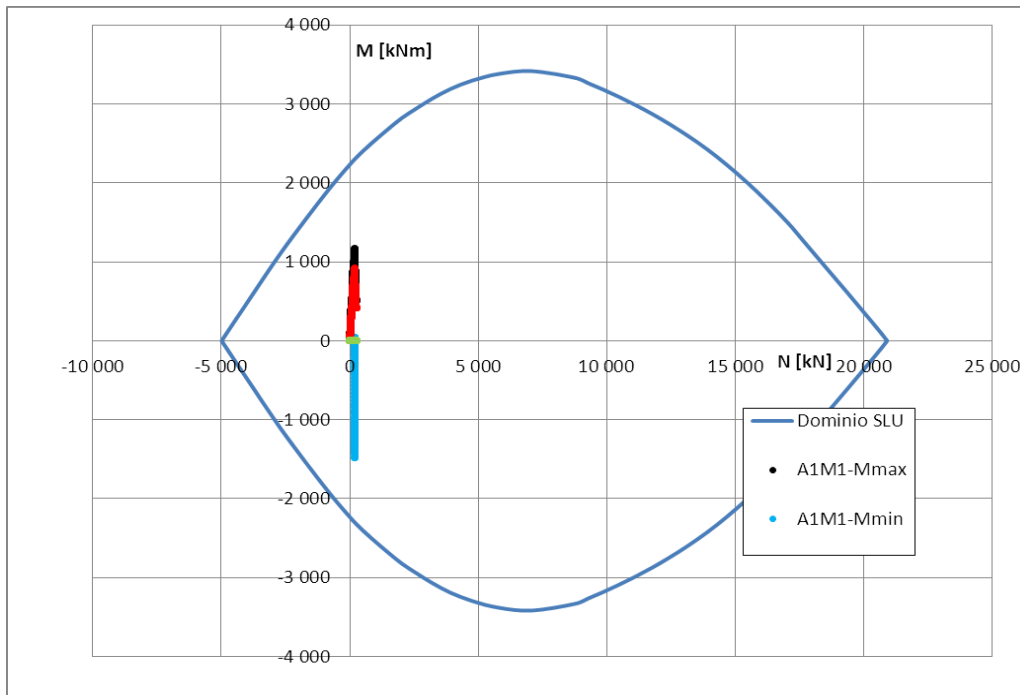


Figura 33: Dominio resistente N-M Stato Limite Ultimo per pali 1200 mm

La verifica allo Stato Limite Ultimo della sezione presso-inflessa è soddisfatta.

La verifica alle tensioni in esercizio ed alla fessurazione è stata effettuata per la condizione considerata come più gravosa. Tale condizione si ha alla quota di 201.5 m. Le azioni di verifica sono le seguenti:

$$N = 271.4 \text{ kN}$$

$$M = 1145.7 \text{ kNm}$$

La sezione circolare con diametro 1200 mm sottoposta a tale stato di sollecitazione presenta le seguenti caratteristiche tensionali:

$$\sigma_c = -9.33 \text{ MPa} \quad \text{compressione massima nella fibra di calcestruzzo}$$

$$\sigma_s = 260.3 \text{ MPa} \quad \text{trazione massima nelle barre di armatura}$$

$$\text{fess.} = 0.263 \text{ mm} \quad \text{apertura delle fessure}$$

I limiti tensionali per la combinazione Rara sono pari a:

$\sigma_{c\_Rara} = 14.94 \text{ MPa}$       limite compressione nella fibra di calcestruzzo

$\sigma_{s\_Rara} = 360 \text{ MPa}$       limite trazione per le barre di armatura

L'apertura delle fessure limite per la combinazione Frequente, considerata comunque cautelativa, per la classe di esposizione XC2 è pari a 0.40 mm.

Le verifiche allo Stato Limite di Esercizio sono quindi soddisfatte.

Verifica armatura tipo 2 (24 + 24  $\phi 26$ )

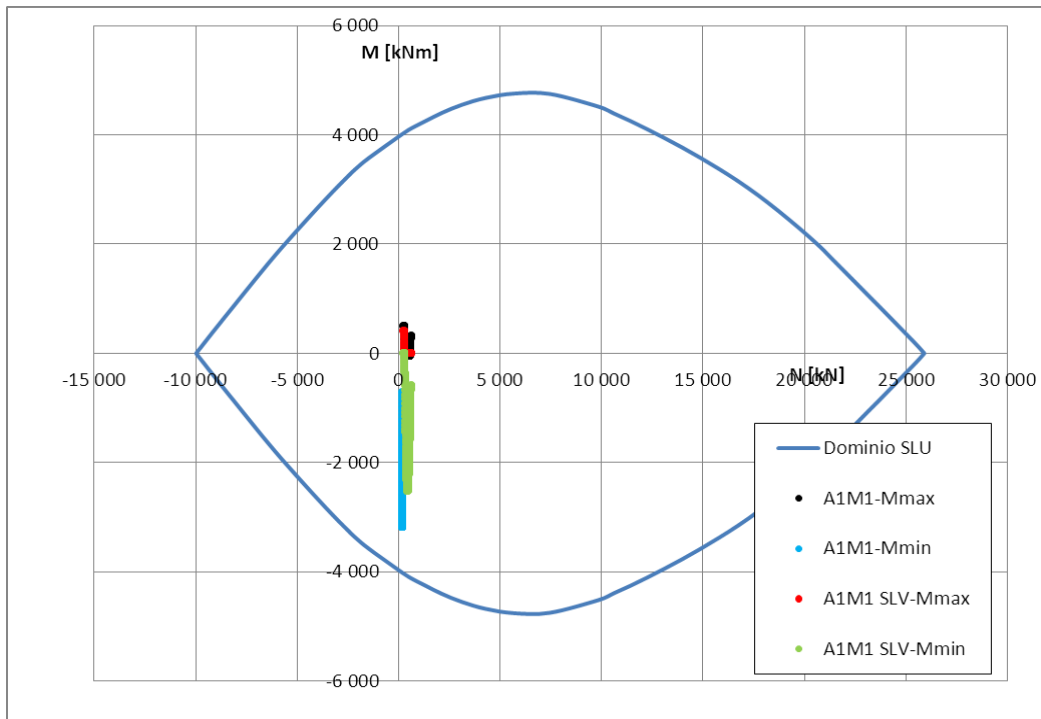


Figura 34: Dominio resistente N-M Stato Limite Ultimo per pali 1200 mm

La verifica allo Stato Limite Ultimo della sezione presso-inflessa è soddisfatta.

La verifica alle tensioni in esercizio ed alla fessurazione è stata effettuata per la condizione considerata come più gravosa. Tale condizione si ha alla quota di 194.67 m. Le azioni di verifica sono le seguenti:



$$N = 466.5 \text{ kN}$$

$$M = 2457.7 \text{ kNm}$$

La sezione circolare con diametro 1200 mm sottoposta a tale stato di sollecitazione presenta le seguenti caratteristiche tensionali:

$$\sigma_c = -14.44 \text{ MPa} \quad \text{compressione massima nella fibra di calcestruzzo}$$

$$\sigma_s = 321.8 \text{ MPa} \quad \text{trazione massima nelle barre di armatura}$$

$$\text{fess.} = 0.298 \text{ mm} \quad \text{apertura delle fessure}$$

I limiti tensionali per la combinazione Rara sono pari a:

$$\sigma_{c\_Rara} = 14.94 \text{ MPa} \quad \text{limite compressione nella fibra di calcestruzzo}$$

$$\sigma_{s\_Rara} = 360 \text{ MPa} \quad \text{limite trazione per le barre di armatura}$$

L'apertura delle fessure limite per la combinazione Frequente, considerata comunque cautelativa, per la classe di esposizione XC2 è pari a 0.40 mm.

Le verifiche allo Stato Limite di Esercizio sono quindi soddisfatte.

Verifica armatura tipo 3 (24 + 24  $\phi$ 30)

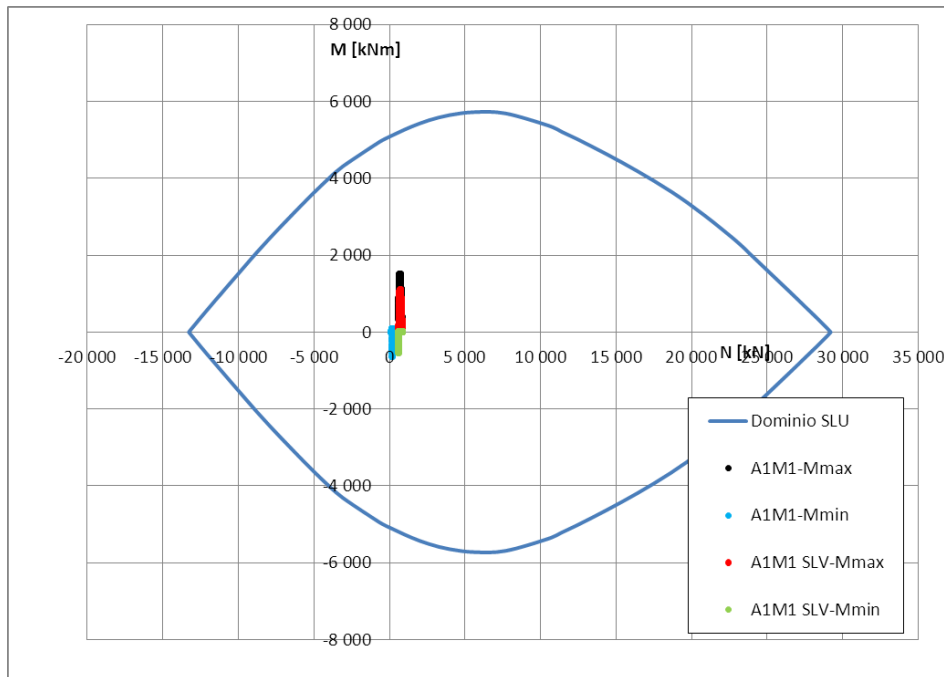


Figura 35: Dominio resistente N-M Stato Limite Ultimo per pali 1200 mm

La verifica allo Stato Limite Ultimo della sezione presso-inflessa è soddisfatta.

La verifica alle tensioni in esercizio ed alla fessurazione è stata effettuata per la condizione considerata come più gravosa. Tale condizione si ha alla quota di 185.47 m. Le azioni di verifica sono le seguenti:

$$N = 726.7 \text{ kN}$$

$$M = 1497.0 \text{ kNm}$$

La sezione circolare con diametro 1200 mm sottoposta a tale stato di sollecitazione presenta le seguenti caratteristiche tensionali:

$$\sigma_c = -7.61 \text{ MPa} \quad \text{compressione massima nella fibra di calcestruzzo}$$

$$\sigma_s = 137.6 \text{ MPa} \quad \text{trazione massima nelle barre di armatura}$$

$$\text{fess.} = 0.095 \text{ mm} \quad \text{apertura delle fessure}$$

I limiti tensionali per la combinazione Rara sono pari a:

$\sigma_{c\_Rara} = 14.94 \text{ MPa}$       limite compressione nella fibra di calcestruzzo

$\sigma_{s\_Rara} = 360 \text{ MPa}$       limite trazione per le barre di armatura

L'apertura delle fessure limite per la combinazione Frequente, considerata comunque cautelativa, per la classe di esposizione XC2 è pari a 0.40 mm.

Le verifiche allo Stato Limite di Esercizio sono quindi soddisfatte.

L'incremento dell'armatura nella parte finale del palo di altezza 31 m fa fronte allo stato tensionale risultante dall'analisi della Fase 2. Si riporta a proposito il dominimo resistente S.L.U. con le sollecitazioni legate alla Fase 2:

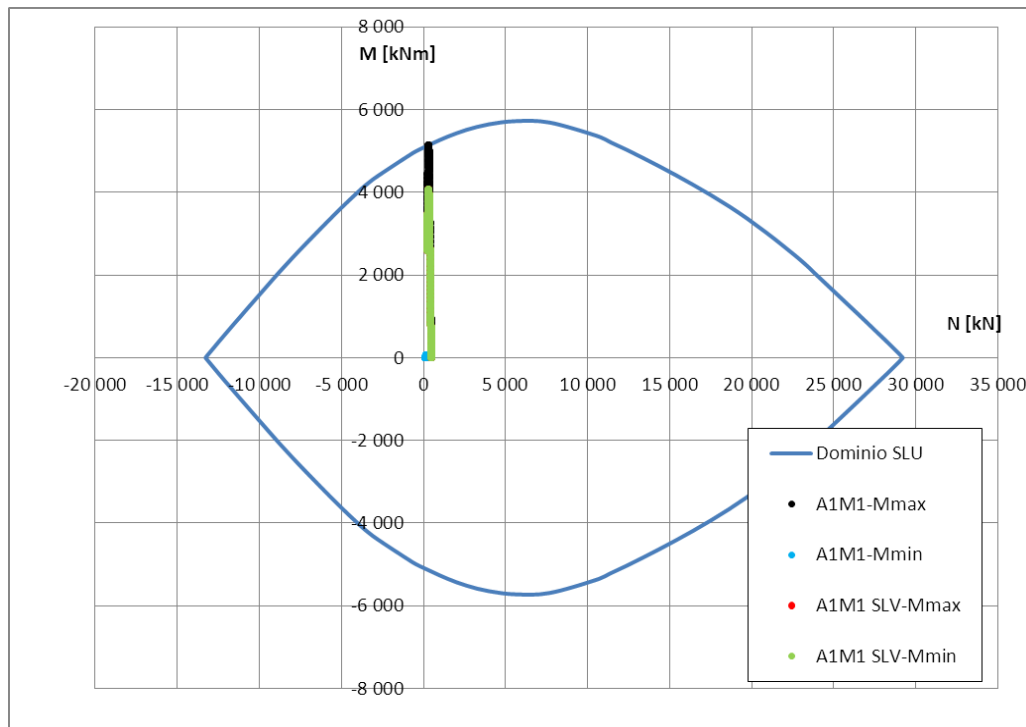


Figura 36: Dominio resistente N-M Stato Limite Ultimo per pali 1200 mm

La verifica allo Stato Limite Ultimo della sezione presso-inflessa è soddisfatta.





### Verifica a taglio per lo Stato Limite Ultimo

Per la verifica a taglio si utilizza una procedura indicata nel Bollettino CEB nr. 137, allegato 5, studio di Paul Regan. Si analizza una sezione rettangolare equivalente con le seguenti caratteristiche:

$$b_e = 0.9 D \quad \text{base equivalente}$$

$$d_e = 0.45 D + 0.64 ( d - D/2 ) \quad \text{altezza equivalente}$$

$$D = 120 \text{ cm}$$

$$d = D - 2 \times \text{copriferro} = 107.2 \text{ cm}$$

$$b_e = 108 \text{ cm}$$

$$d_e = 84.2 \text{ cm}$$

$$h_e = d_e / 0.83 = 101 \text{ cm}$$

$$V_{\max} = 1164.5 \text{ kN} \quad \text{taglio massimo sollecitante}$$

Si dispongono staffe  $\varnothing 20 / 20 \text{ cm} + \varnothing 20 / 40 \text{ cm}$  che garantiscono una resistenza a taglio pari a 1288 kN. La verifica a taglio allo Stato Limite Ultimo è soddisfatta.

### Nota sulla disposizione dell'armatura

L'armatura è stata disposta in modo opportuno per far fronte allo stato tensionale ricavato per entrambe le fasi progettuali previste (Fase 1 e Fase 2).

### 13.1.2. Verifiche dei pali in c.a. – Pali di altezza 25 m, 22 m (definitivi)

I pali definitivi di altezza 25 m e 22 m sono stati progettati utilizzando i risultati numerici ricavati dalla sezione di calcolo 2.

Essi sono realizzati con un calcestruzzo di classe C32/40 con resistenza minima a compressione  $R_{ck} \geq 40$  MPa. L'acciaio è del tipo B450C con tensione limite caratteristica di snervamento  $f_{yk}$  pari a 450 MPa.

I pali sono armati con 24 + 12 barre longitudinali  $\phi 26$  per i primi 10 m di palo circa (Sezione tipo 1). Nel seguito l'armatura è formata da 24 + 24 barre longitudinali  $\phi 26$  (Sezione tipo 2). L'armatura a taglio è costituita da staffe  $\phi 20 / 20$  cm +  $\phi 20 / 40$  cm.

Le verifiche su tali sistemi di armatura seguono quanto riportato per i pali con carattere provvisorio. Il calcestruzzo per i pali con carattere definitivo è del tipo C32/40. Le verifiche allo Stato Limite Ultimo e di Esercizio sono soddisfatte. In particolare la verifica a fessurazione per la condizione di lungo termine con classe di esposizione XC4 è soddisfatta e rispetta il limite di apertura delle fessure di 0.30 mm (tipico della combinazione Frequente, considerata comunque cautelativa).



### 13.1.3. Verifiche dei pali in c.a. – Pali di altezza 15 m (provvisori)

I pali con diametro 1200 mm sono realizzati con un calcestruzzo di classe C25/30 con resistenza minima a compressione  $R_{ck} \geq 30$  MPa. L'acciaio è del tipo B450C con tensione limite caratteristica di snervamento  $f_{yk}$  pari a 450 MPa.

I pali sono armati con 18 barre longitudinali  $\phi 26$ . L'armatura a taglio è costituita da staffe  $\phi 20 / 20$  cm. Si riportano nel seguito le verifiche strutturali allo Stato Limite Ultimo effettuate per le combinazioni A1M1 e Sisma SLV e le verifiche allo Stato Limite di Esercizio effettuate per le combinazioni Rara, Frequente, Quasi Permanente e Sisma SLD.

### Risultati numerici

		A1+M1							
		STATICO				SISMA SLV			
z	N	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>
[m]	[kN]	[kNm]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]
207.50	0.0	0.0	4.3	0.0	0.8	0.0	3.3	0.0	3.3
207.40	2.8	0.4	4.3	0.1	0.8	0.3	3.3	0.3	3.3
207.40	2.8	0.4	13.8	0.1	1.6	0.3	10.4	0.3	10.4
207.30	5.7	1.8	13.8	0.2	1.6	1.4	10.4	1.4	10.4
207.30	5.7	1.8	24.1	0.2	2.1	1.4	18.2	1.4	18.2
207.20	8.5	4.2	24.1	0.5	2.1	3.2	18.2	3.2	18.2
207.20	8.5	4.2	35.2	0.5	2.6	3.2	26.7	3.2	26.7
207.10	11.3	7.7	35.2	0.7	2.6	5.9	26.7	5.9	26.7
207.10	11.3	7.7	47.1	0.7	3.0	5.9	35.7	5.9	35.7
207.00	14.1	12.5	47.1	1.0	3.0	9.4	35.7	9.4	35.7
207.00	14.1	12.5	59.4	1.0	3.3	9.4	45.2	9.4	45.2
206.90	17.0	18.4	59.4	1.3	3.3	14.0	45.2	14.0	45.2
206.90	17.0	18.4	71.7	1.3	3.6	14.0	54.7	14.0	54.7
206.80	19.8	25.6	71.7	1.7	3.6	19.4	54.7	19.4	54.7
206.80	19.8	25.6	84.0	1.7	3.8	19.4	64.3	19.4	64.3
206.70	22.6	34.0	84.0	2.1	3.8	25.9	64.3	25.9	64.3
206.70	22.6	34.0	96.4	2.1	4.0	25.9	73.9	25.9	73.9
206.60	25.4	43.6	96.4	2.5	4.0	33.3	73.9	33.3	73.9
206.60	25.4	43.6	108.9	2.5	4.1	33.3	83.6	33.3	83.6
206.50	28.3	54.5	108.9	2.9	4.1	41.6	83.6	41.6	83.6
206.50	28.3	54.5	121.4	2.9	4.1	41.6	93.2	41.6	93.2
206.40	31.1	66.6	121.4	3.3	4.1	50.9	93.2	50.9	93.2
206.40	31.1	66.6	134.0	3.3	4.1	50.9	102.9	50.9	102.9
206.30	33.9	80.0	134.0	3.7	4.1	61.2	102.9	61.2	102.9
206.30	33.9	80.0	146.6	3.7	4.1	61.2	112.7	61.2	112.7
206.20	36.8	94.7	146.6	4.1	4.1	72.5	112.7	72.5	112.7
206.20	36.8	94.7	159.3	4.1	3.9	72.5	122.4	72.5	122.4
206.10	39.6	110.6	159.3	4.5	3.9	84.7	122.4	84.7	122.4
206.10	39.6	110.6	172.0	4.5	3.8	84.7	132.2	84.7	132.2
206.00	42.4	127.8	172.0	4.9	3.8	98.0	132.2	98.0	132.2
206.00	42.4	127.8	184.7	4.9	3.6	98.0	142.0	98.0	142.0
205.90	45.2	146.2	184.7	5.2	3.6	112.2	142.0	112.2	142.0



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

		A1+M1							
		STATICO				SISMA SLV			
z	N	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>
[m]	[kN]	[kNm]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]
205.90	45.2	146.2	197.5	5.2	3.3	112.2	151.9	112.2	151.9
205.80	48.1	166.0	197.5	5.6	3.3	127.3	151.9	127.3	151.9
205.80	48.1	166.0	210.4	5.6	3.1	127.3	161.8	127.3	161.8
205.70	50.9	187.0	210.4	5.9	3.1	143.5	161.8	143.5	161.8
205.70	50.9	187.0	223.3	5.9	2.8	143.5	171.7	143.5	171.7
205.60	53.7	209.4	223.3	6.2	2.8	160.7	171.7	160.7	171.7
205.60	53.7	209.4	236.3	6.2	2.6	160.7	181.6	160.7	181.6
205.50	56.5	233.0	236.3	6.4	2.6	178.9	181.6	178.9	181.6
205.50	56.5	233.0	249.2	6.4	2.4	178.9	191.6	178.9	191.6
205.40	59.4	257.9	249.2	6.6	2.4	198.0	191.6	198.0	191.6
205.40	59.4	257.9	262.3	6.6	2.2	198.0	201.5	198.0	201.5
205.30	62.2	284.2	262.3	6.9	2.2	218.2	201.5	218.2	201.5
205.30	62.2	284.2	275.4	6.9	2.0	218.2	211.6	218.2	211.6
205.20	65.0	311.7	275.4	7.1	2.0	239.3	211.6	239.3	211.6
205.20	65.0	311.7	76.4	7.1	-237.1	239.3	-17.1	239.3	-17.1
205.10	67.9	309.6	76.4	7.2	-237.1	237.6	-17.1	237.6	-17.1
205.10	67.9	309.6	81.4	7.2	-230.4	237.6	-7.0	237.6	-7.0
205.00	70.7	308.8	81.4	7.4	-230.4	236.9	-7.0	236.9	-7.0
205.00	70.7	308.8	86.6	7.4	-223.5	236.9	3.1	236.9	3.1
204.90	73.5	309.4	86.6	7.6	-223.5	237.2	3.1	237.2	3.1
204.90	73.5	309.4	91.9	7.6	-216.6	237.2	13.2	237.2	13.2
204.80	76.3	311.3	91.9	7.7	-216.6	238.5	13.2	238.5	13.2
204.80	76.3	311.3	97.4	7.7	-209.6	238.5	23.3	238.5	23.3
204.70	79.2	314.5	97.4	7.8	-209.6	240.9	23.3	240.9	23.3
204.70	79.2	314.5	103.0	7.8	-202.5	240.9	33.5	240.9	33.5
204.60	82.0	319.0	103.0	7.9	-202.5	244.2	33.5	244.2	33.5
204.60	82.0	319.0	108.0	7.9	-195.3	244.2	43.7	244.2	43.7
204.50	84.8	324.9	108.0	-4.6	-195.3	248.6	43.7	248.6	43.7
204.50	84.8	324.9	112.2	-4.6	-188.1	248.6	53.9	248.6	53.9
204.40	87.7	332.1	112.2	-23.4	-188.1	254.0	53.9	254.0	53.9
204.40	87.7	332.1	115.8	-23.4	-180.8	254.0	64.1	254.0	64.1
204.30	90.5	340.7	115.8	-41.5	-180.8	260.4	64.1	260.4	64.1
204.30	90.5	340.7	118.8	-41.5	-173.4	260.4	74.3	260.4	74.3
204.20	93.3	350.6	118.8	-58.8	-173.4	267.8	74.3	267.8	74.3
204.20	93.3	350.6	121.0	-58.8	-166.0	267.8	84.6	267.8	84.6
204.10	96.1	361.9	121.0	-75.4	-166.0	276.3	84.6	276.3	84.6
204.10	96.1	361.9	126.5	-75.4	-158.4	276.3	94.9	276.3	94.9
204.00	99.0	374.6	126.5	-91.3	-158.4	285.8	94.9	285.8	94.9
204.00	99.0	374.6	140.1	-91.3	-150.8	285.8	105.2	285.8	105.2
203.90	101.8	388.6	140.1	-106.4	-150.8	296.3	105.2	296.3	105.2
203.90	101.8	388.6	153.8	-106.4	-143.1	296.3	115.5	296.3	115.5
203.80	104.6	404.0	153.8	-120.7	-143.1	307.8	115.5	307.8	115.5
203.80	104.6	404.0	167.5	-120.7	-135.4	307.8	125.9	307.8	125.9
203.70	107.4	420.7	167.5	-134.2	-135.4	320.4	125.9	320.4	125.9
203.70	107.4	420.7	181.3	-134.2	-127.5	320.4	136.2	320.4	136.2
203.60	110.3	438.8	181.3	-147.0	-127.5	334.0	136.2	334.0	136.2
203.60	110.3	438.8	195.1	-147.0	-119.6	334.0	146.6	334.0	146.6
203.50	113.1	458.3	195.1	-158.9	-119.6	348.7	146.6	348.7	146.6
203.50	113.1	458.3	209.0	-158.9	-111.6	348.7	157.1	348.7	157.1
203.40	115.9	479.2	209.0	-170.1	-111.6	364.4	157.1	364.4	157.1
203.40	115.9	479.2	222.9	-170.1	-103.4	364.4	167.6	364.4	167.6
203.30	118.8	501.5	222.9	-180.4	-103.4	381.2	167.6	381.2	167.6
203.30	118.8	501.5	237.1	-180.4	-95.1	381.2	178.2	381.2	178.2
203.20	121.6	525.3	237.1	-190.0	-95.1	399.0	178.2	399.0	178.2
203.20	121.6	525.3	108.6	-190.0	-472.5	399.0	-360.2	399.0	-360.2
203.10	124.4	479.7	108.6	-198.6	-472.5	363.0	-360.2	363.0	-360.2
203.10	124.4	479.7	104.9	-198.6	-458.5	363.0	-349.5	363.0	-349.5
203.00	127.2	435.5	104.9	-206.4	-458.5	328.0	-349.5	328.0	-349.5
203.00	127.2	435.5	100.8	-206.4	-444.4	328.0	-338.6	328.0	-338.6



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

		A1+M1							
		STATICO				SISMA SLV			
z	N	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>
[m]	[kN]	[kNm]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]
202.90	130.1	392.9	100.8	-213.3	-444.4	294.1	-338.6	294.1	-338.6
202.90	130.1	392.9	96.6	-213.3	-430.2	294.1	-327.6	294.1	-327.6
202.80	132.9	351.7	96.6	-219.3	-430.2	261.4	-327.6	261.4	-327.6
202.80	132.9	351.7	92.5	-219.3	-415.9	261.4	-316.6	261.4	-316.6
202.70	135.7	339.8	92.5	-224.4	-415.9	229.7	-316.6	229.7	-316.6
202.70	135.7	339.8	88.4	-224.4	-401.4	229.7	-305.5	229.7	-305.5
202.60	138.5	348.7	88.4	-228.5	-401.4	199.2	-305.5	199.2	-305.5
202.60	138.5	348.7	84.4	-228.5	-386.8	199.2	-294.2	199.2	-294.2
202.50	141.4	357.1	84.4	-231.7	-386.8	169.8	-294.2	169.8	-294.2
202.50	141.4	357.1	80.4	-231.7	-372.1	169.8	-282.9	169.8	-282.9
202.40	144.2	365.2	80.4	-234.0	-372.1	141.5	-282.9	141.5	-282.9
202.40	144.2	365.2	76.5	-234.0	-357.1	141.5	-271.3	141.5	-271.3
202.30	147.0	372.8	76.5	-235.5	-357.1	114.3	-271.3	114.3	-271.3
202.30	147.0	372.8	72.6	-235.5	-342.0	114.3	-259.7	114.3	-259.7
202.20	149.9	380.1	72.6	-236.2	-342.0	88.4	-259.7	88.4	-259.7
202.20	149.9	380.1	68.8	-236.2	-326.7	88.4	-247.9	88.4	-247.9
202.10	152.7	387.0	68.8	-236.2	-326.7	63.6	-247.9	63.6	-247.9
202.10	152.7	387.0	65.0	-236.2	-311.1	63.6	-236.0	63.6	-236.0
202.00	155.5	393.5	65.0	-235.3	-311.1	40.0	-236.0	40.0	-236.0
202.00	155.5	393.5	61.3	-235.3	-295.4	40.0	-223.9	40.0	-223.9
201.90	158.3	399.6	61.3	-233.8	-295.4	17.6	-223.9	17.6	-223.9
201.90	158.3	399.6	57.7	-233.8	-280.1	17.6	-212.1	17.6	-212.1
201.80	161.2	405.4	57.7	-231.6	-280.1	-3.6	-212.1	-3.6	-212.1
201.80	161.2	405.4	54.0	-231.6	-265.0	-3.6	-200.5	-3.6	-200.5
201.70	164.0	410.8	54.0	-228.7	-265.0	-23.7	-200.5	-23.7	-200.5
201.70	164.0	410.8	50.5	-228.7	-250.0	-23.7	-188.9	-23.7	-188.9
201.60	166.8	415.8	50.5	-225.2	-250.0	-42.6	-188.9	-42.6	-188.9
201.60	166.8	415.8	46.9	-225.2	-235.0	-42.6	-177.4	-42.6	-177.4
201.50	169.6	420.5	46.9	-221.1	-235.0	-60.3	-177.4	-60.3	-177.4
201.50	169.6	420.5	46.5	-221.1	-220.1	-60.3	-166.0	-60.3	-166.0
201.40	172.5	424.9	46.5	-216.4	-220.1	-76.9	-166.0	-76.9	-166.0
201.40	172.5	424.9	51.8	-216.4	-205.3	-76.9	-154.7	-76.9	-154.7
201.30	175.3	428.8	51.8	-211.3	-205.3	-92.4	-154.7	-92.4	-154.7
201.30	175.3	428.8	56.7	-211.3	-190.6	-92.4	-143.4	-92.4	-143.4
201.20	178.1	432.5	56.7	-205.6	-190.6	-106.7	-143.4	-106.7	-143.4
201.20	178.1	432.5	61.3	-205.6	-176.0	-106.7	-132.2	-106.7	-132.2
201.10	181.0	435.8	61.3	-199.5	-176.0	-119.9	-132.2	-119.9	-132.2
201.10	181.0	435.8	63.4	-199.5	-163.9	-119.9	-122.9	-119.9	-122.9
201.00	183.8	438.8	63.4	-193.1	-163.9	-132.2	-122.9	-132.2	-122.9
201.00	183.8	438.8	65.0	-193.1	-152.4	-132.2	-114.1	-132.2	-114.1
200.90	186.6	441.5	65.0	-202.7	-152.4	-143.6	-114.1	-143.6	-114.1
200.90	186.6	441.5	66.2	-202.7	-141.5	-143.6	-105.8	-143.6	-105.8
200.80	189.4	443.8	66.2	-216.8	-141.5	-154.2	-105.8	-154.2	-105.8
200.80	189.4	443.8	67.0	-216.8	-131.1	-154.2	-97.8	-154.2	-97.8
200.70	192.3	445.8	67.0	-229.9	-131.1	-164.0	-97.8	-164.0	-97.8
200.70	192.3	445.8	67.5	-229.9	-121.3	-164.0	-90.4	-164.0	-90.4
200.60	195.1	447.4	67.5	-242.1	-121.3	-173.0	-90.4	-173.0	-90.4
200.60	195.1	447.4	67.6	-242.1	-112.0	-173.0	-83.3	-173.0	-83.3
200.50	197.9	448.7	67.6	-253.3	-112.0	-181.4	-83.3	-181.4	-83.3
200.50	197.9	448.7	67.2	-253.3	-103.3	-181.4	-76.7	-181.4	-76.7
200.40	200.7	449.7	67.2	-263.6	-103.3	-189.0	-76.7	-189.0	-76.7
200.40	200.7	449.7	66.5	-263.6	-95.2	-189.0	-70.5	-189.0	-70.5
200.30	203.6	450.4	66.5	-273.1	-95.2	-196.1	-70.5	-196.1	-70.5
200.30	203.6	450.4	65.7	-273.1	-87.4	-196.1	-64.6	-196.1	-64.6
200.20	206.4	450.8	65.7	-281.9	-87.4	-202.5	-64.6	-202.5	-64.6
200.20	206.4	450.8	64.8	-281.9	-79.8	-202.5	-58.8	-202.5	-58.8
200.10	209.2	450.8	64.8	-289.9	-79.8	-208.4	-58.8	-208.4	-58.8
200.10	209.2	450.8	63.8	-289.9	-72.4	-208.4	-53.2	-208.4	-53.2
200.00	212.1	450.5	63.8	-297.1	-72.4	-213.7	-53.2	-213.7	-53.2



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

		A1+M1							
		STATICO				SISMA SLV			
z	N	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>
[m]	[kN]	[kNm]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]
200.00	212.1	450.5	62.9	-297.1	-65.9	-213.7	-47.8	-213.7	-47.8
199.90	214.9	450.0	62.9	-303.6	-65.9	-218.5	-47.8	-218.5	-47.8
199.90	214.9	450.0	61.8	-303.6	-59.4	-218.5	-42.5	-218.5	-42.5
199.80	217.7	449.1	61.8	-309.4	-59.4	-222.8	-42.5	-222.8	-42.5
199.80	217.7	449.1	60.8	-309.4	-53.2	-222.8	-37.3	-222.8	-37.3
199.70	220.5	447.9	60.8	-314.6	-53.2	-226.5	-37.3	-226.5	-37.3
199.70	220.5	447.9	59.7	-314.6	-47.1	-226.5	-32.4	-226.5	-32.4
199.60	223.4	446.4	59.7	-319.0	-47.1	-229.7	-32.4	-229.7	-32.4
199.60	223.4	446.4	58.5	-319.0	-41.2	-229.7	-27.6	-229.7	-27.6
199.50	226.2	444.6	58.5	-322.8	-41.2	-232.5	-27.6	-232.5	-27.6
199.50	226.2	444.6	57.4	-322.8	-35.4	-232.5	-22.9	-232.5	-22.9
199.40	229.0	442.6	57.4	-326.1	-35.4	-234.8	-22.9	-234.8	-22.9
199.40	229.0	442.6	56.2	-326.1	-29.9	-234.8	-18.4	-234.8	-18.4
199.30	231.8	440.2	56.2	-328.7	-29.9	-236.6	-18.4	-236.6	-18.4
199.30	231.8	440.2	55.0	-328.7	-26.5	-236.6	-14.1	-236.6	-14.1
199.20	234.7	437.6	55.0	-330.7	-26.5	-238.0	-14.1	-238.0	-14.1
199.20	234.7	437.6	53.7	-330.7	-29.4	-238.0	-9.9	-238.0	-9.9
199.10	237.5	434.6	53.7	-332.2	-29.4	-239.0	-9.9	-239.0	-9.9
199.10	237.5	434.6	52.4	-332.2	-32.3	-239.0	-6.0	-239.0	-6.0
199.00	240.3	431.4	52.4	-333.1	-32.3	-239.6	-6.0	-239.6	-6.0
199.00	240.3	431.4	51.1	-333.1	-35.1	-239.6	-2.2	-239.6	-2.2
198.90	243.2	427.9	51.1	-333.5	-35.1	-239.8	-2.2	-239.8	-2.2
198.90	243.2	427.9	49.9	-333.5	-37.8	-239.8	1.5	-239.8	1.5
198.80	246.0	424.1	49.9	-333.4	-37.8	-239.7	1.5	-239.7	1.5
198.80	246.0	424.1	48.6	-333.4	-40.6	-239.7	5.0	-239.7	5.0
198.70	248.8	420.0	48.6	-332.9	-40.6	-239.2	5.0	-239.2	5.0
198.70	248.8	420.0	47.3	-332.9	-43.2	-239.2	8.4	-239.2	8.4
198.60	251.6	415.7	47.3	-331.8	-43.2	-238.3	8.4	-238.3	8.4
198.60	251.6	415.7	46.0	-331.8	-45.9	-238.3	11.6	-238.3	11.6
198.50	254.5	411.1	46.0	-330.4	-45.9	-237.2	11.6	-237.2	11.6
198.50	254.5	411.1	44.7	-330.4	-48.5	-237.2	14.6	-237.2	14.6
198.40	257.3	406.3	44.7	-328.5	-48.5	-235.7	14.6	-235.7	14.6
198.40	257.3	406.3	43.4	-328.5	-51.1	-235.7	17.5	-235.7	17.5
198.30	260.1	401.2	43.4	-326.2	-51.1	-234.0	17.5	-234.0	17.5
198.30	260.1	401.2	42.0	-326.2	-53.6	-234.0	20.3	-234.0	20.3
198.20	263.0	395.8	42.0	-323.5	-53.6	-231.9	20.3	-231.9	20.3
198.20	263.0	395.8	40.7	-323.5	-56.1	-231.9	22.9	-231.9	22.9
198.10	265.8	390.2	40.7	-320.5	-56.1	-229.6	22.9	-229.6	22.9
198.10	265.8	390.2	39.4	-320.5	-58.5	-229.6	25.4	-229.6	25.4
198.00	268.6	384.3	39.4	-317.1	-58.5	-227.1	25.4	-227.1	25.4
198.00	268.6	384.3	38.1	-317.1	-60.8	-227.1	27.7	-227.1	27.7
197.90	271.4	378.3	38.1	-313.4	-60.8	-224.3	27.7	-224.3	27.7
197.90	271.4	378.3	40.3	-313.4	-63.0	-224.3	29.9	-224.3	29.9
197.80	274.3	372.0	40.3	-309.4	-63.0	-221.3	29.9	-221.3	29.9
197.80	274.3	372.0	43.3	-309.4	-65.0	-221.3	31.9	-221.3	31.9
197.70	277.1	365.5	43.3	-305.1	-65.0	-218.1	31.9	-218.1	31.9
197.70	277.1	365.5	46.1	-305.1	-66.9	-218.1	33.8	-218.1	33.8
197.60	279.9	358.8	46.1	-300.4	-66.9	-214.8	33.8	-214.8	33.8
197.60	279.9	358.8	48.7	-300.4	-68.6	-214.8	35.6	-214.8	35.6
197.50	282.7	351.9	48.7	-295.6	-68.6	-211.2	35.6	-211.2	35.6
197.50	282.7	351.9	51.1	-295.6	-70.2	-211.2	37.2	-211.2	37.2
197.40	285.6	344.9	51.1	-290.5	-70.2	-207.5	37.2	-207.5	37.2
197.40	285.6	344.9	53.4	-290.5	-71.7	-207.5	38.7	-207.5	38.7
197.30	288.4	337.7	53.4	-285.1	-71.7	-203.6	38.7	-203.6	38.7
197.30	288.4	337.7	55.5	-285.1	-73.1	-203.6	40.1	-203.6	40.1
197.20	291.2	330.4	55.5	-279.6	-73.1	-199.6	40.1	-199.6	40.1
197.20	291.2	330.4	57.5	-279.6	-74.3	-199.6	41.3	-199.6	41.3
197.10	294.1	323.0	57.5	-273.8	-74.3	-195.5	41.3	-195.5	41.3
197.10	294.1	323.0	59.2	-273.8	-75.5	-195.5	42.4	-195.5	42.4



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

		A1+M1							
		STATICO				SISMA SLV			
z	N	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>
[m]	[kN]	[kNm]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]
197.00	296.9	315.4	59.2	-267.9	-75.5	-191.2	42.4	-191.2	42.4
197.00	296.9	315.4	60.8	-267.9	-76.5	-191.2	43.3	-191.2	43.3
196.90	299.7	307.8	60.8	-261.8	-76.5	-186.9	43.3	-186.9	43.3
196.90	299.7	307.8	62.3	-261.8	-77.4	-186.9	44.1	-186.9	44.1
196.80	302.5	300.0	62.3	-255.6	-77.4	-182.5	44.1	-182.5	44.1
196.80	302.5	300.0	63.6	-255.6	-78.1	-182.5	44.8	-182.5	44.8
196.70	305.4	292.2	63.6	-249.2	-78.1	-178.0	44.8	-178.0	44.8
196.70	305.4	292.2	64.7	-249.2	-78.8	-178.0	45.4	-178.0	45.4
196.60	308.2	284.4	64.7	-242.8	-78.8	-173.5	45.4	-173.5	45.4
196.60	308.2	284.4	65.7	-242.8	-79.4	-173.5	45.8	-173.5	45.8
196.50	311.0	276.4	65.7	-236.2	-79.4	-168.9	45.8	-168.9	45.8
196.50	311.0	276.4	66.5	-236.2	-79.8	-168.9	46.2	-168.9	46.2
196.40	313.8	268.4	66.5	-229.5	-79.8	-164.3	46.2	-164.3	46.2
196.40	313.8	268.4	67.2	-229.5	-80.2	-164.3	46.6	-164.3	46.6
196.30	316.7	260.4	67.2	-222.8	-80.2	-159.6	46.6	-159.6	46.6
196.30	316.7	260.4	67.7	-222.8	-80.4	-159.6	46.9	-159.6	46.9
196.20	319.5	252.4	67.7	-216.0	-80.4	-154.9	46.9	-154.9	46.9
196.20	319.5	252.4	68.0	-216.0	-80.6	-154.9	47.1	-154.9	47.1
196.10	322.3	244.3	68.0	-209.2	-80.6	-150.2	47.1	-150.2	47.1
196.10	322.3	244.3	68.3	-209.2	-80.7	-150.2	47.3	-150.2	47.3
196.00	325.2	236.2	68.3	-202.4	-80.7	-145.5	47.3	-145.5	47.3
196.00	325.2	236.2	68.3	-202.4	-80.6	-145.5	47.4	-145.5	47.4
195.90	328.0	228.2	68.3	-195.6	-80.6	-140.7	47.4	-140.7	47.4
195.90	328.0	228.2	68.2	-195.6	-80.5	-140.7	47.5	-140.7	47.5
195.80	330.8	220.1	68.2	-188.8	-80.5	-136.0	47.5	-136.0	47.5
195.80	330.8	220.1	68.0	-188.8	-80.3	-136.0	47.5	-136.0	47.5
195.70	333.6	212.1	68.0	-182.0	-80.3	-131.2	47.5	-131.2	47.5
195.70	333.6	212.1	67.7	-182.0	-79.9	-131.2	47.5	-131.2	47.5
195.60	336.5	204.1	67.7	-175.2	-79.9	-126.5	47.5	-126.5	47.5
195.60	336.5	204.1	67.4	-175.2	-79.5	-126.5	47.4	-126.5	47.4
195.50	339.3	196.2	67.4	-168.5	-79.5	-121.7	47.4	-121.7	47.4
195.50	339.3	196.2	67.0	-168.5	-79.0	-121.7	47.2	-121.7	47.2
195.40	342.1	188.2	67.0	-161.7	-79.0	-117.0	47.2	-117.0	47.2
195.40	342.1	188.2	66.6	-161.7	-78.5	-117.0	47.0	-117.0	47.0
195.30	344.9	180.4	66.6	-155.1	-78.5	-112.3	47.0	-112.3	47.0
195.30	344.9	180.4	66.1	-155.1	-77.8	-112.3	46.8	-112.3	46.8
195.20	347.8	172.6	66.1	-148.5	-77.8	-107.6	46.8	-107.6	46.8
195.20	347.8	172.6	65.5	-148.5	-77.1	-107.6	46.5	-107.6	46.5
195.10	350.6	164.9	65.5	-141.9	-77.1	-103.0	46.5	-103.0	46.5
195.10	350.6	164.9	64.8	-141.9	-76.2	-103.0	46.1	-103.0	46.1
195.00	353.4	157.2	64.8	-135.4	-76.2	-98.3	46.1	-98.3	46.1
195.00	353.4	157.2	64.1	-135.4	-75.3	-98.3	45.7	-98.3	45.7
194.90	356.3	149.7	64.1	-129.0	-75.3	-93.8	45.7	-93.8	45.7
194.90	356.3	149.7	63.3	-129.0	-74.3	-93.8	45.2	-93.8	45.2
194.80	359.1	142.3	63.3	-122.7	-74.3	-89.2	45.2	-89.2	45.2
194.80	359.1	142.3	62.5	-122.7	-73.3	-89.2	44.7	-89.2	44.7
194.70	361.9	134.9	62.5	-116.4	-73.3	-84.8	44.7	-84.8	44.7
194.70	361.9	134.9	61.5	-116.4	-72.1	-84.8	44.1	-84.8	44.1
194.60	364.7	127.7	61.5	-110.3	-72.1	-80.4	44.1	-80.4	44.1
194.60	364.7	127.7	60.6	-110.3	-70.9	-80.4	43.5	-80.4	43.5
194.50	367.6	120.6	60.6	-104.2	-70.9	-76.0	43.5	-76.0	43.5
194.50	367.6	120.6	59.5	-104.2	-69.6	-76.0	42.8	-76.0	42.8
194.40	370.4	113.7	59.5	-98.2	-69.6	-71.7	42.8	-71.7	42.8
194.40	370.4	113.7	58.4	-98.2	-68.2	-71.7	42.1	-71.7	42.1
194.30	373.2	106.8	58.4	-92.4	-68.2	-67.5	42.1	-67.5	42.1
194.30	373.2	106.8	57.2	-92.4	-66.8	-67.5	41.3	-67.5	41.3
194.20	376.0	100.2	57.2	-86.7	-66.8	-63.4	41.3	-63.4	41.3
194.20	376.0	100.2	56.0	-86.7	-65.3	-63.4	40.5	-63.4	40.5
194.10	378.9	93.6	56.0	-81.1	-65.3	-59.3	40.5	-59.3	40.5



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

		A1+M1							
		STATICO				SISMA SLV			
z	N	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>	M <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	M <sub>min</sub>	V <sub>min</sub>
[m]	[kN]	[kNm]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]
194.10	378.9	93.6	54.7	-81.1	-63.7	-59.3	39.6	-59.3	39.6
194.00	381.7	87.3	54.7	-75.6	-63.7	-55.4	39.6	-55.4	39.6
194.00	381.7	87.3	53.3	-75.6	-62.0	-55.4	38.6	-55.4	38.6
193.90	384.5	81.1	53.3	-70.3	-62.0	-51.5	38.6	-51.5	38.6
193.90	384.5	81.1	51.9	-70.3	-60.3	-51.5	37.6	-51.5	37.6
193.80	387.4	75.1	51.9	-65.1	-60.3	-47.8	37.6	-47.8	37.6
193.80	387.4	75.1	50.4	-65.1	-58.5	-47.8	36.6	-47.8	36.6
193.70	390.2	69.2	50.4	-60.1	-58.5	-44.1	36.6	-44.1	36.6
193.70	390.2	69.2	48.8	-60.1	-56.6	-44.1	35.5	-44.1	35.5
193.60	393.0	63.5	48.8	-55.2	-56.6	-40.5	35.5	-40.5	35.5
193.60	393.0	63.5	47.2	-55.2	-54.6	-40.5	34.4	-40.5	34.4
193.50	395.8	58.1	47.2	-50.5	-54.6	-37.1	34.4	-37.1	34.4
193.50	395.8	58.1	45.5	-50.5	-52.6	-37.1	33.2	-37.1	33.2
193.40	398.7	52.8	45.5	-45.9	-52.6	-33.8	33.2	-33.8	33.2
193.40	398.7	52.8	43.7	-45.9	-50.5	-33.8	31.9	-33.8	31.9
193.30	401.5	47.8	43.7	-41.6	-50.5	-30.6	31.9	-30.6	31.9
193.30	401.5	47.8	41.9	-41.6	-48.4	-30.6	30.7	-30.6	30.7
193.20	404.3	42.9	41.9	-37.4	-48.4	-27.5	30.7	-27.5	30.7
193.20	404.3	42.9	40.0	-37.4	-46.2	-27.5	29.3	-27.5	29.3
193.10	407.2	38.3	40.0	-33.4	-46.2	-24.6	29.3	-24.6	29.3
193.10	407.2	38.3	38.1	-33.4	-43.9	-24.6	27.9	-24.6	27.9
193.00	410.0	33.9	38.1	-29.6	-43.9	-21.8	27.9	-21.8	27.9
193.00	410.0	33.9	36.1	-29.6	-41.5	-21.8	26.5	-21.8	26.5
192.90	412.8	29.8	36.1	-25.9	-41.5	-19.2	26.5	-19.2	26.5
192.90	412.8	29.8	34.0	-25.9	-39.1	-19.2	25.0	-19.2	25.0
192.80	415.6	25.8	34.0	-22.5	-39.1	-16.7	25.0	-16.7	25.0
192.80	415.6	25.8	31.9	-22.5	-36.6	-16.7	23.4	-16.7	23.4
192.70	418.5	22.2	31.9	-19.4	-36.6	-14.3	23.4	-14.3	23.4
192.70	418.5	22.2	29.7	-19.4	-34.1	-14.3	21.9	-14.3	21.9
192.60	421.3	18.8	29.7	-16.4	-34.1	-12.1	21.9	-12.1	21.9
192.60	421.3	18.8	27.4	-16.4	-31.5	-12.1	20.2	-12.1	20.2
192.50	424.1	15.6	27.4	-13.7	-31.5	-10.1	20.2	-10.1	20.2
192.50	424.1	15.6	25.1	-13.7	-28.8	-10.1	18.5	-10.1	18.5
192.40	426.9	12.7	25.1	-11.1	-28.8	-8.2	18.5	-8.2	18.5
192.40	426.9	12.7	22.7	-11.1	-26.0	-8.2	16.8	-8.2	16.8
192.30	429.8	10.1	22.7	-8.9	-26.0	-6.6	16.8	-6.6	16.8
192.30	429.8	10.1	20.3	-8.9	-23.2	-6.6	15.0	-6.6	15.0
192.20	432.6	7.8	20.3	-6.8	-23.2	-5.1	15.0	-5.1	15.0
192.20	432.6	7.8	17.8	-6.8	-20.3	-5.1	13.2	-5.1	13.2
192.10	435.4	5.8	17.8	-5.1	-20.3	-3.8	13.2	-3.8	13.2
192.10	435.4	5.8	15.2	-5.1	-17.4	-3.8	11.3	-3.8	11.3
192.00	438.3	4.0	15.2	-3.5	-17.4	-2.6	11.3	-2.6	11.3
192.00	438.3	4.0	12.6	-3.5	-14.4	-2.6	9.3	-2.6	9.3
191.90	441.1	2.6	12.6	-2.3	-14.4	-1.7	9.3	-1.7	9.3
191.90	441.1	2.6	9.9	-2.3	-11.3	-1.7	7.3	-1.7	7.3
191.80	443.9	1.5	9.9	-1.3	-11.3	-1.0	7.3	-1.0	7.3
191.80	443.9	1.5	7.1	-1.3	-8.2	-1.0	5.3	-1.0	5.3
191.70	446.7	0.7	7.1	-0.6	-8.2	-0.4	5.3	-0.4	5.3
191.70	446.7	0.7	4.3	-0.6	-4.9	-0.4	3.2	-0.4	3.2
191.60	449.6	0.2	4.3	-0.1	-4.9	-0.1	3.2	-0.1	3.2
191.60	449.6	0.2	1.5	-0.1	-1.7	-0.1	1.1	-0.1	1.1
191.50	452.4	0.0	1.5	0.0	-1.7	0.0	1.1	0.0	1.1



Verifica armatura (18  $\phi$ 26)

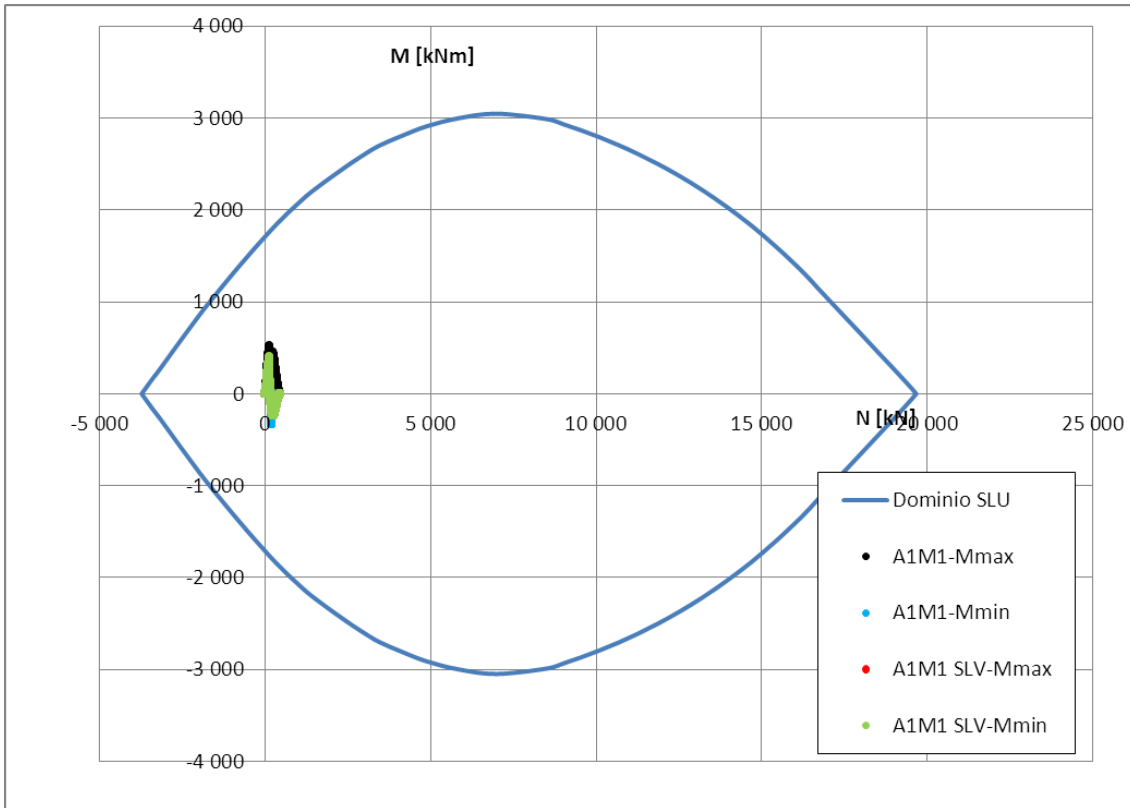


Figura 37: Dominio resistente N-M Stato Limite Ultimo per pali 1200 mm

La verifica allo Stato Limite Ultimo della sezione presso-inflessa è soddisfatta.

La verifica alle tensioni in esercizio ed alla fessurazione è stata effettuata per la condizione considerata come più gravosa. Tale condizione si ha alla quota di 203.20 m. Le azioni di verifica sono le seguenti:

$$N = 121.6 \text{ kN}$$

$$M = 404.1 \text{ kNm}$$

La sezione circolare con diametro 1200 mm sottoposta a tale stato di sollecitazione presenta le seguenti caratteristiche tensionali:

$$\sigma_c = -3.82 \text{ MPa} \quad \text{compressione massima nella fibra di calcestruzzo}$$

$$\sigma_s = 115.9 \text{ MPa} \quad \text{trazione massima nelle barre di armatura}$$

$$\text{fess.} = 0.117 \text{ mm} \quad \text{apertura delle fessure}$$



I limiti tensionali per la combinazione Rara sono pari a:

$\sigma_{c\_Rara} = 14.94 \text{ MPa}$       limite compressione nella fibra di calcestruzzo

$\sigma_{s\_Rara} = 360 \text{ MPa}$       limite trazione per le barre di armatura

L'apertura delle fessure limite è minore di 0.20 mm e rispetta quindi i limiti più restrittivi imposti dalla normativa.

Le verifiche allo Stato Limite di Esercizio sono quindi soddisfatte.

#### Verifica a taglio per lo Stato Limite Ultimo

Per la verifica a taglio si utilizza una procedura indicata nel Bollettino CEB nr. 137, allegato 5, studio di Paul Regan. Si analizza una sezione rettangolare equivalente con le seguenti caratteristiche:

$b_e = 0.9 D$       base equivalente

$d_e = 0.45 D + 0.64 ( d - D/2 )$       altezza equivalente

$D = 120 \text{ cm}$

$d = D - 2 \times \text{copriferro} = 107.2 \text{ cm}$

$b_e = 108 \text{ cm}$

$d_e = 84.2 \text{ cm}$

$h_e = d_e / 0.83 = 101 \text{ cm}$

$V_{max} = 472.5 \text{ kN}$       taglio massimo sollecitante

Si dispongono staffe  $\varnothing 20 / 20 \text{ cm}$  che garantiscono una resistenza a taglio pari a 859 kN. La verifica a taglio allo Stato Limite Ultimo è soddisfatta.

#### 13.1.4. Verifiche dei pali in c.a. – Pali di altezza 15 m (definitivi)

I pali definitivi di altezza 15 m sono stati progettati utilizzando i risultati numerici ricavati dalla sezione di calcolo 3.

Essi sono realizzati con un calcestruzzo di classe C32/40 con resistenza minima a compressione  $R_{ck} \geq 40$  MPa. L'acciaio è del tipo B450C con tensione limite caratteristica di snervamento  $f_{yk}$  pari a 450 MPa.

I pali sono armati con 18 barre longitudinali  $\varnothing 26$ . L'armatura a taglio è costituita da staffe  $\varnothing 20 / 20$  cm.

Le verifiche su tali sistemi di armatura seguono quanto riportato per i pali con carattere provvisorio. Il calcestruzzo per i pali con carattere definitivo è del tipo C32/40. Le verifiche allo Stato Limite Ultimo e di Esercizio sono soddisfatte. In particolare la verifica a fessurazione per la condizione di lungo termine con classe di esposizione XC4 è soddisfatta e rispetta il limite di apertura delle fessure di 0.30 mm (tipico della combinazione Frequente, considerata comunque cautelativa).

### 13.1.5. Tiranti di ancoraggio

I tiranti utilizzati per contrastare le paratie sono del tipo a trefoli stabilizzati. Le verifiche condotte sui tiranti riguardano lo stato tensionale, la lunghezza libera e la lunghezza di ancoraggio dei tiranti.

Nel seguito verranno riportate le verifiche corrispondenti.

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

$$L_s = h' + d$$

dove:

$$h' = 0.20h / \cos(45^\circ - \alpha - \varphi/2)$$

con  $\alpha =$  inclinazione tirante

$\varphi =$  angolo di attrito del terreno

$$d = (h + t - h_i) \sin(45^\circ - \varphi/2) \sin(45^\circ + \alpha + \varphi/2)$$

con  $h =$  altezza fuori scavo paratia

$t =$  infissione paratia

$h_i =$  profondità tirante

La lunghezza libera  $L_s$  dei tiranti viene modificata in condizioni sismiche ottenendo la  $L_e$  attraverso la seguente espressione:

$$L_e = L_s \cdot (1 + 1.5 S a_g)$$

dove:

$L_s =$  lunghezza determinata per i carichi statici



$a_g$  = accelerazione orizzontale massima

S = fattore che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo di fondazione, qui assunto pari a 1.80.

La verifica di resistenza per il bulbo di ancoraggio è stata effettuata in accordo a quanto riportato nelle Norme Tecniche per le Costruzioni al paragrafo 6.6.2, per la combinazione di carico A1+M1+R3, dove R3 sono i coefficienti di sicurezza per ancoraggio permanenti o temporanei.

Per le verifiche di resistenza, la tensione ammissibile di aderenza fra la malta del bulbo di ancoraggio ed il terreno è stata assunta costante per i vari strati di terreno. Si è assunto a favore di sicurezza un valore di tensione d'aderenza pari a 180 kPa.

Si riportano i risultati delle verifiche effettuate per i tiranti per le 3 sezioni di calcolo analizzate.



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

## Sezione n°1

### VERIFICA TIRANTI CON ANALISI STATICA

Ordine	Numero trefoli	Passo tiranti	Tiro max paratie	Area trefolo	$f_{pk}$	$\gamma_{Azioni}$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$R_d$	$E_d$	$R_d/E_d$	verifica
[-]	[-]	[m]	[kN/m]	[cmq]	[MPa]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[-]	[-]
1	4	2.8	170.6	1.39	1860	1.3	1	0.8	827.3	621.0	<b>1.33</b>	> 1
2	6	2.8	243.1	1.39	1860	1.3	1	0.8	1241.0	884.9	<b>1.40</b>	> 1
3	6	1.4	495.6	1.39	1860	1.3	1	0.8	1241.0	902.0	<b>1.38</b>	> 1
4	6	1.4	478.9	1.39	1860	1.3	1	0.8	1241.0	871.6	<b>1.42</b>	> 1
5	6	1.4	471.3	1.39	1860	1.3	1	0.8	1241.0	857.8	<b>1.45</b>	> 1

### VERIFICA TIRANTI CON ANALISI SISMICA

Ordine	Numero trefoli	Passo tiranti	Tiro max paratie	Area trefolo	$f_{yk}$	$\gamma_{Azioni}$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$R_d$	$E_d$	$R_d/E_d$	verifica
[-]	[-]	[m]	[kN/m]	[cmq]	[MPa]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[-]	[-]
1	4	2.8	155.5	1.39	1670	1	1	0.9	835.7	435.4	<b>1.92</b>	> 1
2	6	2.8	218.9	1.39	1670	1	1	0.9	1253.5	612.9	<b>2.05</b>	> 1
3	6	1.4	443.9	1.39	1670	1	1	0.9	1253.5	621.5	<b>2.02</b>	> 1
4	6	1.4	450.3	1.39	1670	1	1	0.9	1253.5	630.4	<b>1.99</b>	> 1
5	6	1.4	475.9	1.39	1670	1	1	0.9	1253.5	666.3	<b>1.88</b>	> 1

### VERIFICA DELL'ANCORAGGIO CON ANALISI STATICA

Ordine	Passo tiranti	Tiro max paratie	Lunghezza ancorag.	$\tau_{Terr. - fond.}$	Diametro perforaz.	$\alpha_{sbulbam.}$	$D^* \alpha$	$\gamma_{Azioni}$	$\gamma_{Resist}$	$R_{sd}$	$E_{sd}$	$R_{sd}/E_{sd}$	verifica
[-]	[m]	[kN/m]	[m]	[kPa]	[cm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[-]	[-]
1	2.8	170.6	8	180	15	1.4	21.0	1.3	1.1	863.7	621.0	<b>1.39</b>	> 1
2	2.8	243.1	12	180	18	1.4	25.2	1.3	1.1	1554.6	884.9	<b>1.76</b>	> 1
3	1.4	495.6	12	180	18	1.4	25.2	1.3	1.1	1554.6	902.0	<b>1.72</b>	> 1
4	1.4	478.9	13	180	18	1.4	25.2	1.3	1.1	1684.1	871.6	<b>1.93</b>	> 1
5	1.4	471.3	13	180	18	1.4	25.2	1.3	1.1	1684.1	857.8	<b>1.96</b>	> 1

### VERIFICA DELL'ANCORAGGIO CON ANALISI SISMICA

Ordine	Passo tiranti	Tiro max paratie	Lunghezza ancorag.	$\tau_{Terr. - fond.}$	Diametro perforaz.	$\alpha_{sbulbam.}$	$D^* \alpha$	$\gamma_{Azioni}$	$\gamma_{Resist}$	$R_{sd}$	$E_{sd}$	$R_{sd}/E_{sd}$	verifica
[-]	[m]	[kN/m]	[m]	[kPa]	[cm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[-]	[-]
1	2.8	155.5	8	180	15	1.4	21.0	1.0	1.1	863.7	435.4	<b>1.98</b>	> 1
2	2.8	218.9	12	180	18	1.4	25.2	1.0	1.1	1554.6	612.9	<b>2.54</b>	> 1
3	1.4	443.9	12	180	18	1.4	25.2	1.0	1.1	1554.6	621.5	<b>2.50</b>	> 1
4	1.4	450.3	13	180	18	1.4	25.2	1.0	1.1	1684.1	630.4	<b>2.67</b>	> 1
5	1.4	475.9	13	180	18	1.4	25.2	1.0	1.1	1684.1	666.3	<b>2.53</b>	> 1



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

## Sezione n°2

### VERIFICA TIRANTI CON ANALISI STATICA

Ordine	Numero trefoli	Passo tiranti	Tiro max paratie	Area trefolo	$f_{pk}$	$\gamma_{Azioni}$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$R_d$	$E_d$	$R_d/E_d$	verifica
[-]	[-]	[m]	[kN/m]	[cmq]	[MPa]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[-]	[-]
1	4	2.8	146.0	1.39	1860	1.3	1	0.8	827.3	531.4	1.56	> 1
2	6	2.8	234.0	1.39	1860	1.3	1	0.8	1241.0	851.8	1.46	> 1
3	6	1.4	476.0	1.39	1860	1.3	1	0.8	1241.0	866.3	1.43	> 1
4	6	1.4	473.5	1.39	1860	1.3	1	0.8	1241.0	861.8	1.44	> 1
5	6	1.4	468.7	1.39	1860	1.3	1	0.8	1241.0	853.0	1.45	> 1

### VERIFICA TIRANTI CON ANALISI SISMICA

Ordine	Numero trefoli	Passo tiranti	Tiro max paratie	Area trefolo	$f_{yk}$	$\gamma_{Azioni}$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$R_d$	$E_d$	$R_d/E_d$	verifica
[-]	[-]	[m]	[kN/m]	[cmq]	[MPa]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[-]	[-]
1	4	2.8	136.6	1.39	1670	1	1	0.9	835.7	382.5	2.18	> 1
2	6	2.8	217.6	1.39	1670	1	1	0.9	1253.5	609.3	2.06	> 1
3	6	1.4	438.1	1.39	1670	1	1	0.9	1253.5	613.3	2.04	> 1
4	6	1.4	448.6	1.39	1670	1	1	0.9	1253.5	628.0	2.00	> 1
5	6	1.4	473.1	1.39	1670	1	1	0.9	1253.5	662.3	1.89	> 1

### VERIFICA DELL'ANCORAGGIO CON ANALISI STATICA

Ordine	Passo tiranti	Tiro max paratie	Lunghezza ancorag.	$\tau_{Terr. - fond.}$	Diametro perforaz.	$\alpha_{sbulbam.}$	$D \cdot \alpha$	$\gamma_{Azioni}$	$\gamma_{Resist}$	$R_{sd}$	$E_{sd}$	$R_{sd}/E_{sd}$	verifica
[-]	[m]	[kN/m]	[m]	[kPa]	[cm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[-]	[-]
1	2.8	146.0	8	180	15	1.4	21.0	1.3	1.1	863.7	531.4	1.63	> 1
2	2.8	234.0	12	180	18	1.4	25.2	1.3	1.1	1554.6	851.8	1.83	> 1
3	1.4	476.0	12	180	18	1.4	25.2	1.3	1.1	1554.6	866.3	1.79	> 1
4	1.4	473.5	13	180	18	1.4	25.2	1.3	1.1	1684.1	861.8	1.95	> 1
5	1.4	468.7	13	180	18	1.4	25.2	1.3	1.1	1684.1	853.0	1.97	> 1

### VERIFICA DELL'ANCORAGGIO CON ANALISI SISMICA

Ordine	Passo tiranti	Tiro max paratie	Lunghezza ancorag.	$\tau_{Terr. - fond.}$	Diametro perforaz.	$\alpha_{sbulbam.}$	$D \cdot \alpha$	$\gamma_{Azioni}$	$\gamma_{Resist}$	$R_{sd}$	$E_{sd}$	$R_{sd}/E_{sd}$	verifica
[-]	[m]	[kN/m]	[m]	[kPa]	[cm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[-]	[-]
1	2.8	136.6	8	180	15	1.4	21.0	1.0	1.1	863.7	382.5	2.26	> 1
2	2.8	217.6	12	180	18	1.4	25.2	1.0	1.1	1554.6	609.3	2.55	> 1
3	1.4	438.1	12	180	18	1.4	25.2	1.0	1.1	1554.6	613.3	2.53	> 1
4	1.4	448.6	13	180	18	1.4	25.2	1.0	1.1	1684.1	628.0	2.68	> 1
5	1.4	473.1	13	180	18	1.4	25.2	1.0	1.1	1684.1	662.3	2.54	> 1



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

## Sezione n°3

### VERIFICA TIRANTI CON ANALISI STATICA

Ordine	Numero trefoli	Passo tiranti	Tiro max paratie	Area trefolo	$f_{pk}$	$\gamma_{Azioni}$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$R_d$	$E_d$	$R_d/E_d$	verifica
[-]	[-]	[m]	[kN/m]	[cmq]	[MPa]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[-]	[-]
1	6	2.8	227.3	1.39	1860	1.3	1	0.8	1241.0	827.4	<b>1.50</b>	> 1
2	6	1.4	433.2	1.39	1860	1.3	1	0.8	1241.0	788.4	<b>1.57</b>	> 1

### VERIFICA TIRANTI CON ANALISI SISMICA

Ordine	Numero trefoli	Passo tiranti	Tiro max paratie	Area trefolo	$f_{yk}$	$\gamma_{Azioni}$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$R_d$	$E_d$	$R_d/E_d$	verifica
[-]	[-]	[m]	[kN/m]	[cmq]	[MPa]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[-]	[-]
1	6	2.8	188.1	1.39	1670	1	1	0.9	1253.5	526.7	<b>2.38</b>	> 1
2	6	1.4	432.2	1.39	1670	1	1	0.9	1253.5	605.1	<b>2.07</b>	> 1

### VERIFICA DELL'ANCORAGGIO CON ANALISI STATICA

Ordine	Passo tiranti	Tiro max paratie	Lunghezza ancorag.	$\tau_{Terr. - fond.}$	Diametro perforaz.	$\alpha_{sbulbam.}$	$D \cdot \alpha$	$\gamma_{Azioni}$	$\gamma_{Resist}$	$R_{sd}$	$E_{sd}$	$R_{sd}/E_{sd}$	verifica
[-]	[m]	[kN/m]	[m]	[kPa]	[cm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[-]	[-]
1	2.8	227.3	12	180	15	1.4	21.0	1.3	1.2	1187.5	827.4	<b>1.44</b>	> 1
2	1.4	433.2	12	180	18	1.4	25.2	1.3	1.2	1425.0	788.4	<b>1.81</b>	> 1

### VERIFICA DELL'ANCORAGGIO CON ANALISI SISMICA

Ordine	Passo tiranti	Tiro max paratie	Lunghezza ancorag.	$\tau_{Terr. - fond.}$	Diametro perforaz.	$\alpha_{sbulbam.}$	$D \cdot \alpha$	$\gamma_{Azioni}$	$\gamma_{Resist}$	$R_{sd}$	$E_{sd}$	$R_{sd}/E_{sd}$	verifica
[-]	[m]	[kN/m]	[m]	[kPa]	[cm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[-]	[-]
1	2.8	188.1	12	180	15	1.4	21.0	1.0	1.2	1187.5	526.7	<b>2.25</b>	> 1
2	2.8	432.2	12	180	18	1.4	25.2	1.0	1.2	1425.0	1210.2	<b>1.18</b>	> 1



### 13.1.6. Travi di ripartizione

Le verifiche delle travi di ripartizione sono state effettuate utilizzando il metodo degli Stati Limite, considerando la trave soggetta all'azione massima dei tiranti in esercizio. Il momento flettente e l'azione di taglio cui sono soggette le travi di ripartizione sono stati calcolati nel modo seguente:

$$M = \frac{ql^2}{10} \quad V = \frac{ql}{2}$$

dove:

$l$  è pari all'interasse fra i tiranti

$q$  rappresenta la reazione distribuita della paratia lungo la trave di ripartizione supposta uniforme e quindi pari al tiro del tirante diviso per l'interasse.

Si analizza per i due diversi interassi presenti nel progetto la condizione di carico massimo. Il tiro massimo risulta essere il valore più elevato tra quelli ottenuti in condizioni statiche e sismiche, fra tutti i tiranti che hanno lo stesso interasse.

La condizione di esercizio più gravosa è stata ottenuta per la Sezione n°1, per la quale si riportano le sollecitazioni sulle travi di ripartizione per ogni ordine di tiranti.



Sezione n°1

A1+M1	Dati da Paratie		Azioni sollecitanti				
	T <sub>paratie</sub>	passo	M <sub>Sk</sub>	V <sub>Sk</sub>	γ <sub>A</sub>	M <sub>Sd</sub>	V <sub>Sd</sub>
CASO	[kN/m]	[m]	[kNm]	[kN]	[-]	[kNm]	[kN]
STATICO	171	2.8	134	239	1.3	174	310
SISMICO	156		122	218	1.0	122	218

Tiranti 1° ordine

A1+M1	Dati da Paratie		Azioni sollecitanti				
	T <sub>paratie</sub>	passo	M <sub>Sk</sub>	V <sub>Sk</sub>	γ <sub>A</sub>	M <sub>Sd</sub>	V <sub>Sd</sub>
CASO	[kN/m]	[m]	[kNm]	[kN]	[-]	[kNm]	[kN]
STATICO	243	2.8	191	340	1.3	248	442
SISMICO	219		172	306	1.0	172	306

Tiranti 2° ordine

A1+M1	Dati da Paratie		Azioni sollecitanti				
	T <sub>paratie</sub>	passo	M <sub>Sk</sub>	V <sub>Sk</sub>	γ <sub>A</sub>	M <sub>Sd</sub>	V <sub>Sd</sub>
CASO	[kN/m]	[m]	[kNm]	[kN]	[-]	[kNm]	[kN]
STATICO	496	1.4	97	347	1.3	126	451
SISMICO	444		87	311	1.0	87	311

Tiranti 3° ordine

A1+M1	Dati da Paratie		Azioni sollecitanti				
	T <sub>paratie</sub>	passo	M <sub>Sk</sub>	V <sub>Sk</sub>	γ <sub>A</sub>	M <sub>Sd</sub>	V <sub>Sd</sub>
CASO	[kN/m]	[m]	[kNm]	[kN]	[-]	[kNm]	[kN]
STATICO	479	1.4	94	335	1.3	122	436
SISMICO	450		88	315	1.0	88	315

Tiranti 4° ordine

A1+M1	Dati da Paratie		Azioni sollecitanti				
	T <sub>paratie</sub>	passo	M <sub>Sk</sub>	V <sub>Sk</sub>	γ <sub>A</sub>	M <sub>Sd</sub>	V <sub>Sd</sub>
CASO	[kN/m]	[m]	[kNm]	[kN]	[-]	[kNm]	[kN]
STATICO	471	1.4	92	330	1.3	120	429
SISMICO	476		93	333	1.0	93	333

Tiranti 5° ordine



La verifica della trave di ripartizione è stata effettuata considerando una sezione di calcestruzzo con base 50 cm ed altezza 50 cm. L'armatura è costituita da 5+5 barre longitudinali  $\phi 26$  e da 1+1 staffe  $\phi 14 / 20$  cm.

<b>Calcestruzzo</b>			
Classe	=	C25/30	
$R_{ck}$	$\geq$	30	MPa Valore caratteristico resistenza cubica
$f_{ck}$	=	24.9	MPa Valore caratteristico resistenza cilindrica
$f_{cm}$	=	32.9	MPa Valore medio resistenza cilindrica
$f_{ctm}$	=	2.56	MPa Valore medio resistenza a trazione semplice
$f_{ctm}$	=	3.07	MPa Valore medio resistenza a trazione per flessione
$\nu$	=	0.2	Coefficiente di Poisson
$E_{cm}$	=	31447	MPa Modulo elastico
$\gamma_c$	=	1.5	Coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	0.85	Coefficiente risuttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	=	14.11	MPa Resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctd}$	=	1.19	MPa Resistenza di calcolo a trazione
$\epsilon_{cu}$	=	0.0035	Deformazione a rottura per il calcestruzzo
$\epsilon_{c0}$	=	0.002	Def. limite del tratto a parabola del legame costitutivo del calcestruzzo
Valori per studio alle tensioni ammissibili:			
n	=	15	Coefficiente di omogeneizzazione
<b>Acciaio per c.a.</b>			
Tipo	=	<b>B 450 C</b>	
$f_{yk\ nom}$	=	450	MPa Valore nominale della tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk\ nom}$	=	540	MPa Valore nominale della tensione caratteristica di rottura
$\gamma_s$	=	1.15	Coefficiente parziale di sicurezza
$E_s$	=	210000	MPa Modulo elastico
$f_{yd}$	=	391.3	MPa Resistenza di calcolo
$\epsilon_{su}$	=	0.01	Deformazione a rottura per l'acciaio
<b>Tensioni ammissibili</b>			
$\sigma_{c\ amm}$	=	9.75	MPa tensione ammissibile del cls a compressione
$\tau_{c0}$	=	0.60	MPa tensione ammissibile del cls a taglio senza l'ausilio di armatura
$\tau_{c1}$	=	1.83	MPa tensione ammissibile del cls a taglio con l'ausilio di armatura
$\sigma_{s\ amm}$	=	255	MPa tensione ammissibile dall'acciaio
$\tau_b$	=	1.80	MPa tensione tangenziale di aderenza delle barre
<b>Caratteristiche geometriche</b>			
Sezione di cls			
B	=	50	cm base
H	=	50	cm altezza
A cls	=	2500	cmq area di cls
<b>Sistema di armatura per sollecitazioni <math>M_X</math>-<math>V_Y</math></b>			
Armatura longitudinale inferiore (per sollecitazione $M_X$ positiva)			
d1	=	26	mm diametro ferri prima fila
c1	=	5.00	cm copriferro ferri prima fila
i1	=	10.00	cm interasse ferri prima fila
As1	=	26.55	cmq area acciaio ferri prima fila
As	=	26.55	cmq area acciaio in zona tesa
Armatura longitudinale superiore (per sollecitazione $M_X$ positiva)			
d1	=	26	mm diametro ferri prima fila
c1	=	5.00	cm copriferro ferri prima fila
i1	=	10.00	cm interasse ferri prima fila
As'1	=	26.55	cmq area acciaio ferri prima fila
As'	=	26.55	cmq area di acciaio in zona compressa
Armatura trasversale, staffe e/o ferri piegati (per sollecitazione $V_Y$ )			



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

$\theta$	=	35	°	Inclinazione della biella di cls (standard: 45°)
Asw 1° ordine:				
$\alpha$	=	90	°	staffe: 90°; ferri piegati: angolo minore di 90°
n° bracci	=	4		
$\varphi 1$	=	14	mm	Diametro staffe primo ordine
s	=	200	mm	Passo delle staffe
<b>Sezione ideale interamente reagente omogeneizzata a cls</b>				
$A_i$	=	3296	cmq	area
$S_{i\ sup}^*$	=	82410	cmc	momento statico superiore
$y_{gi\ sup}$	=	25.00	cm	posizione del baricentro rispetto alla fibra superiore
$J_i$	=	799324	cm <sup>4</sup>	momento d'inerzia
$W_{i\ sup}$	=	31973	cmc	momento resistente superiore
$W_{i\ inf}$	=	31973	cmc	momento resistente inferiore
<b>Caratteristiche di esposizione e parametri per verifiche S.L.E.</b>				
Classe	=	XC2		classe di esposizione del sito
Condizioni ambientali: Ordinarie				
Armature poco sensibili alla corrosione.				
La verifica alla fessurazione è effettuata considerando i risultati delle combinazioni Frequente e Quasi permanente.				
La verifica alle tensioni è effettuata considerando i risultati delle combinazioni Rara e Quasi Permanente.				
$w_d$ - Frequente	≤	0.4	mm	apertura limite delle fessure per le combinazioni Frequente
$w_d$ - Q.P.	≤	0.3	mm	apertura limite delle fessure per le combinazioni Quasi Permanente
$\sigma_c$ Rara	≤	14.9	MPa	tensione limite nel calcestruzzo per le combinazioni Rara
$\sigma_c$ Q.P.	≤	11.2	MPa	tensione limite nel calcestruzzo per le combinazioni Quasi Permanente
$\sigma_s$	≤	360.0	MPa	tensione limite per l'acciaio di armatura
beta	=	1.7	-	
beta 1	=	1.0	-	
beta 2	=	0.5	-	1,0 carichi di breve durata - 0,5 carichi di lunga durata o ciclici
k 2	=	0.4	-	0,4 barre ad aderenza migliorata

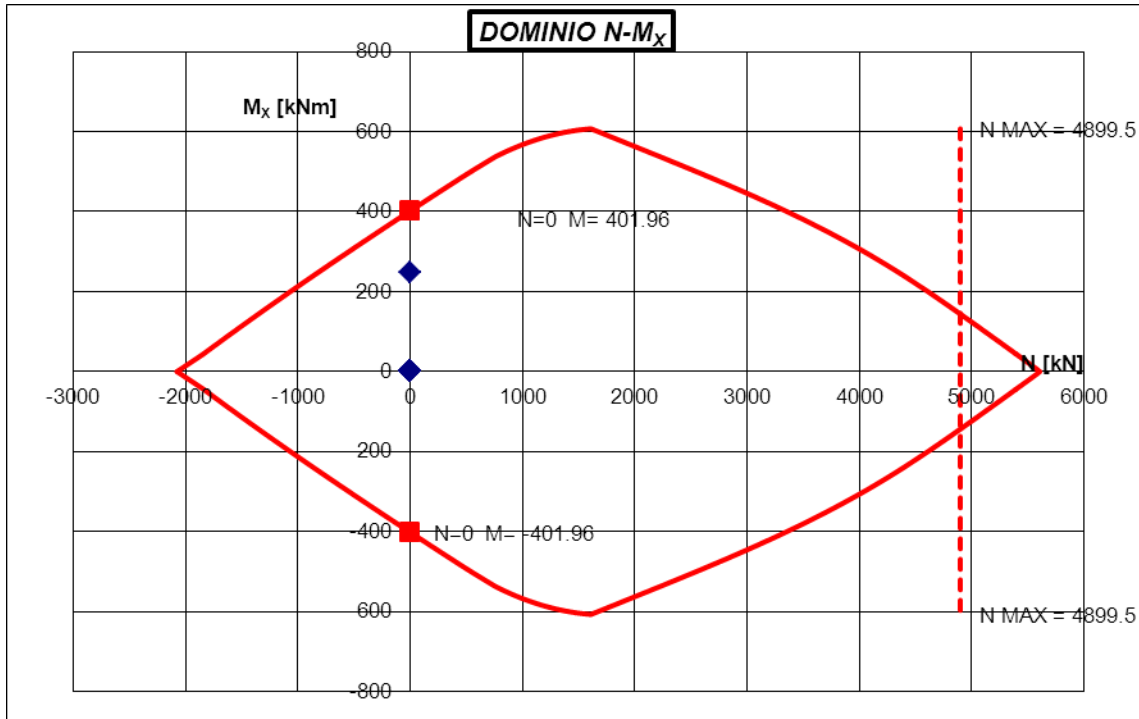
**Verifica a taglio della sezione maggiormente sollecitata ( $V_Y$ ):**  
 Nella verifica a taglio NON si considera l'effetto positivo della compressione sulla sezione.  
 Nella verifica a taglio NON si considera l'effetto positivo dovuto ai meccanismi secondari di resistenza a taglio.  
 Nella sezione sono previste armature trasversali resistenti a sollecitazioni di taglio.

$V_{SdY} = 442$  kN Massima azione di taglio agente sulla sezione  
 $V_{RdY} = 619$  kN Risorsa resistente a taglio della sezione  
 $SF = 1.40$  [-] Coefficiente di sicurezza per sollecitazione  $V_Y$

La verifica a taglio per sollecitazione  $V_Y$  è soddisfatta.

**Combinazioni di carico e verifica a pressoflessione retta**

					<b>N+MX</b>
n°	COMB	N [kN]	MX [kNm]	VY [kN]	<b>SF</b>
1	COMBO 1		248.0	442.0	<b>1.62</b>



COMBO	Verifica tensioni in esercizio							Verifica fessurazione					
	[kN]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[-]	[kNm]		[mm]	[mm]	
QP	N	M <sub>x</sub>	σ <sub>c</sub> max	σ <sub>c</sub> min	σ <sub>s</sub> max	σ <sub>s</sub> min	σ <sub>s</sub> ' max	σ <sub>s</sub> ' min	k 3	M form fess	M <sub>f</sub> > M ?	wk' limite	wk'
QP	0.0	190.8	7.65	-	189.6	189.6	-70.9	-70.9	0.125	81.85	NO	0.300	0.210

Le verifiche alle tensioni in esercizio ed alla fessurazione sono soddisfatte considerando i limiti, più restrittivi, della combinazione Quasi Permanente.

### 13.1.7. Travi di testa nella zona del fronte di attacco

Le verifiche strutturali delle travi di testa in corrispondenza dei fronti di attacco delle due canne della galleria naturale, sono state effettuate in accordo agli Stati Limite, considerando come carichi i seguenti contributi:

- peso proprio della trave di testata;
- peso dei pali sostenuti dalla trave nelle zone in corrispondenza del fronte.

Per la trave in questione si considera una sezione rettangolare 100x150 cm come da tavole di progetto. Per la verifica si considera una porzione di trave di testata, avente una luce di 15.5 m ed un'altezza media dei pali appesi che devono essere sostenuti dalla trave stessa di 3.0 m (tale condizione di carico è riferita alla fase in cui vengono tagliati i pali che insistono sul fronte della galleria per lo scavo della stessa). Le azioni sulla trave sono pari a:

$$q_{\text{trave}} = 1 \text{ m} \cdot 1.5 \text{ m} \cdot 25 \text{ kN/mc} = 37.5 \text{ kN/m}$$

$$q_{\text{pali}} = [\pi \cdot (1.2 \text{ m})^2 / 4] \cdot 3 \text{ m} \cdot 25 \text{ kN/mc} / 1.4 \text{ m} = 61 \text{ kN/m}$$

Le sollecitazioni allo Stato Limite Ultimo sono pari a:

$$M_{\text{SLU}} = (61 + 37.5) \text{ kN/m} \cdot 1.3 \cdot (15.5 \text{ m})^2 / 10 = 3077 \text{ kNm}$$

$$V_{\text{SLU}} = (61 + 37.5) \text{ kN/m} \cdot 1.3 \cdot (15.5 \text{ m}) / 2 = 993 \text{ kN}$$

Le sollecitazioni allo Stato Limite di Esercizio sono pari a:

$$M_{\text{SLE}} = (61 + 37.5) \text{ kN/m} \cdot 1.0 \cdot (15.5 \text{ m})^2 / 10 = 2367 \text{ kNm}$$

$$V_{\text{SLE}} = (61 + 37.5) \text{ kN/m} \cdot 1.0 \cdot (15.5 \text{ m}) / 2 = 764 \text{ kN}$$



La trave ha un'armatura costituita da 14+12 barre  $\varnothing 26$  disposte all'intradosso e 10+10 barre  $\varnothing 26$  disposte all'estradosso della trave. La staffatura è formata da 1+1  $\varnothing 20 / 25$  cm.

<b>Calcestruzzo</b>			
Classe	=	C28/35	
$R_{ck}$	$\geq$	35	MPa Valore caratteristico resistenza cubica
$f_{ck}$	=	29.05	MPa Valore caratteristico resistenza cilindrica
$f_{cm}$	=	37.05	MPa Valore medio resistenza cilindrica
$f_{ctm}$	=	2.83	MPa Valore medio resistenza a trazione semplice
$f_{ctfm}$	=	3.40	MPa Valore medio resistenza a trazione per flessione
$\nu$	=	0.2	Coefficiente di Poisson
$E_{cm}$	=	32588	MPa Modulo elastico
$\gamma_c$	=	1.5	Coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	0.85	Coefficiente risuttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	=	16.46	MPa Resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctd}$	=	1.32	MPa Resistenza di calcolo a trazione
$\epsilon_{cu}$	=	0.0035	Deformazione a rottura per il calcestruzzo
$\epsilon_{c0}$	=	0.002	Def. limite del tratto a parabola del legame costitutivo del calcestruzzo
Valori per studio alle tensioni ammissibili:			
$n$	=	15	Coefficiente di omogeneizzazione
<b>Acciaio per c.a.</b>			
Tipo	=	<b>B 450 C</b>	
$f_{yk\ nom}$	=	450	MPa Valore nominale della tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk\ nom}$	=	540	MPa Valore nominale della tensione caratteristica di rottura
$\gamma_s$	=	1.15	Coefficiente parziale di sicurezza
$E_s$	=	210000	MPa Modulo elastico
$f_{yd}$	=	391.3	MPa Resistenza di calcolo
$\epsilon_{su}$	=	0.01	Deformazione a rottura per l'acciaio
<b>Tensioni ammissibili</b>			
$\sigma_{c\ amm}$	=	11.00	MPa tensione ammissibile del cls a compressione
$\tau_{c0}$	=	0.67	MPa tensione ammissibile del cls a taglio senza l'ausilio di armatura
$\tau_{c1}$	=	1.97	MPa tensione ammissibile del cls a taglio con l'ausilio di armatura
$\sigma_{s\ amm}$	=	255	MPa tensione ammissibile dall'acciaio
$\tau_b$	=	2.00	MPa tensione tangenziale di aderenza delle barre
<b>Caratteristiche geometriche</b>			
Sezione di cls			
B	=	150	cm base
H	=	100	cm altezza
A cls	=	15000	cmq area di cls
<b>Sistema di armatura per sollecitazioni <math>M_X-V_Y</math></b>			
Armatura longitudinale inferiore (per sollecitazione $M_X$ positiva)			
d1	=	26	mm diametro ferri prima fila
c1	=	6.00	cm copriferro ferri prima fila
i1	=	10.71	cm interasse ferri prima fila
As1	=	74.33	cmq area acciaio ferri prima fila
d2	=	26	mm diametro ferri seconda fila
c2	=	10.00	cm copriferro ferri seconda fila
i2	=	12.50	cm interasse ferri seconda fila
As2	=	63.71	cmq area acciaio ferri seconda fila
As	=	138.04	cmq area acciaio in zona tesa
Armatura longitudinale superiore (per sollecitazione $M_X$ positiva)			
d1	=	26	mm diametro ferri prima fila
c1	=	6.00	cm copriferro ferri prima fila



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

i1	=	15.00	cm	interasse ferri prima fila
As'1	=	53.09	cmq	area acciaio ferri prima fila
d2	=	26	mm	diámetro ferri seconda fila
c2	=	10.00	cm	copriferro ferri seconda fila
i2	=	15.00	cm	interasse ferri seconda fila
As'2	=	53.09	cmq	area acciaio ferri seconda fila
As'	=	106.19	cmq	area di acciaio in zona compressa
Armatura trasversale, staffe e/o ferri piegati (per sollecitazione $V_Y$ )				
$\theta$	=	45	°	Inclinazione della biella di cls (standard: 45°)
Asw 1° ordine:				
$\alpha$	=	90	°	staffe: 90°; ferri piegati: angolo minore di 90°
n° bracci	=	4		
$\phi 1$	=	20	mm	Diametro staffe primo ordine
s	=	250	mm	Passo delle staffe
<b>Sezione ideale interamente reagente omogeneizzata a cls</b>				
$A_i$	=	18663	cmq	area
$S_{i\ sup}^*$	=	952937	cmc	momento statico superiore
$y_{gi\ sup}$	=	51.06	cm	posizione del baricentro rispetto alla fibra superiore
$J_i$	=	18588053	cm <sup>4</sup>	momento d'inerzia
$W_{i\ sup}$	=	364050	cmc	momento resistente superiore
$W_{i\ inf}$	=	379806	cmc	momento resistente inferiore
<b>Caratteristiche di esposizione e parametri per verifiche S.L.E.</b>				
Classe	=	XC2		classe di esposizione del sito
Condizioni ambientali: Ordinarie				
Armature poco sensibili alla corrosione.				
La verifica alla fessurazione è effettuata considerando i risultati delle combinazioni Frequente e Quasi permanente.				
La verifica alle tensioni è effettuata considerando i risultati delle combinazioni Rara e Quasi Permanente.				
$w_d$ - Frequente	≤	0.4	mm	apertura limite delle fessure per le combinazioni Frequente
$w_d$ - Q.P.	≤	0.3	mm	apertura limite delle fessure per le combinazioni Quasi Permanente
$\sigma_c$ Rara	≤	17.4	MPa	tensione limite nel calcestruzzo per le combinazioni Rara
$\sigma_c$ Q.P.	≤	13.1	MPa	tensione limite nel calcestruzzo per le combinazioni Quasi Permanente
$\sigma_s$	≤	360.0	MPa	tensione limite per l'acciaio di armatura
beta	=	1.7	-	
beta 1	=	1.0	-	
beta 2	=	0.5	-	1,0 carichi di breve durata - 0,5 carichi di lunga durata o ciclici
k 2	=	0.4	-	0,4 barre ad aderenza migliorata

**Verifica a taglio della sezione maggiormente sollecitata ( $V_Y$ ):**

Nella verifica a taglio NON si considera l'effetto positivo della compressione sulla sezione.

Nella verifica a taglio NON si considera l'effetto positivo dovuto ai meccanismi secondari di resistenza a taglio.

Nella sezione sono previste armature trasversali resistenti a sollecitazioni di taglio.

$$V_{SdY} = 993 \text{ kN} \text{ Massima azione di taglio agente sulla sezione}$$

$$V_{RdY} = 1469 \text{ kN} \text{ Risorsa resistente a taglio della sezione}$$

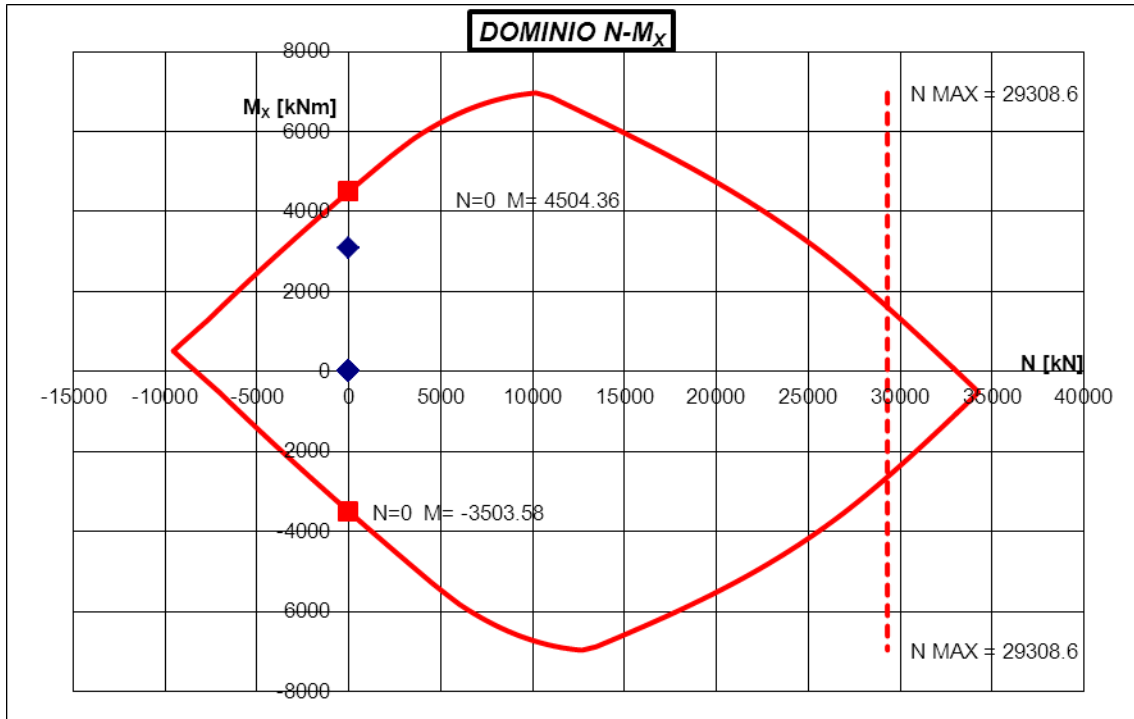
$$SF = 1.48 \text{ [-]} \text{ Coefficiente di sicurezza per sollecitazione } V_Y$$

La verifica a taglio per sollecitazione  $V_Y$  è soddisfatta.

**Combinazioni di carico e verifica a pressoflessione retta**

n°	COMB	N [kN]	MX [kNm]	VY [kN]	N+MX SF
1	COMBO 1		3077.0	993.0	<b>1.46</b>





COMBO	Verifica tensioni in esercizio								Verifica fessurazione				
	[kN]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[-]	[kNm]	<i>[mm]</i>	[mm]	
QP	N	M <sub>x</sub>	σ <sub>c</sub> max	σ <sub>c</sub> min	σ <sub>s</sub> max	σ <sub>s</sub> min	σ <sub>s</sub> ' max	σ <sub>s</sub> ' min	k 3	M form fess	M <sub>f</sub> > M ?	<i>wk' limite</i>	wk'
QP	0.0	2367.0	8.12	-	219.8	205.1	-80.1	-94.8	0.125	1074.85	NO	0.300	0.281

Le verifiche alle tensioni in esercizio ed alla fessurazione sono soddisfatte considerando i limiti, più restrittivi, della combinazione Quasi Permanente.

### 13.1.8. Travi di testa nelle zone laterali

Le verifiche strutturali della trave di testata, in corrispondenza della paratia fuori dalle zone dove sono i fronti di attacco delle due canne della galleria naturale, sono state effettuate in accordo agli Stati Limite, considerando la trave soggetta all'azione del primo ordine di tiranti.

La massima sollecitazione del primo ordine di tiranti è stata ottenuta per la Sezione n°1. Essa è pari a 170.6 kN/m per la combinazione A1M1. Il passo del primo ordine di tiranti è pari a 2.8 m.

La trave è quindi soggetta ad un momento flettente e ad un'azione di taglio, per lo Stato Limite Ultimo e di Esercizio pari a:

$$M_{SLU} = 1.3 \cdot 170.6 \text{ kN/m} \cdot (2.8 \text{ m})^2 / 10 = 173.9 \text{ kNm}$$

$$V_{SLU} = 1.3 \cdot 170.6 \text{ kN/m} \cdot (2.8 \text{ m}) / 2 = 310.5 \text{ kN}$$

$$M_{SLE} = 170.6 \text{ kN/m} \cdot (2.8 \text{ m})^2 / 10 = 133.8 \text{ kNm}$$

$$V_{SLE} = 170.6 \text{ kN/m} \cdot (2.8 \text{ m}) / 2 = 238.8 \text{ kN}$$

L'armatura longitudinale è costituita da 5+5 barre  $\phi 26$  mentre l'armatura a taglio è formata da staffe 1+1  $\phi 14 / 25$  cm.

#### Calcestruzzo

Classe	=	C28/35		
$R_{ck}$	$\geq$	35	MPa	Valore caratteristico resistenza cubica
$f_{ck}$	=	29.05	MPa	Valore caratteristico resistenza cilindrica
$f_{cm}$	=	37.05	MPa	Valore medio resistenza cilindrica
$f_{ctm}$	=	2.83	MPa	Valore medio resistenza a trazione semplice
$f_{ctm}$	=	3.40	MPa	Valore medio resistenza a trazione per flessione
$\nu$	=	0.2		Coefficiente di Poisson
$E_{cm}$	=	32588	MPa	Modulo elastico
$\gamma_c$	=	1.5		Coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	0.85		Coefficiente risuttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	=	16.46	MPa	Resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctd}$	=	1.32	MPa	Resistenza di calcolo a trazione
$\epsilon_{cu}$	=	0.0035		Deformazione a rottura per il calcestruzzo
$\epsilon_{c0}$	=	0.002		Def. limite del tratto a parabola del legame costitutivo del calcestruzzo
Valori per studio alle tensioni ammissibili:				
$n$	=	15		Coefficiente di omogeneizzazione

#### Acciaio per c.a.

Tipo	=	<b>B 450 C</b>		
$f_{yk \text{ nom}}$	=	450	MPa	Valore nominale della tensione caratteristica di snervamento



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

$f_{tk\ nom}$	=	540	MPa	Valore nominale della tensione caratteristica di rottura
$\gamma_s$	=	1.15		Coefficiente parziale di sicurezza
$E_s$	=	210000	MPa	Modulo elastico
$f_{yd}$	=	391.3	MPa	Resistenza di calcolo
$\epsilon_{su}$	=	0.01		Deformazione a rottura per l'acciaio
<b>Tensioni ammissibili</b>				
$\sigma_{c\ amm}$	=	11.00	MPa	tensione ammissibile del cls a compressione
$\tau_{c0}$	=	0.67	MPa	tensione ammissibile del cls a taglio senza l'ausilio di armatura
$\tau_{c1}$	=	1.97	MPa	tensione ammissibile del cls a taglio con l'ausilio di armatura
$\sigma_{s\ amm}$	=	255	MPa	tensione ammissibile dall'acciaio
$\tau_b$	=	2.00	MPa	tensione tangenziale di aderenza delle barre
<b>Caratteristiche geometriche</b>				
Sezione di cls				
B	=	150	cm	base
H	=	100	cm	altezza
A cls	=	15000	cmq	area di cls
<b>Sistema di armatura per sollecitazioni <math>M_X</math>-<math>V_Y</math></b>				
Armatura longitudinale inferiore (per sollecitazione $M_X$ positiva)				
d1	=	26	mm	diametro ferri prima fila
c1	=	6.00	cm	copriferro ferri prima fila
i1	=	30.00	cm	interasse ferri prima fila
As1	=	26.55	cmq	area acciaio ferri prima fila
As	=	26.55	cmq	area acciaio in zona tesa
Armatura longitudinale superiore (per sollecitazione $M_X$ positiva)				
d1	=	26	mm	diametro ferri prima fila
c1	=	6.00	cm	copriferro ferri prima fila
i1	=	30.00	cm	interasse ferri prima fila
As'1	=	26.55	cmq	area acciaio ferri prima fila
As'	=	26.55	cmq	area di acciaio in zona compressa
Armatura trasversale, staffe e/o ferri piegati (per sollecitazione $V_Y$ )				
$\theta$	=	45	°	Inclinazione della biella di cls (standard: 45°)
Asw 1° ordine:				
$\alpha$	=	90	°	staffe: 90°; ferri piegati: angolo minore di 90°
n° bracci	=	4		
$\phi 1$	=	14	mm	Diametro staffe primo ordine
s	=	250	mm	Passo delle staffe
<b>Sezione ideale interamente reagente omogeneizzata a cls</b>				
$A_i$	=	15796	cmq	area
$S^*_{i\ sup}$	=	789820	cmc	momento statico superiore
$y_{gi\ sup}$	=	50.00	cm	posizione del baricentro rispetto alla fibra superiore
$J_i$	=	13952057	cm <sup>4</sup>	momento d'inerzia
$W_{i\ sup}$	=	279041	cmc	momento resistente superiore
$W_{i\ inf}$	=	279041	cmc	momento resistente inferiore
<b>Caratteristiche di esposizione e parametri per verifiche S.L.E.</b>				
Classe	=	XC2		classe di esposizione del sito
Condizioni ambientali: Ordinarie				
Armature poco sensibili alla corrosione.				
La verifica alla fessurazione è effettuata considerando i risultati delle combinazioni Frequente e Quasi permanente.				
La verifica alle tensioni è effettuata considerando i risultati delle combinazioni Rara e Quasi Permanente.				
$w_d$ - Frequente	≤	0.4	mm	apertura limite delle fessure per le combinazioni Frequente
$w_d$ - Q.P.	≤	0.3	mm	apertura limite delle fessure per le combinazioni Quasi Permanente
$\sigma_c$ Rara	≤	17.4	MPa	tensione limite nel calcestruzzo per le combinazioni Rara
$\sigma_c$ Q.P.	≤	13.1	MPa	tensione limite nel calcestruzzo per le combinazioni Quasi Permanente
$\sigma_s$	≤	360.0	MPa	tensione limite per l'acciaio di armatura
beta	=	1.7	-	
beta 1	=	1.0	-	



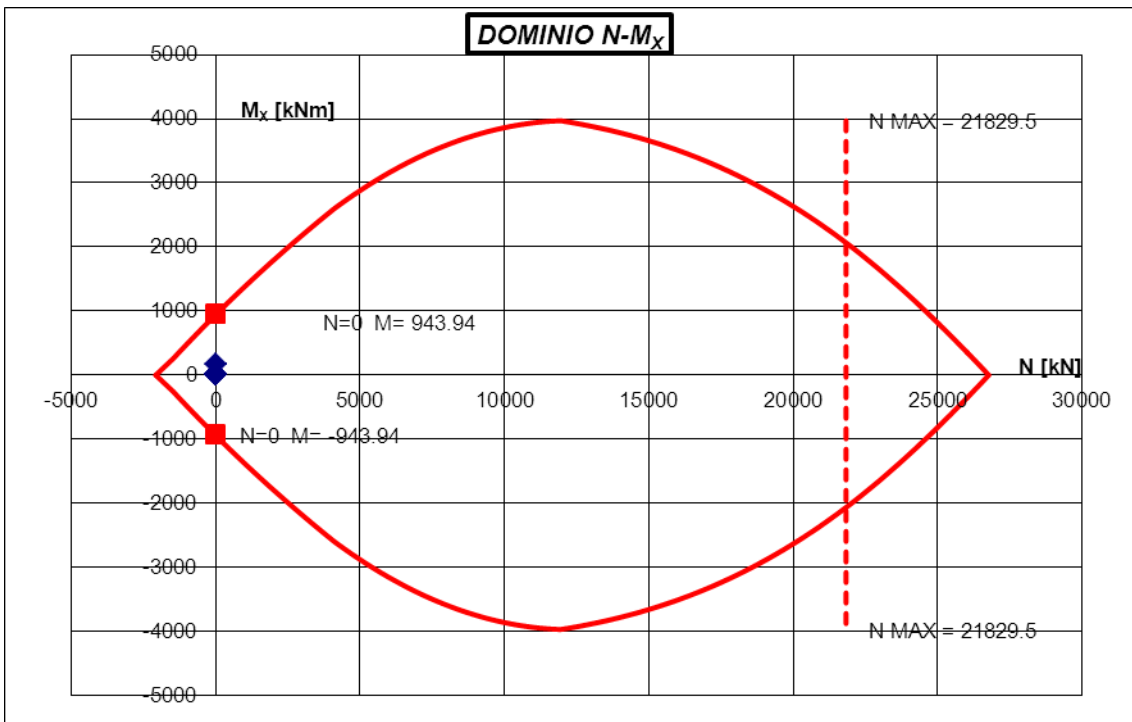
**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

beta 2	=	0.5	-	1,0 carichi di breve durata - 0,5 carichi di lunga durata o ciclici
k 2	=	0.4	-	0,4 barre ad aderenza migliorata

**Verifica a taglio della sezione maggiormente sollecitata (V<sub>Y</sub>):**  
 Nella verifica a taglio NON si considera l'effetto positivo della compressione sulla sezione.  
 Nella verifica a taglio NON si considera l'effetto positivo dovuto ai meccanismi secondari di resistenza a taglio.  
 Nella sezione sono previste armature trasversali resistenti a sollecitazioni di taglio.  
 V<sub>Sd Y</sub> = 311 kN Massima azione di taglio agente sulla sezione  
 V<sub>Rd Y</sub> = 720 kN Risorsa resistente a taglio della sezione  
 SF = 2.32 [-] Coefficiente di sicurezza per sollecitazione V<sub>Y</sub>  
 La verifica a taglio per sollecitazione VY è soddisfatta.

**Combinazioni di carico e verifica a pressoflessione retta**

n°	COMB	N [kN]	MX [kNm]	VY [kN]	N+MX	SF
1	COMBO 1		173.9	310.5		<b>5.43</b>



COMBO	Verifica tensioni in esercizio								Verifica fessurazione				
	[kN]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[-]	[kNm]	Mf > M ?	[mm]	[mm]
QP	N	M <sub>x</sub>	σ <sub>c</sub> max	σ <sub>c</sub> min	σ <sub>s</sub> max	σ <sub>s</sub> min	σ <sub>s</sub> ' max	σ <sub>s</sub> ' min	k 3	M form fess		wk' limite	wk'
QP	0.0	133.8	0.96	-	58.3	58.3	-8.7	-8.7	0.125	789.69	SI	0.300	OK

Le verifiche alle tensioni in esercizio ed alla fessurazione sono soddisfatte considerando i limiti, più restrittivi, della combinazione Quasi Permanente.

## 14. ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE PER LA PARATIA E PER IL VERSANTE

Le analisi di stabilità del versante interessato dalle opere di imbocco ha previsto lo studio di due situazioni “critiche”:

- 1) Analisi di stabilità globale della paratia nei confronti di meccanismi di scivolamento con superficie di scorrimento curvilinea;
- 2) Analisi dell’interferenza fra la costruzione dell’imbocco ed il versante a monte della galleria, in cui si inserisce la struttura in costruzione del nuovo ospedale.

La prima analisi è specifica per lo studio della stabilità globale della paratia di sostegno. Essa è stata eseguita con il software commerciale SLOPE. La seconda analisi serve per analizzare il comportamento deformativo del versante a monte della galleria e, come detto, in particolare per valutare l’entità degli spostamenti cui è sottoposto l’ospedale e le opere in costruzione.

### 14.1. ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE DELLA PARATIA

#### 14.1.1. Metodologia di analisi

L’esame della condizioni di stabilità è stato condotto utilizzando gli usuali metodi dell’equilibrio limite. Le analisi di stabilità sono state eseguite utilizzando il programma di calcolo SLOPE / W, in accordo alla combinazione A2+M2+R2. I parametri A2 sono amplificativi delle azioni, mentre i parametri M2 modificano i parametri di resistenza del terreno. Il coefficiente R2 è pari a 1.1; il fattore di sicurezza minimo deve essere quindi pari a 1.1. Le caratteristiche geomeccaniche dei terreni, modificati con i coefficienti di normativa M2, sono riportate nella Tabella 2, specificatamente per i terreni “Unità 4a”, “Unità 4b” e “Unità 7”.

Il programma si basa sull'applicazione di diversi metodi dell'equilibrio limite in condizioni bidimensionali quali il metodo di Bishop semplificato (1955), quello di Janbu semplificato (1973) e quello di Spencer (1967). I fattori di sicurezza presi in considerazione nel seguito sono stati ottenuti tramite il metodo di Bishop semplificato.

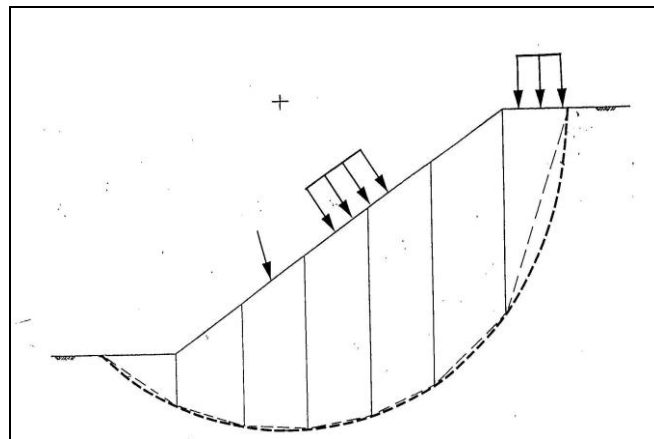


Figura 38: Blocco di terreno instabile suddiviso in conci.

Il metodo valuta le condizioni di stabilità di un pendio naturale o di una scarpata artificiale ricercando per tentativi la superficie di scivolamento "critica" (ossia quella a cui compete il coefficiente di sicurezza  $F_S$  minimo) e verificando se tale valore risulta maggiore o minore di 1.

Il valore di  $F_S=1$  corrisponde ad una situazione di incipiente scivolamento del pendio lungo la superficie di scorrimento considerata. Il metodo si basa sulla considerazione dell'equilibrio di un blocco (o "cuneo") rigido di terreno rappresentato nella seguente figura. Il cuneo è soggetto sia all'azione del peso proprio sia a quella di eventuali forze esterne di varia natura (sovraccarichi verticali, azioni dei tiranti, forze di inerzia sismiche, ecc.); inoltre è possibile considerare la presenza della falda all'interno del pendio, trascurando il fenomeno di filtrazione.

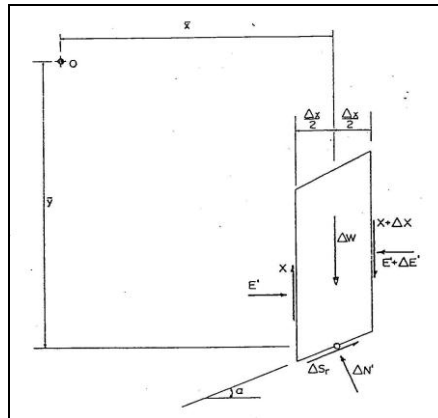


Figura 39: *Forze agenti sui conci.*

A questo scopo il blocco viene dapprima suddiviso in conci e l'equilibrio globale è analizzato come somma dell'equilibrio di ciascuno di essi facendo delle assunzioni semplificatrici sulle forze reciproche tra i conci. Il metodo consente di valutare un valore del coefficiente di sicurezza medio della superficie di scivolamento ( $F_s=1$ ) definito come:

$$F_s = \frac{(\tau_{ult})_m}{\tau_m}$$

essendo:

$(\tau_{ult})_m$  = resistenza al taglio media del terreno lungo la superficie di scivolamento;

$\tau_m$  = tensione tangenziale media mobilitata lungo la superficie di scivolamento.

Il programma ricerca automaticamente la superficie di scorrimento "critica" con un procedimento iterativo basato sul tracciamento automatico delle superfici circolari e sul successivo calcolo del coefficiente di sicurezza di ciascuna di esse. A questo proposito viene dapprima individuato un settore di passaggio (o un punto) comune a tutte le superfici di scivolamento (ad esempio: un tratto su uno dei contorni del pendio) ed una griglia di punti che vengono utilizzati come centro delle varie possibili superfici di scivolamento. Per ciascuna di esse viene

eseguito il calcolo del coefficiente di sicurezza ed il valore più piccolo tra quelli ottenuti è assegnato all'intero pendio.

Eventualmente la procedura può essere ripetuta imponendo altri vincoli alle superfici di scivolamento in modo da migliorare l'affidabilità della ricerca.

#### 14.1.2. Risultati

La verifica di stabilità è stata effettuata utilizzando come sezione di calcolo quella di massima altezza in prossimità dell'asse alla galleria. Le analisi sono state effettuate cautelativamente in assenza dell'azione stabilizzante esercitata dai tiranti. Le analisi sono da intendersi a breve termine data la provvisorietà della situazione considerata (nel lungo termine si procede infatti al ritombamento degli sbancamenti effettuati).

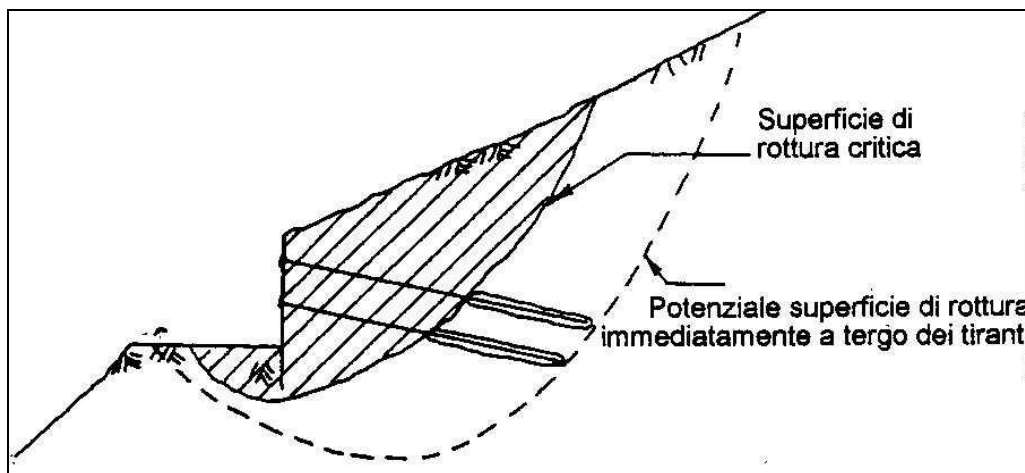


Figura 40: *Analisi di stabilità per determinare la lunghezza libera e la lunghezza della fondazione del tirante*

Le verifiche sono state effettuate su superfici di potenziale scivolamento passanti per il punto di infissione della paratia.

Con riferimento alla Figura 40, si è valutato che tutte le superfici che mediamente escludono i bulbi di ancoraggio dei tiranti (dalla superficie critica verso l'interno del versante) e che passano per il piede della paratia verificano le prescrizioni da Normativa.





Verifica di stabilità – Metodo di Bishop	
Fs statico	Fs sismico
1.717	1.517

*Risultati verifiche di stabilità globale della paratia.*

Si deve infine porre l'attenzione sulla necessità di un adeguato sistema di drenaggio al fine di garantire un abbassamento della falda in prossimità dello sbancamento.

Si precisa che la verifica in condizioni sismiche è stata eseguita considerando i parametri  $K_h$  e  $K_v$  determinati in accordo alle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14/01/2008. Tali coefficienti sismici sono pari a:

$$K_h = 0.0375$$

$$K_v = 0.01875$$

Analisi in condizioni STATICHE

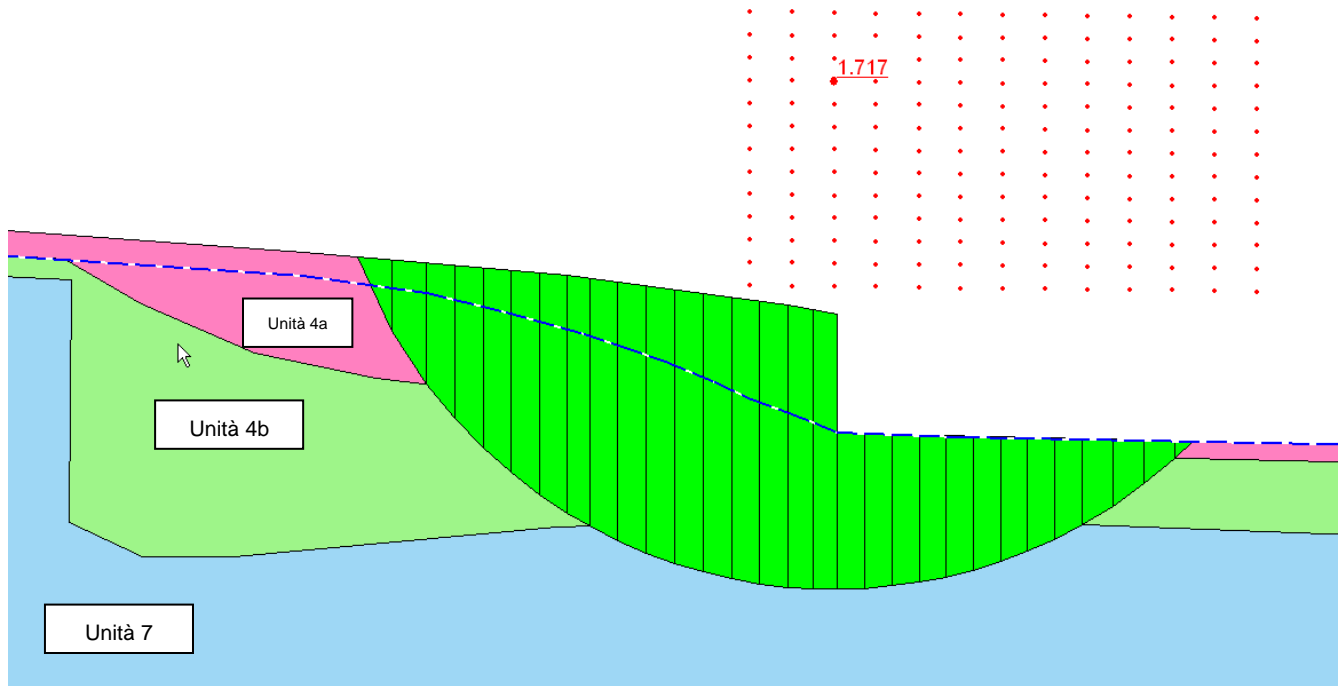


Figura 41: output grafico dell'analisi di stabilità globale, per il caso statico, eseguita con Slope

Verifica in condizioni statiche –  $F_s = 1.717 > 1.1$

Analisi in condizioni SISMICHE

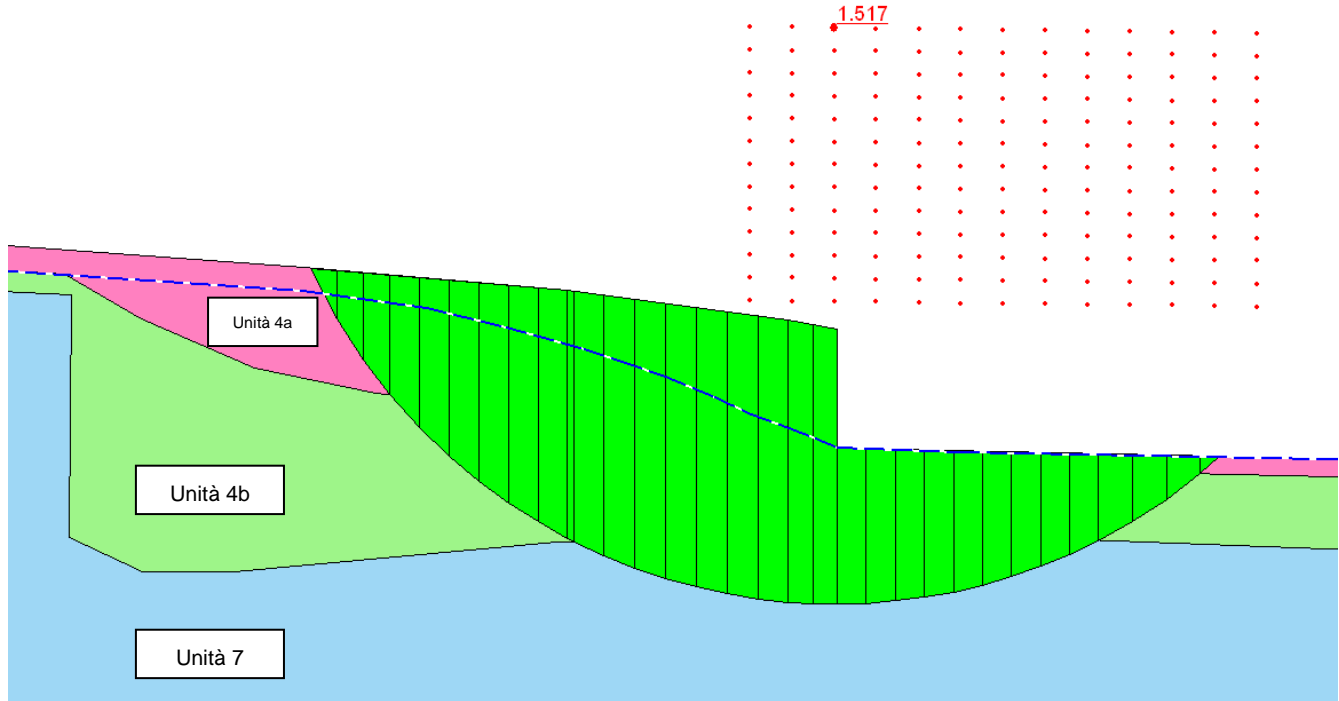


Figura 42: output grafico dell'analisi di stabilità globale, per il caso sismico, eseguita con Slope

Verifica in condizioni sismiche –  $F_s = 1.517 > 1.1$

## **14.2. ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE LUNGO LA SEZIONE DI MASSIMA PENDENZA**

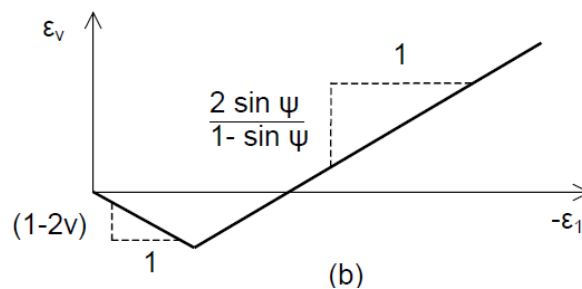
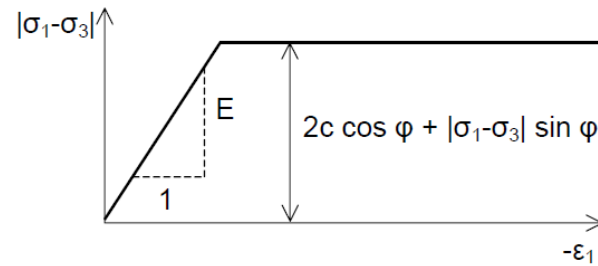
Nel presente capitolo si riportano gli esiti dell'analisi volta a valutare le condizioni di stabilità globale del versante lungo la sezione di massima pendenza a seguito degli scavi in corrispondenza della paratia d'imbocco.

Lo studio è riferito alla sezione G-G' la quale risulta in corrispondenza dell'area della struttura ospedaliera per la quale nel seguito vengono presentate delle apposite analisi d'interferenza scavi-fabbricati.

Tutte le analisi sono state condotte nella combinazione A2+M2 previste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14/01/2008

### **14.2.1. Descrizione del codice di calcolo**

Il codice di calcolo impiegato per le analisi numeriche proposte è PLAXIS versione 11.0. Il programma, ad elementi finiti, consente di affrontare problemi di meccanica del continuo conducendo a stati tensionali e deformativi all'interno di un dominio bidimensionale. Il comportamento dei materiali strutturali e di quelli geotecnici può essere descritto ricorrendo a modelli costitutivi di tipo elastico o plastico in condizioni di elasticità perfetta o con decadimento. Il codice di calcolo permette infine di simulare varie configurazioni in termini di scavo, presenza di carichi, caratteristiche dei materiali strutturali e geotecnici, fasi di lavorazione. In termini di risultati PLAXIS fornisce sforzi, sforzi efficaci, deformazioni, spostamenti, azioni nei rivestimenti, stati di plasticizzazione, etc. Il terreno viene modellato utilizzando un modello costitutivo elasto-plastico ideale con superficie di rottura alla Mohr-Coulomb.



I parametri necessari alla modellazione del terreno sono i seguenti:

- modulo di Young  $E$
- coefficiente di Poisson  $n$
- coesione  $c'$
- angolo di attrito  $\varphi'$
- angolo di dilatanza  $\psi$
- peso di volume del materiale saturo e non saturo  $\gamma_{sat}, \gamma_{unsat}$

Il calcestruzzo utilizzato per la paratia è stato modellato come un materiale elastico lineare. Questo modello rappresenta la legge di Hooke dell'elasticità isotropa lineare e richiede due parametri di rigidezza elastici, che sono il modulo di Young  $E$ , ed il coefficiente di Poisson  $n$ .

#### 14.2.2. Modello geometrico

Si riporta nel seguito lo stralcio planimetrico dell'area in esame, in cui viene indicata la sezione di studio (sezione G-G'), descritta in dettaglio al capitolo 4.

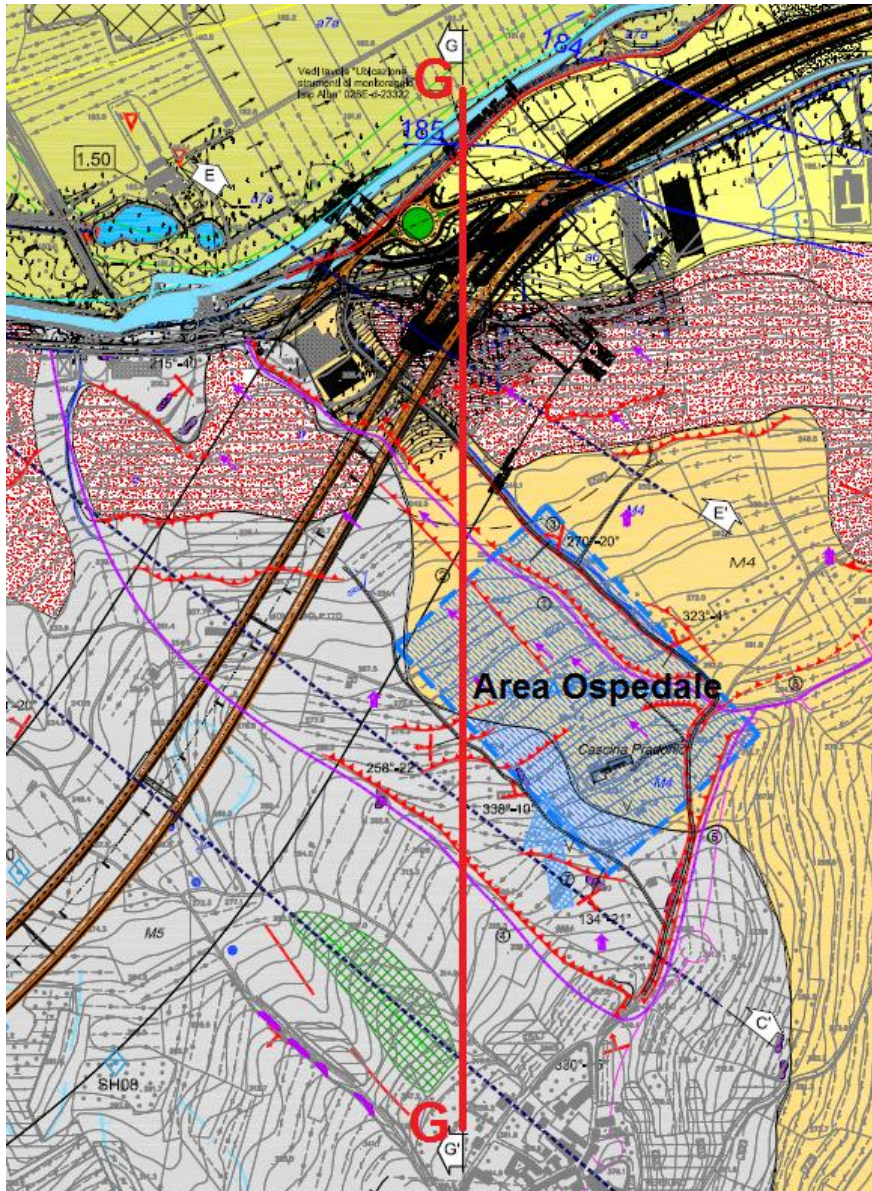


Figura 43. Stralcio planimetrico – Sezione G-G'

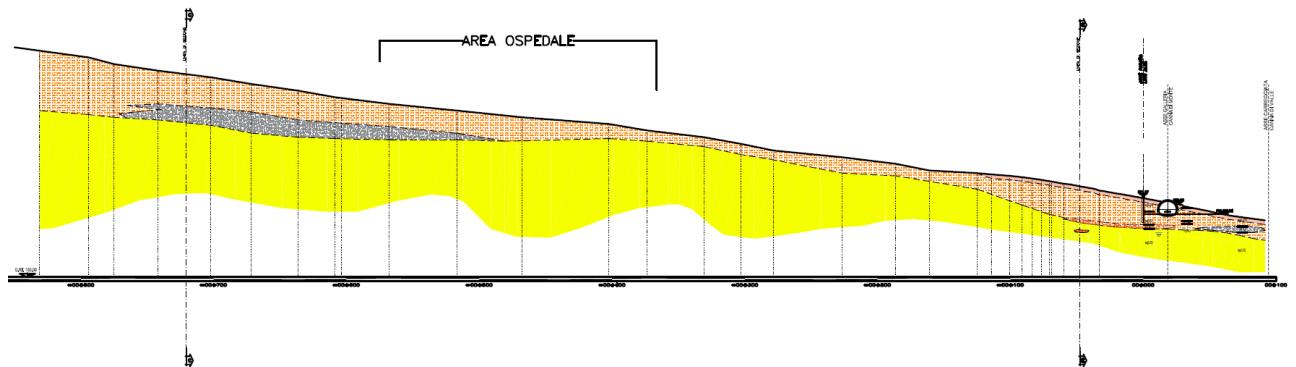


Figura 44. Sezione geologica G-G'

Il modello di calcolo si estende per una larghezza di circa 1250 m e un'altezza pari a 500 m (lato di monte) e 365 m (lato di valle). L'area interessata dal complesso dell'ospedale, si trova ad una distanza di circa 370 m dalla futura opera d'imbocco ed ha un'impronta pari a circa 200 m.

La sezione in esame è stata riportata in Plaxis, con l'apporto di alcune modifiche e semplificazioni, dettate da esigenze prettamente computazionali. Il piano campagna è stato modellato, definendo zone ad uguale pendenza. Il modello è stato notevolmente approfondito al fine di simulare al meglio lo stato di sforzo geostatico (preesistente), favorendo il raggiungimento dell'equilibrio delle forze orizzontali ed evitando rotazioni fittizie dei tensori di sforzo, indotte dal forte dislivello tra il lato di monte e quello di valle.

Il modello in asse paratia è stato suddiviso in quattro strati: il primo strato superficiale, che va dal piano campagna fino ad una profondità di circa 9 metri, rappresenta lo strato superficiale denominato Unità 4a, il secondo strato, presenta un'altezza pari a circa 14m, rappresenta lo strato denominato come Unità 4b, il terzo strato, che presenta una profondità di circa 12,4 m, rappresenta lo strato denominato come Unità 7a ed un substrato denominato Unità 7b. Per le caratteristiche dei singoli strati si rimanda al paragrafo successivo.



Output Version 2011.1.7671.7015

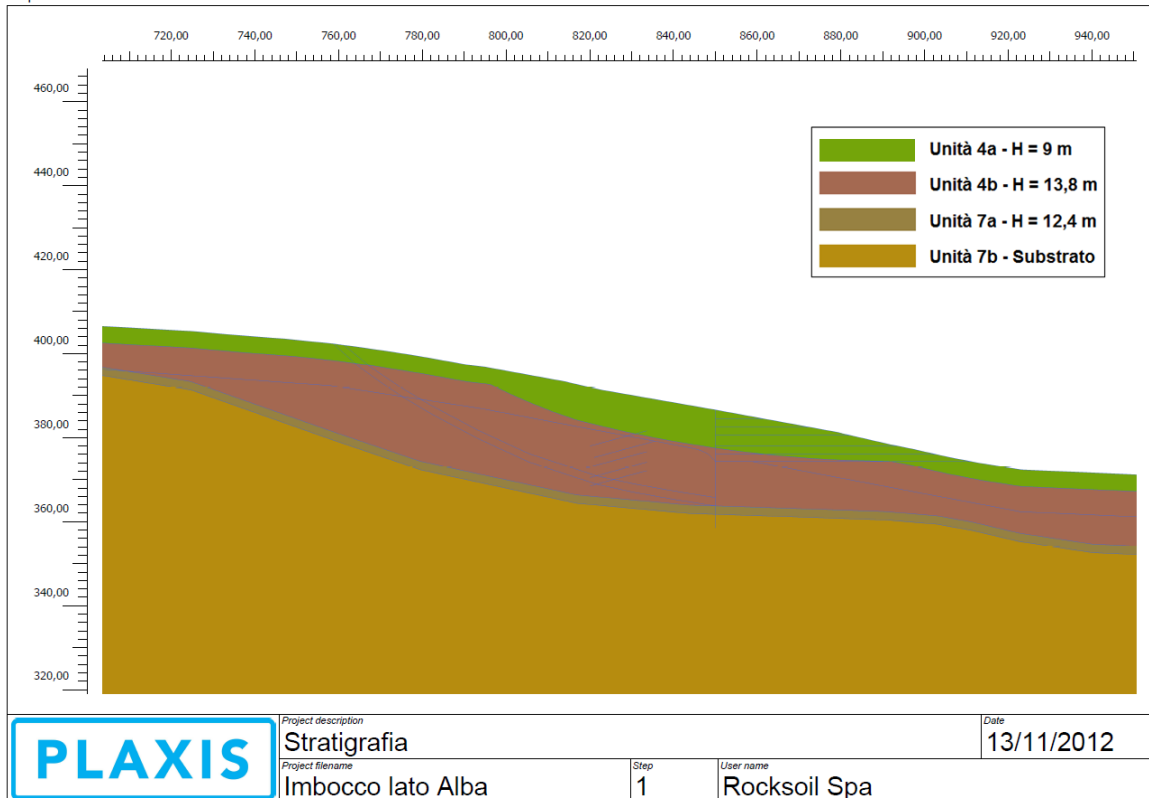


Figura 45. Stratigrafia in asse paratia

Aspetto molto importante nella modellazione in Plaxis è la fase di definizione della mesh. L'ottimizzazione della mesh va ricercata tenendo conto di due fattori: il primo fattore essenziale è sicuramente l'accuratezza e la precisione delle analisi, il secondo fattore riguarda il livello computazionale, in termini di oneri di calcolo e di tempo di risoluzione. E' necessario quindi adottare un numero di elementi opportuno, discretizzando maggiormente nelle zone di interesse e mantenendo elementi di dimensioni maggiori nelle zone che influenzano solo marginalmente il risultato delle analisi. La mesh adottata nel presente studio è stata maggiormente discretizzata in corrispondenza della paratia, in modo tale da avere la maggior accuratezza possibile riguardo al comportamento deformativo della zone di interesse, mentre sono stati adottati elementi di dimensioni maggiori nelle zone non significative per l'analisi, al fine di evitare di avere un numero troppo elevato di elementi che avrebbe comportato tempi di calcolo troppo lunghi. Anche lo strato superficiale è stato



discretizzato con elementi di dimensioni minori per meglio cogliere l'eventuale fenomeno franoso. Nella figura sottostante viene riportata la mesh di calcolo.

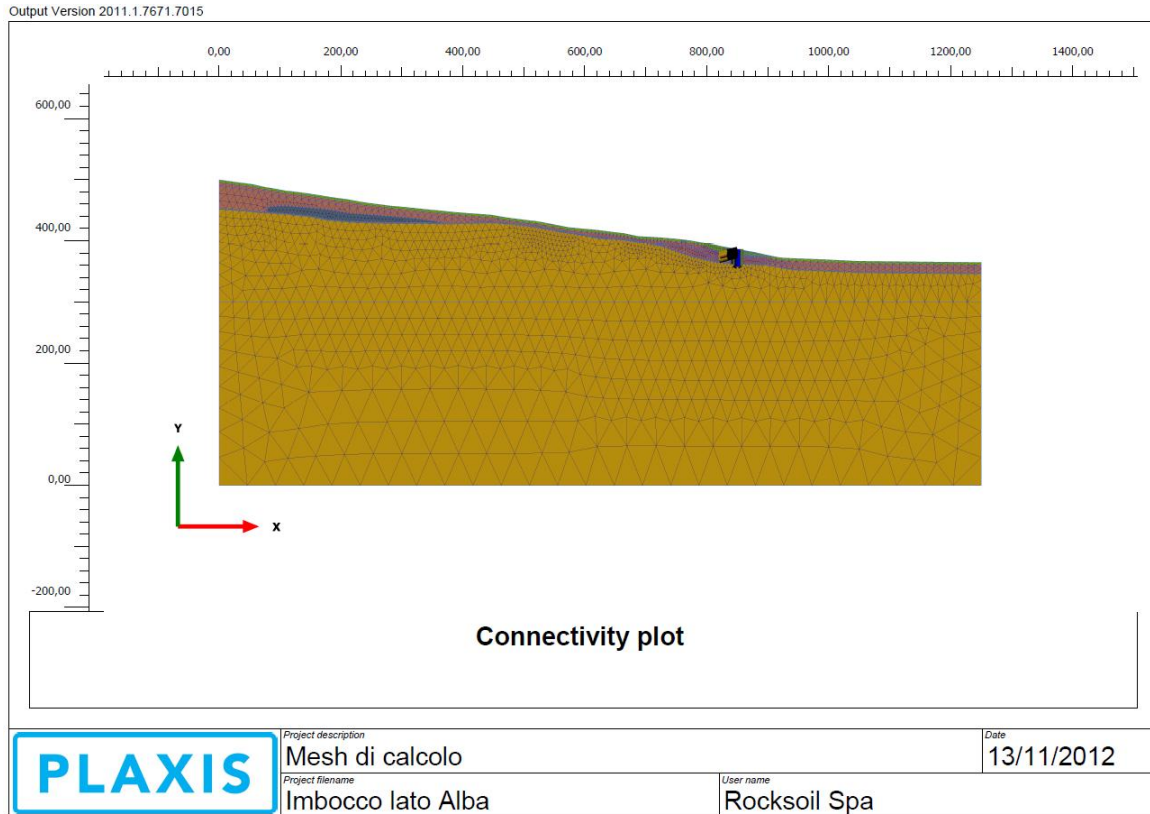


Figura 46. Griglia di calcolo

Per quanto concerne le condizioni al contorno, sul bordo inferiore sono stati introdotti vincoli in direzione x e y, mentre ai bordi laterali è stata impedita la traslazione orizzontale. I vincoli orizzontali sul bordo destro della mesh simulano in particolare il contrasto offerto al pendio in esame dal versante contrapposto (fondo alveo del fiume Tanaro).

### 14.2.3. Parametri geotecnici

Dall'esame della documentazione a disposizione il pendio in esame risulta essere caratterizzato dalla seguente successione stratigrafica: accumuli di frana costituiti da limi argillosi, limi sabbiosi ed argille limose ("Unità 4"); corpi gessosi

litoidi, limi argillosi con intercalato gesso, argille marnose con inclusioni di gesso (“Unità 6”); limo argilla da molto ad estremamente consistente passante ad argilla marnosa semi litoide (“Unità 7”).

In merito ai livelli di falda si osserva che, sulla base delle campagne d’indagine la quota di falda si colloca al di sotto del piano di costruzione delle opere di imbocco (-19 ÷ -20 m da p.c.), ma sono attese possibili risalite soprattutto a seguito di eventi meteorici intensi; le analisi sono state quindi svolte ipotizzando tre possibili scenari con falda pari a -6m, -8m e -10m da piano campagna.

Nella seguente tabella vengono riportati i parametri geotecnici adottati per combinazione A2+M2 prevista dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14/01/2008. Nel calcolo le unità principali presenti in stratigrafia, Unità 4 ed Unità 7, sono state suddivise in due ulteriori strati in considerazione della presenza di uno strato più alterato superficiale denominato qui Unità 4a e di un cappellaccio alterato che interessa l’Unità 7 che nel seguito viene indicato come Unità 7a.

		<b>Unità 4a</b>	<b>Unità 4b</b>	<b>Unità 6</b>	<b>Unità 7a</b>	<b>Unità 7b</b>
<b>Peso di volume</b>	<i>[kN/m<sup>3</sup>]</i>	19	19	20	21	21
<b>Coesione</b>	<i>[KPa]</i>	0	0	29.6	40	72
<b>Angolo di attrito</b>	<i>[°]</i>	19.6	23	19.2	20.5	22.2
<b>Modulo di rigidità</b>	<i>[MPa]</i>	15	15	120	120	120

Tabella 5 - Parametri geotecnici del terreno (coefficienti M2)

#### 14.2.4. Fasi di calcolo

Nelle seguenti tabelle si riportano le fasi di calcolo adottate per i calcoli effettuati.

Fasi di calcolo	Fasi di scavo
Fase 1	Geostatico
Fase 2	Installazione paratia
Fase 3	I° scavo
Fase 4	Installazione I° ordine di tiranti
Fase 5	II° scavo
Fase 6	Installazione II° ordine di tiranti
Fase 7	III° scavo
Fase 8	Installazione III° ordine di tiranti
Fase 9	IV° scavo
Fase 10	Installazione IV° ordine di tiranti
Fase 11	V° scavo
Fase 12	Installazione V° ordine di tiranti
Fase 13	Fondo scavo
Fase 14	Abbattimento parametri fascia
Fase 15	Analisi di stabilità

Tabella 6 - Riepilogo fasi di calcolo – Interferenza scavo - versante

La successione dell'analisi ha consentito di seguire, passo passo, le fasi di costruzione dell'imbocco in termini di ribassi e posa in opera degli ordini di tiranti di contrasto della paratia (fasi da 1 a 13). Durante queste fasi si sono

riscontrati valori di spostamento ammissibili e, quindi, condizioni di stabilità della paratia e del versante accettabili.

Nella fase 14, si è comunque simulato, nell’ambito di un’analisi di rischio, il decadimento dei parametri di resistenza ai valori residui, per una fascia di circa 1 m, determinando una superficie di scorrimento all’interno del versante a monte della paratia di imbocco e valutandone il fattore di sicurezza.

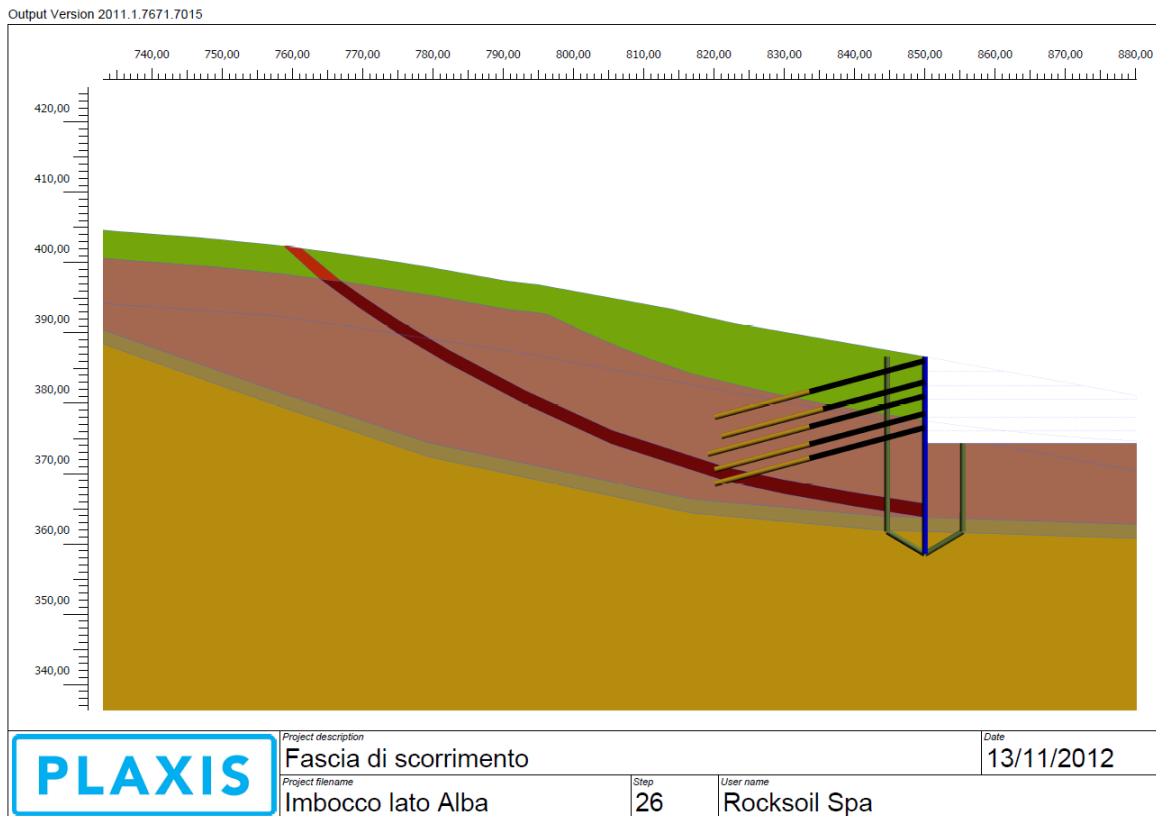


Figura 47. Fascia di scorrimento

Nella seguente tabella vengono riportati i parametri decaduti all’interno della fascia di scorrimento.

FORMAZIONE	c [kPa]	$\Phi$ [°]
Unità 4a	0	16
Unità 4b	0	18

Tabella 7 – Fascia di scorrimento - Parametri di resistenza

L'analisi di stabilità del pendio viene condotta utilizzando la Phi-c reduction la quale è un'opzione disponibile in Plaxis per calcolare i fattori di sicurezza. Nell'approccio Phi-c reduction i parametri di resistenza  $\tan\phi$  e  $c$  del terreno vengono ridotti fin quando avviene la rottura della struttura; invece la resistenza di oggetti strutturali come piastre ed ancoraggi non è influenzata dalla procedura Phi-c reduction. Il moltiplicatore totale  $\Sigma M_{sf}$  viene utilizzato per definire il valore dei parametri di resistenza del terreno in un dato stadio dell'analisi:

$$\Sigma M_{sf} = \frac{\tan \phi_{input}}{\tan \phi_{reduced}} = \frac{c_{input}}{c_{reduced}}$$

Dove i parametri di resistenza con il pedice "input" si riferiscono alle proprietà del materiale introdotte ed i parametri con il pedice "reduced" si riferiscono ai valori ridotti utilizzati nell'analisi.

All'inizio di un calcolo a  $\Sigma M_{sf}$  è assegnato un valore 1,0 per impostare tutte le resistenze dei materiali ai loro valori originali. Si deve comunque sempre controllare che nello step finale si sia sviluppato un meccanismo di rottura, in questo caso, il fattore di sicurezza è dato da:

$$SF = \frac{\text{resistenza disponibile}}{\text{resistenza a rottura}} = \text{valore di } \Sigma M_{sf} \text{ a rottura}$$

#### 14.2.5. Risultati analisi di stabilità

L'analisi di stabilità, con falda posta a -10m da piano campagna, è stata in prima battuta condotta anche tramite il programma di calcolo SLOPE/W, così da potere effettuare un riscontro con quanto determinato dall'analisi con Plaxis allo step 13, ovvero prima di simulare il decadimento di una fascia di terreno verso valori i residui. In particolare, sono state condotte due analisi di stabilità: in condizioni statiche e sismiche (con gli stessi parametri sismici già descritti in precedenza:  $k_h=0.0375$  e  $k_v=0.01875$ ).

Le analisi sono state effettuate cautelativamente in assenza dell'azione stabilizzante esercitata dai tiranti e sono da intendersi a breve termine data la

provvisorietà della situazione considerata (nel lungo termine si procede infatti al ritombamento degli sbancamenti effettuati). Il coefficiente di sicurezza per il pendio in condizioni statiche risulta 1,404 ed in condizioni sismiche 1,251. Risulta pertanto verificata la stabilità globale. Di seguito si riporta l'output del programma SLOPE/W in cui viene evidenziata la superficie critica. I risultati ottenuti sono stati ulteriormente confermati attraverso l'esecuzione della modellazione ad elementi finiti come mostrato nel seguito.

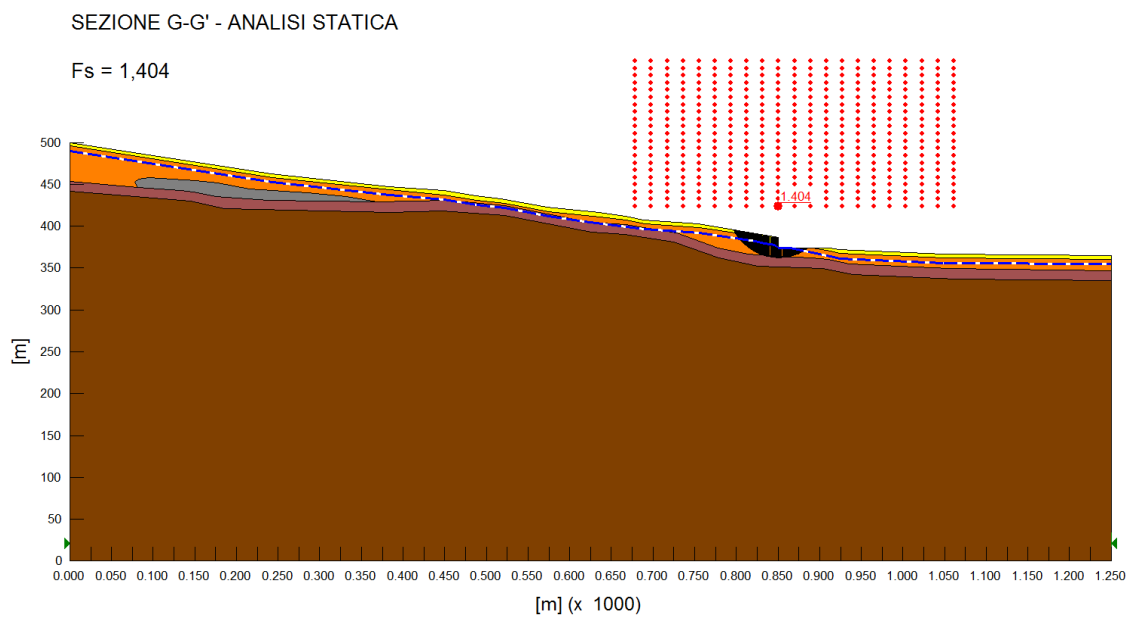


Figura 48. Stabilità globale – Analisi statica

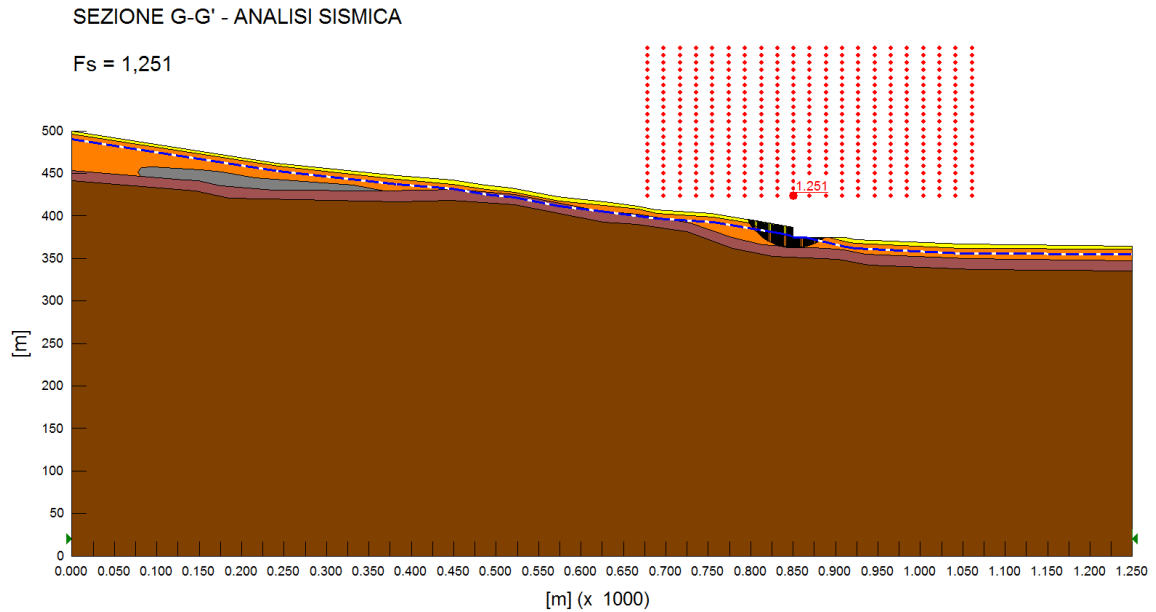


Figura 49. Stabilità globale – Analisi sismica

L'analisi di stabilità effettuata tramite Plaxis e condotta come descritto in precedenza per diversi possibili scenari di falda, è stata effettuata sia a seguito della fase 13 di fondo scavo che a seguito della fase 14 di decadimento dei parametri lungo la fascia di scorrimento mostrando i seguenti risultati.

LIVELLO DI FALDA DA P.C.	FS FONDO SCAVO	FS PARAMETRI DECADUTI
6 m	1,20	1,07
8 m	1,29	1,15
10 m	1,39	1,24

Tabella 8 – Analisi di stabilità

I risultati mostrano che i fattori di sicurezza risulta sempre maggiori di 1, pertanto la soluzione progettuale adottata non evidenzia problematiche di stabilità globale. A titolo di esempio si riportano i risultati delle analisi svolte nel caso di falda posta a 10 m da piano campagna in termini di deformazioni di taglio in cui viene pertanto mostrata la superficie di scorrimento attivata.

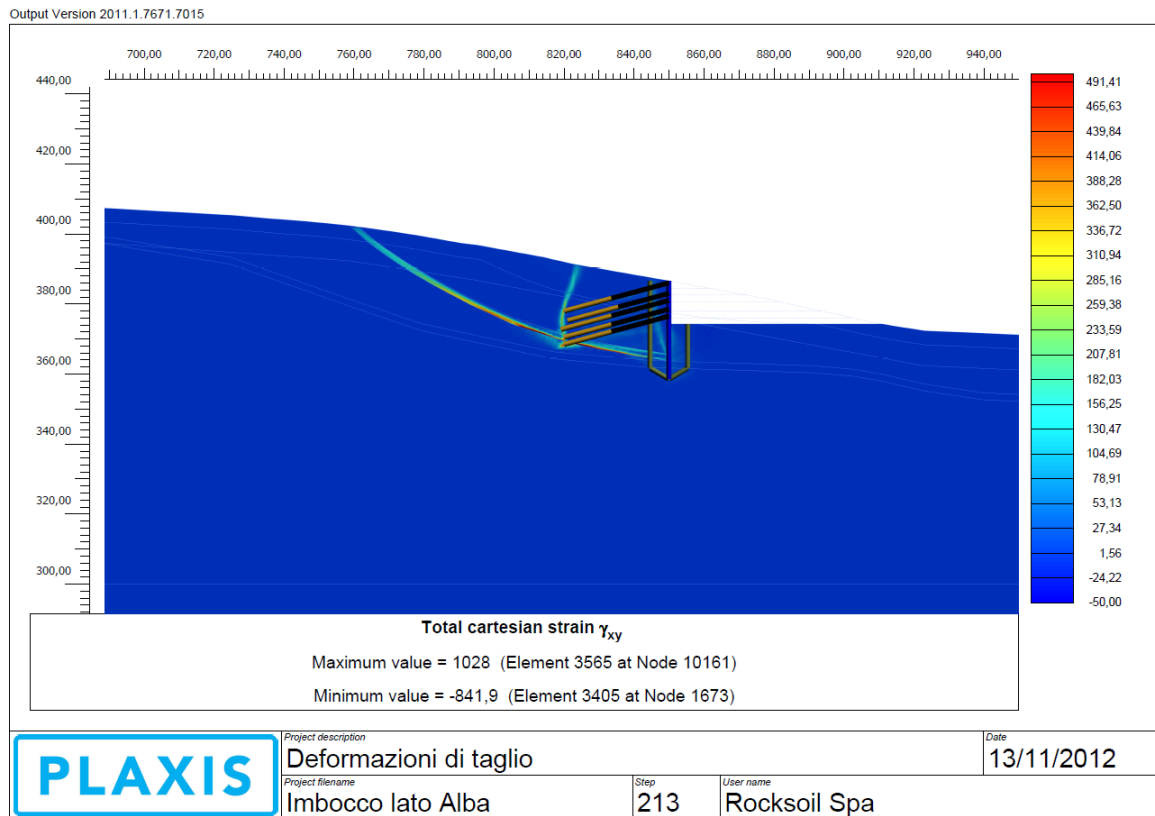


Figura 50. Fase 14 – Deformazioni di taglio

## 15. INTERAZIONE OPERE D'IMBOCCO - STRUTTURA OSPEDALIERA ESISTENTE

Con riferimento alla sezione G-G' precedentemente discussa, vengono nel seguito presentate le analisi effettuate al fine di valutare, tramite l'individuazione di possibili spostamenti, l'interferenza tra gli scavi relativi alle opere d'imbocco e la struttura ospedaliera esistente.

Le analisi sono state condotte utilizzando il programma ad elementi finiti Plaxis 2D adottando modelli di calcolo in cui, a differenza delle analisi proposte in precedenza, i terreni sono stati modellati tramite l'utilizzo di due differenti tipologie di legame costitutivo.

Il substrato marnoso-argilloso, identificato come Unità 7a e Unità 7b, secondo quanto emerso nel corso della costruzione del Nuovo Ospedale di Alba-Bra,



può essere interessato da “piani di scorrimento traslativo (superfici localizzate lungo giunti di strato al contatto tra un livello di marna ed uno di sabbia o tra strati di marna) con angoli di attrito residuo dell’ordine dei 10 - 15°”.

Si è così utilizzato per modellare questo strato il modello costitutivo “Jointed Rock” il quale è un modello elasto-plastico anisotropo in cui può manifestarsi soltanto plasticizzazione per taglio lungo massimo tre direzioni (piani) e che può essere quindi adottato per simulare il comportamento di rocce stratificate o fratturate.

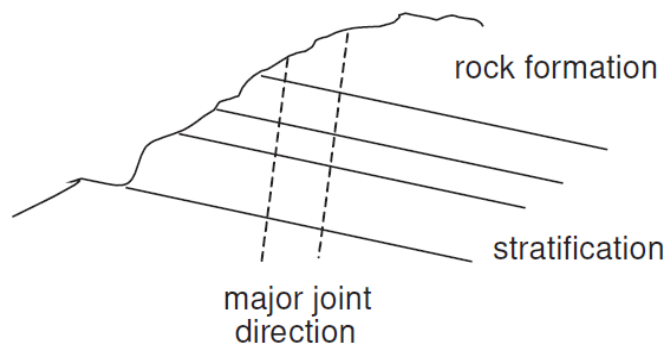


Figura 51 – Modello “Jointed Rock”

Gli strati superiori sono stati invece modellati tramite il modello costitutivo “hardening soil” elastoplastico incrudente che riproduce in condizioni di primo carico triassiale un legame tensioni deformazioni di tipo iperbolico. L’incrudimento è funzione sia delle deformazioni distorsionali plastiche sia delle deformazioni volumetriche plastiche. Il modello è quindi in grado di simulare, tra l’altro, la riduzione irreversibile di volume di un terreno sottoposto a compressione lungo percorsi di carico proporzionali (e.g. carico isotropo, edometrico) a partire da una condizione di normal-consolidazione. Questo modello può essere utilizzato per simulare il comportamento sia di sabbie e di ghiaie sia di terreni più compressibili come argille e limi.

Le geometrie del modello e la mesh di calcolo sono le medesime adottate nel calcolo di stabilità globale.

Le analisi sono state svolte ipotizzando una falda pari a -10m da piano campagna.

Nella seguente tabella vengono riportati i parametri geotecnici adottati per combinazione A2+M2 prevista dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14/01/2008.

		<b>Unità</b>	<b>Unità</b>	<b>Unità</b>	<b>Unità</b>	<b>Unità</b>
		<b>4a</b>	<b>4b</b>	<b>6</b>	<b>7a</b>	<b>7b</b>
<b>Modello costitutivo</b>	<i>[-]</i>	HS	HS	HS	JR	JR
<b>Peso di volume</b>	<i>[kN/m<sup>3</sup>]</i>	19	19	20	21	21
<b>Coesione</b>	<i>[KPa]</i>	0	0	29.6	0*	0*
<b>Angolo di attrito</b>	<i>[°]</i>	19.6	23	19.2	13*	13*
<b>Modulo di rigidità</b>	<i>[MPa]</i>	15	15	120	120	120

\* parametri di resistenza assegnati ai giunti; il terreno intatto viene considerato elastico.

Tabella 9 - Parametri geotecnici del terreno (coefficienti M2)

Al substrato marnoso-argilloso sono state assegnate tre direzioni dei giunti con le seguenti inclinazioni:

- $\alpha_1 = 2^\circ$ ;
- $\alpha_2 = 6^\circ$ ;
- $\alpha_3 = 8^\circ$ .

Il rapporto tra modulo di scarico e modulo di carico considerato nel modello hardening soil è pari a 3.

### 15.1.1. Fasi di calcolo

Nelle seguenti tabelle si riportano le fasi di calcolo adottate per i calcoli effettuati.



Fasi di calcolo	Fasi di scavo
Fase 1	Geostatico
Fase 2	Installazione paratia
Fase 3	I° scavo
Fase 4	Installazione I° ordine di tiranti
Fase 5	II° scavo
Fase 6	Installazione II° ordine di tiranti
Fase 7	III° scavo
Fase 8	Installazione III° ordine di tiranti
Fase 9	IV° scavo
Fase 10	Installazione IV° ordine di tiranti
Fase 11	V° scavo
Fase 12	Installazione V° ordine di tiranti
Fase 13	Fondo scavo
Fase 14	Analisi di stabilità post Geostatico
Fase 15	Analisi di stabilità post Fondo Scavo

Tabella 10 - Riepilogo fasi di calcolo – Interferenza scavo - versante

La successione dell'analisi ha consentito di seguire, passo passo, le fasi di costruzione dell'imbocco in termini di ribassi e posa in opera degli ordini di tiranti di contrasto della paratia (fasi da 1 a 13).

Nella fase 14 e 15 vengono condotte due analisi di stabilità così da individuare il fattore di sicurezza del versante nella condizione pre-scavo e nella condizione di scavo ultimato. Le analisi di stabilità sono condotte secondo l'opzione di calcolo Phi-c reduction descritta nel precedente capitolo.

### 15.1.2. Sintesi dei risultati

L'analisi condotta ha consentito di valutare l'entità degli spostamenti indotti dallo scavo dell'imbocco sul versante a monte dello stesso ed in particolare in prossimità dell'area interessata dagli edifici dell'ospedale e di valutare la stabilità del versante d'interesse.

Osservando gli spostamenti indotti dallo scavo nell'area in cui risulta ubicato l'ospedale si riscontrano spostamenti orizzontali dell'ordine dei  $6 \div 8$  mm e spostamenti verticali inferiori ai 2,5 mm e pertanto entro i limiti di rischio per un possibile danno alle strutture esistenti.

Conducendo l'analisi di stabilità, si ottiene un fattore di sicurezza, nella fase geostatica, pari a 1,183 mentre a scavo ultimato si ottiene un  $F_s$  pari 1,170. Si nota pertanto che il fattore di sicurezza risulta sempre maggiore di 1 e che lo scavo influisce minimamente sulla stabilità del versante.

L'analisi mostra inoltre l'instaurarsi di una superficie di scorrimento che interessa l'intero versante secondo la giacitura assegnata ai giunti.

Nel seguito vengono riportati i risultati relativi all'analisi di stabilità riportando una figura che identifica la superficie di rottura individuata e i risultati relativi all'interferenza tra lo scavo ed il versante in termini di spostamenti e deformazioni di taglio per il caso con falda posta a 10m da p.c. al termine della fase 13 di fondo scavo.

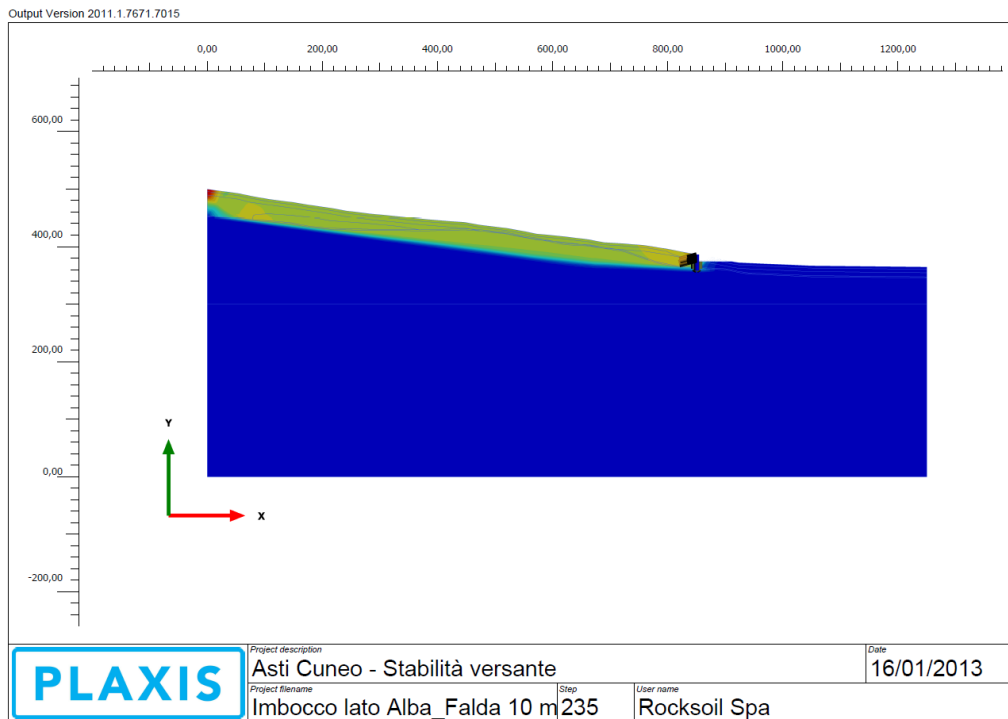


Figura 52. Fase 14 – Superficie di rottura – Falda 10 m da p.c.

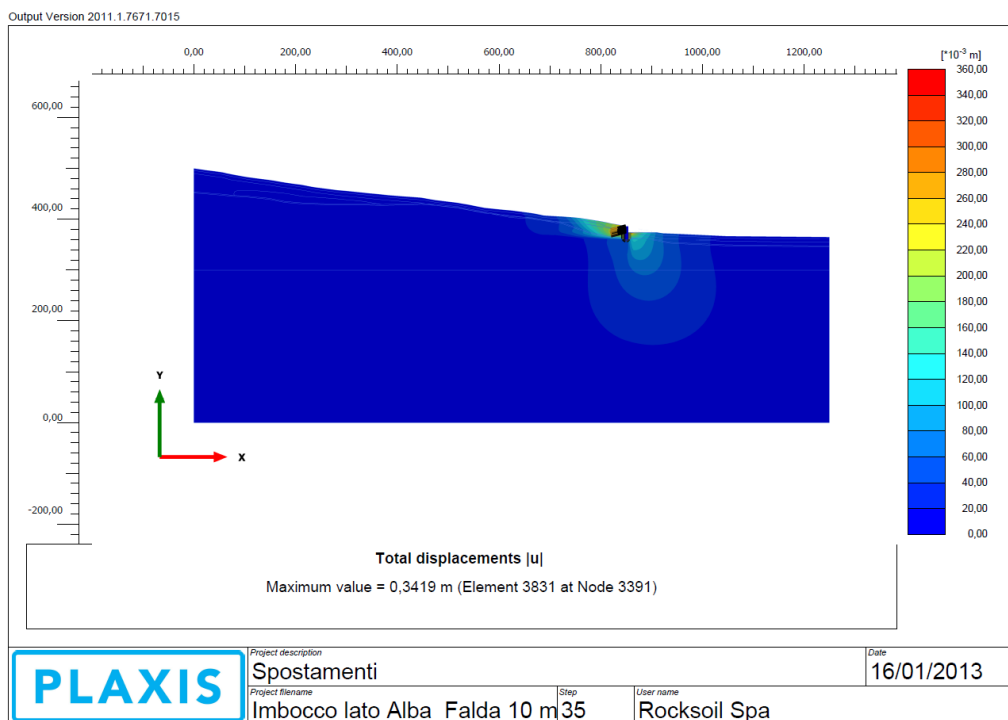


Figura 53. Fase 14 – Spostamenti – Fondo scavo

## 16. MONITORAGGIO DELLE OPERE DI IMBOCCO

Il presente progetto è corredato di un piano di monitoraggio illustrato in apposita tavola grafica finalizzato al controllo dei fenomeni deformativi indotti dagli scavi propedeutici alla realizzazione degli imbocchi. La strumentazione predisposta è relativa al controllo dei seguenti parametri:

- deformazioni delle paratie;
- tassi di lavoro dei tiranti di ancoraggio;
- deformazioni profonde del versante;
- livello piezometrico della falda;
- deformazioni superficiali del terreno.

A tal fine è stata prevista la messa in opera di

- inclinometri
- estensimetro multibase a 4 basi
- targets topografici per la rilevazione degli spostamenti della paratia;
- celle di carico toroidali per la rilevazione del tasso di lavoro delle teste dei tiranti;
- piezometri;

L'installazione degli inclinometri e del piezometro e la lettura dei rispettivi dati dovrebbe precedere di almeno sei mesi l'attivazione dei lavori (monitoraggio ante-operam); quelle relative agli altri strumenti procederanno contestualmente alla progressione dei lavori degli imbocchi.

Le frequenze di lettura raccomandate sono settimanali per le fasi di costruzione dell'imbocco, mensili o bimestrali (in funzione della stabilizzazione delle misure) a scavi delle gallerie attivati. La sospensione delle letture potrà avvenire a ritombamenti avvenuti.

## 17. OPERE DI REGIMAZIONE IDRAULICA DEL VERSANTE

Al fine di regimare il deflusso delle acque all'interno della coltre superficiale che interessa l'imbocco lato Alba e di limitare l'innalzamento della superficie piezometrica in occasioni di apporti meteorici consistenti, si prevede la realizzazione di una rete di trincee drenanti disposte sull'area interessata dalla realizzazione delle opere di imbocco, con un andamento che segue ed asseconda la linea di massima pendenza. Queste trincee drenanti hanno lo scopo di:

1. evitare che in concomitanza di eventi piovosi molto intensi la falda possa risalire sopra la quota del piano campagna;
2. agevolare il naturale deflusso delle acque di falda, da monte verso valle evitando il loro ristagno e pericolosi innalzamenti del livello piezometrico a monte dell'intervento.
3. aumentare il fattore di sicurezza delle analisi di stabilità globale del versante.

Le trincee drenanti saranno realizzate a partire dal piano campagna ed avranno profondità variabile tra 4 e 5 m. La sezione tipo prevede la posa di un tubo in acciaio zincato fessurato del diametro variabile tra 200 e 300 mm a seconda dei tratti, del materiale drenante arido di altezza variabile tra 1.5 m e 2.5 m e un telo di geotessuto filtrante che avvolge il tutto. A valle dell'area di intervento è previsto un tratto di trincea di scarico fino a raggiungere un canale ricettore. Questo tratto è costituito da un tubo autoportante in cls del diametro di 400 mm ed un minimo dreno costituito da materiale granulare arido che riempie per un metro il fondo della trincea. In corrispondenza degli incroci tra i diversi rami delle trincee si prevede la costruzione di pozzetti in c.a. ispezionabili.

Sono previsti comunque anche ulteriori tre pozzi drenanti a monte degli imbocchi da attivare in caso di necessità nel corso dei lavori di realizzazione degli imbocchi.

La stima della massima portata drenabile dalle trincee drenanti è stata fatta partendo dalla nota formula di Darcy, secondo la quale la portata drenata per unità di lunghezza su una faccia della trincea drenante risulta calcolabile mediante la relazione:

$$q = k \cdot i \cdot A$$

dove

- $k$  è la permeabilità dei depositi costituenti l'acquifero superficiale
- $i$  è il gradiente idraulico
- $A$  è la superficie drenante della trincea.

Volendo valutare la massima portata drenabile sono state fatte le seguenti ipotesi:

- gradiente idraulico della falda costante nella direzione della trincea
- falda coincidente con il p.c.
- permeabilità dei depositi costituenti l'acquifero superficiale pari a  $5 \cdot 10^{-5}$  m/s.

In base a tali ipotesi il gradiente idraulico nella direzione ortogonale alla trincea risulta essere pari a 0.16, la superficie drenante della trincea pari all'altezza della trincea (5m) per la lunghezza totale che è di circa 600m.

Sulla base della precedente equazione si ottiene che le trincee drenanti in progetto possono drenare circa 0,04 l/s per unità di lunghezza. Considerando che sono in progetto circa 600 m di trincee drenanti si ottiene che la massima portata complessivamente drenabile da tali opere risulta essere di circa 30 l/s.





## 18. APPENDICE A: “SEZIONE 1” – FASE 1

### 18.1. ANALISI A1M1 - SLV

```
* Paratie for Windows version 7.0
* Filename= <j:\352.01_sina at-cn\d. progetto esecutivo 2015\05. lavoro\15-02-11 - imbocco lato alba
paratie_sgz\1 - paratia n°1_sgz\2_al+m1_slv\fase 1 - sez_1_alm1slv_sgz_hist00.d> Date= 11/Feb/15
16:14:11
* project without "run time" parameters
* Force=kN Lenght=m
*
units m kN
title History 0 - Galleria Verduno - Imbocco lato Alba
wall RightWall 0 179.17 211.17
*
soil DHRight RightWall 179.17 211.17 2 0
soil UHRight RightWall 179.17 211.17 1 180
*
material CLS 3.1476E+007
material Acciaio 2.1E+008
*
beam Beam RightWall 179.17 211.17 CLS 0.955541 00 00
*
wire Tirante1 RightWall 208.67 Acciaio 1.10317E-005 142.9 170
wire Tirante2 RightWall 205.67 Acciaio 1.86161E-005 214.3 173
wire Tirante3 RightWall 203.67 Acciaio 3.97143E-005 428.6 175
wire Tirante4 RightWall 201.17 Acciaio 3.97143E-005 428.6 178
wire Tirante5 RightWall 199.17 Acciaio 4.2551E-005 428.6 180
*
* Soil Profile
*
ldata MistoStabilizzato 211.17
weight 20 10 10
atrest 0.5 0.5 1
resistance 60 30 0.333 3
young 60000 100000
endlayer
ldata 4a 208.17
weight 19 9 10
atrest 0.593263 0.5 1
resistance 0 24 0.422 2.371
young 15000 22500
endlayer
ldata 4b 201.17
weight 19 9 10
atrest 0.530528 0.5 1
resistance 0 28 0.361 2.77
young 15000 22500
endlayer
ldata 7 187.67
weight 21 11 10
atrest 0.577382 0.5 1
resistance 80 25 0.406 2.464
young 120000 180000
endlayer
*
step 1 : Sovraccarico 20 kPa
setwall RightWall
geom 211.17 211.17
water 207.17 0
surcharge 20 211.17 0 0
endstep
*
step 2 : Scavo fino a 207.17 m
setwall RightWall
geom 211.17 207.17
endstep
*
step 3 : Tirante n°1
setwall RightWall
add Tirante1
endstep
*
step 4 : Scavo fino a 205.17 m
setwall RightWall
```



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

```
geom 211.17 205.17
water 207.17 2
endstep
*
step 5 : Tirante n°2
  setwall RightWall
  add Tirante2
endstep
*
step 6 : Scavo fino a 203.17 m
  setwall RightWall
  geom 211.17 203.17
  water 207.17 4
endstep
*
step 7 : Tirante n°3
  setwall RightWall
  add Tirante3
endstep
*
step 8 : Scavo fino a 200.67 m
  setwall RightWall
  geom 211.17 200.67
  water 207.17 6.5
endstep
*
step 9 : Tirante n°4
  setwall RightWall
  add Tirante4
endstep
*
step 10 : Scavo fino a 198.67 m
  setwall RightWall
  geom 211.17 198.67
  water 207.17 8.5
endstep
*
step 11 : Tirante n°5
  setwall RightWall
  add Tirante5
endstep
*
step 12 : Scavo fino a 196.94 m
  setwall RightWall
  geom 211.17 196.94
  water 207.17 10.23
endstep
*
step 13 : Sisma SLV
  change MistoStabilizzato U-KA=0.346
  change MistoStabilizzato U-KP=2.964
  change MistoStabilizzato D-KA=0.346
  change MistoStabilizzato D-KP=2.964
  change 4a U-KA=0.435
  change 4a U-KP=2.339
  change 4a D-KA=0.435
  change 4a D-KP=2.339
  change 4b U-KA=0.374
  change 4b U-KP=2.735
  change 4b D-KA=0.374
  change 4b D-KP=2.735
  change 7 U-KA=0.419
  change 7 U-KP=2.431
  change 7 D-KA=0.419
  change 7 D-KP=2.431
  setwall RightWall
endstep
*
*
*
```



## 18.2. ANALISI A1M1 - SLD

```
* * Paratie for Windows version 7.0
* Filename= <j:\352.01_sina at-cn\d. progetto esecutivo 2015\05. lavoro\15-02-11 - imbocco lato alba
paratie_sgz\1 - paratia n°1_sgz\3_al+m1_sld\fase 1 - sez_1_alm1sld_sgz_hist00.d> Date= 11/Feb/15
16:15:20
* project without "run time" parameters
* Force=kN Lenght=m
*
units m kN
title History 0 - Galleria Verduno - Imbocco lato Alba
wall RightWall 0 179.17 211.17
*
soil DHRight RightWall 179.17 211.17 2 0
soil UHRight RightWall 179.17 211.17 1 180
*
material CLS 3.1476E+007
material Acciaio 2.1E+008
*
beam Beam RightWall 179.17 211.17 CLS 0.955541 00 00
*
wire Tirantel RightWall 208.67 Acciaio 1.10317E-005 142.9 170
wire Tirante2 RightWall 205.67 Acciaio 1.86161E-005 214.3 173
wire Tirante3 RightWall 203.67 Acciaio 3.97143E-005 428.6 175
wire Tirante4 RightWall 201.17 Acciaio 3.97143E-005 428.6 178
wire Tirante5 RightWall 199.17 Acciaio 4.2551E-005 428.6 180
*
* Soil Profile
*
ldata MistoStabilizzato 211.17
weight 20 10 10
atrest 0.5 0.5 1
resistance 60 30 0.333 3
young 60000 100000
endlayer
ldata 4a 208.17
weight 19 9 10
atrest 0.593263 0.5 1
resistance 0 24 0.422 2.371
young 15000 22500
endlayer
ldata 4b 201.17
weight 19 9 10
atrest 0.530528 0.5 1
resistance 0 28 0.361 2.77
young 15000 22500
endlayer
ldata 7 187.67
weight 21 11 10
atrest 0.577382 0.5 1
resistance 80 25 0.406 2.464
young 120000 180000
endlayer
*
step 1 : Sovraccarico 20 kPa
setwall RightWall
geom 211.17 211.17
water 207.17 0
surcharge 20 211.17 0 0
endstep
*
step 2 : Scavo fino a 207.17 m
setwall RightWall
geom 211.17 207.17
endstep
*
step 3 : Tirante n°1
setwall RightWall
add Tirantel
endstep
*
step 4 : Scavo fino a 205.17 m
setwall RightWall
geom 211.17 205.17
water 207.17 2
endstep
*
step 5 : Tirante n°2
```



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

```
setwall RightWall
  add Tirante2
endstep
*
step 6 : Scavo fino a 203.17 m
  setwall RightWall
  geom 211.17 203.17
  water 207.17 4
endstep
*
step 7 : Tirante n°3
  setwall RightWall
  add Tirante3
endstep
*
step 8 : Scavo fino a 200.67 m
  setwall RightWall
  geom 211.17 200.67
  water 207.17 6.5
endstep
*
step 9 : Tirante n°4
  setwall RightWall
  add Tirante4
endstep
*
step 10 : Scavo fino a 198.67 m
  setwall RightWall
  geom 211.17 198.67
  water 207.17 8.5
endstep
*
step 11 : Tirante n°5
  setwall RightWall
  add Tirante5
endstep
*
step 12 : Scavo fino a 196.94 m
  setwall RightWall
  geom 211.17 196.94
  water 207.17 10.23
endstep
*
step 13 : Sisma SLV
  change MistoStabilizzato U-KA=0.341
  change MistoStabilizzato U-KP=2.979
  change MistoStabilizzato D-KA=0.341
  change MistoStabilizzato D-KP=2.979
  change 4a U-KA=0.43
  change 4a U-KP=2.352
  change 4a D-KA=0.43
  change 4a D-KP=2.352
  change 4b U-KA=0.369
  change 4b U-KP=2.749
  change 4b D-KA=0.369
  change 4b D-KP=2.749
  change 7 U-KA=0.414
  change 7 U-KP=2.444
  change 7 D-KA=0.414
  change 7 D-KP=2.444
  setwall RightWall
endstep
*
*
*
```



### 18.3. ANALISI A2M2 - SLV

```
* * Paratie for Windows version 7.0
* Filename= <j:\352.01_sina at-cn\d. progetto esecutivo 2015\05. lavoro\15-02-11 - imbocco lato alba
paratie_sgz\1 - paratia n°1_sgz\4_a2+m2_slv\fase 1 - sez_1_a2m2slv_sgz_hist00.d> Date= 11/Feb/15
16:17:06
* project without "run time" parameters
* Force=kN Lenght=m
*
units m kN
title History 0 - Galleria Verduno - Imbocco lato Alba
wall RightWall 0 179.17 211.17
*
soil DHRight RightWall 179.17 211.17 2 0
soil UHRight RightWall 179.17 211.17 1 180
*
material CLS 3.1476E+007
material Acciaio 2.1E+008
*
beam Beam RightWall 179.17 211.17 CLS 0.955541 00 00
*
wire Tirantel RightWall 208.67 Acciaio 1.10317E-005 142.9 170
wire Tirante2 RightWall 205.67 Acciaio 1.86161E-005 214.3 173
wire Tirante3 RightWall 203.67 Acciaio 3.97143E-005 428.6 175
wire Tirante4 RightWall 201.17 Acciaio 3.97143E-005 428.6 178
wire Tirante5 RightWall 199.17 Acciaio 4.2551E-005 428.6 180
*
* Soil Profile
*
ldata MistoStabilizzato 211.17
weight 20 10 10
atrest 0.580548 0.5 1
resistance 48 24.8 0.409 2.445
young 60000 100000
endlayer
ldata 4a 208.17
weight 19 9 10
atrest 0.664548 0.5 1
resistance 0 19.6 0.498 2.01
young 15000 22500
endlayer
ldata 4b 201.17
weight 19 9 10
atrest 0.609269 0.5 1
resistance 0 23 0.438 2.283
young 15000 22500
endlayer
ldata 7 187.67
weight 21 11 10
atrest 0.649793 0.5 1
resistance 64 20.5 0.481 2.078
young 120000 180000
endlayer
*
step 1 : Sovraccarico 20 kPa
setwall RightWall
geom 211.17 211.17
water 207.17 0
surcharge 20 211.17 0 0
endstep
*
step 2 : Scavo fino a 207.17 m
setwall RightWall
geom 211.17 207.17
endstep
*
step 3 : Tirante n°1
setwall RightWall
add Tirantel
endstep
*
step 4 : Scavo fino a 205.17 m
setwall RightWall
geom 211.17 205.17
water 207.17 2
endstep
*
step 5 : Tirante n°2
```



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

```
setwall RightWall
  add Tirante2
endstep
*
step 6 : Scavo fino a 203.17 m
  setwall RightWall
  geom 211.17 203.17
  water 207.17 4
endstep
*
step 7 : Tirante n°3
  setwall RightWall
  add Tirante3
endstep
*
step 8 : Scavo fino a 200.67 m
  setwall RightWall
  geom 211.17 200.67
  water 207.17 6.5
endstep
*
step 9 : Tirante n°4
  setwall RightWall
  add Tirante4
endstep
*
step 10 : Scavo fino a 198.67 m
  setwall RightWall
  geom 211.17 198.67
  water 207.17 8.5
endstep
*
step 11 : Tirante n°5
  setwall RightWall
  add Tirante5
endstep
*
step 12 : Scavo fino a 196.94 m
  setwall RightWall
  geom 211.17 196.94
  water 207.17 10.23
endstep
*
step 13 : Sisma SLV
  change MistoStabilizzato U-KA=0.346
  change MistoStabilizzato U-KP=2.964
  change MistoStabilizzato D-KA=0.346
  change MistoStabilizzato D-KP=2.964
  change 4a U-KA=0.435
  change 4a U-KP=2.339
  change 4a D-KA=0.435
  change 4a D-KP=2.339
  change 4b U-KA=0.374
  change 4b U-KP=2.735
  change 4b D-KA=0.374
  change 4b D-KP=2.735
  change 7 U-KA=0.419
  change 7 U-KP=2.431
  change 7 D-KA=0.419
  change 7 D-KP=2.431
  setwall RightWall
endstep
*
*
*
```



## 19. APPENDICE B: “SEZIONE 1” – FASE 2

### 19.1. ANALISI A1M1 - SLV

```
* * Paratie for Windows version 7.0
* Filename= <j:\352.01_sina at-cn\d. progetto esecutivo 2015\05. lavoro\15-02-11 - imbocco lato alba
paratie_sgz\1 - paratia n°1_sgz\2_al+m1_slv\fase 2 - sez_1_almlslv_sgz_hist00.d> Date= 11/Feb/15
16:14:50
* project without "run time" parameters
* Force=kN Lenght=m
*
units m kN
title History 0 - Galleria Verduno - Imbocco lato Alba
wall RightWall 0 179.17 198.19
*
soil DHRight RightWall 179.17 198.19 2 0
soil UHRight RightWall 179.17 198.19 1 180
*
material CLS 3.1476E+007
*
beam Beam RightWall 179.17 198.19 CLS 0.955541 00 00
*
* Soil Profile
*
ldata          4b 198.19
  weight       19 9 10
  atrest       0.530528 0.5 1
  resistance   0 28 0.361 2.77
  young        15000 22500
endlayer
ldata          7 187.67
  weight       21 11 10
  atrest       0.577382 0.5 1
  resistance   80 25 0.406 2.464
  young        120000 180000
endlayer
*
step 1 : Sovraccarico 20 kPa
  setwall RightWall
    geom 211.17 211.17
    water 198.19 0
    surcharge 20 198.19 0 0
endstep
*
step 2 : Scavo fino a 195.31 m
  setwall RightWall
    geom 198.19 195.31
    water 198.19 2.88
endstep
*
step 3 : Scavo fino a 191.57 m
  setwall RightWall
    geom 198.19 191.57
    water 198.19 6.62
endstep
*
step 4 : Sisma
  change 4b U-KA=0.374
  change 4b U-KP=2.735
  change 4b D-KA=0.374
  change 4b D-KP=2.735
  change 7 U-KA=0.419
  change 7 U-KP=2.413
  change 7 D-KA=0.419
  change 7 D-KP=2.413
  setwall RightWall
endstep
*
*
*
```



## 19.2. ANALISI A1M1 - SLD

```
* * Paratie for Windows version 7.0
* Filename= <j:\352.01_sina at-cn\d. progetto esecutivo 2015\05. lavoro\15-02-11 - imbocco lato alba
paratie_sgz\1 - paratia n°1_sgz\3_al+m1_sld\fase 2 - sez_1_alm1sld_sgz_hist00.d> Date= 11/Feb/15
16:15:51
* project without "run time" parameters
* Force=kN Lenght=m
*
units m kN
title History 0 - Galleria Verduno - Imbocco lato Alba
wall RightWall 0 179.17 198.19
*
soil DHRight RightWall 179.17 198.19 2 0
soil UHRight RightWall 179.17 198.19 1 180
*
material CLS 3.1476E+007
*
beam Beam RightWall 179.17 198.19 CLS 0.955541 00 00
*
* Soil Profile
*
ldata          4b 198.19
  weight       19 9 10
  atrest       0.530528 0.5 1
  resistance   0 28 0.361 2.77
  young        15000 22500
endlayer
ldata          7 187.67
  weight       21 11 10
  atrest       0.577382 0.5 1
  resistance   80 25 0.406 2.464
  young        120000 180000
endlayer
*
step 1 : Sovraccarico 20 kPa
  setwall RightWall
    geom 211.17 211.17
    water 198.19 0
    surcharge 20 198.19 0 0
endstep
*
step 2 : Scavo fino a 195.31 m
  setwall RightWall
    geom 198.19 195.31
    water 198.19 2.88
endstep
*
step 3 : Scavo fino a 191.57 m
  setwall RightWall
    geom 198.19 191.57
    water 198.19 6.62
endstep
*
step 4 : Sisma
  change 4b U-KA=0.369
  change 4b U-KP=2.749
  change 4b D-KA=0.369
  change 4b D-KP=2.749
  change 7 U-KA=0.414
  change 7 U-KP=2.444
  change 7 D-KA=0.414
  change 7 D-KP=2.444
  setwall RightWall
endstep
*
*
*
```





### 19.3. ANALISI A2M2 - SLV

```
* * Paratie for Windows version 7.0
* Filename= <j:\352.01_sina at-cn\d. progetto esecutivo 2015\05. lavoro\15-02-11 - imbocco lato alba
paratie_sgz\1 - paratia n°1_sgz\4_a2+m2_slv\fase 2 - sez_1_a2m2slv_sgz_hist00.d> Date= 11/Feb/15
16:17:43
* project without "run time" parameters
* Force=kN Lenght=m
*
units m kN
title History 0 - Galleria Verduno - Imbocco lato Alba
wall RightWall 0 179.17 198.19
*
soil DHRight RightWall 179.17 198.19 2 0
soil UHRight RightWall 179.17 198.19 1 180
*
material CLS 3.1476E+007
*
beam Beam RightWall 179.17 198.19 CLS 0.955541 00 00
*
* Soil Profile
*
ldata          4b 198.19
  weight       19 9 10
  atrest       0.609269 0.5 1
  resistance   0 23 0.438 2.283
  young        15000 22500
endlayer
ldata          7 187.67
  weight       21 11 10
  atrest       0.649793 0.5 1
  resistance   64 20.5 0.481 2.078
  young        120000 180000
endlayer
*
step 1 : Sovraccarico 20 kPa
  setwall RightWall
    geom 211.17 211.17
    water 198.19 0
    surcharge 20 198.19 0 0
endstep
*
step 2 : Scavo fino a 195.31 m
  setwall RightWall
    geom 198.19 195.31
    water 198.19 2.88
endstep
*
step 3 : Scavo fino a 191.57 m
  setwall RightWall
    geom 198.19 191.57
    water 198.19 6.62
endstep
*
step 4 : Sisma
  change 4b U-KA=0.374
  change 4b U-KP=2.735
  change 4b D-KA=0.374
  change 4b D-KP=2.735
  change 7 U-KA=0.419
  change 7 U-KP=2.413
  change 7 D-KA=0.419
  change 7 D-KP=2.413
  setwall RightWall
endstep
*
*
```



## 20. APPENDICE C: “SEZIONE 2” – FASE 1

### 20.1. ANALISI A1M1 - SLV

```
* * Paratie for Windows version 7.0
* Filename= <j:\352.01_sina at-cn\d. progetto esecutivo 2015\05. lavoro\15-02-11 - imbocco lato alba
paratie_sgz\2 - paratia n°2_sgz\2_al+m1_slv\fase 1 - sez_1_alm1slv_sgz_hist00.d> Date= 11/Feb/15
16:26:14
* project without "run time" parameters
* Force=kN Lenght=m
*
units m kN
title History 0 - Galleria Verduno - Imbocco lato Alba
wall RightWall 0 179.17 211.17
*
soil DHRight RightWall 179.17 211.17 2 0
soil UHRight RightWall 179.17 211.17 1 180
*
material CLS 3.1476E+007
material Acciaio 2.1E+008
*
beam Beam RightWall 179.17 211.17 CLS 0.955541 00 00
*
wire Tirante1 RightWall 208.67 Acciaio 1.10317E-005 142.9 170
wire Tirante2 RightWall 205.67 Acciaio 1.86161E-005 214.3 173
wire Tirante3 RightWall 203.67 Acciaio 3.97143E-005 428.6 175
wire Tirante4 RightWall 201.17 Acciaio 3.97143E-005 428.6 178
wire Tirante5 RightWall 199.17 Acciaio 4.2551E-005 428.6 180
*
* Soil Profile
*
ldata MistoStabilizzato 211.17
weight 20 10 10
atrest 0.5 0.5 1
resistance 60 30 0.333 3
young 60000 100000
endlayer
ldata 4a 204.17
weight 19 9 10
atrest 0.593263 0.5 1
resistance 0 24 0.422 2.371
young 15000 22500
endlayer
ldata 4b 201.17
weight 19 9 10
atrest 0.530528 0.5 1
resistance 0 28 0.361 2.77
young 15000 22500
endlayer
ldata 7 187.67
weight 21 11 10
atrest 0.577382 0.5 1
resistance 80 25 0.406 2.464
young 120000 180000
endlayer
*
step 1 : Sovraccarico 20 kPa
setwall RightWall
geom 211.17 211.17
water 207.17 0
surcharge 20 211.17 0 0
endstep
*
step 2 : Scavo fino a 207.17 m
setwall RightWall
geom 211.17 207.17
endstep
*
step 3 : Tirante n°1
setwall RightWall
add Tirante1
endstep
*
step 4 : Scavo fino a 205.17 m
setwall RightWall
```



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

```
geom 211.17 205.17
water 207.17 2
endstep
*
step 5 : Tirante n°2
  setwall RightWall
  add Tirante2
endstep
*
step 6 : Scavo fino a 203.17 m
  setwall RightWall
  geom 211.17 203.17
  water 207.17 4
endstep
*
step 7 : Tirante n°3
  setwall RightWall
  add Tirante3
endstep
*
step 8 : Scavo fino a 200.67 m
  setwall RightWall
  geom 211.17 200.67
  water 207.17 6.5
endstep
*
step 9 : Tirante n°4
  setwall RightWall
  add Tirante4
endstep
*
step 10 : Scavo fino a 198.67 m
  setwall RightWall
  geom 211.17 198.67
  water 207.17 8.5
endstep
*
step 11 : Tirante n°5
  setwall RightWall
  add Tirante5
endstep
*
step 12 : Scavo fino a 196.94 m
  setwall RightWall
  geom 211.17 196.94
  water 207.17 10.23
endstep
*
step 13 : Sisma SLV
  change MistoStabilizzato U-KA=0.346
  change MistoStabilizzato U-KP=2.964
  change MistoStabilizzato D-KA=0.346
  change MistoStabilizzato D-KP=2.964
  change 4a U-KA=0.435
  change 4a U-KP=2.339
  change 4a D-KA=0.435
  change 4a D-KP=2.339
  change 4b U-KA=0.374
  change 4b U-KP=2.735
  change 4b D-KA=0.374
  change 4b D-KP=2.735
  change 7 U-KA=0.419
  change 7 U-KP=2.431
  change 7 D-KA=0.419
  change 7 D-KP=2.431
  setwall RightWall
endstep
*
*
*
```



## 20.2. ANALISI A1M1 - SLD

```
* * Paratie for Windows version 7.0
* Filename= <j:\352.01_sina at-cn\d. progetto esecutivo 2015\05. lavoro\15-02-11 - imbocco lato alba
paratie_sgz\2 - paratia n°2_sgz\3_al+m1_sld\fase 1 - sez_1_aim1sld_sgz_hist00.d> Date= 11/Feb/15
16:26:57
* project without "run time" parameters
* Force=kN Lenght=m
*
units m kN
title History 0 - Galleria Verduno - Imbocco lato Alba
wall RightWall 0 179.17 211.17
*
soil DHRight RightWall 179.17 211.17 2 0
soil UHRight RightWall 179.17 211.17 1 180
*
material CLS 3.1476E+007
material Acciaio 2.1E+008
*
beam Beam RightWall 179.17 211.17 CLS 0.955541 00 00
*
wire Tirante1 RightWall 208.67 Acciaio 1.10317E-005 142.9 170
wire Tirante2 RightWall 205.67 Acciaio 1.86161E-005 214.3 173
wire Tirante3 RightWall 203.67 Acciaio 3.97143E-005 428.6 175
wire Tirante4 RightWall 201.17 Acciaio 3.97143E-005 428.6 178
wire Tirante5 RightWall 199.17 Acciaio 4.2551E-005 428.6 180
*
* Soil Profile
*
ldata MistoStabilizzato 211.17
weight 20 10 10
atrest 0.5 0.5 1
resistance 60 30 0.333 3
young 60000 100000
endlayer
ldata 4a 204.17
weight 19 9 10
atrest 0.593263 0.5 1
resistance 0 24 0.422 2.371
young 15000 22500
endlayer
ldata 4b 201.17
weight 19 9 10
atrest 0.530528 0.5 1
resistance 0 28 0.361 2.77
young 15000 22500
endlayer
ldata 7 187.67
weight 21 11 10
atrest 0.577382 0.5 1
resistance 80 25 0.406 2.464
young 120000 180000
endlayer
*
step 1 : Sovraccarico 20 kPa
setwall RightWall
geom 211.17 211.17
water 207.17 0
surcharge 20 211.17 0 0
endstep
*
step 2 : Scavo fino a 207.17 m
setwall RightWall
geom 211.17 207.17
endstep
*
step 3 : Tirante n°1
setwall RightWall
add Tirante1
endstep
*
step 4 : Scavo fino a 205.17 m
setwall RightWall
geom 211.17 205.17
water 207.17 2
endstep
*
step 5 : Tirante n°2
setwall RightWall
```



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

```
        add Tirante2
endstep
*
step 6 : Scavo fino a 203.17 m
        setwall RightWall
        geom 211.17 203.17
        water 207.17 4
endstep
*
step 7 : Tirante n°3
        setwall RightWall
        add Tirante3
endstep
*
step 8 : Scavo fino a 200.67 m
        setwall RightWall
        geom 211.17 200.67
        water 207.17 6.5
endstep
*
step 9 : Tirante n°4
        setwall RightWall
        add Tirante4
endstep
*
step 10 : Scavo fino a 198.67 m
        setwall RightWall
        geom 211.17 198.67
        water 207.17 8.5
endstep
*
step 11 : Tirante n°5
        setwall RightWall
        add Tirante5
endstep
*
step 12 : Scavo fino a 196.94 m
        setwall RightWall
        geom 211.17 196.94
        water 207.17 10.23
endstep
*
step 13 : Sisma SLV
        change MistoStabilizzato U-KA=0.341
        change MistoStabilizzato U-KP=2.979
        change MistoStabilizzato D-KA=0.341
        change MistoStabilizzato D-KP=2.979
        change 4a U-KA=0.43
        change 4a U-KP=2.352
        change 4a D-KA=0.43
        change 4a D-KP=2.352
        change 4b U-KA=0.369
        change 4b U-KP=2.749
        change 4b D-KA=0.369
        change 4b D-KP=2.749
        change 7 U-KA=0.414
        change 7 U-KP=2.444
        change 7 D-KA=0.414
        change 7 D-KP=2.444
        setwall RightWall
endstep
*
*
*
```



### 20.3. ANALISI A2M2 - SLV

```
* Paratie for Windows version 7.0
* Filename= <j:\352.01_sina at-cn\d. progetto esecutivo 2015\05. lavoro\15-02-11 - imbocco lato alba
paratie_sgz\2 - paratia n°2_sgz\4_a2+m2_slv\fase 1 - sez_1_a2m2slv_sgz_hist00.d> Date= 11/Feb/15
16:27:30
* project without "run time" parameters
* Force=kN Lenght=m
*
units m kN
title History 0 - Galleria Verduno - Imbocco lato Alba
wall RightWall 0 179.17 211.17
*
soil DHRight RightWall 179.17 211.17 2 0
soil UHRight RightWall 179.17 211.17 1 180
*
material CLS 3.1476E+007
material Acciaio 2.1E+008
*
beam Beam RightWall 179.17 211.17 CLS 0.955541 00 00
*
wire Tirante1 RightWall 208.67 Acciaio 1.10317E-005 142.9 170
wire Tirante2 RightWall 205.67 Acciaio 1.86161E-005 214.3 173
wire Tirante3 RightWall 203.67 Acciaio 3.97143E-005 428.6 175
wire Tirante4 RightWall 201.17 Acciaio 3.97143E-005 428.6 178
wire Tirante5 RightWall 199.17 Acciaio 4.2551E-005 428.6 180
*
* Soil Profile
*
ldata MistoStabilizzato 211.17
  weight 20 10 10
  atrest 0.580548 0.5 1
  resistance 48 24.8 0.409 2.445
  young 60000 100000
endlayer
ldata 4a 204.17
  weight 19 9 10
  atrest 0.664548 0.5 1
  resistance 0 19.6 0.498 2.01
  young 15000 22500
endlayer
ldata 4b 201.17
  weight 19 9 10
  atrest 0.609269 0.5 1
  resistance 0 23 0.438 2.283
  young 15000 22500
endlayer
ldata 7 187.67
  weight 21 11 10
  atrest 0.649793 0.5 1
  resistance 64 20.5 0.481 2.078
  young 120000 180000
endlayer
*
step 1 : Sovraccarico 20 kPa
  setwall RightWall
  geom 211.17 211.17
  water 207.17 0
  surcharge 20 211.17 0 0
endstep
*
step 2 : Scavo fino a 207.17 m
  setwall RightWall
  geom 211.17 207.17
endstep
*
step 3 : Tirante n°1
  setwall RightWall
  add Tirante1
endstep
*
step 4 : Scavo fino a 205.17 m
  setwall RightWall
  geom 211.17 205.17
  water 207.17 2
endstep
*
step 5 : Tirante n°2
  setwall RightWall
```



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

```
        add Tirante2
endstep
*
step 6 : Scavo fino a 203.17 m
        setwall RightWall
        geom 211.17 203.17
        water 207.17 4
endstep
*
step 7 : Tirante n°3
        setwall RightWall
        add Tirante3
endstep
*
step 8 : Scavo fino a 200.67 m
        setwall RightWall
        geom 211.17 200.67
        water 207.17 6.5
endstep
*
step 9 : Tirante n°4
        setwall RightWall
        add Tirante4
endstep
*
step 10 : Scavo fino a 198.67 m
        setwall RightWall
        geom 211.17 198.67
        water 207.17 8.5
endstep
*
step 11 : Tirante n°5
        setwall RightWall
        add Tirante5
endstep
*
step 12 : Scavo fino a 196.94 m
        setwall RightWall
        geom 211.17 196.94
        water 207.17 10.23
endstep
*
step 13 : Sisma SLV
        change MistoStabilizzato U-KA=0.346
        change MistoStabilizzato U-KP=2.964
        change MistoStabilizzato D-KA=0.346
        change MistoStabilizzato D-KP=2.964
        change 4a U-KA=0.435
        change 4a U-KP=2.339
        change 4a D-KA=0.435
        change 4a D-KP=2.339
        change 4b U-KA=0.374
        change 4b U-KP=2.735
        change 4b D-KA=0.374
        change 4b D-KP=2.735
        change 7 U-KA=0.419
        change 7 U-KP=2.431
        change 7 D-KA=0.419
        change 7 D-KP=2.431
        setwall RightWall
endstep
*
*
```



## 21. APPENDICE E: “SEZIONE 3”

### 21.1. ANALISI A1M1 - SLV

```
* Paratie for Windows version 7.0
* Filename= <j:\352.01_sina at-cn\b. progetto esecutivo\5. lavoro\imbocco alba\tbm_pe - paratie
alba_sgz\3 - paratia n°3_sgz\2_al+m1_slv\sez_3_almlslv_sgz_hist00.d> Date= 24/Apr/13 12:43:15
* project without "run time" parameters
* Force=kN Lenght=m
*
units m kN
title History 0 - Galleria Verduno - Imbocco lato Alba
  wall RightWall 0 191.5 207.5
*
soil DHRight RightWall 191.5 207.5 2 0
soil UHRight RightWall 191.5 207.5 1 180
*
material CLS 3.1476E+007
material Acciaio 2.1E+008
*
beam Beam RightWall 191.5 207.5 CLS 0.955541 00 00
*
wire Tirantel RightWall 205.2 Acciaio 2.48214E-005 214.3 155
wire Tirante2 RightWall 203.2 Acciaio 5.41558E-005 428.6 155
*
* Soil Profile
*
  ldata      4a 207.5
    weight   19 9 10
    atrest   0.593263 0.5 1
    resistance 0 24 0.422 2.371
    young    15000 22500
  endlayer
  ldata      4b 201.17
    weight   19 9 10
    atrest   0.530528 0.5 1
    resistance 0 28 0.361 2.77
    young    15000 22500
  endlayer
*
step 1 : Sovraccarico 20 kPa
  setwall RightWall
    geom 207.5 207.5
    water 203.5 0
    surcharge 20 207.5 0 0
endstep
*
step 2 : Scavo fino a 204.7 m
  setwall RightWall
    geom 207.5 204.7
    water 203.5 0
endstep
*
step 3 : Tirante n°1
  setwall RightWall
    add Tirantel
endstep
*
step 4 : Scavo fino a 202.7 m
  setwall RightWall
    geom 207.5 202.7
    water 203.5 0.8
endstep
*
step 5 : Tirante n°3
  setwall RightWall
    add Tirante2
endstep
*
step 6 : Scavo fino a 202.00 m
  setwall RightWall
    geom 207.5 202
    water 203.5 1.5
endstep
*
```





**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

```
step 7 : Sisma SLV
change 4a U-KA=0.435
change 4a U-KP=2.339
change 4a D-KA=0.435
change 4a D-KP=2.339
change 4b U-KA=0.374
change 4b U-KP=2.735
change 4b D-KA=0.374
change 4b D-KP=2.735
setwall RightWall
endstep
*
*
```



## 21.2. ANALISI A1M1 - SLD

```
* Paratie for Windows version 7.0
* Filename= <j:\352.01_sina_at-cn\b. progetto esecutivo\5. lavoro\imbocco alba\tbm.pe - paratie
alba_sgz\3 - paratia n°3_sgz\3_al+m1_sld\sez_3_alm1sld_sgz_hist00.d> Date= 24/Apr/13 12:43:46
* project without "run time" parameters
* Force=kN Lenght=m
*
units m kN
title History 0 - Galleria Verduno - Imbocco lato Alba
  wall RightWall 0 191.5 207.5
*
soil DHRight RightWall 191.5 207.5 2 0
soil UHRight RightWall 191.5 207.5 1 180
*
material CLS 3.1476E+007
material Acciaio 2.1E+008
*
beam Beam RightWall 191.5 207.5 CLS 0.955541 00 00
*
wire Tirante1 RightWall 205.2 Acciaio 2.48214E-005 214.3 155
wire Tirante2 RightWall 203.2 Acciaio 5.41558E-005 428.6 155
*
* Soil Profile
*
  ldata      4a 207.5
    weight   19 9 10
    atrest   0.593263 0.5 1
    resistance 0 24 0.422 2.371
    young    15000 22500
  endlayer
  ldata      4b 201.17
    weight   19 9 10
    atrest   0.530528 0.5 1
    resistance 0 28 0.361 2.77
    young    15000 22500
  endlayer
*
step 1 : Sovraccarico 20 kPa
  setwall RightWall
    geom 207.5 207.5
    water 203.5 0
    surcharge 20 207.5 0 0
endstep
*
step 2 : Scavo fino a 204.7 m
  setwall RightWall
    geom 207.5 204.7
    water 203.5 0
endstep
*
step 3 : Tirante n°1
  setwall RightWall
    add Tirante1
endstep
*
step 4 : Scavo fino a 202.7 m
  setwall RightWall
    geom 207.5 202.7
    water 203.5 0.8
endstep
*
step 5 : Tirante n°3
  setwall RightWall
    add Tirante2
endstep
*
step 6 : Scavo fino a 202.00 m
  setwall RightWall
    geom 207.5 202
    water 203.5 1.5
endstep
*
step 7 : Sisma SLV
  change 4a U-KA=0.43
  change 4a U-KP=2.352
  change 4a D-KA=0.43
  change 4a D-KP=2.352
  change 4b U-KA=0.369
```



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

```
change 4b U-KP=2.749  
change 4b D-KA=0.369  
change 4b D-KP=2.749  
setwall RightWall  
endstep  
*  
*
```



### 21.3. ANALISI A2M2 – SLV

```
* Paratie for Windows version 7.0
* Filename= <j:\352.01_sina_at-cn\b. progetto esecutivo\5. lavoro\imbocco alba\tbm_pe - paratie
alba_sgz\3 - paratia n°3_sgz\4_a2+m2_slv\sez_3_a2m2slv_sgz_hist00.d> Date= 24/Apr/13 12:44:15
* project without "run time" parameters
* Force=kN Lenght=m
*
units m kN
title History 0 - Galleria Verduno - Imbocco lato Alba
  wall RightWall 0 191.5 207.5
*
soil DHRight RightWall 191.5 207.5 2 0
soil UHRight RightWall 191.5 207.5 1 180
*
material CLS 3.1476E+007
material Acciaio 2.1E+008
*
beam Beam RightWall 191.5 207.5 CLS 0.955541 00 00
*
wire Tirantel RightWall 205.2 Acciaio 2.48214E-005 214.3 155
wire Tirante2 RightWall 203.2 Acciaio 5.41558E-005 428.6 155
*
* Soil Profile
*
  ldata      4a 207.5
    weight   19 9 10
    atrest   0.593263 0.5 1
    resistance 0 24 0.422 2.371
    young    15000 22500
  endlayer
  ldata      4b 201.17
    weight   19 9 10
    atrest   0.530528 0.5 1
    resistance 0 28 0.361 2.77
    young    15000 22500
  endlayer
*
step 1 : Sovraccarico 20 kPa
  setwall RightWall
    geom 207.5 207.5
    water 203.5 0
    surcharge 20 207.5 0 0
endstep
*
step 2 : Scavo fino a 204.7 m
  setwall RightWall
    geom 207.5 204.7
    water 203.5 0
endstep
*
step 3 : Tirante n°1
  setwall RightWall
    add Tirantel
endstep
*
step 4 : Scavo fino a 202.7 m
  setwall RightWall
    geom 207.5 202.7
    water 203.5 0.8
endstep
*
step 5 : Tirante n°3
  setwall RightWall
    add Tirante2
endstep
*
step 6 : Scavo fino a 202.00 m
  setwall RightWall
    geom 207.5 202
    water 203.5 1.5
endstep
*
step 7 : Sisma SLV
  change 4a U-KA=0.512
  change 4a U-KP=1.98
  change 4a D-KA=0.512
  change 4a D-KP=1.98
```



**Collegamento autostradale Asti – Cuneo – Tronco II Lotto 6**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**Galleria Verduno – Relazione di calcolo opere di sostegno scavi – lato Alba**

```
change 4b U-KA=0.451
change 4b U-KP=2.255
change 4b D-KA=0.451
change 4b D-KP=2.255
setwall RightWall
endstep
*
*
```