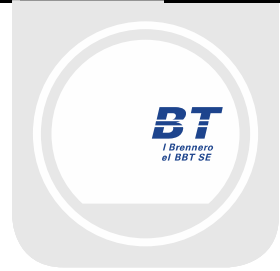




Mit Beteiligung der Europäischen Union aus dem Haushalt der Transeuropäischen Verkehrsnetze finanziertes Vorhaben

Opera finanziata con la partecipazione dell'Unione Europea attraverso il bilancio delle reti di trasporto transeuropee



Ausbau Eisenbahnachse München-Verona

# BRENNER BASISTUNNEL

Ausführungsplanung

Potenziamiento asse ferroviario Monaco-Verona

## GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO

Progettazione esecutiva

**D0700: Baulos Mauls 2-3**

**D0700: Lotto Mules 2-3**

**Projekteinheit**

Zugangstunnel Trens

**WBS**

Galleria di accesso Trens

**Dokumentenart**

Statische Berechnung

**Tipo Documento**

Calcolo statico

**Titel**

Statischer Bericht GA-T2/T3

**Titolo**

Relazione di calcolo GA-T2/T3



Raggruppamento Temporaneo di Imprese 4P

ch. Pro.ter S.r.l., Via G.B. Sommariva 5, 20125 Milano, Tel: +39 026779711, Fax: +39 0267112612

Generalplaner / Responsabile integrazioni prestazioni specialistiche

Ing. Enrico Maria Pizzarotti

Ord. Ingg. Milano N° A 29470

Mandataria



Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.

Mandante



Mandante



Mandante



Fachplaner / il progettista specialista

Ing. Davide Merlini

Ord. Ingg. Como N° 2354 A

Datum / Data

Name / Nome

Gesellschaft / Società

Bearbeitet / Elaborato

30.01.2015

A. Battaglia / M. Falanesca

Pini Swiss

Geprüft / Verificato

30.01.2015

D. Merlini

Pini Swiss



Galleria di Base del Brennero  
Brenner Basistunnel BBT SE

Name / Nome

R. Zurlo

Name / Nome

K. Bergmeister

Projekt-kilometer /  
Chilometro  
progetto

von / da 32.0+88

bis / a 54.0+15

bei / al

Projekt-kilometer /  
Chilometro  
opera

von / da 0.0+00

bis / a 3.8+06

bei / al

Status  
Dokument /  
Stato  
documento

Massstab /  
Scala

-

Staat  
Stato

Los  
Lotto

Einheit  
Unità

Nummer  
Numero

Dokumentenart  
Tipo Documento

Vertrag  
Contratto

Nummer  
Codice

Revision  
Revisione

02

H61

OP

080

KST

D0700

22901

21

## Bearbeitungsstand Stato di elaborazione

Revision Revisione	Änderungen / Cambiamenti	Verantwortlicher Änderung Responsabile modifica	Datum Data
00	Consegna preliminare / Vorläufige Abgabe	A.Battaglia / M. Falanese	22.05.2014
10	Consegna definitiva / Endgültige Abgabe	A.Battaglia / M. Falanese	31.07.2014
11	Projektvervollständigung und Umsetzung der Verbesserungen aus dem Prüfverfahren / Completamento progetto e recepimento istruttoria	A.Battaglia / M. Falanese	09.10.2014
20	Überarbeitung infolge Dienstanweisung Nr. 1 vom 17.10.2014 / Revisione a seguito ODS n°1 del 17.10.14	A.Battaglia / M. Falanese	04.12.2014
21	Abgabe für Ausschreibung / Emissione per Appalto	A.Battaglia	30.01.2015

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b>	
<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b> .....	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>MATERIALKENNWERTE</b>	
<b>2</b>	<b>MATERIALI</b> .....	<b>10</b>
2.1	SPRITZBETON	
2.1	BETONCINO PROIETTATO .....	10
2.2	ANKER	
2.2	ANCORAGGI .....	10
2.3	BETON	
2.3	CALCESTRUZZO.....	10
2.4	BEWEHRUNGSSTAHL	
2.4	ACCIAIO D'ARMATURA .....	11
<b>3</b>	<b>GEOTECHNISCHES MODELL</b>	
<b>3</b>	<b>MODELLO GEOTECNICO</b> .....	<b>12</b>
3.1	GEOLOGIE UND GEOMECHANIK	
3.1	GEOLOGIA E GEOMECCANICA.....	12
3.2	TRENNFLÄCHENORIENTIERUNG	
3.2	ORIENTAMENTO DELLE DISCONTINUITÀ .....	14
3.3	TRENNFLÄCHENPARAMETER	
3.3	PARAMETRI DELLE DISCONTINUITÀ .....	15
<b>4</b>	<b>GEBIRGSVERHALTEN</b>	
<b>4</b>	<b>COMPORTAMENTO DELLA ROCCIA</b> .....	<b>16</b>
4.1	ABSCHÄTZUNG DES GEBIRGSVERHALTENS	
4.1	VALUTAZIONE DEL COMPORTAMENTO DELLA ROCCIA .....	16
<b>5</b>	<b>AUSSENSCHALE</b>	
<b>5</b>	<b>RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE</b> .....	<b>19</b>
5.1	BRUCHKÖRPERANALYSE	
5.1	ANALISI DEI BLOCCHI .....	19
5.1.1	Gebirgslast bei trennflächendominiertem Gebirgsverhalten	
5.1.1	Carichi dell'ammasso altamente fratturato .....	19
5.1.2	Nachweisverfahren	
5.1.2	Procedura di verifica.....	19
5.1.3	Untersuchte Fälle und Ergebnisse	
5.1.3	Casi analizzati e risultati .....	20
5.2	ANALYSE DER AUSBRUCHSPHASEN	
5.2	ANALISI DELLE FASI DI SCAVO .....	21
5.2.1	Untersuchter Ausbruchquerschnitt	
5.2.1	Sezione analizzata .....	22
5.2.2	Bildendes Gebirgsmodell	
5.2.2	Modello costitutivo dell'ammasso .....	22
5.2.3	Modellgeometrie und Ausgangsspannungslage	
5.2.3	Geometria del modello e stato tensionale iniziale .....	23
5.2.4	Charakteristika der Außenschale	
5.2.4	Caratteristiche dei rivestimenti di prima fase .....	24
5.2.5	Laststufe	
5.2.5	Step di carico.....	24

5.2.6	Nachweisverfahren	
5.2.6	Procedura di verifica.....	26
5.2.7	Ergebnisse	
5.2.7	Risultati.....	26
5.3	ANALYSE DER STANDSICHERHEIT DER ORTBRUST	
5.3	ANALISI DELLA STABILITÀ DEL FRONTE.....	27
5.3.1	Nachweisverfahren	
5.3.1	Procedura di verifica.....	27
5.3.2	Ergebnisse	
5.3.2	Risultati.....	27
<b>6</b>	<b>INNENSCHALE</b>	
<b>6</b>	<b>RIVESTIMENTO DEFINITIVO .....</b>	<b>28</b>
6.1	STABWERKSMODELLE	
6.1	METODO DELLE REAZIONI IPERSTATICHE .....	28
6.2	INTERAKTION TRAGWERK-BAUGRUND	
6.2	INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA.....	28
6.2.1	Modellierung der Bettung	
6.2.1	Rigidezza radiale.....	29
6.2.2	Federkonstanten Auflagerbereich/Sohle	
6.2.2	Costante della molla nelle zone di appoggio / fondo .....	29
6.3	EINWIRKUNGEN	
6.3	ANALISI DEI CARICHI .....	30
6.3.1	Eigengewicht G1	
6.3.1	Peso proprio G1 .....	30
6.3.2	Oberleitung G2	
6.3.2	Catenaria G2 .....	30
6.3.3	Auffüllung mit Beton oberhalb des Sohlgewölbes G3	
6.3.3	Riempimento in cls al di sopra dell'arco rovescio G3 .....	31
6.3.4	Wasserdruck G4	
6.3.4	Pressione idraulica G4 .....	31
6.3.5	Gebirgslast G5	
6.3.5	Carico dell'ammasso G5 .....	31
6.3.6	Kriechen und Schwinden des Betons G6	
6.3.6	Viscosità e ritiro del calcestruzzo G6.....	32
6.3.7	Temperatur Q1	
6.3.7	Temperatura Q1 .....	32
6.3.8	Erdbebeneinwirkung E1	
6.3.8	Azione sismica E1 .....	33
6.3.9	Druck / Sog infolge Zugfahrt A1	
6.3.9	Pressione aerodinamica A1.....	33
6.3.10	Anpralllast A2	
6.3.10	Urto A2 .....	33
6.3.11	Brand A3	
6.3.11	Incendio A3 .....	33
6.4	EINWIRKUNGSKOMBINATIONEN	
6.4	COMBINAZIONE DI CARICO .....	34
6.5	NACHWEISVERFAHREN	
6.5	VERIFICHE .....	34
6.5.1	Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)	
6.5.1	Stati Limite Ultimi (SLU) .....	34



6.5.1.1	Teilsicherheitsfaktoren Einwirkungen	
6.5.1.1	Coefficienti parziali di sicurezza per le azioni .....	34
6.5.1.2	Kombinationsbeiwerte Einwirkungen	
6.5.1.2	Coefficienti di combinazione delle azioni .....	35
6.5.1.3	Einwirkungskombinationen	
6.5.1.3	Combinazione delle azioni.....	35
6.5.1.4	Teilsicherheitsfaktoren Widerstand	
6.5.1.4	Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze .....	35
6.5.1.5	Bemessung auf Biegung und Längskraft	
6.5.1.5	Verifica a pressoflessione.....	36
6.5.1.6	Bemessung Querkraft	
6.5.1.6	Verifica a taglio.....	36
6.5.2	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZG)	
6.5.2	Stati Limite Esercizio (SLE).....	37
6.5.2.1	Teilsicherheitsfaktoren Einwirkungen	
6.5.2.1	Coefficienti parziali di sicurezza delle azioni.....	37
6.5.2.2	Kombinationsbeiwerte Einwirkungen	
6.5.2.2	Coefficienti di combinazione delle azioni.....	37
6.5.2.3	Einwirkungskombinationen	
6.5.2.3	Combinazioni delle azioni.....	37
6.5.2.4	Teilsicherheitsfaktoren Widerstand	
6.5.2.4	Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze .....	37
6.5.2.5	Ermittlung der Verformungen	
6.5.2.5	Calcolo delle deformazioni .....	37
6.5.2.6	Begrenzung der Rissbreiten	
6.5.2.6	Limitazione dello spessore delle fessure.....	37
6.6	BAULICHE DURCHBILDUNG	
6.6	STRUTTURA COSTRUTTIVA .....	38
6.6.1	Expositionsklasse und Mindestdeckungen	
6.6.1	Classe di esposizione e copriferro minimo .....	38
6.6.2	Mindestbewehrung	
6.6.2	Armatura minima .....	38
6.7	ERGEBNISSE	
6.7	RISULTATI.....	39
<b>7</b>	<b>VERZEICHNISSE</b>	
<b>7</b>	<b>ELENCHI.....</b>	<b>40</b>
7.1	TABELLENVERZEICHNIS	
7.1	ELENCO DELLE TABELLE.....	40
7.2	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	
7.2	ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI.....	40
7.3	ANLAGENVERZEICHNIS	
7.3	ELENCO APPENDICI .....	41
7.4	REFERENZDOKUMENTE	
7.4	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	41
7.4.1	Eingangsdokumente	
7.4.1	Documenti in ingresso.....	41
7.4.1.1	Ausführungsprojekt Baulos Muls 2-3	
7.4.1.1	Progetto Esecutivo Lotto Muls 2-3.....	41
7.4.1.2	Technische Projektaufbereitung	
7.4.1.2	Elaborazione tecnica del progetto .....	42

7.4.1.3	Ausführungsprojekt Erweiterung Baulos Muls 1	
7.4.1.3	Progetto Esecutivo Estensione Lotto Muls 1 .....	42
7.4.2	Normen und Richtlinien	
7.4.2	Normativa .....	42
7.4.3	Literatur	
7.4.3	Letteratura .....	43
<b>ANHANG 1 –KENNLINIENVERFAHREN</b>		
<b>APPENDICE 1 - CURVE CARATTERISTICHE .....</b>		<b>45</b>
<b>ANHANG 2 - BRUCHKÖRPERANALYSE</b>		
<b>APPENDICE 2 - ANALISI DEI BLOCCHI.....</b>		<b>46</b>
<b>ANHANG 3 - FEM- ANALYSE DER AUßENSCHALE</b>		
<b>APPENDICE 3 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE.....</b>		<b>96</b>
<b>ANHANG 4 - FEM-ANALYSE DER INNENSCHALE</b>		
<b>APPENDICE 4 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO .....</b>		<b>101</b>
<b>ANHANG 5 - ZWISCHENPLATTE</b>		
<b>APPENDICE 5 – SOLETTA INTERMEDIA .....</b>		<b>178</b>
<b>1</b>	<b>EINFÜHRUNG</b>	
<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>179</b>
<b>2</b>	<b>NORMEN UND RICHTLINIEN</b>	
<b>2</b>	<b>NORMATIVA.....</b>	<b>180</b>
<b>3</b>	<b>MATERIALIEN</b>	
<b>3</b>	<b>MATERIALI.....</b>	<b>180</b>
3.1	BETON	
3.1	CALCESTRUZZO.....	180
3.2	BEWEHRUNGSSTAHL	
3.2	ACCIAIO DA ARMATURA.....	180
<b>4</b>	<b>BERECHNUNGSMODELL</b>	
<b>4</b>	<b>MODELLO DI CALCOLO .....</b>	<b>181</b>
4.1	BELASTUNGSANALYSE	
4.1	ANALISI DEI CARICHI .....	181
4.1.1	Eigengewicht G1	
4.1.1	Peso proprio G1 .....	181
4.1.2	Lüftung Q1	
4.1.2	Ventilazione Q1 .....	181
4.1.3	Nutzung Q2	
4.1.3	Utilizzazione Q2 .....	181
4.1.4	Brand A1	
4.1.4	Incendio A1 .....	181
4.1.4.1	Temperatur-Zeitkurve im Tunnelbau [UNI 11076]	
4.1.4.1	Curva della temperatura/tempo per tunnel [UNI 11076] .....	181
4.1.4.2	Koeffizienten zur Bewertung der temperaturbedingten Festigkeitsminderung der Materialien	
4.1.4.2	Coefficienti per la valutazione della diminuzione delle caratteristiche di resistenza dei materiali in funzione della temperatura.....	183
4.2	NACHWEISVERFAHREN	
4.2	VERIFICHE .....	184

4.2.1	Traggrenzzustände (GZT) und Gebrauchsgrenzzustände (GZG)	
4.2.1	Stati Limite Ultimi (SLU) e Stati Limite di Esercizio (SLE) .....	184
4.2.1.1	Kombinations- und Teilkoeffizienten der Sicherheit der Wirkungen	
4.2.1.1	Coefficienti di combinazione e parziali di sicurezza per le azioni .....	184
4.2.1.2	Teilsicherheitsbeiwerte der Festigkeiten	
4.2.1.2	Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze .....	185
4.3	ERGEBNISSE	
4.3	RISULTATI .....	185
4.3.1	Grenzzustände der Tragfähigkeit (GZT)	
4.3.1	Sollecitazioni Stati Limite Ultimi (SLU).....	185
4.3.2	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZG)	
4.3.2	Sollecitazioni Stati Limite d'Esercizio (SLE).....	185
4.3.3	Brandzustände (GZT).....	186
4.3.4	Sollecitazioni incendio (SLU).....	186
4.4	NACHWEISVERFAHREN	
4.4	VERIFICHE .....	187
4.4.1	Prüfungen der Traggrenzzustände	
4.4.1	Verifiche Stati Limite Ultimi.....	187
4.4.1.1	Prüfung auf Biegung	
4.4.1.1	Verifica a flessione .....	187
4.4.1.2	Prüfung auf Querkraft	
4.4.1.2	Verifica a taglio.....	187
4.4.2	Prüfungen der Gebrauchsgrenzzustände	
4.4.2	Verifiche Stati Limite d'Esercizio.....	187
4.4.3	Prüfungen auf Rissbildung	
4.4.3	Verifiche a fessurazione .....	187
4.4.4	Prüfungen auf Verformung	
4.4.4	Verifica di deformabilità .....	187
4.4.5	Prüfung auf Ermüdung durch Biegung	
4.4.5	Verifica a fatica a flessione.....	188
4.4.6	Prüfung auf Ermüdung auf Querkraft	
4.4.6	Verifica a fatica a taglio .....	189
4.4.7	Brandprüfung (GZT)	
4.4.7	Verifica incendio (SLU).....	189
<b>5</b>	<b>VERANKERUNGEN</b>	
<b>5</b>	<b>ANCORAGGI .....</b>	<b>189</b>
	<b>ANLAGE 1</b>	
	<b>ALLEGATO 1 .....</b>	<b>190</b>
	<b>ANLAGE 2</b>	
	<b>ALLEGATO 2 .....</b>	<b>191</b>
	<b>ANLAGE 3</b>	
	<b>ALLEGATO 3 .....</b>	<b>192</b>
	<b>ANLAGE 4</b>	
	<b>ALLEGATO 4 .....</b>	<b>193</b>
	<b>ANLAGE 5</b>	
	<b>ALLEGATO 5 .....</b>	<b>194</b>

<b>ANLAGE 6</b>	
<b>ALLEGATO 6</b> .....	<b>195</b>
<b>ANHANG 6 - FEM-ANALYSEN DES INNENAUSBAUS : VERBINDUNG CT5-IN-GA</b>	
<b>APPENDICE 6 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO: INNESTO CT5-IN-GA</b> .....	<b>196</b>
<b>1 EINFÜHRUNG</b>	
<b>1 INTRODUZIONE</b> .....	<b>197</b>
<b>3 AUSSENSCHALEN</b>	
<b>3 RIVESTIMENTI DI PRIMA FASE</b> .....	<b>197</b>
<b>4 INNENSCHALEN</b>	
<b>4 RIVESTIMENTI DEFINITIVI</b> .....	<b>199</b>
4.1 BEMESSUNG DES STÜTZTRÄGERS	
4.1 DIMENSIONAMENTO DELL'ARCHITRAVE .....	200
4.2 NACHWEIS INNENSCHALEN	
4.2 VERIFICA DEI RIVESTIMENTI.....	204
4.2.1 Nachweis Innenschalen GA	
4.2.1 Verifica rivestimenti GA .....	204
4.2.1.1 Nachweise GZT	
4.2.1.1 Verifiche SLU .....	204
4.2.1.2 Nachweise GZG	
4.2.2 Nachweis Innenschalen CT5-IN	
4.2.2 Verifica rivestimenti CT5-IN.....	207
4.2.2.1 Nachweise GZT	
4.2.2.1 Verifiche SLU .....	207
4.2.2.2 Nachweis GZG	
4.2.2.2 Verifiche SLE.....	209
4.3 NACHWEIS DES AUSBAUS - BRAND	
4.3 VERIFICA DEI RIVESTIMENTI - INCENDIO .....	211
4.3.1 Nachweis des Ausbaus GA	
4.3.1 Verifica rivestimenti GA .....	211
4.3.2 Nachweis des Ausbaus CT5-IN	
4.3.2 Verifica rivestimenti CT5-IN.....	211

## 1 EINLEITUNG

Das vorliegende Dokument beinhaltet die Erläuterung zur Bemessung der Außen- und Innenschalen des Zugangstunnels Trens (GA), die zwischen Kilometrierung km 45.1+92.420 und km 48.8+80.648 ca. (Oströhre) und zwischen Kilometrierung km 45.1+55.363 und km 48.9+09.091 ca. (Weströhre) konventionell vorgetrieben werden (GL-T).

Der GA entwickelt sich in diesem Abschnitt von Süden startend in Richtung Norden im Granitkomplex, in der Pustertallinie, in Tonaliten, der Maulser-Tal-Störung, dem Bündnerschieferkomplex und der Amphibolite (Geomechanische Homozonen 14 – 25 [1]-[2]) mit variablen Überlagerungen von 1200 m bis 440 m, wie in den geomechanischen Detailprofilen [3] angegeben und in Abbildung 1 dargestellt.

Der Ausbruchsquerschnitt in Ausbruchsklasse I/II GA-T2 genannt, weist eine Ausbruchsquerschnittsfläche von 83.92 m<sup>2</sup> auf und sieht radiale Anker des Typs Superswellex Pm16, 3 m lang, mit Querabstand 1.8 m und Längsabstand 1.5 m, vor. Der Spritzbeton hat eine nominale Stärke von 15 cm.

Der Ausbruchsquerschnitt in Klasse III, GA-T3 genannt, hat eine Ausbruchsquerschnittsfläche von 83.92 m<sup>2</sup>, und sieht radiale Anker des Typs Superswellex Pm24, 4.5 m lang, mit Querabstand 1.8 m und Längsabstand 1.5 m, vor. Der Spritzbeton hat eine nominale Stärke von 15 cm.

Die Innenschale ist nur in der Sohle und in den Ulmenbereichen bis auf die Höhe der Zwischendecke bewehrt und wird in Beton der Festigkeitsklasse C30/37 ausgeführt. Die Mindeststärken, welche die Bautoleranzen in der Bauphase berücksichtigen, reichen von 35 cm in der Kalotte bis 60 cm in der Sohle.

Die Bemessung der Typprofile GA T4-T5 ist im Bericht D0700-22910 "Statischer Bericht GA (T4-T5)" angegeben.

## 1 INTRODUZIONE

La seguente relazione riporta il dimensionamento dei rivestimenti di prima fase e definitivi della Galleria di accesso di Trens (GA), realizzata mediante avanzamento in scavo tradizionale tra le progr. 45.1+92.420 e 48.8+80.648 ca. (Canna Est) e tra le progr. 45.1+55.363 e 48.9+09.091 ca. (Canna Ovest).

La GA in questa tratta si sviluppa a partire da sud verso nord attraverso il complesso dei Graniti, della zona di faglia della Pusteria, delle Tonaliti, della zona di faglia della Val di Mules, dei Parascisti e delle Anfiboliti (zone geomeccaniche omogenee 14 - 25 [1]-[2]) con coperture variabili da 1200 m a 440 m come indicato nei profili geomeccanici di dettaglio [3] e riportato in Figura 1.

La sezione prevista per affrontare lo scavo in classe I/II, è denominata GA-T2, avente sezione di scavo 83.92 m<sup>2</sup>, e prevede chiodature radiali costituite da Superswellex Pm16, lunghezza 3 m, con passo trasversale 1.8 m e longitudinale 1.5 m e uno spessore di betoncino proiettato totale di 15 cm.

La sezione prevista per affrontare lo scavo in classe III, è denominata GA-T3, avente sezione di scavo 83.92 m<sup>2</sup>, e prevede chiodature radiali costituite da Superswellex Pm24, lunghezza 4.5 m, con passo trasversale 1.8 m e longitudinale 1.5 m e uno spessore di betoncino proiettato totale di 15 cm.

Il rivestimento definitivo è armato solo in platea e lungo i paramenti (fino all'altezza della soletta intermedia) ed è costituito da calcestruzzo C30/37 con spessori minimi, che tengono conto delle tolleranze in fase di costruzione, pari a 35 e 60 cm rispettivamente in calotta ed in platea di fondazione.

I dimensionamenti statici per i profili tipo GA T4/T5 sono riportati nel rapporto D0700-22910 "Relazione di calcolo rivestimenti GA (T4-T5)".

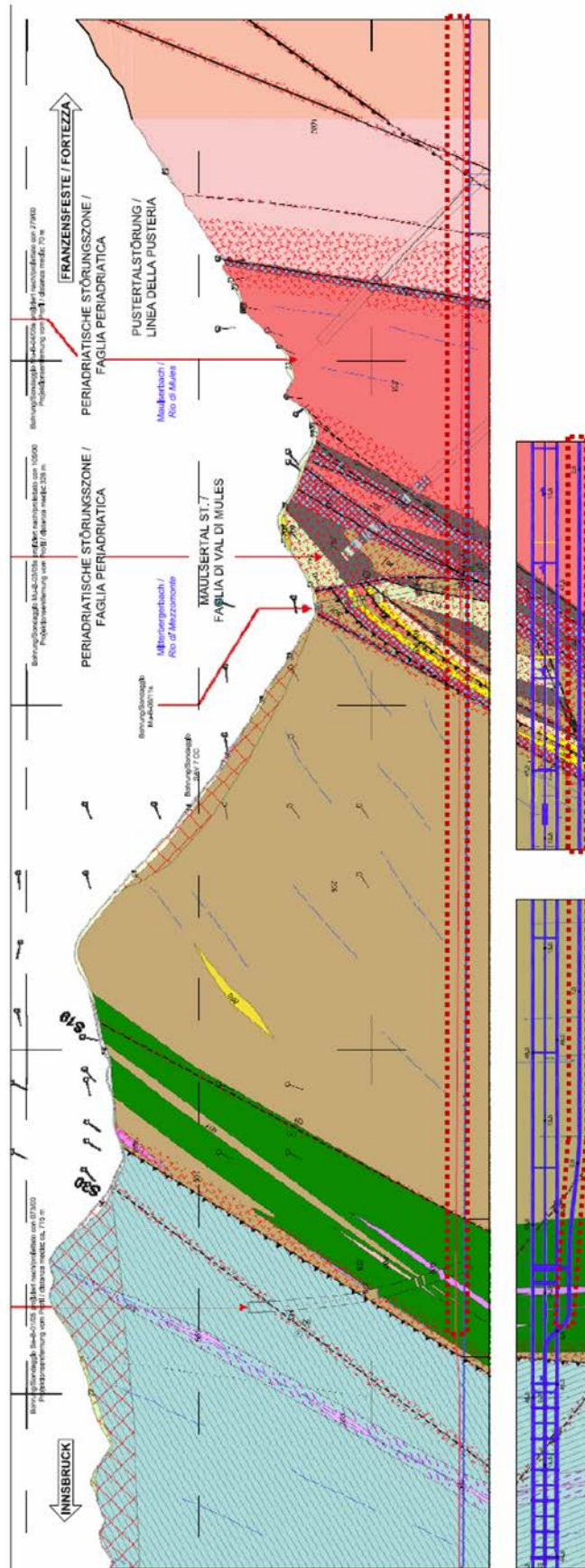


Abbildung 1: Auszug aus dem geomechanischen Längsschnitt und aus dem geologischen Lageplan [3] mit Angabe des untersuchten Bereichs.

Figura 1: Estratto del profilo geomeccanico longitudinale e della planimetria geologica [3] con indicazione dell'area di studio

## 2 MATERIALKENNWERTE

### 2.1 SPRITZBETON

Für die Bemessung der Spritzbetonaußenschale ist in der Regel ein Beton der Festigkeitsklasse C30/37 mit folgenden Eigenschaften zu berücksichtigen:

$$E_{cm} = 32000 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

Hierbei sind:

- $E_{cm}$  = Mittelwert Sekantenmodul
- $f_{ck}$  = charakteristische Druckfestigkeit Spritzbeton nach 28 Tagen

### 2.2 ANKER

Es wird der Einsatz von Ankern des Typs Superswellex Pm 16 (GA-T2) und Superswellex Pm24 (GA-T3) vorgesehen, mit folgenden Eigenschaften:

$$E_s = 210000 \text{ MPa}$$

$$N_y = 140 \text{ kN (Pm16)}$$

$$N_y = 200 \text{ kN (Pm24)}$$

Wobei:

- $E_s$  = Elastizitätsmodul
- $N_y$  = Streckgrenze des Ankers

### 2.3 BETON

Für die Bemessung der Innenschale ist in der Regel ein Beton der Festigkeitsklasse C30/37 mit folgenden Eigenschaften zu berücksichtigen:

$$E_{cm} = 32000 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

Hierbei sind:

- $E_{cm}$  = Mittelwert Sekantenmodul
- $f_{ck}$  = charakteristische Druckfestigkeit des Betons nach 28 Tagen

## 2 MATERIALI

### 2.1 BETONCINO PROIETTATO

Per il dimensionamento del rivestimento di prima fase in betoncino proiettato si considera un calcestruzzo con classe di resistenza C30/37 con le seguenti caratteristiche:

Dove:

- $E_{cm}$  è il valore medio del modulo elastico secante
- $f_{ck}$  è la resistenza caratteristica a compressione del betoncino proiettato a 28 giorni

### 2.2 ANCORAGGI

Si prevede l'utilizzo di ancoraggi tipo Superswellex Pm 16 (GA-T2) e Superswellex Pm24 (GA-T3) aventi le seguenti caratteristiche:

Dove:

- $E_s$  è il modulo elastico
- $N_y$  è il carico di snervamento del chiodo

### 2.3 CALCESTRUZZO

Per il dimensionamento del rivestimento definitivo si considera un calcestruzzo con classe di resistenza C30/37 con le seguenti caratteristiche:

Dove:

- $E_{cm}$  è il valore medio del modulo elastico
- $f_{ck}$  è la resistenza a compressione caratteristica del calcestruzzo dopo 28 giorni

## 2.4 BEWEHRUNGSSTAHL

Folgende Betonstähle sind für die Bemessung der Außenschale heranzuziehen:

$$E_s = 210000 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 450 \text{ MN/m}^2$$

Hierbei ist:

- $E_s$  = Sekantenmodul
- $f_{yk}$  = charakteristischer Wert der Streckgrenze des Betonstahls

## 2.4 ACCIAIO D'ARMATURA

Per il dimensionamento dell'anello si utilizza l'acciaio tipo B450C:

dove:

- $E_s$  = modulo elastico
- $f_{yk}$  = tensione caratteristica di snervamento acciaio per cemento armato



### 3 GEOTECHNISCHES MODELL

#### 3.1 GEOLOGIE UND GEOMECHANIK

Der GA wird konventionell ausgebrochen und durchörtert von Süden nach Norden entsprechend den geomechanischen Profilen und den Detailprofilen des Projektes [3] zwischen den Stationierungen 44.5+15.0 und 45.1+31.6 ca. (Oströhre) die geomechanischen Zonen 14-25 mit variablen Überlagerungen von 440 m bis 1200 m.

Zone number	Zone initial pk (approx.)	Zone final pk (approx.)	Zone length	Zone max overburden	Zone min overburden	Rock mass name	Rock mass Length	
	[km]	[km]	[m]	[m]	[m]		[% of zone length]	[m]
14	45.1	45.5	390	1200	1095	GA-BCA-A-10g	85%	331.5
						GA-BCA-GS-10g	15%	58.5
15	45.5	46.7	1203	1135	700	GA-BCA-GS-10g	90%	1082.7
						GA-BCA-A-10g	10%	120.3
19bis	46.7	47.26	552	700	450	FVM-S-PS	85%	413.1
						FVM-S-B	15%	72.9
19	47.25	47.34	75	450	450	FVM-C-Q	100%	75
19bis	47.34	47.58	225	550	450	FVM-S-PS	85%	191.25
						FVM-S-B	15%	33.75
19ter	47.58	47.60	35	550	550	TM-T-TM	100%	35
20	47.60	48.12	537	615	450	TM-T-1	100%	537
21	48.12	48.16	46	655	620	TM-DZ-GA3	100%	46
22	48.16	48.19	30	655	665	GB-CZ-GA2	50%	15
						GB-CZ-GA2 ter	50%	15
23	48.19	48.30	148.5	745	655	GB-DZ-GA1	100%	148.5
24	48.30	48.35	34	760	740	GB-G-GA-9	100%	34
25	48.35	49.0	534.5	1090	465	GB-G-GA-10	100%	534.5

Tabelle 1 Homogenbereich

Die Tabelle 2 zeigt die geomechanischen Grundparameter für die Definition der geomechanisch homogenen Zonen und die Wahrscheinlichkeitsverteilung nach Bieniawski ([1], [2]) der unterschiedlichen Klassen.

Betreffend die Maulsertalstörung wurden die geologischen und hydrogeologischen Informationen aus den Dokumenten der Ausdehnung des Bauloses Mauls I [9] entnommen und im Dokument [6] zusammengefasst; die Charakterisierung kommt aus den Laborproben und aus den Beobachtungen des Verhaltens während des Ausbruchs.

Wobei:

- $\gamma$  = spezifisches Gewicht des Gebirges
- $\sigma_{ci}$  = einaxiale Druckfestigkeit der Gesteinsmatrix
- $m_i$  = Krümmungsparameter aus triaxialem Druckversuch des Gebirgsmaterial

### 3 MODELLO GEOTECNICO

#### 3.1 GEOLOGIA E GEOMECCANICA

La GA è scavata in tradizionale e attraversa a partire da sud verso nord, in accordo con il profili geomeccanico e progettuale di dettaglio [3], tra la progressive 44.5+15.0 e 45.1+31.6 ca. (canna est), le zone geomeccaniche 14-25 zone geomeccaniche omogenee con coperture variabili da 450 m a 1200 m.

Tabella 1: Zone geomeccaniche omogenee

La Tabella 2 riporta i parametri geomeccanici di base che caratterizzano ciascuna zona geomeccanica omogenea e la distribuzione probabilistica delle diverse classi secondo la classificazione di Bieniawski ([1], [2]).

Per la Faglia della Val di Mules le informazioni geologiche e idrogeologiche sono tratte dai documenti dell'Estensione del Lotto Mules I [9] e riassunte nel Documento [6]; la caratterizzazione deriva dalle prove di laboratorio e dall'osservazione del comportamento allo scavo.

Dove:

- $\gamma$  è il peso di volume naturale dell'ammasso roccioso.
- $\sigma_{ci}$  è la resistenza a compressione monoassiale di matrice.
- $m_i$  è un parametro di curvatura dell'involuppo di rottura triassiale del materiale roccia.

- $E_i$  = Verformungsmodul der Gesteinsmatrix
- RMR = Rock Mass Rating 1989
- GSI = Geological Strength Index

- $E_i$  è il modulo di deformazione di matrice.
- RMR è il Rock Mass Rating 1989.
- GSI è il Geological Strength Index.

Zone number	Rock mass name	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_{ci}$ [MPa]	$m_i$ [-]	$E_i$ [GPa]	RMR	GSI	Classe di scavo RMR
14	GA-BCA-A-10g	27.8±0.52	140±48	20±6	53±8	70±5	65±10	II
	GA-BCA-GS-10g	27.3±1.49	75±5	17±3	56±10.9	60±5	50±5	III
15	GA-BCA-GS-10g	27.3±1.49	75±5	17±3	56±10.9	60±5	50±5	III
	GA-BCA-A-10g	27.8±0.52	140±48	20±6	53±8	70±5	65±10	II
19BIS	FVM-S-PS	27.0	5	20	30	51	52	IV
	FVM-S-B	27.0	25	23	25	42	42	IV
19	FVM-C-Q	27.0	50	20	15	55	60	III
19BIS	FVM-S-PS	27.0	5	20	21.5	51	52	IV
	FVM-S-B	27.0	25	23	25	42	42	IV
19TER	TM-T-TM	27.0	45	25	20	40	40	IV
20	TM-T-1	26.8±0.55	61±33	18±2	36±10	56±5	57±4	III
21	TM-DZ-GA3	26.4±0.65	26±5	20±2	8±2	46±4	47±5	III
22	GB-CZ-GA2	26.0	5	20	22.5	55	55	III
	GB-CZ-GA2ter	26.0	5	20	22.5	55	55	III
23	GB-DZ-GA1	26.0	55	30	22.5	45	45	III
24	GB-G-GA-9	26.7±0.15	115±19	24±4	34±6.1	69±5	73±4	II
25	GB-G-GA-10	26.7±0.15	115±19	24±4	34±6.1	66±8	70±5	II

Tabelle 2: Bestimmung des Gebirges jeder homogenen Zone und Wahrscheinlichkeitsverteilung der unterschiedlichen Klassen [1] [2]

Tabella 2: Caratterizzazione degli ammassi di ciascuna zona omogenea e distribuzione probabilistica delle diverse classi[1][2]

Die typischen Verformungs- und Festigkeitsparameter jeder Strecke wurden gemäß dem Bruchkriterium nach Hoek & Brown [27] berechnet, welches im allgemeinen geomechanischen Bericht [1] näher beschrieben wird.

I parametri di deformabilità e di resistenza caratteristici di ciascuna tratta sono stati calcolati in accordo al principio di linearizzazione dell'involuppo di rottura proposto da Hoek & Brown [27] e esplicitato nella relazione geomeccanica generale [1].

Zone number	Rock mass name	Class [-]	Max overburden [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\Phi_{peak}$ [°]	$\Phi_{res}$ [°]	$C_{peak}$ [MPa]	$C_{res}$ [MPa]	$E_{rm}$ [MPa]	$\Psi$ [°]
14	GA-BCA-A-10g	II	1200	27.8	42.21	33.15	4.887	2.900	21074	6.86
	GA-BCA-GS-10g	III		27.3	36.23	28.85	3.535	2.274	15528	4.53
15	GA-BCA-GS-10g	III	1135	27.3	36.23	28.85	3.535	2.274	15528	4.53
	GA-BCA-A-10g	II		27.8	42.21	33.15	4.887	2.900	21074	6.86
19BIS	FVM-S-PS	IV	700	27.0	24.31	18.37	0.893	0.572	10374	3.34
	FVM-S-B	IV			34.87	29.52	1.481	1.060	4574	4.36
19	FVM-C-Q	III	450	27.0	45.92	35.91	2.136	1.206	7800	8.61
19BIS	FVM-S-PS	IV	550	27.0	24.31	18.37	0.893	0.572	7435	3.34
	FVM-S-B	IV			34.87	29.52	1.481	1.060	4574	4.36
19TER	TM-T-TM	IV	550	27.0	39.62	34.41	1.818	1.326	5748	4.95
20	TM-T-1	III	640	27.0	44.8	36.1	2.143	1.330	12700	5.80
21	GB-DZ-GA3	III	655	27.0	36.81	30.78	1.857	1.295	3200	4.60
22	GB-CZ-GA2	III	665	26.0	23.99	17.59	1.023	0.633	9186	3.20
	GB-CZ-GA2ter	III		26.0	23.99	17.59	1.023	0.633	9186	3.20
23	GB-DZ-GA1	III	665	26.0	42.14	35.94	2.650	1.857	5032	2.83
24	GB-G-GA-9	II	765	26.7±0.15	51.76	38.76	5.252	2.278	24304	12.94
25	GB-G-GA-10	II / III	1100	26.7±0.15	51.98 <sup>1)</sup>	35.93	8.701	2.872	28678	12.93
					47.14 <sup>2)</sup>	35.93	5.416	2.872	19552	10.31
					41.46 <sup>3)</sup>	35.06	3.934	2.710	6922	5.18

<sup>1)</sup> GSI = 85; <sup>2)</sup> GSI = 65; <sup>3)</sup> GSI = 45

Tabelle 3: Typische Parameter der Gebirges in den unterschiedlichen Zonen und Klassen

Tabella 3: Parametri caratteristici dell'ammasso nelle diverse zone e classi

Wobei:

- $\Phi_{\text{peak}}/\Phi_{\text{res}}$  Reibungswinkel am Peak / Restreibungswinkel
- $C_{\text{peak}}/C_{\text{res}}$  Kohäsion am Peak / Restkohäsion
- $E_{\text{rm}}$  Gebirgsmodul
- $\Psi$  Dilatanz

Dove:

- $\Phi_{\text{peak}}/\Phi_{\text{res}}$  è l'angolo d'attrito di picco/residuo.
- $C_{\text{peak}}/C_{\text{res}}$  è la coesione di picco/ residua.
- $E_{\text{rm}}$  è il modulo d'ammasso.
- $\psi$  è la dilatanza.

### 3.2 TRENFLÄCHENORIENTIERUNG

Auf Grund der verfügbaren Daten aus der Regelplanung [6] und [7] und den Ortbrustaufnahmen für den GL Ost (km 47.9+94 / 48.8+99), GL West (km 48.1+47.2 / 48.8+99) und den Erkundungstunnel (km 10.9+19 / 11.9+22) wurden die Trennflächen aus Tabelle 4 berücksichtigt. Um einen breiteren Bereich des Trennflächengefüges des Kalkschiefergebirges zu erreichen, wurden auch die Parameter der Gebirge GB-CZ-GA2 e GB-CZ-GA2ter, in welchen das vorherrschende Risikoszenario die Gebirgslockerung ist, berücksichtigt.

### 3.2 ORIENTAMENTO DELLE DISCONTINUITÀ

Sulla base dei dati disponibili dalla progettazione di sistema [7] e dai dati disponibili dei rilievi al fronte per la GL Est (pk 47.9+94 / 48.8+99), GL Ovest (pk 48.1+47.2 / 48.8+99) e cunicolo esplorativo (pk 10.9+19 / 11.9+22) sono state considerate le discontinuità riportate in Tabella 4. Per avere un maggiore data set di discontinuità viene eseguita l'analisi anche per gli ammassi GB-CZ-GA2 e GB-CZ-GA2ter in cui lo scenario di rischio prevalente è l'allentamento.

Rock mass name	ID Joint	Dip direction [°]	Dip [°]	Max Persistence [m]
<b>GB-DZ-GA1</b> <b>GB-G-GA-9</b> <b>GB-G-GA-10</b> (da rilievi al fronte) (aus den Ortsbrustaufnahmen)	K1	80	70	10
	K2	170	85	10
	K3	230	70	10
	K4	170	45	10
	K5	30	85	3
	K6	300	70	3
	K7	130	50	3
	K8	230	35	10
	K9	340	45	10
	K10	350	85	10
	K11	270	60	10
	K12	50	30	10
	K13	90	30	10
<b>GB-CZ-GA2 /</b> <b>GB-CZ-GA2ter</b> (da rilievi al fronte) (aus den Ortsbrustaufnahmen)	K1	230	40	10
	K2	190	80	10
	K3	140	80	10
	K4	30	70	10
	K5	325	85	10
	K6	180	20	10
	K7	250	85	10
	K8	85	20	10
	K9	290	70	10
	K10	90	80	10
	K11	40	70	10
	K12	357	80	10
<b>TM-T-1/</b> <b>TM-DZ-GA3</b> (da rilievi al fronte) (aus den Ortsbrustaufnahmen)	K1	15	75	10
	K2	270	65	10
	K3	170	80	10
	K4	310	70	10
	K5	210	75	10
	K6	70	50	3
	K7	125	65	10
	K8	200	30	10
	K9	10	30	10
	K10	90	90	10
	K11	340	30	10
<b>GA-BCA-A-10g</b> <b>GA-BCA-GS-10g</b> Doc. [13]	SC	345	45	3
	RTF1	160	80	1
	RTFw	255	75	1
	RTF3	300	85	1
	RTF6	020	80	3

Tabelle 4 Lage der Trennflächen für die Analyse des GA

Tabella 4: Giacitura delle discontinuità per l'analisi della GA

### 3.3 TRENNFLÄCHENPARAMETER

Im Falle von ebenen glatten Harnischflächen (Chloritisierung) oder auch bei tonigen Füllungen mit Präsenz von Wasser o.ä. sollten zur Sicherheit die folgenden Scherparameter auf Trennflächen berücksichtigt werden:

- $\Phi_k = 20^\circ$
- $c_k = 0 \text{ MPa}$

### 3.3 PARAMETRI DELLE DISCONTINUITÀ

Si adottano parametri conservativi per tenere in considerazione eventuali condizioni sfavorevoli delle discontinuità (superfici planari e lisce, riempimenti argillosi e presenza d'acqua, ecc.):

- $\Phi_k = 20^\circ$
- $c_k = 0 \text{ MPa}$

#### 4 GEBIRGSVERHALTEN

Die Ermittlung der Gebirgslast sowie die Ermittlung der Lastableitung von der Außen- auf die Innenschale erfolgt in Abhängigkeit des Gebirgsverhaltens:

- Bei spannungsdominiertem Gebirgsverhalten werden die Gebirgslasten durch die numerische Modellierung der Interaktion zwischen Gebirge und Ausbau ermittelt.
- Bei trennflächendominiertem Gebirgsverhalten ermitteln sich die Gebirgslasten in erster Linie aus Bruchkörperanalysen.

Zur Einschätzung des Gebirgsverhaltens und zur Unterscheidung der beiden Gebirgsverhalten ist das Kennlinienverfahren anzuwenden.

##### 4.1 ABSCHÄTZUNG DES GEBIRGSVERHALTENS

Zur Abschätzung des Gebirgsverhaltens wurden die Dokumente [1], [2] und [7]. berücksichtigt. Für weitere Details verweist man auf den Bericht [2]. In der folgenden Tabelle werden die aus dem Gebirgskennlinienverfahren resultierenden Ergebnisse aufgezeigt.

Zone number	Rock mass name	Class	Zone max overburden	$c_r$	$c_a$	$c_r$	$F_{plf}$	$F_{pla}$	$c_r/R$	$F_{plf}/R$	$c_r/R$	$F_{pla}/R$
				[cm]	[cm]	[cm]	[m]	[m]	[%]	[-]	[%]	[-]
14	GA-BCA-A-10g	II	1200	0.66	2.22	1.55	0.00	2.39	0.14%	0.00	0.32%	0.49
	GA-BCA-GS-10g	III		1.39	4.62	3.23	0.96	4.61	0.29%	0.20	0.67%	0.95
15	GA-BCA-GS-10g	III	1135	0.58	1.92	1.35	0.00	2.85	0.12%	0.00	0.28%	0.59
	GA-BCA-A-10g	II		0.30	1.02	0.71	0.00	1.40	0.06%	0.00	0.15%	0.29
19bis	FVM-S-PS	IV	700	19.35	64.51	45.15	18.99	37.01	3.98%	3.91	9.29%	7.61
	FVM-S-B	IV		3.40	11.35	7.94	1.72	5.96	0.70%	0.35	1.63%	1.23
19	FVM-C-Q	III	450	0.52	1.75	1.22	0.00	1.52	0.11%	0.00	0.25%	0.31
19bis	FVM-S-PS	IV	550	12.66	42.22	29.55	13.25	26.72	2.61%	2.73	6.08%	5.50
	FVM-S-B	IV		2.14	7.14	5.00	1.03	4.73	0.44%	0.21	1.03%	0.97
19ter	TM-T-TM	IV	550	1.91	6.35	4.45	0.00	2.61	0.39%	0.00	0.92%	0.54
20	TM-T-1	III	615	0.51	1.69	1.18	0.00	2.11	0.10%	0.00	0.24%	0.43
21	TM-DZ-GA3	III	655	3.53	11.75	8.23	0.73	4.21	0.73%	0.15	1.69%	0.87
22	GB-CZ-GA2	III	665	16.15	53.83	37.68	15.85	31.21	3.32%	3.26	7.75%	6.42
	GB-CZ-GA2 ter	III		16.15	53.83	37.68	15.85	31.21	3.32%	3.26	7.75%	6.42
23	GB-DZ-GA1	III	745	1.38	4.61	3.23	0.00	2.05	0.28%	0.00	0.66%	0.42
24	GB-G-GA-9 (*)	III	760	0.20	0.67	0.47	0.00	0.50	0.04%	0.00	0.10%	0.10
25	GB-G-GA-10	I	1090	0.23	0.76	0.53	0.00	0.32	0.05%	0.00	0.11%	0.07
		II		0.49	1.63	1.14	0.00	1.37	0.10%	0.00	0.24%	0.28
		III		1.59	5.29	3.70	0.00	2.23	0.33%	0.00	0.76%	0.46

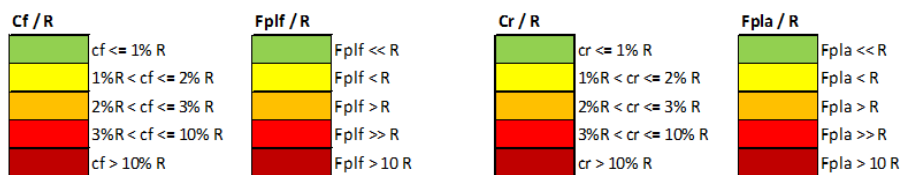


Tabelle 5: Ergebnisse Kennlinienverfahren.  $c_r$  = Ortsbrustkonvergenz,  $c_a$  = absolute Konvergenz am natürlichen Gleichgewicht,  $c_r$  = relative Konvergenz am natürlichen Gleichgewicht,  $F_{plf}$  = plastische Zone an der Ortsbrust,  $F_{pla}$  = plastische Zone Gleichgewicht,  $R$  = Ausbruchradius (mit 4.86m angenommen).

#### 4 COMPORAMENTO DELLA ROCCIA

Il calcolo del carico dell'ammasso e il calcolo del trasferimento del carico dal rivestimento esterno al rivestimento definitivo dipendono dal comportamento dell'ammasso:

- in caso di comportamenti dell'ammasso di tipo spingente, i carichi si calcolano tramite modellazione numerica dell'interazione fra ammasso e rivestimento;
- in caso di ammasso altamente fratturato, i carichi si calcolano mediante l'analisi dei blocchi.

Per la valutazione del comportamento dell'ammasso e per la differenziazione tra i due comportamenti si utilizza il metodo delle curve caratteristiche.

##### 4.1 VALUTAZIONE DEL COMPORAMENTO DELLA ROCCIA

Per la valutazione del comportamento dell'ammasso roccioso in esame sono stati presi in considerazione i documenti [1], [2] e [7]. Rimandando al Rapporto [2] per maggiori dettagli, si riporta nella tabella seguente i risultati ottenuti dalle linee caratteristiche.

Tabella 5: Risultati del metodo delle Linee Caratteristiche.  $c_r$  = convergenza al fronte,  $c_a$  = convergenza assoluta all'equilibrio naturale,  $c_r$  = convergenza relativa all'equilibrio naturale,  $F_{plf}$  = fascia plastica al fronte,  $F_{pla}$  = fascia plastica all'equilibrio naturale,  $R$  = raggio di scavo (assunto pari a 4.86m).

Innerhalb der Tabelle 8 sind die Angaben aus den Methoden laut Jehtwa, Bhasin, Hoek und Panet, betreffend die Bewertung des Risikos bei großen Verformungen des Gebirges (squeezing) und der Instabilität der Ortsbrust, zusammen mit den Methoden von Tao Zhen-Yu und Hoek betreffend das Risiko des Bergschlages (rock burst) zusammengefasst.

All'interno della Tabella 8 sono riassunte le indicazioni ottenute dai metodi di Jehtwa, Bhasin, Hoek e Panet per quanto riguarda la valutazione del rischio di elevate deformazioni dell'ammasso (*squeezing*) e di instabilità del fronte, insieme a quelle ottenute dai metodi di Tao Zhen-Yu e Hoek per il rischio di rottura fragile (*rock burst*).

Zone number	Rock mass name	Class	Zone max overburden	Squeezing and face stability					Rock burst	
				Jehtwa	Bhasin	Hoek	Panet		Tao Zhen-Yu	Hoek
							Face behaviour	Face condition		
14	GA-BCA-A-10g	II	1200	MiS	MS	FP	PP	STS	MRB	SSp
	GA-BCA-GS-10g	III		MoS	MS	FP	PP	STS		
15	GA-BCA-GS-10g	III	1135	MoS	MS	FP	PP	STS		
	GA-BCA-A-10g	II		MiS	MS	FP	PP	STS	MRB	SSp
19bis	FVM-S-PS	IV	510	HS	HS	ES	P	US		
	FVM-S-B	IV		HS	HS	ES	P	US		
19	FVM-C-Q	III	450	MiS	MS	FP	E	US		
19bis	FVM-S-PS	IV	550	HS	HS	ES	P	US		
	FVM-S-B	IV		HS	HS	ES	P	US		
19ter	TM-T-TM	IV	550	MoS	MS	ES	PP	US		
20	TM-T-1	III	615	MiS	MS	FP	PP	US		
21	TM-DZ-GA3	III	655	MoS	MS	MS	PP	US		
22	GB-CZ-GA2	III	665	HS	HS	ES	P	US		
	GB-CZ-GA2 ter	III		HS	HS	ES	P	US		
23	GB-DZ-GA1	III	745	MoS	MS	FP	PP	US		
24	GB-G-GA-9 (*)	III	760	NS	NS	FP	E	S		
25	GB-G-GA-10	I	1090	NS	NS	FP	E	S	MRB	SSp
		II		MiS	MS	FP	E	S	MRB	SSp
		III		MiS	MS	FP	PP	STS		

**Jehtwa**

NS	No squeezing
MiS	Mildly squeezing
MoS	Moderately squeezing
HS	Highly squeezing

**Bhasin**

NS	No squeezing
MS	Mild to moderate squeezing
HS	Highly squeezing

**Hoek (Squeezing)**

FP	Few stability problems
MS	Minor squeezing problems
SS	Severe squeezing problems
VSS	Very severe squeezing and face stability problems
ES	Extreme squeezing problems

**Panet**

E	Elastic
PP	Partially plastic
P	Plastic
S	Stable
STS	Stable (only short-term)
US	Unstable

**Tao Zhen-Yu**

NRB	No rockbursting
LRB	Low rockbursting activity
MRB	Moderate rockbursting activity
HRB	High rockbursting activity

**Hoek (Rock burst)**

S	Stability
Sp	Spalling
SSp	Severe spalling - slabbing
ISM	Need of important stabilization measures
RB	Cavity collapse (rock burst)

Tabelle 6: Ergebnisse der empirischen Methoden

Tabella 6: Risultati dei metodi empirici.

Das Berechnungsergebnis zeigt, dass die statische Bemessung im vorliegenden Dokument für die Gebirge der Klassen I, II und III (ausgenommen die Gebirge, welche in die Maulserralstörung und die Pustertallinie fallen), bei denen geringe Verformungs- und Stabilitätsprobleme (< 5 cm) zu erwarten sind, gelten kann. Das erwartete Verhalten des Hohlräume ist im Wesentlichen von elastischer Art mit einer plastischen Zone, die kleiner als der Aushubradius ist, und die

Dall'analisi si evidenzia come il dimensionamento statico contenuto nel presente rapporto può essere valido per gli ammassi in classe I, II e III (esclusi gli ammassi che ricadono nella zona di faglia della Val di Mules e della Faglia della Pusteria) in cui si possono attendere basse problematicità deformative (< 5 cm) e di stabilità. Il comportamento del cavo atteso è di tipo sostanzialmente elastico con fascia plastica, inferiore al raggio di scavo, e il

Ortsbrust erscheint fast stabil.

Aus der Analyse der empirischen Methoden ist ersichtlich, dass es zu Bergschlagphänomenen (Sprödbbruch) kommen kann, welche in Abhängigkeit der Gegebenheiten beim Ausbruch mittels der im Ausbruchsquerschnitt (GA-TRb) dargestellten Ausbruchssicherung minimiert werden müssen.

fronte si presenta pressoché stabile.

Dall'analisi dei metodi empirici si evidenzia che sono possibili fenomeni di rockburst (rotture fragili) che sulla base del riscontro allo scavo dovranno essere minimizzati mediante i provvedimenti contenuti nella specifico sezione di scavo (GA-TRb).

## 5 AUSSENSCHALE

Aus der Analyse mittels Kennlinienverfahren geht hervor, dass das Gebirgsverhalten durch reduzierte Konvergenzen im Zentimeterbereich und durch die Bildung einer plastischen Zone, welche kleiner als der Aushubradius ist, gekennzeichnet ist.

Für die nachfolgende Bemessung der Innenschale (Kapitel 6), wurden zwei unterschiedliche Berechnungsarten angewandt, um zu unterscheiden, ob die Last, die aus der Loslösung eines Felsblocks (Kapitel 5.1) resultiert, ungünstiger wirkt, als die Last aus dem Auflockerungsdruck (Kapitel 5.2).

### 5.1 BRUCHKÖRPERANALYSE

#### 5.1.1 Gebirgslast bei trennflächendominiertem Gebirgsverhalten

Die für die Bemessung der Innenschale zu berücksichtigende Last ergibt sich aus der Größe der Felsblöcke. Eine beispielhafte Ableitung der im Modell des gebetteten Stabmodells anzusetzende Last ist nachfolgend dargestellt.

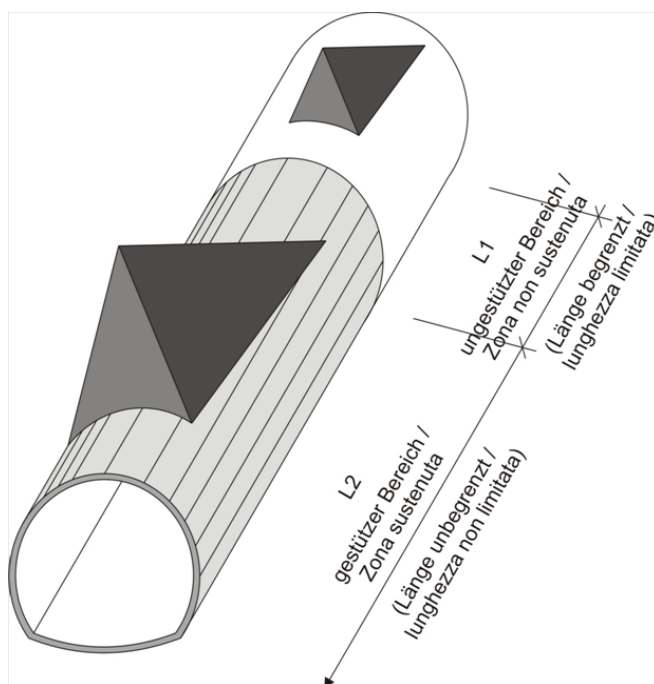


Abbildung 2: Qualitative Darstellung der Einwirkung aus dem Gebirge auf die Schale bei trennflächendominiertem Gebirgsverhalten

#### 5.1.2 Nachweisverfahren

Gemäß NTC 2008 ist das Teilsicherheitskonzept zu berücksichtigen. Demnach sind die Einwirkungen mit dem Faktor  $\gamma_G = 1,30$  zu erhöhen und die Widerstände mit  $\gamma_c = 1,50$  bzw.  $\gamma_s = 1,15$  zu reduzieren.

## 5 RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE

Dall'analisi delle linee caratteristiche, si evince che il comportamento dell'ammasso è caratterizzato da convergenze ridotte, dell'ordine centimetrico, e dalla formazione di una fascia plastica inferiore al raggio di scavo.

Per il successivo dimensionamento dell'anello interno (paragrafo 6), sono stati implementati due differenti tipologie di analisi al fine di valutare se il carico dovuto al distacco di un blocco (paragrafo 5.1) fosse più o meno gravoso del carico di allentamento dell'ammasso (paragrafo 5.2).

### 5.1 ANALISI DEI BLOCCHI

#### 5.1.1 Carichi dell'ammasso altamente fratturato

Le dimensioni dei blocchi definiscono i carichi da considerare per il dimensionamento del rivestimento definitivo. La seguente figura illustra l'esempio di una trasposizione del carico da applicare al modello statico appoggiato su un letto di molle.

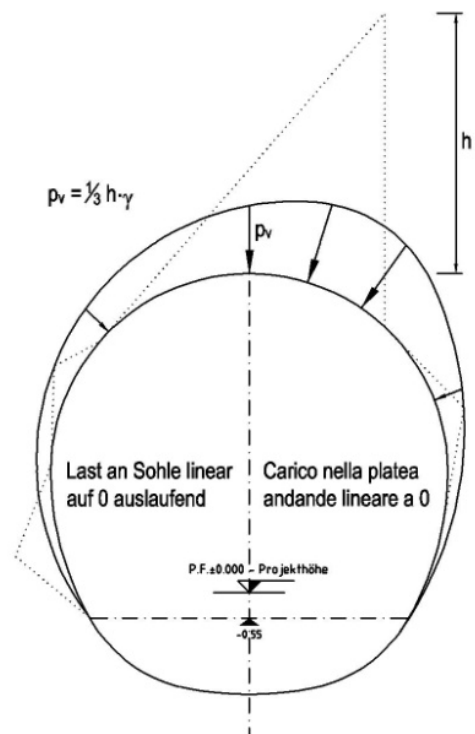


Figura 2: Rappresentazione qualitativa degli effetti dell'ammasso sul rivestimento, in caso di ammasso altamente fratturato

#### 5.1.2 Procedura di verifica

In conformità alle NTC 2008 sono stati considerati i fattori parziali di sicurezza secondo i quali le azioni vengono aumentate di  $\gamma_G = 1,30$  e le resistenze ridotte di  $\gamma_c = 1,50$  ovvero  $\gamma_s = 1,15$ .



Für die Berechnung werden die charakteristischen Werte  $c'$  und  $\phi'$  verwendet, die im Absatz 3.3 angeführt sind.

Für den Nachweis mittels Bruchkörperanalyse ist folgendes Sicherheitskonzept zu berücksichtigen.

Per l'analisi, si adottano i valori caratteristici  $c'$  e  $\phi'$  riportati al paragrafo 3.3.

Per la verifica basata sull'analisi dei blocchi deve essere considerato il seguente criterio di sicurezza.

$$E_d \leq R_d$$

Hierbei ist:

- $R_d$  = Bemessungswert Widerstand
- $E_d$  = Bemessungswert Einwirkung

Dove:

- $R_d$  = Valore della resistenza di progetto
- $E_d$  = Valore di progetto dell'effetto delle azioni

### 5.1.3 Untersuchte Fälle und Ergebnisse

Der Nachweis wurde mit dem Berechnungsprogramm UNWEDGE 3.0 durchgeführt. Dabei wird die Wirksamkeit der Anker in Abhängigkeit von deren Neigung, Rutschrichtung der Felsblöcke und in Hinblick auf die Scherfestigkeit der Kluffüllungen untersucht.

Für die Gebirge GA-BCA-A-10g und GA-BCA-GS-10g wird das Regelprofil vom Typ GA-T2 herangezogen, während für die Gebirge GB-DZ-GA1, GB-G-GA-9, GB-G-GA-10, TM-T-1 und TM-DZ-GA3 das Regelprofil GA-T3 berücksichtigt wird.

Für die Gebirge GB-CZ-GA2 e GB-CZ-GA2ter, an welchen die Anwendung der Regelprofile GA-T5 vorgesehen ist, wird auf der sicheren Seite liegend für die Bruchkörperanalyse das Profil GA-T3 angewandt.

Abhängig von der Angetroffenen Geologie kann das Profil GA-T2 auch für die oben genannten Gebirge angewandt werden.

Es werden zwei Arten von Nachweis geführt:

- Sektor L1: die Länge des Berechnungsmodells entspricht der Abschlagslänge (3 m für GA-T3 und 4.5 m für GA-T2), welche aus Sicherheitsgründen um 0.5 Meter verlängert und ohne Spritzbeton berücksichtigt wurde. Um die Stabilität der Felsblöcke sicherzustellen, ist ein Netz aus Ankern des Typs Superswellex Pm 16 ( $N_{yd} = 122$  kN) von 3.0 Meter Länge mit Raster 1.50 m (längs) x 1.80 m (quer) für das Profil GA-T2 und ein Netz aus Ankern des Typs Superswellex Pm 24 ( $N_{yd} = 174$  kN) von 4.5 Meter Länge mit Raster 1.50 m (längs) x 1.80 m (quer) für das Profil GA-T3 vorgesehen.
- Sektor L2: Das Berechnungsmodell ist unendlich lang mit einer 10 cm dicken Spritzbetonschale und mit Ankern des Typs Superswellex Pm 16 ( $N_{yd} = 122$  kN) von 3.0 Meter Länge mit Raster 1.80 m (längs) x 1.50 m (quer) für das Profil GA-T2 und mit einem Netz aus Ankern des Typs Superswellex Pm 24 ( $N_{yd} = 174$  kN) von 4.5 Meter Länge mit Raster 1.80 m (quer) x 1.50

### 5.1.3 Casi analizzati e risultati

Le analisi sono state effettuate con il programma di calcolo UNWEDGE 3.0 considerando l'efficacia dei chiodi in funzione della loro inclinazione rispetto al direzione di scivolamento dei blocchi e considerando la resistenza a taglio degli inclusi.

Per gli ammassi GA-BCA-A-10g e GA-BCA-GS-10g viene considerato un profilo tipo GA-T2 mentre per gli ammassi GB-DZ-GA1, GB-G-GA-9, GB-G-GA-10, TM-T-1 e TM-DZ-GA3 viene considerato un profilo tipo GA-T3.

Per gli ammassi GB-CZ-GA2 e GB-CZ-GA2ter in cui si prevede di adottare profili GA-T5, viene considerata cautelativamente per l'analisi a blocchi un profilo GA-T3.

Dipendentemente dalla geologia riscontrata potrà essere impiegato il profilo GA-T2 anche negli ammassi sopraindicati.

Vengono eseguite due tipologie di analisi:

- settore L1: lunghezza di analisi pari allo sfondo di abbattimento (3.0m per GA-T3 e 4.5 m per GA-T2) aumentato cautelativamente di 0.5 metri con assenza di betoncino proiettato. Per garantire la stabilità dei cunei rocciosi si prevede una rete di ancoraggi Superswellex Pm 16 ( $N_{yd} = 122$  kN) di lunghezza 3.0 metri e maglia 1.80 m (trasversale) x 1.50 m (longitudinale) per il profilo GA-T2 e una rete di ancoraggi Superswellex Pm 24 ( $N_{yd} = 174$  kN) di lunghezza 4.5 metri e maglia 1.80 m (trasversale) x 1.50 m (longitudinale) per il profilo GA-T3.
- settore L2: lunghezza di analisi illimitata con presenza di uno strato di betoncino proiettato di 10 cm e ancoraggi Superswellex Pm 16 ( $N_{yd} = 122$  kN) di lunghezza 3.0 metri e maglia 1.80 m (longitudinale) x 1.50 m (trasversale) per il profilo GA-T2 e una rete di ancoraggi Superswellex Pm 24 ( $N_{yd} = 174$  kN) di lunghezza 4.5 metri e maglia 1.80 m (trasversale) x 1.50 m (longitudinale) per il profilo

m (längs) für das Profil GA-T3.

Blöcke mit geringer Größe (<100 kN) sind für die Berechnung nicht maßgebend und falls sie nicht schon durch die Sprengung abgebrochen sein sollten, müssen sie vor Ort vom Geotechnikspezialisten geprüft und mit einzelnen Ankern gesichert werden.

Für die Zusammenfassung der Ergebnisse wird auf Anhang 2 verwiesen. Es wird hervorgehoben, dass mit der geplanten Ausbruchsicherung ein Sicherheitsfaktor größer 1.3, und somit gleich  $\gamma_G$ , erreicht wird.

Als asymmetrisch wirkender Felsblock wird ein Block mit einer maximalen Höhe von 3,55 m mit einer wirkenden Oberfläche von ca. 6,29 m<sup>2</sup> berücksichtigt. Der Druck des Blocks mit dreieckigem Verlauf auf die Spritzbetonschale entspricht einem Wert von:

$$P_v \approx 22kPa$$

Für einige Trennflächenkombinationen im Inneren der Gebirge GB-CZ-GA2 und GB-CZ-GA2ter und für eine Kombination innerhalb der Gebirge GB-G-GA-9, GB-G-GA-10 bilden sich symmetrische Blöcke von der Größe, dass sie für das Szenario der Gebirgslockerung bewertet werden können. Das Gewicht des Blockes mit einer maximalen Höhe von (Kombination 9 - h = 8.79m) wird für die Analyse der Last der auf die gesamten Kalotte wirkende Gebirgslockerung ( $P_v \approx 1/3 * \gamma h \approx 80kPa$ ) berücksichtigt, wie in Anhang 4 dargestellt.

## 5.2 ANALYSE DER AUSBRUCHSPHASEN

Um abzuschätzen, welcher Lastfall, der Gebirgsdruck oder das Loslösen eines Bruchkörpers (Absatz 5.1), maßgebend ist, wurde eine Finite-Elemente-Berechnung mit dem Programm MIDAS GTS [35] durchgeführt. Dieses erlaubt es, die Lastentwicklung und das spannungs-verformende Verhalten des Gebirges während der einzelnen Bauphasen zu verfolgen.

Die Modellierung erfolgen im ebenen Verformungszustand, d.h.:

- Das geotechnische Bezugsmodell stellt einen Querschnitt orthogonal zur Tunnelachse dar;
- Die Definition des Spannungs-Verformungs-Verhaltens und der Festigkeit des Gebirges ist vom Ausbruch abhängig;
- Die Definition des Spannungszustands im Gebirge, vor dem Tunnelvortrieb ist erforderlich;
- Die einzelnen Ausbruchphasen sowie die entsprechende Ausbruchsicherung werden modelliert.

GA-T3.

I blocchi che hanno una dimensione ridotta (< 100 kN) non sono rappresentativi per l'analisi e, qualora non si siano già distaccati a seguito del brillamento, devono essere esaminati sul luogo dall'esperto geotecnico ed assicurati con bulloni singoli.

Nell'Appendice 2 sono riportati i risultati dell'analisi sviluppata. Si evidenzia che con i provvedimenti di messa in sicurezza previsti si raggiunge sempre un fattore di sicurezza maggiore di 1.3, uguale a  $\gamma_G$ .

Come carico del blocco agente asimmetricamente viene considerato un blocco con altezza massima pari a 3.55 m con superficie agente di ca. 6.29 m<sup>2</sup>. La pressione esercitata del blocco con andamento triangolare, ha un valore massimo di:

$$P_v \approx 22kPa$$

Per alcune combinazioni di discontinuità all'interno degli ammassi GB-CZ-GA2 e GB-CZ-GA2ter e per una combinazione all'interno degli ammassi GB-G-GA-9, GB-G-GA-10 si generano blocchi simmetrici di dimensioni tali da poter essere valutati per lo scenario allentamento. Il peso del blocco con altezza massima (combinazione 9 - h = 8.79m) viene considerato per l'analisi del carico di allentamento distribuito sull'intera calotta ( $P_v \approx 1/3 * \gamma h \approx 80kPa$ ) come riportato in Appendice 4.

## 5.2 ANALISI DELLE FASI DI SCAVO

Al fine di valutare se il carico d'ammasso è più o meno gravoso del carico dovuto al distacco di un blocco (paragrafo 5.1), è stata condotta un'analisi mediante il programma agli elementi finiti MIDAS GTS [35]. Quest'ultimo consente di seguire la storia di carico e il comportamento tensio-deformativo dell'ammasso roccioso durante tutte gli step per la realizzazione dell'opera.

Le analisi, condotte nell'ipotesi di deformazioni piane, comportano:

- La definizione del modello geotecnico di riferimento che rappresenta una sezione trasversale all'asse della galleria;
- La definizione delle leggi sforzo-deformazione e di resistenza dell'ammasso roccioso interessato dagli scavi;
- La definizione dello stato tensionale presente nell'ammasso prima dello scavo della galleria;
- La simulazione delle fasi di scavo e di messa in opera dei sostegni.

### 5.2.1 Untersucher Ausbruchquerschnitt

Für die Bemessung des Ausbruchquerschnitts GA-T3 wurde der Querschnitt in der Klasse III mit der höchsten Überdeckung im Bereich der untersuchten Strecke (H=1200m) und innerhalb des Gebirges GA-BCA-GS-10g berücksichtigt.

In Abbildung 5 wird das entwickelte Schema des numerischen Modells dargestellt.

### 5.2.1 Sezione analizzata

Per il dimensionamento della sezione GA-T3 si è considerata la sezione in classe III con la massima copertura (H=1200 m) e all'interno dell'ammasso GA-BCA-GS-10g.

In Figura 3 viene riportato lo schema del modello numerico sviluppato.

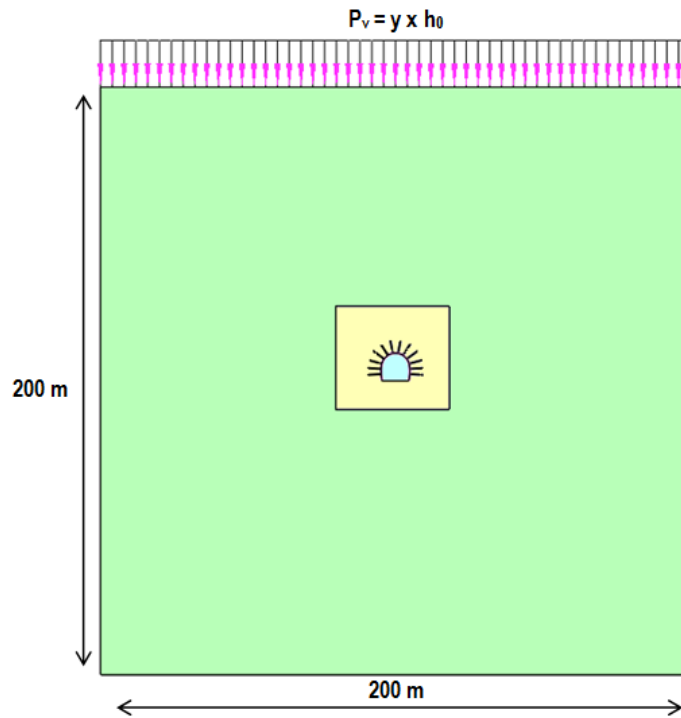


Abbildung 3: Analyseabschnitt GA-T3

Figura 3: sezione di analisi GA-T3

### 5.2.2 Bildendes Gebirgsmodell

Das Gebirge wurde als ein kontinuierlich elastisch-plastisches Medium modelliert mit Widerstandskriterium des Typs Hoek-Brown [24] und Restparameter, die gemäß der Cai et. al [34] Theorie bewertet werden. Im Besonderen wurden die elastischen (Verformungsmodul und Poisson-Beiwert), elastisch-plastischen ( $m_b$ ,  $s$  mit Peak- und Restwerte) und physischen (Dichte und einachsiger Komprimierungswiderstand) Eigenschaften der vom Aushub betroffenen Felsen bestimmt.

Aufgrund der im Abs. 3.1 aufgezeigten Bemerkungen, werden die geomechanischen Parameter des Gebirges GA-BCA-GS-10g berücksichtigt

### 5.2.2 Modello costitutivo dell'ammasso

L'ammasso è stato modellato come un mezzo continuo elasto-plastico avente criterio di resistenza di tipo Hoek-Brown [24] con parametri residui valutati sulla base della teoria di Cai et. al [34]. In particolare sono state assegnate le caratteristiche elastiche (modulo di deformazione e coefficiente di Poisson), elasto-plastiche ( $m_b$ ,  $s$  con valori di picco e residuo) e fisiche (densità e resistenza a compressione monoassiale) proprie delle rocce interessate dallo scavo.

Sulla base delle considerazioni riportate nel Par 3.1, sono stati considerati i parametri geomeccanici dell'ammasso GA-BCA-GS-10g:

Zone max overburden [m]	GSI	GSI <sub>res</sub>	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$E_{rm}$ [MPa]	$\sigma_{ci}$ [MPa]	$\sigma_{cm}$ [MPa]	$m_i$ [-]	$m_{b, peak}$ [-]	$m_{b, res}$ [-]	$s_{, peak}$ [-]	$s_{, res}$ [-]
1200	50	25.59	27.3	15528	72.5	15.60	15.5	2.599	1.087	0.0039	0.0003

Tabelle 7: Berücksichtigte geomechanische Parameter

Tabella 7: Parametri geomeccanici considerati

### 5.2.3 Modellgeometrie und Ausgangsspannungslage

Aufgrund der Symmetrie der zu untersuchenden Problemstellung, erstreckt sich das Berechnungsmodell über eine Breite von 100 m ab den Grenzen der Hohlräume und über eine Höhe von 200 m, von denen 100 m unter und 100 m über der Schienenoberkante liegen. Durch die gewählten Modellabmessungen kann davon ausgegangen werden, dass eventuelle Randeinflüsse vernachlässigbar werden. Das Gebirge wurde mittels zweidimensionaler, quadratischer Elemente mit Abmessungen von ca. 200x200 cm diskretisiert. In der Nähe des Tunnels wird die Maschenweite verdichtet und die Elemente erreichen Abmessungen von 50x50 cm.

Die gewählten Auflagerbedingungen verhindern Verschiebung in beide Richtungen am unteren Modellrand und blockieren Verschiebungen in horizontaler Richtung an den vertikalen Modellrändern. Am oberen Modellrand wurde ein Druck aufgebracht, welcher der vorhandenen Bodenauflast (von Tunnel bis Geländeoberkante) entspricht.

Die Belastung vor Ort wurde gemäß den folgenden Formeln bestimmt:

$$\sigma_y = \gamma \cdot z$$

$$\sigma_x = K_0 \cdot \sigma_z$$

Wobei:

- Z = Abstand des Elements von der Geländeoberkante
- $K_0$  = Beiwert des horizontal wirkenden Erddrucks, mit 0.75 angenommen.

### 5.2.3 Geometria del modello e stato tensionale iniziale

Il modello di calcolo, in virtù della simmetria del problema, si estende per 100 m in larghezza agli estremi della cavità, 200 m in altezza, di cui 100 m al di sotto del piano del ferro e 100 m al di sopra di quest'ultimo. Tali limiti sono sufficienti per ritenere trascurabili gli effetti di bordo. L'ammasso è stato discretizzato mediante elementi bidimensionali quadrati di dimensioni pari a circa 200x200 cm, infittiti in prossimità della galleria, dove assumono dimensioni pari a circa 50x50 cm.

Le condizioni di vincolo al contorno del modello prevedono spostamenti impediti in entrambe le direzioni lungo il boundary inferiore e spostamenti impediti in direzione orizzontale lungo i boundary verticali. Sul boundary superiore è applicata una pressione pari al peso del terreno presente in sito fino alla quota del piano campagna. Lo stato di sforzo in sito è stato valutato secondo le seguenti relazioni:

Dove

- Z rappresenta la distanza del generico elemento dal piano campagna
- $K_0$  è il coefficiente di spinta orizzontale, assunto pari a 0.75.

### 5.2.4 Charakteristika der Außenschale

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Charakteristiken der Sicherungs- und Stützmaßnahmen für das Profil GA-T3 auf:

	Anker Chiodature						Spritzbeton Betoncino proiettato		
	Typ Tipo	$N_y$ [kN]	L [m]	$i_{long}$ [m]	$i_{trasv}$ [m]	$n^\circ$ [-]	Klasse Classe	$s_{nom}$ [cm]	$s_{min}$ [cm]
<b>GA-T3</b>	Pm24	200	4.5	1.5	1.8	9+10	C30/37	15	9

Tabelle 8: Charakteristiken der Außenschale GA-T3

Die Anker werden ins Modell eingefügt und zwar mit einem Grenzwiderstand, der ihrer Streckgrenze entspricht, die um den Widerstandsbeiwert ( $\gamma_R = 1.15$ ) und der Reibung ( $\gamma_R = 1.3$ ) multipliziert wird, so wie mit BBT SE abgesprochen.

Die Anker werden mit spezifischen eindimensionalen Elementen (Truss) nachgebildet, mit perfekt plastisch-elastischem Verhalten (Abbildung 6) und Von Mises Bruchkriterium ( $N_{yd} = N_{yk}/1.15 = 174$  kN). Sie sind mit den Gitterknoten über eine Schnittstelle verbunden, wobei Vorsichtswerte des Querwiderstands (100 kN/m) und der tangentialen Steifigkeit (10 MN/m/m) [33] berücksichtigt werden.

### 5.2.4 Caratteristiche dei rivestimenti di prima fase

La seguente tabella riporta le caratteristiche dei provvedimenti di messa in sicurezza per il profilo GA-T3:

Tabella 8: Caratteristiche rivestimenti di prima fase GA-T3

I chiodi vengono inseriti nel modello con una resistenza limite pari alla loro resistenza a snervamento fattorizzata per il coefficiente sulle resistenze ( $\gamma_R = 1.15$ ) e sull'aderenza di ( $\gamma_R = 1.3$ ) come concordato con BBT SE.

Gli ancoraggi sono stati riprodotti con specifici elementi monodimensionali (Truss) aventi comportamento elastico perfettamente plastico (Figura 4) con criterio di rottura alla Von Mises ( $N_{yd} = N_{yk}/1.15 = 174$  kN) collegati ai nodi della griglia mediante un'interfaccia considerando valori cautelativi di resistenza a taglio (100 kN/m) e rigidità tangenziale (10 MN/m/m) [33].

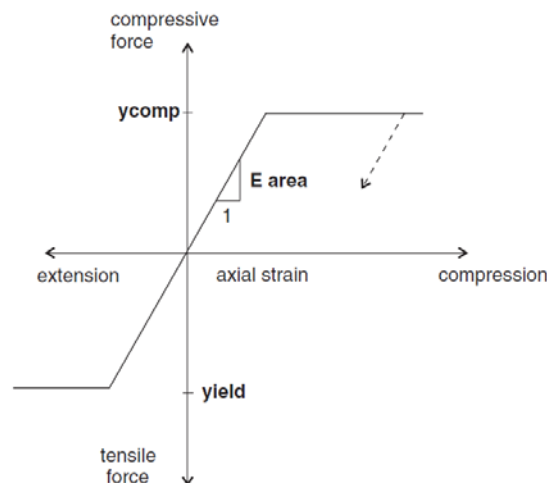


Abbildung 4: Kraft-Verformungsverhalten der Anker-Elemente

Figura 4: Comportamento sforzo-deformazione degli ancoraggi

Auf der sicheren Seite liegend wird die Außenschale in Spritzbeton für die Bemessung nicht herangezogen unter der Annahme, dass dieser zur Erstsicherung gegen das Abbrechen von Felsblöcken oder dgl. während der Ausbrucharbeiten dient (sh. Anhang 3)

In via cautelativa il rivestimento di prima fase in betoncino proiettato viene trascurato in quanto considerato come un provvedimento costruttivo atto a garantire la sicurezza nei confronti di distacchi di piccoli volumi di roccia (vedasi Appendice 3).

### 5.2.5 Laststufe

Nach einer ersten Phase der Modellinitialisierung, zur Berechnung des Ausgangsgleichgewichts, wird die Tunnelaushebung mittels Trägheits-Kräften der Aushebung simuliert (späterhin FFS). Der Prozentsatz dieser Kräfte an der Ortsbrust ist aufgrund der Ergebnisse der Charakteristischen

### 5.2.5 Step di carico

Dopo una prima fase di inizializzazione del modello, necessaria per calcolare l'equilibrio iniziale, lo scavo della GA viene simulato mediante l'utilizzo delle Forze Fittizie di Scavo, di seguito denominate FFS. La percentuale di tali è definita sulla base dei risultati delle Linee Caratteristiche (vedasi

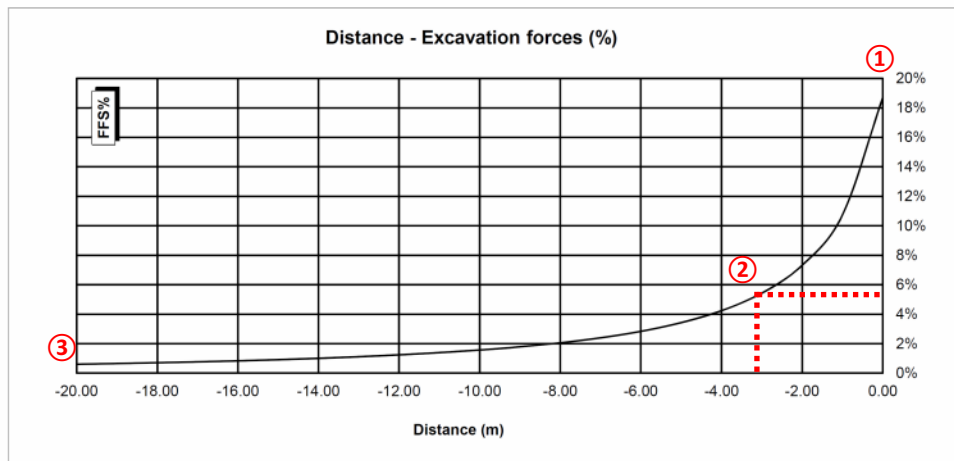


Abbildung 5: FFS an der Ortsbrust und bei Einsetzung der Anker

Figura 5: FFS al fronte e all'installazione delle chiodature

Nachfolgend sind die Berechnungsstufen zusammengefasst:

Di seguito sono riassunti gli step di calcolo:

- 0) Geostatische Ausgangslage mit Bestimmung der Geometrie, der Umgebungslagen, der Stratigraphie und der geostatischen Ausgangsspannungen;
- 1) Annullierung der Zonen innerhalb der Aushebung und Reduktion der FFS bis zum Wert den sie an der Ortsbrust einnehmen (FFS =18%);
- 2) Reduktion der FFS bis zum Wert den sie bei der Einsetzung der Außenschale einnehmen (auf 3.0 m von der Ortsbrust) (FFS =6%);
- 3) Einführung des numerischen Außenstützenmodells und Annullierung der FFS (FFS =0%);
- 4) Entfernung der Außenschale und Simulation der Langzeitkonfiguration mit der Einsetzung der Innenschale. Diese ist mit der Bewehrungsmatte verbunden mittels eines Schnittstellenelementes, mit normaler dem Gebirge entsprechende Steifigkeit, und tangentialer Steifigkeit gleich Null. Dieses Schnittstellenelement ermöglicht die Wirkung der Abdichtungsschicht zwischen den zwei Schalen zu berücksichtigen, indem es die tangentialen Spannungen annulliert, darüber hinaus die Drucke zu schätzen die auf der Innenschale wirken.

- 0) Condizione geostatica iniziale con definizione della geometria, delle condizioni al contorno, della stratigrafia e delle tensioni geostatiche iniziali;
- 1) Annullamento delle zone all'interno dello scavo e riduzione delle forze FFS, fino al valore che assumono al fronte (FFS=18%);
- 2) Riduzione delle FFS fino al valore che assumono nel momento di installazione del rivestimento di I fase (3.0 m dal fronte) (FFS=6%);
- 3) Introduzione nel modello numerico dei sostegni di I fase e annullamento delle FFS (FFS=0%).
- 4) Rimozione del rivestimento di prima fase e simulazione della configurazione a lungo termine con l'installazione del rivestimento definitivo. Quest'ultimo è collegato alla mesh mediante un elemento interfaccia avente rigidità normale pari a quella dell'ammasso e rigidità tangenziale nulla. Quest'ultimo elemento, oltre a consentire di valutare le pressioni che agiscono sul rivestimento definitivo, consente di considerare l'effetto del pacchetto di impermeabilizzazione presente tra i due rivestimenti, annullando le tensioni tangenziali.

### 5.2.6 Nachweisverfahren

Gemäß den NTC 2008 sind die vom FEM Modell entnommenen Handlungen über der Außenschale um  $\gamma_G = 1,30$  erhöht und die Widerstände des strukturellen Abschnitts um  $\gamma_c = 1,50$  reduziert, das heißt  $\gamma_s = 1,15$ .

Die Nachweise ergeben sich als befriedigend wenn folgende Ungleichung verifiziert ist:

$$E_d \leq R_d$$

Hierbei ist:

- $R_d$  = Bemessungswert Widerstand
- $E_d$  = Bemessungswert Einwirkung

Da im FEM Modell der Spritzbeton übergangen wurde, geschieht, dass die Anker welche ihre Streckgrenze erreichen ( $N_{yd} = 174$  kN) nicht die axiale Verformungsgrenze überschreiten, die vorsichtshalber auf 5% gesetzt wurde.

### 5.2.7 Ergebnisse

Die im Anhang 3 aufgezeigten Analysen bestätigen, dass das Gebirgsverhalten durch reduzierte Konvergenzen (absolute Konvergenzen < 40 mm und relative Konvergenzen ohne Spritzbeton ca. 15 mm) und durch der Ausformung eines plastischen Streifens mit maximale Ausdehnung von ca. 3-4 m charakterisiert ist.

Die Anker erreichen die Streckgrenze ( $N_{yd} = 174$  kN), aber erreichen nicht die Verformungsgrenze des Stahls ( $\epsilon < 5\%$ ).

Der vom Gebirge ausgeübter Druck auf die Innenschale, bei Verfall der Anker, ist in Höhe von 50 kPa.

### 5.2.6 Procedura di verifica

In conformità alle NTC 2008 le azioni ricavate dal modello FEM sul rivestimento di prima fase sono aumentate di  $\gamma_G = 1,30$  e le resistenze della sezione strutturale sono ridotte di  $\gamma_c = 1,50$  ovvero  $\gamma_s = 1,15$ .

Le verifiche risultano soddisfatte se è verificata la seguente disuguaglianza:

Dove:

- $R_d$  = Valore della resistenza di progetto
- $E_d$  = Valore di progetto dell'effetto delle azioni

Essendo stato trascurato nello modello FEM il betoncino proiettato, si verifica che gli ancoraggi che raggiungono il limite di snervamento ( $N_{yd} = 174$  kN) non superino il limite di deformazione assiale posto cautelativamente pari al 5%

### 5.2.7 Risultati

Le analisi riportate nell'Appendice 3 confermano che il comportamento dell'ammasso è caratterizzato da convergenze ridotte (convergenze assolute < 40 mm e convergenze relative in assenza del betoncino proiettato di ca. 15 mm) e dalla formazione di una fascia plastica di estensione massima di ca. 3-4 m.

Gli ancoraggi raggiungono il limite di snervamento ( $N_{yd} = 174$  kN) ma non raggiungono il limite di deformazione dell'acciaio ( $\epsilon < 5\%$ ). La pressione esercitata dall'ammasso sul rivestimento definitivo, al decadimento delle chiodature, è dell'ordine dei 50 kPa.

### 5.3 ANALYSE DER STANDSICHERHEIT DER ORTBRUST

#### 5.3.1 Nachweisverfahren

Für die Durchführung der Ortsbrustnachweise werden die charakteristischen Werte der geotechnischen Parameter mit den folgenden Faktoren ab gemindert:

Parameter / Parametri	Symbol / Simbolo	Faktor / Fattore
Effektiver Reibungswinkel / Angolo di attrito effettivo <sup>a</sup>	$\gamma_{\varphi}$	1.25
effektive Kohäsion / Coesione effettiva	$\gamma_c$	1.25
undrainierte Scherfestigkeit / Resistenza a taglio non drenata	$\gamma_{cu}$	1.4
einaxiale Druckfestigkeit / Resistenza a compressione monoassiale	$\gamma_{qu}$	1.6
Wichte / Peso specifico	$\gamma_T$	1
<sup>a</sup> Dieser Faktor wird auf $\tan \varphi$ angewendet / valore applicato alla tangente dell'angolo		

Tabelle 9: Teilsicherheitsfaktoren Ortsbrustnachweis

### 5.3 ANALISI DELLA STABILITÀ DEL FRONTE

#### 5.3.1 Procedura di verifica

Per l'esecuzione dei calcoli di stabilità del fronte vengono applicati i valori caratteristici dei parametri geotecnici ridotti con i seguenti fattori:

Tabella 9: Fattori parziali di sicurezza per la verifica del fronte di scavo

#### 5.3.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Charakteristischen Linien schließen wichtige Instabilitätsphänomene der Ortsbrust für diese Gebirge aus. Die Blöcke Analyse, die durch die Unwedge Software durchgeführt wurde, zeigt wie das Volumen der abbrechenden Felsblöcke erhebliche Dimensionen erreichen können. Wenn sie nicht schon bei der Sprengung abgebrochen sind, können sie auf Anordnung des geotechnischen Fachmann abgelöst werden und eventuell mittels Ankern punktuell gesichert werden.

Im Fall eines verlängerten Aufenthalts der Aushubstätigkeiten wird zum Ortsbrustschutz der Einsatz einer faserverstärkten Spritzbetonschicht von 10 cm Stärke vorgesehen.

#### 5.3.2 Risultati

I risultati delle linee caratteristiche escludono importanti fenomeni di instabilità del fronte di scavo per gli ammassi oggetto di studio. L'analisi dei blocchi, eseguita mediante il software Unwedge mostra come i blocchi distaccabili davanti al fronte possano avere dimensioni notevoli. Se non già distaccati durante il brillamento, possono essere disgiunti su indicazione dell'esperto geotecnico ed eventualmente assicurati mediante ancoraggi puntuali.

In caso di sosta prolungata delle attività di scavo si prevede di installare uno strato di betoncino proiettato fibrorinforzato a protezione del fronte di spessore minimo 10 cm.



## 6 INNENSCHALE

### 6.1 STABWERKSMODELLE

Die Beanspruchungen der Innenschale sind durch das informatische Rechenprogramm MIDAS Gen2013, das auf die Finite-Elementen-Methode (FEM) basiert, berechnet worden.

Für die Berechnung wird ein Abschnitt des Tunnels mit einheitlicher Tiefe (1 m) berücksichtigt und ein Strukturmodell festgelegt und zwar mittels ebenen Finite-Elemente des Typs Träger (beam). Die Tunnelschale ist durch Elemente schematisiert, die kürzer als 0.5 m sind und die reellen Stärken des berücksichtigten strukturellen Elements besitzen (Kalotte, Widerlager, Gegenbogen/Grundplatte).

Die strukturelle Steifigkeit der Träger Elemente wird als  $E'_c \times I_y$  des nicht gerissenen Schnitts berechnet. Das Trägheitsmoment  $I_g$  wird im Verhältnis zur Schnittachse aus Beton berechnet, wobei der Stahl, wo vorhanden, ausgelassen wird. Das elastische Modul  $E'_c$ , Im Falle von ebener Verformung, beträgt:

$$E'_c = \frac{E_c}{1 - \nu^2}$$

mit:

- $E_c$  = Elastizitätsmodul Beton
- $\nu$  = Poissonsahl (0.2);

Zur Modellierung des unbewehrten Betons wird ein elastisch-lineares Materialmodell verwendet. Die Neuverteilung der Belastungen werden laut Absatz 12.5 des EC2 berechnet, falls die abschnittsweise Steifigkeit durch die Öffnung von Spalten, dort wo die Betonzugfestigkeit überwunden wurde (Bildung von plastischen Scharnieren) verloren gegangen ist. Die Modellierung der plastischen Scharniere erfolgt durch den Einsatz von Torsionsfedern, deren Steifigkeit iterativ mit der Pöttler-Methode [30], [31] berechnet wird.

### 6.2 INTERAKTION TRAGWERK-BAUGRUND

Die Zusammenwirkung Boden-Struktur wird mit dem Einsatz von Point Support Elementen simuliert, die an die Modellknoten gesetzt werden. Nur bei Komprimierung übertragen diese Elemente den Knoten eine Reaktion, die dem Kontaktdruck Boden-Struktur entspricht. Die Steifigkeit der genannten Elemente wird unter Berücksichtigung des Reaktionsmoduls des Bodens  $k$  und der Schnittstelle, welche sich aus dem Paket der Abdichtung - Dränageschicht ergibt, bestimmt. Die erste wird laut den nachfolgend angeführten Relationen bestimmt und zwar jeweils für gekrümmte und gradlinige Oberflächen (Abs. 6.2.1 und 6.2.2). Die zweite wurde mit  $60'000 \text{ kN/m}^3$  aufgrund der Eigenschaften des Abdichtungsstreifens angenommen. Letztere zählt für Verschiebungen von weniger als 0.5 cm.

## 6 RIVESTIMENTO DEFINITIVO

### 6.1 METODO DELLE REAZIONI IPERSTATICHE

Le sollecitazioni nel rivestimento definitivo sono state calcolate mediante il programma di calcolo informatico MIDAS Gen2013, basato sul Metodo degli Elementi Finiti (FEM).

Per il calcolo si considera un concio di galleria con profondità unitaria (1m) e si definisce un modello della struttura mediante elementi finiti piani di tipo trave (beam). Il rivestimento della galleria è schematizzato con elementi di lunghezza inferiore a 0.5 m aventi gli spessori reali dell'elemento strutturale considerato (calotta, piedritto, arco rovescio/platea).

La rigidezza strutturale degli elementi trave è calcolata come  $E'_c \times I_y$  della sezione non fessurata. Il momento d'inerzia  $I_y$  è calcolato rispetto all'asse della sezione in calcestruzzo, trascurando la presenza dell'acciaio ove presente. Il modulo elastico  $E'_c$ , in condizioni di deformazioni piane, vale:

dove:

- $E_c$  = modulo di elasticità del calcestruzzo;
- $\nu$  = rapporto di Poisson (0.2);

Per la modellazione del calcestruzzo non armato si utilizza un modello costitutivo del materiale elastico-lineare. Viene presa in considerazione la ridistribuzione delle sollecitazioni in seguito alla perdita di rigidezza sezionale causata dall'apertura di fessure laddove venga superata la resistenza a trazione del calcestruzzo (formazione di cerniere plastiche), in accordo con il paragrafo 12.5 dell'EC2. La modellazione delle cerniere plastiche avviene mediante l'inserimento di molle torsionali la cui rigidezza è calcolata iterativamente mediante il metodo di Pöttler [31][32].

### 6.2 INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA

L'interazione terreno-struttura viene simulata mediante l'utilizzo di elementi point support posti in corrispondenza dei nodi del modello. Tali elementi trasmettono ai nodi, solo se compressi, una reazione pari alla pressione di contatto terreno-struttura. La rigidezza degli elementi citati è determinata tenendo conto del modulo di reazione del terreno  $k$  e dell'interfaccia data dal pacchetto impermeabilizzazione-strato drenante. La prima è definita secondo le relazioni di seguito descritte (paragrafo 6.2.1 e 6.2.2), rispettivamente per superfici curve e rettilinee. La seconda è stata assunta pari a  $60'000 \text{ kN/m}^3$  in virtù delle caratteristiche del pacchetto d'impermeabilizzazione. Quest'ultima ha valenza per spostamenti inferiori a 0.5 cm. Superati tali spostamenti, la

Werden diese Verschiebungen überstiegen, entspricht die Schnittstellensteifigkeit der des Gebirges.

Die tangenziale Steifigkeit wurde aufgrund des Vorhandenseins des Abdichtungsmantels bei der Schnittstelle Boden-Struktur vernachlässigt.

rigidezza dell'interfaccia diventa quella dell'ammasso.

La rigidezza tangenziale è stata trascurata in virtù della presenza del manto di impermeabilizzazione nell'interfaccia terreno-struttura.

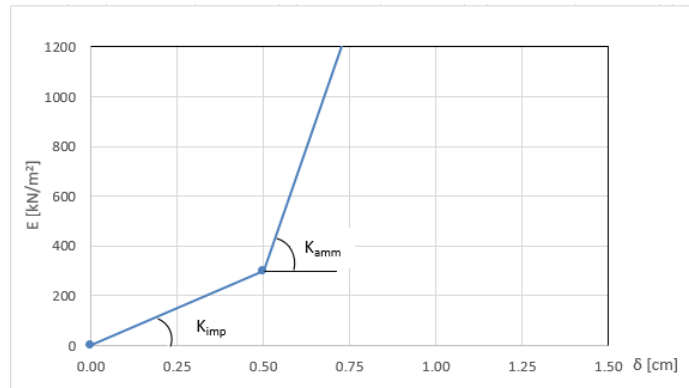


Abbildung 6: Schematisierung der Schnittstelle

Figura 6: Schematizzazione dell'interfaccia

### 6.2.1 Modellierung der Bettung

Die radiale Bettung der Innenschale im Lockermaterial ermittelt sich in der Regel unter Berücksichtigung des Elastizitätsmoduls  $E$  und der Querdehnzahl  $\nu$  des Gebirges sowie der Systemlinie des entsprechenden Innenschalenradius  $R$  wie folgt:

$$K_R = E \times \frac{(1 - \nu)}{(1 + \nu)(1 - 2 \times \nu) \times R} = \frac{E_S}{R}$$

Mit:

- $K_R$  = radiale Bettung Innenschale – Gebirge [MN/m<sup>3</sup>]
- $E$  = Elastizitätsmodul des umliegenden Gebirges
- $E_S$  = Steifemodul des umliegenden Gebirges
- $\nu$  = Poissonsahl des Bodens/Gebirges
- $R$  = Tunnelradius Systemlinie

### 6.2.1 Rigidezza radiale

Per la definizione della rigidezza del letto di molle radiali in materiale sciolto, si tiene conto del modulo elastico  $E$ , del coefficiente di Poisson  $\nu$  dell'ammasso roccioso e del raggio interno  $R$  della galleria.

Dove:

- $K_R$  = rigidezza del letto di molle radiali a contatto con l'anello interno [MN/m<sup>3</sup>]
- $E$  = modulo elastico dell'ammasso roccioso
- $E_S$  = modulo edometrico dell'ammasso roccioso
- $\nu$  = coeff. di Poisson dell'ammasso roccioso
- $R$  = raggio della galleria – linea di riferimento

### 6.2.2 Federkonstanten Auflagerbereich/Sohle

Das Widerlager der Konstruktion mit Sohlplatte bzw. offener Sohle (Querschläge) wird durch Federn mit zugehöriger Steifigkeit in Abhängigkeit der dazugehörigen Einflussbreite „b“ modelliert. Die Federkonstanten sind wie folgt zu ermitteln:

Federkonstante  $c_v$  – vertikal

- $c_v = E_{Geb.} \cdot 0,5 b$

Federkonstante  $c_h$  – horizontal

- $c_h = 0,5 \cdot c_v$

### 6.2.2 Costante della molla nelle zone di appoggio / fondo

L'appoggio della costruzione con platea oppure con fondo aperto viene modellato con molla con rigidezza relativa all'area di influenza della singola molla "b". La costante della molla si calcola come segue:

Costante della molla  $c_v$  – verticale

- $c_v = E_{Geb.} \cdot 0,5 b$

Costante della molla  $c_h$  – orizzontale

- $c_h = 0,5 c_v$

### 6.3 EINWIRKUNGEN

Im Folgenden werden folgende Kürzel für die Einwirkungen herangezogen:

- G = ständige Einwirkungen
- Q = vorübergehende Einwirkungen
- A = außergewöhnliche Einwirkungen (z.B. Brand, Anprall, Explosion)
- E = Erdbeben

#### 6.3.1 Eigengewicht G1

Die für die Berechnung des Eigengewichts verwendete Querschnittsfläche pro Tunnelmeter basiert auf den Planmaßen der Konstruktion.

Das spezifische Eigengewicht des Stahlbetons ist mit  $\gamma = 25\text{kN/m}^3$  zu berücksichtigen.

#### 6.3.2 Oberleitung G2

Die Oberleitungslasten werden laut Abbildung auf der sicheren Seite liegend für eine maximale Spannweite von 50 m angesetzt. Aus diesen Lasten ergeben sich die am Aufhängepunkt anzusetzenden Lasten:

- Moment von 3,80 kNm
- Horizontallast von 0,70 kN
- Vertikallast von 2,50kN

### 6.3 ANALISI DEI CARICHI

Per le azioni si utilizzano le seguenti abbreviazioni:

- G = Azioni permanenti
- Q = Azioni variabili
- A = Azioni eccezionali (per es. incendio, urto, esplosione)
- E = Azioni sismiche

#### 6.3.1 Peso proprio G1

Il volume utilizzato per il calcolo del peso proprio si basa sulle dimensioni effettive della struttura.

Il peso specifico del calcestruzzo viene assunto pari  $\gamma = 25\text{kN/m}^3$ .

#### 6.3.2 Catenaria G2

Le catenarie vengono applicate per sicurezza su una distanza massima di 50 m, come nella Illustrazione. Da questi carichi derivano quelli da applicare al punto di sospensione:

- Momento di 3,80 kNm
- Carico orizzontale di 0,70 kN
- Carico verticale di 2,50kN

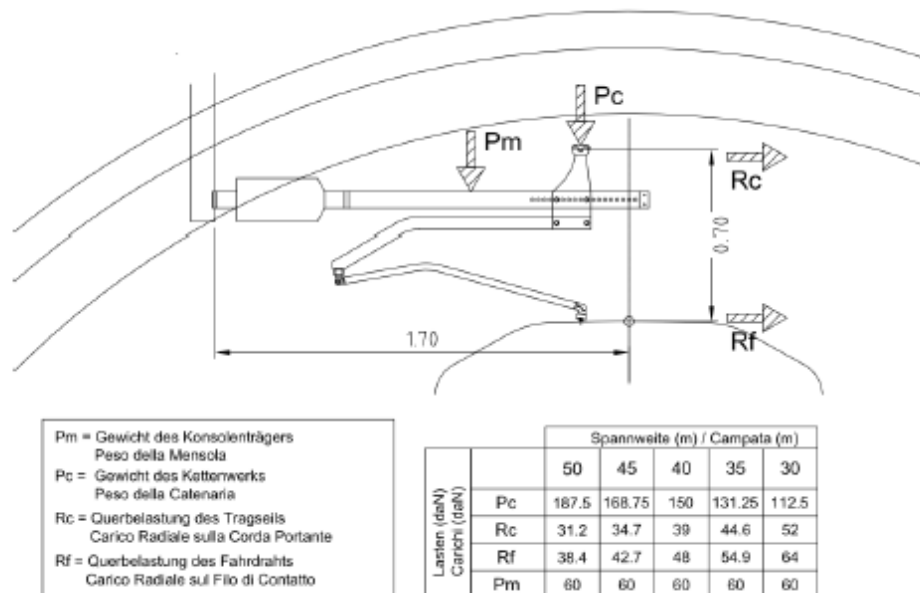


Abbildung 7: Lasten der Oberleitung

Figura 7: Carichi della catenaria

### 6.3.3 Auffüllung mit Beton oberhalb des Sohlgewölbes G3

Das für die Berechnung des Eigengewichts verwendete Volumen basiert auf dem Planmaß der Konstruktion.

Das spezifische Gewicht des unbewehrten Betons wird mit  $\gamma_{c,na} = 24 \text{ kN/m}^3$  angenommen.

Das spezifische Gewicht des Stahlbetons wird mit  $\gamma_{c,ar} = 25 \text{ kN/m}^3$  angenommen.

### 6.3.4 Wasserdruck G4

Für druckentlastete (drainierte) Tunnel wird der Wasserdruck bei Regelquerschnitten mit Sohlgewölbe nur vom unteren Scheitelpunkt unter dem Sohlgewölbe bis in die Höhe der Ulmenlängsdrainage berücksichtigt. Die Wasserlasten sind dann wie folgt anzusetzen:

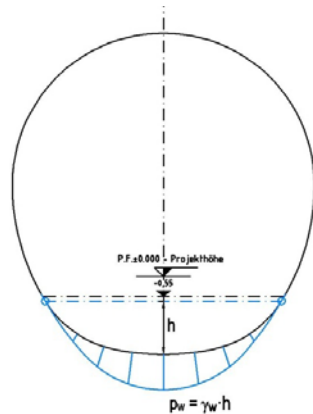


Abbildung 8: Lastbild Wasserdruck – drainierter Regelquerschnitt

### 6.3.5 Gebirgslast G5

Die Gebirgslast entspricht dem höheren Wert der beiden Lasten, jener aus der Bruchkörperanalyse und jener aus der Finite-Elemente-Analyse, die auf die Innenschale wirkt, nach vollständigem Verfall der fiktiven Aushubkräfte (letzte Stufe der FEM-Analyse). Da die größere Last a priori nicht bestimmt werden kann, wurden die Analysen mit beiden Lastenverteilungen durchgeführt.

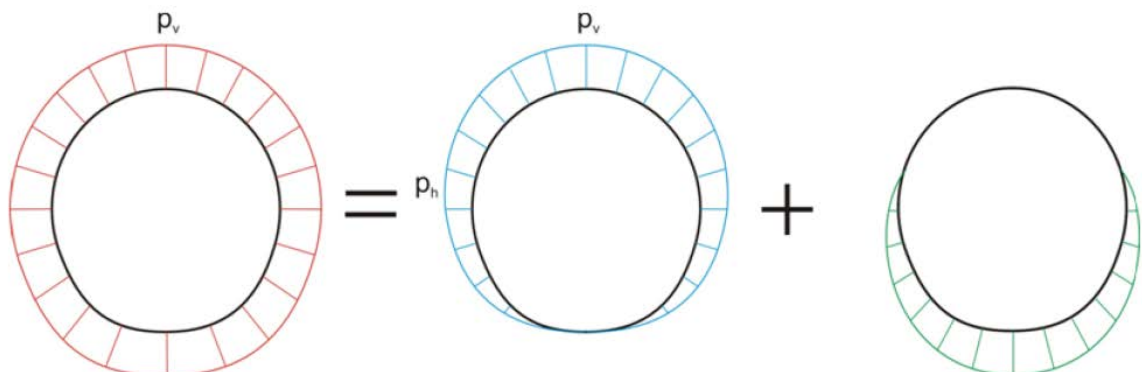


Abbildung 9: Qualitative Darstellung der numerisch ermittelten Normalspannungen (rot), der aktiven Gebirgslast (blau) und der passiven Bettungsreaktion (grün)

### 6.3.3 Riempimento in cls al di sopra dell'arco rovescio G3

Il volume utilizzato per il calcolo del peso proprio si basa sulle dimensioni effettive della struttura.

Il peso specifico del calcestruzzo non armato viene assunto pari a  $\gamma_{c,na} = 24 \text{ kN/m}^3$ .

Il peso specifico del calcestruzzo armato viene assunto pari a  $\gamma_{c,ar} = 25 \text{ kN/m}^3$ .

### 6.3.4 Pressione idraulica G4

Per il caso di galleria drenata (senza pressione) nelle sezioni tipo con arco rovescio, il carico idraulico viene considerato solo dal vertice inferiore al di sotto dell'arco rovescio fino all'altezza del drenaggio sul piedritto. Il carico idraulico viene applicato secondo il seguente schema:

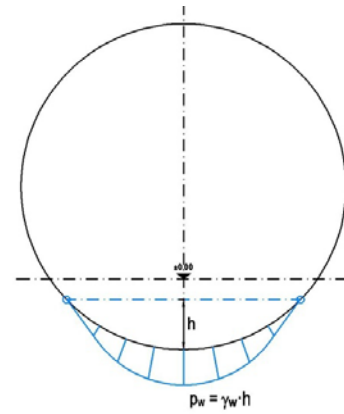


Figura 8: Pressione idrostatica - Sezione tipo drenata

### 6.3.5 Carico dell'ammasso G5

Il carico d'ammasso è pari al maggiore tra il carico scaturito dall'analisi a blocchi ed il carico che agisce sul rivestimento definitivo nelle analisi alle differenze finite, al completo decadimento delle forze fittizie di scavo (ultimo step delle analisi FEM). Non potendo definire a priori il carico più gravoso le analisi sono state effettuate con entrambe le distribuzioni di carico.

Figura 9: Rappresentazione qualitativa delle tensioni normali (rosso), ottenute dal calcolo numerico, del carico attivo dell'ammasso (blu) e della reazione assestamento del terreno (verde)

### 6.3.6 Kriechen und Schwinden des Betons G6

Das Schwindmaß des Betons wird gemäß NTC 2008 Kap. 11.2.10.6 ermittelt.

Die Kriechzahl  $\phi$  wird gemäß dem NTC 2008 Kap. 11.2.10.7 unter Berücksichtigung des Spannungszustandes aus einer Einwirkungskombination ständiger Lasten (G1 (Eigengewicht) + G2 (Kettenwerk)) ermittelt.

Kriechen und Schwinden des Betons bewirken eine Längenänderung  $\Delta l$  (Endschwindmaß), auf die die Berechnung basieren muss, und zwar in Form einer gleichmäßigen Temperaturabkühlung.

Für alle Abschnitte die höher als 25 cm sind und aus Beton C30/37 bestehen, ergibt sich eine Durchschnittsverformung durch autogenes zeitlich unendliches Schwinden von 0.27‰. Bei der Bemessung wurde gemäß Bestimmungen 50% des Schwindens angenommen, was durch eine gleichmäßige Temperaturabkühlung von -13.4°C simulierbar ist. Diese Abkühlung muss, z. B., mittels Einsatz eines funktionstüchtigen Superverflüssigungsmittels (Typ MasterGlenium von BASF), nicht-kalkhaltigen Zuschlagstoffen und Zugabe eines Expansionsmittels (Typ MasterLife SRA100 von BASF) bewirkt werden. Das angewendete System muss auf der Baustelle durch präventiven Proben geprüft werden.

Bei der Modellierung der Innenschale, insbesondere bezüglich Absatz 4.1.1.1 des NTC08, verfährt man mit einer gleichmäßigen Temperaturabkühlung von -6.7° C an den GZT und von -8.9°C a den GZG.

### 6.3.7 Temperatur Q1

Für die Dimensionierung der Innenschale wird die Temperatureinwirkung berücksichtigt, gemäß der nachfolgenden Tabelle je nach Abstand zum Portal.

Abstand Portal / Distanza dall'imbocco [km]	3,0 - 10,0	
Temperaturgradient / gradiente della temperatura $\Delta T$ / [°C]	2	
$\Delta T_{eff}$ [°C]	Winter / Inverno	Sommer / Estate
	-10	10

Tabelle 10: Temperatureinwirkung

Der Temperaturgradient  $\Delta T$  gibt die Temperaturdifferenz zwischen der Innenkante und der Außenkante der Innenschale wieder.

Temperaturbeanspruchungen während des Baus der Innenschale können vernachlässigt werden.

Die von der Temperatur ausgehenden Einwirkungen in Folge

### 6.3.6 Viskosität e ritiro del calcestruzzo G6

La deformazione dovuta al ritiro del calcestruzzo si calcola in base al paragrafo 11.2.10.6 delle NTC 2008.

Il coefficiente di viscosità  $\phi$  si calcola ai sensi delle NTC 2008 par. 11.2.10.7, considerando la condizione tensionale derivante dalla combinazione di azioni permanenti (G1 (peso proprio) + G2 (catenaria)).

Viscosità e ritiro del calcestruzzo comportano un cambiamento in lunghezza  $\Delta l$  (valore finale del ritiro), su cui deve essere basato il calcolo, in forma di diminuzione uniforme della temperatura.

Per tutte le sezioni con altezza maggiore di 25 cm e calcestruzzo con classe di resistenza C30/37 risulta una deformazione media per ritiro autogeno a tempo infinito pari a 0.27‰. Nel dimensionamento si è assunto il 50% del ritiro imposto dalla Normativa, simulabile mediante l'applicazione di un abbassamento uniforme della temperatura di -13.4 C°. Tale riduzione dovrà essere ottenuta, ad esempio, mediante l'utilizzo di un superfluidificante performante (tipo MasterGlenium della BASF), di inerti non calcarei e tramite l'aggiunta di un espansivo (tipo MasterLife SRA100 della BASF). Il sistema adottato dovrà essere verificato con prove preventive in cantiere.

Nella modellazione del rivestimento definitivo, con particolare riferimento al paragrafo 4.1.1.1 dell'NTC08, si procede applicando un abbassamento uniforme della temperatura di -6.7° C agli SLU e di -8.9°C agli SLE.

### 6.3.7 Temperatura Q1

Per il dimensionamento dei rivestimenti definitivi si considerano azioni termiche, in conformità alla seguente tabella, secondo la distanza dall'imbocco.

Tabella 10: Variazione termica

Il gradiente della temperatura  $\Delta T$  indica la differenza di temperatura tra le superfici interna ed esterna del rivestimento in conci.

Le sollecitazioni derivanti dalla temperatura durante la costruzione dell'anello vengono trascurate.

Le azioni derivanti dalle alte temperatura a seguito di incendio

eines Brands sind Gegenstand des Absatzes 6.3.11.

#### **6.3.8 Erdbebeneinwirkung E1**

Im Gegensatz zu den anderen Lastkombinationen hat die Erdbebenlast einen geringen Einfluss und wird deshalb nicht berücksichtigt.

#### **6.3.9 Druck / Sog infolge Zugfahrt A1**

Die Verdichtungs- und Druckentlastungsvorgänge aus der Zugdurchfahrt sind im Dokument D0118-064 „Aerodynamik – Klima – Lüftung“ festgelegt. Dem Dokument kann entnommen werden, dass im Extremfall (außergewöhnliche Einwirkungen) im Tunnel aerodynamische Einwirkungen von  $\Delta_p \text{ Druck} = + 11 \text{ kN/m}^2$  und  $\Delta_p \text{ Sog} = - 9 \text{ kN/m}^2$  aufkommen. Da dies erhebliche Einwirkungen sind, auch unter Berücksichtigung der entsprechend angenommenen Teilsicherheitsfaktoren, werden die aerodynamischen Einwirkungen nur in Kombination mit den Einwirkungen, die aus einer außerordentlichen Bemessungslage stammen, berücksichtigt.

#### **6.3.10 Anpralllast A2**

Die Einwirkung Aufprall Schienenfahrzeuge ist nur in den Verzweigungsbauwerken und Portalen zu berücksichtigen. Im untersuchten Abschnitt wurde sie demnach nicht berücksichtigt.

#### **6.3.11 Brand A3**

Die Dimensionierung im Brandfall wird gemäß den Vorschriften der EN 1992-1-2 ausgeführt.

Gemäß den Vorschriften des MD 28/10/2005 Sicherheit in den Eisenbahntunnels, wird die Stabilität aller Bauwerke in Hinblick auf die Temperatur-Zeit Kurve laut UNI 11076 gemäß D0118-04326 "Sicherheit gegen die Brandexplosionen" gewährleistet.

Die bewehrten und unbewehrten Abschnitte sind hinsichtlich eines Brandes gemäß den Kriterien des spezifischen Berichts [4] geprüft worden. Hier beschränkt man sich darauf hinzuweisen, dass, einvernehmlich mit der Tabelle D.6.3 del D.M. 16.02.2007 "Klassifizierung der Feuerbeständigkeit der Bauprodukte und -elemente für Bauwerke", folgende Bedingungen ausreichend zur Gewährleistung der REI 120 Klasse sind:

- Stärke 's' der Strukturelemente größer als 160 mm;
- Betondeckung 'a' (Achsenabstand der Bewehrung von der ausgesetzten Oberfläche) größer als 35 mm.

Beide Voraussetzungen sind erfüllt.

sono oggetto del paragrafo 6.3.11.

#### **6.3.8 Azione sismica E1**

Il carico sismico rappresenta una condizione poco influente rispetto alle altre combinazioni di carico e pertanto non viene considerata.

#### **6.3.9 Pressione aerodinamica A1**

I processi di carico e scarico tensionale a seguito del passaggio dei treni sono definiti nel documento D0118-064 „Aerodinamica – clima – ventilazione“. Dal documento si deduce che in casi estremi (azioni eccezionali) si presentano in galleria azioni aerodinamiche di  $\Delta_p \text{ pressione} = + 11 \text{ kN/m}^2$  e  $\Delta_p \text{ aspirazione} = - 9 \text{ kN/m}^2$ . Poiché si tratta di azioni rilevanti, anche in considerazione dei relativi coefficienti parziali di sicurezza adottati, le azioni aerodinamiche si considerano solo associate in combinazione con le azioni derivanti dalla situazione di dimensionamento eccezionale.

#### **6.3.10 Urto A2**

Il carico da urto è da considerare solo nelle caverne di diramazione e ai portali. Nella zona in oggetto non è pertanto considerato.

#### **6.3.11 Incendio A3**

Il dimensionamento in caso di incendio si esegue in conformità alle prescrizioni della EN 1992-1-2.

In accordo con le prescrizioni del DM 28/10/2005 Sicurezza gallerie ferroviarie viene garantita la stabilità di tutte le opere in considerazione della curva temperatura-tempo secondo la UNI 11076 in conformità a D0118-04326 "Sicurezza contro le esplosioni di incendio".

Le sezioni, armate e non, sono state verificate nei confronti dell'incendio secondo i criteri esposti nella relazione specifica [4]. In questa sede ci si limita ad osservare che in accordo alla tabella D.6.3 del D.M. 16.02.2007 "Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione" condizioni sufficienti affinché la classe di resistenza REI 120 sia garantita sono:

- spessore 's' degli elementi strutturali maggiore di 160mm;
- copriferro 'a' (distanza dell'asse delle armature dalla superficie esposta) maggiore di 35mm.

Entrambi i requisiti sono soddisfatti.

## 6.4 EINWIRKUNGSKOMBINATIONEN

Die zu untersuchenden Einwirkungskombinationen sind gemäß NTC 2008 mit den entsprechenden Kombinationsbeiwerten  $\psi$  zu berücksichtigen.

Die Einwirkungskombinationen für die Dimensionierung der Innenschale sind in der Tabelle 11 angegeben:

Lastfall / Caso di carico Einwirkung siko mbination /Combinazi oni	ständig / permanenti							vorübergehend / variabili			außergewöhnlich / eccezionali		
	Eigengewicht	Oberleitung	Sohibeton	Wasserdruck	Gebirgslast ohne Auftrieb	Kriechen und Schwinden	Quell-druck	Temperatur (Sommer)	Temperatur (Winter)	Verkehrslast (Zugfahrt)	Brand	Druck infolge Zugfahrt	Sog infolge Zugfahrt
	Peso proprio	Catenaria	Carichi permanenti sull'arco rovescio	Carico idraulico	Carichi della roccia in condizioni asciutte	Ritiro e rilassamento	Swelling- Squeezing	Temperatura (Estate)	Temperatura (Inverno)	Carico ferroviario	Fuoco	Carico aerodinamico (pressione)	Carico aerodinamico (aspirazione)
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	Q1	Q1	Q2	A3	A1	A1
druckentlastet / sistema drenato	1	1,35							1,50				
		1,00							1,00				
	2	1,35					1,00			1,50			
		1,00					1,00			1,00			
	5	1,35	1,35	1,00	1,35	1,35			1,50				
		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00			1,00				
	6	1,35	1,35	1,00	1,35	1,35	1,00			1,50			
		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00			1,00			
	11	1,00	1,00	1,00								1,00	
	12	1,00	1,00	1,00			1,00			0,60			1,00
	21	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00				0,60		1,00	
	22	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00					1,00	

Tabelle 11: Einwirkungskombinationen Innenschale

## 6.4 COMBINAZIONE DI CARICO

Le combinazioni delle azioni da analizzare devono essere considerate in conformità alle NTC 2008, con i relativi coefficienti di combinazione  $\psi$ .

Le combinazioni delle azioni rilevanti per il dimensionamento dell'anello interno sono di seguito riportate nella Tabella 11:

Tabella 11: Combinazioni di carico

## 6.5 NACHWEISVERFAHREN

Für den Nachweis des Grenzzustandes der Trag- und Gebrauchstauglichkeit der Innenschale wurden die Einwirkungskombinationen laut Vorgaben in NTC2008, Abs. 2.5.3 angewandt.

### 6.5.1 Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)

#### 6.5.1.1 Teilsicherheitsfaktoren Einwirkungen

Die Teilsicherheitsfaktoren, die berücksichtigt werden müssen, variieren in Funktion der Kombinationen und der Arten der Einwirkungen. Folgende Teilsicherheitsfaktoren sind gemäß NTC2008 für eine Standard-Bemessung, ständige, vorübergehende, außergewöhnliche Bemessungssituationen zu berücksichtigen:

$$\begin{aligned}\gamma_{Gj,inf} \text{ günstig/favorevole} &= 1,00 / 1,00 / 1,00 \\ \gamma_{Gj,sup} \text{ ungünstig/sfavorevole} &= 1,35 / 1,20 / 1,00 \\ \gamma_{Q,1,sup} / \gamma_{Q,i,sup} \text{ günstig/favorevole} &= 0,00 / 0,00 / 0,00 \\ \gamma_{Q,1,sup} / \gamma_{Q,i,sup} \text{ ungünstig/sfavorevole} &= 1,50 / 1,30 / 1,00\end{aligned}$$

Werden die Einwirkungen aus dem Schwinden für den Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit berücksichtigt, ist gemäß EC2, Teil 1, Abs. 2.4.2.1 der Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{SH} = 1,0$  zu berücksichtigen.

## 6.5 VERIFICHE

Per la verifica allo stato limite ultimo ed allo stato limite di esercizio dell'anello interno sono state considerate le combinazioni delle azioni in conformità delle prescrizioni del paragrafo 2.5.3 delle NTC2008.

### 6.5.1 Stati Limite Ultimi (SLU)

#### 6.5.1.1 Coefficienti parziali di sicurezza per le azioni

I coefficienti parziali di sicurezza da considerare variano in funzione delle combinazioni e del tipo di azioni. In conformità alle NTC2008, per le situazioni di dimensionamento standard, temporanee ed eccezionali sono da considerarsi i seguenti coefficienti parziali di sicurezza:

Considerando le azioni derivanti dal ritiro, per la verifica allo stato limite ultimo, si è considerato, in conformità all'EC2, parte 1, paragrafo 2.4.2.1 il coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_{SH} = 1,0$ .

### 6.5.1.2 Kombinationsbeiwerte Einwirkungen

Folgende Kombinationsbeiwerte sind gemäß EN 1990 bzw. NTC2008 zu berücksichtigen:

Einwirkung /	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Druck / Sog infolge Zufahrt A1 / Pressione aerodinamica A1	0,8	0,5	0,0
Temperatur Q1 / Forze termiche Q1	0,6	0,6	0,5

Tabelle 12: Kombinationsbeiwerte

### 6.5.1.3 Einwirkungskombinationen

Die zu untersuchenden Einwirkungskombinationen sind gemäß NTC 2008 mit den entsprechenden Kombinationsbeiwerten  $\psi$  zu berücksichtigen.

Die für die Dimensionierung der Innenschale entsprechenden maßgebenden Einwirkungskombinationen sind in Abhängigkeit von den in-situ vorherrschenden Randbedingungen auszuwählen.

### 6.5.1.4 Teilsicherheitsfaktoren Widerstand

Die Teilsicherheitsfaktoren der Festigkeiten bei einer ständigen und vorübergehenden Bemessungssituation sind, wie mit BBT SE vereinbart, unter Berücksichtigung einer Lebensdauer des Bauwerkes von 200 Jahren wie folgt zu berücksichtigen:

#### Stahlbeton

- Teilsicherheitskoeffizient für den Betonwiderstand  $\gamma_c = 1,60$
- Abminderungsbeiwert zur Berücksichtigung der Langzeitwirkung der Betondruckfestigkeit:  $\alpha_{cc} = 0,85$
- Teilsicherheitskoeffizient für Stahlwiderstand  $\gamma_s = 1,20$

#### Unbewehrter Beton

- Teilsicherheitskoeffizient für den Betonwiderstand  $\gamma_c = 1,60$
- Abminderungsbeiwert zur Berücksichtigung der Langzeitwirkung der Betondruck- bzw. -zugfestigkeit:  $\alpha_{cc,pl}/\alpha_{ct,pl} = 0,80$

Für den Nachweis von außergewöhnlichen Bemessungssituationen sind die Teilsicherheitsfaktoren gleich  $\gamma_c = 1,2$  und  $\gamma_s = 1,0$  zu berücksichtigen. Der Abminderungsbeiwert der Betondruckfestigkeit bleibt unverändert.

### 6.5.1.2 Coefficienti di combinazione delle azioni

In conformità alla EN 1990 ovvero alla NTC2008 devono essere utilizzati i seguenti coefficienti di combinazione:

Tabella 12: Coefficienti di combinazione

### 6.5.1.3 Combinazione delle azioni

Le combinazioni delle azioni da analizzare devono essere considerate in conformità alle NTC 2008, con i relativi coefficienti di combinazione  $\psi$ .

Le combinazioni delle azioni rilevanti per il dimensionamento dell'anello devono essere scelte in funzione delle effettive condizioni al contorno in situ.

### 6.5.1.4 Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze

I coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze in fase permanente e temporanea vanno considerati, come concordato con BBT SE, come segue tenendo conto della vita utile dell'opera di 200 anni:

#### Calcestruzzo armato

- Coefficiente parziale di sicurezza per la resistenza del calcestruzzo  $\gamma_c = 1,60$
- Coefficiente riduttivo della resistenza a compressione del calcestruzzo di lunga durata:  $\alpha_{cc} = 0,85$
- Coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_s$  per la resistenza dell'acciaio  $\gamma_s = 1,20$

#### Calcestruzzo non armato

- Coefficiente parziale di sicurezza per la resistenza del calcestruzzo  $\gamma_c = 1,60$
- Coefficiente riduttivo della resistenza a compressione e a trazione del calcestruzzo di lunga durata:  $\alpha_{cc,pl}/\alpha_{ct,pl} = 0,80$

Per le verifiche nella situazione di dimensionamento eccezionale i fattori parziali di sicurezza devono essere considerati con  $\gamma_c = 1,20$  e  $\gamma_s = 1,00$ . Il coefficiente di riduzione della resistenza a compressione del calcestruzzo  $\alpha$  resta invariato.



6.5.1.5 Bemessung auf Biegung und Längskraft

Die Bemessung des Stahlbetons erfolgt gemäß den Vorgaben des NTC2008, Abs. 4.1.2.1.2.

Der Nachweis des unbewehrten Betons erfolgt gemäß dem NTC2008, Kapitel 4.1.11.1.

Bei den unbewehrten Abschnitten mit hoher Exzentrizität, bei denen die oben ausgeführte Prüfung offenbar nicht befriedigt ist, berücksichtigt man, gemäß EC2 (§12.3.1), die Betonzugfestigkeit bis zum Planungswert  $f_{ctd}$ . Die Prüfung ergibt sich als befriedigt wenn:

$$\sigma_{1,2} = \frac{N_{Ed}}{A} \pm \frac{M_{Ed}}{J} \cdot (h/2) \leq \begin{cases} f_{cd} \\ f_{ctd} \end{cases}$$

6.5.1.6 Bemessung Querkraft

Die Bemessung des Stahlbetons erfolgt gemäß den Vorgaben der NTC2008, Abs. 4.1.2.1.3.

Der Nachweis bei der unbewehrten Innenschale erfolgt gemäß der NTC2008, wobei diese Ungleichung überprüft wird:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd} = f_{cvd} \cdot \frac{b \cdot x}{1.5}$$

$$f_{cvd} = \sqrt{f_{ctd}^2 + \sigma_c \cdot f_{ctd}} \quad \text{per } \sigma_c \leq \sigma_{c \lim}$$

$$f_{cvd} = \sqrt{f_{ctd}^2 + \sigma_c \cdot f_{ctd} - \delta^2/4} \quad \text{per } \sigma_c > \sigma_{c \lim}$$

$$\delta = \sigma_c - \sigma_{c \lim}$$

$$\sigma_{c \lim} = f_{cd} - 2 \cdot \sqrt{f_{ctd}^2 + f_{cd} \cdot f_{ctd}}$$

Bei den überwiegend komprimierten Abschnitten wird die Durchschnittsbelastung der Komprimierung  $\sigma_c$  als Durchschnitt der Komprimierungen im reagierenden Abschnittteil 'x' berechnet:

$$\sigma_c = \frac{N_{Ed}}{x} = \frac{N_{Ed}}{h - 2 \cdot e}$$

In den Abschnitten mit hoher Exzentrizität, bei Annahme der Betonzugfestigkeit bis  $f_{ctd}$ , wird der Querkraftwiderstand des Abschnitts ausgewertet, indem der ganze Abschnitt als reagierend ( $x=h$ ) betrachtet wird und die Spannung  $\sigma_c$  als Durchschnittsspannung des ganzen Abschnitts, sowohl komprimiert als auch gespannt gewertet wird.

$$\sigma_c = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2}$$

6.5.1.5 Verifica a pressoflessione

Per il calcestruzzo armato il calcolo segue le indicazioni delle NTC2008, par. 4.1.2.1.2.

Per il calcestruzzo non armato si seguono le NTC 2008, par. 4.1.11.1.

Nelle sezioni non armate con un'elevata eccentricità, in accordo con l'EC2 (§12.3.1) si considera la resistenza a trazione del calcestruzzo fino al valore di progetto  $f_{ctd}$ . La verifica risulta soddisfatta se:

6.5.1.6 Verifica a taglio

Per il calcestruzzo armato il calcolo segue le indicazioni delle NTC2008, par. 4.1.2.1.3.

Per il rivestimento interno non armato si seguono le NTC 2008, verificando la seguente disuguaglianza:

Nelle sezioni prevalentemente compresse, lo sforzo medio di compressione  $\sigma_c$  è calcolato come media delle compressioni nella porzione di sezione reagente 'x':

## 6.5.2 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZG)

### 6.5.2.1 Teilsicherheitsfaktoren Einwirkungen

Im Nachweis der Gebrauchstauglichkeit sind die charakteristischen Einwirkungen mit ihren Kombinationsregeln zu berücksichtigen.

### 6.5.2.2 Kombinationsbeiwerte Einwirkungen

Die in den Einwirkungskombinationen zu berücksichtigenden Kombinationsbeiwerte sind der Tabelle 11 zu entnehmen. Die Kombinationsbeiwerte sind in der Tabelle 12 wiedergegeben.

### 6.5.2.3 Einwirkungskombinationen

Die zu untersuchenden Einwirkungskombinationen sind gemäß NTC2008 mit den entsprechenden Kombinationsbeiwerten  $\psi$  zu berücksichtigen.

### 6.5.2.4 Teilsicherheitsfaktoren Widerstand

Für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit sind die charakteristischen Werte der Widerstände zu berücksichtigen.

### 6.5.2.5 Ermittlung der Verformungen

Die Ermittlung der Systemverformung erfolgt im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) unter Berücksichtigung der Kombinationsregeln mit den charakteristischen Einwirkungen sowie den entsprechenden Kombinationsbeiwerten.

### 6.5.2.6 Begrenzung der Rissbreiten

Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit muss man für die relevanten Einwirkungskombinationen unter Berücksichtigung der Teilsicherheitsfaktoren und Abminderungsfaktoren  $\psi$  laut Tabelle 11 die maximale Rissweite  $w_{kal}$  laut NTC2008 nachweisen. Die zulässige Rissbreite für Normalbeton ohne besondere Anforderungen an die Dichtigkeit oder bei Vorhandensein einer Abdichtung ist auf  $w_{kal} \leq 0,3$  mm begrenzt.

Bei besonderer Anforderung an die Dichtigkeit der Betoninnenschale oder bei aggressiven oder sehr aggressiven Umgebungsbedingungen ist die maximale Rissweite auf  $w_{kal} \leq 0,2$  mm begrenzt.

## 6.5.2 Stadi Limite Esercizio (SLE)

### 6.5.2.1 Coefficienti parziali di sicurezza delle azioni

Nella verifica agli stati limite di esercizio devono essere considerate le azioni caratteristiche con le loro combinazioni.

### 6.5.2.2 Coefficienti di combinazione delle azioni

In Tabella 11 si trovano i coefficienti da considerare nelle combinazioni delle azioni. I coefficienti di combinazione sono da considerare come in Tabella 12.

### 6.5.2.3 Combinazioni delle azioni

Le combinazioni delle azioni da analizzare devono essere considerate in conformità alle NTC 2008, con i relativi coefficienti di combinazione  $\psi$ .

### 6.5.2.4 Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze

Per la verifica agli stati limite di esercizio si devono considerare i valori caratteristici delle resistenze.

### 6.5.2.5 Calcolo delle deformazioni

Il calcolo delle deformazioni del sistema si esegue allo SLE in considerazione delle regole di combinazione con i carichi caratteristici e dei relativi coefficienti di combinazione.

### 6.5.2.6 Limitazione dello spessore delle fessure

In considerazione delle NTC2008, si controlla allo SLE lo spessore massimo delle fessure  $w_{kal}$  per le combinazioni di carico rilevanti, in considerazione dei fattori parziali di sicurezza e dei coefficienti di riduzione  $\psi$  secondo Tabella 11. La larghezza delle fessure ammessa per il cls normale senza particolari requisiti di spessore o in presenza di impermeabilizzazione è limitata a  $w_{kal} \leq 0,3$  mm.

In caso di particolari requisiti di spessore del rivestimento interno o di condizioni ambientali aggressive o molto aggressive la larghezza massima è limitata a  $w_{kal} \leq 0,2$  mm.

## 6.6 BAULICHE DURCHBILDUNG

### 6.6.1 Expositionsklasse und Mindestdeckungen

Gemäß UNI 11104 ist bei der Expositionsklasse XC3 die Verwendung von Beton C28/35, bei der Expositionsklasse XC4 Beton C32/40 vorgesehen.

Die Berechnung der Mindestbetondeckung zur Gewährleistung der Bauwerklebensdauer >100 Jahren erfolgt laut NTC2008:

	XC3	XC4
Festigkeitsklasse	28/35	32/40
Umweltbedingungen	Normal	Aggressiv
$C_{min}$ [mm]	20	30
Nutzbare Lebenszeit > 100 Jahre [mm]	+10	+10
Bauliche Tolleranz [mm]	+10	+10

$C_{nom}$ [mm]	<b>40</b>	<b>50</b>
----------------	-----------	-----------

Tabelle 13: Mindestbetondeckung

Um die Stärke zu vereinheitlichen, ist eine Betonbedeckung entlang des ganzen Tunnels von 5 cm vorgesehen.

### 6.6.2 Mindestbewehrung

Ist eine bewehrte Innenschale vorgesehen, wird die Mindestbewehrung gemäß NTC 2008, Punkt 4.1.6.1.1 definiert.

Die Querschnittsfläche der Längszugbewehrung darf nicht geringer sein als:

$$A_{s,min} = 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \times b \times d$$

und jedenfalls nicht geringer als  $0,0013 \times b \times d$ ,

wobei:

- b die mittlerer Breite der Zugzone;
- d die Nutzhöhe des Querschnitts;
- $f_{ctm}$  der Mittelwert der Zugfestigkeit des Betons;
- $f_{yk}$  der charakteristische Wert der Streckengrenze des Betonstahls ist.

## 6.6 STRUTTURA COSTRUTTIVA

### 6.6.1 Classe di esposizione e copriferro minimo

In accordo alle UNI 11104, in classe di esposizione XC3 è previsto l'utilizzo di calcestruzzo C28/35 mentre in classe di esposizione XC4 è previsto l'utilizzo di calcestruzzo C32/40.

Il calcolo del copriferro minimo al fine di garantire una vita utile dell'opera >100anni è condotto in accordo alle N.T.C. 2008:

	XC3	XC4
Classe di resistenza (UNI 11104)	28/35	32/40
Cond. ambientali	Normali	Aggressive
$C_{min}$ [mm]	20	30
Vita utile > 100anni [mm]	+10	+10
Tolleranza costruttiva [mm]	+10	+10

$C_{nom}$ [mm]	<b>40</b>	<b>50</b>
----------------	-----------	-----------

Tabella 13: Copriferro minimo.

Per omogeneità si prevede un copriferro netto di 5 cm lungo tutto lo sviluppo delle gallerie.

### 6.6.2 Armatura minima

In caso il rivestimento necessiti di armatura il quantitativo minimo di armatura da inserire viene definito al punto 4.1.6.1.1 delle NTC 2008.

L'area dell'armatura longitudinale in zona tesa non deve essere inferiore a:

e comunque non minore di  $0,0013 \times b \times d$ ,

dove:

- b rappresenta la larghezza media della zona tesa;
- d è l'altezza utile della sezione;
- $f_{ctm}$  è il valore medio della resistenza a trazione del calcestruzzo;
- $f_{yk}$  è il valore caratteristico della resistenza a trazione dell'armatura ordinaria.

## 6.7 ERGEBNISSE

Die in Anhang 4 aufgezeigten Analysen zeigen, dass für die FEM-Modelle zur Simulation der Lockerungslast des Gebirges und des Herablösens elementarer Felsblöcke keine Biegebewehrung gebraucht wird.

Trotzdem wird eine Bewehrung der vertikalen Ulmenbereiche und der Bodenplatte, aufgrund der von der Zwischendecke ausgehenden Belastungen, vorgesehen. Die eingesetzte Bewehrung besteht aus Stäben mit  $\phi$  14 mm alle 15 cm und Verteilereisen  $\phi$ 10mm alle 30 cm. Es ist keine Schubbewehrung gefordert.

Der Bewehrungsgehalt beträgt ca. 55 kg/m<sup>3</sup> Beton für die Innenschalen und ca. 150 kg/m<sup>3</sup> für die Zwischendecken.

Das Berechnungsmodell der unbewehrten Kalotte zeigt die Bildung von drei plastischen Scharnieren.

Die Nachweisführungen an den unbewehrten Querschnitten im Grenzzustand der Tragfähigkeit hat gezeigt, dass sich 3 plastische Gelenke bilden, welche durch die Überschreitung der Design-Zugfestigkeit des Betons und die daraus folgende Rissbildung sowie die reduzierte Trägheit des Querschnitts bedingt sind. Das Einfügen der plastischen Gelenke im Berechnungsmodell ermöglicht die korrekte Prüfung der Lastumlagerung im untersuchten Querschnitt. Der statische Charakter der Struktur wird durch die Kontrolle der Anzahl der plastischen Gelenke (max. 3) und der Rissbreite (<1.0mm) sichergestellt. Die Nachweisführung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit zeigt, dass die Anforderungen an die Dauerhaftigkeit erfüllt sind.

Die Ergebnisse aus den statischen Berechnungen wurden mit jenen aus vereinfachten Berechnungsmethoden und durch ähnliche Berechnungen an vergleichbaren Strukturen auf ihre Richtigkeit geprüft. Die erhaltenen Ergebnisse sind daher als akzeptabel und richtig.

## 6.7 RISULTATI

Le analisi riportate in Appendice 4 mostrano che i modelli FEM per la simulazione degli effetti indotti dal carico d'allentamento dell'ammasso e dall'analisi a blocchi non necessitano l'impiego di armatura flessionale nella parte della calotta.

Si provvederà comunque ad armare la zona dei paramenti verticali e della platea a causa della presenza delle reazioni indotte dalle solette intermedie. L'armatura inserita sarà costituita da  $\phi$  14mm a passo 15 cm, con  $\phi$ 10mm a passo 30 cm di ripartizione. Non è richiesta armatura a taglio.

L'incidenza d'armatura è di circa 55 kg/m<sup>3</sup> di calcestruzzo per il rivestimento e di 150 kg/m<sup>3</sup> per le solette intermedie.

L'analisi della calotta non armata mostra la formazione di 3 cerniere plastiche.

Le verifiche svolte sulle sezioni non armate secondo lo SLU mostrano la formazione di 3 cerniere plastiche, causate dal superamento della resistenza a trazione di progetto del calcestruzzo con conseguente fessurazione e perdita d'inerzia localizzata della sezione. L'inserimento di tali cerniere nei modelli di calcolo consente di verificare correttamente la redistribuzione delle sollecitazioni agenti nelle sezioni di verifica. La staticità della struttura è garantita attraverso il controllo del numero di cerniere plastiche che si vengono a formare (massimo 3) e dall'ampiezza (< 1.0mm). Le verifiche svolte allo SLE dimostrano che le esigenze di durabilità prescritte sono opportunamente rispettate.

I risultati emersi dall'analisi statica condotta sono stati validati mediante confronto con metodi di calcolo semplificati e attraverso raffronti con altre analisi svolte su opere paragonabili. I risultati ottenuti sono pertanto ritenuti accettabili e corretti.

## 7 VERZEICHNISSE

### 7.1 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 Homogenbereich .....	12
Tabelle 2: Bestimmung des Gebirges jeder homogenen Zone und Wahrscheinlichkeitsverteilung der unterschiedlichen Klassen [1] [2]	13
Tabelle 3: Typische Parameter der Gebirges in den unterschiedlichen Zonen und Klassen .....	13
Tabelle 4 Lage der Trennflächen für die Analyse des GA..14	
Tabelle 5: Ergebnisse Kennlinienverfahren. cf = Ortsbrustkonvergenz, ca = absolute Konvergenz am natürlichen Gleichgewicht, cr = relative Konvergenz am natürlichen Gleichgewicht, Fplf = plastische Zone an der Ortsbrust, Fpla = plastische Zone Gleichgewicht, R = Ausbruchradius (mit 4.86m angenommen).	16
Tabelle 6: Ergebnisse der empirischen Methoden .....	17
Tabelle 7: Berücksichtigte geomechanische Parameter ....	22
Tabelle 8: Charakteristiken der Außenschale GA-T3 .....	24
Tabelle 9: Teilsicherheitsfaktoren Ortsbrustnachweis .....	27
Tabelle 10: Temperatureinwirkung .....	32
Tabelle 11: Einwirkungskombinationen Innenschale.....	34
Tabelle 12: Kombinationsbeiwerte .....	35
Tabelle 13: Mindestbetondeckung .....	38
Tabelle 14: Begrenzungsdrücke, die von den zusätzlichen Eingriffen an den Anschlussbereichen geliefert werden...	198
Tabelle 15: Nachweise GZT Stützträger - Biegung.....	201
Tabelle 16: Nachweisverfahren GZT Stützträger - Querkraft	202
Tabelle 17: Nachweisverfahren GZG - Rissbildung .....	203

### 7.2 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Auszug aus dem geomechanischen Längsschnitt und aus dem geologischen Lageplan [3] mit Angabe des untersuchten Bereichs.....	9
Abbildung 2: Qualitative Darstellung der Einwirkung aus dem Gebirge auf die Schale bei trennflächendominiertem Gebirgsverhalten	19
Abbildung 3: Analyseabschnitt GA-T3.....	22
Abbildung 4: Kraft-Verformungsverhalten der Anker-Elemente	24
Abbildung 5: FFS an der Ortsbrust und bei Einsetzung der	

## 7 ELENCHI

### 7.1 ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 1: Zone geomeccaniche omogenee .....	12
Tabella 2: Caratterizzazione degli ammassi di ciascuna zona omogenea e distribuzione probabilistica delle diverse classi[1][2])	13
Tabella 3: Parametri caratteristici dell'ammasso nelle diverse zone e classi	13
Tabella 4: Giacitura delle discontinuità per l'analisi della GA14	
Tabella 5: Risultati del metodo delle Linee Caratteristiche. cf = convergenza al fronte, ca = convergenza assoluta all'equilibrio naturale, cr = convergenza relativa all'equilibrio naturale, Fplf = fascia plastica al fronte, Fpla = fascia plastica all'equilibrio naturale, R = raggio di scavo (assunto pari a 4.86m).	16
Tabella 6: Risultati dei metodi empirici.....	17
Tabella 7: Parametri geomeccanici considerati .....	22
Tabella 8: Caratteristiche rivestimenti di prima fase GA-T324	
Tabella 9: Fattori parziali di sicurezza per la verifica del fronte di scavo	27
Tabella 10: Variazione termica.....	32
Tabella 11: Combinazioni di carico .....	34
Tabella 12: Coefficienti di combinazione.....	35
Tabella 13: Copriferro minimo.....	38
Tabella 14: Pressioni di confinamento fornite dagli interventi integrativi in corrispondenza degli innesti .....	198
Tabella 15: Verifiche SLU architrave - flessione .....	201
Tabella 16: Verifiche SLU architrave - Taglio.....	202
Tabella 17: Verifiche SLE architrave - fessurazione .....	203

### 7.2 ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI

Figura 1: Estratto del profilo geomeccanico longitudinale e della planimetria geologica [3] con indicazione dell'area di studio	9
Figura 2: Rappresentazione qualitativa degli effetti dell'ammasso sul rivestimento, in caso di ammasso altamente fratturato	19
Figura 3: sezione di analisi GA-T3 .....	22
Figura 4: Comportamento sforzo-deformazione degli ancoraggi	24
Figura 5: FFS al fronte e all'installazione delle chiodature.	25

Anker	25	Figura 6: Schematizzazione dell'interfaccia .....	29
Abbildung 6: Schematisierung der Schnittstelle .....	29	Figura 7: Carichi della catenaria .....	30
Abbildung 7: Lasten der Oberleitung .....	30	Figura 8: Pressione idrostatica - Sezione tipo drenata.....	31
Abbildung 8: Lastbild Wasserdruck – drainierter Regelquerschnitt	31	Figura 9: Rappresentazione qualitativa delle tensioni normali (rosso), ottenute dal calcolo numerico, del carico attivo dell'ammasso (blu) e della reazione assestamento del terreno (verde)	31
Abbildung 9: Qualitative Darstellung der numerisch ermittelten Normalspannungen (rot), der aktiven Gebirgslast (blau) und der passiven Bettungsreaktion (grün)) .....	31		

### 7.3 ANLAGENVERZEICHNIS

- ANHANG 1 – KENNLINIENVERFAHREN
- ANHANG 2 - BRUCHKÖRPERANALYSE
- ANHANG 3 – FEM ANALYSE DER AUßENSCHALE
- ANHANG 4 - FEM-ANALYSE DER INNENSCHALE
- ANHANG 5 – ZWISCHENPLATTE
- ANHANG 6 – FEM ANALYSE DES INNENAUSBAUS: VERBINDUNG CT5-IN-GA

### 7.4 REFERENZDOKUMENTE

#### 7.4.1 Eingangsdokumente

##### 7.4.1.1 Ausführungsprojekt Baulos MauIs 2-3

- [1] 02\_H61\_GD\_992\_GTB\_D0700\_13018 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos MauIs 2-3 - Gesamtbauwerke - Technischer Bericht - Allgemeiner geomechanischer Bericht
- [2] 02\_H61\_GD\_040\_GTB\_D0700\_22001 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos MauIs 2-3 - Gesamtbauwerke Teil 2 - Geomechanischer Detailbericht
- [3] 02\_H61\_GD\_040\_GLS\_D0700\_22004 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos MauIs 2-3 - Gesamtbauwerke Teil 2 - Geomechanischer und Planungsvorprofil - GA-T, FdE-CcT
- [4] 02\_H61\_EG\_995\_KTB\_D0700\_15003 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos MauIs 2-3 – Sicherheit bzgl. Feuerexposition
- [5] 02\_H61\_GD\_040\_KTB\_D0700\_22900 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos MauIs 2-3 – Richtlinien zur Anwendung der Ausbruchquerschnitte

### 7.3 ELENCO APPENDICI

- APPENDICE 1 - CURVE CARATTERISTICHE
- APPENDICE 2 - ANALISI DEI BLOCCHI
- APPENDICE 3 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE
- APPENDICE 4 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO
- APPENDICE 5 – SOLETTA INTERMEDIA
- APPENDICE 6 – ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO: INNESTO CT5-IN-GA

### 7.4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

#### 7.4.1 Documenti in ingresso

##### 7.4.1.1 Progetto Esecutivo Lotto Mules 2-3

- [1] 02\_H61\_GD\_992\_GTB\_D0700\_13018 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali - Relazione tecnica - Relazione geomeccanica generale
- [2] 02\_H61\_GD\_040\_GTB\_D0700\_22001 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali Parte 2 - Relazione geomeccanica di dettaglio
- [3] 02\_H61\_GD\_040\_GLS\_D0700\_22004 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali Parte 2 - Profilo geomeccanico e progettuale di previsione - GA-T, FdE-CcT
- [4] 02\_H61\_EG\_995\_KTB\_D0700\_15003 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Sicurezza nei riguardi di esposizione al fuoco
- [5] 02\_H61\_GD\_040\_KTB\_D0700\_22900 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Linee guida per

[6] 02\_H61\_GD\_992\_GLS\_D0700\_13034 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mails 2-3 - Geologischer Längenschnitt Zugangstunnel Trens

l'applicazione delle sezioni di scavo

[6] 02\_H61\_GD\_992\_GLS\_D0700\_13034 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Profilo geologico Galleria di accesso Trens

#### 7.4.1.2 Technische Projektaufbereitung

[7] Geomechanischer Bericht Haupttröhren Mails PMF Trens“

[8] Geomechanischer Bericht Erkundungsstollen Mails-Brenner

#### 7.4.1.2 Elaborazione tecnica del progetto

[7] Relazione geomeccanica Canne principali Mules PMF Trens

[8] Relazione geomeccanica Cunicolo esplorativo Mules-Brennero

#### 7.4.1.3 Ausführungsprojekt Erweiterung Baulos Mails 1

[9] V04-OP.EG.05.01 "Erkundungsstollen Periadriatische Naht und vorbereitende Maßnahmen Bereich Mails - Geologie - Hydrogeologie - Geotechnik - Geomechanischer Bericht km 47+709/46+843"

[10] D0755/02-V04-OP.EN.01.01 "Erkundungsstollen Periadriatische Naht und vorbereitende Maßnahmen Bereich Mails - Statischer Bericht Aussenschale Haupttunnel km 46+800/47+800"

[11] D0755/02-V04-OP.EN.01.02 "Erkundungsstollen Periadriatische Naht und vorbereitende Maßnahmen Bereich Mails - Statischer Bericht Aussenschale - Erkundungsstollen km 46+800/47+800"

[12] D0755/02-V04-OP.EN.01.03/04 "Erkundungsstollen Periadriatische Naht und vorbereitende Maßnahmen Bereich Mails - Statischer Bericht Aussenschale der Haupttunnel von km 48+115/49+331"

#### 7.4.1.3 Progetto Esecutivo Estensione Lotto Mules 1

[9] V04-OP.EG.05.01 "Cunicolo Esplorativo Periadriatica ed Opere Propedeutiche ambito Mules - Geologia - Idrogeologia - Geotecnica - Relazione geomeccanica km 47+709/46+843"

[10] D0755/02-V04-OP.EN.01.01 " Cunicolo Esplorativo Periadriatica ed Opere Propedeutiche ambito Mules - Relazione statica rivestimento di prima fase Galleria di Linea km 46+800/47+800"

[11] D0755/02-V04-OP.EN.01.02 " Cunicolo Esplorativo Periadriatica ed Opere Propedeutiche ambito Mules - Relazione statica rivestimento di prima fase - Cunicolo esplorativo km 46+800/47+800"

[12] D0755/02-V04-OP.EN.01.03/04 "Periadriatica Galleria Principale - Opere strutturali - Relazione di calcolo rivestimento di prima fase delle gallerie di linea da pk 48+115/49+331"

#### 7.4.2 Normen und Richtlinien

[13] Norme Tecniche delle Costruzioni 2008 - NTC 2008;

[14] Circolare n.617, Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14 gennaio 2008

[15] DM 28/10/2005 Sicherheit für Bahntunnel

[16] UNI EN1990:2006 - Eurocodice 0 - Grundlage für Konstruktion und Dokumentation zur nationalen Umsetzung ;

[17] UNI EN 1991-1; Eurocode 1 - Actions on structures - 2010/2011

[18] UNI EN 1992:2005 - Eurocodice 2 - Planung von für Stahlbetonbauwerke und Dokumente zur nationalen Umsetzung;

[19] UNI EN 1997:2005 - Eurocodice 7 - Geotechnik und

#### 7.4.2 Normativa

[13] Norme Tecniche delle Costruzioni 2008 - NTC 2008;

[14] Circolare n.617, Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14 gennaio 2008

[15] DM 28/10/2005 , Sicurezza nelle gallerie ferroviarie.

[16] UNI EN1990:2006 - Eurocodice 0 - Basi per la progettazione strutturale e documento di applicazione nazionale3

[17] UNI EN 1991-1; Eurocode 1 - Actions on structures - 2010/2011

[18] UNI EN 1992:2005 - Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo e documento di applicazione nazionale

[19] UNI EN 1997:2005 - Eurocodice 7 - Progettazione

Dokumente zur nationalen Umsetzung

- [20] UNI EN 1992-1-2:2005 "Progettazione delle strutture in calcestruzzo Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio"
- [21] UNI 11076 del 1 luglio 2003, "Modalità di prova per la valutazione del comportamento di protettivi applicati a soffitti di opere sotterranee, in condizioni di incendi".
- [22] D.M. 16.02.2007 "Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione"

#### 7.4.3 Literatur

- [23] Ribacchi R., Riccioni R. – Stato di sforzo e di deformazione intorno ad una galleria circolare. Gallerie e grandi opere sotterranee, 1977.
- [24] Nguyen-Minh D., Guo C. – Recent progress in convergence confinement method", Eurock '96, pagg. 855-860.
- [25] Gamble J.C. – Durability-plasticity classification of shales. Ph. D. Thesis, University of Illinois, 1971.
- [26] Sakurai – Lessons Learned from Field Measurements in Tunneling. Tunneling and Underground Space Technology, 1997.
- [27] HOEK E., CARRANZA TORRES C., CORKUM B. – Hoek-Brown failure criterion. 2002
- [28] UNWEDGE-rocsience, Underground Wedge Stability Analysis Manual
- [29] Wang, J., 1993 - Seismic Design of Tunnels - A Simple State-of-the-Art Design
- [30] Hashash, Y., et al., 2001, - Seismic design and analysis of underground structures, Tunnelling and underground space technology 16, (247-293)
- [31] Pöttler, R. Die unbewehrte Innenschale im Felstunnelbau - Standsicherheit und Verformung im Reißbereich, Beton und Stahlbetonbau Heft 6, 1993
- [32] Pöttler, R. Standsicherheitsnachweis unbewehrter Innenschalen, Bautechnik 67, 1990
- [33] Rocscience Phase2 online manual (Swelllex / Split Sets Section - indicazioni Atlas Copco 2006)
- [34] Cai M., Kaiser P.K., Tasaka Y., Minami M. - Determination of residual strength parameters of jointed rock masses using the GSI system. International Journal of Rock Mechanics and Mining

geotecnica e documento di applicazione nazionale

- [20] UNI EN 1992-1-2:2005 "Progettazione delle strutture in calcestruzzo Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio"
- [21] UNI 11076 del 1 luglio 2003, "Modalità di prova per la valutazione del comportamento di protettivi applicati a soffitti di opere sotterranee, in condizioni di incendi".
- [22] D.M. 16.02.2007 "Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione"

#### 7.4.3 Letteratura

- [23] Ribacchi R., Riccioni R. – Stato di sforzo e di deformazione intorno ad una galleria circolare. Gallerie e grandi opere sotterranee, 1977.
- [24] Nguyen-Minh D., Guo C. – Recent progress in convergence confinement method", Eurock '96, pagg. 855-860.
- [25] Gamble J.C. – Durability-plasticity classification of shales. Ph. D. Thesis, University of Illinois, 1971.
- [26] Sakurai – Lessons Learned from Field Measurements in Tunneling. Tunneling and Underground Space Technology, 1997.
- [27] HOEK E., CARRANZA TORRES C., CORKUM B. – Hoek-Brown failure criterion. 2002
- [28] UNWEDGE-rocsience, Underground Wedge Stability Analysis Manual
- [29] Wang, J., 1993 - Seismic Design of Tunnels - A Simple State-of-the-Art Design
- [30] Hashash, Y., et al., 2001, - Seismic design and analysis of underground structures, Tunnelling and underground space technology 16, (247-293)
- [31] Pöttler, R. Die unbewehrte Innenschale im Felstunnelbau - Standsicherheit und Verformung im Reißbereich, Beton und Stahlbetonbau Heft 6, 1993
- [32] Pöttler, R. Standsicherheitsnachweis unbewehrter Innenschalen, Bautechnik 67, 1990
- [33] Rocscience Phase2 online manual (Swelllex / Split Sets Section - indicazioni Atlas Copco 2006)
- [34] Cai M., Kaiser P.K., Tasaka Y., Minami M. - Determination of residual strength parameters of jointed rock masses using the GSI system. International Journal of Rock Mechanics and Mining



Sciences 44 pag. 247-256, 2007

[35] MIDAS GTS Manual

Sciences 44 pag. 247-256, 2007

[35] MIDAS GTS Manual

## ANHANG 1 –KENNLINIENVERFAHREN

Nachfolgend werden die charakteristischen Kuren dargestellt, anhand derer es möglich war folgendes zu bewerten:

- Radialer Drock – Konvergenz
- Konvergenz – Distanz zur Ortsbrust
- Radialer Druck – Ausdehnung des plastischen Streifens außerhalb des Tunnelprofils
- Abstand zur Ortsbrust - Ausdehnung des plastischen Streifens außerhalb des Tunnelprofils
- Abstand zur Ortsbrust – Fiktive Ausbruchskräfte

Das Verfahren wurde auf den Gebirgen GA-BCA-GS-10g angewandt unter Annahme eines elastisch-plastischen Materialverhaltens mit softening und nicht damit verbundenem Fließen des Materials Gestein laut Mohr-Coulomb und unter Berücksichtigung der Formel von Ribacchi [23].

Die Kurve "Konvergenz - Entfernung von Ortsbrust" wurde durch ein vereinfachtes, analytisches Verfahren ermittelt, das die Relationen von Nguyen, Minh et al. [24] verwendet.

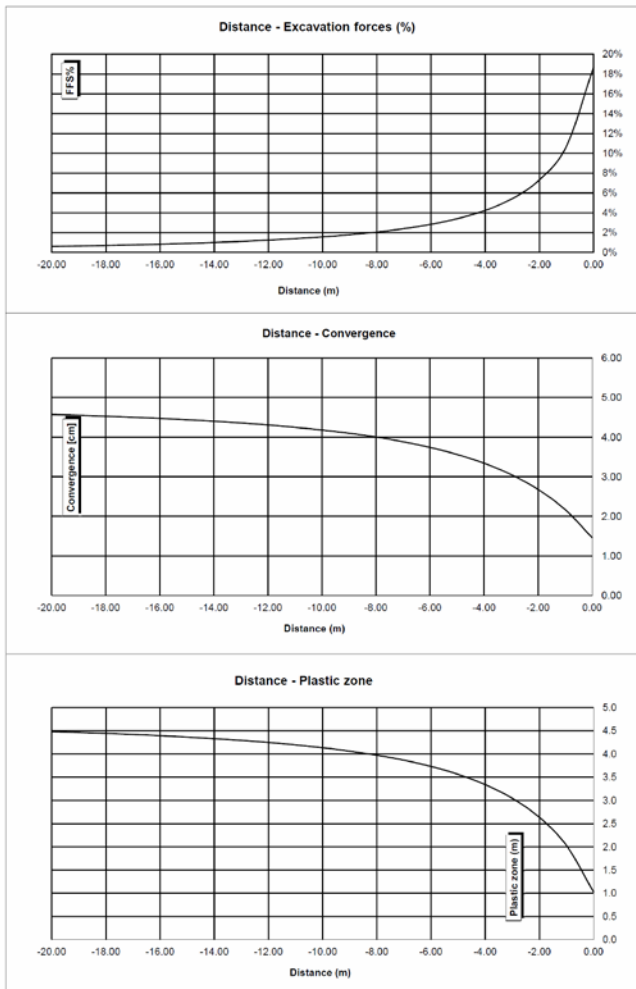
## APPENDICE 1 - CURVE CARATTERISTICHE

Di seguito sono riportate le curve caratteristiche, mediante le quali è stato possibile valutare:

- Pressione Radiale – Convergenza.
- Convergenza – Distanza dal Fronte.
- Pressione Radiale – Estensione della Fascia Plastica oltre il profilo di scavo.
- Distanza dal fronte – Estensione della Fascia Plastica oltre il profilo di scavo.
- Distanza dal Fronte – Forze Fittizie di Scavo

L'analisi è stata eseguita per l'ammasso GA-BCA-GS-10g assumendo un modello costitutivo elasto-plastico con softening e flusso non associato del materiale roccia secondo Mohr-Coulomb, nella formulazione proposta da Ribacchi [23].

La curva "Convergenza – Distanza dal fronte" è stata ricavata attraverso un procedimento analitico semplificato che sfrutta le relazioni proposte da Nguyen, Minh et al. [24].

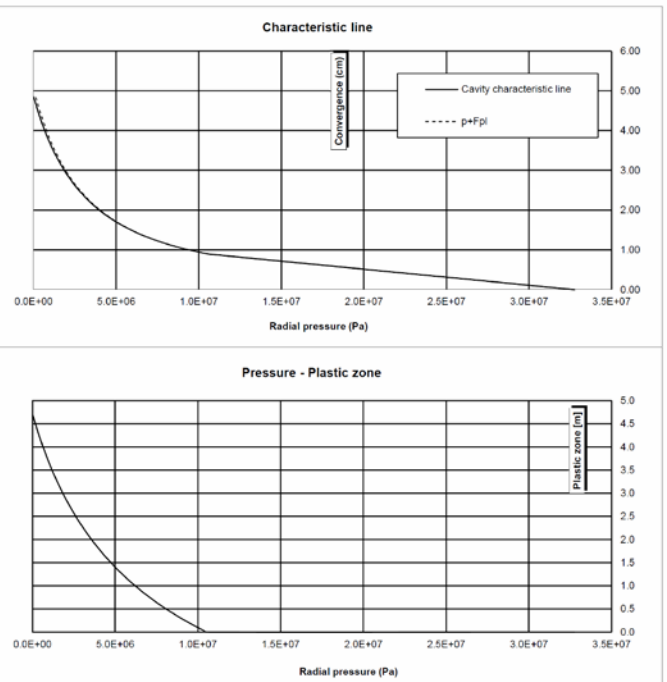


14\_GA-BCA-GS-10g

INPUT DATA		RESULTS	
Weight [N/mc]	27300	<b>At final equilibrium</b>	
Overburden [m]	1200	Total convergence [cm]	4.9
Excavation radius [m]	4.84	Convergence after excavation [cm]	3.4
		Plastic zone thickness [m]	4.7
Peak internal friction angle [°]	36.23	<b>Equilibrium at excavation face</b>	
Post peak internal friction angle [°]	28.85	Convergence [cm]	1.5
Peak cohesion [Pa]	3535000	1 - (deconfinement ratio) [%]	18.7%
Post peak cohesion [Pa]	2274000		
Deformation modulus [Pa]	1.55E+10		
Poisson's ratio [-]	0.3		
Dilation angle [°]	4.53		

c(face) / Radius	0.30 [%]
c(total) / Radius	1.00 [%]
c(after excav.) / Radius	0.70 [%]
Pl.thick. (face)/Radius	21.2 [%]
Pl.thick. (total)/Radius	97.4 [%]



## **ANHANG 2 - BRUCHKÖRPERANALYSE**

Der Anhang 2 führt die Ergebnisse der Bruchkörperanalyse an, die mit dem Rechenprogramm UNWEDGE 3.0 erstellt wurden.

Die Tabellen enthalten den minimalen Sicherheitsfaktor für jeweils drei Trennflächen an, die die einzelnen Homogenbereiche kennzeichnen. Die Grafiken führen hingegen nur die jeweils drei ungünstigsten Trennflächen an.

## **APPENDICE 2 - ANALISI DEI BLOCCHI**

L'appendice 2 riporta i risultati delle analisi a blocchi condotte con il programma di calcolo UNWEDGE 3.0.

Nelle tabelle è riportato il fattore di sicurezza minimo per ciascuna terna di discontinuità caratterizzanti le singole tratte omogenee mentre in forma grafica sono riportati solo i risultati della terna di discontinuità più gravosa.

Rock mass

BCA-A-10g; BCA-GS-10g;

Area L1 - advance per round: 4.5 m (counted with 5.0 m)

		Joint Orientattions		Joint Properties		
		Dip	Dip Direction	persistence	$\varphi$	c
		[°]	[°]	[m]	[°]	[kPa]
J1	SC	45	345	3	20	0
J2	RTF1	80	160	1	20	0
J3	RTF2w	75	255	1	20	0
J4	RTF3	85	300	1	20	0
J5	RTF6	80	20	3	20	0

Necessary anchorage pattern:

1.8	x	1.5	m
L	=	3.0	m
Pm 16	N <sub>yd</sub>	122	kN

X1	Wedges with a maximum high of 0.3 m or a maximum weight of 10 kN
X2	Wedges with a maximum high of 0.5 m or a maximum weight of 100 kN
S	Safety reached
N	Negligible small

Combination	Joint A	Joint B	Joint C	Factor of Safety [-]	Wedge Weight [MN]	Wedge Volume [m <sup>3</sup> ]	Comment
1	1	2	3	0	0.001	0.046	X1
2	1	2	4	0	0.001	0.019	X1
3	1	2	5	0	0.000	0.009	X1
4	1	3	4	0	0.000	0.000	N
5	1	3	5	0	0.000	0.000	N
6	2	4	5	0	0.001	0.032	X1
7	3	4	5	0	0.000	0.000	N
8	2	3	4	0.000	0.000	0.000	X1
9	1	4	5	0.032	0.000	0.003	X1
10	2	3	5	0.064	0.000	0.000	X1

Rock mass

BCA-A-10g; BCA-GS-10g;

Area L2

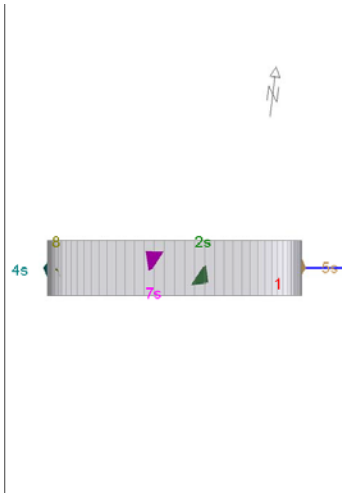
		Joint Orientations		Joint Properties		
		Dip	Dip Direction	persistence	$\varphi$	c
		[°]	[°]	[m]	[°]	[kPa]
J1	SC	45	345	3	20	0
J2	RTF1	80	160	1	20	0
J3	RTF2w	75	255	1	20	0
J4	RTF3	85	300	1	20	0
J5	RTF6	80	20	3	20	0

Necessary anchorage pattern:

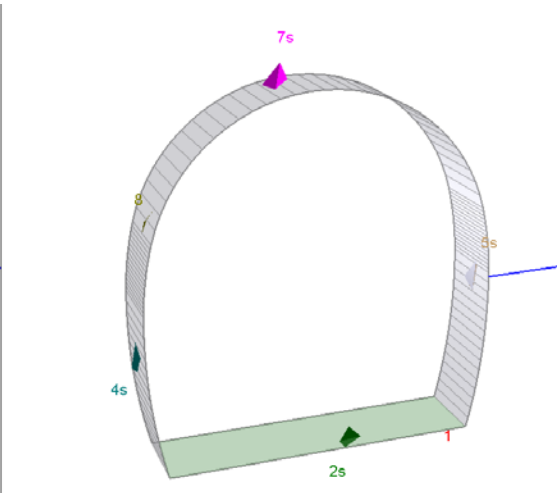
1.8 x 1.5 m  
 L = 3.0 m  
 Pm 16  $N_{yd}$  122 kN  
 Shotcrete lining 15 cm (Shear strength 0.91 MPa)

X1	Wedges with a maximum high of 0.3 m or a maximum weight of 10 kN
X2	Wedges with a maximum high of 0.5 m or a maximum weight of 100 kN
S	Safety reached
N	Negligible small

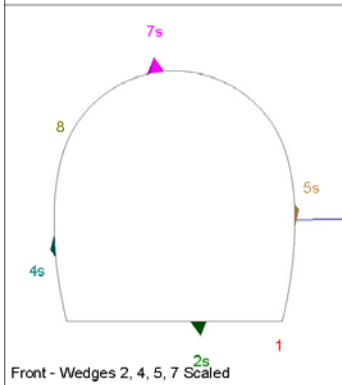
Combination	Joint A	Joint B	Joint C	Factor of Safety [-]	Wedge Weight [MN]	Wedge Volume [m <sup>3</sup> ]	Comment	Apex Height [m]
1	1	3	4	130.235	0.002	0.057	S	0.63
2	1	2	3	131.698	0.002	0.071	S	0.55
3	1	4	5	157.265	0.003	0.108	S	0.66
4	2	4	5	177.728	0.001	0.032	S	0.88
5	2	3	5	191.735	0.001	0.053	S	0.88
6	1	3	5	210.951	0.001	0.023	S	0.75
7	1	2	4	229.666	0.001	0.019	S	0.36
8	1	2	5	247.191	0.004	0.131	S	0.71
9	1	3	5	259.837	0.001	0.043	S	0.61
10	2	3	4	1400.050	0.000	0.000	S	0.91



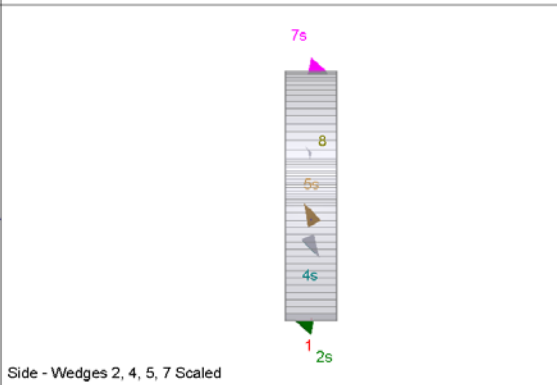
Top - Wedges 2, 4, 5, 7 Scaled



Perspective - Wedges 2, 4, 5, 7 Scaled



Front - Wedges 2, 4, 5, 7 Scaled



Side - Wedges 2, 4, 5, 7 Scaled

**Wedge Information**

Lower Right wedge [1]

Factor of Safety: 15682.742  
 Wedge Volume: 0.000 m<sup>3</sup>  
 Wedge Weight: 0.000 MN  
 Wedge z-Length: 0.05 m  
 Apex Height: 0.00 m

Floor wedge [2]

Factor of Safety: stable  
 Wedge Volume: 0.047 m<sup>3</sup>  
 Wedge Weight: 0.001 MN  
 Wedge z-Length: 0.78 m  
 Apex Height: 0.60 m

Lower Left wedge [4]

Factor of Safety: 401.458  
 Wedge Volume: 0.018 m<sup>3</sup>  
 Wedge Weight: 0.000 MN  
 Wedge z-Length: 0.75 m  
 Apex Height: 0.20 m

Lower Right wedge [5]

Factor of Safety: 182.521  
 Wedge Volume: 0.017 m<sup>3</sup>  
 Wedge Weight: 0.000 MN  
 Wedge z-Length: 0.71 m  
 Apex Height: 0.18 m

Roof wedge [7]

Factor of Safety: 130.235  
 Wedge Volume: 0.057 m<sup>3</sup>  
 Wedge Weight: 0.002 MN  
 Wedge z-Length: 0.78 m  
 Apex Height: 0.63 m

Upper Left wedge [8]

Factor of Safety: 758.541  
 Wedge Volume: 0.000 m<sup>3</sup>  
 Wedge Weight: 0.000 MN  
 Wedge z-Length: 0.47 m  
 Apex Height: 0.01 m

Rock mass  
 BCA-A-10g; BCA-GS-10g;

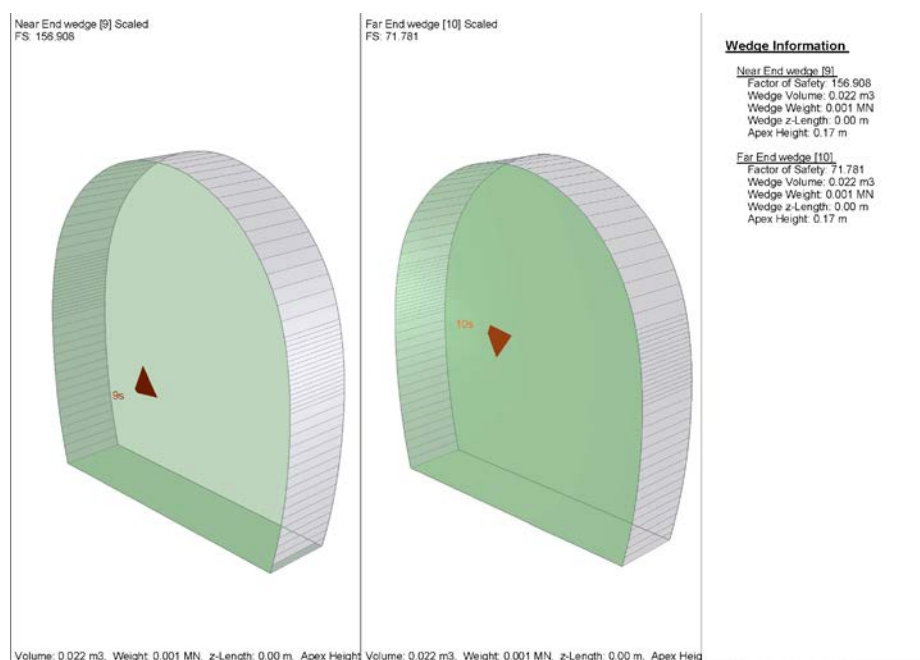
Area tunnel face

		Joint Orientattions		Joint Properties			
		Dip	Dip Direction	persistence	$\phi$	c	$\phi_d$
		[°]	[°]	[m]	[°]	[kPa]	[°]
J1	SC	45	345	3	20	0	16.23
J2	RTF1	80	160	1	20	0	16.23
J3	RTF2w	75	255	1	20	0	16.23
J4	RTF3	85	300	1	20	0	16.23
J5	RTF6	80	20	3	20	0	16.23

Shotcrete lining 5 cm (Shear strength 0.91 MPa)

X1	Wedges with a maximum high of 0.3 m or a maximum weight of 10 kN
X2	Wedges with a maximum high of 0.5 m or a maximum weight of 100 kN
S	Safety reached
N	Negligible small

Combination	Joint A	Joint B	Joint C	Factor of Safety [-]	Wedge Weight [MN]	Wedge Volume [m <sup>3</sup> ]	Comment
1	1	2	3	71.781	0.001	0.022	S
2	1	2	4	90.563	0.001	0.019	S
3	1	4	5	114.623	0.000	0.009	S
4	2	4	5	173.539	0.002	0.065	S
5	2	3	5	210.647	0.000	0.003	S
6	1	2	5	212.669	0.000	0.002	S
7	1	3	5	259.837	0.001	0.043	S
8	3	4	5	418.707	0.000	0.002	S
9	1	3	4	479.509	0.000	0.004	S
10	2	3	4	1741.805	0.000	0.000	N



Rock mass  
 TM-T-1; TM-DZ-GA3

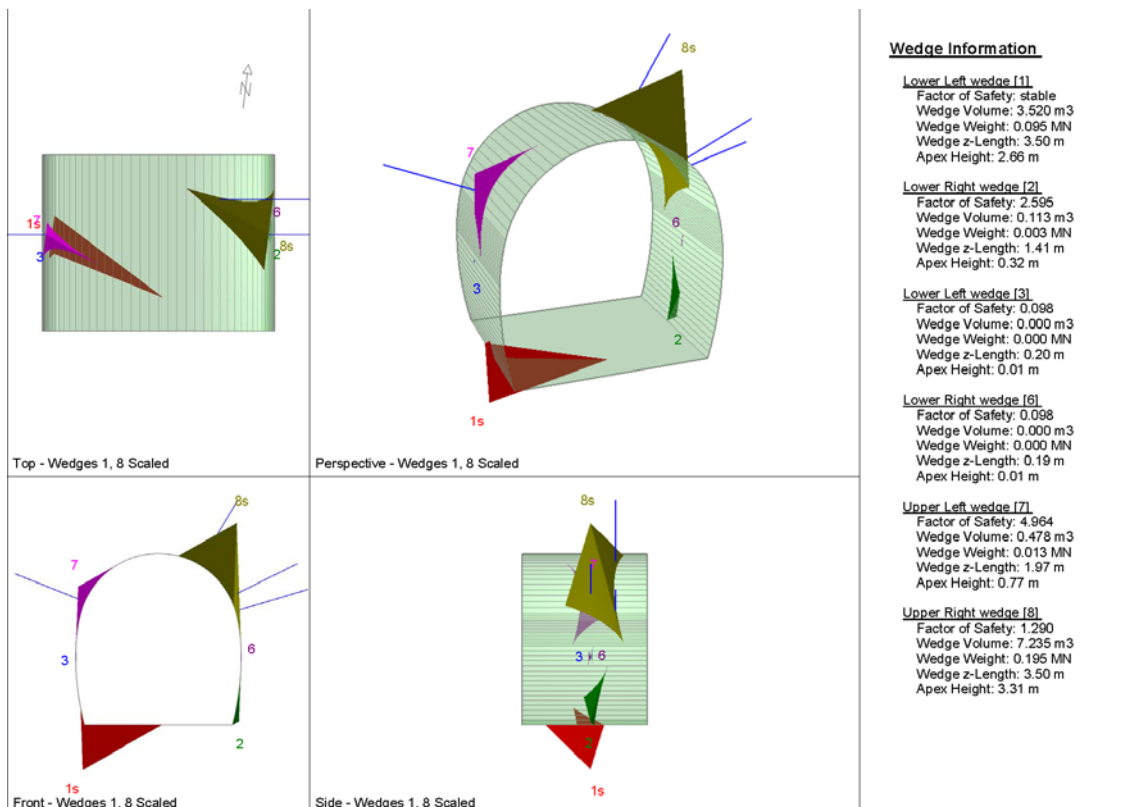
Area L1 - advance per round: 3.0 m (counted with 3.5 m)

	Joint Orientattions		Joint Properties		
	Dip	Dip Direction	persistence	$\phi$	c
	[°]	[°]	[m]	[°]	[kPa]
J1	75	15	10	20	0
J2	65	270	10	20	0
J3	80	170	10	20	0
J4	70	310	10	20	0
J5	75	210	10	20	0
J6	50	70	3	20	0
J7	65	125	10	20	0
J8	30	200	10	20	0
J9	30	10	10	20	0
J10	90	90	10	20	0
J11	30	340	10	20	0

Necessary anchorage pattern:

1.8	x	1.5	m
L	=	4.5	m
Swellex Pm24	$N_{y,d}$	174	kN

X1	Wedges with a maximum high of 0.3 m or a maximum weight of 10 kN
X2	Wedges with a maximum high of 0.5 m or a maximum weight of 100 kN
S	Safety reached
N	Negligible small





Combination	Joint A	Joint B	Joint C	Factor of Safety [-]	Wedge Weight [MN]	Wedge Volume [m <sup>3</sup> ]	Comment
1	2	3	5	0	0	0	N
2	1	3	6	0	0	0	N
3	1	5	11	0	0	0	N
4	3	6	7	0	0	0	N
5	3	8	11	0	0	0	N
6	1	6	7	0	0	0	N
7	1	8	11	0	0	0	N
8	5	8	9	0	0	0	N
9	2	3	7	0	0	0	N
10	8	9	11	0	0	0	N
11	3	5	6	0	0	0	N
12	5	6	8	0	0	0	N
13	3	4	5	0	0	0	N
14	2	3	8	0	0	0	N
15	1	3	7	0	0	0	N
16	7	9	11	0	0	0	N
17	4	7	11	0	0	0	N
18	2	3	4	0	0	0	N
19	2	5	7	0	0	0	N
20	5	6	7	0	0	0	N
21	2	5	8	0	0	0	N
22	5	9	11	0	0	0	N
23	3	8	9	0	0	0	N
24	5	8	11	0	0	0	N
25	1	5	9	0	0	0.001	N
26	3	9	11	0	0	0.001	N
27	3	5	11	0	0	0.002	X1
28	4	8	11	0	0	0.002	X1
29	6	7	8	0	0	0.003	X1
30	3	5	9	0	0	0.003	X1
31	1	5	8	0	0	0.004	X1
32	3	7	11	0	0	0.006	X1
33	1	4	8	0	0	0.012	X1
34	4	8	9	0	0	0.014	X1
35	1	4	5	0	0	0.015	X1
36	1	2	5	0	0.001	0.027	X1
37	7	8	9	0	0.001	0.035	X1
38	4	7	8	0	0.001	0.046	X1
39	1	6	8	0	0.002	0.069	X1
40	5	7	9	0	0.002	0.087	X1
41	4	6	7	0	0.003	0.093	X1
42	3	4	11	0	0.003	0.103	X1
43	6	8	11	0	0.007	0.267	X1
44	2	4	7	0	0.009	0.339	X1
45	1	2	8	0	0.014	0.524	X2
46	1	5	6	0	0.018	0.676	X2
47	7	9	10	0	0.007	0.257	X1
48	2	5	10	0	0.003	0.107	X1
49	2	10	11	0	0.001	0.032	X1
50	2	6	10	0	0.001	0.028	X1
51	1	6	10	0	0	0.012	X1
52	4	6	10	0	0	0.005	X1
53	1	10	11	0	0	0.002	X1
54	1	9	10	0	0	0.002	N
55	4	10	11	0	0	0.001	N
56	4	9	10	0	0	0.001	N
57	6	9	10	0	0	0	N
58	6	10	11	0	0	0	N

59	1	4	10	0	0	0	N
60	2	4	5	0	0	0	N
61	2	8	10	0	0.001	0.030	X1
62	2	3	10	0	0.002	0.088	X1
63	7	10	11	0	0.008	0.311	X1
64	2	4	10	0	0.002	0.092	X1
65	5	6	10	0	0.002	0.076	X1
66	2	9	10	0	0.001	0.035	X1
67	9	10	11	0	0	0	N
68	1	5	10	1.290	0.195	7.235	S
69	3	4	10	1.930	0.184	6.825	S
70	4	7	10	2.178	0.029	1.089	X2
71	1	2	3	2.328	0.227	8.397	S
72	4	5	10	2.557	0.158	5.868	S
73	4	5	6	2.960	0.081	2.984	X2
74	5	10	11	3.236	0.055	2.049	X2
75	1	8	10	3.280	0.047	1.727	X2
76	3	4	6	3.315	0.150	5.544	S
77	4	5	7	3.624	0.024	0.893	X2
78	2	3	11	4.430	0.020	0.730	X2
79	1	3	4	4.452	0.073	2.703	X2
80	1	2	7	5.079	0.083	3.092	X2
81	2	7	9	5.539	0.031	1.161	X2
82	2	3	9	6.078	0.058	2.157	X2
83	2	5	6	6.231	0.014	0.519	X2
84	2	5	9	6.536	0.013	0.495	X2
85	8	10	11	6.625	0.026	0.964	X2
86	5	9	10	6.646	0.050	1.868	X2
87	4	8	10	6.908	0.049	1.813	X2
88	3	10	11	8.154	0.040	1.493	X2
89	2	6	7	8.480	0.015	0.562	X2
90	1	5	7	8.766	0.048	1.772	X2
91	2	8	9	10.042	0.015	0.557	X2
92	5	6	11	11.214	0.029	1.065	X2
93	1	3	5	11.473	0.013	0.488	X2
94	2	7	11	12.455	0.026	0.945	X2
95	3	4	9	12.533	0.012	0.447	X2
96	8	9	10	12.634	0.026	0.963	X2
97	5	6	9	13.571	0.011	0.412	X2
98	2	3	6	13.682	0.022	0.818	X2
99	3	9	10	13.682	0.027	0.999	X2
100	4	5	9	14.170	0.006	0.228	X1
101	4	6	8	14.181	0.024	0.901	X2
102	6	8	10	15.665	0.006	0.210	X1
103	2	6	8	16.009	0.010	0.386	X2
104	2	8	11	18.028	0.008	0.310	X1
105	3	4	7	18.206	0.008	0.307	X1
106	1	3	10	18.945	0.003	0.125	X1
107	1	7	8	19.922	0.013	0.470	X2
108	3	6	11	22.663	0.011	0.413	X2
109	2	5	11	26.516	0.003	0.122	X1
110	1	2	10	29.729	0.004	0.159	X1
111	1	4	7	31.848	0.003	0.118	X1
112	1	7	10	32.744	0.002	0.072	X1
113	5	7	11	49.452	0.004	0.130	X1
114	6	8	9	54.968	0.003	0.102	X1
115	1	3	11	60.075	0.003	0.093	X1
116	4	5	11	61.155	0.001	0.053	X1
117	1	3	8	76.265	0.002	0.073	X1
118	1	7	11	80.088	0.001	0.047	X1
119	3	6	10	100.768	0.001	0.024	X1

120	6	7	11	106.113	0.001	0.035	X1
121	2	7	10	107.348	0.001	0.030	X1
122	3	6	9	125.165	0.002	0.075	X1
123	4	5	8	125.775	0.001	0.026	X1
124	6	7	10	155.411	0	0.015	X1
125	2	4	8	206.449	0	0.016	X1
126	7	8	11	252.264	0.001	0.026	X1
127	1	7	9	356.505	0	0.011	X1
128	1	3	9	392.828	0	0.014	X1
129	6	7	9	653.288	0	0.006	X1
130	3	4	8	1320.919	0	0.002	X1
131	4	7	9	2567.005	0	0.002	X1
132	3	7	9	2846.762	0	0.002	X1
133	3	6	8	2910.699	0	0.001	N

Rock mass  
 TM-T-1; TM-DZ-GA3

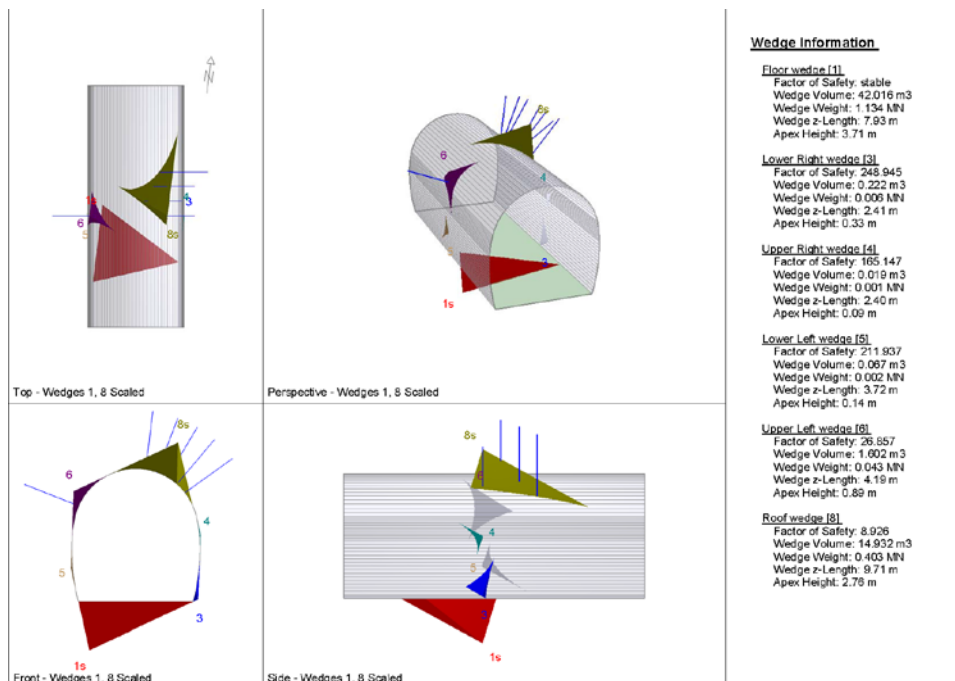
Area L2

	Joint Orientattions		Joint Properties																										
	Dip	Dip Direction	persistence	$\phi$	c																								
	[°]	[°]	[m]	[°]	[kPa]																								
J1	75	15	10	20	0																								
J2	65	270	10	20	0																								
J3	80	170	10	20	0																								
J4	70	310	10	20	0																								
J5	75	210	10	20	0																								
J6	50	70	3	20	0																								
J7	65	125	10	20	0 </tr <tr> <td>J8</td> <td>30</td> <td>200</td> <td>10</td> <td>20</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>J9</td> <td>30</td> <td>10</td> <td>10</td> <td>20</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>J10</td> <td>90</td> <td>90</td> <td>10</td> <td>20</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>J11</td> <td>30</td> <td>340</td> <td>10</td> <td>20</td> <td>0</td> </tr>	J8	30	200	10	20	0	J9	30	10	10	20	0	J10	90	90	10	20	0	J11	30	340	10	20	0
J8	30	200	10	20	0																								
J9	30	10	10	20	0																								
J10	90	90	10	20	0																								
J11	30	340	10	20	0																								

Necessary anchorage pattern:

1.8 x 1.5 m  
 L = 4.5 m  
 Swellex Pm24  $N_{yd}$  174 kN  
 Shotcrete lining 15 cm (Shear strength 0.91 MPa)

X1	Wedges with a maximum high of 0.3 m or a maximum weight of 10 kN
X2	Wedges with a maximum high of 0.5 m or a maximum weight of 100 kN
S	Safety reached
N	Negligible small



Combination	Joint A	Joint B	Joint C	Factor of Safety [-]	Wedge Weight [MN]	Wedge Volume [m <sup>3</sup> ]	Comment	Apex Height [m]
1	4	5	10	2.773	1.084	40.162	-	8.20
2	3	4	10	3.215	0.973	36.024	-	7.29
3	4	8	10	5.630	0.687	25.444	-	3.75
4	1	2	7	6.449	0.615	22.773	-	3.83
5	1	5	10	6.831	0.442	16.371	-	4.52
6	5	10	11	8.926	0.403	14.932	S	2.76
7	2	3	6	10.001	0.383	14.182	S	2.45
8	1	8	10	10.533	0.259	9.596	S	2.11
9	1	2	3	10.695	0.227	8.397	S	3.37
10	2	5	6	11.101	0.254	9.417	S	1.92
11	3	4	6	11.853	0.221	8.169	S	2.73
12	2	6	7	12.749	0.242	8.954	S	1.92
13	8	10	11	13.800	0.231	8.567	S	1.81
14	2	7	9	14.238	0.205	7.579	S	1.79
15	5	9	10	14.432	0.209	7.758	S	1.97
16	8	9	10	15.336	0.172	6.360	S	1.51
17	2	6	8	15.703	0.198	7.323	S	1.50
18	3	10	11	21.026	0.120	4.461	S	1.59
19	2	3	9	21.787	0.069	2.556	S	1.21
20	4	5	6	22.051	0.053	1.972	S	1.60
21	2	7	11	22.271	0.101	3.752	S	1.32
22	1	3	4	26.739	0.073	2.703	S	2.44
23	4	7	10	28.449	0.067	2.464	S	1.40
24	1	5	7	38.656	0.048	1.772	S	1.77
25	2	3	11	40.009	0.020	0.730	S	0.70
26	3	9	10	40.555	0.044	1.615	S	0.98
27	4	6	8	40.828	0.039	1.457	S	0.88
28	1	2	10	41.097	0.036	1.347	S	0.85
29	5	6	11	43.553	0.037	1.370	S	0.93
30	2	8	9	45.754	0.020	0.747	S	0.57
31	1	2	8	51.312	0.014	0.536	S	0.58
32	4	5	7	51.609	0.026	0.947	S	1.14
33	2	5	9	56.348	0.013	0.495	S	0.57
34	2	4	10	56.851	0.026	0.955	S	0.78
35	2	4	7	58.196	0.025	0.917	S	0.92
36	7	10	11	59.657	0.023	0.835	S	0.69
37	1	5	6	64.546	0.022	0.802	S	1.08
38	2	5	10	67.979	0.020	0.747	S	0.61
39	3	6	11	73.461	0.011	0.413	S	0.58
40	2	8	11	74.973	0.009	0.321	S	0.40
41	1	7	8	78.116	0.013	0.470	S	0.73
42	3	4	9	78.289	0.012	0.447	S	0.83
43	2	3	10	80.303	0.017	0.637	S	0.58
44	7	9	10	80.695	0.010	0.371	S	0.47
45	5	6	9	80.817	0.011	0.412	S	0.57
46	6	8	11	88.241	0.008	0.279	S	0.40
47	1	3	5	97.762	0.013	0.488	S	1.20
48	6	8	10	102.950	0.007	0.253	S	0.30
49	4	5	9	104.666	0.006	0.228	S	0.53
50	2	9	10	105.813	0.014	0.506	S	0.60
51	2	5	11	108.371	0.003	0.122	S	0.31
52	2	10	11	114.736	0.013	0.470	S	0.59
53	1	7	10	119.050	0.002	0.072	S	0.24
54	2	6	10	124.165	0.012	0.427	S	0.52
55	1	3	10	129.693	0.003	0.125	S	0.43
56	3	4	7	130.598	0.008	0.307	S	0.77
57	2	8	10	134.122	0.009	0.322	S	0.43
58	2	7	10	136.766	0.009	0.322	S	0.45
59	5	6	10	156.120	0.002	0.076	S	0.19

60	3	4	11	168.662	0.003	0.103	S	0.44
61	5	7	11	170.917	0.004	0.130	S	0.39
62	5	7	9	173.059	0.002	0.087	S	0.33
63	4	6	7	174.584	0.003	0.093	S	0.35
64	6	8	9	182.664	0.003	0.102	S	0.26
65	1	4	7	186.590	0.003	0.118	S	0.46
66	1	6	10	197.787	0	0.012	S	0.07
67	3	6	9	197.987	0.002	0.075	S	0.28
68	4	5	11	213.708	0.001	0.053	S	0.29
69	1	6	8	226.191	0.002	0.069	S	0.26
70	1	3	11	237.303	0.003	0.093	S	0.49
71	6	7	11	256.149	0.001	0.035	S	0.19
72	1	7	11	260.773	0.001	0.047	S	0.27
73	7	8	9	269.306	0.001	0.035	S	0.20
74	1	2	5	274.258	0.001	0.027	S	0.24
75	1	3	8	294.458	0.002	0.073	S	0.44
76	3	6	10	298.939	0.001	0.024	S	0.12
77	4	5	8	305.092	0.001	0.026	S	0.20
78	4	6	10	331.450	0	0.005	S	0.05
79	6	7	10	341.481	0	0.015	S	0.09
80	4	7	8	346.363	0.001	0.046	S	0.29
81	4	8	9	349.900	0	0.014	S	0.14
82	2	4	8	364.172	0	0.016	S	0.12
83	7	8	11	381.891	0.001	0.026	S	0.18
84	1	4	8	425.796	0	0.012	S	0.15
85	1	4	5	455.554	0	0.015	S	0.23
86	1	10	11	468.332	0	0.002	S	0.04
87	1	9	10	477.338	0	0.002	S	0.04
88	1	7	9	524.953	0	0.011	S	0.14
89	6	7	8	564.215	0	0.003	S	0.05
90	6	7	9	573.497	0	0.006	S	0.09
91	2	5	8	691.162	0	0	N	0.02
92	1	3	9	697.348	0	0.014	S	0.22
93	3	7	11	709.463	0	0.006	S	0.12
94	4	8	11	866.596	0	0.002	S	0.07
95	4	10	11	872.262	0	0.001	S	0.03
96	2	3	8	890.642	0	0	N	0.01
97	4	9	10	909.971	0	0.001	S	0.02
98	3	5	9	921.083	0	0.003	S	0.09
99	2	5	7	955.837	0	0	N	0.01
100	3	6	8	1051.653	0	0.001	S	0.04
101	1	5	8	1083.769	0	0.004	S	0.13
102	3	5	11	1145.506	0	0.002	S	0.07
103	5	6	7	1173.458	0	0	N	0.02
104	3	4	8	1338.480	0	0.002	S	0.09
105	2	3	7	1357.222	0	0	N	0.01
106	3	7	9	1483.857	0	0.002	S	0.07
107	3	5	6	1702.398	0	0	N	0.01
108	4	7	9	1787.336	0	0.002	S	0.08
109	3	9	11	1891.260	0	0.001	S	0.05
110	5	8	11	2010.348	0	0	N	0.03
111	2	3	4	2027.291	0	0	N	0.02
112	3	8	9	2319.245	0	0	N	0.03
113	8	9	11	2850.741	0	0	N	0.01
114	3	4	5	2905.179	0	0	N	0.02
115	1	6	7	3169.769	0	0	N	0.01
116	5	6	8	3177.455	0	0	N	0.01
117	3	6	7	3395.639	0	0	N	0.00
118	7	9	11	3584.014	0	0	N	0.02
119	5	9	11	3595.753	0	0	N	0.03
120	1	8	11	3599.994	0	0	N	0.01

121	1	5	9	3717.022	0	0.001	S	0.06
122	5	8	9	3885.099	0	0	N	0.01
123	1	3	7	4484.961	0	0	N	0.03
124	4	7	11	4859.139	0	0	N	0.02
125	6	9	10	5548.918	0	0	N	0.00
126	1	4	10	6586.372	0	0	N	0.00
127	3	8	11	7121.495	0	0	N	0.01
128	6	10	11	8849.887	0	0	N	0.00
129	2	3	5	11226.473	0	0	N	0.00
130	1	5	11	18696.054	0	0	N	0.01
131	1	3	6	52900.434	0	0	N	0.00
132	2	4	5	64656.241	0	0	N	0.00
133	9	10	11	89625.578	0	0	N	0.00

Rock mass  
 TM-T-1; TM-DZ-GA3

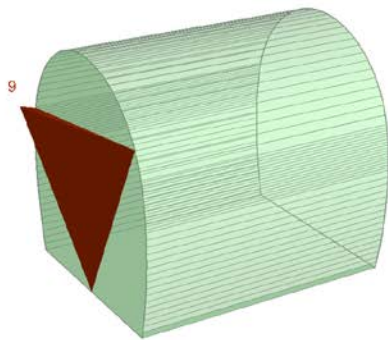
Area tunnel face

	Joint Orientattions		Joint Properties			
	Dip	Dip Direction	persistence	$\phi$	c	$\phi_d$
	[°]	[°]	[m]	[°]	[kPa]	[°]
J1	75	15	10	20	0	16.23
J2	65	270	10	20	0	16.23
J3	80	170	10	20	0	16.23
J4	70	310	10	20	0	16.23
J5	75	210	10	20	0	16.23
J6	50	70	3	20	0	16.23
J7	65	125	10	20	0	16.23
J8	30	200	10	20	0	16.23
J9	30	10	10	20	0	16.23
J10	90	90	10	20	0	16.23
J11	30	340	10	20	0	16.23

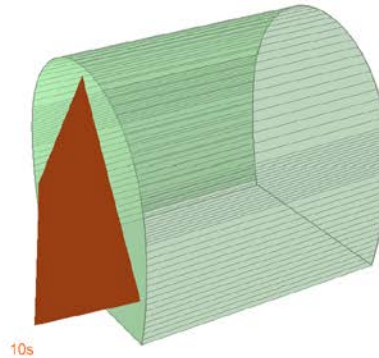
Shotcrete lining 5 cm (Shear strength 0.91 MPa)

X1	Wedges with a maximum high of 0.3 m or a maximum weight of 10 kN
X2	Wedges with a maximum high of 0.5 m or a maximum weight of 100 kN
S	Safety reached
N	Negligible small

Near End wedge [9]  
 FS: 1.708



Far End wedge [10] Scaled  
 FS: stable



**Wedge Information**

Near End wedge [9]

Factor of Safety: 1.708  
 Wedge Volume: 34.629 m<sup>3</sup>  
 Wedge Weight: 0.935 MN  
 Wedge z-Length: 0.00 m  
 Apex Height: 3.25 m

Far End wedge [10]

Factor of Safety: stable  
 Wedge Volume: 35.775 m<sup>3</sup>  
 Wedge Weight: 0.966 MN  
 Wedge z-Length: 0.00 m  
 Apex Height: 3.29 m

Volume: 34.629 m<sup>3</sup>, Weight: 0.935 MN, z-Length: 0.00 m, Apex Height: 3.25 m | Volume: 35.775 m<sup>3</sup>, Weight: 0.966 MN, z-Length: 0.00 m, Apex Height: 3.29 m



Combination	Joint A	Joint B	Joint C	Factor of Safety [-]	Wedge Weight [MN]	Wedge Volume [m <sup>3</sup> ]	Comment
1	1	4	11	1.708	0.935	34.629	S
2	5	7	8	1.891	1.019	37.742	S
3	1	4	9	1.960	0.795	29.457	S
4	1	2	9	1.992	1.059	39.216	S
5	1	2	11	2.347	0.696	25.777	S
6	5	7	11	2.362	0.852	31.546	S
7	1	2	8	2.385	0.850	31.494	S
8	5	7	9	2.437	0.822	30.435	S
9	1	4	8	2.459	0.607	22.486	S
10	1	8	10	2.533	0.584	21.646	S
11	1	10	11	2.544	0.524	19.393	S
12	3	4	7	2.745	0.329	12.188	S
13	2	3	7	2.826	0.298	11.049	S
14	2	3	10	2.907	0.314	11.648	S
15	1	9	10	3.019	0.438	16.211	S
16	2	6	8	3.123	1.736	64.296	S
17	2	7	11	3.231	1.793	66.413	S
18	6	8	10	3.250	1.678	62.137	S
19	3	4	10	3.265	0.280	10.367	S
20	4	6	8	3.376	1.164	43.116	S
21	7	10	11	3.439	1.124	41.627	S
22	2	7	9	3.524	1.360	50.384	S
23	5	6	11	3.627	1.409	52.195	S
24	5	6	9	3.651	1.373	50.835	S
25	5	9	10	3.681	0.461	17.079	S
26	3	5	7	3.696	0.174	6.430	S
27	5	8	10	3.741	0.421	15.575	S
28	1	2	10	3.804	0.314	11.643	S
29	3	8	10	3.837	0.226	8.385	S
30	2	3	6	3.844	0.214	7.915	S
31	3	4	6	4.020	0.203	7.527	S
32	1	3	5	4.070	0.191	7.074	S
33	1	2	3	4.138	0.192	7.123	S
34	3	7	10	4.217	0.161	5.967	S
35	1	3	4	4.239	0.188	6.947	S
36	5	6	10	4.272	0.360	13.340	S
37	4	10	11	4.289	0.459	16.987	S
38	3	5	8	4.319	0.170	6.292	S
39	3	5	6	4.373	0.164	6.057	S
40	5	10	11	4.427	0.357	13.206	S
41	7	9	10	4.497	0.757	28.038	S
42	4	6	11	4.592	0.370	13.692	S
43	4	9	10	4.621	0.375	13.892	S
44	3	6	10	4.792	0.155	5.731	S
45	4	8	10	4.815	0.525	19.426	S
46	2	3	8	5.083	0.163	6.043	S
47	4	6	10	5.204	0.325	12.032	S
48	5	6	8	5.355	0.424	15.717	S
49	4	7	8	5.360	0.497	18.407	S
50	2	7	10	5.367	0.456	16.879	S
51	4	7	10	5.574	0.430	15.923	S
52	3	7	8	5.668	0.124	4.598	S
53	7	8	10	5.714	0.286	10.576	S
54	1	3	10	5.924	0.116	4.298	S
55	2	9	10	6.053	0.413	15.293	S
56	2	6	11	6.079	0.319	11.806	S
57	2	10	11	6.176	0.423	15.682	S
58	4	7	9	6.206	0.260	9.642	S
59	1	5	10	6.341	0.179	6.640	S

60	3	10	11	6.387	0.117	4.330	S
61	3	4	8	6.517	0.119	4.406	S
62	4	6	9	6.764	0.168	6.218	S
63	3	5	11	6.773	0.094	3.482	S
64	1	4	10	6.897	0.088	3.265	S
65	8	9	10	6.915	0.676	25.023	S
66	2	6	9	6.993	0.307	11.360	S
67	3	5	10	7.076	0.053	1.972	S
68	2	8	10	7.164	0.369	13.675	S
69	5	7	10	7.353	0.120	4.459	S
70	2	3	11	7.485	0.103	3.804	S
71	1	3	8	7.492	0.084	3.111	S
72	3	6	8	7.606	0.084	3.101	S
73	1	5	8	7.728	0.308	11.395	S
74	4	9	11	8.392	0.264	9.773	S
75	5	9	11	8.609	0.371	13.753	S
76	3	7	11	8.610	0.071	2.641	S
77	3	4	11	8.620	0.092	3.416	S
78	2	8	9	8.779	0.493	18.270	S
79	7	9	11	9.008	0.305	11.302	S
80	1	9	11	9.656	0.366	13.550	S
81	1	5	9	9.657	0.175	6.497	S
82	6	8	9	9.736	0.466	17.262	S
83	4	8	9	9.907	0.343	12.693	S
84	7	8	9	10.006	0.366	13.565	S
85	1	3	11	10.441	0.053	1.974	S
86	3	6	11	10.680	0.053	1.955	S
87	4	7	11	12.307	0.106	3.933	S
88	2	6	10	14.811	0.179	6.634	S
89	6	9	10	14.988	0.069	2.550	S
90	6	10	11	16.055	0.042	1.545	S
91	5	6	7	17.701	0.076	2.810	S
92	2	6	7	18.820	0.095	3.517	S
93	6	7	8	19.305	0.092	3.423	S
94	3	6	7	19.530	0.033	1.236	S
95	6	7	11	20.299	0.079	2.944	S
96	4	6	7	20.648	0.076	2.829	S
97	6	7	9	21.853	0.072	2.652	S
98	6	7	10	22.494	0.077	2.837	S
99	1	5	11	25.083	0.016	0.607	S
100	6	9	11	25.161	0.038	1.395	S
101	2	9	11	26.719	0.025	0.939	S
102	2	7	8	27.863	0.012	0.448	S
103	5	8	9	28.621	0.127	4.690	S
104	3	5	9	34.381	0.010	0.386	S
105	3	9	10	37.245	0.010	0.388	S
106	1	8	11	38.999	0.037	1.353	S
107	3	7	9	39.562	0.009	0.330	S
108	2	3	9	40.100	0.011	0.395	S
109	1	3	9	41.612	0.008	0.296	S
110	3	6	9	42.248	0.008	0.295	S
111	3	4	9	43.781	0.010	0.382	S
112	2	5	6	44.158	0.001	0.051	S
113	2	5	9	44.323	0.001	0.051	S
114	2	5	8	44.496	0.001	0.051	S
115	2	5	11	44.587	0.001	0.050	S
116	2	5	7	44.618	0.001	0.050	S
117	2	3	5	45.169	0.001	0.048	S
118	2	4	11	45.269	0.013	0.496	S
119	1	2	5	45.282	0.001	0.049	S
120	2	4	9	45.347	0.013	0.491	S

121	2	4	6	45.397	0.013	0.491	S
122	1	4	6	46.042	0.017	0.643	S
123	2	5	10	46.186	0.001	0.048	S
124	2	4	7	46.468	0.013	0.479	S
125	5	8	11	46.735	0.045	1.682	S
126	8	10	11	47.151	0.065	2.413	S
127	4	5	9	47.767	0.010	0.377	S
128	2	4	10	47.901	0.013	0.467	S
129	4	5	6	47.907	0.010	0.376	S
130	3	4	5	48.032	0.009	0.326	S
131	2	4	8	48.258	0.012	0.454	S
132	4	5	11	48.265	0.010	0.373	S
133	1	5	6	48.748	0.018	0.674	S
134	6	8	11	48.755	0.062	2.285	S
135	1	6	11	48.930	0.018	0.676	S
136	1	6	8	49.224	0.018	0.659	S
137	1	2	6	49.511	0.018	0.663	S
138	4	5	7	49.542	0.010	0.356	S
139	9	10	11	49.715	0.007	0.247	S
140	1	6	10	50.060	0.015	0.571	S
141	4	5	8	50.077	0.009	0.351	S
142	1	4	5	50.664	0.009	0.337	S
143	2	8	11	50.863	0.059	2.176	S
144	1	6	9	50.917	0.017	0.643	S
145	4	8	11	51.865	0.051	1.899	S
146	7	8	11	51.989	0.057	2.106	S
147	1	2	4	52.490	0.010	0.368	S
148	2	3	4	53.924	0.010	0.381	S
149	4	5	10	55.377	0.008	0.309	S
150	8	9	11	61.753	0.047	1.747	S
151	1	7	11	74.594	0.006	0.211	S
152	1	7	8	74.732	0.006	0.209	S
153	1	2	7	74.904	0.006	0.210	S
154	1	4	7	75.532	0.006	0.207	S
155	1	5	7	76.151	0.005	0.203	S
156	1	7	9	76.800	0.005	0.202	S
157	1	7	10	78.904	0.005	0.197	S
158	2	4	5	80.907	0.001	0.021	S
159	1	3	7	82.691	0.004	0.164	S
160	1	3	6	103.075	0.004	0.158	S
161	3	8	11	106.331	0.019	0.708	S
162	1	6	7	137.129	0.002	0.091	S
163	3	8	9	166.618	0.008	0.307	S
164	3	9	11	192.052	0.008	0.293	S
165	1	8	9	557.329	0.001	0.033	S

Rock mass  
GB-CZ-GA2; GB-CZ-GA2ter

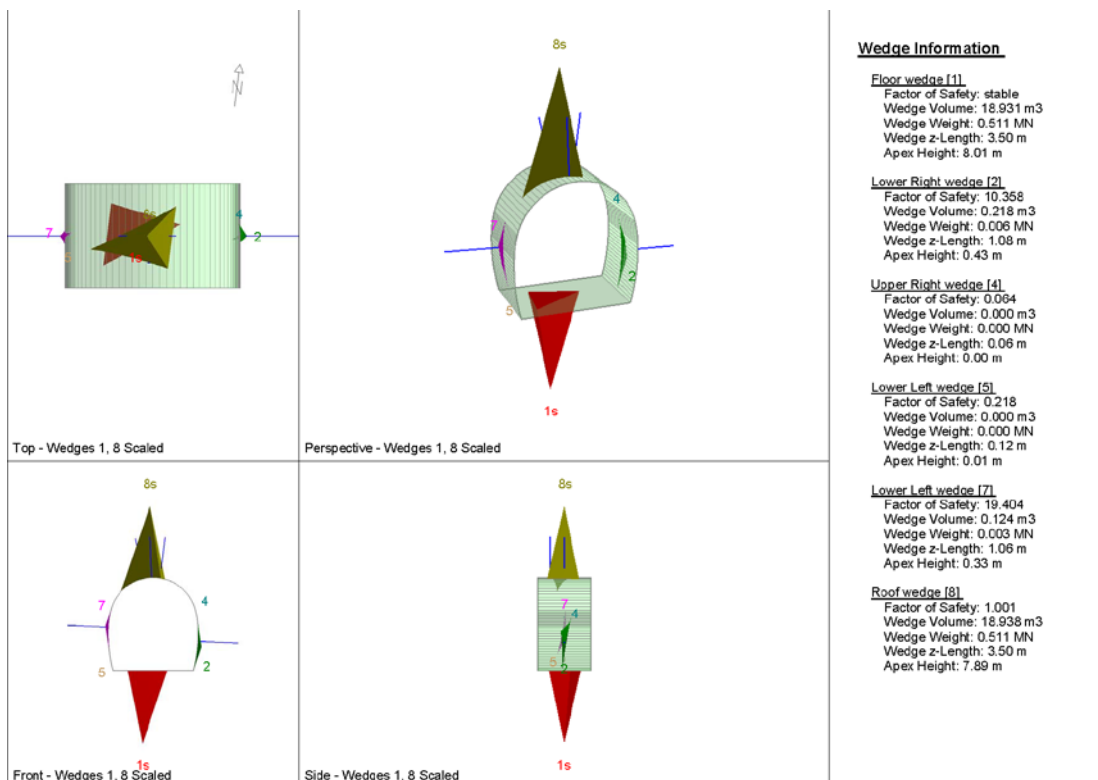
Area L1 - advance per round: 3.0 m (counted with 3.5 m)

	Joint Orientattions		Joint Properties		
	Dip	Dip Direction	persistence	$\phi$	c
	[°]	[°]	[m]	[°]	[kPa]
J1	40	230	10	20	0
J2	80	190	10	20	0
J3	80	140	10	20	0
J4	70	30	10	20	0
J5	85	325	10	20	0
J6	20	180	10	20	0
J7	85	250	10	20	0
J8	20	85	10	20	0
J9	70	290	10	20	0
J10	80	90	10	20	0
J11	70	40	10	20	0
J12	80	357	10	20	0

Necessary anchorage pattern:

1.8	x	1.5	m
L	=	4.5	m
Swelllex Pm24	$N_{yd}$	174	kN

X1	Wedges with a maximum high of 0.3 m or a maximum weight of 10 kN
X2	Wedges with a maximum high of 0.5 m or a maximum weight of 100 kN
S	Safety reached
N	Negligible small



Combination	Joint A	Joint B	Joint C	Factor of Safety [-]	Wedge Weight [MN]	Wedge Volume [m <sup>3</sup> ]	Comment
1	4	7	9	0	0	0	N
2	6	8	11	0	0	0	N
3	7	9	12	0	0	0	N
4	4	6	11	0	0	0	N
5	3	11	12	0	0	0	N
6	2	5	9	0	0	0	N
7	1	4	11	0	0	0	N
8	7	9	11	0	0	0	N
9	4	7	12	0	0	0	N
10	1	5	12	0	0	0.000	X1
11	9	10	11	0	0	0.000	X1
12	4	9	10	0	0	0.000	X1
13	4	6	8	0	0	0.000	X1
14	5	9	10	0	0	0.000	X1
15	7	11	12	0	0	0.000	X1
16	5	6	12	0	0	0.000	X1
17	4	6	12	0	0	0.000	X1
18	9	10	12	0	0	0.000	X1
19	3	10	11	0	0	0.000	X1
20	2	3	9	0	0	0.000	X1
21	2	4	8	0	0	0.000	X1
22	3	4	10	0	0	0.001	X1
23	1	4	12	0	0	0.001	X1
24	2	7	9	0	0	0.001	X1
25	3	10	12	0	0	0.001	X1
26	2	3	11	0	0	0.001	X1
27	1	2	9	0	0	0.001	X1
28	6	11	12	0	0	0.001	X1
29	5	6	9	0	0	0.002	X1
30	1	9	12	0	0	0.002	X1
31	2	4	6	0	0.000	0.003	X1
32	1	6	9	0	0.000	0.003	X1
33	3	6	9	0	0.000	0.004	X1
34	2	3	4	0	0.000	0.007	X1
35	4	5	6	0	0.000	0.007	X1
36	2	6	12	0	0.000	0.009	X1
37	3	5	6	0	0.000	0.009	X1
38	6	8	12	0	0.000	0.009	X1
39	1	2	5	0	0.000	0.009	X1
40	1	4	5	0	0.000	0.009	X1
41	2	8	11	0	0.000	0.010	X1
42	2	9	12	0	0.000	0.010	X1
43	1	6	11	0	0.000	0.010	X1
44	1	4	6	0	0.000	0.014	X1
45	3	7	9	0	0.000	0.014	X1
46	2	6	11	0	0.000	0.014	X1
47	2	5	12	0	0.000	0.014	X1
48	3	5	12	0	0.000	0.016	X1
49	5	6	11	0	0.001	0.019	X1
50	2	10	11	0	0.001	0.020	X1
51	6	9	12	0	0.001	0.022	X1
52	3	4	5	0	0.001	0.028	X1
53	1	5	11	0	0.001	0.031	X1
54	3	5	11	0	0.001	0.037	X1
55	1	4	9	0	0.001	0.038	X1
56	8	9	10	0	0.001	0.048	X1
57	1	8	11	0	0.001	0.049	X1
58	2	6	9	0	0.002	0.057	X2
59	5	6	8	0	0.002	0.076	X2

60	1	9	11	0	0.003	0.102	X2
61	4	6	9	0	0.004	0.130	X2
62	1	2	4	0	0.004	0.140	X2
63	5	8	10	0	0.005	0.179	X2
64	1	3	5	0	0.006	0.212	X2
65	6	9	11	0	0.006	0.238	X2
66	4	7	8	0	0.008	0.290	X2
67	3	5	9	0	0.011	0.390	X2
68	6	9	10	0	0.015	0.550	X2
69	2	11	12	0	0.019	0.704	X2
70	5	7	12	0	0	0.000	X1
71	1	3	9	0	0	0.000	X1
72	4	7	11	0	0	0.000	X1
73	10	11	12	0	0	0.000	X1
74	4	10	12	0	0	0.000	X1
75	5	10	11	0	0	0.000	X1
76	4	5	10	0	0	0.000	X1
77	2	5	10	1.010	0.511	18.938	S
78	5	7	10	1.089	0.076	2.805	S
79	3	4	9	1.196	0.126	4.680	S
80	4	7	10	1.210	0.049	1.810	S
81	3	5	7	1.302	0.085	3.149	S
82	2	9	10	1.350	0.065	2.396	S
83	2	9	11	1.431	0.167	6.173	S
84	1	10	11	1.443	0.024	0.872	S
85	7	10	11	1.480	0.042	1.545	S
86	2	10	12	1.481	0.194	7.168	S
87	6	10	11	1.734	0.020	0.726	S
88	3	4	7	1.750	0.184	6.825	S
89	2	4	9	1.804	0.132	4.895	S
90	2	5	11	1.874	0.265	9.807	S
91	3	7	11	2.014	0.125	4.648	S
92	7	10	12	2.124	0.071	2.635	S
93	6	7	9	2.136	0.011	0.405	X2
94	3	9	11	2.189	0.115	4.277	S
95	1	7	12	2.238	0.010	0.387	S
96	7	9	10	2.240	0.031	1.147	S
97	2	4	5	2.581	0.125	4.628	S
98	2	3	5	2.677	0.033	1.209	S
99	1	3	11	2.726	0.037	1.381	S
100	2	7	11	2.818	0.062	2.283	S
101	3	9	12	3.043	0.162	5.983	S
102	1	4	10	3.279	0.028	1.052	S
103	2	4	7	3.358	0.079	2.941	S
104	2	3	12	3.394	0.045	1.649	S
105	1	3	12	3.422	0.095	3.515	S
106	6	7	12	3.434	0.059	2.188	S
107	2	5	8	3.590	0.115	4.253	S
108	4	6	10	3.725	0.025	0.926	S
109	5	6	10	4.030	0.043	1.575	S
110	5	7	8	4.057	0.020	0.753	S
111	1	5	7	4.340	0.005	0.199	S
112	5	6	7	4.354	0.039	1.445	S
113	7	8	12	5.068	0.016	0.603	S
114	1	4	7	6.037	0.019	0.709	S
115	8	10	12	6.133	0.006	0.205	S
116	1	5	10	6.384	0.053	1.975	S
117	8	10	11	6.521	0.005	0.193	S
118	7	8	9	6.555	0.013	0.466	S
119	1	10	12	6.628	0.052	1.928	S
120	4	8	10	6.704	0.005	0.188	S

121	1	3	4	7.801	0.054	2.013	S
122	3	9	10	8.023	0.022	0.802	S
123	3	5	10	8.106	0.004	0.155	S
124	6	10	12	8.319	0.046	1.698	S
125	2	7	12	9.211	0.003	0.094	S
126	2	8	9	9.388	0.038	1.397	S
127	4	6	7	9.660	0.033	1.219	S
128	2	5	6	10.694	0.008	0.303	S
129	1	8	9	10.856	0.014	0.516	S
130	1	9	10	12.185	0.022	0.810	S
131	6	7	11	12.517	0.025	0.940	S
132	3	4	6	13.065	0.008	0.288	S
133	3	8	11	13.181	0.008	0.286	S
134	1	7	11	13.519	0.015	0.556	S
135	7	8	11	14.784	0.006	0.219	S
136	3	6	11	15.264	0.007	0.247	S
137	1	5	8	16.371	0.021	0.770	S
138	2	4	10	16.771	0.002	0.075	S
139	3	4	8	19.415	0.005	0.194	S
140	1	2	11	20.586	0.007	0.272	S
141	1	7	9	21.381	0.001	0.040	S
142	3	6	12	22.562	0.011	0.415	S
143	1	8	12	22.807	0.015	0.560	S
144	2	4	12	24.243	0.007	0.265	S
145	6	8	9	27.286	0.006	0.236	S
146	3	8	9	29.553	0.011	0.398	S
147	2	8	12	44.864	0.004	0.143	S
148	1	4	8	107.374	0.003	0.119	S
149	3	8	12	118.689	0.002	0.079	S
150	2	5	7	138.140	0.000	0.001	S
151	5	7	11	168.489	0.000	0.001	S
152	1	6	12	236.623	0.001	0.024	S
153	1	5	6	288.288	0.001	0.019	S
154	4	5	7	609.326	0.000	0.000	S
155	1	11	12	1243.412	0.000	0.005	S
156	5	7	9	3604.740	0.000	0.000	S
157	2	4	11	51858.425	0.000	0.000	S
158	1	5	9	99973.432	0.000	0.000	S
159	3	4	12	937329.901	0.000	0.000	S

Rock mass  
 GB-CZ-GA2; GB-CZ-GA2ter

Area L2

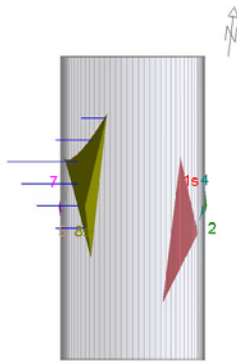
	Joint Orientattions		Joint Properties		
	Dip	Dip Direction	persistence	$\varphi$	c
	[°]	[°]	[m]	[°]	[kPa]
J1	40	230	10	20	0
J2	80	190	10	20	0
J3	80	140	10	20	0
J4	70	30	10	20	0
J5	85	325	10	20	0
J6	20	180	10	20	0
J7	85	250	10	20	0
J8	20	85	10	20	0
J9	70	290	10	20	0
J10	80	90	10	20	0
J11	70	40	10	20	0
J12	80	357	10	20	0

Necessary anchorage pattern:

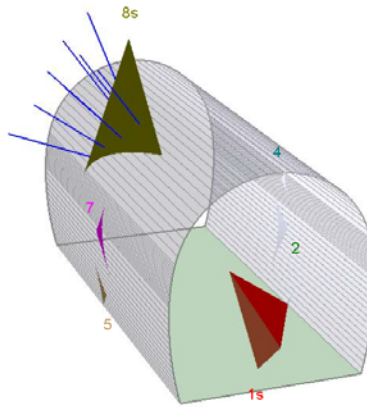
1.8	x	1.5	m
L	=	4.5	m
Swelllex Pm24	$N_{yd}$	174	kN
Shotcrete lining	15	cm	(Shear strength 0.91 MPa)

X1	Wedges with a maximum high of 0.3 m or a maximum weight of 10 kN
X2	Wedges with a maximum high of 0.5 m or a maximum weight of 100 kN
S	Safety reached
N	Negligible small

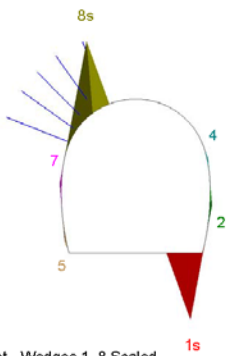




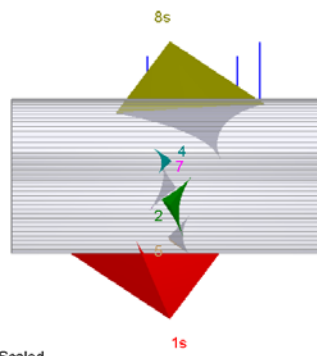
Top - Wedges 1, 8 Scaled



Perspective - Wedges 1, 8 Scaled



Front - Wedges 1, 8 Scaled



Side - Wedges 1, 8 Scaled

**Wedge Information**

Lower Right wedge [1]

Factor of Safety: stable  
 Wedge Volume: 13.252 m<sup>3</sup>  
 Wedge Weight: 0.358 MN  
 Wedge z-Length: 9.93 m  
 Apex Height: 4.37 m

Lower Right wedge [2]

Factor of Safety: 89.247  
 Wedge Volume: 0.080 m<sup>3</sup>  
 Wedge Weight: 0.002 MN  
 Wedge z-Length: 1.97 m  
 Apex Height: 0.15 m

Upper Right wedge [4]

Factor of Safety: 236.798  
 Wedge Volume: 0.009 m<sup>3</sup>  
 Wedge Weight: 0.000 MN  
 Wedge z-Length: 1.22 m  
 Apex Height: 0.07 m

Lower Left wedge [5]

Factor of Safety: 196.918  
 Wedge Volume: 0.034 m<sup>3</sup>  
 Wedge Weight: 0.001 MN  
 Wedge z-Length: 1.50 m  
 Apex Height: 0.11 m

Lower Left wedge [7]

Factor of Safety: 117.163  
 Wedge Volume: 0.041 m<sup>3</sup>  
 Wedge Weight: 0.001 MN  
 Wedge z-Length: 1.96 m  
 Apex Height: 0.12 m

Roof wedge [8]

Factor of Safety: 5.539  
 Wedge Volume: 18.785 m<sup>3</sup>  
 Wedge Weight: 0.507 MN  
 Wedge z-Length: 9.92 m  
 Apex Height: 4.43 m

Combination	Joint A	Joint B	Joint C	Factor of Safety [-]	Wedge Weight [MN]	Wedge Volume [m <sup>3</sup> ]	Comment	Apex Height [m]
1 <sup>1)</sup>	3	4	7	3.22	1.001	37.057	-	7.45
2 <sup>1)</sup>	3	7	11	3.64	0.951	35.219	-	7.00
3 <sup>1)</sup>	4	7	10	3.29	0.885	32.768	-	6.62
4 <sup>1)</sup>	1	5	10	5.09	0.847	31.364	-	4.11
5 <sup>1)</sup>	7	10	12	3.30	0.755	27.970	-	7.78
6 <sup>1)</sup>	3	7	12	3.24	0.755	27.956	-	8.28
7 <sup>1)</sup>	1	10	12	5.02	0.732	27.126	-	3.48
8 <sup>1)</sup>	2	9	10	4.92	0.730	27.026	-	5.23
9 <sup>1)</sup>	2	5	10	3.29	0.721	26.691	-	8.79
10 <sup>1)</sup>	7	10	11	3.91	0.719	26.622	-	5.75
11 <sup>1)</sup>	5	7	10	3.17	0.667	24.719	-	7.64
12 <sup>1)</sup>	3	9	11	6.44	0.535	19.832	-	4.66
13	7	9	10	5.54	0.507	18.785	S	4.43
14	3	4	9	7.34	0.437	16.168	S	4.38
15	2	7	11	7.26	0.408	15.125	S	4.48
16	2	9	11	8.38	0.336	12.458	S	3.94
17	1	9	10	10.42	0.327	12.119	S	2.71
18	1	4	10	8.69	0.310	11.466	S	2.21
19	3	9	10	11.02	0.283	10.493	S	3.47
20	2	5	11	9.54	0.279	10.341	S	4.54
21	5	6	10	8.78	0.278	10.309	S	2.07
22	2	4	7	9.58	0.272	10.059	S	3.73
23	3	9	12	10.84	0.258	9.564	S	4.02
24	5	7	8	9.56	0.253	9.360	S	1.82
25	6	9	10	14.19	0.223	8.245	S	2.03
26	2	8	9	14.03	0.220	8.162	S	1.67
27	1	10	11	10.85	0.211	7.820	S	1.82
28	7	8	12	11.00	0.199	7.384	S	1.73
29	6	7	11	12.64	0.196	7.272	S	1.99
30	2	10	12	10.88	0.194	7.168	S	3.78
31	4	6	7	12.64	0.175	6.466	S	1.86
32	7	8	9	13.86	0.159	5.894	S	1.35
33	2	4	9	14.55	0.141	5.227	S	2.78
34	6	10	12	13.45	0.137	5.056	S	1.46
35	2	5	8	16.66	0.130	4.824	S	2.05
36	2	4	5	17.04	0.125	4.628	S	3.20
37	6	7	12	13.15	0.122	4.528	S	1.55
38	4	7	8	18.91	0.119	4.408	S	1.45
39	1	8	9	26.16	0.113	4.174	S	0.96
40	3	5	7	17.14	0.104	3.867	S	3.13
41	7	8	11	23.04	0.095	3.524	S	1.35
42	1	3	12	20.59	0.095	3.515	S	2.21
43	5	6	7	16.58	0.067	2.482	S	1.14
44	1	3	4	29.74	0.065	2.416	S	1.52
45	3	8	9	38.56	0.061	2.267	S	1.09
46	4	8	10	24.50	0.060	2.236	S	0.60
47	8	10	11	24.30	0.059	2.203	S	0.59
48	8	10	12	24.42	0.059	2.201	S	0.62
49	4	6	10	20.87	0.058	2.160	S	0.96
50	1	5	8	30.74	0.055	2.045	S	0.80
51	5	8	10	25.30	0.053	1.964	S	0.61
52	1	3	11	29.53	0.053	1.958	S	1.31
53	2	3	12	38.35	0.045	1.649	S	2.29
54	6	10	11	28.80	0.040	1.494	S	0.79
55	2	3	5	48.45	0.033	1.209	S	2.12
56	1	7	11	38.84	0.029	1.076	S	0.87
57	6	8	9	64.41	0.021	0.795	S	0.47
58	1	4	7	37.61	0.021	0.775	S	0.75
59	1	8	12	53.56	0.020	0.754	S	0.54

60	8	9	10	54.98	0.020	0.751	S	0.43
61	2	11	12	70.52	0.019	0.704	S	1.47
62	6	7	9	46.83	0.012	0.447	S	0.48
63	3	6	12	83.41	0.011	0.415	S	0.82
64	3	5	9	110.10	0.011	0.412	S	1.18
65	1	7	12	36.53	0.010	0.387	S	0.53
66	2	5	6	81.75	0.008	0.303	S	0.70
67	3	4	6	89.66	0.008	0.288	S	0.57
68	3	8	11	66.61	0.008	0.286	S	0.42
69	1	2	11	132.46	0.008	0.284	S	0.65
70	2	4	12	159.68	0.007	0.265	S	0.99
71	3	6	11	95.31	0.007	0.247	S	0.51
72	6	9	11	99.14	0.006	0.238	S	0.42
73	1	3	5	160.87	0.006	0.212	S	0.83
74	1	5	7	45.00	0.005	0.199	S	0.37
75	3	4	8	84.59	0.005	0.194	S	0.38
76	3	5	10	131.09	0.004	0.155	S	0.69
77	2	8	12	176.24	0.004	0.143	S	0.57
78	1	2	4	197.07	0.004	0.140	S	0.53
79	1	4	8	161.99	0.004	0.132	S	0.26
80	4	6	9	134.46	0.004	0.130	S	0.33
81	1	9	11	144.80	0.003	0.102	S	0.31
82	2	7	12	124.17	0.003	0.094	S	0.50
83	3	8	12	178.64	0.002	0.079	S	0.34
84	5	6	8	132.68	0.002	0.076	S	0.20
85	2	4	10	131.82	0.002	0.075	S	0.36
86	2	6	9	184.72	0.002	0.057	S	0.25
87	1	8	11	212.44	0.001	0.050	S	0.17
88	1	7	9	111.23	0.001	0.040	S	0.17
89	1	4	9	196.50	0.001	0.038	S	0.20
90	3	5	11	381.29	0.001	0.037	S	0.41
91	1	5	11	302.34	0.001	0.031	S	0.20
92	3	4	5	483.37	0.001	0.028	S	0.37
93	1	6	12	402.31	0.001	0.024	S	0.18
94	6	9	12	350.55	0.001	0.022	S	0.16
95	2	10	11	177.31	0.001	0.020	S	0.19
96	1	5	6	399.13	0.001	0.019	S	0.16
97	5	6	11	382.51	0.001	0.019	S	0.16
98	3	5	12	724.28	0	0.016	S	0.32
99	2	5	12	515.62	0	0.014	S	0.28
100	2	6	11	584.49	0	0.014	S	0.18
101	3	7	9	183.74	0	0.014	S	0.14
102	1	4	6	538.02	0	0.014	S	0.14
103	1	6	11	610.70	0	0.010	S	0.13
104	2	9	12	549.62	0	0.010	S	0.21
105	2	8	11	418.63	0	0.010	S	0.13
106	1	4	5	443.68	0	0.009	S	0.12
107	1	2	5	378.67	0	0.009	S	0.16
108	6	8	12	298.72	0	0.009	S	0.08
109	3	5	6	1098.91	0	0.009	S	0.22
110	2	6	12	894.62	0	0.009	S	0.20
111	4	5	6	590.03	0	0.007	S	0.11
112	2	3	4	700.70	0	0.007	S	0.17
113	1	11	12	1076.96	0	0.005	S	0.09
114	3	6	9	953.75	0	0.004	S	0.09
115	1	6	9	786.72	0	0.003	S	0.07
116	2	4	6	1277.84	0	0.003	S	0.11
117	1	9	12	659.96	0	0.002	S	0.06
118	5	6	9	1045.73	0	0.002	S	0.06
119	6	11	12	1067.98	0	0.001	S	0.06
120	1	2	9	773.22	0	0.001	S	0.05

121	2	3	11	959.24	0	0.001	S	0.07
122	3	10	12	540.28	0	0.001	S	0.06
123	2	5	7	414.01	0	0.001	S	0.05
124	5	7	11	275.59	0	0.001	S	0.03
125	2	7	9	420.60	0	0.001	S	0.04
126	1	4	12	1574.86	0	0.001	S	0.04
127	3	4	10	493.25	0	0.001	S	0.04
128	2	4	8	1450.15	0	0	N	0.04
129	2	3	9	1295.15	0	0	N	0.04
130	3	10	11	636.68	0	0	N	0.03
131	9	10	12	411.32	0	0	N	0.02
132	4	6	12	1931.64	0	0	N	0.03
133	5	6	12	2828.14	0	0	N	0.03
134	7	11	12	475.81	0	0	N	0.02
135	5	9	10	480.47	0	0	N	0.02
136	4	5	7	510.87	0	0	N	0.02
137	4	6	8	2162.47	0	0	N	0.02
138	4	9	10	526.90	0	0	N	0.02
139	9	10	11	532.20	0	0	N	0.02
140	1	5	12	2143.42	0	0	N	0.02
141	2	4	11	10305.80	0	0	N	0.03
142	4	7	12	1026.13	0	0	N	0.01
143	5	7	9	690.77	0	0	N	0.01
144	1	5	9	5625.83	0	0	N	0.01
145	7	9	11	1318.65	0	0	N	0.01
146	1	4	11	13946.40	0	0	N	0.01
147	2	5	9	4753.10	0	0	N	0.01
148	3	11	12	7383.73	0	0	N	0.01
149	4	6	11	12256.82	0	0	N	0.00
150	7	9	12	1786.17	0	0	N	0.00
151	6	8	11	16603.26	0	0	N	0.00
152	3	4	12	22563.48	0	0	N	0.00
153	4	7	9	5340.23	0	0	N	0.00
154	5	7	12	3698.86	0	0	N	0.00
155	1	3	9	42220.51	0	0	N	0.00
156	4	7	11	10950.20	0	0	N	0.00
157	10	11	12	7272.13	0	0	N	0.00
158	4	10	12	8212.94	0	0	N	0.00
159	5	10	11	11164.16	0	0	N	0.00
160	4	5	10	12105.05	0	0	N	0.00

<sup>1)</sup> *Berücksichtigte Bruchkörper im Falle des Auflockerungsdrucks*

<sup>1)</sup> *Blocchi considerati per lo scenario di rischio allentamento*

Rock mass  
GB-CZ-GA2; GB-CZ-GA2ter

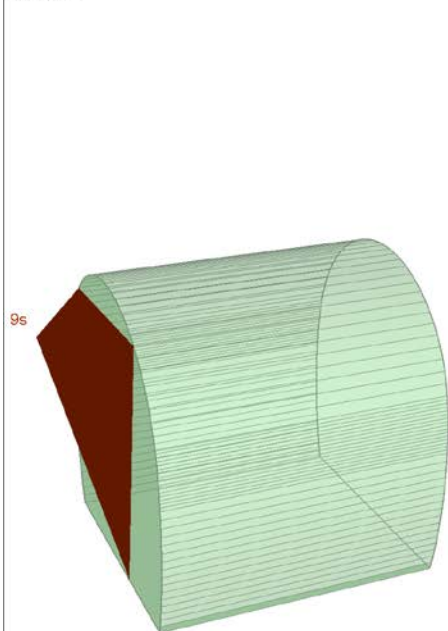
Area tunnel face

	Joint Orientattions		Joint Properties			
	Dip	Dip Direction	persistence	$\phi$	c	$\phi_d$
	[°]	[°]	[m]	[°]	[kPa]	[°]
J1	40	230	10	20	0	16.23
J2	80	190	10	20	0	16.23
J3	80	140	10	20	0	16.23
J4	70	30	10	20	0	16.23
J5	85	325	10	20	0	16.23
J6	20	180	10	20	0	16.23
J7	85	250	10	20	0	16.23
J8	20	85	10	20	0	16.23
J9	70	290	10	20	0	16.23
J10	80	90	10	20	0	16.23
J11	70	40	10	20	0	16.23
J12	80	357	10	20	0	16.23

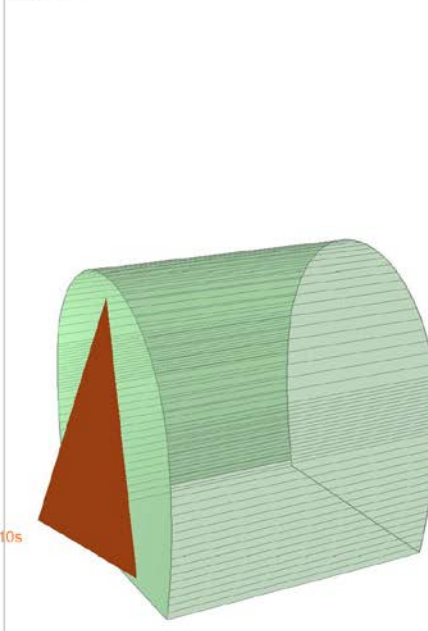
Shotcrete lining 5 cm (Shear strength 0.91 MPa)

X1	Wedges with a maximum high of 0.3 m or a maximum weight of 10 kN
X2	Wedges with a maximum high of 0.5 m or a maximum weight of 100 kN
S	Safety reached
N	Negligible small

Near End wedge [9] Scaled  
FS: 1.872



Far End wedge [10] Scaled  
FS: 12.721



**Wedge Information**

Near End wedge [9]

Factor of Safety: 1.872  
Wedge Volume: 19.049 m<sup>3</sup>  
Wedge Weight: 0.514 MN  
Wedge z-Length: 0.00 m  
Apex Height: 2.02 m

Far End wedge [10]

Factor of Safety: 12.721  
Wedge Volume: 19.049 m<sup>3</sup>  
Wedge Weight: 0.514 MN  
Wedge z-Length: 0.00 m  
Apex Height: 2.02 m

Volume: 19.049 m<sup>3</sup>, Weight: 0.514 MN, z-Length: 0.00 m, Apex Height: 2.02 m

Combination	Joint A	Joint B	Joint C	Factor of Safety [-]	Wedge Weight [MN]	Wedge Volume [m <sup>3</sup> ]	Comment
1	5	6	11	1.872	0.514	19.049	S
2	4	5	6	2.124	0.531	19.667	S
3	1	10	12	2.124	0.485	17.970	S
4	4	6	9	2.172	1.088	40.303	S
5	2	3	6	2.192	0.486	18.014	S
6	6	9	11	2.219	1.233	45.648	S
7	2	8	10	2.279	0.565	20.921	S
8	5	8	11	2.298	0.373	13.812	S
9	2	3	8	2.353	0.441	16.326	S
10	1	7	12	2.375	0.442	16.375	S
11	2	6	10	2.449	0.516	19.130	S
12	8	9	11	2.457	1.032	38.232	S
13	1	5	8	2.474	0.798	29.557	S
14	4	8	9	2.700	0.793	29.356	S
15	1	3	8	2.715	1.191	44.098	S
16	1	5	11	2.718	0.305	11.311	S
17	1	4	7	2.802	1.064	39.407	S
18	4	5	8	2.838	0.347	12.868	S
19	4	6	7	2.882	1.078	39.927	S
20	1	11	12	2.935	0.299	11.083	S
21	1	4	5	2.937	0.338	12.509	S
22	1	3	12	3.009	0.300	11.095	S
23	9	10	12	3.071	0.249	9.225	S
24	1	5	12	3.114	0.280	10.364	S
25	1	3	6	3.223	0.775	28.691	S
26	2	11	12	3.242	0.265	9.801	S
27	1	4	9	3.293	0.611	22.646	S
28	1	4	12	3.297	0.255	9.454	S
29	6	7	11	3.338	1.291	47.827	S
30	3	9	12	3.349	0.248	9.179	S
31	2	4	12	3.391	0.250	9.271	S
32	1	5	6	3.411	0.455	16.839	S
33	9	11	12	3.432	0.200	7.396	S
34	3	8	9	3.473	1.075	39.812	S
35	2	10	12	3.496	0.240	8.892	S
36	1	9	11	3.618	0.624	23.110	S
37	1	9	12	3.623	0.254	9.400	S
38	2	7	8	3.643	0.306	11.318	S
39	1	7	11	3.648	1.031	38.182	S
40	4	9	12	3.676	0.183	6.767	S
41	1	8	9	3.745	0.981	36.320	S
42	3	6	7	3.807	0.331	12.269	S
43	1	3	5	3.898	0.362	13.403	S
44	2	3	12	3.937	0.204	7.565	S
45	4	7	8	3.973	0.668	24.751	S
46	2	6	11	4.042	0.475	17.590	S
47	7	11	12	4.043	0.169	6.268	S
48	7	8	11	4.055	0.926	34.307	S
49	3	5	12	4.202	0.143	5.278	S
50	2	6	7	4.246	0.249	9.209	S
51	4	7	12	4.254	0.154	5.710	S
52	1	4	10	4.360	0.373	13.829	S
53	1	3	7	4.386	0.262	9.719	S
54	3	7	8	4.494	0.279	10.343	S
55	2	8	11	4.693	0.328	12.139	S
56	5	6	10	4.716	0.290	10.746	S
57	6	9	10	4.731	1.401	51.884	S
58	1	9	10	4.754	0.735	27.204	S
59	4	6	10	4.796	0.333	12.318	S

60	1	8	10	4.829	0.865	32.034	S
61	5	8	10	4.913	0.260	9.611	S
62	2	7	12	5.020	0.169	6.255	S
63	3	6	9	5.052	0.389	14.399	S
64	7	8	9	5.410	0.445	16.488	S
65	7	10	12	5.508	0.138	5.120	S
66	1	2	3	5.564	0.146	5.416	S
67	2	4	7	5.594	0.175	6.480	S
68	1	6	9	5.697	0.460	17.028	S
69	2	7	11	5.703	0.171	6.339	S
70	6	7	9	5.944	0.413	15.306	S
71	2	5	8	5.958	0.118	4.378	S
72	1	10	11	6.006	0.303	11.219	S
73	4	8	10	6.008	0.249	9.230	S
74	3	7	12	6.025	0.118	4.357	S
75	6	7	12	6.186	0.128	4.727	S
76	6	10	11	6.247	0.290	10.749	S
77	5	6	12	6.290	0.113	4.171	S
78	2	4	10	6.409	0.153	5.674	S
79	1	2	10	6.495	0.149	5.536	S
80	2	4	6	6.534	0.276	10.217	S
81	4	9	10	6.606	0.176	6.533	S
82	6	8	9	6.750	0.993	36.775	S
83	6	9	12	6.798	0.112	4.162	S
84	4	5	12	6.821	0.046	1.702	S
85	6	10	12	6.824	0.099	3.652	S
86	2	5	6	6.844	0.095	3.526	S
87	1	5	10	6.888	0.175	6.471	S
88	7	9	12	6.979	0.071	2.631	S
89	8	9	10	7.099	0.461	17.071	S
90	8	10	11	7.139	0.243	8.990	S
91	5	11	12	7.209	0.040	1.480	S
92	2	5	12	7.546	0.084	3.122	S
93	2	10	11	7.563	0.128	4.723	S
94	1	2	11	7.597	0.249	9.215	S
95	1	6	11	7.744	0.579	21.457	S
96	6	8	10	7.870	0.663	24.555	S
97	3	6	12	8.013	0.078	2.888	S
98	1	4	6	8.018	0.644	23.852	S
99	6	11	12	8.076	0.078	2.891	S
100	2	3	5	8.332	0.075	2.787	S
101	3	4	12	8.400	0.009	0.335	S
102	2	4	5	8.463	0.071	2.633	S
103	7	8	10	8.482	0.437	16.193	S
104	4	6	12	8.617	0.072	2.658	S
105	9	10	11	8.819	0.149	5.513	S
106	2	5	11	8.860	0.067	2.489	S
107	4	10	12	8.862	0.044	1.645	S
108	1	7	9	8.950	0.250	9.243	S
109	1	2	7	9.074	0.098	3.616	S
110	3	7	9	9.175	0.121	4.487	S
111	2	4	8	9.234	0.120	4.427	S
112	5	9	11	9.446	0.070	2.581	S
113	4	7	10	9.496	0.150	5.547	S
114	5	9	12	9.582	0.072	2.679	S
115	2	7	10	9.600	0.077	2.851	S
116	5	6	8	9.616	0.583	21.595	S
117	1	3	4	9.626	0.082	3.032	S
118	1	4	11	9.637	0.093	3.432	S
119	3	11	12	9.732	0.011	0.416	S
120	1	2	8	9.742	0.219	8.105	S

121	1	2	4	9.748	0.214	7.932	S
122	3	4	5	9.749	0.051	1.884	S
123	1	4	8	9.774	0.489	18.107	S
124	3	6	10	9.906	0.059	2.186	S
125	10	11	12	10.043	0.038	1.414	S
126	3	4	6	10.077	0.076	2.830	S
127	1	3	10	10.483	0.053	1.964	S
128	4	5	9	10.685	0.073	2.685	S
129	6	7	10	10.900	0.244	9.032	S
130	3	8	10	10.996	0.052	1.916	S
131	3	4	9	11.050	0.068	2.511	S
132	1	2	6	11.161	0.189	7.002	S
133	6	7	8	11.214	0.306	11.327	S
134	1	2	5	11.294	0.050	1.856	S
135	4	6	11	11.364	0.076	2.825	S
136	3	4	8	11.459	0.065	2.394	S
137	3	5	6	11.545	0.246	9.107	S
138	3	6	8	11.564	0.511	18.921	S
139	1	7	10	11.644	0.222	8.219	S
140	3	9	10	11.646	0.048	1.796	S
141	2	5	10	11.794	0.048	1.790	S
142	2	6	8	11.812	0.213	7.873	S
143	5	8	9	11.935	0.128	4.745	S
144	1	8	11	11.990	0.393	14.564	S
145	7	10	11	12.034	0.135	5.016	S
146	7	9	10	12.190	0.177	6.569	S
147	2	3	4	12.526	0.054	2.011	S
148	4	8	11	12.749	0.067	2.467	S
149	2	6	12	12.776	0.067	2.481	S
150	1	6	8	13.365	0.229	8.500	S
151	5	6	9	13.622	0.099	3.652	S
152	1	6	12	13.753	0.084	3.121	S
153	7	9	11	14.273	0.070	2.593	S
154	4	7	11	14.706	0.042	1.551	S
155	1	6	10	14.707	0.080	2.968	S
156	3	5	9	14.786	0.097	3.582	S
157	1	7	8	14.961	0.151	5.600	S
158	1	3	11	15.089	0.040	1.467	S
159	2	4	11	15.238	0.054	2.010	S
160	3	6	11	15.251	0.039	1.442	S
161	3	4	7	15.429	0.045	1.658	S
162	3	7	10	15.745	0.031	1.145	S
163	3	5	11	15.788	0.029	1.062	S
164	3	10	12	15.794	0.031	1.165	S
165	5	10	12	15.840	0.010	0.353	S
166	3	8	11	16.318	0.036	1.318	S
167	3	9	11	16.599	0.035	1.291	S
168	4	9	11	16.652	0.031	1.159	S
169	3	5	10	16.689	0.031	1.141	S
170	2	8	9	17.297	0.032	1.172	S
171	1	5	9	18.080	0.062	2.287	S
172	2	3	11	18.545	0.029	1.083	S
173	2	6	9	18.561	0.028	1.051	S
174	2	4	9	18.982	0.027	1.016	S
175	5	9	10	19.039	0.054	1.985	S
176	2	9	11	19.139	0.027	1.008	S
177	2	3	10	19.229	0.016	0.609	S
178	2	9	12	19.709	0.026	0.946	S
179	2	9	10	20.131	0.026	0.962	S
180	4	7	9	20.455	0.032	1.194	S
181	2	3	9	20.663	0.024	0.872	S



182	5	7	8	20.823	0.019	0.700	S
183	2	3	7	20.957	0.013	0.472	S
184	3	7	11	21.073	0.026	0.950	S
185	5	6	7	21.167	0.018	0.682	S
186	4	6	8	22.689	0.114	4.210	S
187	1	5	7	23.268	0.016	0.593	S
188	4	5	10	23.973	0.014	0.531	S
189	1	3	9	24.158	0.016	0.576	S
190	4	5	7	24.208	0.015	0.546	S
191	5	7	11	24.235	0.015	0.555	S
192	3	4	10	24.445	0.019	0.693	S
193	1	2	9	24.497	0.020	0.727	S
194	2	7	9	25.288	0.020	0.735	S
195	2	5	9	25.426	0.009	0.318	S
196	5	10	11	25.703	0.014	0.524	S
197	3	5	7	26.873	0.013	0.493	S
198	5	7	10	27.488	0.014	0.504	S
199	5	7	12	27.666	0.011	0.396	S
200	4	11	12	30.917	0.011	0.399	S
201	2	5	7	32.162	0.010	0.363	S
202	3	10	11	33.056	0.013	0.476	S
203	5	7	9	33.488	0.010	0.380	S
204	6	8	11	46.385	0.032	1.179	S
205	3	4	11	48.950	0.009	0.328	S
206	8	9	12	49.191	0.001	0.024	S
207	5	8	12	49.405	0.001	0.024	S
208	7	8	12	49.421	0.001	0.024	S
209	8	10	12	49.809	0.001	0.024	S
210	1	8	12	49.869	0.001	0.024	S
211	2	8	12	50.030	0.001	0.024	S
212	3	8	12	50.146	0.001	0.023	S
213	8	11	12	50.404	0.001	0.023	S
214	4	8	12	50.661	0.001	0.023	S
215	6	8	12	52.062	0.001	0.023	S
216	1	6	7	53.930	0.007	0.271	S
217	1	2	12	77.933	0.001	0.038	S
218	4	5	11	87.333	0.001	0.034	S
219	4	10	11	105.933	0.001	0.033	S
220	3	5	8	294.145	0.000	0.017	N

Rock mass

GB-G-GA-8; GB-G-GA-9; GB-G-GA-10;

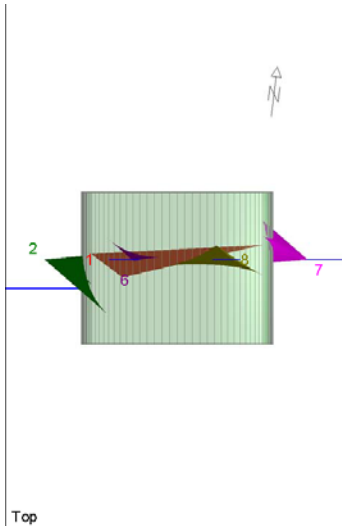
Area L1 - advance per round: 3.0 m (counted with 3.5 m)

	Joint Orientattions		Joint Properties		
	Dip	Dip Direction	persistence	$\varphi$	c
	[°]	[°]	[m]	[°]	[kPa]
J1	70	80	10	20	0
J2	85	170	10	20	0
J3	70	230	10	20	0
J4	45	170	10	20	0
J5	85	30	3	20	0
J6	70	300	3	20	0
J7	50	130	3	20	0
J8	35	230	10	20	0
J9	45	340	10	20	0
J10	85	350	10	20	0
J11	60	270	10	20	0
J12	30	50	10	20	0
J13	30	90	10	20	0

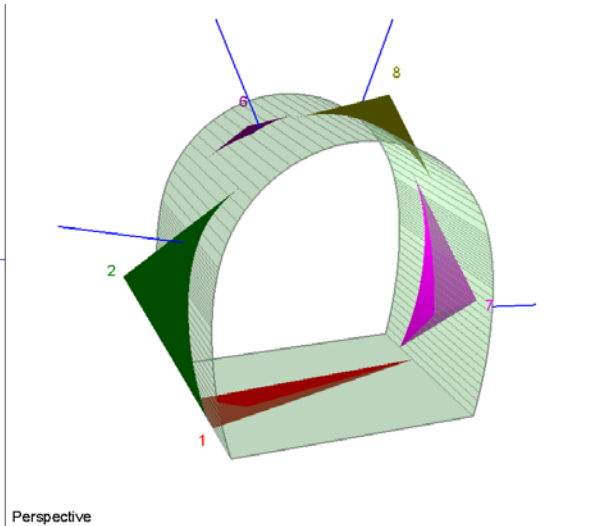
Necessary anchorage pattern:

1.8	x	1.5	m
L	=	4.5	m
Swellex Pm24	$N_{vd}$	174	kN

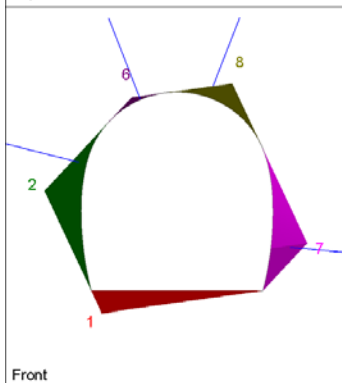
X1	Wedges with a maximum high of 0.3 m or a maximum weight of 10 kN
X2	Wedges with a maximum high of 0.5 m or a maximum weight of 100 kN
S	Safety reached
N	Negligible small



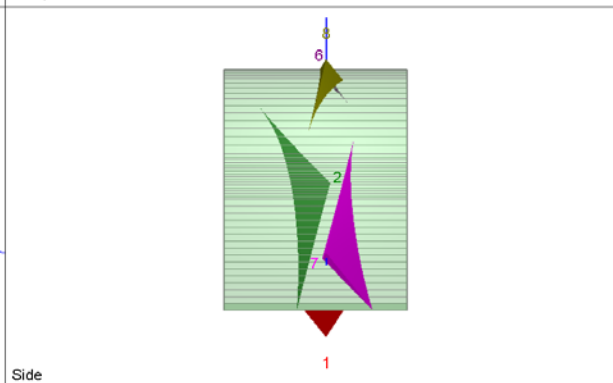
Top



Perspective



Front



Side

**Wedge Information**

Floor wedge [1]

Factor of Safety: stable  
 Wedge Volume: 2.184 m3  
 Wedge Weight: 0.059 MN  
 Wedge z-Length: 1.67 m  
 Apex Height: 1.15 m

Upper Left wedge [2]

Factor of Safety: 1.243  
 Wedge Volume: 3.602 m3  
 Wedge Weight: 0.097 MN  
 Wedge z-Length: 3.06 m  
 Apex Height: 1.93 m

Roof wedge [6]

Factor of Safety: 187.824  
 Wedge Volume: 0.036 m3  
 Wedge Weight: 0.001 MN  
 Wedge z-Length: 1.09 m  
 Apex Height: 0.30 m

Lower Right wedge [7]

Factor of Safety: 2.024  
 Wedge Volume: 2.930 m3  
 Wedge Weight: 0.079 MN  
 Wedge z-Length: 2.15 m  
 Apex Height: 1.84 m

Roof wedge [8]

Factor of Safety: 7.876  
 Wedge Volume: 0.711 m3  
 Wedge Weight: 0.019 MN  
 Wedge z-Length: 1.52 m  
 Apex Height: 1.16 m

Combination	Joint A	Joint B	Joint C	Factor of Safety [-]	Wedge Weight [MN]	Wedge Volume [m <sup>3</sup> ]	Comment
1	4	5	13	0	0	0	N
2	2	4	9	0	0	0	N
3	2	4	12	0	0	0	N
4	4	8	11	0	0	0	N
5	4	7	11	0	0	0	N
6	3	10	11	0	0	0	N
7	1	2	5	0	0	0	N
8	4	6	8	0	0	0	N
9	1	2	7	0	0	0	N
10	7	10	12	0	0	0	N
11	2	9	10	0	0	0	N
12	2	3	11	0	0	0	N
13	2	7	12	0	0	0	N
14	2	12	13	0	0	0	N
15	1	2	4	0	0	0	N
16	7	10	13	0	0	0	N
17	5	10	13	0	0	0	N
18	1	2	3	0	0	0	N
19	3	6	11	0	0	0	N
20	6	9	13	0	0	0	N
21	5	12	13	0	0	0	N
22	5	9	13	0	0	0	N
23	2	8	11	0	0	0	N
24	6	12	13	0	0	0	N
25	6	10	13	0	0	0	N
26	3	4	11	0	0	0	N
27	5	8	9	0	0	0	N
28	4	7	12	0	0	0	N
29	2	5	7	0	0	0	N
30	1	3	8	0	0	0	N
31	2	7	11	0	0	0	N
32	2	3	6	0	0	0	N
33	4	12	13	0	0	0	N
34	1	4	8	0	0	0	N
35	1	7	8	0	0	0	N
36	5	6	13	0	0	0	N
37	7	9	13	0	0	0	N
38	3	8	11	0	0	0	X1
39	6	8	10	0	0	0	X1
40	7	9	12	0	0	0	X1
41	1	2	8	0	0	0	X1
42	3	7	11	0	0	0	X1
43	2	6	8	0	0	0	X1
44	6	8	11	0	0	0	X1
45	4	5	12	0	0	0	X1
46	5	8	10	0	0	0.001	X1
47	3	5	11	0	0	0.001	X1
48	1	8	13	0	0	0.001	X1
49	4	5	7	0	0	0.001	X1
50	2	4	6	0	0	0.001	X1
51	7	9	10	0	0	0.001	X1
52	5	7	10	0	0	0.001	X1
53	1	5	7	0	0	0.001	X1
54	3	9	11	0	0	0.001	X1
55	3	5	10	0	0	0.001	X1
56	2	8	9	0	0	0.001	X1
57	6	8	9	0	0	0.001	X1
58	4	6	11	0	0	0.001	X1
59	3	9	10	0	0	0.001	X1

60	5	8	12	0	0	0.001	X1
61	3	5	6	0	0	0.002	X1
62	4	10	12	0	0	0.002	X1
63	3	6	9	0	0	0.003	X1
64	3	8	9	0	0	0.003	X1
65	4	8	9	0	0	0.003	X1
66	1	3	13	0	0	0.004	X1
67	4	7	9	0	0	0.004	X1
68	3	4	12	0	0	0.005	X1
69	2	7	9	0	0	0.006	X1
70	4	8	12	0	0	0.006	X1
71	2	4	5	0	0	0.006	X1
72	4	6	7	0	0	0.006	X1
73	3	6	8	0	0	0.010	X1
74	4	9	12	0	0	0.010	X1
75	3	5	8	0	0	0.010	X1
76	6	11	13	0	0	0.011	X1
77	5	6	8	0	0	0.011	X1
78	3	4	6	0	0	0.012	X1
79	6	7	8	0	0	0.016	X1
80	6	7	9	0	0	0.016	X1
81	8	9	12	0	0	0.016	X1
82	4	5	10	0	0.001	0.022	X1
83	2	5	13	0	0.001	0.024	X1
84	8	9	11	0	0.001	0.026	X1
85	1	4	5	0	0.001	0.028	X1
86	1	9	13	0	0.001	0.033	X1
87	1	7	10	0	0.001	0.035	X1
88	7	11	13	0	0.001	0.035	X1
89	5	7	9	0	0.001	0.036	X1
90	4	6	10	0	0.001	0.036	X1
91	1	6	13	0	0.001	0.048	X1
92	4	5	9	0	0.002	0.057	X1
93	6	7	11	0	0.002	0.067	X1
94	6	7	13	0	0.002	0.069	X1
95	2	6	7	0	0.002	0.072	X1
96	5	8	11	0	0.003	0.097	X1
97	2	6	9	0	0.003	0.106	X1
98	6	7	12	0	0.003	0.112	X1
99	1	7	11	0	0.004	0.163	X1
100	1	8	12	0	0.005	0.195	X1
101	1	8	11	0	0.005	0.195	X1
102	4	5	8	0	0.006	0.217	X1
103	5	8	13	0	0.008	0.282	X1
104	1	5	8	0	0.008	0.282	X1
105	8	11	12	0	0.011	0.405	X2
106	3	7	9	0	0.022	0.815	X2
107	1	3	5	0	0.023	0.869	X2
108	3	4	5	0	0.030	1.104	X2
109	8	9	10	0	0	0	N
110	2	5	11	0	0	0	N
111	2	10	11	0	0	0	N
112	4	5	11	0	0	0	N
113	2	10	12	0	0	0	N
114	6	10	11	0	0	0	N
115	1	4	10	0	0	0	N
116	5	7	12	0	0	0.001	X1
117	4	10	11	0	0	0	N
118	1	8	10	0	0	0.001	X1
119	2	6	10	0	0	0	N
120	1	5	10	0	0	0.005	X1

121	1	3	10	0	0	0	N
122	5	6	9	0	0	0.011	X1
123	5	11	12	0	0.014	0.504	X2
124	1	5	11	0	0.010	0.352	X1
125	2	5	10	0	0	0.006	X1
126	3	10	12	0	0	0.017	X1
127	6	9	10	0	0.006	0.213	X1
128	6	7	10	0	0.007	0.245	X1
129	1	10	11	0	0.011	0.419	X2
130	5	6	10	0	0	0.002	X1
131	10	11	13	0	0.004	0.158	X1
132	9	10	11	0	0.005	0.175	X1
133	1	10	13	0	0	0.013	X1
134	8	10	12	0	0.001	0.020	X1
135	5	9	10	0	0.003	0.113	X1
136	5	9	12	0	0.014	0.520	X2
137	3	5	12	0	0	0.001	X1
138	4	5	6	0	0.001	0.051	X1
139	1	5	13	0	0	0.010	X1
140	5	7	11	0	0	0.001	X1
141	5	6	11	0	0	0.001	X1
142	5	9	11	0	0	0.001	X1
143	7	10	11	0	0	0	X1
144	8	10	11	0	0	0	N
145	4	9	10	0	0	0	N
146	5	10	11	0.032	0.017	0.635	X2
147	5	10	12	0	0	0	X1
148	2	3	10	0	0	0	N
149	1	2	13	0	0.001	0.023	X1
150	2	4	11	0	0.006	0.237	X1
151	2	4	8	0	0	0.017	X1
152	2	3	5	0	0	0.010	X1
153	2	4	13	0	0	0.012	X1
154	2	11	13	0	0.001	0.036	X1
155	2	3	4	0	0.024	0.874	X2
156	2	3	9	0	0	0.014	X1
157	2	8	12	0	0.001	0.053	X1
158	2	4	7	0	0.001	0.051	X1
159	2	7	10	0	0	0	N
160	2	7	13	0	0	0.001	X1
161	2	5	8	0	0	0.002	X1
162	2	6	13	0	0	0	N
163	2	8	10	0	0	0	N
164	3	5	13	0	0	0	N
165	1	3	6	0	0	0	N
166	3	6	13	0	0	0.001	X1
167	1	3	7	0	0	0	X1
168	1	3	4	0	0	0	X1
169	1	6	12	0	0	0	N
170	1	9	12	0	0	0	N
171	2	6	12	0	0	0.008	X1
172	1	6	11	0	0	0.014	X1
173	3	12	13	0	0	0	N
174	1	11	12	0	0	0.001	X1
175	1	7	12	0	0.023	0.849	X2
176	3	7	8	0	0.010	0.352	X1
177	1	3	12	0	0.007	0.243	X1
178	1	4	11	0	0.003	0.125	X1
179	1	9	11	0	0	0.012	X1
180	3	8	13	0	0.001	0.047	X1
181	6	9	12	0	0	0.002	X1

182	4	6	12	0	0	0.018	X1
183	1	11	13	0	0.001	0.051	X1
184	6	10	12	0	0	0.004	X1
185	3	4	13	0	0.003	0.103	X1
186	3	7	13	0	0.004	0.161	X1
187	3	7	10	0	0.002	0.093	X1
188	3	5	7	0	0	0.009	X1
189	1	10	12	0	0	0	N
190	1	6	8	0	0	0.001	X1
191	3	9	13	0	0	0	X1
192	1	4	6	0	0	0	N
193	1	6	7	0	0	0	N
194	3	10	13	0	0	0	N
195	3	4	7	0	0	0	N
196	2	3	8	0	0.001	0.032	X1
197	2	3	7	0	0.001	0.024	X1
198	2	3	13	0	0	0	N
199	5	6	12	0	0.001	0.045	X1
200	1	2	11	0	0	0.018	X1
201	3	11	12	0	0	0.004	X1
202	9	11	13	0	0.005	0.167	X1
203	5	11	13	0	0.007	0.248	X1
204	3	11	13	0	0.007	0.244	X1
205	1	3	11	0	0.002	0.073	X1
206	6	9	11	0	0.013	0.487	X2
207	6	11	12	0	0.002	0.085	X1
208	9	11	12	0	0	0.003	X1
209	10	11	12	0	0	0.004	X1
210	1	2	12	0	0	0	N
211	1	5	12	0	0	0	N
212	3	6	10	0	0.011	0.426	X2
213	7	8	11	0	0	0	N
214	7	8	9	0	0.001	0.039	X1
215	7	8	10	0	0	0.017	X1
216	1	4	7	0	0	0	X1
217	7	8	13	0	0.028	1.037	X2
218	5	7	8	0	0.003	0.125	X1
219	1	7	13	0	0.004	0.148	X1
220	5	7	13	0	0	0	N
221	2	11	12	0	0	0.004	X1
222	1	7	9	0	0	0	N
223	4	10	13	0	0	0	N
224	2	9	11	0	0	0	N
225	9	12	13	0	0	0	X1
226	9	10	12	0	0	0	X1
227	4	9	11	0	0	0	X1
228	1	4	13	0	0	0.017	X1
229	2	9	12	0	0	0.001	X1
230	4	7	10	0	0.002	0.068	X1
231	3	4	8	0	0.003	0.109	X1
232	4	8	10	0	0	0	X1
233	4	11	13	0	0.001	0.043	X1
234	7	9	11	0	0	0.002	X1
235	1	8	9	0	0	0.001	X1
236	1	3	9	0	0	0	N
237	1	4	9	0	0	0	N
238	4	9	13	0	0	0	N
239	4	6	13	0	0	0	N
240	4	7	13	0	0	0	N
241	4	7	8	0	0	0	X1
242	3	4	9	0	0.027	0.996	X2

243	3	4	10	0	0.010	0.364	X1
244	1	4	12	0	0	0	N
245	2	5	12	0.499	0.029	1.091	X2
246	8	12	13	0.520	0	0.001	X1
247	4	8	13	0.520	0.009	0.336	X1
248	8	9	13	0.520	0	0.001	X1
249	6	8	12	0.520	0.032	1.197	X2
250	8	11	13	0.520	0.003	0.124	X1
251	6	8	13	0.520	0.013	0.497	X2
252	8	10	13	0.520	0	0.001	X1
253	2	8	13	0.520	0	0	X1
254	2	5	6	0.541	0	0	N
255	2	6	11	0.549	0.016	0.605	X2
256	4	11	12	0.566	0	0.004	X1
257	7	11	12	0.630	0.002	0.067	X1
258	1	12	13	0.630	0	0	X1
259	11	12	13	0.681	0.001	0.045	X1
260	3	7	12	0.701	0	0	X1
261	7	8	12	0.701	0.017	0.647	X2
262	7	12	13	0.701	0.003	0.122	X1
263	10	12	13	0.715	0.019	0.711	X2
264	3	5	9	0.738	0.002	0.058	X1
265	2	7	8	0.749	0.033	1.227	X2
266	1	6	9	0.825	0.008	0.291	X1
267	1	9	10	0.887	0.069	2.572	X2
268	4	6	9	0.905	0.049	1.831	X2
269	2	10	13	1.002	0.352	13.044	S
270	1	2	10	1.441	0.396	14.671	S
271	3	8	10	1.509	0.118	4.378	S
272	3	6	12	1.607	0.050	1.833	X2
273	1	5	6	1.937	0.118	4.352	S
274	9	10	13	2.027	0.345	12.789	S
275	1	5	9	2.420	0.051	1.900	X2
276	2	9	13	2.525	0.250	9.258	S
277	5	6	7	2.810	0.042	1.566	X2
278	2	3	12	3.396	0.075	2.781	X2
279	1	2	6	3.472	0.099	3.681	S
280	3	9	12	3.780	0.043	1.577	X2
281	3	6	7	3.914	0.019	0.697	X2
282	1	2	9	4.108	0.101	3.759	S
283	1	6	10	5.002	0.033	1.229	X2
284	2	5	9	8.489	0.018	0.569	X2



Rock mass

GB-G-GA-8; GB-G-GA-9; GB-G-GA-10;

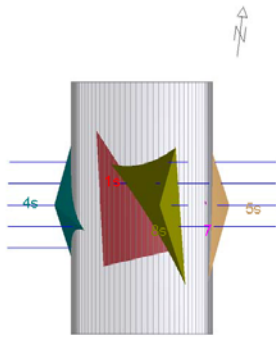
Area L2

	Joint Orientattions		Joint Properties		
	Dip	Dip Direction	persistence	$\varphi$	c
	[°]	[°]	[m]	[°]	[kPa]
J1	70	80	10	20	0
J2	85	170	10	20	0
J3	70	230	10	20	0
J4	45	170	10	20	0
J5	85	30	3	20	0
J6	70	300	3	20	0
J7	50	130	3	20	0
J8	35	230	10	20	0
J9	45	340	10	20	0
J10	85	350	10	20	0
J11	60	270	10	20	0
J12	30	50	10	20	0
J13	30	90	10	20	0

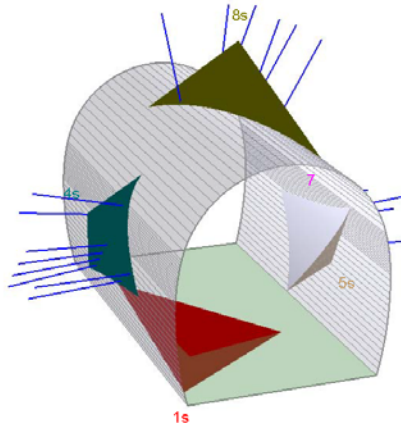
Necessary anchorage pattern:

1.8	x	1.5	m
L	=	4.5	m
Swellex Pm24	$N_{yd}$	174	kN
Shotcrete lining	15	cm	(Shear strength 0.91 MPa)

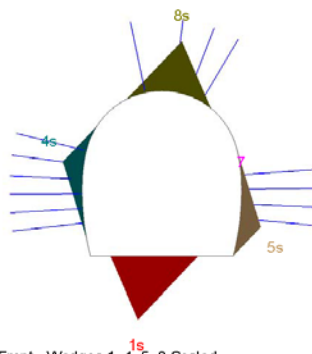
X1	Wedges with a maximum high of 0.3 m or a maximum weight of 10 kN
X2	Wedges with a maximum high of 0.5 m or a maximum weight of 100 kN
S	Safety reached
N	Negligible small



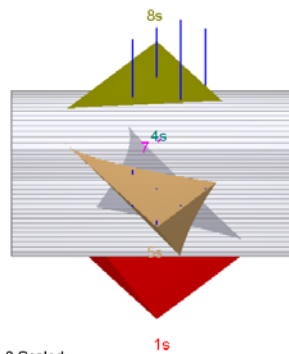
Top - Wedges 1, 4, 5, 8 Scaled



Perspective - Wedges 1, 4, 5, 8 Scaled



Front - Wedges 1, 4, 5, 8 Scaled



Side - Wedges 1, 4, 5, 8 Scaled

**Wedge Information**

Floor wedge [1]

Factor of Safety: stable  
 Wedge Volume: 31.122 m<sup>3</sup>  
 Wedge Weight: 0.840 MN  
 Wedge z-Length: 9.53 m  
 Apex Height: 3.91 m

Lower Left wedge [4]

Factor of Safety: 10.473  
 Wedge Volume: 7.959 m<sup>3</sup>  
 Wedge Weight: 0.215 MN  
 Wedge z-Length: 9.07 m  
 Apex Height: 1.31 m

Lower Right wedge [5]

Factor of Safety: 21.374  
 Wedge Volume: 7.931 m<sup>3</sup>  
 Wedge Weight: 0.214 MN  
 Wedge z-Length: 9.41 m  
 Apex Height: 1.34 m

Upper Right wedge [7]

Factor of Safety: 604.578  
 Wedge Volume: 0.000 m<sup>3</sup>  
 Wedge Weight: 0.000 MN  
 Wedge z-Length: 0.33 m  
 Apex Height: 0.01 m

Roof wedge [8]

Factor of Safety: 6.653  
 Wedge Volume: 19.171 m<sup>3</sup>  
 Wedge Weight: 0.518 MN  
 Wedge z-Length: 9.63 m  
 Apex Height: 3.16 m

Combination	Joint A	Joint B	Joint C	Factor of Safety [-]	Wedge Weight [MN]	Wedge Volume [m <sup>3</sup> ]	Comment	Apex Height [m]
1 <sup>1)</sup>	1	3	10	4.682	0.851	31.517	-	5.24
2	1	3	9	6.653	0.518	19.171	S	3.16
3	3	10	13	12.398	0.263	9.729	S	2.24
4	2	11	12	13.386	0.206	7.632	S	1.61
5	3	7	10	14.084	0.172	6.369	S	2.67
6	1	8	10	14.521	0.203	7.511	S	1.76
7	1	8	9	16.311	0.187	6.924	S	1.53
8	4	5	11	16.465	0.158	5.851	S	2.02
9	1	2	11	17.457	0.146	5.416	S	1.61
10	1	6	7	17.493	0.119	4.400	S	1.49
11	1	3	11	17.875	0.131	4.855	S	1.44
12	3	5	7	18.199	0.142	5.266	S	2.56
13	4	11	12	18.445	0.138	5.117	S	1.27
14	1	3	6	18.676	0.087	3.226	S	2.13
15	1	4	9	19.515	0.074	2.758	S	1.15
16	1	7	11	20.451	0.100	3.712	S	1.20
17	1	3	5	20.741	0.050	1.866	S	1.67
18	2	5	11	20.874	0.048	1.764	S	2.21
19	1	2	9	20.934	0.071	2.614	S	1.34
20	7	10	11	21.450	0.129	4.774	S	1.78
21	1	6	8	22.336	0.083	3.075	S	1.18
22	1	8	11	23.955	0.102	3.791	S	1.16
23	1	4	11	24.261	0.116	4.293	S	1.51
24	3	9	13	24.442	0.092	3.406	S	1.20
25	1	3	12	24.634	0.078	2.877	S	0.94
26	1	4	6	24.950	0.030	1.099	S	1.06
27	2	6	13	25.001	0.098	3.642	S	1.48
28	1	2	6	26.072	0.033	1.236	S	1.36
29	2	5	6	26.191	0.035	1.290	S	2.25
30	1	5	8	26.371	0.078	2.892	S	1.15
31	2	6	12	26.486	0.070	2.585	S	1.48
32	5	7	11	26.696	0.038	1.421	S	1.36
33	3	6	13	29.716	0.031	1.160	S	0.98
34	6	8	13	30.181	0.080	2.966	S	0.93
35	1	8	12	32.518	0.051	1.884	S	0.71
36	3	5	13	33.542	0.060	2.206	S	1.34
37	7	9	11	34.112	0.052	1.924	S	1.02
38	1	4	10	34.625	0.030	1.096	S	0.97
39	3	11	12	36.415	0.042	1.555	S	0.77
40	3	6	12	37.033	0.038	1.396	S	0.92
41	2	5	8	37.310	0.045	1.678	S	1.51
42	5	7	8	39.757	0.034	1.255	S	1.03
43	8	10	13	41.033	0.037	1.377	S	0.74
44	7	11	12	41.396	0.024	0.885	S	0.75
45	3	4	5	42.079	0.040	1.487	S	1.52
46	1	4	12	44.065	0.014	0.520	S	0.43
47	4	5	6	44.575	0.034	1.247	S	1.23
48	2	3	5	45.050	0.015	0.549	S	1.59
49	3	11	13	45.864	0.034	1.253	S	0.55
50	4	6	13	46.337	0.035	1.295	S	0.84
51	1	7	9	46.697	0.012	0.447	S	0.50
52	8	11	12	47.201	0.027	1.006	S	0.56
53	8	9	13	48.214	0.025	0.920	S	0.57
54	3	7	9	49.794	0.022	0.815	S	0.86
55	1	2	12	51.805	0.010	0.366	S	0.39
56	3	10	12	53.357	0.024	0.884	S	0.88
57	2	11	13	54.126	0.026	0.981	S	0.51
58	4	6	12	59.339	0.018	0.653	S	0.72
59	2	5	9	60.720	0.019	0.711	S	1.16

60	1	7	12	61.822	0.006	0.208	S	0.28
61	7	8	10	61.908	0.022	0.819	S	0.92
62	1	11	13	63.853	0.023	0.849	S	0.36
63	5	6	7	67.789	0.021	0.773	S	0.92
64	5	8	13	71.186	0.011	0.405	S	0.45
65	4	11	13	72.978	0.018	0.682	S	0.44
66	3	4	10	74.674	0.013	0.485	S	0.88
67	1	2	10	75.311	0.012	0.447	S	1.04
68	8	11	13	75.625	0.017	0.647	S	0.40
69	4	9	11	78.345	0.009	0.331	S	0.49
70	2	9	11	79.383	0.007	0.252	S	0.50
71	3	6	7	85.639	0.008	0.306	S	0.57
72	4	10	11	88.379	0.009	0.332	S	0.60
73	7	11	13	92.581	0.012	0.442	S	0.37
74	5	8	11	127.353	0.003	0.097	S	0.26
75	4	5	8	130.150	0.006	0.217	S	0.54
76	1	7	10	134.689	0.001	0.035	S	0.20
77	6	8	12	140.770	0.005	0.186	S	0.34
78	7	8	9	151.731	0.004	0.141	S	0.37
79	2	3	10	151.896	0.006	0.229	S	0.88
80	1	6	13	157.611	0.003	0.106	S	0.14
81	2	6	9	159.812	0.003	0.106	S	0.45
82	2	10	11	165.311	0.005	0.173	S	0.70
83	2	5	10	166.666	0.005	0.192	S	0.89
84	3	9	12	170.073	0.005	0.193	S	0.42
85	1	9	13	172.653	0.002	0.065	S	0.12
86	1	4	5	178.701	0.001	0.028	S	0.19
87	6	7	12	183.613	0.003	0.112	S	0.35
88	5	11	13	191.828	0.004	0.164	S	0.19
89	1	12	13	193.703	0.001	0.051	S	0.10
90	8	12	13	194.044	0.002	0.060	S	0.16
91	8	9	11	206.378	0.001	0.026	S	0.14
92	6	7	11	211.216	0.002	0.078	S	0.28
93	3	4	9	214.357	0.002	0.080	S	0.33
94	1	10	13	219.038	0.001	0.041	S	0.10
95	2	6	7	229.385	0.002	0.072	S	0.36
96	6	7	10	231.851	0.003	0.127	S	0.46
97	6	7	13	233.178	0.002	0.080	S	0.27
98	5	7	9	236.717	0.001	0.036	S	0.24
99	3	12	13	241.892	0.001	0.044	S	0.16
100	4	9	13	242.677	0.001	0.045	S	0.20
101	2	5	13	244.304	0.001	0.024	S	0.21
102	2	5	12	246.666	0.001	0.048	S	0.31
103	11	12	13	260.178	0.003	0.117	S	0.16
104	1	2	13	260.923	0	0.012	S	0.06
105	2	6	10	262.822	0.003	0.102	S	0.63
106	3	6	8	267.592	0	0.010	S	0.11
107	4	5	9	267.793	0.002	0.057	S	0.33
108	3	8	10	269.755	0.001	0.031	S	0.22
109	10	11	13	271.603	0.003	0.114	S	0.16
110	3	5	12	273.465	0.003	0.104	S	0.40
111	1	5	13	276.035	0.001	0.025	S	0.08
112	2	9	13	280.169	0.001	0.046	S	0.24
113	7	8	12	285.248	0.001	0.037	S	0.17
114	1	7	13	308.923	0	0.008	S	0.05
115	9	11	13	315.371	0.002	0.081	S	0.14
116	2	3	9	318.241	0.001	0.043	S	0.28
117	3	4	6	325.981	0	0.012	S	0.14
118	1	4	13	336.731	0	0.007	S	0.05
119	8	10	12	339.672	0.001	0.032	S	0.18
120	4	6	10	343.954	0.001	0.036	S	0.28

121	3	7	12	344.868	0.001	0.030	S	0.17
122	1	3	13	383.470	0	0.005	S	0.04
123	8	9	12	386.155	0	0.016	S	0.13
124	8	10	11	411.487	0	0.009	S	0.09
125	6	11	13	419.153	0.001	0.049	S	0.12
126	4	6	9	431.109	0.001	0.025	S	0.21
127	4	10	13	446.342	0	0.016	S	0.16
128	5	7	13	454.218	0	0.006	S	0.08
129	4	9	12	461.777	0	0.010	S	0.13
130	5	6	8	466.381	0	0.011	S	0.12
131	6	7	8	467.528	0	0.016	S	0.16
132	2	9	12	467.716	0.001	0.022	S	0.20
133	3	6	9	506.049	0	0.003	S	0.07
134	4	5	10	516.552	0.001	0.022	S	0.25
135	2	8	12	517.876	0	0.013	S	0.12
136	1	2	8	554.251	0	0	S	0.01
137	5	7	12	561.494	0	0.007	S	0.10
138	3	7	11	574.684	0	0	S	0.02
139	4	7	10	593.961	0.001	0.021	S	0.24
140	4	8	12	595.843	0	0.006	S	0.08
141	3	9	11	612.906	0	0.001	S	0.04
142	1	5	7	613.463	0	0.001	S	0.04
143	2	3	12	624.107	0	0.011	S	0.12
144	4	8	10	624.821	0	0.013	S	0.18
145	2	4	5	640.890	0	0.006	S	0.16
146	6	7	9	657.760	0	0.016	S	0.18
147	3	5	6	701.499	0	0.002	S	0.08
148	3	4	12	727.329	0	0.005	S	0.08
149	1	7	8	728.747	0	0	S	0.01
150	3	5	8	744.922	0	0.010	S	0.16
151	3	8	11	752.443	0	0	S	0.01
152	4	8	9	767.443	0	0.003	S	0.08
153	1	4	8	775.787	0	0	S	0.01
154	1	2	3	788.824	0	0	S	0.00
155	4	6	7	826.490	0	0.006	S	0.13
156	3	8	9	833.779	0	0.003	S	0.08
157	6	8	11	853.065	0	0	S	0.02
158	3	4	11	859.406	0	0	S	0.01
159	3	9	10	874.522	0	0.001	S	0.06
160	3	5	11	881.741	0	0.001	S	0.05
161	1	3	8	908.132	0	0	S	0.01
162	4	7	9	915.929	0	0.004	S	0.10
163	1	8	13	945.177	0	0.001	S	0.02
164	1	2	4	948.598	0	0	S	0.00
165	2	7	9	962.566	0	0.006	S	0.12
166	2	7	11	972.690	0	0	S	0.01
167	4	6	11	1036.347	0	0.001	S	0.05
168	4	10	12	1100.165	0	0.002	S	0.08
169	6	8	9	1115.390	0	0.001	S	0.05
170	5	7	10	1115.659	0	0.001	S	0.06
171	2	10	13	1125.890	0	0.006	S	0.16
172	3	5	10	1160.263	0	0.001	S	0.07
173	2	7	10	1189.139	0	0.010	S	0.24
174	2	8	9	1237.942	0	0.001	S	0.06
175	5	6	13	1275.275	0	0	S	0.01
176	1	2	7	1306.351	0	0	S	0.00
177	4	5	7	1344.835	0	0.001	S	0.06
178	2	8	11	1351.972	0	0	S	0.01
179	2	8	10	1375.056	0	0.006	S	0.18
180	5	8	12	1381.227	0	0.001	S	0.05
181	5	9	13	1422.516	0	0	S	0.01

182	2	6	8	1478.000	0	0	S	0.04
183	2	4	6	1549.177	0	0.001	S	0.05
184	2	3	6	1631.292	0	0	S	0.02
185	3	6	11	1636.086	0	0	S	0.01
186	5	12	13	1655.342	0	0	S	0.00
187	7	9	12	1771.037	0	0	S	0.03
188	7	9	13	1773.371	0	0	S	0.02
189	7	9	10	1871.308	0	0.001	S	0.06
190	6	12	13	1882.930	0	0	S	0.01
191	6	10	13	1911.602	0	0	S	0.01
192	4	12	13	1932.899	0	0	S	0.01
193	5	8	10	1957.706	0	0.001	S	0.04
194	5	10	13	2005.443	0	0	S	0.00
195	2	3	11	2055.712	0	0	S	0.00
196	2	10	12	2211.448	0	0.002	S	0.12
197	6	8	10	2428.172	0	0	S	0.02
198	6	9	13	2538.472	0	0	S	0.00
199	4	5	12	2545.638	0	0	S	0.04
200	4	7	12	2897.913	0	0	S	0.02
201	1	2	5	3002.052	0	0	S	0.00
202	2	5	7	3542.136	0	0	S	0.03
203	5	8	9	4213.071	0	0	S	0.02
204	2	12	13	4607.501	0	0	S	0.01
205	2	7	12	5277.069	0	0	S	0.01
206	4	7	11	5844.137	0	0	S	0.00
207	4	8	11	6219.346	0	0	S	0.00
208	7	10	13	6638.900	0	0	S	0.01
209	3	10	11	6891.883	0	0	S	0.00
210	4	6	8	8540.174	0	0	S	0.01
211	7	10	12	12116.263	0	0	S	0.01
212	2	4	12	12844.845	0	0	S	0.00
213	2	9	10	23193.569	0	0	S	0.01
214	2	4	9	26719.160	0	0	S	0.00
215	4	5	13	28194.237	0	0	S	0.00
216	4	9	10	32088.981	0	0	S	0.01
217	8	9	10	52343.877	0	0	S	0.00

<sup>1)</sup> *Berücksichtigte Bruchkörper im Falle des Auflockerungsdrucks*

<sup>1)</sup> *Blocchi considerati per lo scenario di rischio allentamento*

Rock mass

GB-G-GA-8; GB-G-GA-9; GB-G-GA-10;

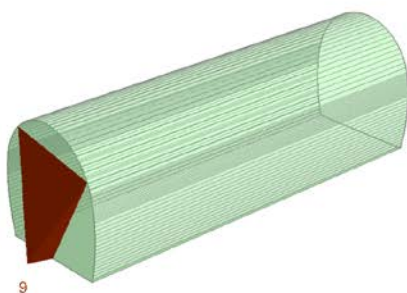
Area tunnel face

	Joint Orientattions		Joint Properties			
	Dip	Dip Direction	persistence	$\phi$	c	$\phi_d$
	[°]	[°]	[m]	[°]	[kPa]	[°]
J1	70	80	10	20	0	16.23
J2	85	170	10	20	0	16.23
J3	70	230	10	20	0	16.23
J4	45	170	10	20	0	16.23
J5	85	30	3	20	0	16.23
J6	70	300	3	20	0	16.23
J7	50	130	3	20	0	16.23
J8	35	230	10	20	0	16.23
J9	45	340	10	20	0	16.23
J10	85	350	10	20	0	16.23
J11	60	270	10	20	0	16.23
J12	30	50	10	20	0	16.23
J13	30	90	10	20	0	16.23

Shotcrete lining 5 cm (Shear strength 0.91 MPa)

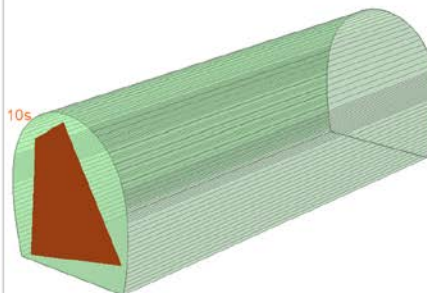
X1	Wedges with a maximum high of 0.3 m or a maximum weight of 10 kN
X2	Wedges with a maximum high of 0.5 m or a maximum weight of 100 kN
S	Safety reached
N	Negligible small

Near End wedge [9]  
FS: 24.400



Volume: 22.464 m3, Weight: 0.607 MN, z-Length: 0.00 m, Apex Height: 2.13 m

Far End wedge [10] Scaled  
FS: 1.823



Volume: 25.918 m3, Weight: 0.700 MN, z-Length: 0.00 m, Apex Height: 2.23 m

**Wedge Information**

Near End wedge [9]

Factor of Safety: 24.400  
Wedge Volume: 22.464 m<sup>3</sup>  
Wedge Weight: 0.607 MN  
Wedge z-Length: 0.00 m  
Apex Height: 2.13 m

Far End wedge [10]

Factor of Safety: 1.823  
Wedge Volume: 25.918 m<sup>3</sup>  
Wedge Weight: 0.700 MN  
Wedge z-Length: 0.00 m  
Apex Height: 2.23 m

Combination	Joint A	Joint B	Joint C	Factor of Safety [-]	Wedge Weight [MN]	Wedge Volume [m <sup>3</sup> ]	Comment
1	1	2	11	1.823	0.700	25.918	S
2	1	4	11	1.975	1.592	58.963	S
3	1	2	6	2.273	0.522	19.315	S
4	5	7	8	2.296	0.810	29.986	S
5	1	4	6	2.348	1.464	54.217	S
6	9	11	12	2.357	1.172	43.392	S
7	9	11	13	2.466	1.194	44.235	S
8	1	2	3	2.467	0.384	14.204	S
9	3	7	8	2.528	1.131	41.888	S
10	1	2	8	2.590	0.440	16.281	S
11	1	3	9	2.600	1.163	43.066	S
12	2	5	11	2.605	0.454	16.806	S
13	2	5	8	2.610	0.455	16.836	S
14	2	3	5	2.645	0.429	15.898	S
15	5	11	12	2.689	0.878	32.519	S
16	7	9	11	2.710	1.118	41.395	S
17	5	6	12	2.715	0.523	19.386	S
18	1	4	8	2.722	0.943	34.927	S
19	3	9	12	2.786	1.043	38.627	S
20	1	9	11	2.793	0.730	27.043	S
21	4	6	7	2.997	0.785	29.062	S
22	3	9	13	3.029	0.965	35.737	S
23	5	10	12	3.031	0.227	8.399	S
24	4	5	6	3.047	0.478	17.708	S
25	5	10	13	3.072	0.223	8.241	S
26	3	4	5	3.075	0.952	35.248	S
27	5	11	13	3.101	0.752	27.837	S
28	3	7	9	3.143	0.975	36.109	S
29	5	6	13	3.144	0.436	16.158	S
30	5	9	12	3.159	0.907	33.596	S
31	1	9	13	3.161	0.919	34.051	S
32	3	4	8	3.233	0.833	30.844	S
33	4	5	11	3.254	0.742	27.482	S
34	5	7	9	3.264	0.544	20.137	S
35	4	5	8	3.308	0.901	33.389	S
36	5	7	10	3.335	0.199	7.385	S
37	3	5	7	3.392	0.487	18.042	S
38	2	3	8	3.399	0.315	11.665	S
39	1	10	13	3.408	0.226	8.362	S
40	1	10	12	3.427	0.220	8.144	S
41	1	6	13	3.462	0.965	35.730	S
42	5	6	9	3.472	0.306	11.343	S
43	1	7	11	3.485	0.878	32.529	S
44	2	5	6	3.489	0.309	11.452	S
45	2	7	11	3.557	0.297	11.010	S
46	4	7	11	3.568	0.467	17.299	S
47	2	6	7	3.584	0.299	11.075	S
48	5	7	11	3.671	0.451	16.720	S
49	1	3	12	3.709	1.374	50.902	S
50	5	9	13	3.713	0.752	27.858	S
51	6	7	9	3.815	0.660	24.448	S
52	4	11	13	3.851	0.707	26.200	S
53	6	8	13	3.934	0.938	34.738	S
54	2	3	7	3.960	0.234	8.657	S
55	1	7	10	3.975	0.186	6.877	S
56	1	9	12	4.071	0.463	17.137	S
57	6	8	12	4.093	0.968	35.861	S
58	4	5	7	4.137	0.264	9.787	S
59	6	7	10	4.173	0.144	5.322	S



60	1	7	8	4.205	0.549	20.343	S
61	5	6	8	4.211	0.300	11.106	S
62	4	7	8	4.234	0.421	15.586	S
63	5	6	7	4.280	0.297	11.014	S
64	5	8	11	4.289	0.478	17.696	S
65	3	7	10	4.347	0.135	4.998	S
66	4	6	13	4.394	0.618	22.900	S
67	6	9	13	4.424	0.420	15.549	S
68	2	5	10	4.501	0.129	4.780	S
69	1	6	7	4.544	0.689	25.519	S
70	1	6	8	4.600	0.796	29.482	S
71	6	10	13	4.640	0.121	4.469	S
72	8	11	12	4.676	1.354	50.154	S
73	5	8	13	4.686	0.797	29.505	S
74	2	8	11	4.705	0.202	7.469	S
75	1	7	9	4.747	0.616	22.810	S
76	3	10	13	4.815	0.114	4.211	S
77	3	4	13	4.826	0.381	14.105	S
78	6	10	12	4.865	0.112	4.150	S
79	3	5	13	4.971	0.893	33.092	S
80	1	4	13	4.991	0.431	15.950	S
81	3	10	12	5.040	0.106	3.914	S
82	4	5	10	5.119	0.108	3.997	S
83	1	6	10	5.135	0.101	3.744	S
84	1	2	10	5.226	0.119	4.418	S
85	1	3	10	5.228	0.101	3.742	S
86	2	6	8	5.321	0.148	5.465	S
87	1	6	12	5.326	0.336	12.452	S
88	1	3	8	5.372	0.574	21.261	S
89	4	8	13	5.374	0.453	16.768	S
90	1	4	10	5.469	0.114	4.236	S
91	2	7	8	5.495	0.165	6.111	S
92	7	10	11	5.555	0.095	3.518	S
93	3	5	12	5.730	0.651	24.096	S
94	6	9	12	5.774	0.210	7.768	S
95	1	8	11	5.945	0.763	28.253	S
96	6	7	8	5.946	0.371	13.751	S
97	1	10	11	6.024	0.083	3.085	S
98	10	11	13	6.057	0.082	3.047	S
99	8	11	13	6.075	0.699	25.875	S
100	1	3	13	6.076	0.408	15.130	S
101	1	2	7	6.102	0.122	4.515	S
102	5	9	11	6.112	0.151	5.608	S
103	4	11	12	6.176	0.404	14.970	S
104	3	4	12	6.282	0.333	12.349	S
105	10	11	12	6.300	0.077	2.865	S
106	1	4	12	6.412	0.382	14.140	S
107	3	5	10	6.634	0.070	2.599	S
108	4	6	12	6.713	0.372	13.776	S
109	2	5	7	6.724	0.077	2.851	S
110	1	8	12	6.765	1.014	37.552	S
111	2	5	9	6.863	0.128	4.752	S
112	1	2	9	7.095	0.121	4.474	S
113	2	6	10	7.271	0.060	2.216	S
114	5	6	10	7.277	0.056	2.088	S
115	2	3	10	7.371	0.058	2.141	S
116	2	3	13	7.426	0.116	4.309	S
117	2	3	9	7.510	0.118	4.373	S
118	5	10	11	7.545	0.057	2.127	S
119	2	6	13	7.582	0.116	4.307	S
120	2	11	13	7.629	0.114	4.235	S

121	1	3	4	7.673	0.078	2.875	S
122	3	5	8	7.782	0.343	12.708	S
123	2	6	9	7.834	0.126	4.657	S
124	1	8	9	7.854	0.300	11.118	S
125	4	6	10	8.109	0.052	1.932	S
126	4	8	12	8.195	0.279	10.331	S
127	3	4	10	8.236	0.050	1.862	S
128	2	9	11	8.308	0.117	4.340	S
129	2	5	13	8.698	0.076	2.830	S
130	1	2	13	8.741	0.094	3.470	S
131	2	10	11	8.755	0.045	1.683	S
132	7	11	12	9.120	0.220	8.151	S
133	1	3	7	9.308	0.111	4.124	S
134	5	8	9	9.360	0.133	4.938	S
135	4	10	11	9.662	0.040	1.491	S
136	4	5	12	9.728	0.128	4.724	S
137	3	7	12	9.993	0.203	7.508	S
138	1	5	8	10.050	0.135	5.017	S
139	2	8	13	10.086	0.078	2.876	S
140	3	8	9	10.134	0.164	6.091	S
141	8	9	12	10.195	0.214	7.942	S
142	7	8	12	10.199	0.194	7.174	S
143	1	5	10	10.226	0.050	1.852	S
144	1	9	10	10.333	0.049	1.799	S
145	5	9	10	10.363	0.040	1.496	S
146	6	7	12	10.528	0.163	6.034	S
147	8	9	13	10.567	0.206	7.635	S
148	7	8	9	10.764	0.203	7.528	S
149	1	5	9	10.783	0.127	4.715	S
150	5	7	12	10.834	0.125	4.617	S
151	4	8	11	10.894	0.075	2.791	S
152	2	7	10	10.924	0.062	2.308	S
153	4	7	10	11.084	0.079	2.924	S
154	2	7	9	11.104	0.067	2.492	S
155	2	3	12	11.210	0.070	2.596	S
156	1	5	12	11.237	0.117	4.349	S
157	3	8	13	11.422	0.267	9.901	S
158	1	5	13	11.493	0.111	4.101	S
159	2	6	12	11.584	0.068	2.500	S
160	2	11	12	11.663	0.067	2.465	S
161	8	9	11	11.902	0.186	6.876	S
162	2	5	12	12.015	0.054	1.990	S
163	1	4	5	12.280	0.090	3.337	S
164	6	8	9	12.400	0.170	6.308	S
165	1	2	12	12.654	0.060	2.213	S
166	5	8	12	12.741	0.417	15.451	S
167	1	4	7	12.752	0.062	2.294	S
168	1	3	5	12.948	0.099	3.675	S
169	1	7	12	13.071	0.143	5.288	S
170	1	5	11	13.501	0.094	3.481	S
171	5	7	13	13.742	0.097	3.599	S
172	6	9	10	13.807	0.025	0.935	S
173	1	5	6	13.898	0.075	2.795	S
174	3	9	10	13.938	0.025	0.908	S
175	7	9	12	14.430	0.093	3.436	S
176	2	8	12	14.450	0.049	1.820	S
177	1	4	9	14.809	0.145	5.352	S
178	1	5	7	15.429	0.065	2.391	S
179	3	7	13	15.531	0.154	5.709	S
180	4	5	9	15.545	0.134	4.974	S
181	9	10	11	15.551	0.021	0.777	S

182	4	10	13	15.797	0.060	2.225	S
183	4	9	11	15.846	0.128	4.747	S
184	2	10	13	15.988	0.038	1.402	S
185	3	4	9	16.407	0.123	4.560	S
186	2	9	13	16.459	0.041	1.502	S
187	4	6	9	16.657	0.134	4.949	S
188	2	3	11	16.888	0.052	1.908	S
189	4	7	9	16.895	0.121	4.479	S
190	7	9	10	18.824	0.037	1.357	S
191	4	7	12	18.935	0.092	3.410	S
192	7	10	12	19.134	0.032	1.195	S
193	4	5	13	20.319	0.018	0.676	S
194	1	8	13	20.490	0.082	3.042	S
195	2	10	12	20.523	0.027	1.009	S
196	2	9	12	21.282	0.029	1.071	S
197	1	7	13	21.541	0.116	4.294	S
198	1	11	13	21.571	0.234	8.660	S
199	1	11	12	21.646	0.063	2.324	S
200	4	9	13	22.000	0.088	3.264	S
201	7	8	13	22.314	0.162	5.991	S
202	9	10	13	22.967	0.035	1.303	S
203	2	8	9	23.139	0.054	2.017	S
204	3	11	13	23.167	0.086	3.188	S
205	4	7	13	23.216	0.094	3.487	S
206	7	8	11	23.501	0.037	1.354	S
207	2	3	4	23.773	0.030	1.122	S
208	2	4	5	23.828	0.028	1.050	S
209	4	6	8	24.021	0.025	0.909	S
210	7	11	13	24.035	0.165	6.100	S
211	1	2	4	24.076	0.028	1.036	S
212	2	12	13	24.252	0.012	0.451	S
213	7	10	13	24.327	0.026	0.957	S
214	3	11	12	24.505	0.077	2.840	S
215	5	6	11	24.695	0.042	1.544	S
216	3	7	11	25.808	0.075	2.787	S
217	4	9	12	25.999	0.072	2.669	S
218	4	10	12	26.233	0.051	1.883	S
219	1	3	11	26.403	0.072	2.684	S
220	2	4	11	26.752	0.029	1.070	S
221	2	4	6	27.020	0.028	1.029	S
222	3	4	11	27.324	0.070	2.588	S
223	3	10	11	29.000	0.011	0.396	S
224	6	10	11	29.125	0.015	0.543	S
225	3	8	11	29.348	0.064	2.374	S
226	4	8	9	29.810	0.060	2.239	S
227	2	4	7	29.939	0.021	0.772	S
228	1	6	9	30.844	0.008	0.283	S
229	11	12	13	31.005	0.057	2.109	S
230	3	9	11	31.116	0.049	1.816	S
231	1	12	13	31.730	0.057	2.097	S
232	6	7	13	32.027	0.119	4.424	S
233	3	12	13	32.439	0.056	2.067	S
234	2	7	13	32.783	0.033	1.226	S
235	8	12	13	33.092	0.054	2.001	S
236	1	2	5	33.211	0.012	0.451	S
237	6	11	13	33.322	0.072	2.654	S
238	6	11	12	33.501	0.073	2.686	S
239	6	9	11	33.800	0.058	2.153	S
240	9	10	12	33.885	0.035	1.289	S
241	2	7	12	34.890	0.029	1.061	S
242	6	12	13	35.239	0.044	1.626	S

243	3	5	11	35.775	0.039	1.444	S
244	6	7	11	36.903	0.058	2.163	S
245	2	4	13	37.278	0.015	0.568	S
246	1	6	11	37.834	0.062	2.289	S
247	5	12	13	39.018	0.044	1.647	S
248	9	12	13	42.116	0.032	1.176	S
249	4	6	11	42.365	0.045	1.648	S
250	2	4	12	43.494	0.012	0.456	S
251	6	8	11	43.626	0.045	1.679	S
252	2	4	8	44.189	0.025	0.916	S
253	7	9	13	47.749	0.056	2.066	S
254	3	6	10	47.851	0.001	0.025	S
255	4	12	13	50.494	0.033	1.215	S
256	3	5	9	52.214	0.002	0.056	S
257	3	4	7	56.990	0.002	0.061	S
258	10	12	13	73.525	0.008	0.309	S
259	2	6	11	100.134	0.008	0.290	S
260	4	9	10	128.530	0.013	0.499	S
261	2	9	10	130.027	0.011	0.401	S
262	7	12	13	178.917	0.002	0.082	S
263	2	4	9	210.909	0.009	0.323	S
264	3	6	13	215.004	0.001	0.043	S
265	3	6	12	215.553	0.001	0.043	S
266	3	6	7	216.170	0.001	0.042	S
267	3	4	6	216.952	0.001	0.042	S
268	1	3	6	218.145	0.001	0.042	S
269	3	6	9	218.727	0.001	0.041	S
270	2	3	6	219.164	0.001	0.040	S
271	3	6	8	220.463	0.001	0.041	S
272	3	5	6	224.421	0.001	0.040	S
273	3	6	11	258.419	0.001	0.034	S
274	2	8	10	630.158	0	0.001	S
275	3	8	10	687.675	0	0.001	S
276	6	8	10	687.923	0	0.001	S
277	8	10	11	689.833	0	0.001	S
278	5	8	10	695.862	0	0.001	S
279	1	8	10	760.772	0	0.001	S
280	7	8	10	1174.071	0	0.001	S
281	8	10	13	1392.746	0	0.001	S
282	8	10	12	1694.541	0	0.001	S
283	4	8	10	1706.271	0	0.001	S
284	8	9	10	1725.607	0	0.001	S

### ANHANG 3 - FEM- ANALYSE DER AUßENSCHALE

Diese Anlage führt die wichtigsten Outputs der FEM-Analysen des Schnitts GA-T3 an, die mit dem Rechenprogramm Midas GTS durchgeführt wurden.

### APPENDICE 3 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE

Nella presente appendice sono riportati i principali output delle analisi agli elementi finiti della sezione GA-T3 effettuate con il programma di calcolo Midas GTS.

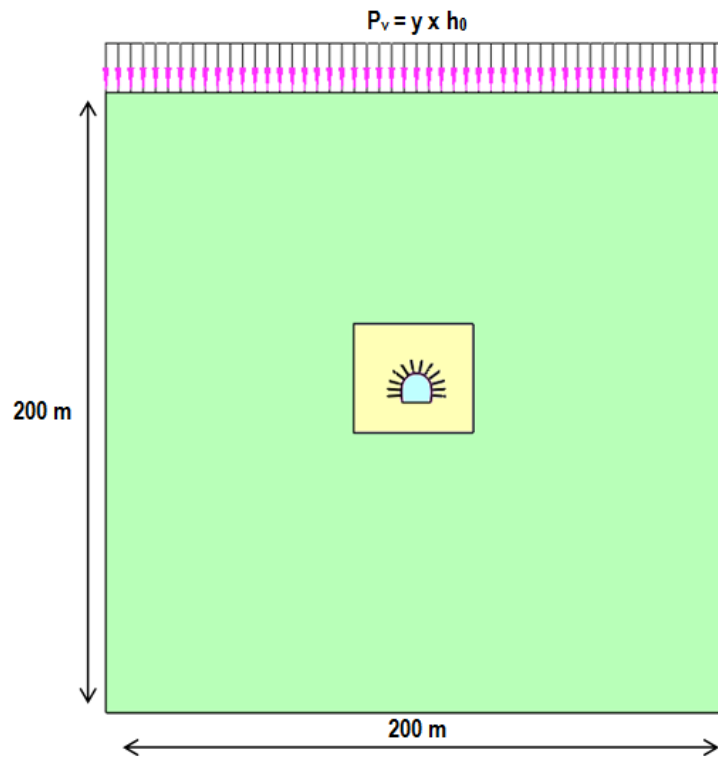


Abbildung 1: Numerisches Modell

Illustrazione 1: Modello numerico

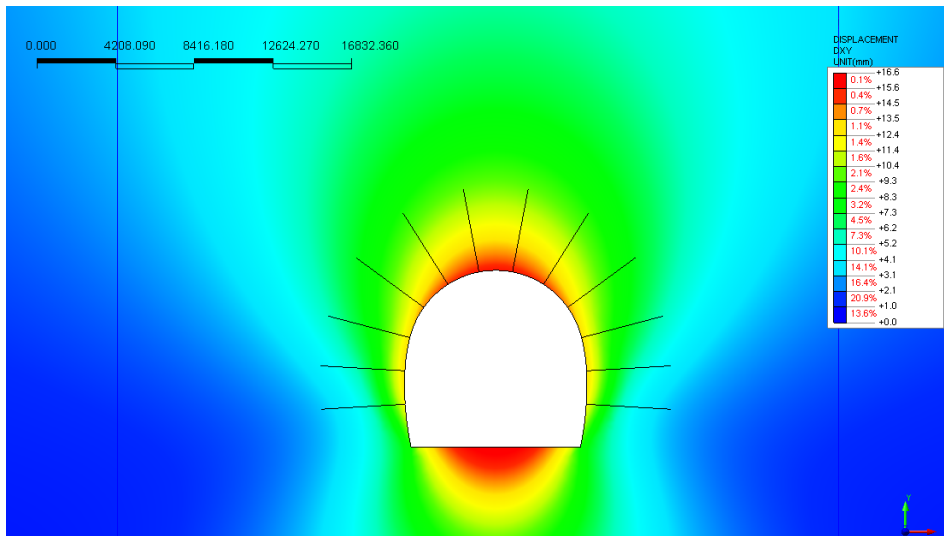


Abbildung 2: Bewegungen xy [mm] Ortsbrust

Illustrazione 2: Spostamenti xy [mm] fronte

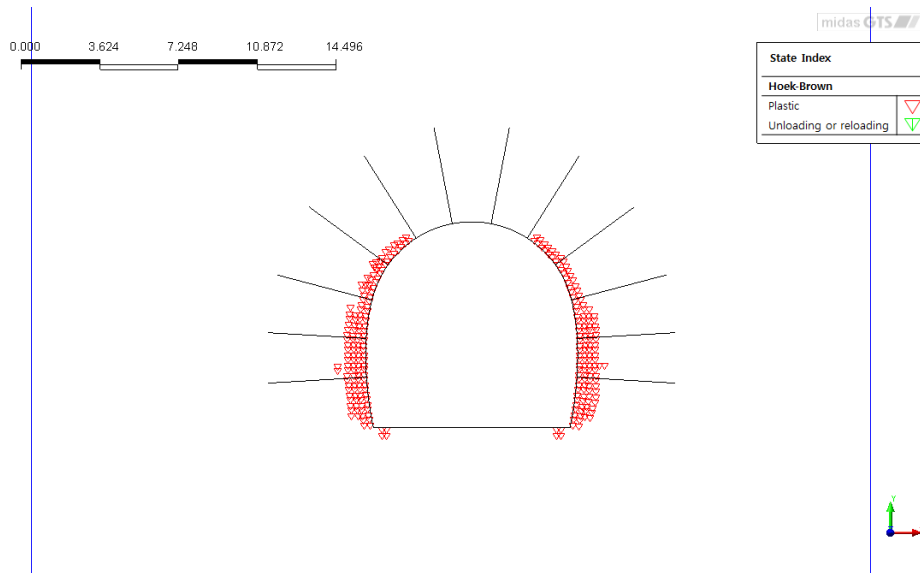


Abbildung 3: Plastifizierung Ortsbrust

Illustrazione 3: Plasticizzazione fronte

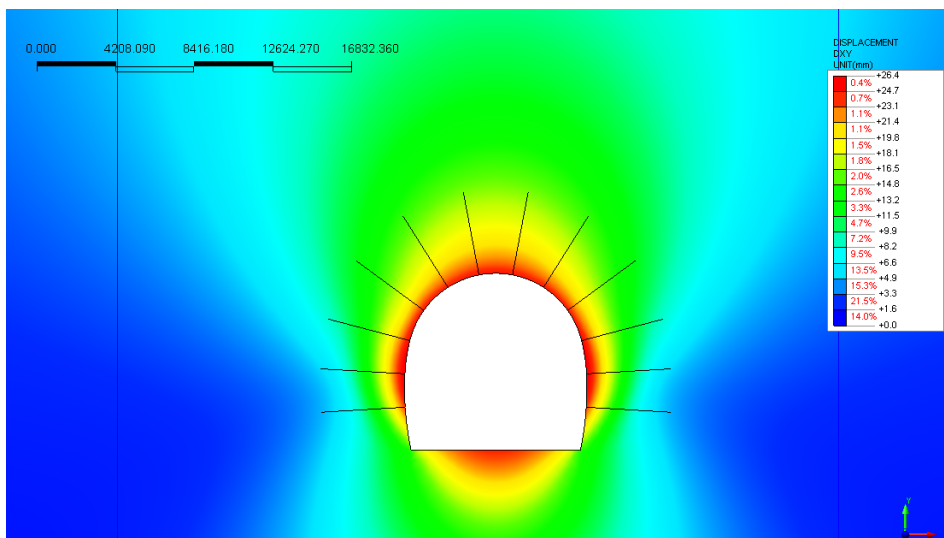


Abbildung 4: Bewegungen xy [mm] bei 3.0m von der Ortsbrust

Illustrazione 4: Spostamenti xy [mm] a 3.0m dal fronte

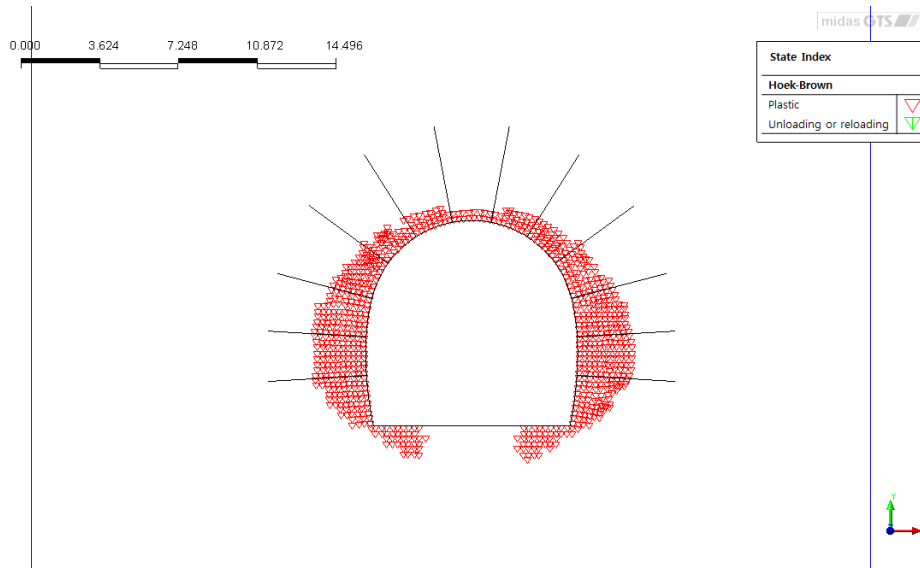


Abbildung 5: Plastifizierungen bei 3.0m von der Ortsbrust

Illustrazione 5: Plasticizzazioni a 3.0m dal fronte

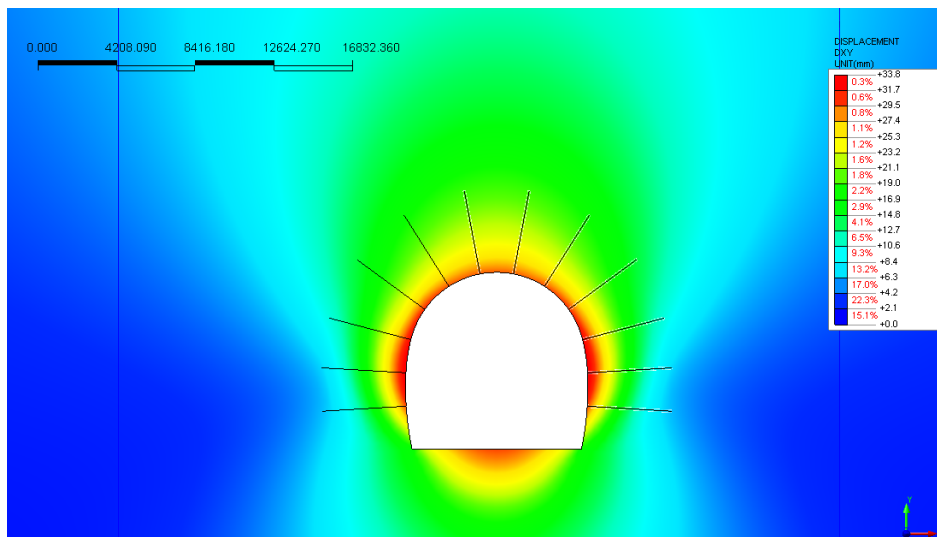


Abbildung 6: Bewegungen xy [mm] Ende Ausbruch

Illustrazione 6: Spostamenti xy [mm] fine scavo

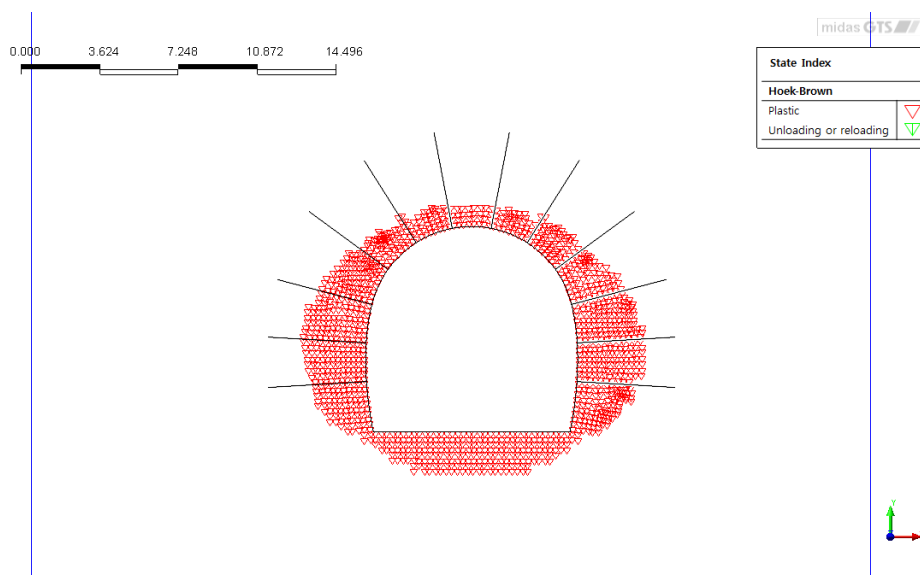


Abbildung 7: Ende Ausbruch - Planstifizierungen endgültig

Illustrazione 7: Fine scavo - Plasticizzazioni finali

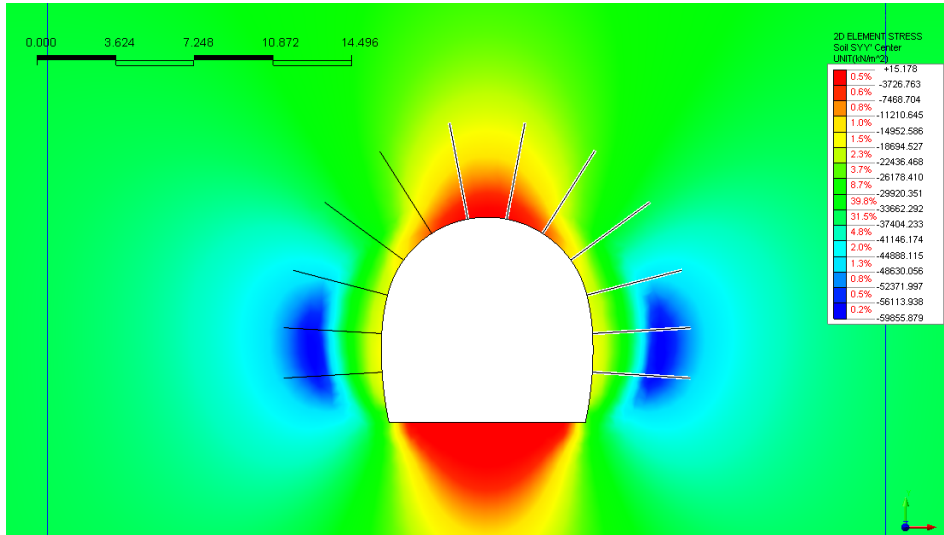


Abbildung 8: Ende Ausbruch - Senkrechte Spannungen [kN/m<sup>2</sup>]

Illustrazione 8: Fine scavo - Tensioni verticali [kN/m<sup>2</sup>]

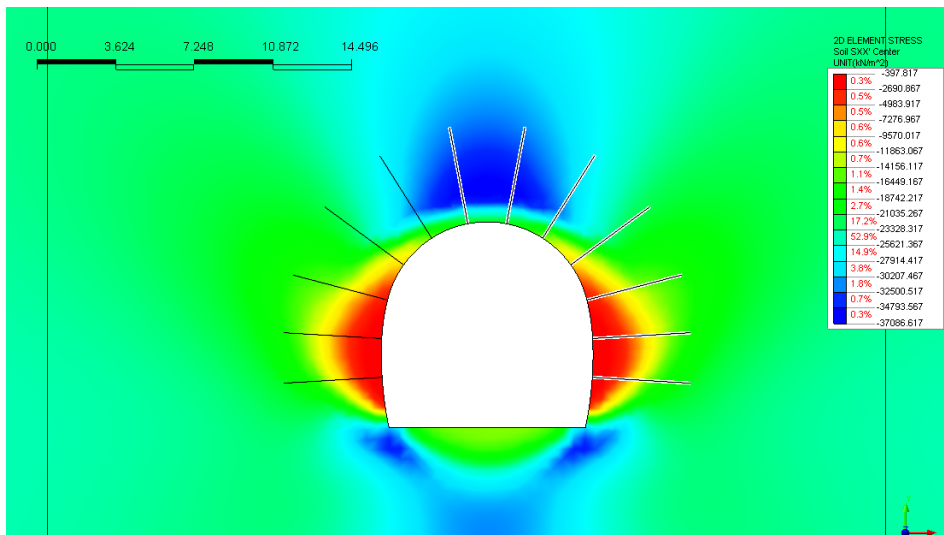


Abbildung 9: Ende Ausbruch - horizontale Spannungen [kN/m<sup>2</sup>]

Illustrazione 9: Fine scavo - Tensioni orizzontali [kN/m<sup>2</sup>]

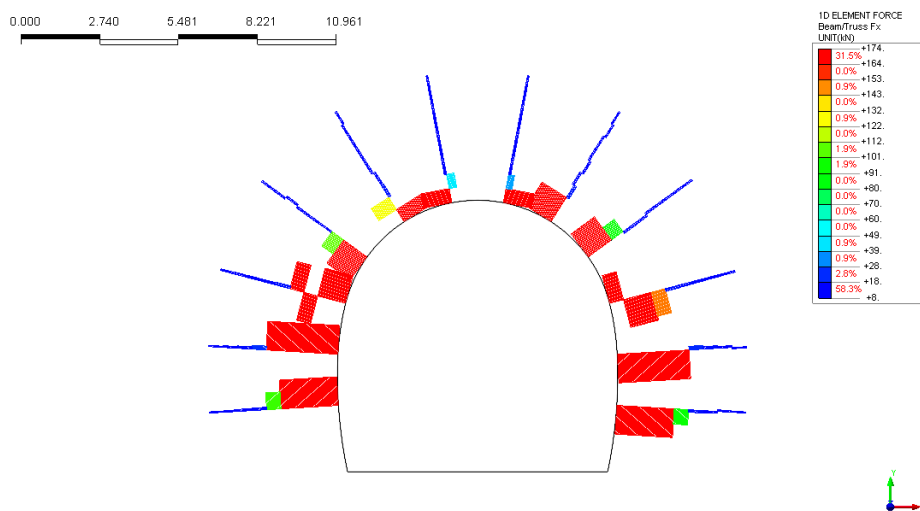


Abbildung 10: Axiale Spannung in den Ankern [kN]

Illustrazione 10: Azione assiale nei chiodi [kN]



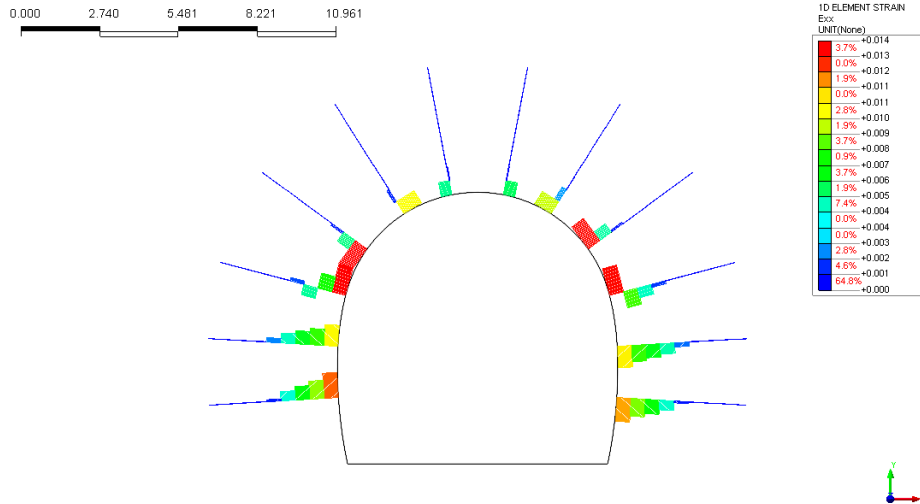


Abbildung 11: Axiale Verformung der Anker [-]

Illustrazione 11: Deformazione assiale nei chiodi [-]

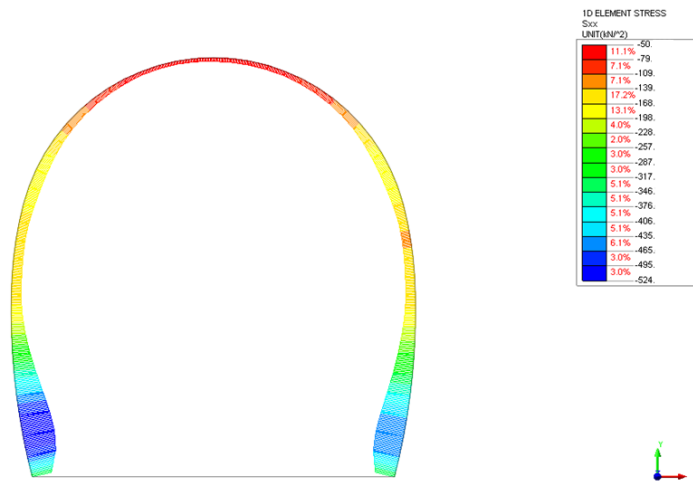


Abbildung 12: Normaldrücke auf die Innenschale

Illustrazione 12: Pressioni normali sul rivestimento definitivo

#### **ANHANG 4 - FEM-ANALYSE DER INNENSCHALE**

Die Anlage 4 führt die grafischen Darstellungen der wichtigsten Inputs- und Outputs der FEM-Analysen für den Innenausbau an, die mit dem Rechenprogramm MIDAS Gen. durchgeführt wurden, sowie die Nachweisverfahren GZT und GZG.

#### **APPENDICE 4 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO**

L'appendice 4 contiene le rappresentazioni grafiche dei principali input e output dell'analisi del rivestimento definitivo condotte con il programma MIDAS Gen, oltre alle opportune verifiche sezionali allo SLU e SLE.

### A.4.1. General parameters of structure

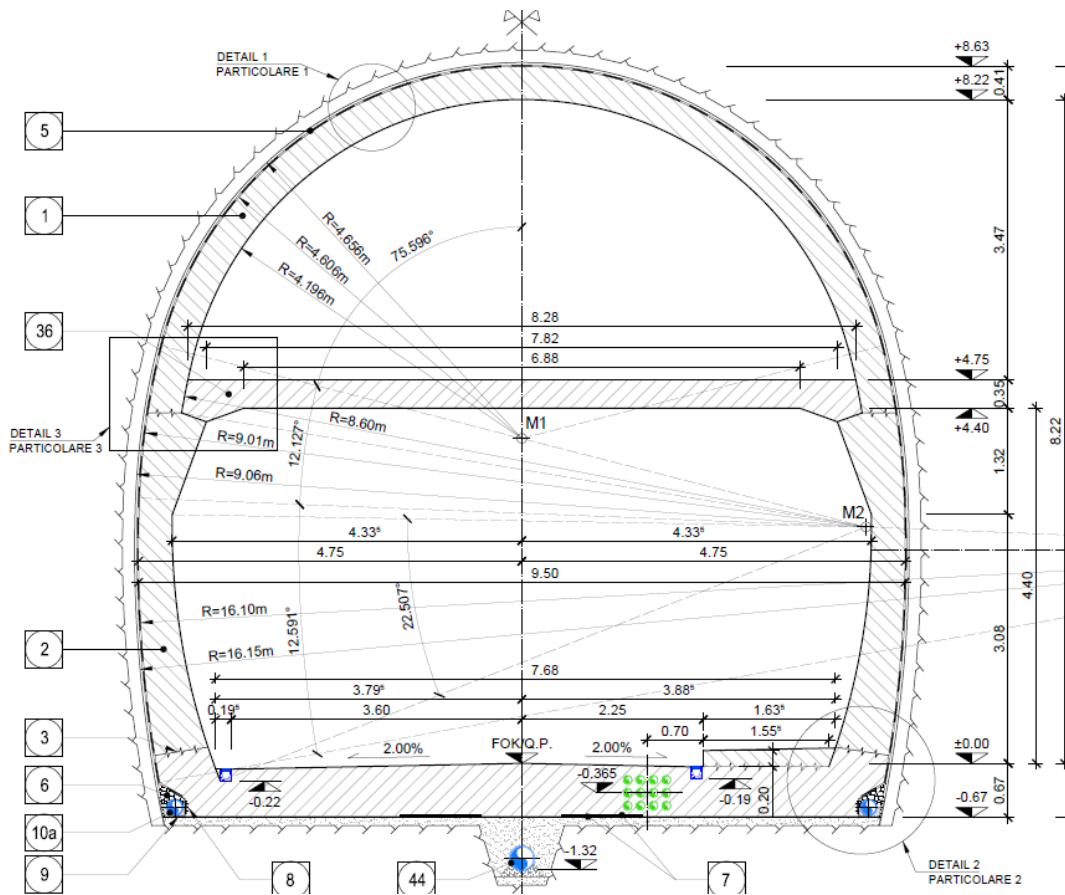


Figure 1 GA T2-T3 cross section

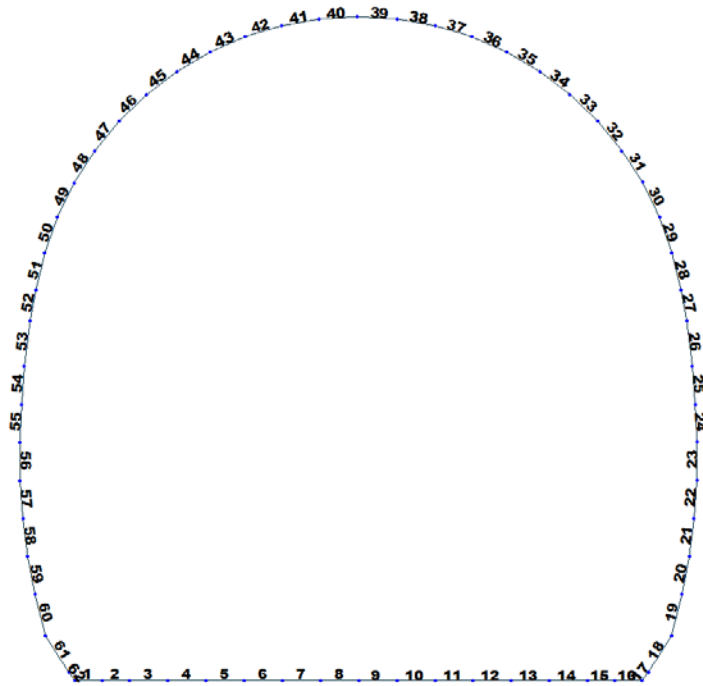


Figure 2 Elements numbering

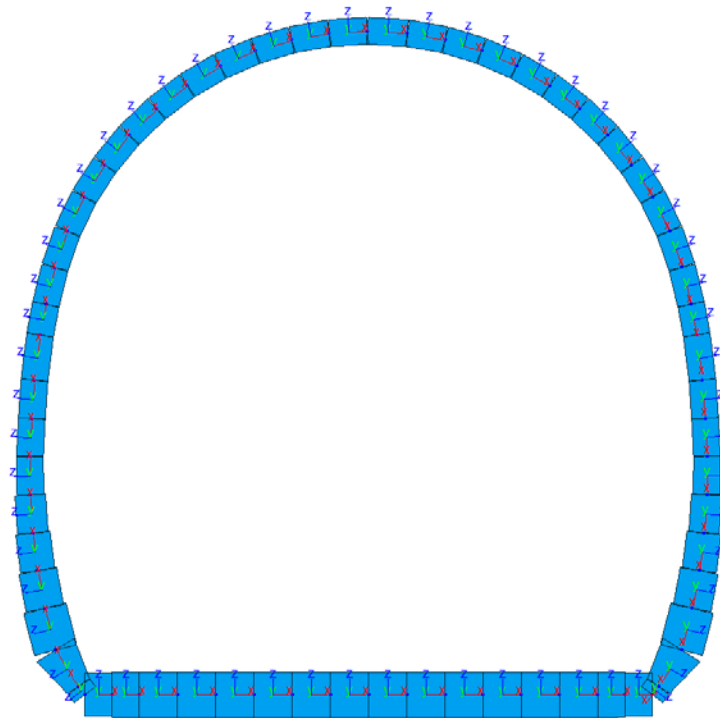


Figure 3 Elements local axis

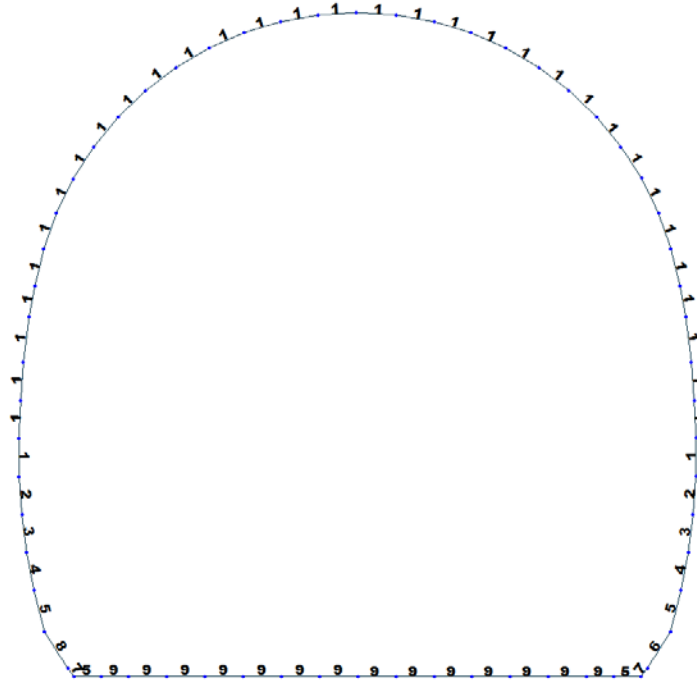


Figure 4 Element section property for geomechanical class II and III cross section (GA T2 – T3)

Table 1 Section properties for T2 and T3 cross section (GA T2 – T3)

ID	Name	Area (m <sup>2</sup> )	Asy (m <sup>2</sup> )	Asz (m <sup>2</sup> )	Ixx (m <sup>4</sup> )	Iyy (m <sup>4</sup> )	Izz (m <sup>4</sup> )	Cyp (m)	Cym (m)	Czp (m)	Czm (m)
1	100 x 35	0.3500	0.2917	0.2917	0.0111	0.0036	0.0292	0.5000	0.5000	0.1750	0.1750
2	100 x 40	0.4000	0.3333	0.3333	0.0160	0.0053	0.0333	0.5000	0.5000	0.2000	0.2000
3	100 x 45	0.4500	0.3750	0.3750	0.0218	0.0076	0.0375	0.5000	0.5000	0.2250	0.2250
4	100 x 50	0.5000	0.4167	0.4167	0.0286	0.0104	0.0417	0.5000	0.5000	0.2500	0.2500
5	100 x 57	0.5700	0.4750	0.4750	0.0398	0.0154	0.0475	0.5000	0.5000	0.2850	0.2850
6	100 57-35	0.5700	0.4750	0.4750	0.0398	0.0154	0.0475	0.5000	0.5000	0.2850	0.2850
7	100 x 35	0.3500	0.2917	0.2917	0.0111	0.0036	0.0292	0.5000	0.5000	0.1750	0.1750
8	100 35/57	0.3500	0.2917	0.2917	0.0111	0.0036	0.0292	0.5000	0.5000	0.1750	0.1750
9	100 x 60	0.6000	0.5000	0.5000	0.0451	0.0180	0.0500	0.5000	0.5000	0.3000	0.3000

Table 2 Material parameters for T2 and T3 cross section (GA T2 – T3)

ID	Name	Type	Code	Elasticity (kN/m <sup>2</sup> )	Poisson	Thermal (1/[F])	Density (kN/m <sup>3</sup> )	Mass Density (kN/m <sup>3</sup> /g)
1	C30/37	Concrete	NTC2008	3.30e+007	0.2	1e-005	2.50e+001	2.5493e+0
2	B450C	Rebar steel	NTC2008	21.0e+007	0.2	0	7.85e+001	7.850 e+0

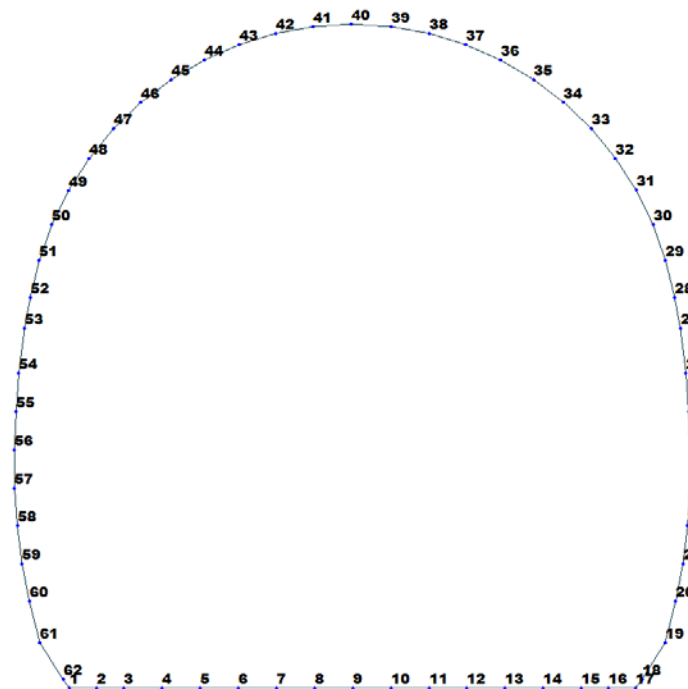


Figure 5 Node numbering

Table 3 Bounderies parameters

Node	Type	SDx (kN/m)	SDz (kN/m)	Stiffness (kN/m)	Direction	Multi-Linear Type	cx (m)	cy (kN)	dx (m)	dy (kN)	ex (m)	ey (kN)
1	Comp.-only	0.0	0.0	1497000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	Linear	749000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	Comp.-only	0.0	0.0	1497000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	Linear	749000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	Comp.-only	0.0	0.0	1497000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	Linear	749000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	Comp.-only	0.0	0.0	1497000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	Linear	749000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	Comp.-only	0.0	0.0	1497000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	Linear	749000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	Comp.-only	0.0	0.0	1497000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	Linear	749000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	Comp.-only	0.0	0.0	1497000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	Linear	749000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	Comp.-only	0.0	0.0	1497000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	Linear	749000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	Comp.-only	0.0	0.0	1497000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	Linear	749000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	Comp.-only	0.0	0.0	1497000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	Linear	749000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	Comp.-only	0.0	0.0	1497000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	Linear	749000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	Comp.-only	0.0	0.0	1497000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	Linear	749000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	Comp.-only	0.0	0.0	1497000.0	Dz(-)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	Linear	749000.0	0.0	0.0	Dx(+)	Unsymmetric	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



A.4.2. Load for T2 and T3 cross section (GA T2-T3)

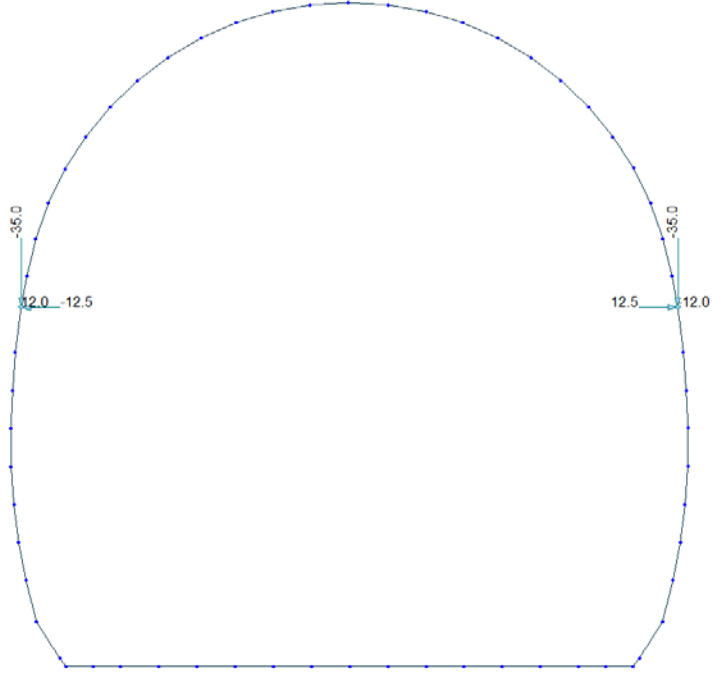


Figure 6 Load G2 (Fixation of cantilever wire)

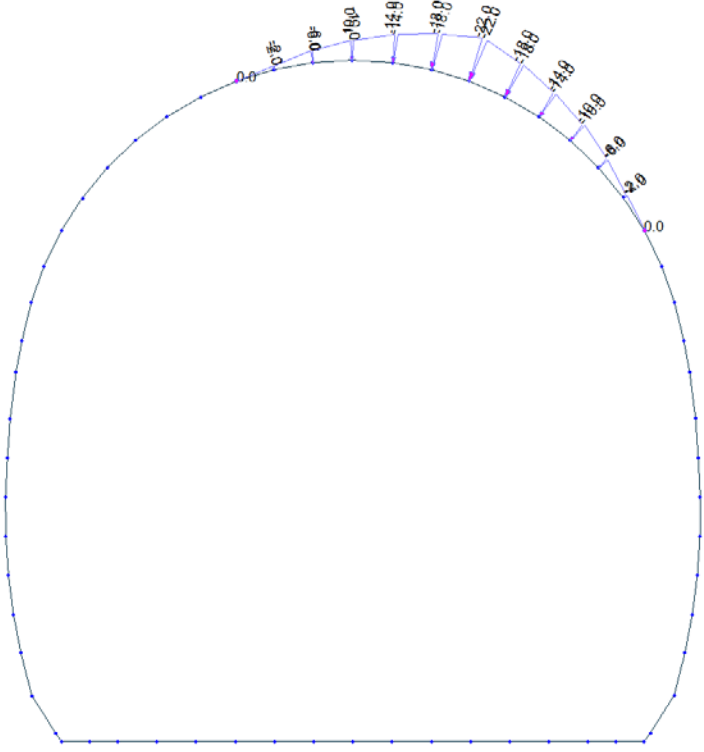


Figure 7 Load G5 - Block analysis



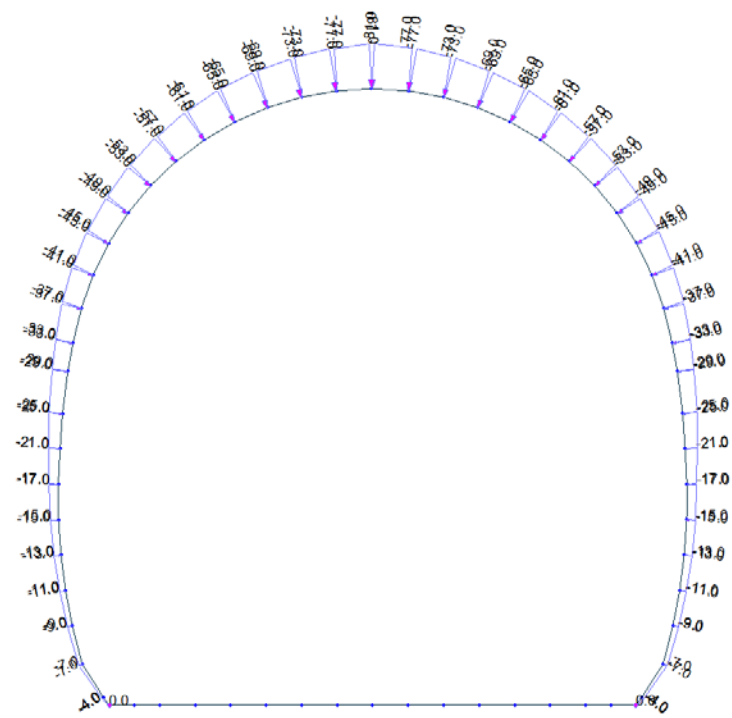


Figure 8 Load G5 – FEM analysis

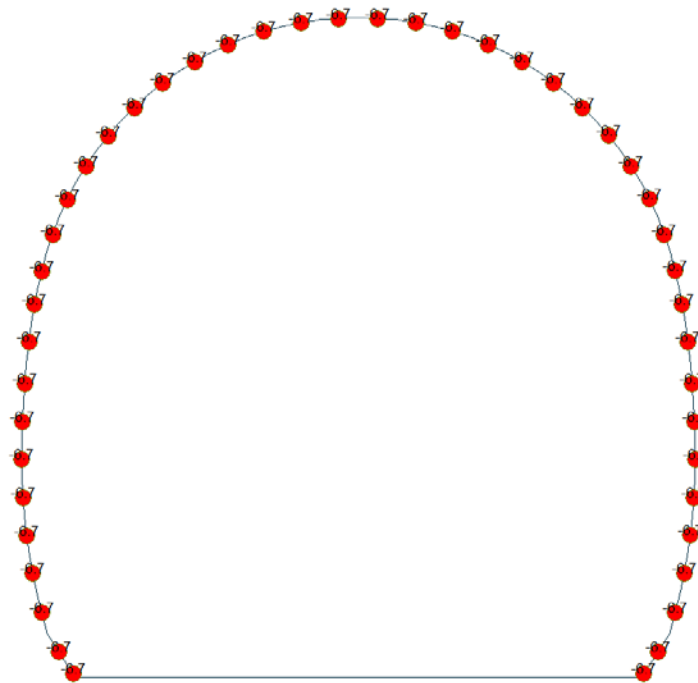


Figure 9 Load G6 SLU

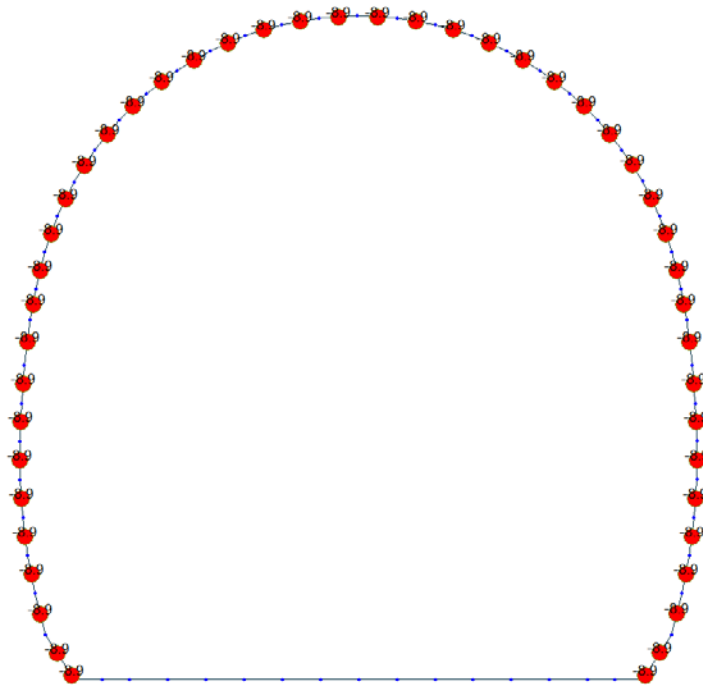


Figure 10 Load G6 SLE

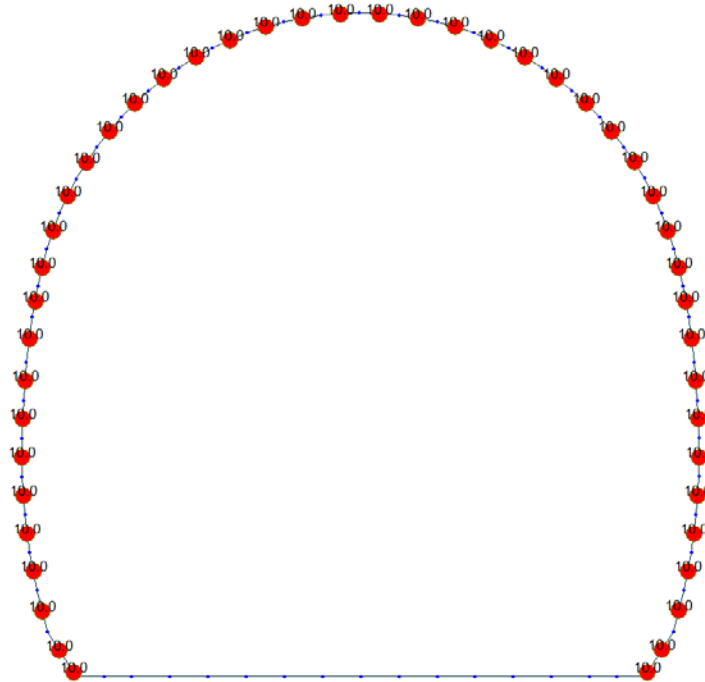


Figure 11 Load Q1 E (Costant temperature)

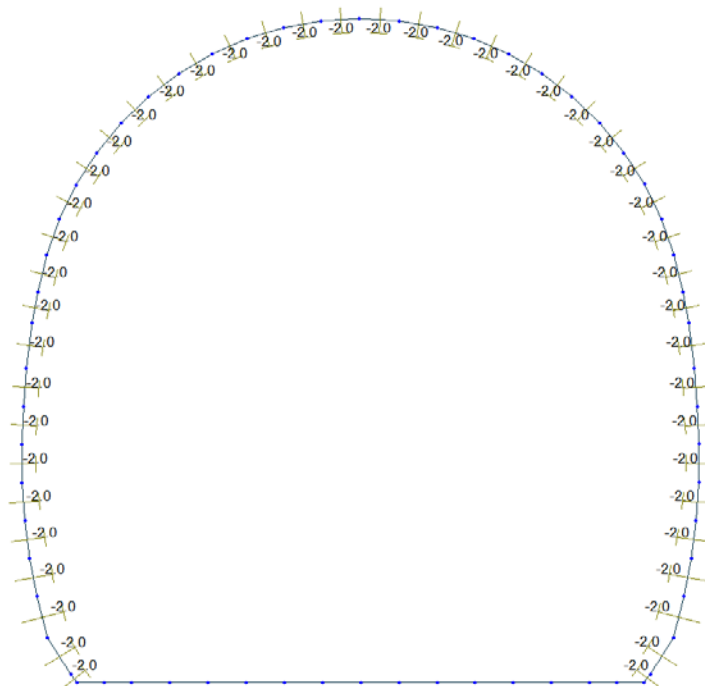


Figure 12 Load Q1 E (Temperature gradient)

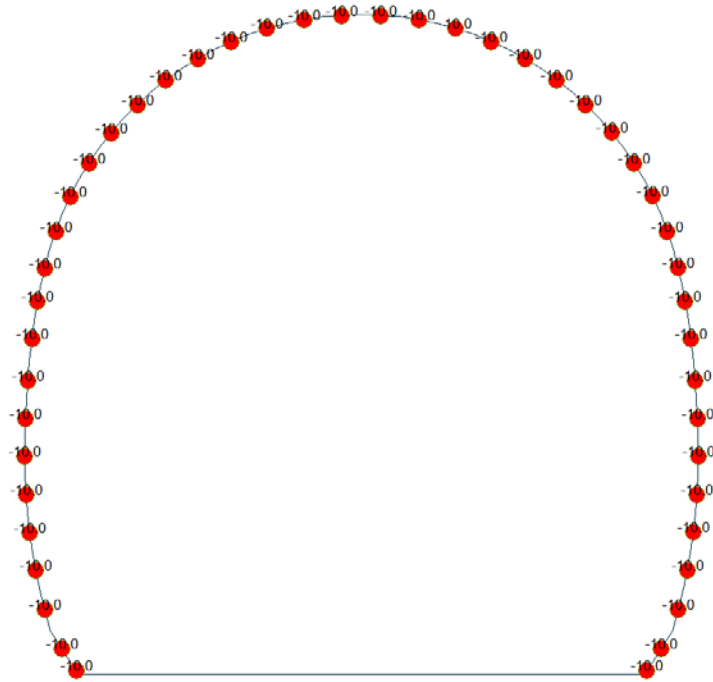


Figure 13 Load Q1 I (Costant temperature)

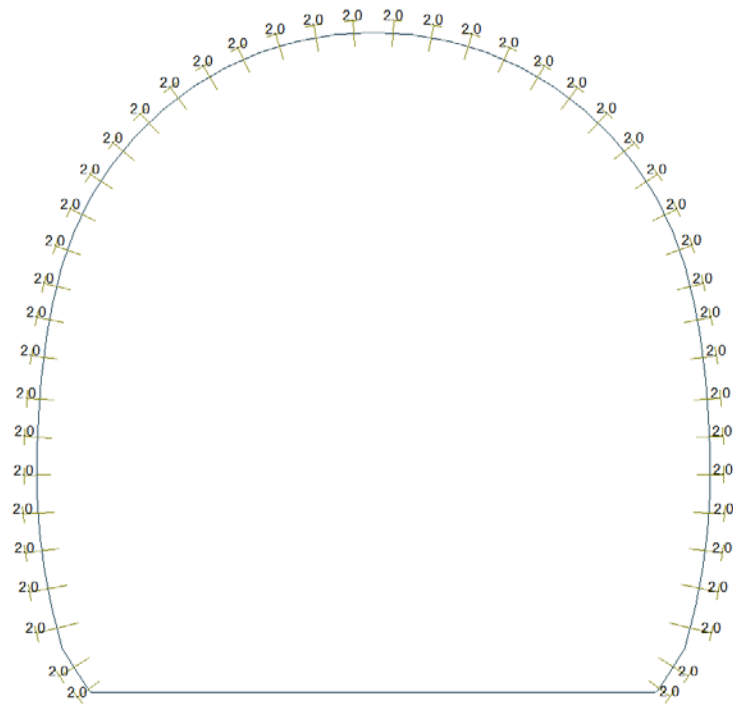


Figure 14 Load Q1 I (Temperature gradient)

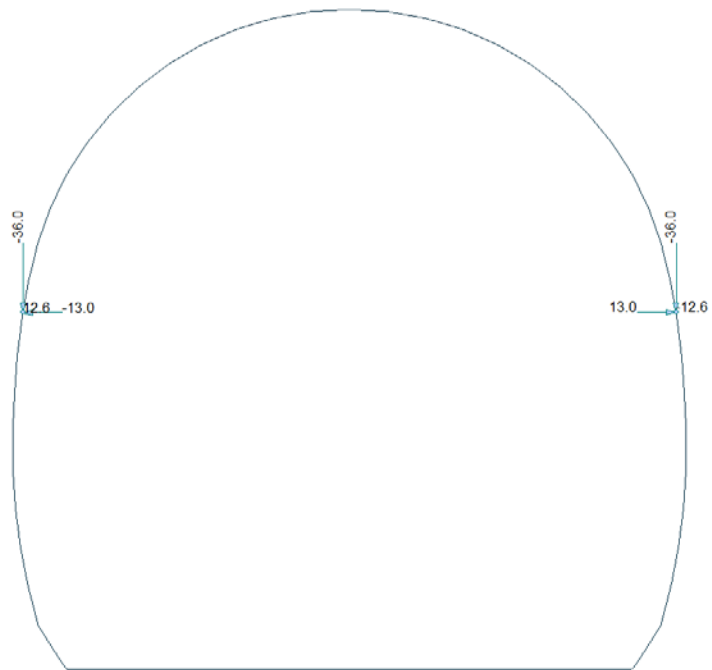


Figure 15 Load A1 P Paramenti (pression on paraments – Deck reaction)

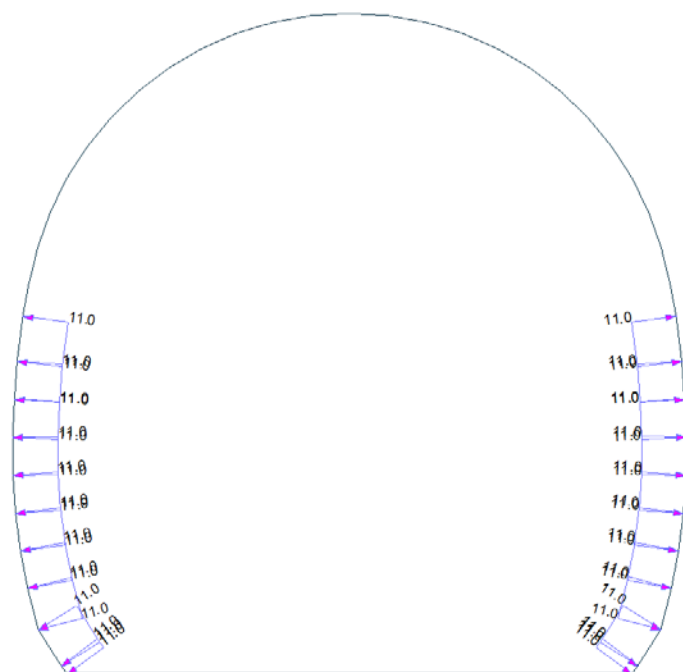


Figure 16 Load A1 P Paramenti (pression on paraments)

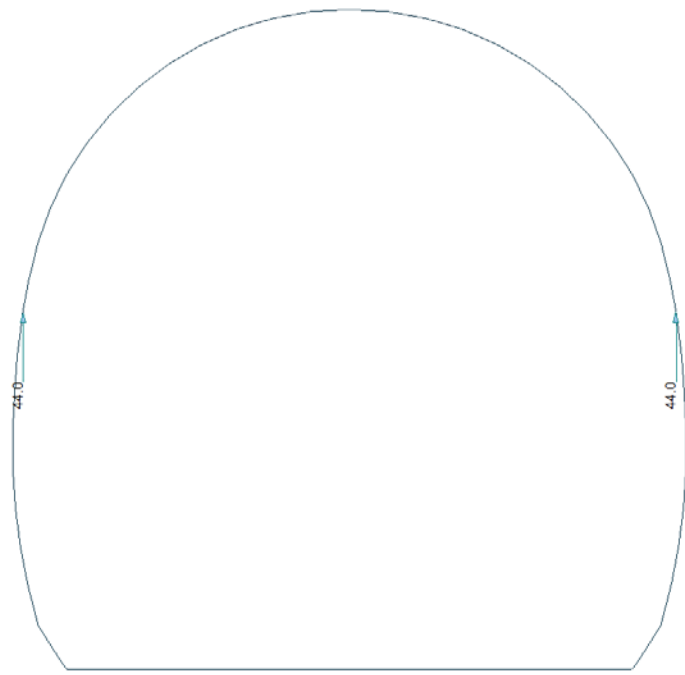


Figure 17 Load A1 A Paramenti (aspiration on paraments – Deck reaction)

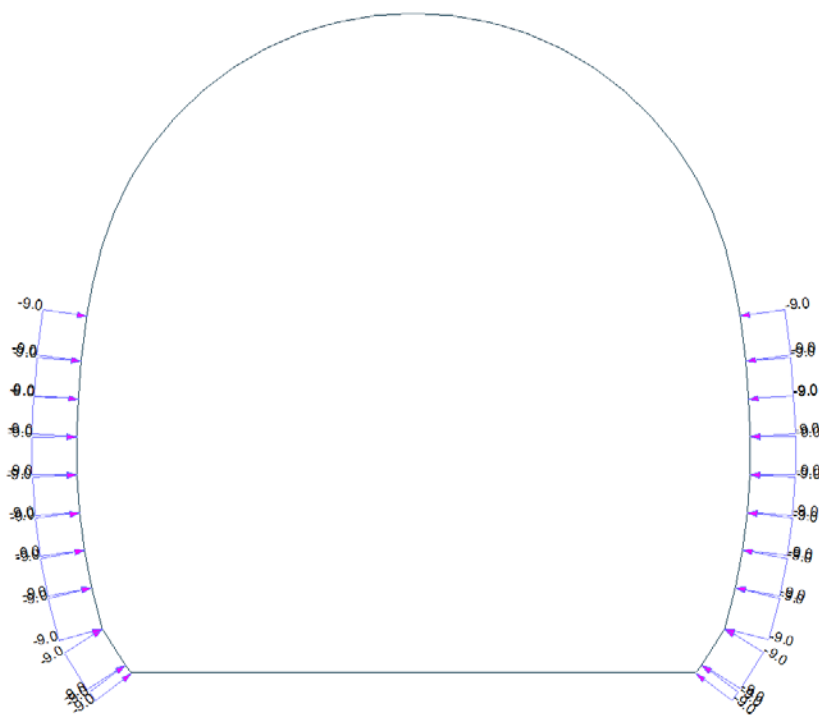


Figure 18 Load A1 A Paramenti (aspiration on paraments)

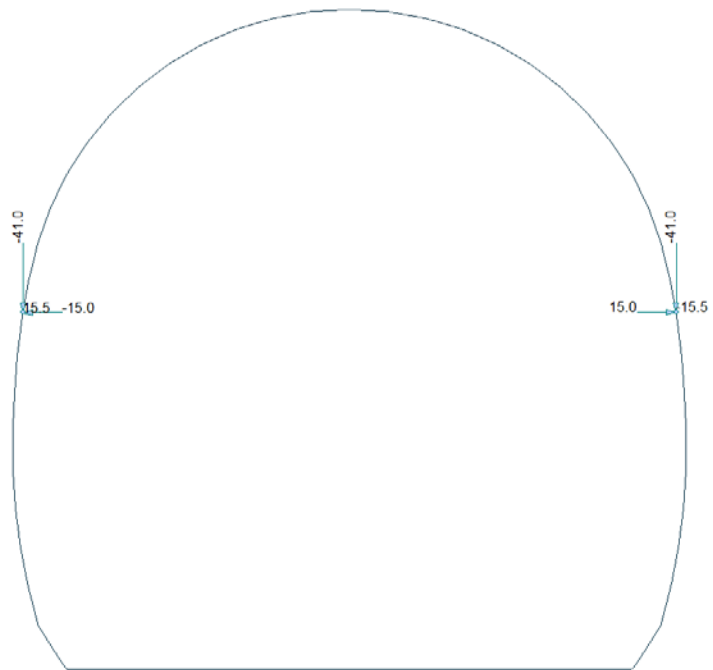


Figure 19 Load A1 P Volta (pression on crown – Deck reaction)

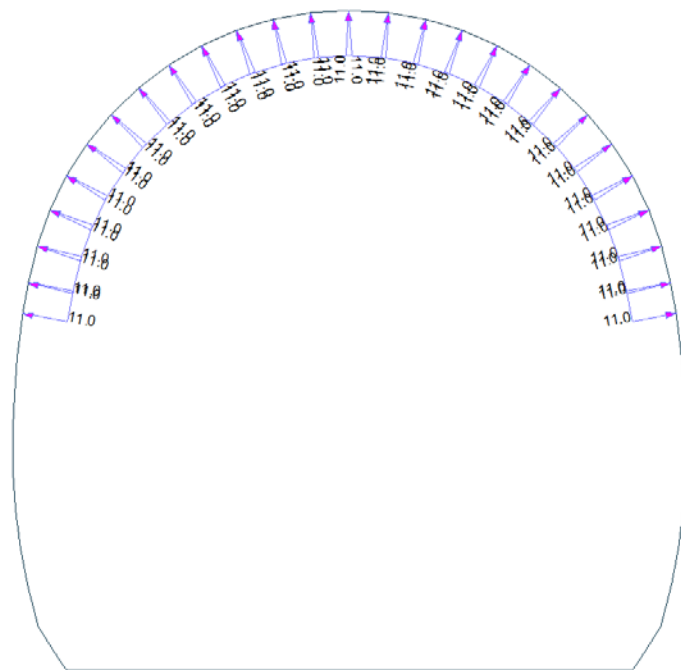


Figure 20 Load A1 P Volta (pression on crown)

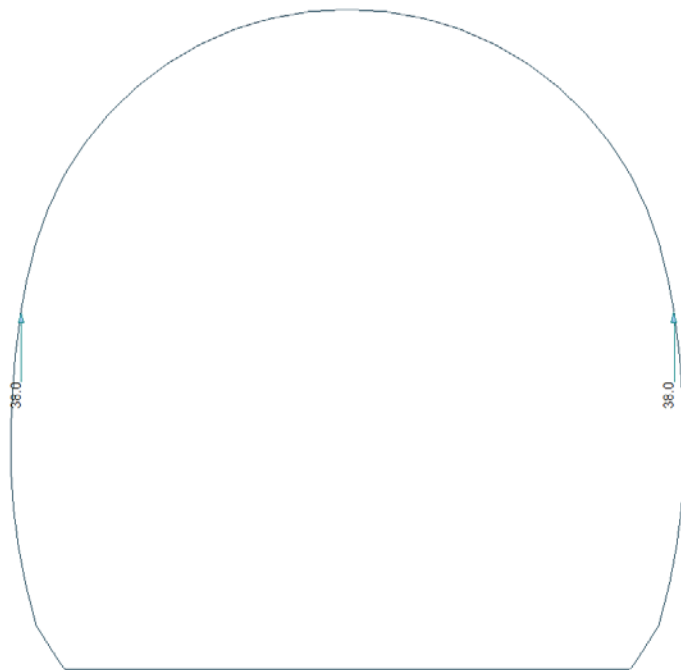


Figure 21 Load A1 A Volta (aspiration on crown – Deck reaction)

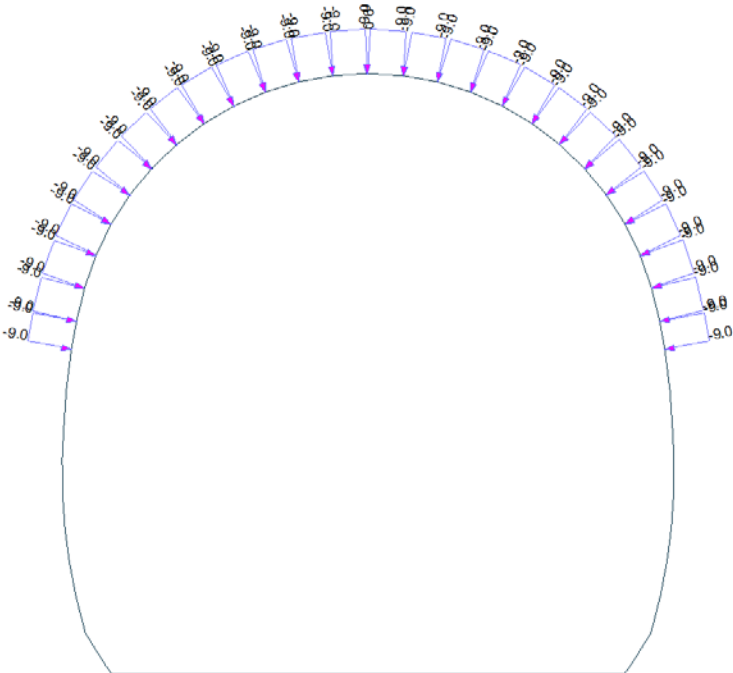


Figure 22 Load A1 A Volta (aspiration on crown)



### A.4.3. Load combinations

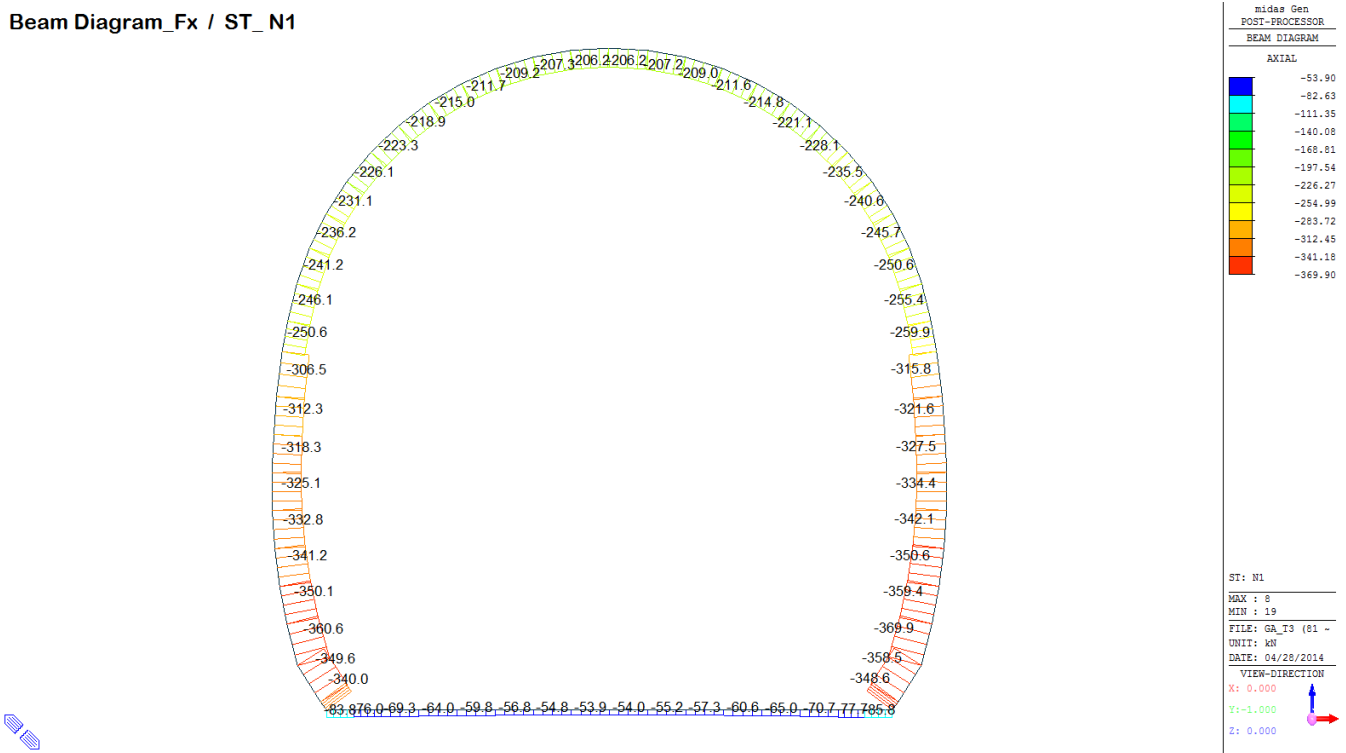
#### LIST OF LOAD COMBINATIONS

NUM	NAME	ACTIVE	TYPE	LOADCASE(FACTOR) +	LOADCASE(FACTOR) +	LOADCASE(FACTOR)
1	1	Inactive	Add	G1( 1.350) +	Q1 - E( 1.500)	
2	2	Inactive	Add	G1( 1.350) +	G6 - SLU( 1.000) +	Q1 - I( 1.500)
3	5	Inactive	Add	G1( 1.350) +	G5( 1.350) +	Q1 - E( 1.500)
4	6	Inactive	Add	G1( 1.350) + + Q1 - I( 1.500)	G5( 1.350) +	G6 - SLU( 1.000)
5	11	Inactive	Add	G1( 1.000) + + A1 - A (volta)( 10)	Q1 - E( 0.600) +	A1 - P (paramenti)( 1.000)
6	12	Inactive	Add	G1( 1.000) + + A1 - P (volta)( 10)	G6 - SLU( 1.000) +	A1 - A (paramenti)( 1.000)
7	21	Strength/Stress	Add	G1( 1.000) +	G5( 1.000) +	Q1 - E( 0.600)
8	22	Strength/Stress	Add	G1( 1.000) +	G5( 1.000) +	G6 - SLU( 1.000)
9	SLE - 1	Inactive	Add	G1( 1.000) +	Q1 - E( 1.000)	
10	SLE - 2	Inactive	Add	G1( 1.000) +	G6 - SLE( 1.000) +	Q1 - I( 1.000)
11	SLE - 5	Inactive	Add	G1( 1.000) +	G5( 1.000) +	Q1 - E( 1.000)
12	SLE - 6	Inactive	Add	G1( 1.000) + + Q1 - I( 1.000)	G5( 1.000) +	G6 - SLE( 1.000)

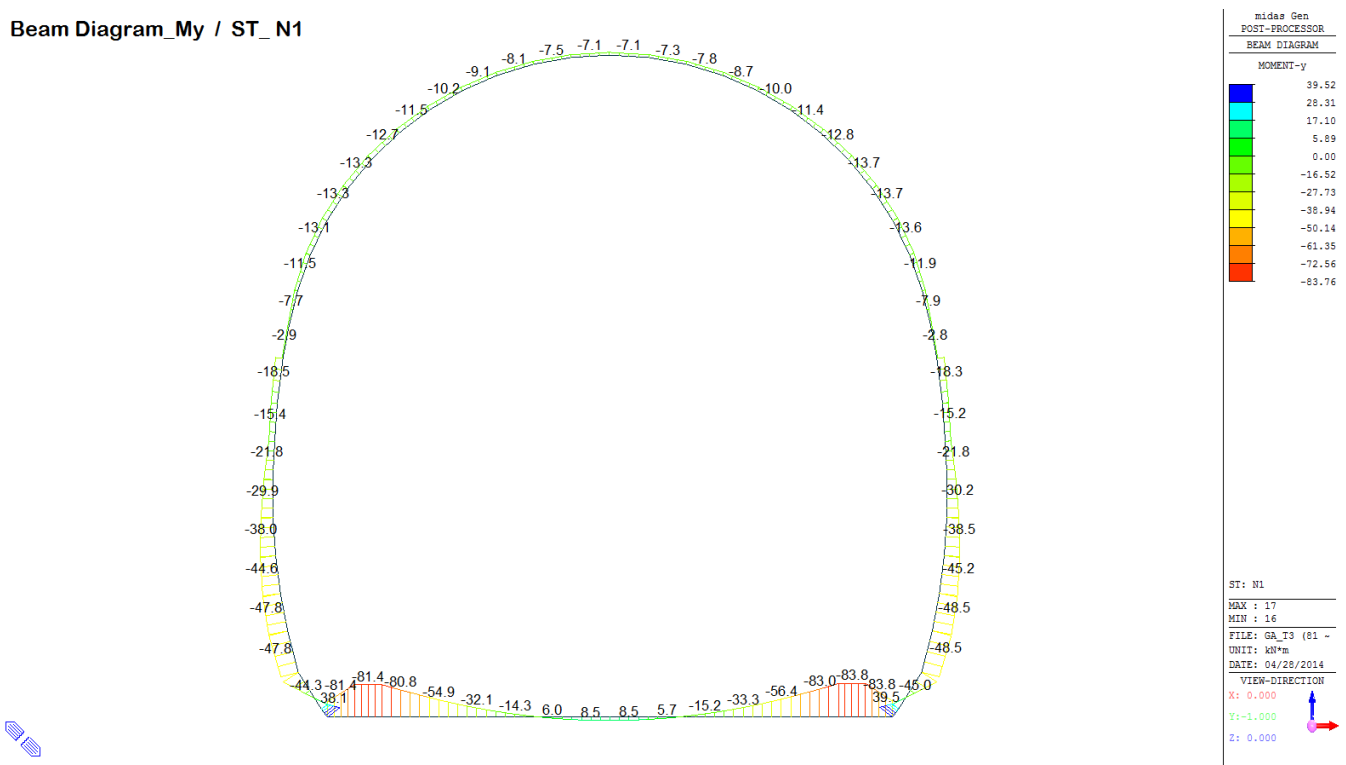
### A.4.4. Output and check results for T2 and T3 cross section (GA T2-T3)

#### A.4.4.1. Load combination SLU 1

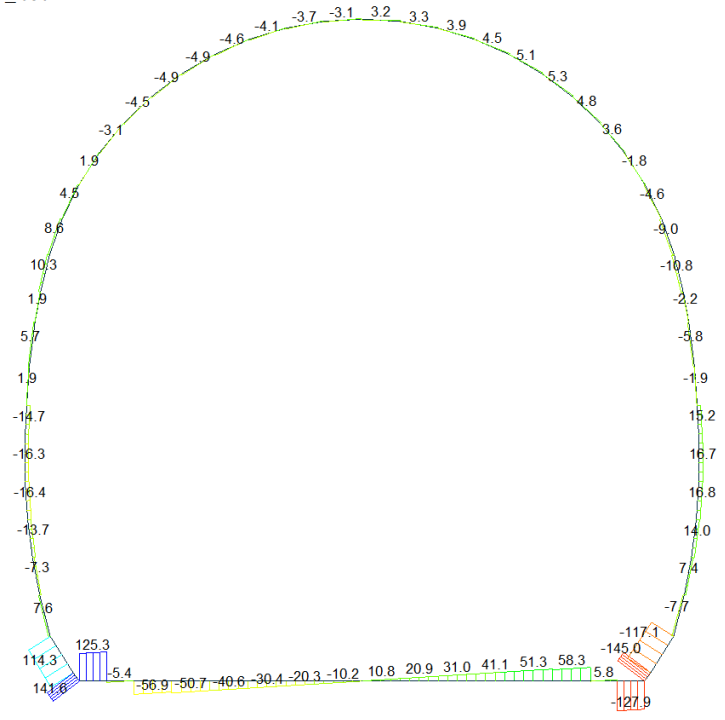
Beam Diagram\_Fx / ST\_N1



Beam Diagram\_My / ST\_N1



Beam Diagram\_Fz / ST\_N1



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM  
SHEAR-z

141.60  
115.54  
89.49  
63.43  
37.38  
0.00  
-14.74  
-40.79  
-66.85  
-92.90  
-118.96  
-145.02

ST: N1  
MAX : 62  
MIN : 17  
FILE: GA\_T3 (61 -  
UNIT: kN  
DATE: 04/28/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

VERIFICHE SEZIONALI CALOTTA

CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

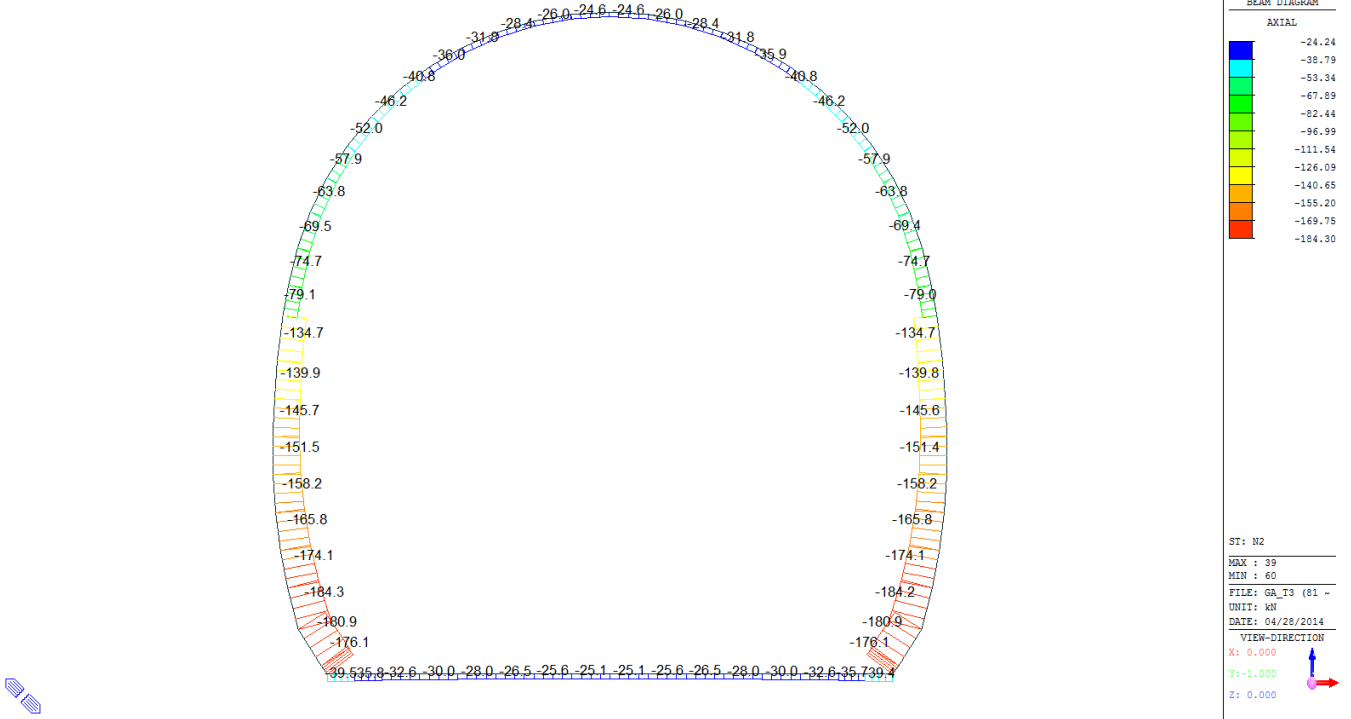
$R_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{d0}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctk,0.95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.60	$\alpha_{cc}$	0.80	$\alpha_{ct}$	0.80	$\psi$	0.80
$f_{td,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	15.36	$f_{td,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	1.030	$E_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

VERIFICHE SEZIONI NON FESSURATE

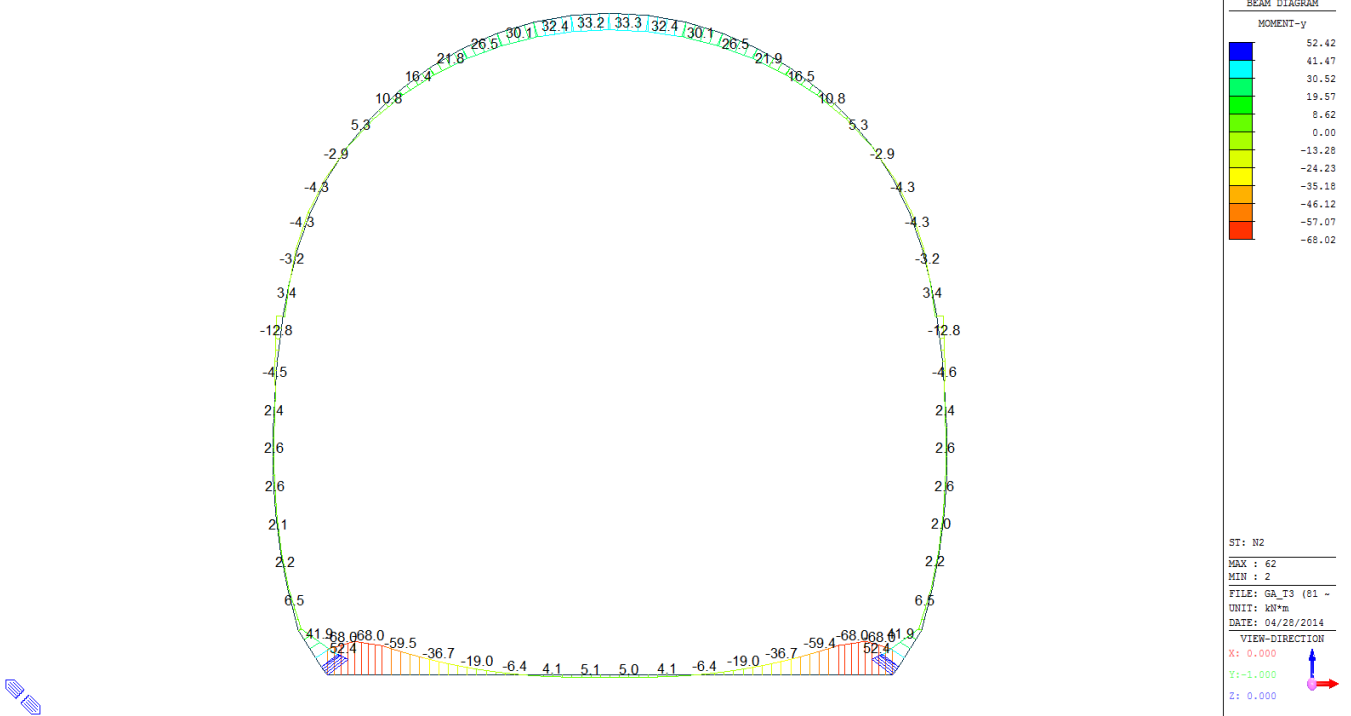
Combinazione di carico	Elemento	Nodo	$M_d$ [kN-m]	$N_d$ [kN]	$V_d$ [kN]	$d$ [m]	Solicitazioni interne		Resistenze di progetto		Risultato verifica	Verifica a taglio secondo EC2			
							$\sigma_{top}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{cp}^{II}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd}(EC2)$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{cp,max} \leq F_{v,rd}$
N1	29	J[30]	-11.9	-245.0	9.0	0.35	-1.28	-0.12	-15.36	1.03	OK	0.039	0.700	1.33	OK
N1	29	J[29]	-7.9	-250.6	7.1	0.35	-1.10	-0.33	-15.36	1.03	OK	0.030	0.716	1.34	OK
N1	30	J[31]	-13.6	-240.4	4.6	0.35	-1.35	-0.02	-15.36	1.03	OK	0.020	0.687	1.33	OK
N1	30	J[30]	-11.9	-245.7	2.0	0.35	-1.28	-0.12	-15.36	1.03	OK	0.009	0.702	1.34	OK
N1	31	J[32]	-13.7	-235.6	1.8	0.35	-1.34	0.00	-15.36	1.03	OK	0.008	0.673	1.32	OK
N1	31	J[31]	-13.6	-240.6	1.4	0.35	-1.35	-0.02	-15.36	1.03	OK	0.006	0.687	1.33	OK
N1	32	J[33]	-12.8	-231.0	0.1	0.35	-1.29	-0.03	-15.36	1.03	OK	0.001	0.660	1.32	OK
N1	32	J[32]	-13.7	-235.5	3.6	0.35	-1.34	0.00	-15.36	1.03	OK	0.016	0.673	1.32	OK
N1	33	J[34]	-11.4	-224.0	0.6	0.35	-1.20	-0.08	-15.36	1.03	OK	0.002	0.640	1.31	OK
N1	33	J[33]	-12.8	-228.1	4.9	0.35	-1.28	-0.03	-15.36	1.03	OK	0.021	0.652	1.32	OK
N1	34	J[35]	-10.0	-217.6	0.5	0.35	-1.11	-0.13	-15.36	1.03	OK	0.002	0.622	1.30	OK
N1	34	J[34]	-11.4	-221.1	5.3	0.35	-1.19	-0.07	-15.36	1.03	OK	0.023	0.632	1.31	OK
N1	35	J[36]	-8.7	-211.8	0.0	0.35	-1.03	-0.18	-15.36	1.03	OK	0.000	0.605	1.30	OK
N1	35	J[35]	-10.0	-214.8	5.1	0.35	-1.10	-0.12	-15.36	1.03	OK	0.022	0.614	1.30	OK
N1	36	J[37]	-7.8	-209.2	0.9	0.35	-0.98	-0.22	-15.36	1.03	OK	0.004	0.598	1.29	OK
N1	36	J[36]	-8.7	-211.6	4.5	0.35	-1.03	-0.18	-15.36	1.03	OK	0.019	0.604	1.30	OK
N1	37	J[38]	-7.3	-207.3	1.8	0.35	-0.95	-0.24	-15.36	1.03	OK	0.008	0.592	1.29	OK
N1	37	J[37]	-7.8	-209.0	3.9	0.35	-0.98	-0.22	-15.36	1.03	OK	0.017	0.597	1.29	OK
N1	38	J[39]	-7.1	-206.2	2.6	0.35	-0.94	-0.24	-15.36	1.03	OK	0.011	0.589	1.29	OK
N1	38	J[38]	-7.3	-207.2	3.3	0.35	-0.95	-0.24	-15.36	1.03	OK	0.014	0.592	1.29	OK
N1	39	J[40]	-7.0	-205.8	3.0	0.35	-0.93	-0.24	-15.36	1.03	OK	0.013	0.588	1.29	OK
N1	39	J[39]	-7.1	-206.2	3.2	0.35	-0.94	-0.24	-15.36	1.03	OK	0.014	0.589	1.29	OK
N1	40	J[41]	-7.1	-206.2	3.1	0.35	-0.94	-0.24	-15.36	1.03	OK	0.013	0.589	1.29	OK
N1	40	J[40]	-7.0	-205.9	2.8	0.35	-0.93	-0.24	-15.36	1.03	OK	0.012	0.588	1.29	OK
N1	41	J[42]	-7.5	-207.3	3.7	0.35	-0.96	-0.23	-15.36	1.03	OK	0.016	0.592	1.29	OK
N1	41	J[41]	-7.1	-206.3	2.2	0.35	-0.94	-0.24	-15.36	1.03	OK	0.009	0.589	1.29	OK
N1	42	J[43]	-8.1	-209.2	4.2	0.35	-1.00	-0.20	-15.36	1.03	OK	0.018	0.598	1.29	OK
N1	42	J[42]	-7.5	-207.5	1.5	0.35	-0.96	-0.23	-15.36	1.03	OK	0.006	0.593	1.29	OK
N1	43	J[44]	-9.1	-211.8	4.6	0.35	-1.05	-0.16	-15.36	1.03	OK	0.020	0.605	1.30	OK
N1	43	J[43]	-8.1	-209.4	0.8	0.35	-1.00	-0.20	-15.36	1.03	OK	0.004	0.598	1.29	OK
N1	44	J[45]	-10.2	-215.0	4.9	0.35	-1.12	-0.11	-15.36	1.03	OK	0.021	0.614	1.30	OK
N1	44	J[44]	-9.1	-212.0	0.2	0.35	-1.05	-0.16	-15.36	1.03	OK	0.001	0.606	1.30	OK
N1	45	J[46]	-11.5	-218.9	4.9	0.35	-1.19	-0.06	-15.36	1.03	OK	0.021	0.625	1.31	OK
N1	45	J[45]	-10.2	-215.3	0.2	0.35	-1.12	-0.11	-15.36	1.03	OK	0.001	0.615	1.30	OK
N1	46	J[47]	-12.7	-223.3	4.5	0.35	-1.26	-0.02	-15.36	1.03	OK	0.019	0.638	1.31	OK
N1	46	J[46]	-11.5	-219.2	0.3	0.35	-1.19	-0.06	-15.36	1.03	OK	0.001	0.626	1.31	OK
N1	47	J[48]	-13.3	-226.1	3.1	0.35	-1.30	0.01	-15.36	1.03	OK	0.013	0.649	1.31	OK
N1	47	J[47]	-12.7	-221.5	0.7	0.35	-1.25	-0.01	-15.36	1.03	OK	0.003	0.633	1.31	OK
N1	48	J[49]	-13.1	-231.1	1.3	0.35	-1.30	-0.02	-15.36	1.03	OK	0.005	0.660	1.32	OK
N1	48	J[48]	-13.3	-226.2	2.0	0.35	-1.30	0.01	-15.36	1.03	OK	0.008	0.649	1.31	OK
N1	49	J[50]	-11.5	-236.2	1.9	0.35	-1.24	-0.11	-15.36	1.03	OK	0.008	0.675	1.32	OK
N1	49	J[49]	-13.1	-230.9	4.5	0.35	-1.30	-0.02	-15.36	1.03	OK	0.019	0.660	1.32	OK
N1	50	J[51]	-7.7	-241.2	6.7	0.35	-1.07	-0.31	-15.36	1.03	OK	0.029	0.689	1.33	OK
N1	50	J[50]	-11.5	-235.6	8.6	0.35	-1.24	-0.11	-15.36	1.03	OK	0.037	0.673	1.32	OK

A.4.4.2. Load combination SLU 2

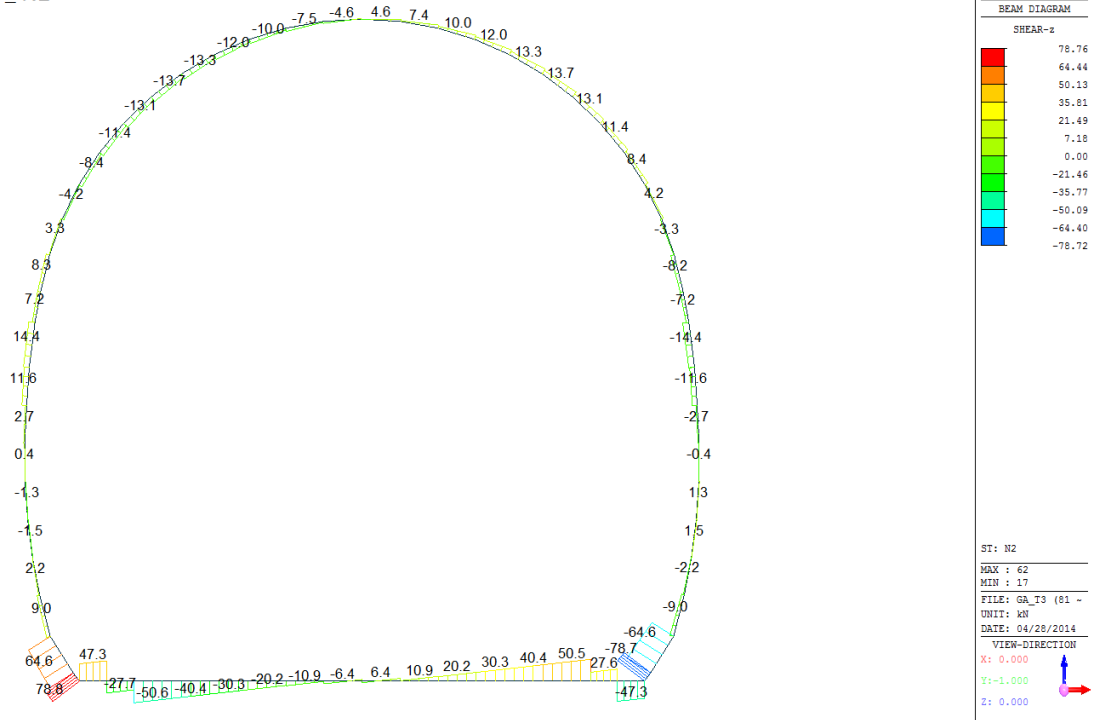
Beam Diagram\_Fx / ST\_N2



Beam Diagram\_My / ST\_N2



Beam Diagram\_Fz / ST\_N2



VERIFICHE SEZIONALI CALOTTA

CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

$R_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{d0}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctk0.95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.60	$\alpha_{cc}$	0.80	$\alpha_{ct}$	0.80	$\psi$	0.80
$f_{td,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	15.36	$f_{td,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	1.030	$E_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

VERIFICHE SEZIONI NON FESSURATE

Combinazione di carico	Elemento	Nodo	$M_d$ [kN-m]	$N_d$ [kN]	$V_d$ [kN]	$d$ [m]	Solicitazioni interne		Resistenze di progetto		Risultato verifica	Verifica a taglio secondo EC2			
							$\sigma_{top}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{td,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctk,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{cp}^{lim}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd}(EC2)$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{cp,max} \leq F_{ctd}$
N2	29	J[30]	-6.7	-63.0	0.9	0.35	-0.51	0.15	-15.36	1.03	OK	0.004	0.254	1.15	OK
N2	29	J[29]	-6.7	-68.6	1.0	0.35	-0.53	0.13	-15.36	1.03	OK	0.004	0.263	1.15	OK
N2	30	J[31]	-4.1	-57.4	3.9	0.35	-0.37	0.04	-15.36	1.03	OK	0.017	0.183	1.12	OK
N2	30	J[30]	-6.7	-62.7	6.5	0.35	-0.51	0.15	-15.36	1.03	OK	0.028	0.254	1.15	OK
N2	31	J[32]	0.4	-51.6	7.4	0.35	-0.13	-0.16	-15.36	1.03	OK	0.032	0.147	1.10	OK
N2	31	J[31]	-4.1	-56.6	10.6	0.35	-0.36	0.04	-15.36	1.03	OK	0.045	0.182	1.12	OK
N2	32	J[33]	6.1	-45.8	9.6	0.35	0.17	-0.43	-15.36	1.03	OK	0.041	0.214	1.13	OK
N2	32	J[32]	0.4	-50.4	13.3	0.35	-0.13	-0.16	-15.36	1.03	OK	0.057	0.144	1.10	OK
N2	33	J[34]	12.4	-40.3	10.6	0.35	0.49	-0.72	-15.36	1.03	OK	0.045	0.362	1.20	OK
N2	33	J[33]	6.1	-44.4	14.9	0.35	0.17	-0.42	-15.36	1.03	OK	0.064	0.212	1.13	OK
N2	34	J[35]	18.9	-35.2	10.5	0.35	0.82	-1.03	-15.36	1.03	OK	0.045	0.513	1.26	OK
N2	34	J[34]	12.4	-38.8	15.3	0.35	0.50	-0.72	-15.36	1.03	OK	0.065	0.360	1.20	OK
N2	35	J[36]	24.9	-30.8	9.5	0.35	1.13	-1.31	-15.36	1.03	FESSURATA	0.041	0.654	1.32	OK
N2	35	J[35]	18.9	-33.8	14.6	0.35	0.83	-1.02	-15.36	1.03	OK	0.063	0.511	1.26	OK
N2	36	J[37]	30.1	-27.1	7.6	0.35	1.39	-1.55	-15.36	1.03	FESSURATA	0.033	0.775	1.36	OK
N2	36	J[36]	24.9	-29.5	13.0	0.35	1.14	-1.30	-15.36	1.03	FESSURATA	0.056	0.652	1.32	OK
N2	37	J[38]	34.0	-24.3	5.1	0.35	1.60	-1.74	-15.36	1.03	FESSURATA	0.022	0.866	1.40	OK
N2	37	J[37]	30.1	-26.0	10.7	0.35	1.40	-1.55	-15.36	1.03	FESSURATA	0.046	0.773	1.36	OK
N2	38	J[39]	36.5	-22.5	2.1	0.35	1.72	-1.85	-15.36	1.03	FESSURATA	0.009	0.926	1.42	OK
N2	38	J[38]	34.0	-23.5	7.9	0.35	1.60	-1.73	-15.36	1.03	FESSURATA	0.034	0.867	1.40	OK
N2	39	J[40]	37.4	-21.7	1.4	0.35	1.77	-1.89	-15.36	1.03	FESSURATA	0.006	0.946	1.43	OK
N2	39	J[39]	36.5	-22.1	4.8	0.35	1.72	-1.85	-15.36	1.03	FESSURATA	0.020	0.925	1.42	OK
N2	40	J[41]	36.5	-22.1	4.7	0.35	1.72	-1.85	-15.36	1.03	FESSURATA	0.020	0.925	1.42	OK
N2	40	J[40]	37.4	-21.7	1.2	0.35	1.77	-1.89	-15.36	1.03	FESSURATA	0.005	0.946	1.43	OK
N2	41	J[42]	34.0	-23.5	7.9	0.35	1.60	-1.73	-15.36	1.03	FESSURATA	0.034	0.866	1.40	OK
N2	41	J[41]	36.5	-22.5	2.1	0.35	1.72	-1.85	-15.36	1.03	FESSURATA	0.009	0.926	1.42	OK
N2	42	J[43]	30.0	-26.0	10.8	0.35	1.40	-1.55	-15.36	1.03	FESSURATA	0.046	0.773	1.36	OK
N2	42	J[42]	34.0	-24.3	5.1	0.35	1.60	-1.73	-15.36	1.03	FESSURATA	0.022	0.867	1.40	OK
N2	43	J[44]	24.9	-29.5	13.0	0.35	1.13	-1.30	-15.36	1.03	FESSURATA	0.056	0.651	1.32	OK
N2	43	J[43]	30.0	-27.1	7.6	0.35	1.39	-1.55	-15.36	1.03	FESSURATA	0.033	0.774	1.36	OK
N2	44	J[45]	18.9	-33.8	14.6	0.35	0.83	-1.02	-15.36	1.03	OK	0.063	0.510	1.26	OK
N2	44	J[44]	24.9	-30.8	9.5	0.35	1.13	-1.31	-15.36	1.03	FESSURATA	0.041	0.653	1.32	OK
N2	45	J[46]	12.4	-38.8	15.3	0.35	0.50	-0.72	-15.36	1.03	OK	0.065	0.359	1.20	OK
N2	45	J[45]	18.9	-35.3	10.5	0.35	0.82	-1.02	-15.36	1.03	OK	0.045	0.512	1.26	OK
N2	46	J[47]	6.0	-44.4	14.9	0.35	0.17	-0.42	-15.36	1.03	OK	0.064	0.211	1.13	OK
N2	46	J[46]	12.4	-40.3	10.6	0.35	0.49	-0.72	-15.36	1.03	OK	0.045	0.362	1.20	OK
N2	47	J[48]	0.3	-50.4	13.3	0.35	-0.13	-0.16	-15.36	1.03	OK	0.057	0.144	1.10	OK
N2	47	J[47]	6.0	-45.9	9.6	0.35	0.16	-0.43	-15.36	1.03	OK	0.041	0.213	1.13	OK
N2	48	J[49]	-4.1	-56.6	10.5	0.35	-0.36	0.04	-15.36	1.03	OK	0.045	0.182	1.12	OK
N2	48	J[48]	0.3	-51.6	7.3	0.35	-0.13	-0.16	-15.36	1.03	OK	0.031	0.147	1.10	OK
N2	49	J[50]	-6.7	-62.7	6.4	0.35	-0.51	0.15	-15.36	1.03	OK	0.028	0.254	1.15	OK
N2	49	J[49]	-4.1	-57.4	3.8	0.35	-0.37	0.04	-15.36	1.03	OK	0.016	0.183	1.12	OK
N2	50	J[51]	-6.7	-68.6	1.0	0.35	-0.53	0.13	-15.36	1.03	OK	0.004	0.263	1.15	OK
N2	50	J[50]	-6.7	-63.1	0.9	0.35	-0.51	0.15	-15.36	1.03	OK	0.004	0.254	1.15	OK

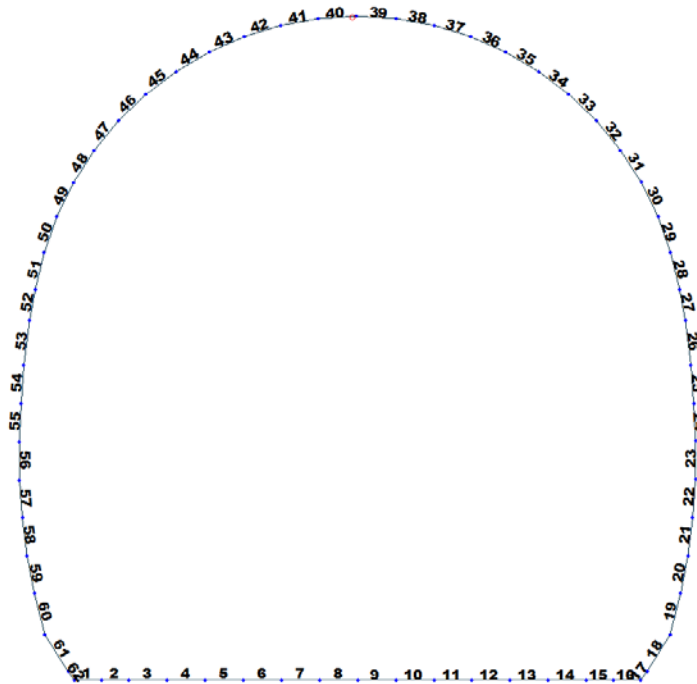


Figure 23 Beam end release

Table 4 Beam end release input value

Element	Type	Fxi	Fyi	Fzi	Mxi	Myi	Mzi	Fxj	Fyj	Fzj	Mxj	Myj	Mzj
40	Value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5090	0

ITERAZIONE SECONDO IL METODO DI PÖTTLER

CALCOLO CERNIERE PLASTICHE

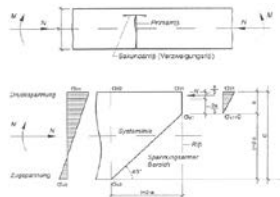
ITERAZIONE IN NODO 40 j

MIDAS

Cf <sub>iniziale, arbitraria</sub>	0.000196	[rad/kN*m]
1/Cf <sub>iniziale, arbitraria</sub>	5'090	[kN*m/rad]

M <sub>nodo</sub>	5.460	[kN*m]
N <sub>nodo</sub>	32.890	[kN]
V <sub>nodo</sub>	1.850	[kN]

Cf <sub>MIDAS</sub> = Cf <sub>PÖTTLER</sub>	SI
Ψ <sub>PÖTTLER</sub> < 4 mrad	SI

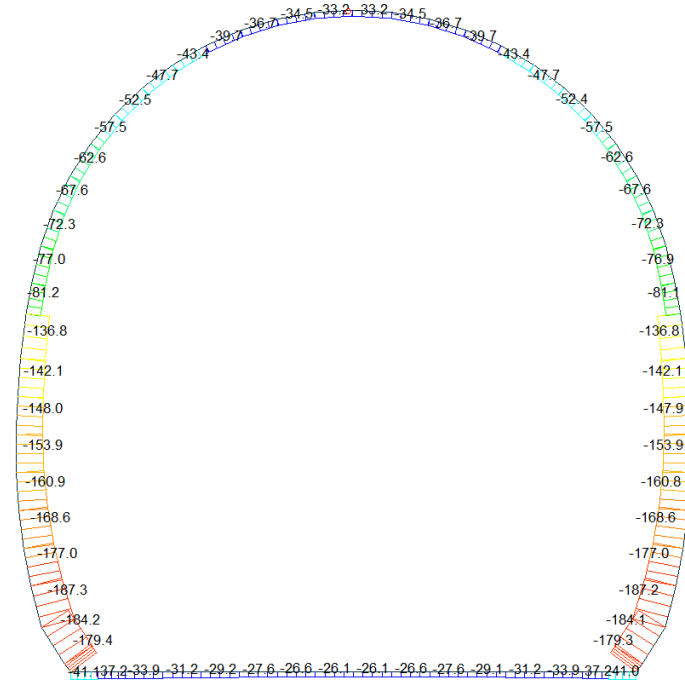


PÖTTLER

E <sub>p</sub>	26'400'000	[kN/m <sup>2</sup> ]
d	0.35	[m]
e	0.1660	[m]
a	0.03	[m]
Ψ <sub>PÖTTLER</sub>	0.0010873	[rad]
Cf <sub>PÖTTLER</sub>	0.0001991	[rad/kN*m]
1/Cf <sub>PÖTTLER</sub>	5'022	[kN*m/rad]

1.087314

Beam Diagram\_Fx / ST\_N2



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

Blue	-26.12
Cyan	-40.77
Green	-55.43
Light Green	-70.08
Yellow-Green	-84.74
Yellow	-99.39
Orange	-114.05
Light Orange	-128.70
Red-Orange	-143.36
Red	-158.01
Dark Red	-172.66
Dark Red	-187.32

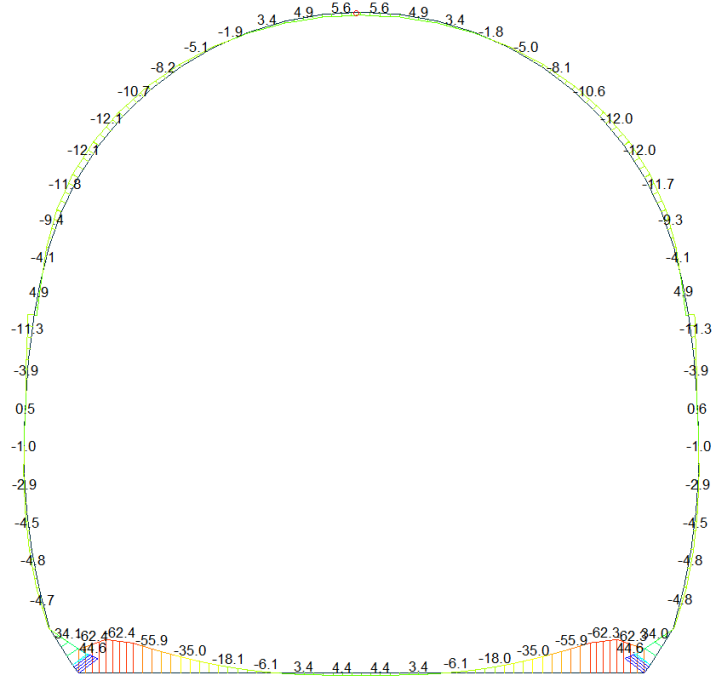
ST: N2

MAX : 9  
MIN : 60

FILE: GA\_T3 (Pbc-  
UNIT: kN  
DATE: 04/28/2014

VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_My / ST\_N2



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

Blue	44.62
Cyan	34.89
Green	25.16
Light Green	15.43
Yellow-Green	5.70
Yellow	0.00
Orange	-13.75
Light Orange	-23.48
Red-Orange	-33.21
Red	-42.94
Dark Red	-52.66
Dark Red	-62.39

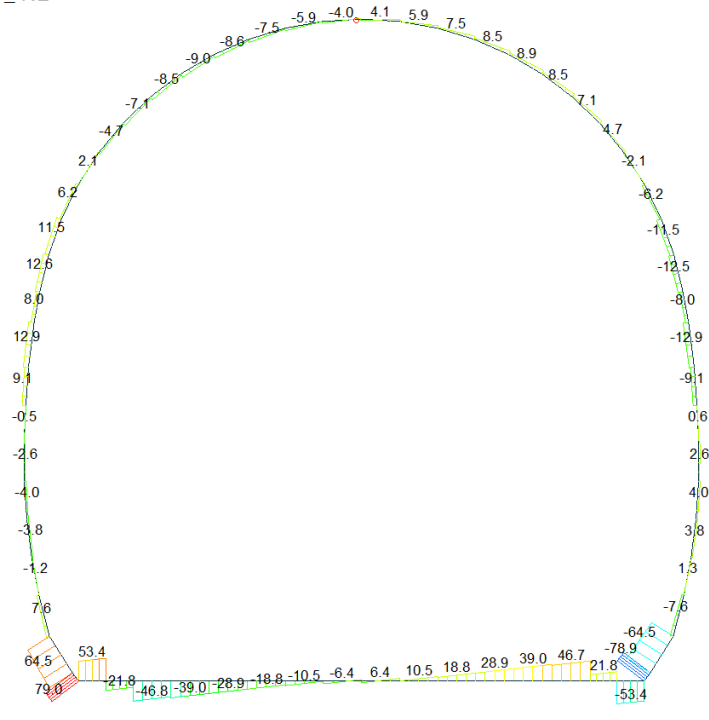
ST: N2

MAX : 62  
MIN : 2

FILE: GA\_T3 (Pbc-  
UNIT: kN\*m  
DATE: 04/28/2014

VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_Fz / ST\_N2



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM  
SHEAR-z

78.99
64.63
50.27
35.92
21.56
7.20
0.00
-21.51
-35.87
-50.22
-64.58
-78.94

ST: N2  
MAX : 62  
MIN : 17  
FILE: GA\_T3 (Poc-  
UNIT: kN  
DATE: 04/28/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

VERIFICHE SEZIONALI CALOTTA

CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

$R_{ct}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{ct}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctk,0.95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.60	$\alpha_{cc}$	0.80	$\alpha_{ct}$	0.80	$\psi$	0.80
$f_{ct,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	15.36	$f_{ct,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	1.030	$E_p$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

VERIFICHE SEZIONI FESSURATE

VERIFICA SEZIONE NODO 40 j

Combinazione di carico	Nodo n°	Posizione del nodo	$M_d$ [kN·m/m]	$N_d$ [kN/m]	$V_d$ [kN/m]	$E_p = 0.8 \cdot E_{cm}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$e_d$ [m]	$d$ [m]	Verifica dell'eccentricità $e_d < d/2$	$\sigma_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica della compressione $\sigma_d < f_{ctd,95\%}$
N2	40 j	Volta	5.5	32.9	1.9	26'400'000	0.166	0.35	OK	2.44	15.36	OK

Combinazione di carico	Nodo n°	a [m]	$\psi_{Posteri}$ [rad]	$1/Cr_{MIDAS}$ [kN·m/rad]	$1/Cr_{Posteri}$ [kN·m/rad]	Verifica della rotazione massima $< 4$ [mrad]	$w_{Posteri}$ [mm]	Ampiezza della fessura $w < 1$ [mm]	$f_{ctd,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{c,lim}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{cvd}(EC2)$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{cp,max} \leq F_{cvd}$
N2	40 j	0.027	1.0873144	5'090	5'022	OK	0.351	OK	1.03	0.10	7.14	1.89	OK
Iterazione ok													

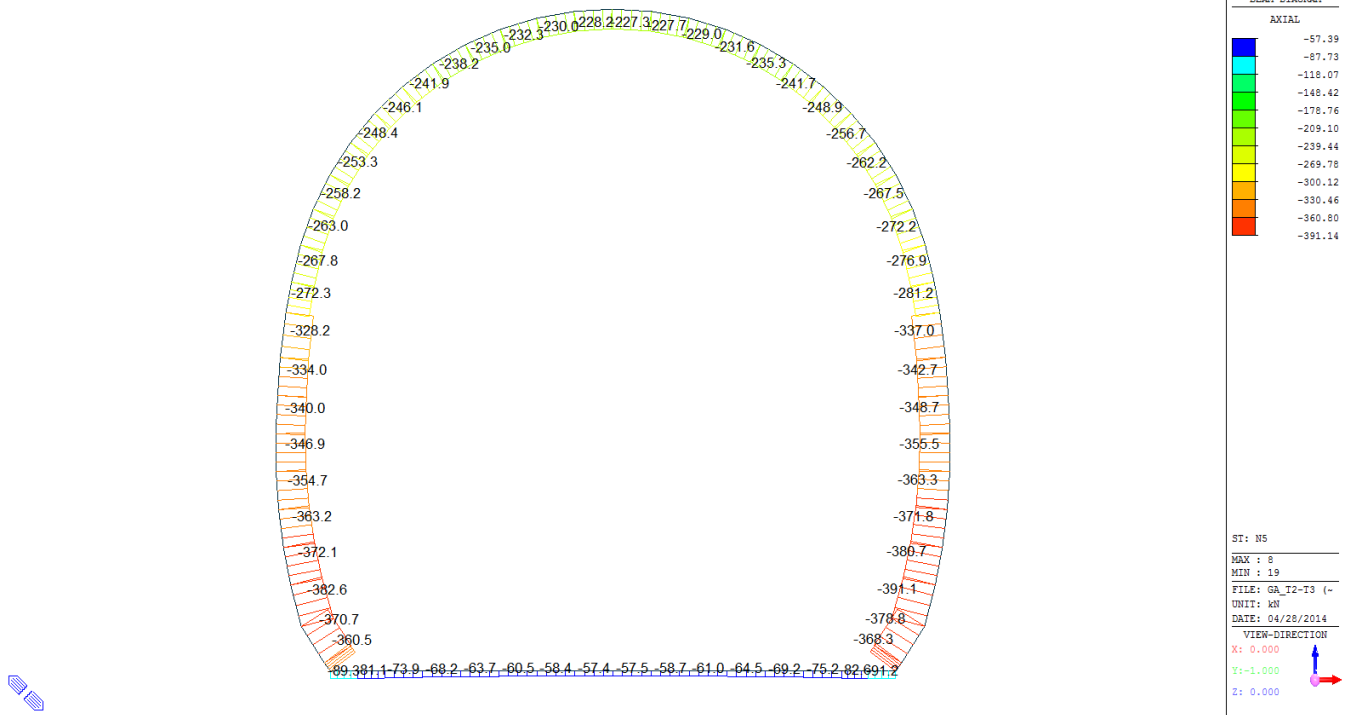


VERIFICHE SEZIONI NON FESSURATE

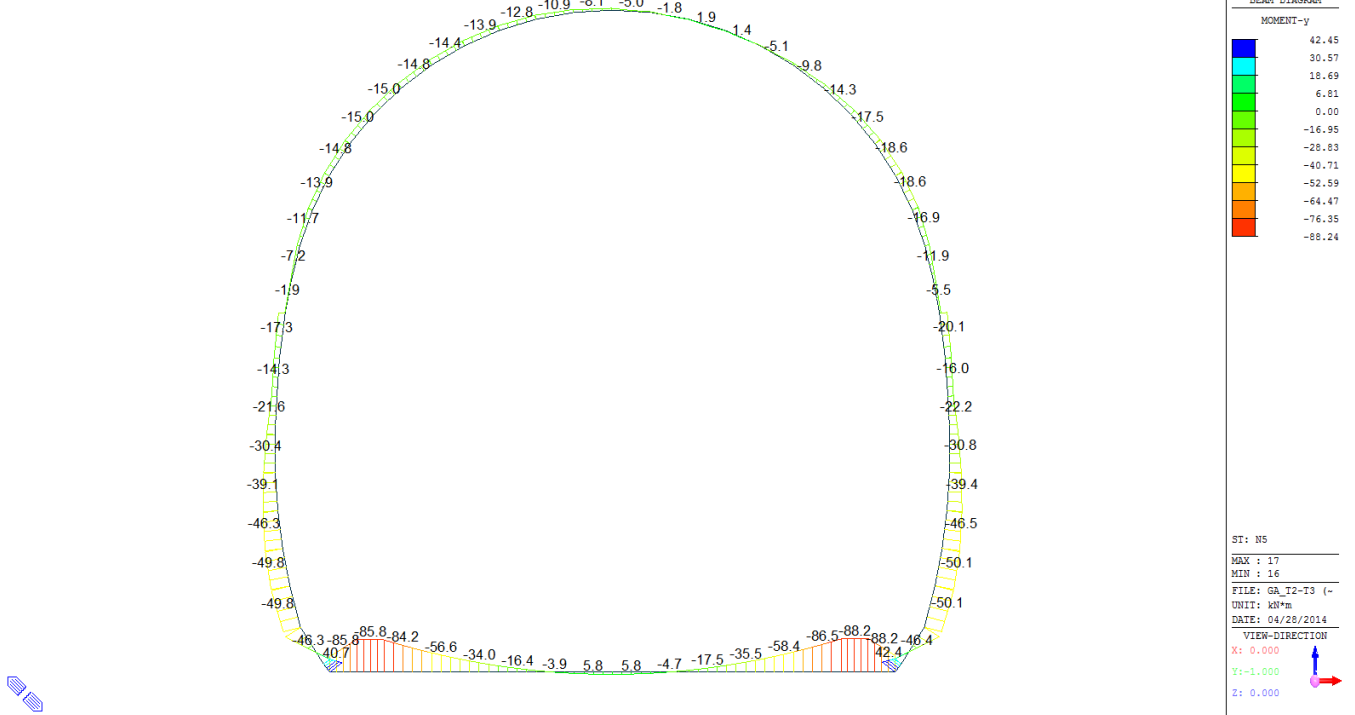
Combinazione di carico	Elemento	Nodo	M <sub>d</sub> [kN-m]	N <sub>d</sub> [kN]	V <sub>d</sub> [kN]	d [m]	Sollecitazioni interne		Resistenze di progetto		Risultato verifica	Verifica a taglio secondo EC2			
							σ <sub>sup</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	σ <sub>inf</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>cd,90%</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>ctd,90%</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]		τ <sub>cp</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	τ <sub>cp</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>ctd(EC2)</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio τ <sub>cp,max</sub> ≤ F <sub>ctd</sub>
N2	29	I[30]	-9.3	-66.7	11.5	0.35	-0.65	0.27	-15.36	1.03	OK	0.049	0.323	1.18	OK
N2	29	J[29]	-4.1	-72.3	9.5	0.35	-0.41	-0.01	-15.36	1.03	OK	0.041	0.207	1.13	OK
N2	30	I[31]	-11.8	-62.3	6.2	0.35	-0.75	0.40	-15.36	1.03	OK	0.026	0.377	1.20	OK
N2	30	J[30]	-9.3	-67.6	3.6	0.35	-0.65	0.26	-15.36	1.03	OK	0.015	0.325	1.18	OK
N2	31	I[32]	-12.0	-57.6	2.1	0.35	-0.75	0.42	-15.36	1.03	OK	0.009	0.375	1.20	OK
N2	31	J[31]	-11.8	-62.6	1.2	0.35	-0.75	0.40	-15.36	1.03	OK	0.005	0.377	1.20	OK
N2	32	I[33]	-10.6	-52.9	1.0	0.35	-0.67	0.37	-15.36	1.03	OK	0.004	0.334	1.19	OK
N2	32	J[32]	-12.0	-57.5	4.7	0.35	-0.75	0.42	-15.36	1.03	OK	0.020	0.375	1.20	OK
N2	33	I[34]	-8.1	-48.4	2.9	0.35	-0.53	0.26	-15.36	1.03	OK	0.012	0.266	1.16	OK
N2	33	J[33]	-10.6	-52.5	7.1	0.35	-0.67	0.37	-15.36	1.03	OK	0.031	0.334	1.18	OK
N2	34	I[35]	-5.0	-44.1	3.8	0.35	-0.37	0.12	-15.36	1.03	OK	0.016	0.185	1.12	OK
N2	34	J[34]	-8.1	-47.7	8.5	0.35	-0.53	0.26	-15.36	1.03	OK	0.036	0.266	1.15	OK
N2	35	I[36]	-1.8	-40.4	3.8	0.35	-0.20	-0.03	-15.36	1.03	OK	0.016	0.115	1.09	OK
N2	35	J[35]	-5.0	-43.4	8.9	0.35	-0.37	0.12	-15.36	1.03	OK	0.038	0.184	1.12	OK
N2	36	I[37]	1.1	-37.3	3.1	0.35	-0.05	-0.16	-15.36	1.03	OK	0.013	0.107	1.08	OK
N2	36	J[36]	-1.8	-39.7	8.5	0.35	-0.20	-0.03	-15.36	1.03	OK	0.037	0.113	1.08	OK
N2	37	I[38]	3.4	-35.0	1.8	0.35	0.07	-0.27	-15.36	1.03	OK	0.008	0.134	1.09	OK
N2	37	J[37]	1.1	-36.7	7.5	0.35	-0.05	-0.16	-15.36	1.03	OK	0.032	0.105	1.08	OK
N2	38	I[39]	4.9	-33.5	0.1	0.35	0.15	-0.34	-15.36	1.03	OK	0.000	0.169	1.11	OK
N2	38	J[38]	3.4	-34.5	5.9	0.35	0.07	-0.27	-15.36	1.03	OK	0.025	0.133	1.09	OK
N2	39	I[40]	5.5	-32.9	2.1	0.35	0.17	-0.36	-15.36	1.03	OK	0.009	0.181	1.12	OK
N2	39	J[39]	4.9	-33.2	4.1	0.35	0.15	-0.34	-15.36	1.03	OK	0.018	0.168	1.11	OK
N2	40	I[41]	4.9	-33.3	4.0	0.35	0.15	-0.34	-15.36	1.03	OK	0.017	0.168	1.11	OK
N2	40	J[40]	5.5	-32.9	1.9	0.35	0.17	-0.36	-15.36	1.03	OK	0.008	0.181	1.12	OK
N2	41	I[42]	3.4	-34.5	5.9	0.35	0.07	-0.27	-15.36	1.03	OK	0.025	0.133	1.09	OK
N2	41	J[41]	4.9	-33.5	0.1	0.35	0.14	-0.34	-15.36	1.03	OK	0.001	0.168	1.11	OK
N2	42	I[43]	1.1	-36.7	7.5	0.35	-0.05	-0.16	-15.36	1.03	OK	0.032	0.105	1.08	OK
N2	42	J[42]	3.4	-35.0	1.9	0.35	0.07	-0.27	-15.36	1.03	OK	0.008	0.133	1.09	OK
N2	43	I[44]	-1.9	-39.7	8.6	0.35	-0.21	-0.02	-15.36	1.03	OK	0.037	0.113	1.08	OK
N2	43	J[43]	1.1	-37.3	3.2	0.35	-0.05	-0.16	-15.36	1.03	OK	0.014	0.107	1.08	OK
N2	44	I[45]	-5.1	-43.4	9.0	0.35	-0.37	0.12	-15.36	1.03	OK	0.038	0.186	1.12	OK
N2	44	J[44]	-1.9	-40.4	3.9	0.35	-0.21	-0.02	-15.36	1.03	OK	0.017	0.116	1.09	OK
N2	45	I[46]	-8.2	-47.7	8.5	0.35	-0.54	0.26	-15.36	1.03	OK	0.037	0.268	1.16	OK
N2	45	J[45]	-5.1	-44.2	3.8	0.35	-0.37	0.12	-15.36	1.03	OK	0.016	0.187	1.12	OK
N2	46	I[47]	-10.7	-52.5	7.1	0.35	-0.67	0.37	-15.36	1.03	OK	0.031	0.336	1.19	OK
N2	46	J[46]	-8.2	-48.4	2.9	0.35	-0.54	0.26	-15.36	1.03	OK	0.012	0.269	1.16	OK
N2	47	I[48]	-12.1	-57.5	4.7	0.35	-0.76	0.43	-15.36	1.03	OK	0.020	0.378	1.20	OK
N2	47	J[47]	-10.7	-53.0	1.0	0.35	-0.67	0.37	-15.36	1.03	OK	0.004	0.337	1.19	OK
N2	48	I[49]	-11.8	-62.6	1.1	0.35	-0.76	0.40	-15.36	1.03	OK	0.005	0.379	1.20	OK
N2	48	J[48]	-12.1	-57.7	2.1	0.35	-0.76	0.43	-15.36	1.03	OK	0.009	0.378	1.20	OK
N2	49	I[50]	-9.4	-67.7	3.6	0.35	-0.65	0.27	-15.36	1.03	OK	0.015	0.327	1.18	OK
N2	49	J[49]	-11.8	-62.3	6.2	0.35	-0.76	0.40	-15.36	1.03	OK	0.027	0.379	1.20	OK
N2	50	I[51]	-4.2	-72.3	9.5	0.35	-0.41	0.00	-15.36	1.03	OK	0.041	0.207	1.13	OK
N2	50	J[50]	-9.4	-66.8	11.5	0.35	-0.65	0.27	-15.36	1.03	OK	0.049	0.326	1.18	OK

A.4.4.3. Load combination SLU 5 Block analysis

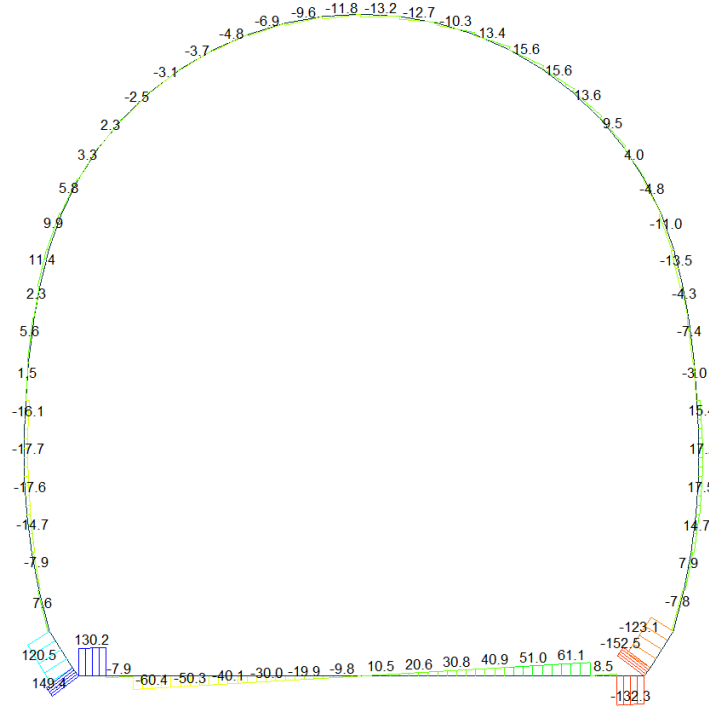
Beam Diagram\_Fx - Block analysis / ST\_N5



Beam Diagram\_My - Block analysis / ST\_N5



Beam Diagram\_Fz - Block analysis / ST\_N5



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM  
SHEAR-z

149.37  
121.92  
94.48  
67.03  
39.59  
0.00  
-15.30  
-42.74  
-70.19  
-97.63  
-125.07  
-152.52

ST: N5  
MAX : 62  
MIN : 17  
FILE: GA\_T2-T3 (-  
UNIT: kN  
DATE: 04/28/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

VERIFICHE SEZIONALI CALOTTA

CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

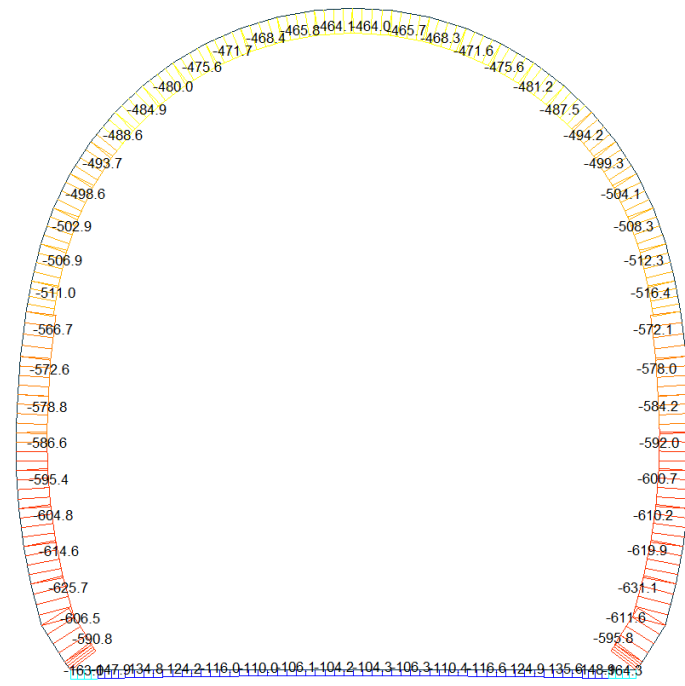
$R_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{d0}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctk,0.95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.60	$\alpha_{cc}$	0.80	$\alpha_{ct}$	0.80	$\psi$	0.80
$f_{td,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	15.36	$f_{td,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	1.030	$E_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

VERIFICHE SEZIONI NON FESSURATE

Combinazione di carico	Elemento	Nodo	$M_d$ [kN-m]	$N_d$ [kN]	$V_d$ [kN]	$d$ [m]	Solicitazioni interne		Resistenze di progetto		Risultato verifica	Verifica a taglio secondo EC2			
							$\sigma_{top}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{cp}^{II}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd}(EC2)$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{cp,max} \leq F_{v,rd}$
N5	29	J[30]	-16.9	-266.7	11.0	0.35	-1.59	0.06	-15.36	1.03	OK	0.947	0.794	1.37	OK
N5	29	J[29]	-11.9	-272.3	9.0	0.35	-1.36	-0.20	-15.36	1.03	OK	0.939	0.778	1.36	OK
N5	30	J[31]	-18.6	-262.2	4.8	0.35	-1.66	0.16	-15.36	1.03	OK	0.821	0.831	1.38	OK
N5	30	J[30]	-16.9	-267.5	2.2	0.35	-1.59	0.06	-15.36	1.03	OK	0.909	0.795	1.37	OK
N5	31	J[32]	-17.5	-257.3	0.1	0.35	-1.59	0.12	-15.36	1.03	OK	0.901	0.797	1.37	OK
N5	31	J[31]	-18.6	-262.2	4.0	0.35	-1.66	0.16	-15.36	1.03	OK	0.917	0.831	1.38	OK
N5	32	J[33]	-14.3	-252.2	3.1	0.35	-1.42	-0.02	-15.36	1.03	OK	0.913	0.720	1.34	OK
N5	32	J[32]	-17.5	-256.7	9.5	0.35	-1.59	0.13	-15.36	1.03	OK	0.941	0.796	1.37	OK
N5	33	J[34]	-9.8	-244.9	3.9	0.35	-1.18	-0.22	-15.36	1.03	OK	0.917	0.700	1.33	OK
N5	33	J[33]	-14.3	-249.0	13.6	0.35	-1.41	-0.01	-15.36	1.03	OK	0.958	0.711	1.34	OK
N5	34	J[35]	-5.1	-238.2	2.8	0.35	-0.93	-0.43	-15.36	1.03	OK	0.912	0.680	1.33	OK
N5	34	J[34]	-9.8	-241.7	15.6	0.35	-1.17	-0.21	-15.36	1.03	OK	0.967	0.691	1.33	OK
N5	35	J[36]	-1.1	-232.4	0.3	0.35	-0.72	-0.61	-15.36	1.03	OK	0.901	0.664	1.32	OK
N5	35	J[35]	-5.1	-235.3	15.6	0.35	-0.92	-0.42	-15.36	1.03	OK	0.967	0.672	1.32	OK
N5	36	J[37]	1.0	-229.2	5.5	0.35	-0.61	-0.70	-15.36	1.03	OK	0.923	0.655	1.32	OK
N5	36	J[36]	-1.1	-231.6	13.4	0.35	-0.72	-0.61	-15.36	1.03	OK	0.958	0.662	1.32	OK
N5	37	J[38]	0.5	-227.3	10.3	0.35	-0.62	-0.67	-15.36	1.03	OK	0.944	0.649	1.31	OK
N5	37	J[37]	1.0	-229.0	8.8	0.35	-0.61	-0.70	-15.36	1.03	OK	0.938	0.654	1.32	OK
N5	38	J[39]	-1.8	-226.6	12.7	0.35	-0.73	-0.56	-15.36	1.03	OK	0.954	0.648	1.31	OK
N5	38	J[38]	0.5	-227.7	3.9	0.35	-0.63	-0.68	-15.36	1.03	OK	0.917	0.651	1.32	OK
N5	39	J[40]	-5.0	-227.0	13.2	0.35	-0.89	-0.41	-15.36	1.03	OK	0.957	0.648	1.31	OK
N5	39	J[39]	-1.8	-227.3	1.5	0.35	-0.74	-0.56	-15.36	1.03	OK	0.906	0.649	1.31	OK
N5	40	J[41]	-8.1	-228.2	11.8	0.35	-1.05	-0.25	-15.36	1.03	OK	0.950	0.652	1.32	OK
N5	40	J[40]	-5.0	-227.8	0.5	0.35	-0.89	-0.41	-15.36	1.03	OK	0.902	0.651	1.32	OK
N5	41	J[42]	-10.9	-230.0	9.6	0.35	-1.19	-0.12	-15.36	1.03	OK	0.941	0.657	1.32	OK
N5	41	J[41]	-8.1	-228.9	1.1	0.35	-1.05	-0.26	-15.36	1.03	OK	0.905	0.654	1.32	OK
N5	42	J[43]	-12.8	-232.3	6.9	0.35	-1.29	-0.04	-15.36	1.03	OK	0.929	0.664	1.32	OK
N5	42	J[42]	-10.9	-230.6	0.6	0.35	-1.19	-0.12	-15.36	1.03	OK	0.902	0.659	1.32	OK
N5	43	J[44]	-13.9	-235.0	4.8	0.35	-1.35	0.01	-15.36	1.03	OK	0.920	0.675	1.33	OK
N5	43	J[43]	-12.8	-232.7	0.6	0.35	-1.29	-0.04	-15.36	1.03	OK	0.903	0.665	1.32	OK
N5	44	J[45]	-14.4	-238.2	3.7	0.35	-1.39	0.03	-15.36	1.03	OK	0.916	0.683	1.33	OK
N5	44	J[44]	-13.9	-235.2	1.4	0.35	-1.35	0.01	-15.36	1.03	OK	0.906	0.676	1.33	OK
N5	45	J[46]	-14.8	-241.9	3.1	0.35	-1.42	0.03	-15.36	1.03	OK	0.913	0.708	1.34	OK
N5	45	J[45]	-14.4	-238.4	1.6	0.35	-1.39	0.03	-15.36	1.03	OK	0.907	0.694	1.33	OK
N5	46	J[47]	-15.0	-246.1	2.5	0.35	-1.44	0.03	-15.36	1.03	OK	0.911	0.718	1.34	OK
N5	46	J[46]	-14.8	-242.0	1.7	0.35	-1.42	0.03	-15.36	1.03	OK	0.907	0.708	1.34	OK
N5	47	J[48]	-14.8	-248.4	1.5	0.35	-1.43	0.01	-15.36	1.03	OK	0.906	0.717	1.34	OK
N5	47	J[47]	-15.0	-243.9	2.3	0.35	-1.43	0.04	-15.36	1.03	OK	0.910	0.715	1.34	OK
N5	48	J[49]	-13.9	-253.3	0.1	0.35	-1.41	-0.04	-15.36	1.03	OK	0.901	0.724	1.34	OK
N5	48	J[48]	-14.8	-248.3	3.3	0.35	-1.43	0.01	-15.36	1.03	OK	0.914	0.717	1.34	OK
N5	49	J[50]	-11.7	-258.2	3.2	0.35	-1.31	-0.16	-15.36	1.03	OK	0.914	0.738	1.35	OK
N5	49	J[49]	-13.9	-252.9	5.8	0.35	-1.40	-0.04	-15.36	1.03	OK	0.925	0.723	1.34	OK
N5	50	J[51]	-7.2	-263.0	8.0	0.35	-1.11	-0.40	-15.36	1.03	OK	0.934	0.752	1.35	OK
N5	50	J[50]	-11.7	-257.5	9.9	0.35	-1.31	-0.16	-15.36	1.03	OK	0.943	0.736	1.35	OK

A.4.4.4. Load combination SLU 5 FEM analysis

Beam Diagram\_Fx - FEM analysis / ST\_N5

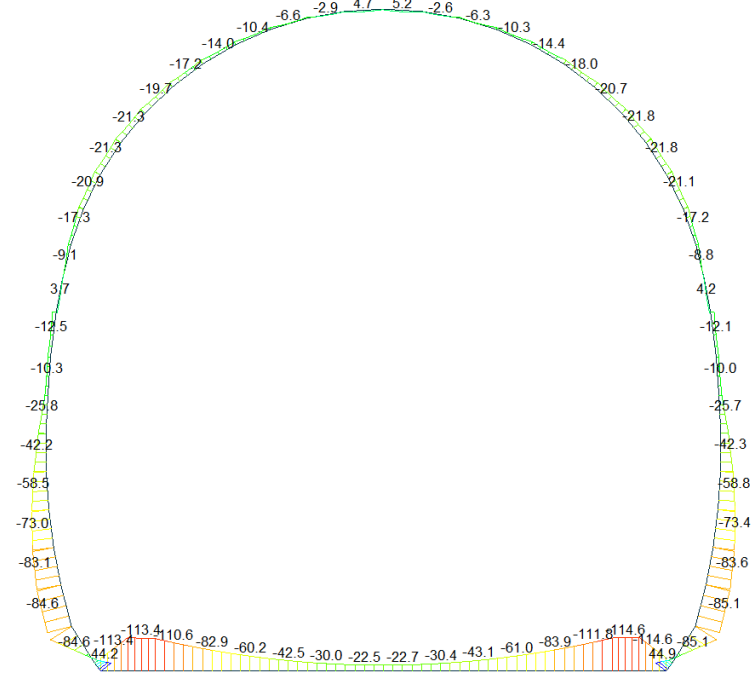


midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

ST: N5  
MAX : 8  
MIN : 19  
FILE: GA\_T3 (81 -  
UNIT: kN  
DATE: 04/28/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_My - FEM analysis / ST\_N5

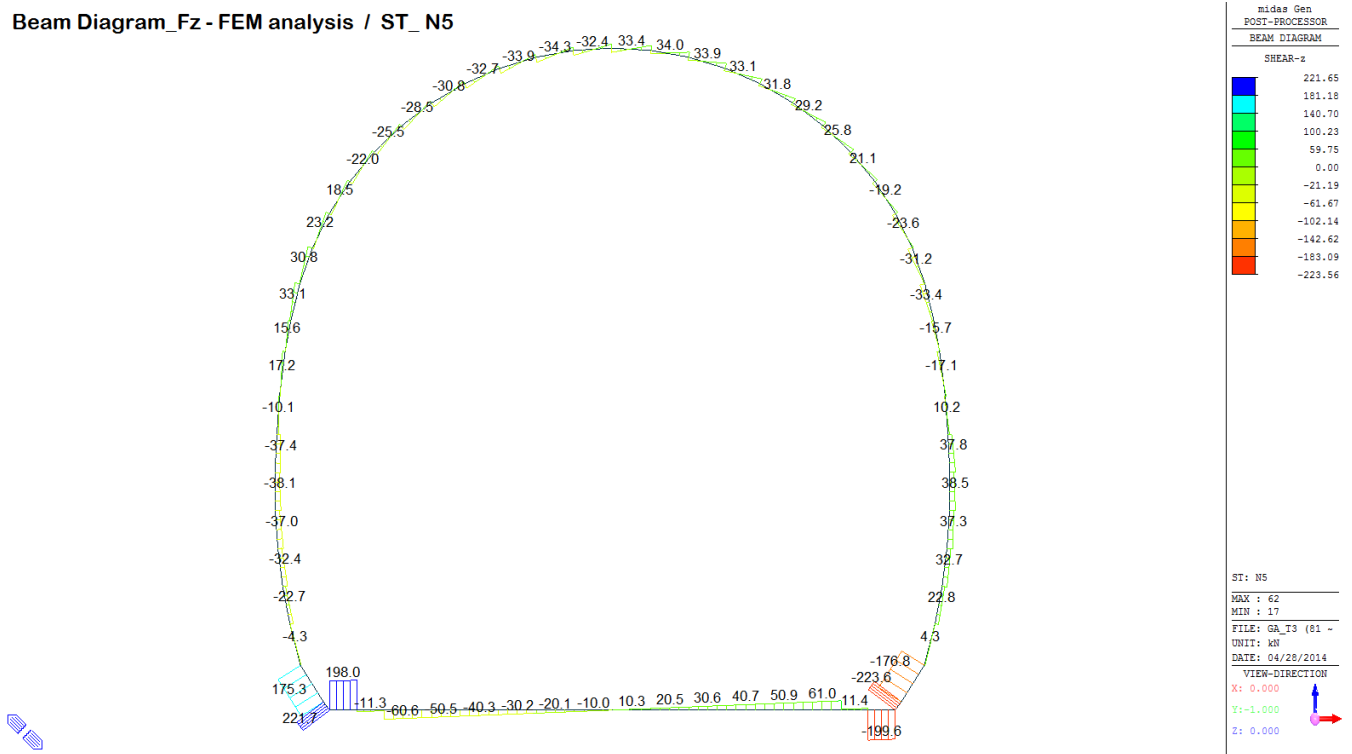


midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

ST: N5  
MAX : 17  
MIN : 16  
FILE: GA\_T3 (81 -  
UNIT: kN\*m  
DATE: 04/28/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_Fz - FEM analysis / ST\_N5



VERIFICHE SEZIONALI CALOTTA

CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

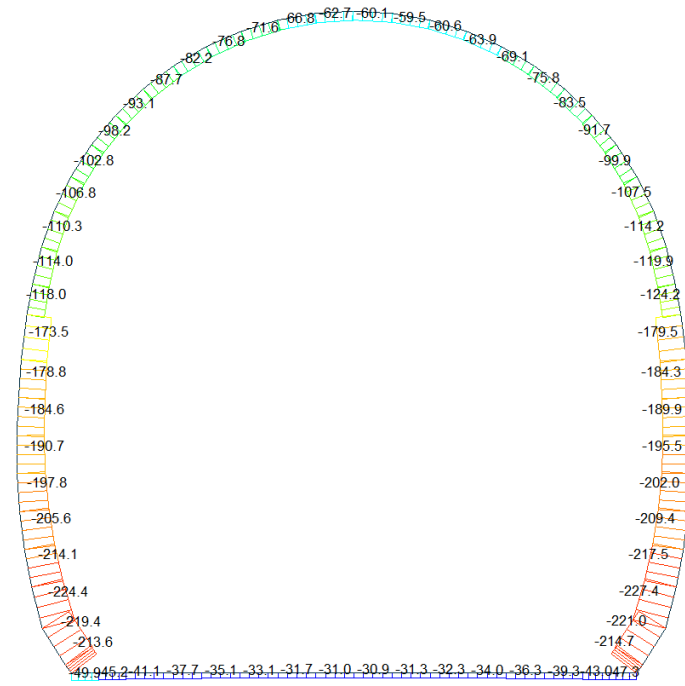
$R_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{d,0.95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctk,0.95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.60	$\alpha_{cc}$	0.80	$\alpha_{ct}$	0.80	$\psi$	0.80
$f_{td,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	15.36	$f_{td,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	1.030	$E_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

VERIFICHE SEZIONI NON FESSURATE

Combinazione di carico	Elemento	Nodo	$M_d$ [kN-m]	$N_d$ [kN]	$V_d$ [kN]	$d$ [m]	Solicitazioni interne		Resistenze di progetto		Risultato verifica	Verifica a taglio secondo EC2			
							$\sigma_{top}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{td,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctk,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{cp}^{(2)}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd}(EC2)$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{cp,max} \leq F_{ctd}$
N5	29	J[30]	-17.3	-502.8	31.2	0.35	-2.28	-0.59	-15.36	1.03	OK	0.134	1.436	1.59	OK
N5	29	J[29]	-8.8	-508.3	2.9	0.35	-1.89	-1.02	-15.36	1.03	OK	0.013	1.452	1.60	OK
N5	30	J[31]	-21.1	-498.8	23.6	0.35	-2.46	-0.39	-15.36	1.03	OK	0.101	1.425	1.59	OK
N5	30	J[30]	-17.3	-504.1	8.0	0.35	-2.29	-0.60	-15.36	1.03	OK	0.034	1.440	1.59	OK
N5	31	J[32]	-21.8	-494.3	19.2	0.35	-2.48	-0.35	-15.36	1.03	OK	0.082	1.412	1.59	OK
N5	31	J[31]	-21.1	-499.3	15.8	0.35	-2.46	-0.40	-15.36	1.03	OK	0.068	1.427	1.59	OK
N5	32	J[33]	-20.7	-489.7	17.0	0.35	-2.41	-0.39	-15.36	1.03	OK	0.073	1.399	1.58	OK
N5	32	J[32]	-21.8	-494.2	21.1	0.35	-2.48	-0.34	-15.36	1.03	OK	0.091	1.412	1.59	OK
N5	33	J[34]	-18.0	-483.4	15.6	0.35	-2.26	-0.50	-15.36	1.03	OK	0.067	1.381	1.58	OK
N5	33	J[33]	-20.7	-487.5	25.8	0.35	-2.40	-0.38	-15.36	1.03	OK	0.110	1.393	1.58	OK
N5	34	J[35]	-14.4	-477.6	15.3	0.35	-2.07	-0.66	-15.36	1.03	OK	0.066	1.365	1.57	OK
N5	34	J[34]	-18.0	-481.2	29.2	0.35	-2.26	-0.49	-15.36	1.03	OK	0.125	1.375	1.57	OK
N5	35	J[36]	-10.3	-472.7	15.8	0.35	-1.86	-0.85	-15.36	1.03	OK	0.068	1.350	1.57	OK
N5	35	J[35]	-14.4	-475.6	31.8	0.35	-2.07	-0.65	-15.36	1.03	OK	0.136	1.359	1.57	OK
N5	36	J[37]	-6.3	-469.3	17.5	0.35	-1.65	-1.03	-15.36	1.03	OK	0.075	1.341	1.56	OK
N5	36	J[36]	-10.3	-471.6	33.1	0.35	-1.85	-0.84	-15.36	1.03	OK	0.142	1.348	1.56	OK
N5	37	J[38]	-2.6	-466.6	19.6	0.35	-1.46	-1.21	-15.36	1.03	OK	0.084	1.333	1.56	OK
N5	37	J[37]	-6.3	-468.3	34.0	0.35	-1.65	-1.03	-15.36	1.03	OK	0.146	1.338	1.56	OK
N5	38	J[39]	0.4	-464.7	22.4	0.35	-1.31	-1.35	-15.36	1.03	OK	0.096	1.328	1.56	OK
N5	38	J[38]	-2.6	-465.7	34.0	0.35	-1.46	-1.20	-15.36	1.03	OK	0.146	1.331	1.56	OK
N5	39	J[40]	1.8	-463.7	28.6	0.35	-1.24	-1.41	-15.36	1.03	OK	0.123	1.325	1.56	OK
N5	39	J[39]	0.4	-464.0	33.4	0.35	-1.31	-1.35	-15.36	1.03	OK	0.143	1.326	1.56	OK
N5	40	J[41]	0.3	-464.1	32.4	0.35	-1.31	-1.34	-15.36	1.03	OK	0.139	1.326	1.56	OK
N5	40	J[40]	1.8	-463.8	26.8	0.35	-1.24	-1.41	-15.36	1.03	OK	0.115	1.325	1.56	OK
N5	41	J[42]	-2.9	-465.8	34.3	0.35	-1.47	-1.19	-15.36	1.03	OK	0.147	1.331	1.56	OK
N5	41	J[41]	0.3	-464.8	22.1	0.35	-1.31	-1.34	-15.36	1.03	OK	0.095	1.328	1.56	OK
N5	42	J[43]	-6.6	-468.4	33.9	0.35	-1.66	-1.02	-15.36	1.03	OK	0.145	1.338	1.56	OK
N5	42	J[42]	-2.9	-466.7	19.6	0.35	-1.47	-1.19	-15.36	1.03	OK	0.084	1.333	1.56	OK
N5	43	J[44]	-10.4	-471.7	32.7	0.35	-1.86	-0.84	-15.36	1.03	OK	0.140	1.348	1.56	OK
N5	43	J[43]	-6.6	-469.3	17.9	0.35	-1.66	-1.02	-15.36	1.03	OK	0.077	1.341	1.56	OK
N5	44	J[45]	-14.0	-475.6	30.8	0.35	-2.04	-0.67	-15.36	1.03	OK	0.132	1.359	1.57	OK
N5	44	J[44]	-10.4	-472.6	16.8	0.35	-1.86	-0.84	-15.36	1.03	OK	0.072	1.350	1.57	OK
N5	45	J[46]	-17.2	-480.0	28.5	0.35	-2.21	-0.53	-15.36	1.03	OK	0.122	1.372	1.57	OK
N5	45	J[45]	-14.0	-476.5	16.0	0.35	-2.05	-0.68	-15.36	1.03	OK	0.069	1.361	1.57	OK
N5	46	J[47]	-19.7	-484.9	25.5	0.35	-2.35	-0.42	-15.36	1.03	OK	0.109	1.385	1.58	OK
N5	46	J[46]	-17.2	-480.8	15.9	0.35	-2.22	-0.53	-15.36	1.03	OK	0.068	1.374	1.57	OK
N5	47	J[48]	-21.3	-488.6	22.0	0.35	-2.44	-0.35	-15.36	1.03	OK	0.094	1.396	1.58	OK
N5	47	J[47]	-19.7	-484.0	16.2	0.35	-2.35	-0.42	-15.36	1.03	OK	0.069	1.383	1.58	OK
N5	48	J[49]	-20.9	-493.7	16.4	0.35	-2.43	-0.39	-15.36	1.03	OK	0.070	1.411	1.59	OK
N5	48	J[48]	-21.3	-488.8	18.5	0.35	-2.44	-0.35	-15.36	1.03	OK	0.079	1.396	1.58	OK
N5	49	J[50]	-17.3	-498.6	8.4	0.35	-2.27	-0.58	-15.36	1.03	OK	0.036	1.425	1.59	OK
N5	49	J[49]	-20.9	-493.3	23.2	0.35	-2.43	-0.39	-15.36	1.03	OK	0.099	1.409	1.58	OK
N5	50	J[51]	-9.1	-502.9	2.5	0.35	-1.88	-0.99	-15.36	1.03	OK	0.011	1.437	1.59	OK
N5	50	J[50]	-17.3	-497.3	30.8	0.35	-2.27	-0.57	-15.36	1.03	OK	0.132	1.421	1.59	OK

A.4.4.5. Load combination SLU 6 Block analysis

Beam Diagram\_Fx - Block analysis / ST\_N6



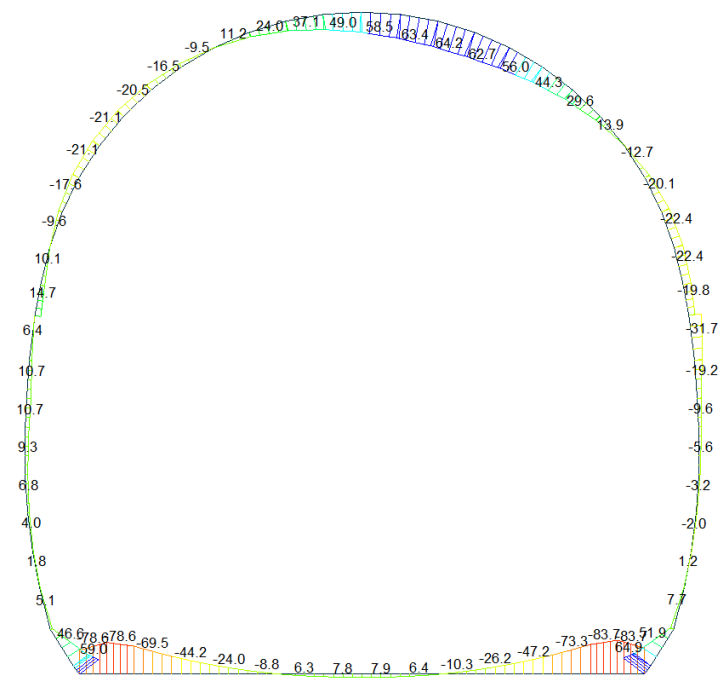
midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

Blue	-30.86
Cyan	-48.73
Green	-66.60
Light Green	-84.47
Yellow-Green	-102.33
Yellow	-120.20
Orange-Yellow	-138.07
Orange	-155.94
Red-Orange	-173.81
Red	-191.68
Dark Red	-209.55
Black	-227.42

ST: N6  
MAX : 9  
MIN : 19  
FILE: GA\_I2-T3 (-  
UNIT: kN  
DATE: 04/28/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_My - Block analysis / ST\_N6



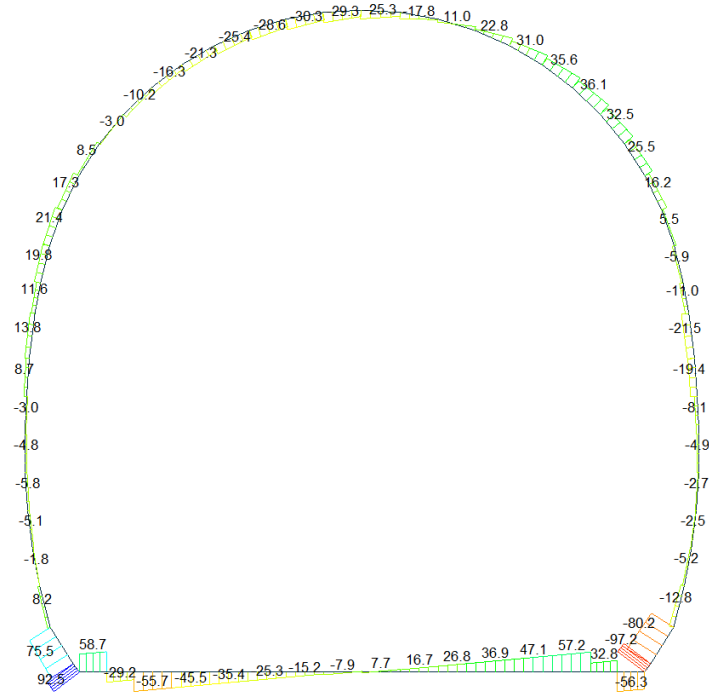
midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

Blue	64.86
Cyan	51.35
Green	37.85
Light Green	24.35
Yellow-Green	10.85
Yellow	0.00
Orange-Yellow	-16.15
Orange	-29.65
Red-Orange	-43.15
Red	-56.65
Dark Red	-70.15
Black	-83.65

ST: N6  
MAX : 17  
MIN : 16  
FILE: GA\_I2-T3 (-  
UNIT: kNm  
DATE: 04/28/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_Fz - Block analysis / ST\_N6



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM  
SHEAR-z  
92.50  
75.25  
58.01  
40.76  
23.52  
0.00  
-10.98  
-26.22  
-45.47  
-62.71  
-79.96  
-97.21  
ST: N6  
MAX : 62  
MIN : 17  
FILE: GA\_T2-T3 (-  
UNIT: kN  
DATE: 04/28/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

VERIFICHE SEZIONALI CALOTTA

CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

$R_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{d0}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctk,0.05}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.60	$\alpha_{cc}$	0.80	$\alpha_{ct}$	0.80	$\psi$	0.80
$f_{td,90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	15.36	$f_{td,90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	1.030	$E_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

VERIFICHE SEZIONI NON FESSURATE

Combinazione di carico	Elemento	Nodo	$M_d$ [kN-m]	$N_d$ [kN]	$V_d$ [kN]	$d$ [m]	Solicitazioni interne		Resistenze di progetto		Risultato verifica	Verifica a taglio secondo EC2			
							$\sigma_{top}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{cp}^{II}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd}(EC2)$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{cp,max} \leq F_{v,rd}$
N6	29	J[30]	-20.2	-108.6	3.5	0.35	-1.30	0.68	-15.36	1.03	OK	0.015	0.649	1.31	OK
N6	29	J[29]	-22.4	-114.2	5.5	0.35	-1.42	0.77	-15.36	1.03	OK	0.024	0.712	1.34	OK
N6	30	J[31]	-12.7	-102.2	13.6	0.35	-0.91	0.33	-15.36	1.03	OK	0.058	0.457	1.24	OK
N6	30	J[30]	-20.2	-107.5	16.2	0.35	-1.29	0.68	-15.36	1.03	OK	0.069	0.647	1.31	OK
N6	31	J[32]	-0.9	-94.9	21.6	0.35	-0.31	-0.23	-15.36	1.03	OK	0.093	0.271	1.16	OK
N6	31	J[31]	-12.7	-99.9	25.5	0.35	-0.91	0.34	-15.36	1.03	OK	0.109	0.454	1.24	OK
N6	32	J[33]	13.9	-87.2	26.1	0.35	0.43	-0.93	-15.36	1.03	OK	0.112	0.464	1.24	OK
N6	32	J[32]	-0.9	-91.7	32.5	0.35	-0.31	-0.22	-15.36	1.03	OK	0.139	0.262	1.15	OK
N6	33	J[34]	29.6	-79.4	26.5	0.35	1.22	-1.68	-15.36	1.03	FESSURATA	0.113	0.839	1.39	OK
N6	33	J[33]	13.9	-83.5	36.1	0.35	0.44	-0.92	-15.36	1.03	OK	0.155	0.459	1.24	OK
N6	34	J[35]	44.3	-72.3	22.8	0.35	1.96	-2.38	-15.36	1.03	FESSURATA	0.098	1.188	1.51	OK
N6	34	J[34]	29.6	-75.8	35.6	0.35	1.23	-1.67	-15.36	1.03	FESSURATA	0.152	0.834	1.39	OK
N6	35	J[36]	56.0	-66.1	15.2	0.35	2.55	-2.93	-15.36	1.03	FESSURATA	0.065	1.465	1.60	OK
N6	35	J[35]	44.3	-69.1	31.0	0.35	1.97	-2.37	-15.36	1.03	FESSURATA	0.133	1.184	1.51	OK
N6	36	J[37]	62.7	-61.5	3.9	0.35	2.90	-3.25	-15.36	1.03	FESSURATA	0.017	1.624	1.65	OK
N6	36	J[36]	56.0	-63.9	22.8	0.35	2.56	-2.92	-15.36	1.03	FESSURATA	0.096	1.461	1.60	OK
N6	37	J[38]	63.4	-58.9	8.1	0.35	2.93	-3.27	-15.36	1.03	FESSURATA	0.035	1.636	1.66	OK
N6	37	J[37]	62.7	-60.6	11.1	0.35	2.90	-3.25	-15.36	1.03	FESSURATA	0.047	1.623	1.65	OK
N6	38	J[39]	58.5	-58.4	17.8	0.35	2.70	-3.03	-15.36	1.03	FESSURATA	0.076	1.517	1.62	OK
N6	38	J[38]	63.4	-59.5	1.2	0.35	2.93	-3.27	-15.36	1.03	FESSURATA	0.005	1.636	1.66	OK
N6	39	J[40]	49.0	-59.8	25.3	0.35	2.23	-2.57	-15.36	1.03	FESSURATA	0.108	1.285	1.54	OK
N6	39	J[39]	58.5	-60.1	10.6	0.35	2.69	-3.04	-15.36	1.03	FESSURATA	0.046	1.519	1.62	OK
N6	40	J[41]	37.1	-62.7	29.3	0.35	1.64	-1.99	-15.36	1.03	FESSURATA	0.125	0.997	1.44	OK
N6	40	J[40]	49.0	-62.4	18.0	0.35	2.22	-2.58	-15.36	1.03	FESSURATA	0.077	1.289	1.55	OK
N6	41	J[42]	24.0	-66.8	30.3	0.35	0.98	-1.36	-15.36	1.03	OK	0.130	0.682	1.33	OK
N6	41	J[41]	37.1	-65.7	21.8	0.35	1.63	-2.00	-15.36	1.03	FESSURATA	0.093	1.002	1.45	OK
N6	42	J[43]	11.2	-71.6	28.6	0.35	0.34	-0.75	-15.36	1.03	OK	0.122	0.377	1.20	OK
N6	42	J[42]	24.0	-69.8	22.2	0.35	0.97	-1.37	-15.36	1.03	OK	0.095	0.687	1.33	OK
N6	43	J[44]	-0.1	-76.8	25.4	0.35	-0.23	-0.21	-15.36	1.03	OK	0.109	0.219	1.13	OK
N6	43	J[43]	11.2	-74.4	20.0	0.35	0.34	-0.76	-15.36	1.03	OK	0.086	0.381	1.21	OK
N6	44	J[45]	-9.5	-82.2	21.3	0.35	-0.70	0.23	-15.36	1.03	OK	0.091	0.351	1.19	OK
N6	44	J[44]	-0.1	-79.2	16.3	0.35	-0.23	-0.22	-15.36	1.03	OK	0.070	0.226	1.14	OK
N6	45	J[46]	-16.5	-87.7	11.3	0.35	-1.06	0.56	-15.36	1.03	OK	0.070	0.529	1.27	OK
N6	45	J[45]	-9.5	-84.1	16.6	0.35	-0.71	0.23	-15.36	1.03	OK	0.050	0.354	1.19	OK
N6	46	J[47]	-20.5	-93.1	10.2	0.35	-1.27	0.74	-15.36	1.03	OK	0.044	0.636	1.31	OK
N6	46	J[46]	-16.5	-89.0	5.9	0.35	-1.06	0.55	-15.36	1.03	OK	0.025	0.531	1.27	OK
N6	47	J[48]	-21.1	-98.2	3.0	0.35	-1.31	0.75	-15.36	1.03	OK	0.013	0.656	1.32	OK
N6	47	J[47]	-20.5	-93.6	0.8	0.35	-1.27	0.74	-15.36	1.03	OK	0.003	0.636	1.31	OK
N6	48	J[49]	-17.6	-102.8	5.3	0.35	-1.16	0.57	-15.36	1.03	OK	0.023	0.578	1.29	OK
N6	48	J[48]	-21.1	-97.9	8.5	0.35	-1.31	0.75	-15.36	1.03	OK	0.037	0.656	1.32	OK
N6	49	J[50]	-9.6	-106.8	14.7	0.35	-0.78	0.17	-15.36	1.03	OK	0.063	0.388	1.21	OK
N6	49	J[49]	-17.6	-101.5	17.3	0.35	-1.15	0.57	-15.36	1.03	OK	0.074	0.577	1.29	OK
N6	50	J[51]	0.6	-110.3	19.5	0.35	-0.28	-0.35	-15.36	1.03	OK	0.084	0.315	1.18	OK
N6	50	J[50]	-9.6	-104.7	21.5	0.35	-0.77	0.17	-15.36	1.03	OK	0.092	0.385	1.21	OK

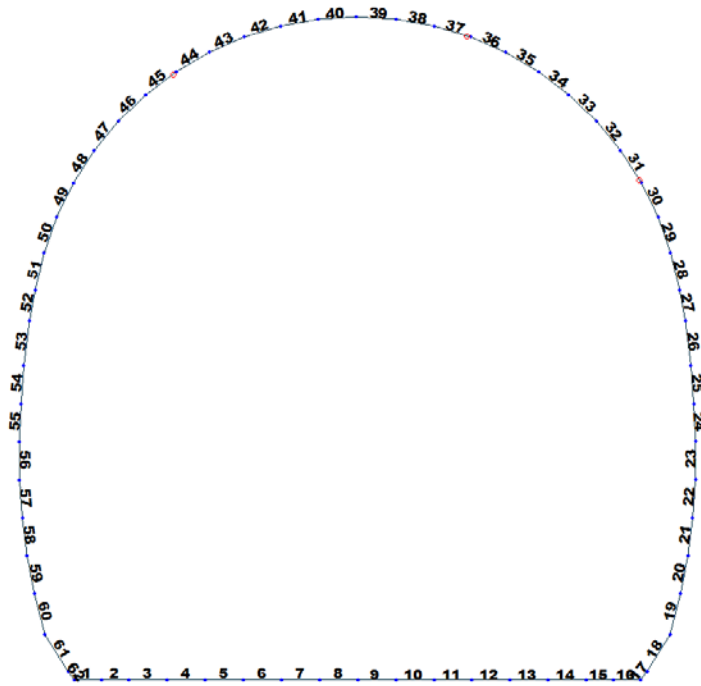


Figure 24 Beam end release

Table 5 Beam end release input value

Element	Type	Fxi	Fyi	Fzi	Mxi	Myi	Mzi	Fxj	Fyj	Fzj	Mxj	Myj	Mzj
31	Value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20000	0
37	Value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6560	0
45	Value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22580	0

ITERAZIONE SECONDO IL METODO DI PÖTLER

CALCOLO CERNIERE PLASTICHE

ITERAZIONE IN NODO 37 j

MIDAS			PÖTLER		
$Cf_{iniziale, arbitraria}$	0.000152	[rad/kN*m]	$E_p$	26'400'000	[kN/m <sup>2</sup> ]
$1/Cf_{iniziale, arbitraria}$	6'560	[kN*m/rad]	d	0.35	[m]
$M_{nodo}$	15.040	[kN*m]	e	0.1647	[m]
$N_{nodo}$	91.340	[kN]	a	0.03	[m]
$V_{nodo}$	9.140	[kN]	$\Psi_{pötlér}$	0.0022428	[rad]
$Cf_{MIDAS} = Cf_{pötlér}$	SI		$Cf_{pötlér}$	0.0001491	[rad/kN*m]
$\Psi_{pötlér} < 4 \text{ mrad}$	SI		$1/Cf_{pötlér}$	6'706	[kN*m/rad]
					2.242773

ITERAZIONE IN NODO 31 j

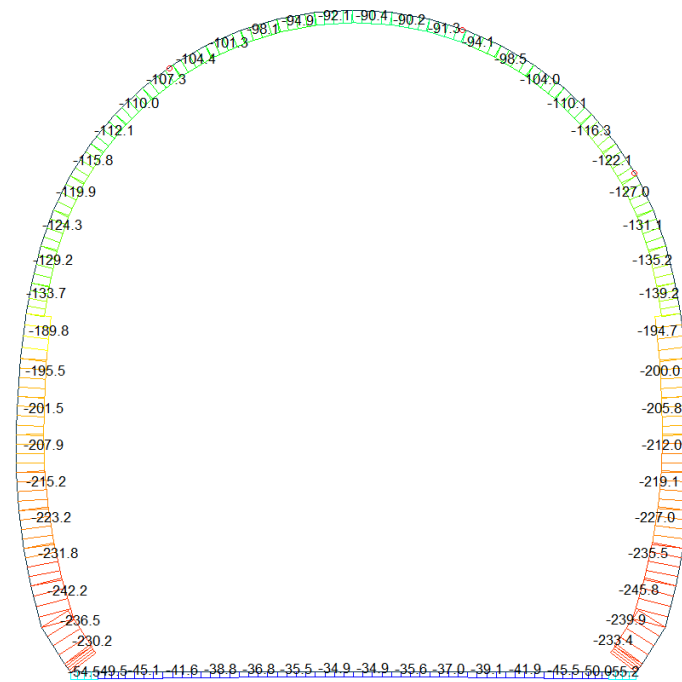
MIDAS			PÖTLER		
$Cf_{iniziale, arbitraria}$	0.000050	[rad/kN*m]	$E_p$	26'400'000	[kN/m <sup>2</sup> ]
$1/Cf_{iniziale, arbitraria}$	20'000	[kN*m/rad]	d	0.35	[m]
$M_{nodo}$	19.280	[kN*m]	e	0.1580	[m]
$N_{nodo}$	122.050	[kN]	a	0.05	[m]
$V_{nodo}$	4.160	[kN]	$\Psi_{pötlér}$	0.0009975	[rad]
$Cf_{MIDAS} = Cf_{pötlér}$	SI		$Cf_{pötlér}$	0.0000517	[rad/kN*m]
$\Psi_{pötlér} < 4 \text{ mrad}$	SI		$1/Cf_{pötlér}$	19'329	[kN*m/rad]
					0.997486

ITERAZIONE IN NODO 45 j

MIDAS			PÖTLER		
$Cf_{iniziale, arbitraria}$	0.000044	[rad/kN*m]	$E_p$	26'400'000	[kN/m <sup>2</sup> ]
$1/Cf_{iniziale, arbitraria}$	22'580	[kN*m/rad]	d	0.35	[m]
$M_{nodo}$	16.240	[kN*m]	e	0.1566	[m]
$N_{nodo}$	103.720	[kN]	a	0.06	[m]
$V_{nodo}$	12.130	[kN]	$\Psi_{pötlér}$	0.0007073	[rad]
$Cf_{MIDAS} = Cf_{pötlér}$	SI		$Cf_{pötlér}$	0.0000436	[rad/kN*m]
$\Psi_{pötlér} < 4 \text{ mrad}$	SI		$1/Cf_{pötlér}$	22'962	[kN*m/rad]
					0.707255



Beam Diagram\_Fx - Block analysis / ST\_N6

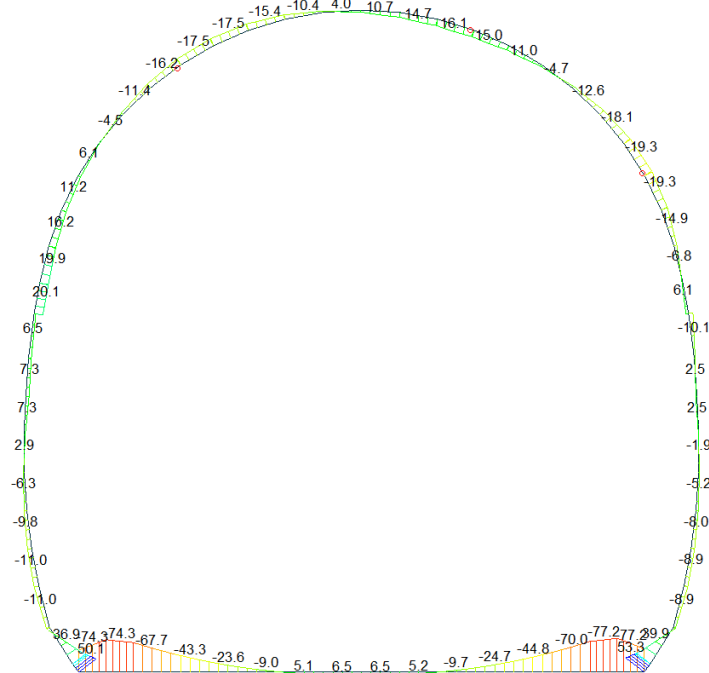


midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

ST: N6  
MAX : 8  
MIN : 19  
FILE: GA\_T2-T3 (-  
UNIT: kN  
DATE: 04/28/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_My - Block analysis / ST\_N6

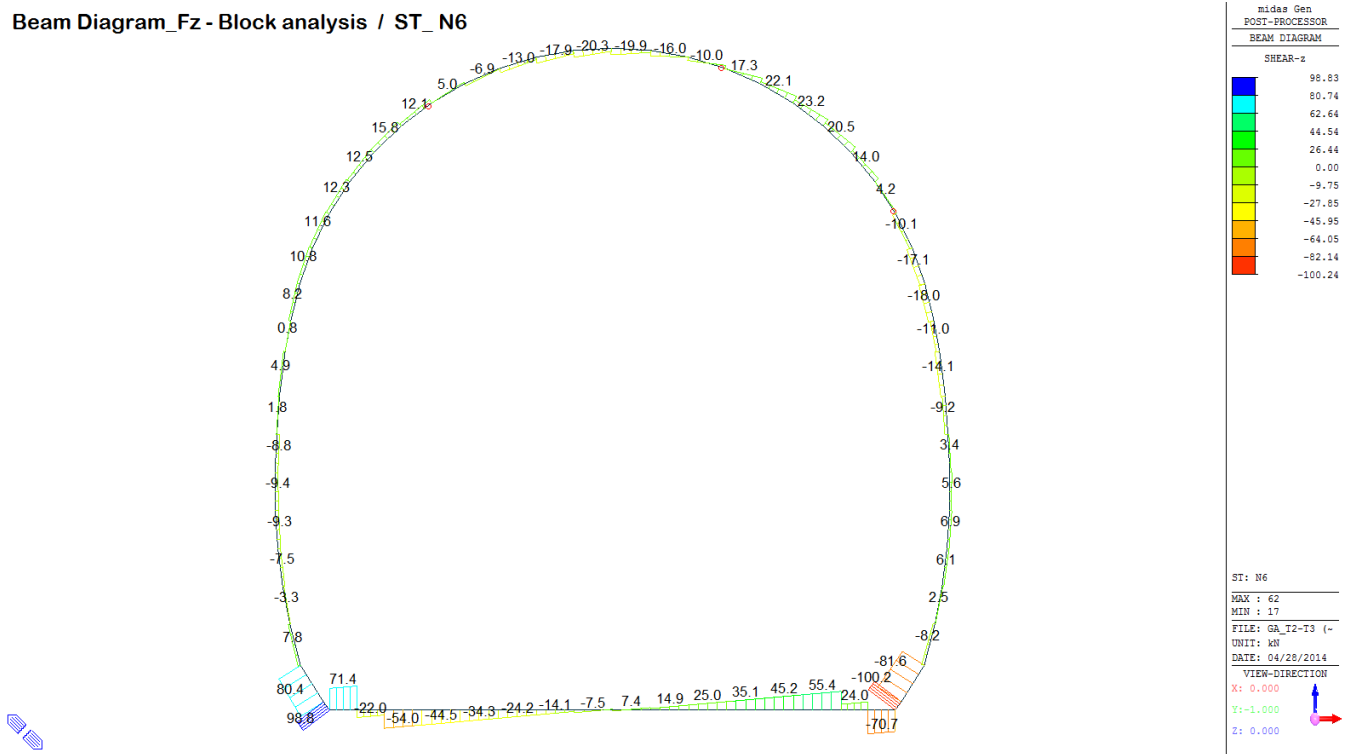


midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

ST: N6  
MAX : 17  
MIN : 15  
FILE: GA\_T2-T3 (-  
UNIT: kN\*m  
DATE: 04/28/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_Fz - Block analysis / ST\_N6



VERIFICHE SEZIONALI CALOTTA

CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

$R_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctk0.95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.60	$\alpha_{cc}$	0.80	$\alpha_{ct}$	0.80	$\psi$	0.80
$f_{td,80\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	15.36	$f_{td,80\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	1.030	$E_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

VERIFICHE SEZIONI FESSURATE

VERIFICA SEZIONE NODO 37 j

Combinazione di carico	Nodo n°	Posizione del nodo	$M_d$ [kN·m/m]	$N_d$ [kN/m]	$V_d$ [kN/m]	$E_p = 0.8 \cdot E_{cm}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$e_d$ [m]	$d$ [m]	Verifica dell'eccentricità $e_d < d/2$	$\sigma_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,80\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica della compressione $\sigma_d < f_{ctd,80\%}$
N6	37 j	Volta	15.0	91.3	9.1	26'400'000	0.165	0.35	OK	5.89	15.36	OK

Combinazione di carico	Nodo n°	a [m]	$\psi_{Posteri}$ [rad]	$1/Cf_{MIDAS}$ [kN·m/rad]	$1/Cf_{Posteri}$ [kN·m/rad]	Verifica della rotazione massima $< 4$ [mrad]	$w_{Posteri}$ [mm]	Ampiezza della fessura $w < 1$ [mm]	$f_{ctd,80\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{c,lim}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd}(EC2)$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{cp,max} \leq F_{ctvd}$
N6	37 j	0.031	2.2427733	6'560	6'706	OK	0.715	OK	1.03	0.44	7.14	2.67	OK
Iterazione ok													

VERIFICA SEZIONE NODO 31 j

Combinazione di carico	Nodo n°	Posizione del nodo	$M_d$ [kN·m/m]	$N_d$ [kN/m]	$V_d$ [kN/m]	$E_p = 0.8 \cdot E_{cm}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$e_d$ [m]	$d$ [m]	Verifica dell'eccentricità $e_d < d/2$	$\sigma_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,80\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica della compressione $\sigma_d < f_{ctd,80\%}$
N6	31 j	Platea Dx	19.3	122.1	4.2	26'400'000	0.158	0.35	OK	4.78	15.36	OK

Combinazione di carico	Nodo n°	a [m]	$\psi_{Posteri}$ [rad]	$1/Cf_{MIDAS}$ [kN·m/rad]	$1/Cf_{Posteri}$ [kN·m/rad]	Verifica della rotazione massima $< 4$ [mrad]	$w_{Posteri}$ [mm]	Ampiezza della fessura $w < 1$ [mm]	$f_{ctd,80\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{c,lim}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd}(EC2)$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{cp,max} \leq F_{ctvd}$
N6	31 j	0.051	0.9974856	20'000	19'329	OK	0.298	OK	1.03	0.12	7.14	2.45	OK
Iterazione ok													

VERIFICA SEZIONE NODO 45 j

Combinazione di carico	Nodo n°	Posizione del nodo	$M_d$ [kN·m/m]	$N_d$ [kN/m]	$V_d$ [kN/m]	$E_p = 0.8 \cdot E_{cm}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$e_d$ [m]	$d$ [m]	Verifica dell'eccentricità $e_d < d/2$	$\sigma_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,80\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica della compressione $\sigma_d < f_{ctd,80\%}$
N6	45 j	Platea Dx	16.2	103.7	12.1	26'400'000	0.157	0.35	OK	3.75	15.36	OK

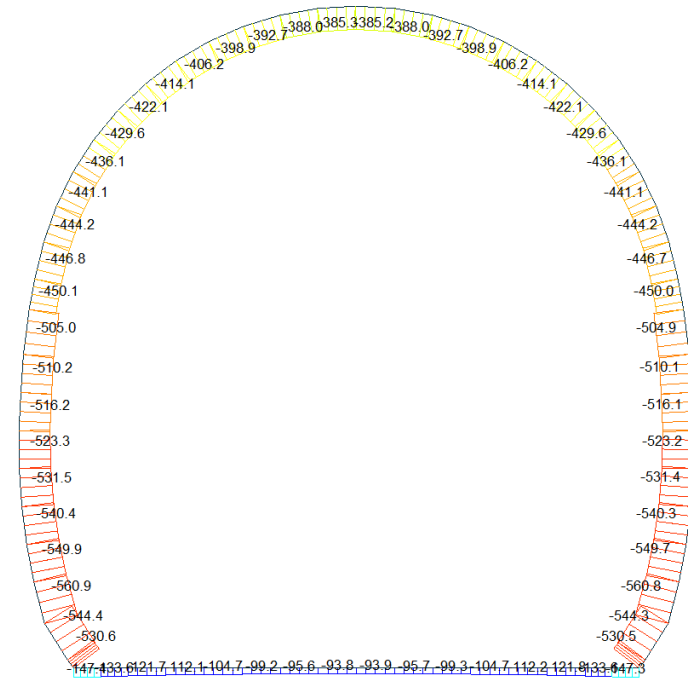
Combinazione di carico	Nodo n°	a [m]	$\psi_{Posteri}$ [rad]	$1/Cf_{MIDAS}$ [kN·m/rad]	$1/Cf_{Posteri}$ [kN·m/rad]	Verifica della rotazione massima $< 4$ [mrad]	$w_{Posteri}$ [mm]	Ampiezza della fessura $w < 1$ [mm]	$f_{ctd,80\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{c,lim}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd}(EC2)$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{cp,max} \leq F_{ctvd}$
N6	45 j	0.055	0.7072554	22'580	22'962	OK	0.208	OK	1.03	0.33	7.14	2.22	OK
Iterazione ok													

VERIFICHE SEZIONI NON FESSURATE

Combinazione di carico	Elemento	Nodo	M <sub>d</sub> [kN-m]	N <sub>d</sub> [kN]	V <sub>d</sub> [kN]	d [m]	Sollecitazioni interne				Risultato verifica	Verifica a taglio secondo EC2				
							σ		τ <sub>ed,80%</sub>			τ <sub>cp</sub>		τ <sub>cp</sub>		Verifica a taglio
							σ <sub>sup</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	σ <sub>inf</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	τ <sub>ed,80%</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	τ <sub>ed,80%</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]		τ <sub>cp</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	τ <sub>cp</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>ctd,EC2</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	T <sub>sp,max</sub> ≤ F <sub>ctd</sub>	
N6	29	I[30]	-14.9	-125.6	17.1	0.35	-1.09	0.37	-15.36	1.03	OK	0.073	0.544	1.27	OK	
N6	29	J[29]	-6.8	-131.1	15.1	0.35	-0.71	-0.04	-15.36	1.03	OK	0.065	0.375	1.20	OK	
N6	30	I[31]	-19.3	-121.7	10.1	0.35	-1.29	0.60	-15.36	1.03	OK	0.043	0.646	1.31	OK	
N6	30	J[30]	-14.9	-127.0	7.5	0.35	-1.09	0.37	-15.36	1.03	OK	0.032	0.546	1.27	OK	
N6	31	I[32]	-18.1	-117.1	0.3	0.35	-1.22	0.55	-15.36	1.03	OK	0.001	0.611	1.30	OK	
N6	31	J[31]	-19.3	-122.1	4.2	0.35	-1.29	0.60	-15.36	1.03	OK	0.018	0.647	1.31	OK	
N6	32	I[33]	-12.6	-111.7	7.5	0.35	-0.94	0.30	-15.36	1.03	OK	0.032	0.469	1.24	OK	
N6	32	J[32]	-18.1	-116.3	14.0	0.35	-1.22	0.55	-15.36	1.03	OK	0.060	0.610	1.30	OK	
N6	33	I[34]	-4.7	-106.0	10.9	0.35	-0.53	-0.07	-15.36	1.03	OK	0.047	0.303	1.17	OK	
N6	33	J[33]	-12.6	-110.1	20.5	0.35	-0.93	0.30	-15.36	1.03	OK	0.088	0.467	1.24	OK	
N6	34	I[35]	3.8	-100.4	10.4	0.35	-0.10	-0.47	-15.36	1.03	OK	0.045	0.287	1.16	OK	
N6	34	J[34]	-4.7	-104.0	23.2	0.35	-0.53	-0.07	-15.36	1.03	OK	0.099	0.297	1.17	OK	
N6	35	I[36]	11.0	-95.5	6.2	0.35	0.27	-0.81	-15.36	1.03	OK	0.026	0.406	1.22	OK	
N6	35	J[35]	3.8	-98.5	22.1	0.35	-0.09	-0.47	-15.36	1.03	OK	0.095	0.281	1.16	OK	
N6	36	I[37]	15.0	-91.8	1.6	0.35	0.47	-1.00	-15.36	1.03	OK	0.007	0.499	1.25	OK	
N6	36	J[36]	11.0	-94.2	17.3	0.35	0.27	-0.81	-15.36	1.03	OK	0.074	0.404	1.22	OK	
N6	37	I[38]	14.7	-89.6	10.0	0.35	0.46	-0.98	-15.36	1.03	OK	0.043	0.489	1.25	OK	
N6	37	J[37]	15.0	-91.3	9.1	0.35	0.48	-1.00	-15.36	1.03	OK	0.039	0.499	1.25	OK	
N6	38	I[39]	10.7	-89.1	16.1	0.35	0.27	-0.78	-15.36	1.03	OK	0.069	0.390	1.21	OK	
N6	38	J[38]	14.7	-90.2	0.6	0.35	0.46	-0.98	-15.36	1.03	OK	0.002	0.489	1.25	OK	
N6	39	I[40]	4.0	-90.1	19.9	0.35	-0.06	-0.45	-15.36	1.03	OK	0.085	0.257	1.15	OK	
N6	39	J[39]	10.7	-90.4	5.3	0.35	0.27	-0.78	-15.36	1.03	OK	0.023	0.392	1.21	OK	
N6	40	I[41]	-3.5	-92.2	20.4	0.35	-0.43	-0.09	-15.36	1.03	OK	0.087	0.263	1.15	OK	
N6	40	J[40]	4.0	-91.8	9.1	0.35	-0.07	-0.46	-15.36	1.03	OK	0.039	0.262	1.15	OK	
N6	41	I[42]	-10.4	-94.9	17.9	0.35	-0.78	0.24	-15.36	1.03	OK	0.077	0.390	1.21	OK	
N6	41	J[41]	-3.5	-93.9	9.4	0.35	-0.44	-0.10	-15.36	1.03	OK	0.040	0.268	1.16	OK	
N6	42	I[43]	-15.4	-98.1	13.0	0.35	-1.03	0.47	-15.36	1.03	OK	0.056	0.517	1.26	OK	
N6	42	J[42]	-10.4	-96.4	6.7	0.35	-0.78	0.23	-15.36	1.03	OK	0.029	0.392	1.21	OK	
N6	43	I[44]	-17.5	-101.3	6.9	0.35	-1.15	0.57	-15.36	1.03	OK	0.029	0.573	1.28	OK	
N6	43	J[43]	-15.4	-99.0	1.5	0.35	-1.04	0.47	-15.36	1.03	OK	0.006	0.518	1.26	OK	
N6	44	I[45]	-16.2	-104.4	0.1	0.35	-1.09	0.50	-15.36	1.03	OK	0.000	0.547	1.27	OK	
N6	44	J[44]	-17.5	-101.4	5.0	0.35	-1.15	0.57	-15.36	1.03	OK	0.021	0.573	1.28	OK	
N6	45	I[46]	-11.4	-107.3	7.4	0.35	-0.86	0.25	-15.36	1.03	OK	0.032	0.431	1.23	OK	
N6	45	J[45]	-16.2	-103.7	12.1	0.35	-1.09	0.50	-15.36	1.03	OK	0.052	0.546	1.27	OK	
N6	46	I[47]	-4.5	-110.0	11.5	0.35	-0.54	-0.09	-15.36	1.03	OK	0.049	0.314	1.18	OK	
N6	46	J[46]	-11.4	-105.9	15.8	0.35	-0.86	0.25	-15.36	1.03	OK	0.068	0.430	1.23	OK	
N6	47	I[48]	0.8	-112.1	8.8	0.35	-0.28	-0.36	-15.36	1.03	OK	0.038	0.320	1.18	OK	
N6	47	J[47]	-4.5	-107.5	12.5	0.35	-0.53	-0.08	-15.36	1.03	OK	0.054	0.307	1.17	OK	
N6	48	I[49]	6.1	-115.8	9.1	0.35	-0.03	-0.63	-15.36	1.03	OK	0.039	0.331	1.18	OK	
N6	48	J[48]	0.8	-110.8	12.3	0.35	-0.28	-0.35	-15.36	1.03	OK	0.053	0.317	1.18	OK	
N6	49	I[50]	11.3	-119.9	9.0	0.35	0.21	-0.89	-15.36	1.03	OK	0.038	0.447	1.23	OK	
N6	49	J[49]	6.1	-114.6	11.6	0.35	-0.03	-0.63	-15.36	1.03	OK	0.060	0.327	1.18	OK	
N6	50	I[51]	16.2	-124.3	8.9	0.35	0.44	-1.15	-15.36	1.03	OK	0.038	0.573	1.28	OK	
N6	50	J[50]	11.3	-118.7	10.8	0.35	0.21	-0.89	-15.36	1.03	OK	0.046	0.445	1.23	OK	

A.4.4.6. Load combination SLU 6 FEM analysis

Beam Diagram\_Fx - FEM analysis / ST\_N6



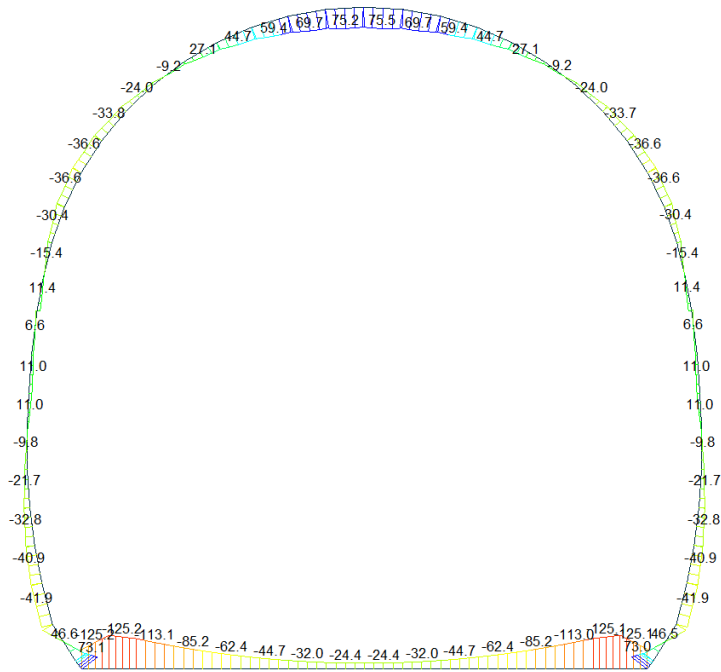
midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

Blue	-93.85
Cyan	-136.31
Green	-178.76
Light Green	-221.22
Yellow-Green	-263.68
Yellow	-306.13
Orange	-348.59
Red-Orange	-391.05
Red	-433.51
Dark Red	-475.96
Dark Red	-518.42
Dark Red	-560.88

ST: N6  
MAX : 8  
MIN : 60  
FILE: GA\_T3 (81 -  
UNIT: kN  
DATE: 04/28/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_My - FEM analysis / ST\_N6



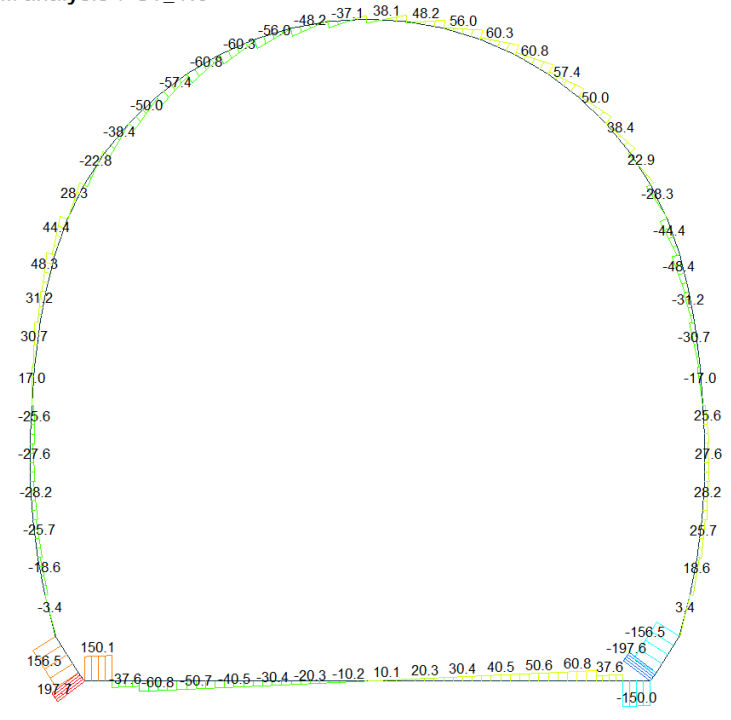
midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

Blue	75.52
Cyan	57.27
Green	39.03
Light Green	20.78
Yellow-Green	0.00
Yellow	-15.71
Orange	-33.95
Red-Orange	-52.20
Red	-70.44
Dark Red	-88.69
Dark Red	-106.93
Dark Red	-125.18

ST: N6  
MAX : 39  
MIN : 2  
FILE: GA\_T3 (81 -  
UNIT: kN\*m  
DATE: 04/28/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_Fz - FEM analysis / ST\_N6



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM  
SHEAR-z  
197.71  
161.77  
125.83  
89.89  
53.95  
18.01  
0.00  
-53.87  
-89.81  
-125.75  
-161.69  
-197.63

ST: N6  
MAX : 62  
MIN : 17  
FILE: GA\_T3 (61 -  
UNIT: kN  
DATE: 04/28/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

VERIFICHE SEZIONALI CALOTTA

CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

$R_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{d0}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctk,0.95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.60	$\alpha_{cc}$	0.80	$\alpha_{ct}$	0.80	$\psi$	0.80
$f_{td,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	15.36	$f_{td,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	1.030	$E_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

VERIFICHE SEZIONI NON FESSURATE

Combinazione di carico	Elemento	Nodo	$M_d$ [kN-m]	$N_d$ [kN]	$V_d$ [kN]	$d$ [m]	Solicitazioni interne		Resistenze di progetto		Risultato verifica	Verifica a taglio secondo EC2			
							$\sigma_{top}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{td,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{cp}^{lim}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{v,ed}(EC2)$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{cp,max} \leq F_{v,ed}$
N6	29	J[30]	-30.4	-438.7	44.4	0.35	-2.74	0.24	-15.36	1.03	OK	0.190	1.372	1.57	OK
N6	29	J[29]	-15.4	-444.2	16.1	0.35	-2.02	-0.51	-15.36	1.03	OK	0.069	1.269	1.54	OK
N6	30	J[31]	-36.6	-435.8	28.3	0.35	-3.04	0.55	-15.36	1.03	OK	0.121	1.518	1.62	OK
N6	30	J[30]	-30.4	-441.1	3.3	0.35	-2.75	0.23	-15.36	1.03	OK	0.014	1.375	1.57	OK
N6	31	J[32]	-33.7	-431.1	12.1	0.35	-2.88	0.42	-15.36	1.03	OK	0.052	1.442	1.60	OK
N6	31	J[31]	-36.6	-436.1	22.9	0.35	-3.04	0.54	-15.36	1.03	OK	0.098	1.518	1.62	OK
N6	32	J[33]	-24.0	-425.0	0.3	0.35	-2.39	-0.04	-15.36	1.03	OK	0.001	1.214	1.52	OK
N6	32	J[32]	-33.7	-429.6	38.5	0.35	-2.88	0.43	-15.36	1.03	OK	0.165	1.440	1.59	OK
N6	33	J[34]	-9.2	-418.0	8.6	0.35	-1.64	-0.74	-15.36	1.03	OK	0.037	1.194	1.51	OK
N6	33	J[33]	-24.0	-422.1	50.0	0.35	-2.38	-0.03	-15.36	1.03	OK	0.214	1.206	1.52	OK
N6	34	J[35]	8.5	-410.6	12.9	0.35	-0.76	-1.59	-15.36	1.03	OK	0.055	1.173	1.51	OK
N6	34	J[34]	-9.2	-414.1	57.4	0.35	-1.63	-0.73	-15.36	1.03	OK	0.246	1.183	1.51	OK
N6	35	J[36]	27.1	-403.2	13.3	0.35	0.18	-2.48	-15.36	1.03	OK	0.057	1.240	1.53	OK
N6	35	J[35]	8.5	-406.2	60.8	0.35	-0.74	-1.58	-15.36	1.03	OK	0.261	1.161	1.50	OK
N6	36	J[37]	44.7	-396.6	9.7	0.35	1.06	-3.32	-15.36	1.03	FESSURATA	0.042	1.662	1.66	OK
N6	36	J[36]	27.1	-398.9	60.3	0.35	0.19	-2.47	-15.36	1.03	OK	0.258	1.234	1.53	OK
N6	37	J[38]	59.4	-391.0	2.5	0.35	1.79	-4.03	-15.36	1.03	FESSURATA	0.011	2.014	1.77	OK
N6	37	J[37]	44.7	-392.7	56.0	0.35	1.07	-3.31	-15.36	1.03	FESSURATA	0.240	1.656	1.66	OK
N6	38	J[39]	69.5	-387.0	8.2	0.35	2.30	-4.51	-15.36	1.03	FESSURATA	0.035	2.256	1.84	OK
N6	38	J[38]	59.4	-388.0	48.2	0.35	1.80	-4.02	-15.36	1.03	FESSURATA	0.206	2.010	1.77	OK
N6	39	J[40]	73.4	-384.8	23.9	0.35	2.50	-4.69	-15.36	1.03	FESSURATA	0.102	2.347	1.86	OK
N6	39	J[39]	69.5	-385.2	38.2	0.35	2.31	-4.51	-15.36	1.03	FESSURATA	0.164	2.253	1.84	OK
N6	40	J[41]	69.5	-385.3	37.1	0.35	2.30	-4.51	-15.36	1.03	FESSURATA	0.159	2.253	1.84	OK
N6	40	J[40]	73.4	-384.9	22.1	0.35	2.49	-4.69	-15.36	1.03	FESSURATA	0.095	2.347	1.86	OK
N6	41	J[42]	59.4	-388.0	48.2	0.35	1.80	-4.02	-15.36	1.03	FESSURATA	0.206	2.010	1.77	OK
N6	41	J[41]	69.5	-387.0	8.2	0.35	2.30	-4.51	-15.36	1.03	FESSURATA	0.035	2.256	1.84	OK
N6	42	J[43]	44.7	-392.7	56.0	0.35	1.07	-3.31	-15.36	1.03	FESSURATA	0.240	1.656	1.66	OK
N6	42	J[42]	59.4	-391.0	2.5	0.35	1.79	-4.03	-15.36	1.03	FESSURATA	0.011	2.014	1.77	OK
N6	43	J[44]	27.1	-398.9	60.3	0.35	0.19	-2.47	-15.36	1.03	OK	0.259	1.234	1.53	OK
N6	43	J[43]	44.7	-396.6	9.7	0.35	1.06	-3.32	-15.36	1.03	FESSURATA	0.042	1.661	1.66	OK
N6	44	J[45]	8.5	-406.2	60.9	0.35	-0.75	-1.58	-15.36	1.03	OK	0.261	1.161	1.50	OK
N6	44	J[44]	27.1	-403.3	13.3	0.35	0.18	-2.48	-15.36	1.03	OK	0.057	1.240	1.53	OK
N6	45	J[46]	-9.2	-414.1	57.4	0.35	-1.63	-0.73	-15.36	1.03	OK	0.246	1.183	1.51	OK
N6	45	J[45]	8.5	-410.6	12.9	0.35	-0.76	-1.59	-15.36	1.03	OK	0.055	1.173	1.51	OK
N6	46	J[47]	-24.0	-422.1	50.0	0.35	-2.38	-0.03	-15.36	1.03	OK	0.214	1.206	1.52	OK
N6	46	J[46]	-9.2	-418.0	8.6	0.35	-1.65	-0.74	-15.36	1.03	OK	0.037	1.194	1.51	OK
N6	47	J[48]	-33.8	-429.6	38.4	0.35	-2.88	0.43	-15.36	1.03	OK	0.165	1.440	1.59	OK
N6	47	J[47]	-24.0	-425.0	0.3	0.35	-2.39	-0.04	-15.36	1.03	OK	0.001	1.214	1.52	OK
N6	48	J[49]	-36.6	-436.1	22.8	0.35	-3.04	0.54	-15.36	1.03	OK	0.098	1.518	1.62	OK
N6	48	J[48]	-33.8	-431.1	12.1	0.35	-2.89	0.42	-15.36	1.03	OK	0.052	1.443	1.60	OK
N6	49	J[50]	-30.4	-441.1	3.3	0.35	-2.75	0.23	-15.36	1.03	OK	0.014	1.375	1.57	OK
N6	49	J[49]	-36.6	-435.8	28.3	0.35	-3.04	0.55	-15.36	1.03	OK	0.121	1.518	1.62	OK
N6	50	J[51]	-15.4	-444.3	16.1	0.35	-2.02	-0.51	-15.36	1.03	OK	0.069	1.269	1.54	OK
N6	50	J[50]	-30.4	-438.7	44.4	0.35	-2.74	0.24	-15.36	1.03	OK	0.190	1.372	1.57	OK

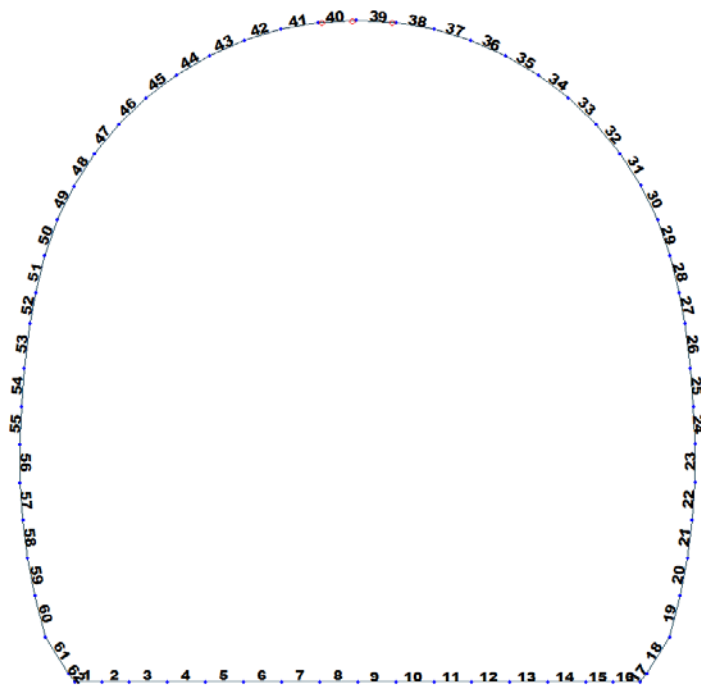


Figure 25 Beam end release

Table 6 Beam end release input value

Element	Type	Fxi	Fyi	Fzi	Mxi	Myi	Mzi	Fxj	Fyj	Fzj	Mxj	Myj	Mzj
39	Value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	336000	0
40	Value	0	0	0	0	178000	0	0	0	0	0	178000	0

ITERAZIONE SECONDO IL METODO DI PÖTTLER

CALCOLO CERNIERE PLASTICHE

ITERAZIONE IN NODO 40 I

MIDAS			PÖTTLER			
$Cf_{iniziale, arbitraria}$	0.000006	[rad/kN*m]	$E_p$	26'400'000	[kN/m <sup>2</sup> ]	
$1/Cf_{iniziale, arbitraria}$	178'000	[kN*m/rad]	d	0.35	[m]	
$M_{nodo}$	49.670	[kN*m]	e	0.1328	[m]	
$N_{nodo}$	373.960	[kN]	a	0.13	[m]	
$V_{nodo}$	23.250	[kN]	$\phi_{pöttler}$	0.0002777	[rad]	0.277730
$Cf_{MIDAS} = Cf_{pöttler}$	SI		$Cf_{pöttler}$	0.0000056	[rad/kN*m]	
$\phi_{pöttler} < 4 \text{ mrad}$	SI		$1/Cf_{pöttler}$	178'843	[kN*m/rad]	

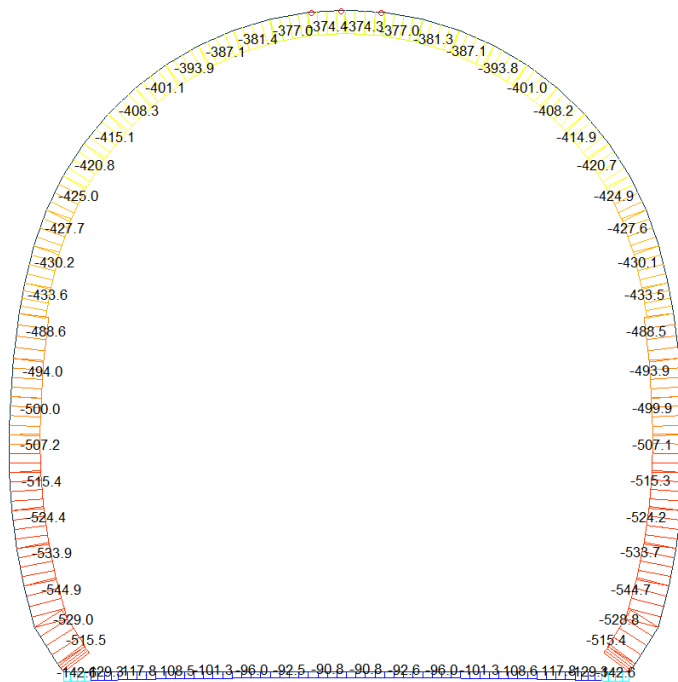
ITERAZIONE IN NODO 39 J

MIDAS			PÖTTLER			
$f_{iniziale, arbitraria}$	0.000003	[rad/kN*m]	$E_p$	26'400'000	[kN/m <sup>2</sup> ]	
$Cf_{iniziale, arbitraria}$	336'000	[kN*m/rad]	d	0.35	[m]	
$M_{nodo}$	46.250	[kN*m]	e	0.1236	[m]	
$N_{nodo}$	374.310	[kN]	a	0.15	[m]	
$V_{nodo}$	35.880	[kN]	$\phi_{pöttler}$	0.0001371	[rad]	0.137063
$f_{MIDAS} = Cf_{pöttler}$	SI		$Cf_{pöttler}$	0.0000030	[rad/kN*m]	
$\phi_{pöttler} < 4 \text{ mrad}$	SI		$1/Cf_{pöttler}$	337'437	[kN*m/rad]	

ITERAZIONE IN NODO 40 J

MIDAS			PÖTTLER			
$f_{iniziale, arbitraria}$	0.000006	[rad/kN*m]	$E_p$	26'400'000	[kN/m <sup>2</sup> ]	
$Cf_{iniziale, arbitraria}$	178'000	[kN*m/rad]	d	0.35	[m]	
$M_{nodo}$	49.670	[kN*m]	e	0.1328	[m]	
$N_{nodo}$	374.060	[kN]	a	0.13	[m]	
$V_{nodo}$	21.440	[kN]	$\phi_{pöttler}$	0.0002770	[rad]	0.277039
$f_{MIDAS} = Cf_{pöttler}$	SI		$Cf_{pöttler}$	0.0000056	[rad/kN*m]	
$\phi_{pöttler} < 4 \text{ mrad}$	SI		$1/Cf_{pöttler}$	179'289	[kN*m/rad]	

Beam Diagram\_Fx - FEM analysis / ST\_N6



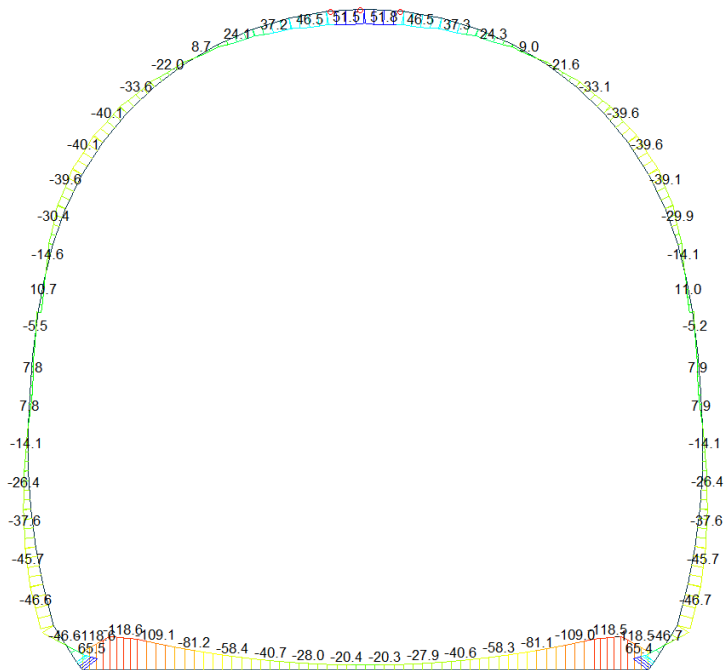
midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

Blue	-90.81
Cyan	-132.09
Green	-173.37
Light Green	-214.65
Yellow-Green	-255.92
Yellow	-297.20
Orange	-338.48
Red-Orange	-379.76
Red	-421.04
Dark Red	-462.32
Dark Red	-503.59
Dark Red	-544.87

ST: N6  
MAX : 8  
MIN : 60  
FILE: GA\_T3 (Pbc-  
UNIT: kN  
DATE: 04/28/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_My - FEM analysis / ST\_N6



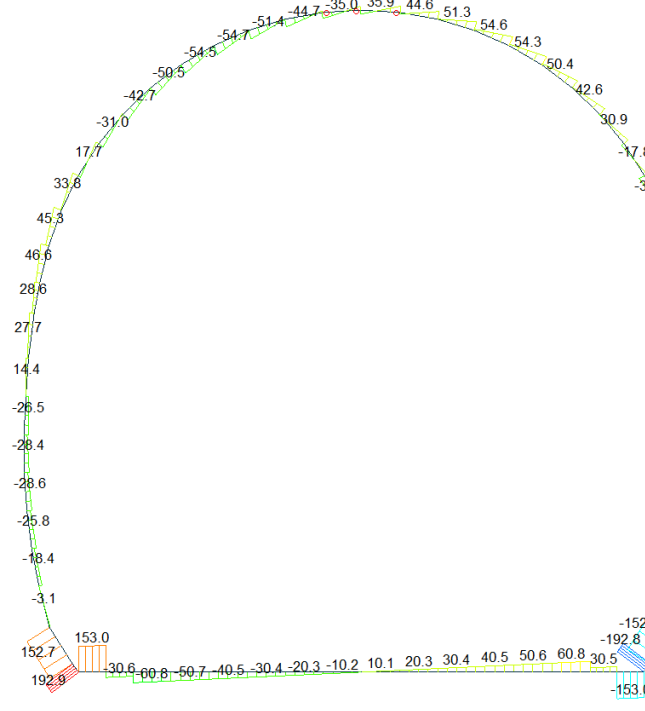
midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

Blue	65.49
Cyan	48.75
Green	32.02
Light Green	15.28
Yellow-Green	0.00
Yellow	-18.20
Orange	-34.94
Red-Orange	-51.68
Red	-68.42
Dark Red	-85.16
Dark Red	-101.90
Dark Red	-118.64

ST: N6  
MAX : 62  
MIN : 1  
FILE: GA\_T3 (Pbc-  
UNIT: kN\*m  
DATE: 04/28/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_Fz - FEM analysis / ST\_N6



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM  
SHEAR-z

192.89
157.83
122.77
87.71
52.64
17.58
0.00
-52.54
-87.61
-122.67
-157.73
-192.79

ST: N6  
MAX: 62  
MIN: 17  
FILE: GA\_T3 (Pbc-  
UNIT: kN  
DATE: 04/28/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

VERIFICHE SEZIONALI CALOTTA

CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

$R_{ct}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{ct}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctk,0.95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.60	$\alpha_{cc}$	0.80	$\alpha_{ct}$	0.80	$\psi$	0.80
$f_{ct,90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	15.36	$f_{ctd,90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	1.030	$E_g$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

VERIFICHE SEZIONI FESSURATE

VERIFICA SEZIONE NODO 41 j

Combinazione di carico	Nodo n°	Posizione del nodo	$M_d$ [kN·m/m]	$N_d$ [kN/m]	$V_d$ [kN/m]	$E_p = 0.8 \cdot E_{cm}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$e_d$ [m]	d [m]	Verifica dell'eccentricità $e_d < d/2$	$\sigma_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica della compressione $\sigma_d < f_{ctd,90\%}$
N6	41 j	Volta	49.7	374.0	23.3	26'400'000	0.133	0.35	OK	5.91	15.36	OK

Combinazione di carico	Nodo n°	a [m]	$\Psi_{Prestier}$ [rad]	$1/Cf_{MIDAS}$ [kN°m/rad]	$1/Cf_{Prestier}$ [kN°m/rad]	Verifica della rotazione massima $< 4$ [mrad]	$w_{Prestier}$ [mm]	Ampiezza della fessura $w < 1$ [mm]	$f_{ctd,90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{c,lim}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{cvd}(EC2)$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{cp,max} \leq F_{cvd}$
N6	41 j	0.127	0.2777300	178'000	178'843	OK	0.062	OK	1.03	0.28	7.14	2.67	OK
Iterazione ok													

VERIFICA SEZIONE NODO 39 i

Combinazione di carico	Nodo n°	Posizione del nodo	$M_d$ [kN·m/m]	$N_d$ [kN/m]	$V_d$ [kN/m]	$E_p = 0.8 \cdot E_{cm}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$e_d$ [m]	d [m]	Verifica dell'eccentricità $e_d < d/2$	$\sigma_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica della compressione $\sigma_d < f_{ctd,90\%}$
N6	39 i	Volta	46.3	374.3	35.9	26'400'000	0.124	0.35	OK	4.85	15.36	OK

Combinazione di carico	Nodo n°	a [m]	$\Psi_{Prestier}$ [rad]	$1/Cf_{MIDAS}$ [kN°m/rad]	$1/Cf_{Prestier}$ [kN°m/rad]	Verifica della rotazione massima $< 4$ [mrad]	$w_{Prestier}$ [mm]	Ampiezza della fessura $w < 1$ [mm]	$f_{ctd,90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{c,lim}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{cvd}(EC2)$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{cp,max} \leq F_{cvd}$
N6	39 i	0.154	0.13770626	336'000	337'437	OK	0.027	OK	1.03	0.35	7.14	2.46	OK
Iterazione ok													

VERIFICA SEZIONE NODO 39 i

Combinazione di carico	Nodo n°	Posizione del nodo	$M_d$ [kN·m/m]	$N_d$ [kN/m]	$V_d$ [kN/m]	$E_p = 0.8 \cdot E_{cm}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$e_d$ [m]	d [m]	Verifica dell'eccentricità $e_d < d/2$	$\sigma_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica della compressione $\sigma_d < f_{ctd,90\%}$
N6	39 i	Volta	49.7	374.1	21.4	26'400'000	0.133	0.35	OK	5.91	15.36	OK

Combinazione di carico	Nodo n°	a [m]	$\Psi_{Prestier}$ [rad]	$1/Cf_{MIDAS}$ [kN°m/rad]	$1/Cf_{Prestier}$ [kN°m/rad]	Verifica della rotazione massima $< 4$ [mrad]	$w_{Prestier}$ [mm]	Ampiezza della fessura $w < 1$ [mm]	$f_{ctd,90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{c,lim}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{cvd}(EC2)$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{cp,max} \leq F_{cvd}$
N6	39 i	0.127	0.2770386	0	179'289	OK	0.062	OK	1.03	0.25	7.14	2.67	OK
Iterazione ok													

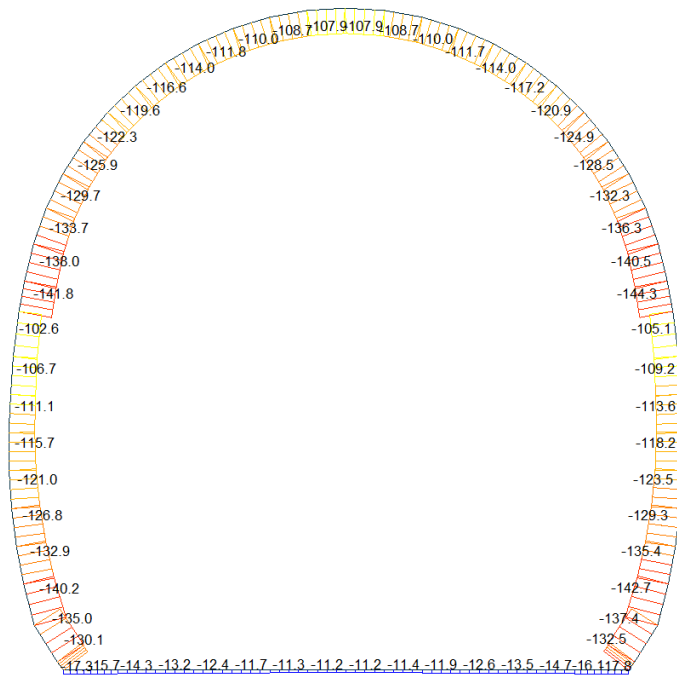


VERIFICHE SEZIONI NON FESSURATE

Combinazione di carico	Elemento	Nodo	M <sub>d</sub> [kN-m]	N <sub>d</sub> [kN]	V <sub>d</sub> [kN]	d [m]	Sollecitazioni interne				Risultato verifica	Verifica a taglio secondo EC2			
							σ		f <sub>ed,80%</sub>			τ <sub>cp</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>cp</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>cvd(EC2)</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio τ <sub>cp,max</sub> ≤ F <sub>cvd</sub>
							σ <sub>sup</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	σ <sub>inf</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>ed,80%</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>ed,80%</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]					
N6	29	I[30]	-29.9	-422.0	45.2	0.35	-2.67	0.26	-15.36	1.03	OK	0.194	1.334	1.56	OK
N6	29	J[29]	-14.1	-427.6	18.3	0.35	-1.91	-0.53	-15.36	1.03	OK	0.078	1.222	1.52	OK
N6	30	I[31]	-39.1	-419.6	33.8	0.35	-3.12	0.72	-15.36	1.03	OK	0.145	1.358	1.63	OK
N6	30	J[30]	-29.9	-424.9	3.7	0.35	-2.68	0.25	-15.36	1.03	OK	0.016	1.338	1.56	OK
N6	31	I[32]	-39.6	-415.7	17.8	0.35	-3.13	0.75	-15.36	1.03	OK	0.076	1.564	1.63	OK
N6	31	J[31]	-39.1	-420.7	15.5	0.35	-3.12	0.72	-15.36	1.03	OK	0.066	1.559	1.63	OK
N6	32	I[33]	-33.1	-410.4	5.4	0.35	-2.80	0.45	-15.36	1.03	OK	0.023	1.398	1.58	OK
N6	32	J[32]	-39.6	-414.9	30.9	0.35	-3.13	0.75	-15.36	1.03	OK	0.133	1.563	1.63	OK
N6	33	I[34]	-21.6	-404.1	3.2	0.35	-2.21	-0.10	-15.36	1.03	OK	0.014	1.155	1.50	OK
N6	33	J[33]	-33.1	-408.2	42.6	0.35	-2.79	0.46	-15.36	1.03	OK	0.183	1.395	1.58	OK
N6	34	I[35]	-6.9	-397.4	7.9	0.35	-1.47	-0.80	-15.36	1.03	OK	0.034	1.135	1.49	OK
N6	34	J[34]	-21.6	-401.0	50.4	0.35	-2.20	-0.09	-15.36	1.03	OK	0.216	1.146	1.50	OK
N6	35	I[35]	9.0	-390.8	9.0	0.35	-0.68	-1.56	-15.36	1.03	OK	0.038	1.117	1.49	OK
N6	35	J[35]	-6.9	-393.8	54.4	0.35	-1.46	-0.79	-15.36	1.03	OK	0.233	1.125	1.49	OK
N6	36	I[37]	24.3	-384.7	6.3	0.35	0.09	-2.29	-15.36	1.03	OK	0.027	1.145	1.50	OK
N6	36	J[36]	9.0	-387.1	54.6	0.35	-0.67	-1.55	-15.36	1.03	OK	0.234	1.106	1.48	OK
N6	37	I[38]	37.3	-379.6	0.2	0.35	0.74	-2.91	-15.36	1.03	OK	0.001	1.455	1.60	OK
N6	37	J[37]	24.3	-381.3	51.3	0.35	0.10	-2.28	-15.36	1.03	OK	0.220	1.140	1.49	OK
N6	38	I[39]	46.3	-375.9	9.2	0.35	1.00	-3.34	-15.36	1.03	OK	0.039	1.670	1.67	OK
N6	38	J[38]	37.3	-377.0	44.6	0.35	0.75	-2.90	-15.36	1.03	OK	0.191	1.452	1.60	OK
N6	39	I[40]	49.7	-374.0	23.3	0.35	1.03	-3.50	-15.36	1.03	OK	0.100	1.751	1.69	OK
N6	39	J[39]	46.3	-374.3	35.9	0.35	1.00	-3.33	-15.36	1.03	OK	0.154	1.667	1.67	OK
N6	40	I[41]	46.2	-374.4	35.0	0.35	1.00	-3.33	-15.36	1.03	OK	0.150	1.666	1.67	OK
N6	40	J[40]	49.7	-374.1	21.4	0.35	1.03	-3.50	-15.36	1.03	OK	0.092	1.751	1.69	OK
N6	41	I[42]	37.2	-377.0	44.7	0.35	0.74	-2.90	-15.36	1.03	OK	0.192	1.449	1.60	OK
N6	41	J[41]	46.2	-376.0	9.0	0.35	1.00	-3.34	-15.36	1.03	OK	0.039	1.668	1.67	OK
N6	42	I[43]	24.1	-381.4	51.4	0.35	0.09	-2.27	-15.36	1.03	OK	0.220	1.135	1.49	OK
N6	42	J[42]	37.2	-379.6	0.4	0.35	0.74	-2.90	-15.36	1.03	OK	0.002	1.452	1.60	OK
N6	43	I[44]	8.7	-387.1	54.7	0.35	-0.68	-1.53	-15.36	1.03	OK	0.235	1.106	1.48	OK
N6	43	J[43]	24.1	-384.8	6.5	0.35	0.08	-2.28	-15.36	1.03	OK	0.028	1.140	1.49	OK
N6	44	I[45]	-7.3	-393.9	54.5	0.35	-1.48	-0.77	-15.36	1.03	OK	0.233	1.125	1.49	OK
N6	44	J[44]	8.7	-390.9	9.1	0.35	-0.69	-1.54	-15.36	1.03	OK	0.039	1.117	1.49	OK
N6	45	I[46]	-22.0	-401.1	50.5	0.35	-2.22	-0.07	-15.36	1.03	OK	0.216	1.146	1.50	OK
N6	45	J[45]	-7.3	-397.5	8.0	0.35	-1.49	-0.78	-15.36	1.03	OK	0.034	1.136	1.49	OK
N6	46	I[47]	-33.6	-408.3	42.7	0.35	-2.81	0.48	-15.36	1.03	OK	0.183	1.405	1.58	OK
N6	46	J[46]	-22.0	-404.2	3.2	0.35	-2.23	-0.08	-15.36	1.03	OK	0.014	1.155	1.50	OK
N6	47	I[48]	-40.1	-415.1	31.0	0.35	-3.15	0.78	-15.36	1.03	OK	0.133	1.575	1.64	OK
N6	47	J[47]	-33.6	-410.5	5.4	0.35	-2.82	0.47	-15.36	1.03	OK	0.023	1.409	1.58	OK
N6	48	I[49]	-39.6	-420.8	15.5	0.35	-3.14	0.74	-15.36	1.03	OK	0.067	1.572	1.64	OK
N6	48	J[48]	-40.1	-415.8	17.7	0.35	-3.15	0.78	-15.36	1.03	OK	0.076	1.576	1.64	OK
N6	49	I[50]	-30.4	-425.0	3.7	0.35	-2.70	0.27	-15.36	1.03	OK	0.016	1.351	1.57	OK
N6	49	J[49]	-39.6	-419.7	33.8	0.35	-3.14	0.74	-15.36	1.03	OK	0.145	1.570	1.64	OK
N6	50	I[51]	-14.6	-427.7	18.4	0.35	-1.94	-0.51	-15.36	1.03	OK	0.079	1.222	1.52	OK
N6	50	J[50]	-30.4	-422.2	45.3	0.35	-2.69	0.28	-15.36	1.03	OK	0.194	1.347	1.56	OK

A.4.4.7. Load combination SLU 11

Beam Diagram\_Fx / ST\_N11

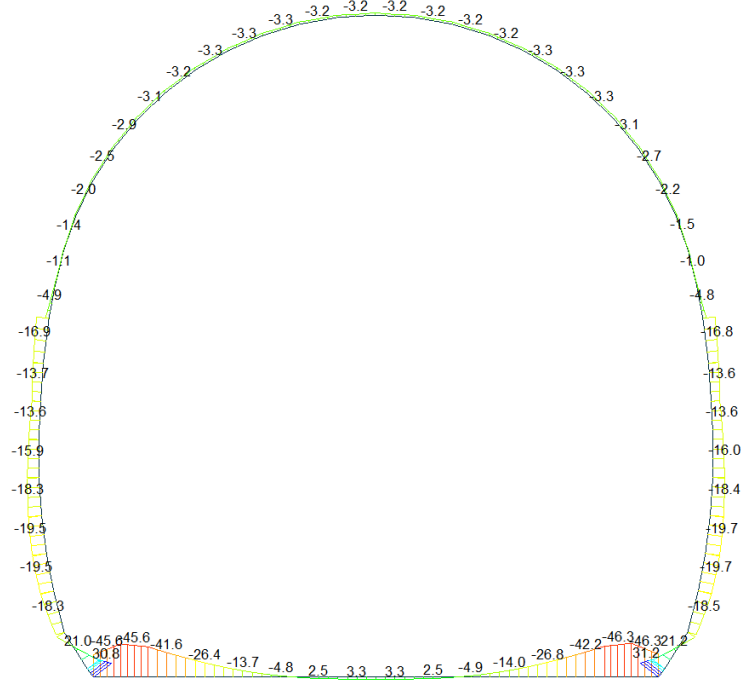


midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

ST: N11  
MAX : 8  
MIN : 27  
FILE: GA\_I3 (81 -  
UNIT: kN  
DATE: 04/28/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_My / ST\_N11

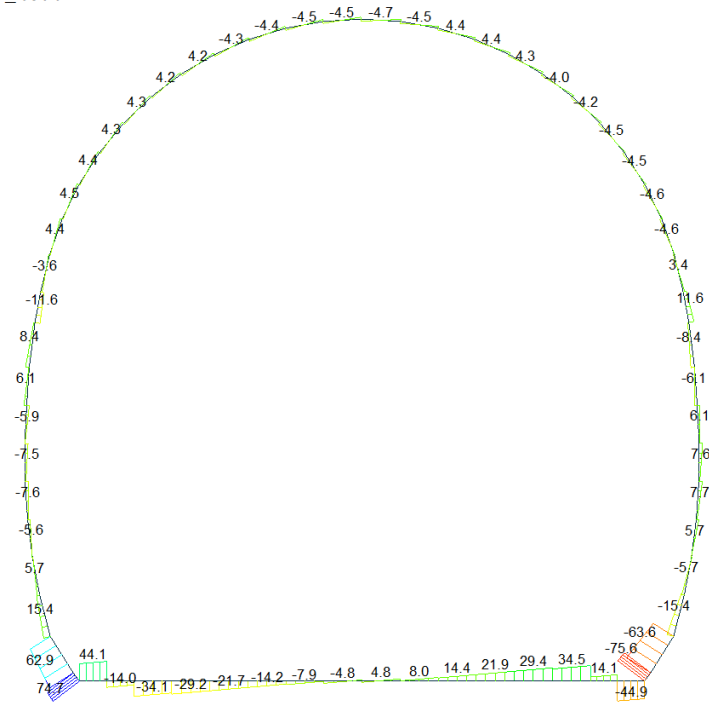


midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

ST: N11  
MAX : 17  
MIN : 15  
FILE: GA\_I3 (81 -  
UNIT: kN\*m  
DATE: 04/28/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_Fz / ST\_N11



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM  
SHEAR-z

74.74  
61.07  
47.40  
33.73  
20.05  
0.00  
-7.29  
-20.96  
-34.63  
-48.30  
-61.98  
-75.65

ST: N11  
MAX : 62  
MIN : 17  
FILE: GA\_T3 (61 -  
UNIT: kN  
DATE: 04/28/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

VERIFICHE SEZIONALI CALOTTA

CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

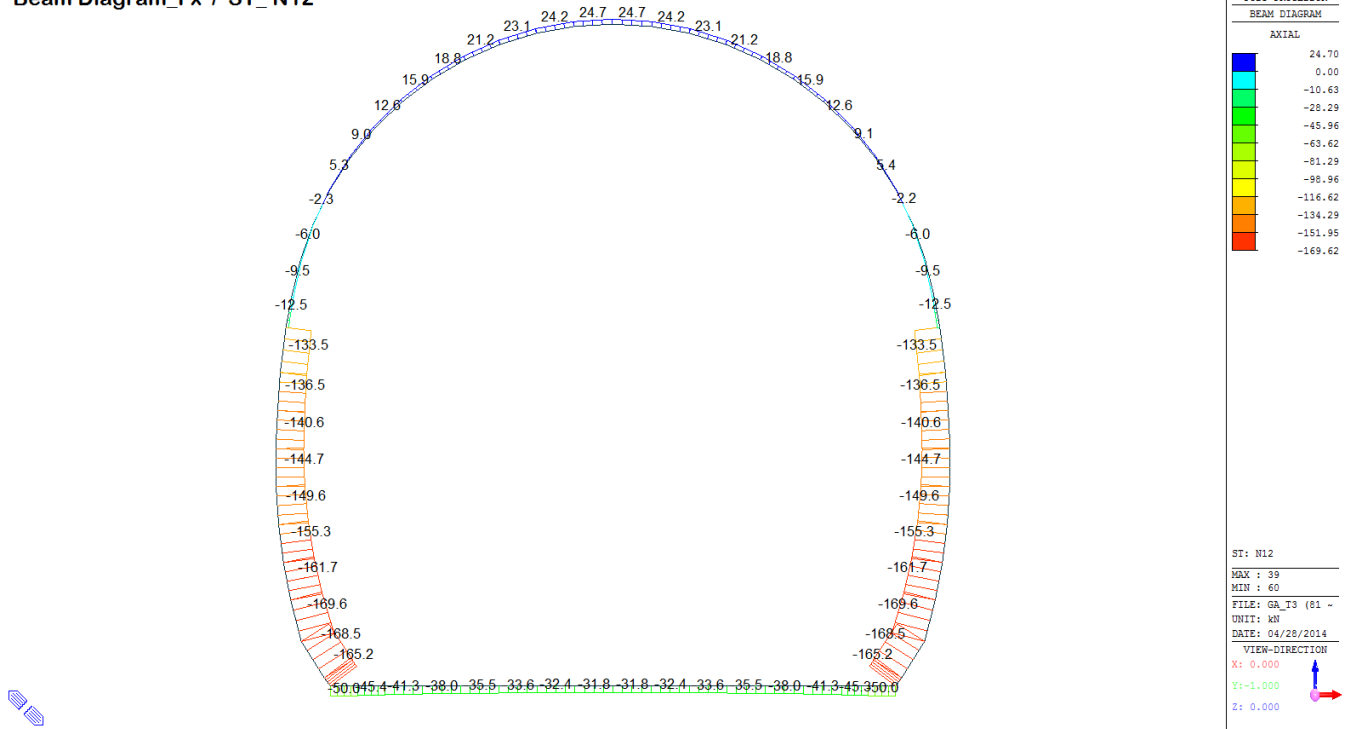
$R_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{d0}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctk,0.95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.20	$\alpha_{cc}$	0.80	$\alpha_{ct}$	0.80	$\psi$	0.80
$f_{td,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	20.47	$f_{td,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	1.373	$E_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

VERIFICHE SEZIONI NON FESSURATE

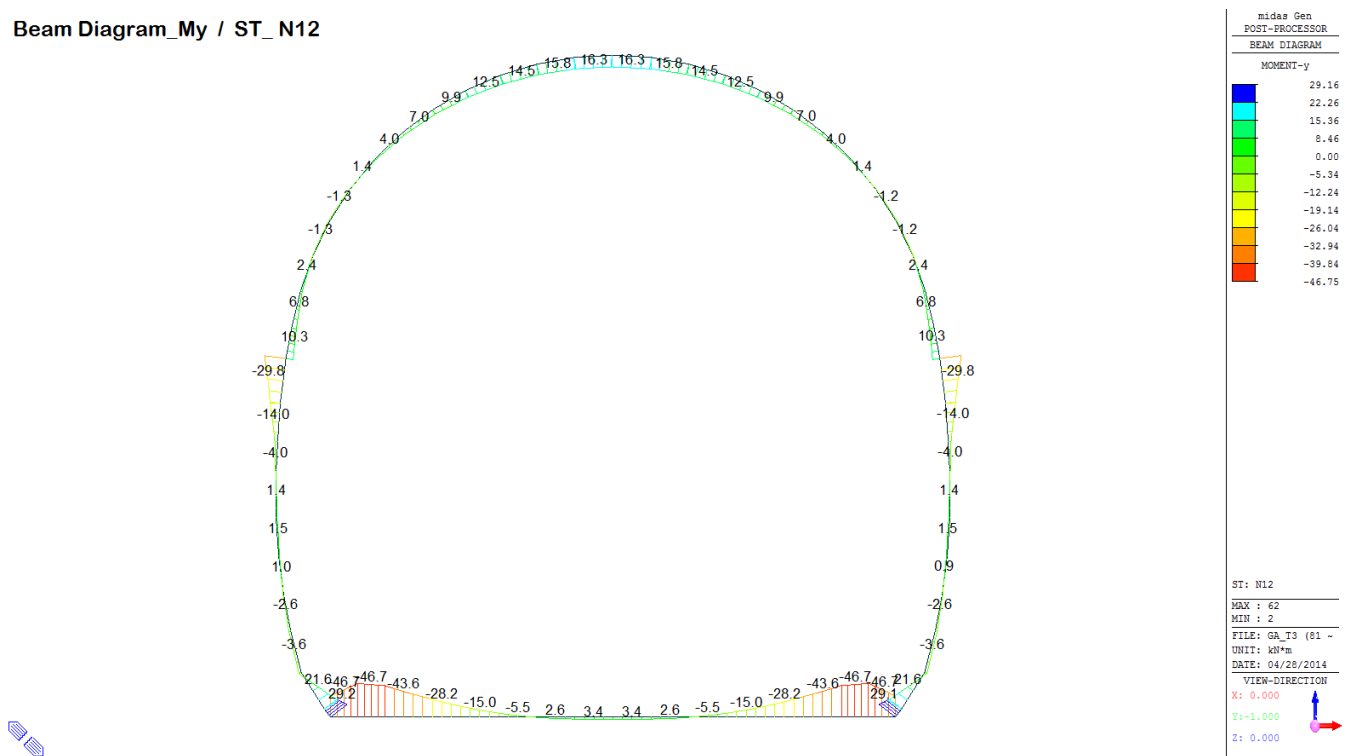
Combinazione di carico	Elemento	Nodo	$M_d$ [kN-m]	$N_d$ [kN]	$V_d$ [kN]	$d$ [m]	Solicitazioni interne		Resistenze di progetto		Risultato verifica	Verifica a taglio secondo EC2			
							$\sigma_{top}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		$\tau_{ep}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{ep}^{(2)}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd}(EC2)$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{ep,max} \leq F_{v,rd}$
N11	29	J[30]	-1.5	-132.1	4.6	0.35	-0.45	-0.31	-20.47	1.37	OK	0.020	0.378	1.55	OK
N11	29	J[29]	-0.7	-136.3	1.4	0.35	-0.42	-0.36	-20.47	1.37	OK	0.006	0.389	1.56	OK
N11	30	J[31]	-2.2	-128.4	4.6	0.35	-0.47	-0.26	-20.47	1.37	OK	0.020	0.367	1.55	OK
N11	30	J[30]	-1.5	-132.3	1.8	0.35	-0.45	-0.31	-20.47	1.37	OK	0.008	0.378	1.55	OK
N11	31	J[32]	-2.7	-124.8	4.5	0.35	-0.49	-0.22	-20.47	1.37	OK	0.019	0.357	1.54	OK
N11	31	J[31]	-2.2	-128.5	2.3	0.35	-0.47	-0.26	-20.47	1.37	OK	0.010	0.367	1.55	OK
N11	32	J[33]	-3.1	-121.6	4.5	0.35	-0.50	-0.20	-20.47	1.37	OK	0.019	0.347	1.54	OK
N11	32	J[32]	-2.7	-124.9	2.8	0.35	-0.49	-0.22	-20.47	1.37	OK	0.012	0.357	1.54	OK
N11	33	J[34]	-3.3	-117.9	4.2	0.35	-0.50	-0.18	-20.47	1.37	OK	0.018	0.337	1.53	OK
N11	33	J[33]	-3.1	-120.9	3.5	0.35	-0.50	-0.19	-20.47	1.37	OK	0.015	0.345	1.54	OK
N11	34	J[35]	-3.3	-114.6	4.0	0.35	-0.49	-0.17	-20.47	1.37	OK	0.017	0.327	1.53	OK
N11	34	J[34]	-3.3	-117.2	4.0	0.35	-0.50	-0.17	-20.47	1.37	OK	0.017	0.335	1.53	OK
N11	35	J[36]	-3.2	-111.8	4.0	0.35	-0.48	-0.16	-20.47	1.37	OK	0.017	0.319	1.52	OK
N11	35	J[35]	-3.3	-114.0	4.3	0.35	-0.49	-0.16	-20.47	1.37	OK	0.019	0.326	1.53	OK
N11	36	J[37]	-3.2	-110.0	4.2	0.35	-0.47	-0.16	-20.47	1.37	OK	0.018	0.314	1.52	OK
N11	36	J[36]	-3.2	-111.7	4.4	0.35	-0.48	-0.16	-20.47	1.37	OK	0.019	0.319	1.52	OK
N11	37	J[38]	-3.2	-108.7	4.3	0.35	-0.46	-0.16	-20.47	1.37	OK	0.019	0.311	1.52	OK
N11	37	J[37]	-3.2	-110.0	4.4	0.35	-0.47	-0.16	-20.47	1.37	OK	0.019	0.314	1.52	OK
N11	38	J[39]	-3.2	-107.9	4.5	0.35	-0.46	-0.15	-20.47	1.37	OK	0.019	0.308	1.52	OK
N11	38	J[38]	-3.2	-108.7	4.4	0.35	-0.46	-0.16	-20.47	1.37	OK	0.019	0.311	1.52	OK
N11	39	J[40]	-3.2	-107.6	4.7	0.35	-0.46	-0.15	-20.47	1.37	OK	0.020	0.308	1.52	OK
N11	39	J[39]	-3.2	-107.9	4.6	0.35	-0.46	-0.15	-20.47	1.37	OK	0.020	0.308	1.52	OK
N11	40	J[41]	-3.2	-107.9	4.5	0.35	-0.47	-0.15	-20.47	1.37	OK	0.019	0.308	1.52	OK
N11	40	J[40]	-3.2	-107.7	4.4	0.35	-0.46	-0.15	-20.47	1.37	OK	0.019	0.308	1.52	OK
N11	41	J[42]	-3.2	-108.7	4.5	0.35	-0.47	-0.15	-20.47	1.37	OK	0.019	0.311	1.52	OK
N11	41	J[41]	-3.2	-108.0	4.3	0.35	-0.47	-0.15	-20.47	1.37	OK	0.019	0.308	1.52	OK
N11	42	J[43]	-3.3	-110.0	4.4	0.35	-0.47	-0.15	-20.47	1.37	OK	0.019	0.314	1.52	OK
N11	42	J[42]	-3.2	-108.7	4.3	0.35	-0.47	-0.15	-20.47	1.37	OK	0.018	0.311	1.52	OK
N11	43	J[44]	-3.3	-111.8	4.3	0.35	-0.48	-0.16	-20.47	1.37	OK	0.018	0.319	1.52	OK
N11	43	J[43]	-3.3	-110.0	4.2	0.35	-0.47	-0.15	-20.47	1.37	OK	0.018	0.314	1.52	OK
N11	44	J[45]	-3.2	-114.0	4.1	0.35	-0.48	-0.17	-20.47	1.37	OK	0.017	0.326	1.53	OK
N11	44	J[44]	-3.3	-111.8	4.2	0.35	-0.48	-0.16	-20.47	1.37	OK	0.018	0.319	1.52	OK
N11	45	J[46]	-3.1	-116.6	3.7	0.35	-0.49	-0.18	-20.47	1.37	OK	0.016	0.333	1.53	OK
N11	45	J[45]	-3.2	-114.0	4.2	0.35	-0.48	-0.17	-20.47	1.37	OK	0.018	0.326	1.53	OK
N11	46	J[47]	-2.9	-119.6	3.4	0.35	-0.48	-0.20	-20.47	1.37	OK	0.014	0.342	1.53	OK
N11	46	J[46]	-3.1	-116.6	4.3	0.35	-0.49	-0.18	-20.47	1.37	OK	0.018	0.333	1.53	OK
N11	47	J[48]	-2.5	-122.3	3.0	0.35	-0.47	-0.23	-20.47	1.37	OK	0.013	0.350	1.54	OK
N11	47	J[47]	-2.9	-119.0	4.3	0.35	-0.48	-0.20	-20.47	1.37	OK	0.019	0.340	1.53	OK
N11	48	J[49]	-2.1	-125.9	2.5	0.35	-0.46	-0.26	-20.47	1.37	OK	0.011	0.360	1.54	OK
N11	48	J[48]	-2.5	-122.3	4.4	0.35	-0.47	-0.23	-20.47	1.37	OK	0.019	0.349	1.54	OK
N11	49	J[50]	-1.4	-129.7	2.0	0.35	-0.44	-0.30	-20.47	1.37	OK	0.008	0.371	1.55	OK
N11	49	J[49]	-2.1	-125.8	4.5	0.35	-0.46	-0.26	-20.47	1.37	OK	0.019	0.359	1.54	OK
N11	50	J[51]	-0.7	-133.7	1.5	0.35	-0.42	-0.35	-20.47	1.37	OK	0.006	0.382	1.55	OK
N11	50	J[50]	-1.4	-129.6	4.5	0.35	-0.44	-0.30	-20.47	1.37	OK	0.019	0.370	1.55	OK

A.4.4.8. Load combination SLU 12

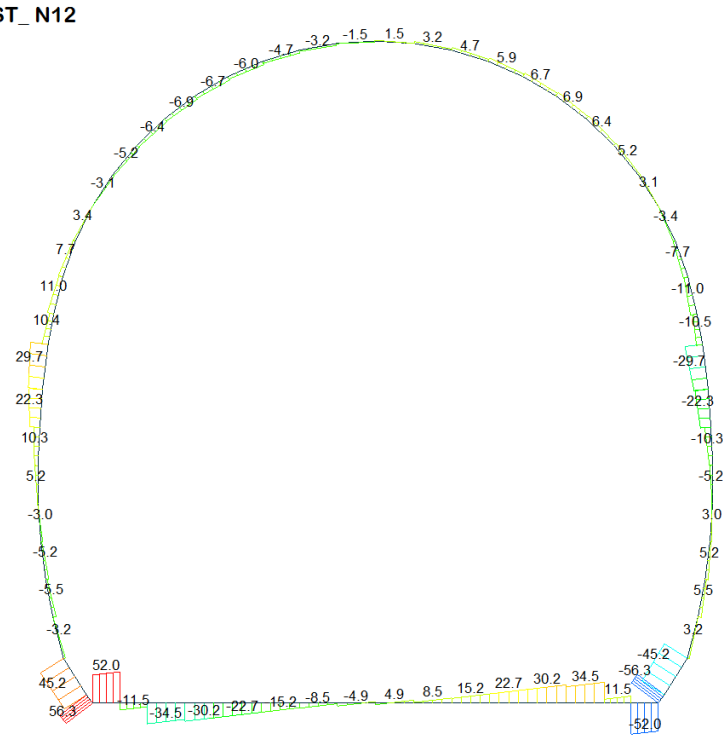
Beam Diagram\_Fx / ST\_N12



Beam Diagram\_My / ST\_N12



Beam Diagram\_Fz / ST\_N12



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM  
SHEAR-z

56.32  
46.09  
35.85  
25.61  
15.37  
5.13  
0.00  
-15.35  
-25.58  
-35.82  
-46.06  
-56.30

ST: N12  
MAX : 62  
MIN : 17  
FILE: GA\_T3 (61 -  
UNIT: kN  
DATE: 04/28/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

VERIFICHE SEZIONALI CALOTTA

CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

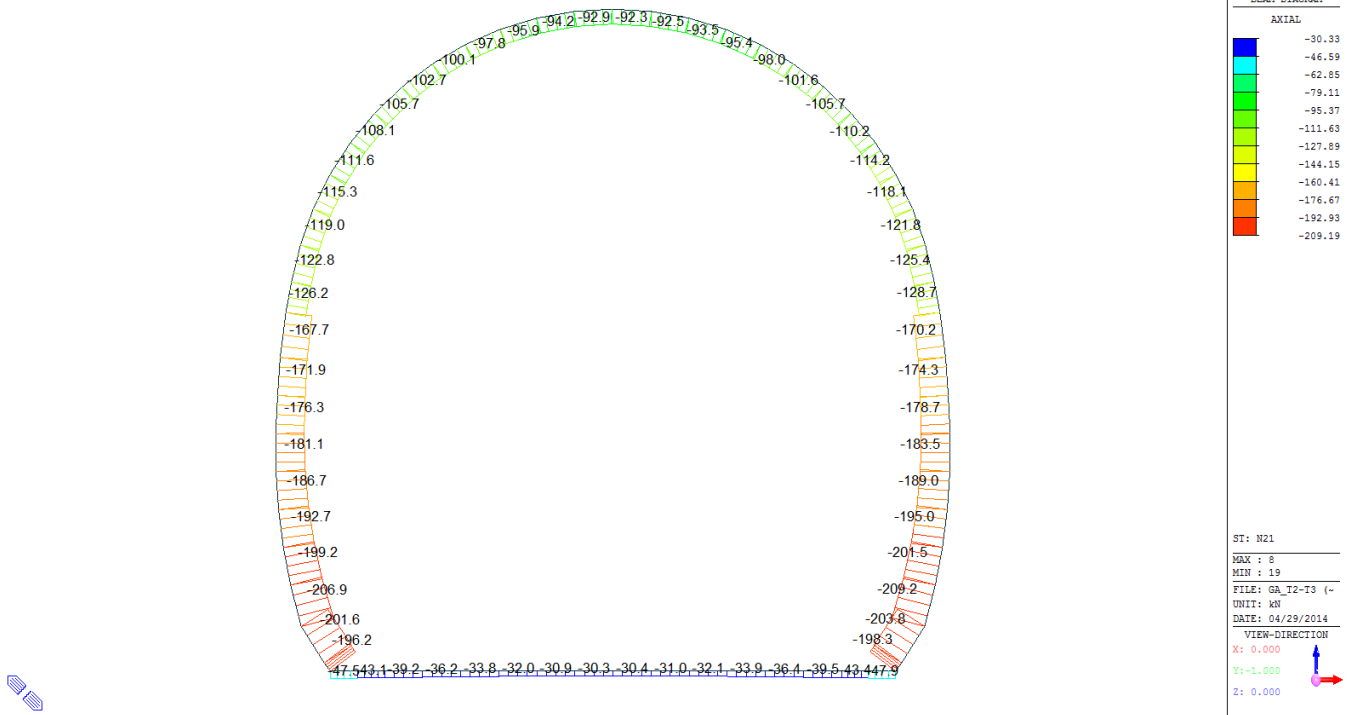
$R_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{d0}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctk,0.05}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.20	$\alpha_{cc}$	0.80	$\alpha_{ct}$	0.80	$\psi$	0.80
$f_{td,90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	20.47	$f_{td,90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	1.373	$E_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

VERIFICHE SEZIONI NON FESSURATE

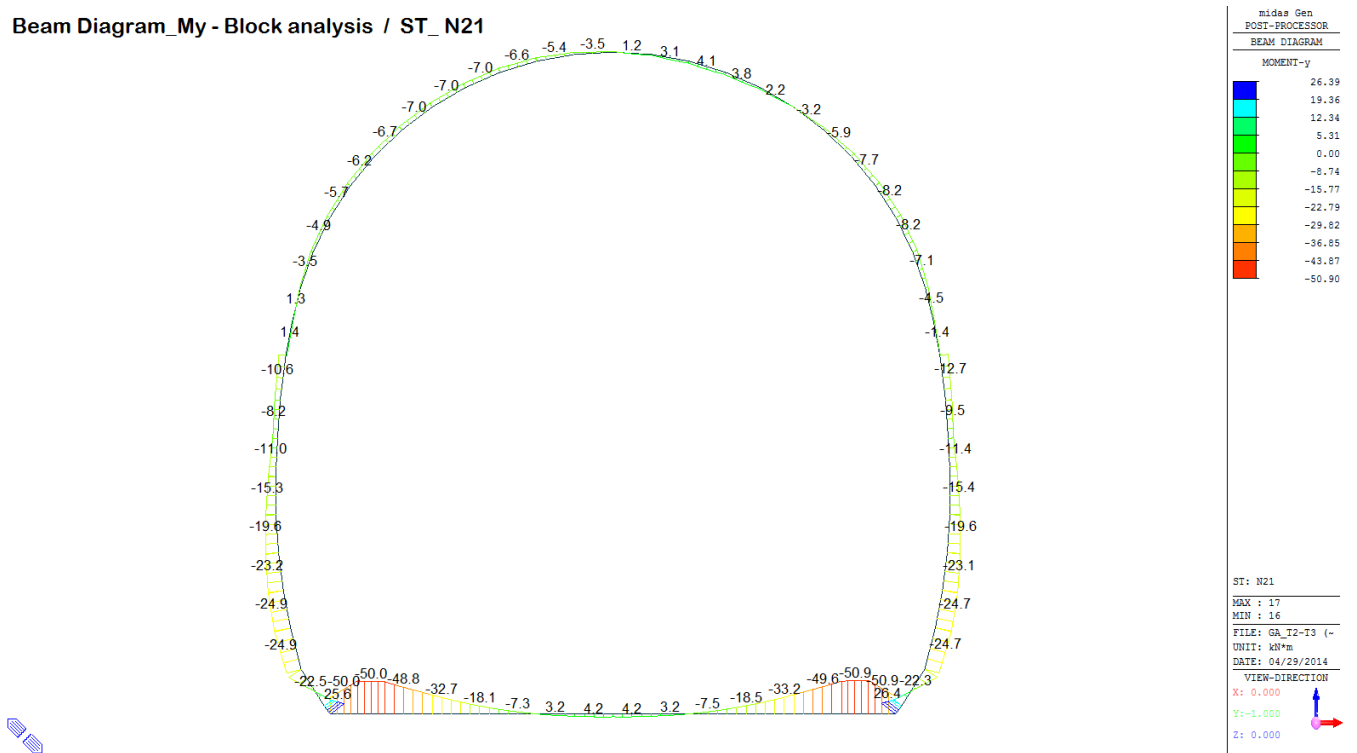
Combinazione di carico	Elemento	Nodo	M <sub>d</sub> [kN-m]	N <sub>d</sub> [kN]	V <sub>d</sub> [kN]	d [m]	Solicitazioni interne		Resistenze di progetto		Risultato verifica	Verifica a taglio secondo EC2			
							$\sigma_{top}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{cp}^{(2)}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd}(EC2)$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{cp,max} \leq F_{v,rd}$
N12	29	J[30]	-3.6	-0.8	0.8	0.35	-0.18	0.17	-20.47	1.37	OK	0.003	0.090	1.42	OK
N12	29	J[29]	-2.2	-5.0	4.9	0.35	-0.12	0.09	-20.47	1.37	OK	0.021	0.061	1.40	OK
N12	30	J[31]	-3.1	3.0	2.9	0.35	-0.14	0.16	-20.47	1.37	OK	0.012	0.071	1.41	OK
N12	30	J[30]	-3.6	-0.9	0.7	0.35	-0.18	0.17	-20.47	1.37	OK	0.003	0.090	1.42	OK
N12	31	J[32]	-1.1	7.0	5.6	0.35	-0.03	0.07	-20.47	1.37	OK	0.024	0.016	1.38	OK
N12	31	J[31]	-3.1	3.3	2.5	0.35	-0.14	0.16	-20.47	1.37	OK	0.011	0.071	1.41	OK
N12	32	J[33]	2.0	11.0	7.5	0.35	0.13	-0.07	-20.47	1.37	OK	0.032	0.034	1.39	OK
N12	32	J[32]	-1.1	7.6	4.8	0.35	-0.03	0.07	-20.47	1.37	OK	0.020	0.015	1.38	OK
N12	33	J[34]	5.7	14.8	8.5	0.35	0.32	-0.24	-20.47	1.37	OK	0.036	0.118	1.43	OK
N12	33	J[33]	2.0	11.8	6.2	0.35	0.13	-0.06	-20.47	1.37	OK	0.026	0.032	1.39	OK
N12	34	J[35]	9.5	18.3	8.7	0.35	0.52	-0.41	-20.47	1.37	OK	0.037	0.207	1.47	OK
N12	34	J[34]	5.7	15.7	6.7	0.35	0.32	-0.23	-20.47	1.37	OK	0.029	0.116	1.43	OK
N12	35	J[36]	13.2	21.4	8.2	0.35	0.71	-0.59	-20.47	1.37	OK	0.035	0.293	1.51	OK
N12	35	J[35]	9.5	19.2	6.5	0.35	0.52	-0.41	-20.47	1.37	OK	0.028	0.206	1.47	OK
N12	36	J[37]	16.4	24.0	7.2	0.35	0.87	-0.74	-20.47	1.37	OK	0.031	0.368	1.55	OK
N12	36	J[36]	13.2	22.3	5.7	0.35	0.71	-0.58	-20.47	1.37	OK	0.024	0.291	1.51	OK
N12	37	J[38]	18.9	26.0	5.6	0.35	1.00	-0.85	-20.47	1.37	OK	0.024	0.425	1.57	OK
N12	37	J[37]	16.4	24.7	4.3	0.35	0.87	-0.73	-20.47	1.37	OK	0.018	0.367	1.55	OK
N12	38	J[39]	20.5	27.2	3.7	0.35	1.08	-0.92	-20.47	1.37	OK	0.016	0.462	1.59	OK
N12	38	J[38]	18.9	26.4	2.5	0.35	1.00	-0.85	-20.47	1.37	OK	0.011	0.425	1.57	OK
N12	39	J[40]	21.0	27.7	1.6	0.35	1.11	-0.95	-20.47	1.37	OK	0.007	0.475	1.59	OK
N12	39	J[39]	20.5	27.5	0.5	0.35	1.08	-0.92	-20.47	1.37	OK	0.002	0.462	1.59	OK
N12	40	J[41]	20.5	27.5	0.5	0.35	1.08	-0.92	-20.47	1.37	OK	0.002	0.462	1.59	OK
N12	40	J[40]	21.0	27.7	1.7	0.35	1.11	-0.95	-20.47	1.37	OK	0.007	0.475	1.59	OK
N12	41	J[42]	18.9	26.4	2.6	0.35	1.00	-0.85	-20.47	1.37	OK	0.011	0.424	1.57	OK
N12	41	J[41]	20.5	27.2	3.8	0.35	1.08	-0.92	-20.47	1.37	OK	0.016	0.462	1.59	OK
N12	42	J[43]	16.4	24.7	4.3	0.35	0.87	-0.73	-20.47	1.37	OK	0.018	0.366	1.55	OK
N12	42	J[42]	18.9	25.9	5.6	0.35	1.00	-0.85	-20.47	1.37	OK	0.024	0.425	1.57	OK
N12	43	J[44]	13.2	22.2	5.7	0.35	0.71	-0.58	-20.47	1.37	OK	0.024	0.291	1.51	OK
N12	43	J[43]	16.4	24.0	7.2	0.35	0.87	-0.73	-20.47	1.37	OK	0.031	0.367	1.55	OK
N12	44	J[45]	9.5	19.2	6.5	0.35	0.52	-0.41	-20.47	1.37	OK	0.028	0.205	1.47	OK
N12	44	J[44]	13.2	21.4	8.2	0.35	0.71	-0.58	-20.47	1.37	OK	0.035	0.292	1.51	OK
N12	45	J[46]	5.6	15.7	6.7	0.35	0.32	-0.23	-20.47	1.37	OK	0.029	0.116	1.43	OK
N12	45	J[45]	9.5	18.3	8.7	0.35	0.52	-0.41	-20.47	1.37	OK	0.037	0.206	1.47	OK
N12	46	J[47]	2.0	11.8	6.2	0.35	0.13	-0.06	-20.47	1.37	OK	0.026	0.032	1.39	OK
N12	46	J[46]	5.6	14.8	8.5	0.35	0.32	-0.23	-20.47	1.37	OK	0.036	0.117	1.43	OK
N12	47	J[48]	-1.1	7.6	4.8	0.35	-0.03	0.07	-20.47	1.37	OK	0.020	0.016	1.38	OK
N12	47	J[47]	2.0	11.0	7.5	0.35	0.13	-0.07	-20.47	1.37	OK	0.032	0.033	1.39	OK
N12	48	J[49]	-3.1	3.3	2.5	0.35	-0.14	0.16	-20.47	1.37	OK	0.011	0.071	1.41	OK
N12	48	J[48]	-1.1	7.0	5.6	0.35	-0.03	0.07	-20.47	1.37	OK	0.024	0.016	1.38	OK
N12	49	J[50]	-3.6	-0.9	0.7	0.35	-0.18	0.18	-20.47	1.37	OK	0.003	0.090	1.42	OK
N12	49	J[49]	-3.1	3.0	2.9	0.35	-0.14	0.16	-20.47	1.37	OK	0.012	0.072	1.41	OK
N12	50	J[51]	-2.2	-5.0	4.9	0.35	-0.12	0.09	-20.47	1.37	OK	0.021	0.061	1.40	OK
N12	50	J[50]	-3.6	-0.9	0.8	0.35	-0.18	0.18	-20.47	1.37	OK	0.004	0.090	1.42	OK

A.4.4.9. Load combination SLU 21 Block analysis

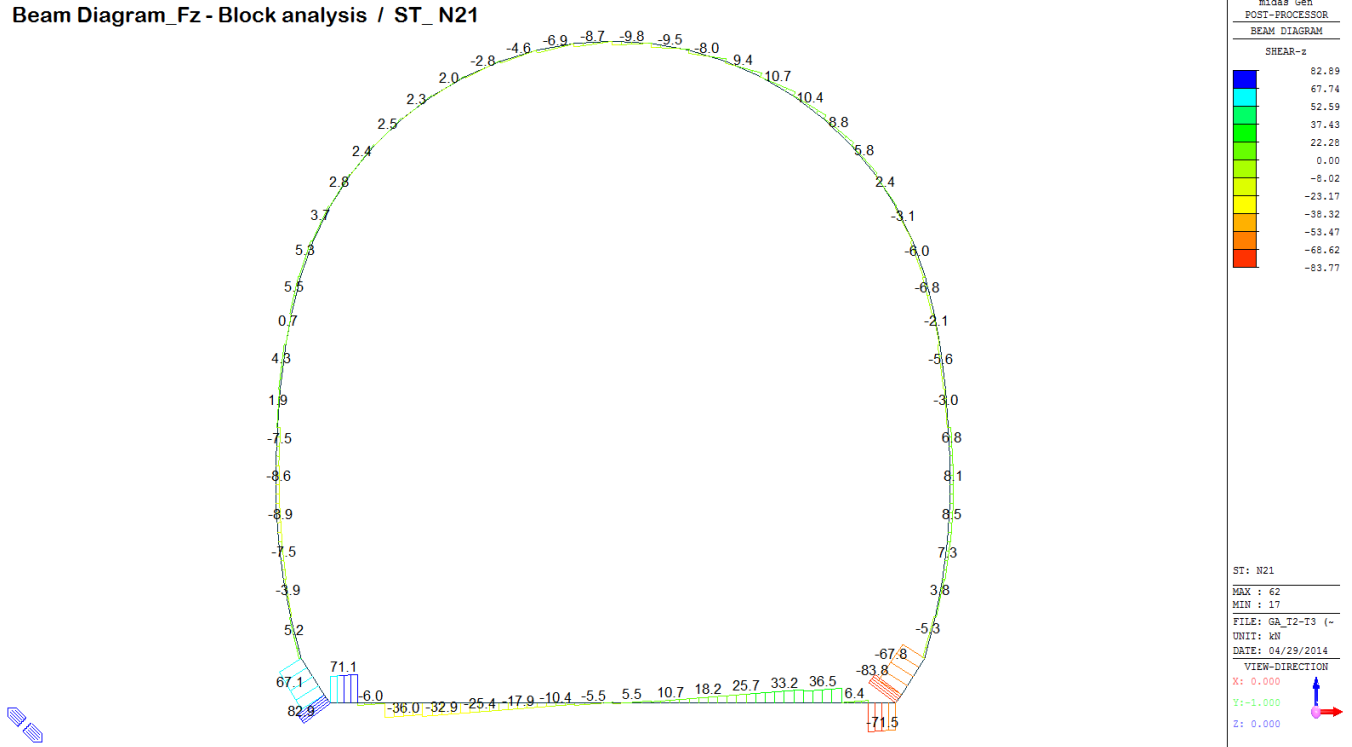
Beam Diagram\_Fx - Block analysis / ST\_N21



Beam Diagram\_My - Block analysis / ST\_N21



Beam Diagram\_Fz - Block analysis / ST\_N21



VERIFICHE SEZIONALI CALOTTA

CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

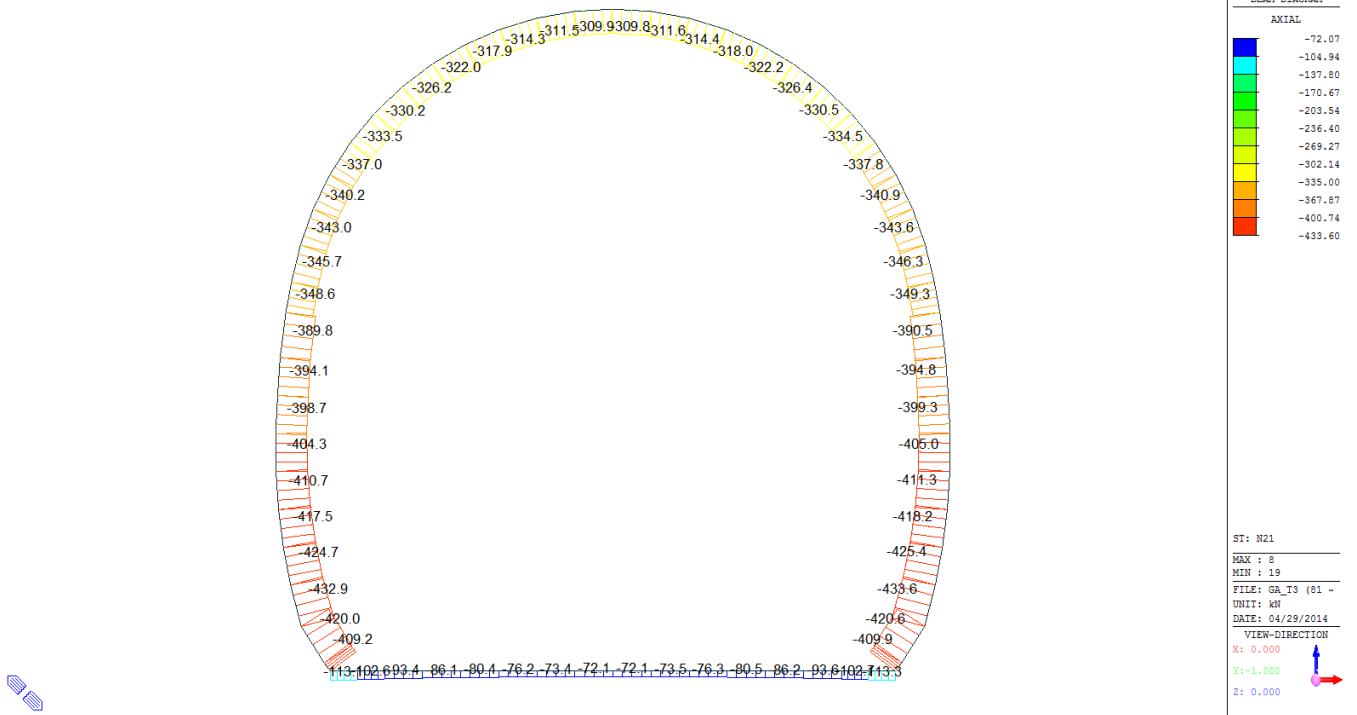
$R_{ct}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{ct}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctk,0.95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.20	$\alpha_{cc}$	0.80	$\alpha_{ct}$	0.80	$\phi$	0.80
$f_{ct,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	20.47	$f_{ctd,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	1.373	$E_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

VERIFICHE SEZIONI NON FESSURATE

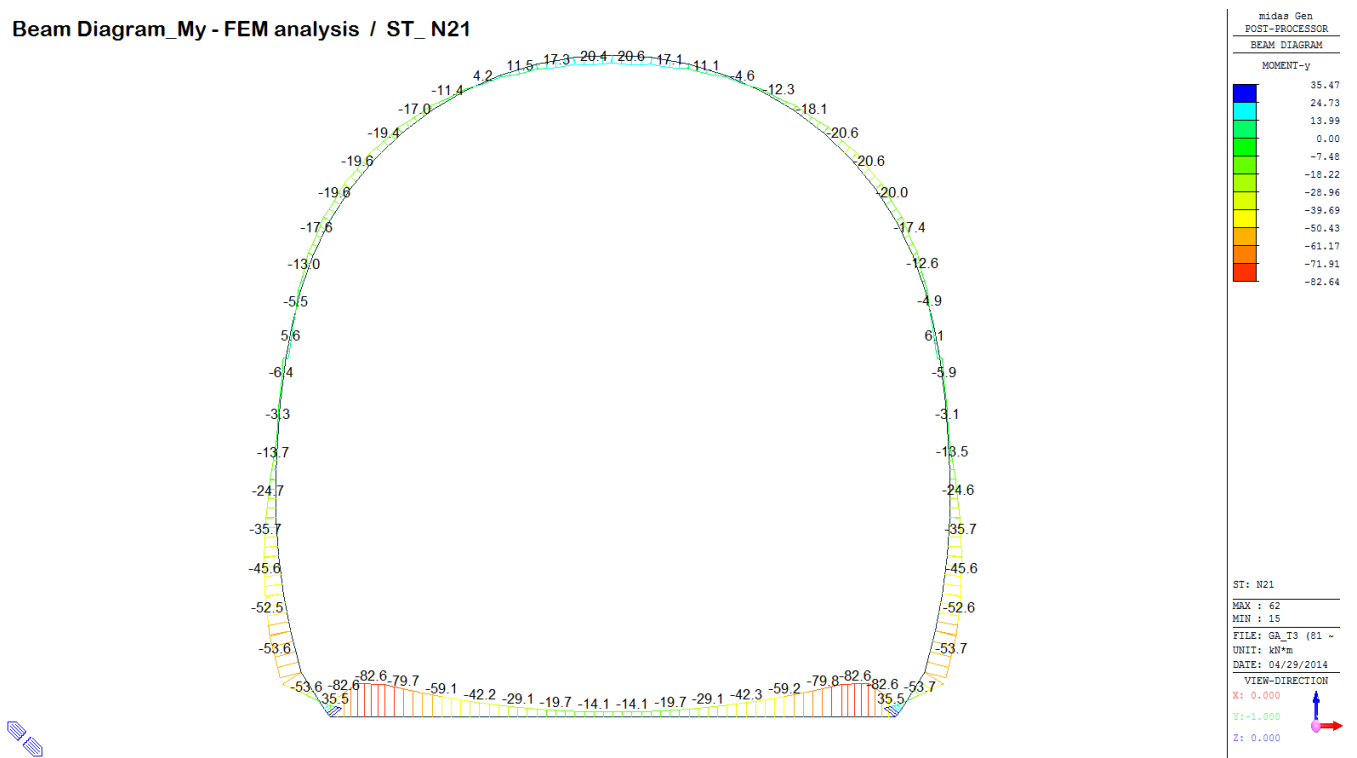
Combinazione di carico	Elemento	Nodo	$M_d$ [kN-m]	$N_d$ [kN]	$V_d$ [kN]	$d$ [m]	Solicitazioni interne		Resistenze di progetto		Risultato verifica	Verifica a taglio secondo EC2			
							$\sigma_{sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,80\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{cp}^{EC2}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,EC2}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{cp,max} \leq F_{ctd}$
N21	29	J[30]	-7.1	-117.6	6.0	0.28	-0.97	0.13	-20.47	1.37	OK	0.032	0.483	1.60	OK
N21	29	J[29]	-4.5	-121.8	4.5	0.28	-0.78	-0.09	-20.47	1.37	OK	0.024	0.435	1.58	OK
N21	30	J[31]	-8.2	-114.1	3.1	0.28	-1.03	0.22	-20.47	1.37	OK	0.016	0.517	1.61	OK
N21	30	J[30]	-7.1	-118.1	1.1	0.28	-0.97	0.12	-20.47	1.37	OK	0.006	0.484	1.60	OK
N21	31	J[32]	-7.7	-110.5	0.5	0.28	-0.98	0.19	-20.47	1.37	OK	0.003	0.491	1.60	OK
N21	31	J[31]	-8.2	-114.2	2.4	0.28	-1.03	0.22	-20.47	1.37	OK	0.013	0.517	1.61	OK
N21	32	J[33]	-5.9	-106.8	1.1	0.28	-0.83	0.07	-20.47	1.37	OK	0.006	0.415	1.57	OK
N21	32	J[32]	-7.7	-110.2	5.8	0.28	-0.98	0.19	-20.47	1.37	OK	0.031	0.490	1.60	OK
N21	33	J[34]	-3.2	-102.7	1.6	0.28	-0.61	-0.12	-20.47	1.37	OK	0.009	0.367	1.55	OK
N21	33	J[33]	-5.9	-105.7	8.8	0.28	-0.83	0.07	-20.47	1.37	OK	0.047	0.413	1.57	OK
N21	34	J[35]	-0.3	-98.9	0.9	0.28	-0.37	-0.33	-20.47	1.37	OK	0.005	0.353	1.54	OK
N21	34	J[34]	-3.2	-101.6	10.4	0.28	-0.61	-0.12	-20.47	1.37	OK	0.056	0.363	1.54	OK
N21	35	J[36]	2.2	-95.8	1.1	0.28	-0.17	-0.51	-20.47	1.37	OK	0.006	0.342	1.53	OK
N21	35	J[35]	-0.3	-98.1	10.7	0.28	-0.37	-0.33	-20.47	1.37	OK	0.057	0.350	1.54	OK
N21	36	J[37]	3.5	-93.6	4.6	0.28	-0.07	-0.60	-20.47	1.37	OK	0.025	0.334	1.53	OK
N21	36	J[36]	2.2	-95.4	9.4	0.28	-0.17	-0.51	-20.47	1.37	OK	0.050	0.341	1.53	OK
N21	37	J[38]	3.0	-92.2	8.0	0.28	-0.10	-0.56	-20.47	1.37	OK	0.043	0.329	1.53	OK
N21	37	J[37]	3.5	-93.5	6.2	0.28	-0.07	-0.60	-20.47	1.37	OK	0.033	0.334	1.53	OK
N21	38	J[39]	1.2	-91.8	9.5	0.28	-0.23	-0.42	-20.47	1.37	OK	0.051	0.328	1.53	OK
N21	38	J[38]	3.0	-92.5	2.8	0.28	-0.10	-0.56	-20.47	1.37	OK	0.015	0.331	1.53	OK
N21	39	J[40]	-1.2	-92.0	9.8	0.28	-0.42	-0.24	-20.47	1.37	OK	0.053	0.329	1.53	OK
N21	39	J[39]	1.2	-92.3	1.0	0.28	-0.24	-0.42	-20.47	1.37	OK	0.006	0.330	1.53	OK
N21	40	J[41]	-3.5	-92.9	8.7	0.28	-0.60	-0.06	-20.47	1.37	OK	0.047	0.332	1.53	OK
N21	40	J[40]	-1.2	-92.6	0.3	0.28	-0.42	-0.24	-20.47	1.37	OK	0.002	0.331	1.53	OK
N21	41	J[42]	-5.5	-94.2	6.9	0.28	-0.75	0.08	-20.47	1.37	OK	0.037	0.377	1.55	OK
N21	41	J[41]	-3.5	-93.4	0.6	0.28	-0.60	-0.07	-20.47	1.37	OK	0.003	0.334	1.53	OK
N21	42	J[43]	-6.6	-95.9	4.6	0.28	-0.85	0.17	-20.47	1.37	OK	0.025	0.425	1.57	OK
N21	42	J[42]	-5.5	-94.6	0.1	0.28	-0.75	0.08	-20.47	1.37	OK	0.000	0.377	1.55	OK
N21	43	J[44]	-7.1	-97.8	2.8	0.28	-0.89	0.19	-20.47	1.37	OK	0.015	0.444	1.58	OK
N21	43	J[43]	-6.6	-96.1	1.2	0.28	-0.85	0.16	-20.47	1.37	OK	0.006	0.425	1.57	OK
N21	44	J[45]	-7.0	-100.1	1.8	0.28	-0.89	0.18	-20.47	1.37	OK	0.009	0.446	1.58	OK
N21	44	J[44]	-7.1	-97.9	2.0	0.28	-0.89	0.19	-20.47	1.37	OK	0.011	0.445	1.58	OK
N21	45	J[46]	-6.7	-102.7	1.1	0.28	-0.88	0.15	-20.47	1.37	OK	0.006	0.439	1.58	OK
N21	45	J[45]	-7.0	-100.1	2.3	0.28	-0.89	0.18	-20.47	1.37	OK	0.013	0.446	1.58	OK
N21	46	J[47]	-6.2	-105.7	0.7	0.28	-0.85	0.10	-20.47	1.37	OK	0.004	0.427	1.57	OK
N21	46	J[46]	-6.7	-102.6	2.5	0.28	-0.88	0.15	-20.47	1.37	OK	0.013	0.439	1.58	OK
N21	47	J[48]	-5.7	-108.1	0.4	0.28	-0.82	0.05	-20.47	1.37	OK	0.002	0.412	1.57	OK
N21	47	J[47]	-6.2	-104.7	2.4	0.28	-0.85	0.10	-20.47	1.37	OK	0.013	0.426	1.57	OK
N21	48	J[49]	-4.9	-111.6	0.5	0.28	-0.77	-0.02	-20.47	1.37	OK	0.002	0.399	1.56	OK
N21	48	J[48]	-5.7	-107.9	2.8	0.28	-0.82	0.05	-20.47	1.37	OK	0.015	0.412	1.57	OK
N21	49	J[50]	-3.5	-115.3	1.8	0.28	-0.68	-0.14	-20.47	1.37	OK	0.010	0.412	1.57	OK
N21	49	J[49]	-4.9	-111.4	3.7	0.28	-0.77	-0.02	-20.47	1.37	OK	0.020	0.398	1.56	OK
N21	50	J[51]	-1.2	-119.0	3.9	0.28	-0.52	-0.33	-20.47	1.37	OK	0.021	0.425	1.57	OK
N21	50	J[50]	-3.5	-114.9	5.3	0.28	-0.68	-0.14	-20.47	1.37	OK	0.028	0.410	1.56	OK

A.4.4.10. Load combination SLU 21 FEM analysis

Beam Diagram\_Fx - FEM analysis / ST\_N21

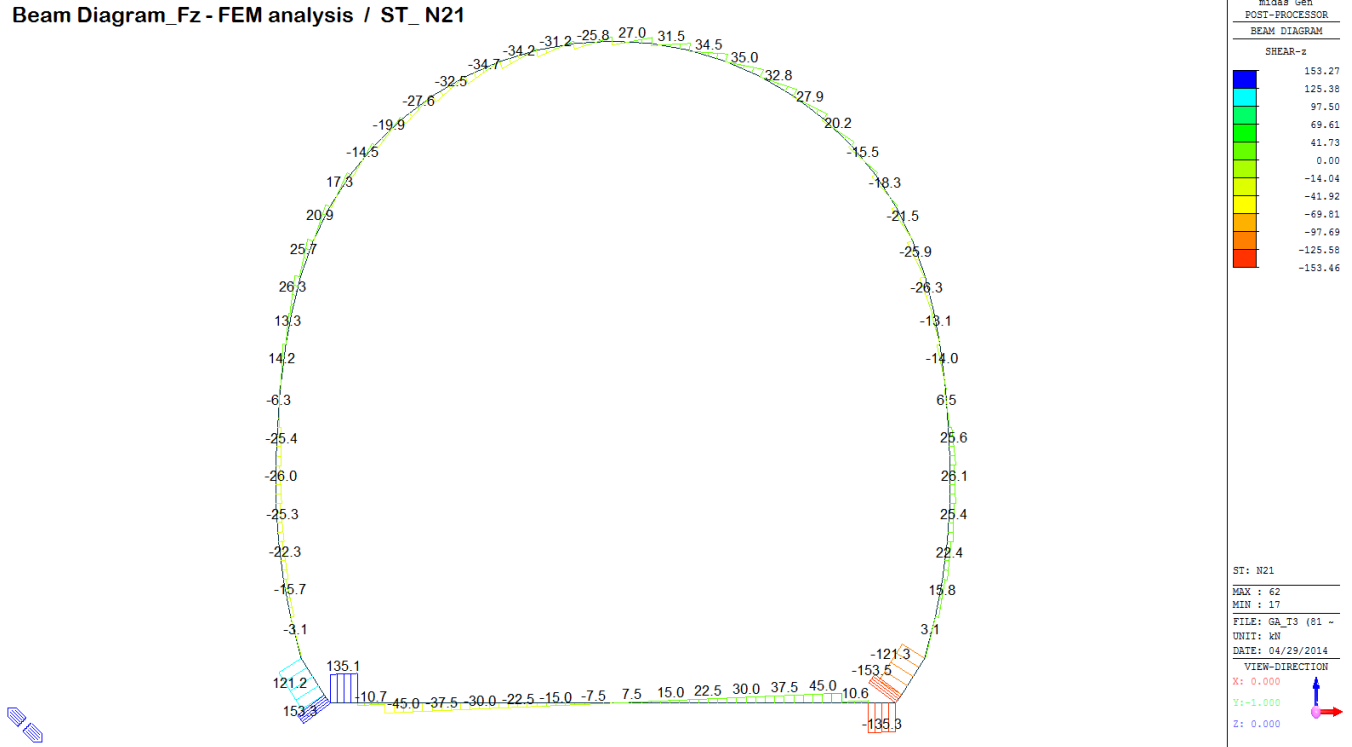


Beam Diagram\_My - FEM analysis / ST\_N21





Beam Diagram\_Fz - FEM analysis / ST\_N21



VERIFICHE SEZIONALI CALOTTA

CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

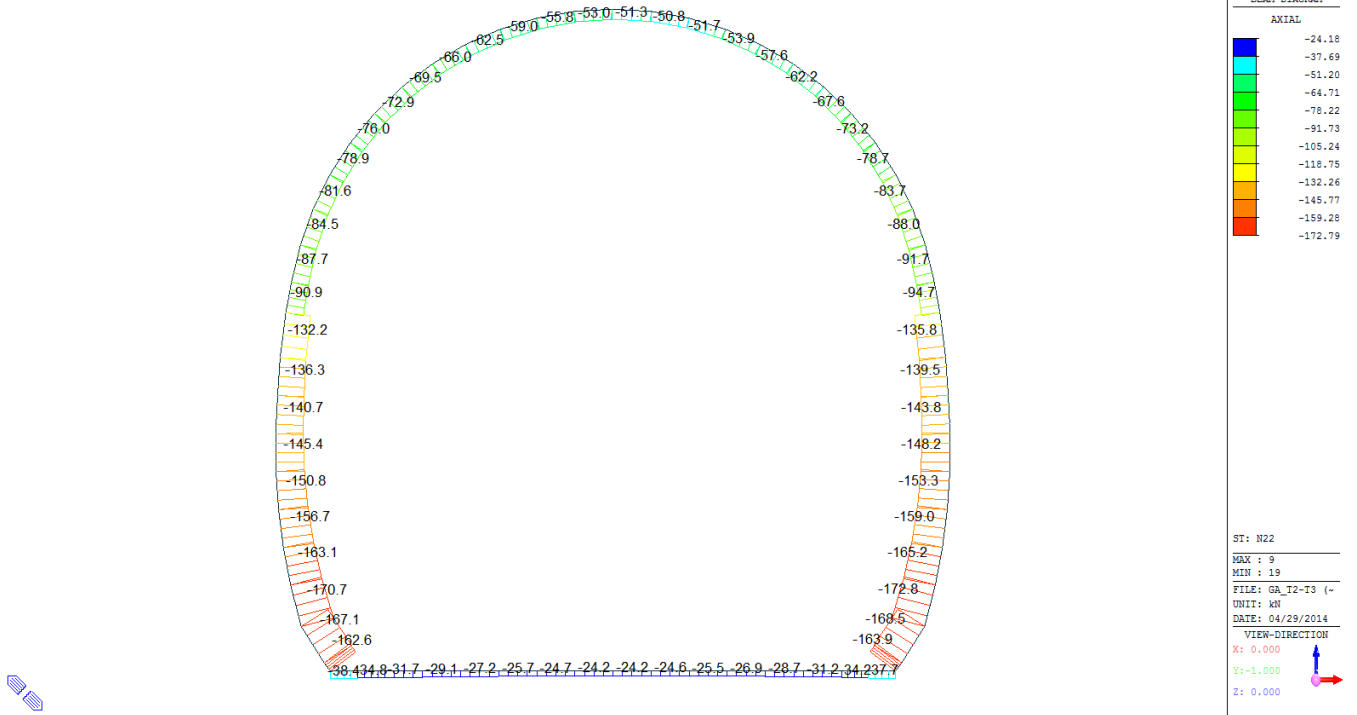
$R_{ct}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{ct}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctm,95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.20	$\alpha_{cc}$	0.80	$\alpha_{ct}$	0.80	$\phi$	0.80
$f_{ct,95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	20.47	$f_{ctd,95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	1.373	$E_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

VERIFICHE SEZIONI NON FESSURATE

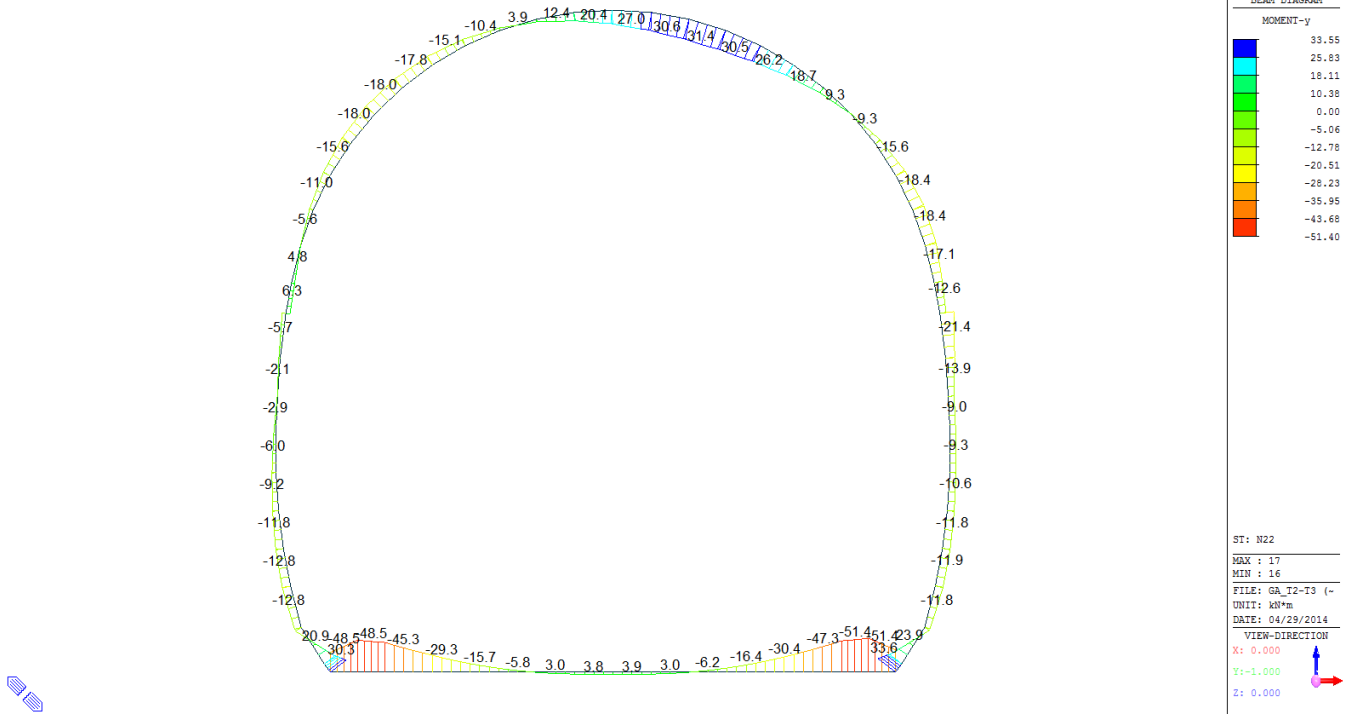
Combinazione di carico	Elemento	Nodo	$M_d$ [kN-m]	$N_d$ [kN]	$V_d$ [kN]	d [m]	Sollecitazioni interne		Resistenze di progetto		Risultato verifica	Verifica a taglio secondo EC2			
							$\sigma_{sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,80\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd}(EC2)$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{cp,max} \leq F_{ctd}$
N21	29	J[30]	-14.3	-334.5	28.0	0.28	-2.29	-0.10	-20.47	1.37	OK	0.150	1.194	1.88	OK
N21	29	J[29]	-5.6	-338.6	7.1	0.28	-1.64	-0.78	-20.47	1.37	OK	0.038	1.209	1.88	OK
N21	30	J[31]	-19.9	-332.2	23.2	0.28	-2.71	0.34	-20.47	1.37	OK	0.124	1.355	1.94	OK
N21	30	J[30]	-14.3	-336.1	0.2	0.28	-2.29	-0.11	-20.47	1.37	OK	0.001	1.200	1.88	OK
N21	31	J[32]	-22.8	-329.4	18.8	0.28	-2.92	0.56	-20.47	1.37	OK	0.101	1.459	1.97	OK
N21	31	J[31]	-19.9	-333.1	7.1	0.28	-2.71	0.33	-20.47	1.37	OK	0.038	1.357	1.94	OK
N21	32	J[33]	-22.4	-326.3	13.5	0.28	-2.88	0.55	-20.47	1.37	OK	0.072	1.438	1.96	OK
N21	32	J[32]	-22.8	-328.7	14.8	0.28	-2.92	0.56	-20.47	1.37	OK	0.079	1.459	1.97	OK
N21	33	J[34]	-17.6	-322.6	5.9	0.28	-2.50	0.19	-20.47	1.37	OK	0.032	1.248	1.90	OK
N21	33	J[33]	-22.4	-325.6	24.8	0.28	-2.87	0.55	-20.47	1.37	OK	0.133	1.437	1.96	OK
N21	34	J[35]	-9.8	-318.5	1.1	0.28	-1.89	-0.39	-20.47	1.37	OK	0.006	1.137	1.86	OK
N21	34	J[34]	-17.6	-321.1	31.9	0.28	-2.49	0.20	-20.47	1.37	OK	0.171	1.245	1.90	OK
N21	35	J[36]	-0.5	-314.2	0.9	0.28	-1.16	-1.09	-20.47	1.37	OK	0.005	1.122	1.85	OK
N21	35	J[35]	-9.8	-316.4	36.1	0.28	-1.88	-0.38	-20.47	1.37	OK	0.194	1.130	1.85	OK
N21	36	J[37]	9.1	-310.2	0.1	0.28	-0.41	-1.80	-20.47	1.37	OK	0.001	1.108	1.85	OK
N21	36	J[36]	-0.5	-311.9	37.6	0.28	-1.15	-1.08	-20.47	1.37	OK	0.202	1.114	1.85	OK
N21	37	J[38]	17.4	-306.8	3.3	0.28	0.24	-2.43	-20.47	1.37	OK	0.017	1.215	1.88	OK
N21	37	J[37]	9.1	-308.0	36.4	0.28	-0.41	-1.79	-20.47	1.37	OK	0.195	1.100	1.84	OK
N21	38	J[39]	23.4	-304.3	9.1	0.28	0.70	-2.88	-20.47	1.37	OK	0.049	1.438	1.96	OK
N21	38	J[38]	17.4	-305.0	32.6	0.28	0.24	-2.42	-20.47	1.37	OK	0.175	1.212	1.88	OK
N21	39	J[40]	25.8	-302.9	18.6	0.28	0.89	-3.05	-20.47	1.37	OK	0.100	1.527	2.00	OK
N21	39	J[39]	23.4	-303.2	27.4	0.28	0.71	-2.87	-20.47	1.37	OK	0.147	1.436	1.96	OK
N21	40	J[41]	23.5	-303.2	26.2	0.28	0.72	-2.88	-20.47	1.37	OK	0.141	1.441	1.97	OK
N21	40	J[40]	25.8	-303.0	17.6	0.28	0.89	-3.05	-20.47	1.37	OK	0.094	1.527	2.00	OK
N21	41	J[42]	17.7	-305.0	32.4	0.28	0.26	-2.44	-20.47	1.37	OK	0.174	1.222	1.89	OK
N21	41	J[41]	23.5	-304.2	9.4	0.28	0.71	-2.89	-20.47	1.37	OK	0.050	1.443	1.97	OK
N21	42	J[43]	9.5	-308.0	36.2	0.28	-0.38	-1.82	-20.47	1.37	OK	0.194	1.100	1.84	OK
N21	42	J[42]	17.7	-306.7	3.5	0.28	0.26	-2.45	-20.47	1.37	OK	0.019	1.225	1.89	OK
N21	43	J[44]	0.1	-311.8	37.4	0.28	-1.11	-1.12	-20.47	1.37	OK	0.200	1.114	1.85	OK
N21	43	J[43]	9.5	-310.1	0.1	0.28	-0.38	-1.83	-20.47	1.37	OK	0.001	1.107	1.85	OK
N21	44	J[45]	-9.2	-316.3	35.9	0.28	-1.83	-0.43	-20.47	1.37	OK	0.192	1.130	1.85	OK
N21	44	J[44]	0.1	-314.1	0.7	0.28	-1.12	-1.13	-20.47	1.37	OK	0.004	1.122	1.85	OK
N21	45	J[46]	-16.8	-321.0	31.7	0.28	-2.44	0.14	-20.47	1.37	OK	0.170	1.218	1.89	OK
N21	45	J[45]	-9.2	-318.3	1.3	0.28	-1.84	-0.43	-20.47	1.37	OK	0.007	1.137	1.86	OK
N21	46	J[47]	-21.5	-325.5	24.6	0.28	-2.81	0.49	-20.47	1.37	OK	0.132	1.405	1.95	OK
N21	46	J[46]	-16.8	-322.5	6.1	0.28	-2.44	0.14	-20.47	1.37	OK	0.033	1.220	1.89	OK
N21	47	J[48]	-22.5	-329.4	16.0	0.28	-2.90	0.55	-20.47	1.37	OK	0.086	1.451	1.97	OK
N21	47	J[47]	-21.5	-326.1	12.3	0.28	-2.81	0.48	-20.47	1.37	OK	0.066	1.407	1.95	OK
N21	48	J[49]	-20.1	-333.0	7.8	0.28	-2.73	0.35	-20.47	1.37	OK	0.042	1.363	1.94	OK
N21	48	J[48]	-22.5	-329.3	18.0	0.28	-2.90	0.55	-20.47	1.37	OK	0.097	1.451	1.97	OK
N21	49	J[50]	-14.6	-336.0	0.6	0.28	-2.32	-0.08	-20.47	1.37	OK	0.003	1.200	1.88	OK
N21	49	J[49]	-20.1	-332.1	22.8	0.28	-2.72	0.35	-20.47	1.37	OK	0.122	1.361	1.94	OK
N21	50	J[51]	-6.0	-338.6	6.9	0.28	-1.67	-0.75	-20.47	1.37	OK	0.037	1.209	1.88	OK
N21	50	J[50]	-14.6	-334.4	27.9	0.28	-2.31	-0.08	-20.47	1.37	OK	0.149	1.194	1.88	OK

A.4.4.11. Load combination SLU 22 Block analysis

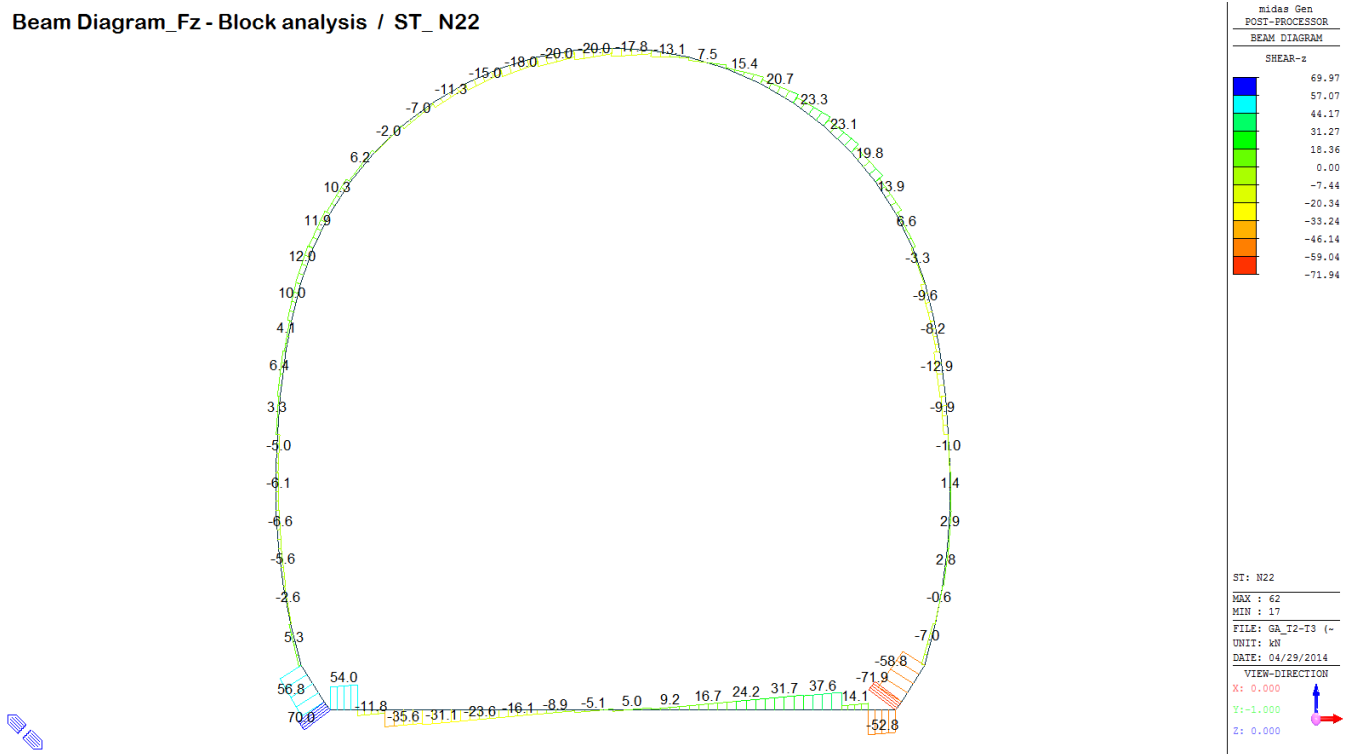
Beam Diagram\_Fx - Block analysis / ST\_N22



Beam Diagram\_My - Block analysis / ST\_N22



Beam Diagram\_Fz - Block analysis / ST\_N22



VERIFICHE SEZIONALI CALOTTA

CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

$R_{ct}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctd,0.05}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.20	$\alpha_{cc}$	0.80	$\alpha_{ct}$	0.80	$\psi$	0.80
$f_{ct,90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	20.47	$f_{ctd,90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	1.373	$E_p$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

VERIFICHE SEZIONI NON FESSURATE

Combinazione di carico	Elemento	Nodo	$M_d$ [kN-m]	$N_d$ [kN]	$V_d$ [kN]	$d$ [m]	Solicitazioni interne		Resistenze di progetto		Risultato verifica	Verifica a taglio secondo EC2			
							$\sigma_{sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd,90\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{cvd}(EC2)$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{cp,max} \leq F_{cvd}$
N22	29	J[30]	-18.4	-83.9	3.3	0.28	-1.71	1.11	-20.47	1.37	OK	0.017	0.853	1.75	OK
N22	29	J[29]	-17.1	-88.0	1.8	0.28	-1.62	1.00	-20.47	1.37	OK	0.010	0.812	1.73	OK
N22	30	J[31]	-15.6	-79.8	4.7	0.28	-1.48	0.91	-20.47	1.37	OK	0.025	0.738	1.70	OK
N22	30	J[30]	-18.4	-83.7	6.6	0.28	-1.70	1.11	-20.47	1.37	OK	0.035	0.852	1.75	OK
N22	31	J[32]	-9.3	-75.0	11.1	0.28	-0.98	0.44	-20.47	1.37	OK	0.059	0.489	1.60	OK
N22	31	J[31]	-15.6	-78.7	14.0	0.28	-1.47	0.91	-20.47	1.37	OK	0.075	0.736	1.70	OK
N22	32	J[32]	-0.5	-69.8	15.0	0.28	-0.29	-0.21	-20.47	1.37	OK	0.080	0.249	1.49	OK
N22	32	J[33]	-9.3	-73.2	19.8	0.28	-0.97	0.45	-20.47	1.37	OK	0.106	0.485	1.60	OK
N22	33	J[34]	9.3	-64.6	15.9	0.28	0.48	-0.94	-20.47	1.37	OK	0.085	0.472	1.59	OK
N22	33	J[33]	-0.5	-67.6	23.1	0.28	-0.28	-0.20	-20.47	1.37	OK	0.123	0.241	1.49	OK
N22	34	J[35]	18.7	-59.6	13.9	0.28	1.22	-1.64	-20.47	1.37	OK	0.074	0.822	1.74	OK
N22	34	J[34]	9.3	-62.3	23.3	0.28	0.49	-0.93	-20.47	1.37	OK	0.125	0.467	1.59	OK
N22	35	J[36]	26.2	-55.4	9.0	0.28	1.81	-2.20	-20.47	1.37	FESSURATA	0.048	1.101	1.84	OK
N22	35	J[35]	18.7	-57.6	20.7	0.28	1.22	-1.64	-20.47	1.37	OK	0.111	0.818	1.73	OK
N22	36	J[37]	30.5	-52.2	1.4	0.28	2.14	-2.52	-20.47	1.37	FESSURATA	0.007	1.258	1.90	OK
N22	36	J[36]	26.2	-54.0	15.4	0.28	1.81	-2.20	-20.47	1.37	FESSURATA	0.062	1.099	1.84	OK
N22	37	J[38]	30.5	-50.4	6.7	0.28	2.16	-2.52	-20.47	1.37	FESSURATA	0.036	1.259	1.90	OK
N22	37	J[37]	30.5	-51.7	7.5	0.28	2.15	-2.51	-20.47	1.37	FESSURATA	0.040	1.257	1.90	OK
N22	38	J[39]	27.0	-50.1	13.1	0.28	1.89	-2.25	-20.47	1.37	FESSURATA	0.070	1.123	1.85	OK
N22	38	J[38]	30.6	-50.8	0.8	0.28	2.16	-2.52	-20.47	1.37	FESSURATA	0.004	1.260	1.90	OK
N22	39	J[40]	20.4	-51.0	17.8	0.28	1.38	-1.74	-20.47	1.37	FESSURATA	0.096	0.872	1.76	OK
N22	39	J[39]	27.0	-51.3	7.0	0.28	1.88	-2.25	-20.47	1.37	FESSURATA	0.037	1.125	1.85	OK
N22	40	J[41]	12.4	-53.0	20.0	0.28	0.76	-1.14	-20.47	1.37	OK	0.107	0.570	1.63	OK
N22	40	J[40]	20.4	-52.8	11.6	0.28	1.37	-1.75	-20.47	1.37	FESSURATA	0.062	0.876	1.76	OK
N22	41	J[42]	3.9	-55.8	20.0	0.28	0.10	-0.50	-20.47	1.37	OK	0.107	0.250	1.49	OK
N22	41	J[41]	12.4	-55.0	13.7	0.28	0.75	-1.15	-20.47	1.37	OK	0.073	0.574	1.63	OK
N22	42	J[43]	-3.9	-59.0	18.0	0.28	-0.51	0.09	-20.47	1.37	OK	0.096	0.255	1.50	OK
N22	42	J[42]	3.9	-57.7	13.3	0.28	0.10	-0.51	-20.47	1.37	OK	0.071	0.254	1.49	OK
N22	43	J[44]	-10.4	-62.5	15.0	0.28	-1.02	0.57	-20.47	1.37	OK	0.080	0.510	1.61	OK
N22	43	J[43]	-3.9	-60.7	11.0	0.28	-0.52	0.08	-20.47	1.37	OK	0.059	0.258	1.50	OK
N22	44	J[45]	-15.1	-66.0	11.3	0.28	-1.39	0.92	-20.47	1.37	OK	0.061	0.696	1.69	OK
N22	44	J[44]	-10.4	-63.8	7.6	0.28	-1.02	0.57	-20.47	1.37	OK	0.041	0.512	1.61	OK
N22	45	J[46]	-17.8	-69.5	7.0	0.28	-1.61	1.11	-20.47	1.37	OK	0.038	0.804	1.73	OK
N22	45	J[45]	-15.1	-66.9	3.5	0.28	-1.40	0.92	-20.47	1.37	OK	0.019	0.698	1.69	OK
N22	46	J[47]	-18.0	-72.9	2.0	0.28	-1.64	1.11	-20.47	1.37	OK	0.011	0.818	1.73	OK
N22	46	J[46]	-17.8	-69.9	1.2	0.28	-1.61	1.11	-20.47	1.37	OK	0.006	0.804	1.73	OK
N22	47	J[48]	-15.6	-76.0	3.4	0.28	-1.46	0.92	-20.47	1.37	OK	0.018	0.731	1.70	OK
N22	47	J[47]	-18.0	-72.6	6.2	0.28	-1.63	1.12	-20.47	1.37	OK	0.033	0.817	1.73	OK
N22	48	J[49]	-11.0	-78.9	7.9	0.28	-1.13	0.56	-20.47	1.37	OK	0.042	0.563	1.63	OK
N22	48	J[48]	-15.6	-75.2	10.3	0.28	-1.46	0.92	-20.47	1.37	OK	0.055	0.730	1.70	OK
N22	49	J[50]	-5.6	-81.6	10.0	0.28	-0.72	0.14	-20.47	1.37	OK	0.053	0.359	1.54	OK
N22	49	J[49]	-11.0	-77.7	11.9	0.28	-1.12	0.57	-20.47	1.37	OK	0.064	0.561	1.63	OK
N22	50	J[51]	0.1	-84.5	10.5	0.28	-0.30	-0.31	-20.47	1.37	OK	0.056	0.302	1.52	OK
N22	50	J[50]	-5.6	-80.3	12.0	0.28	-0.71	0.14	-20.47	1.37	OK	0.064	0.357	1.54	OK

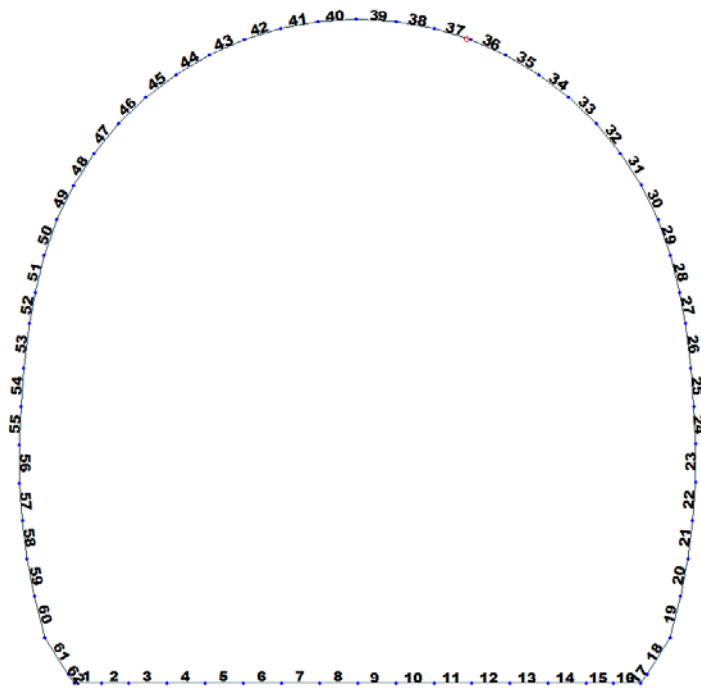


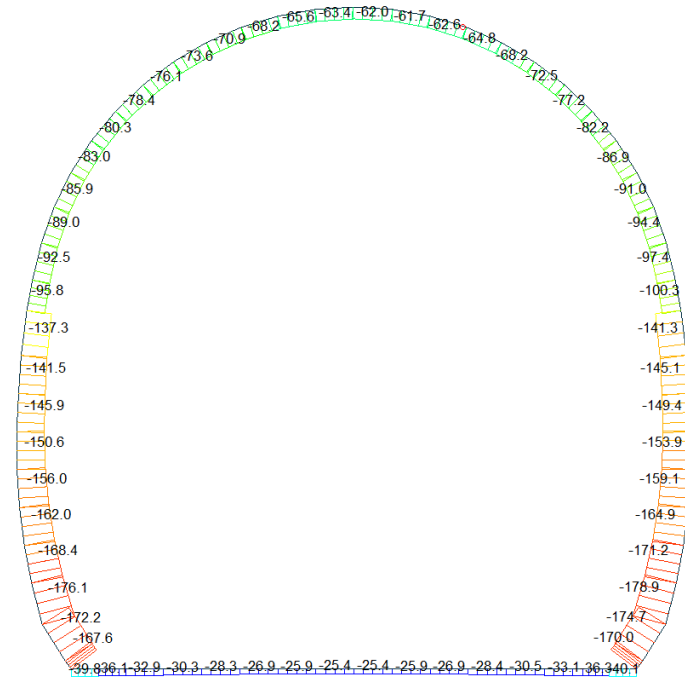
Figure 26 Beam end release

Table 7 Beam end release input value

Element	Type	Fxi	Fyi	Fzi	Mxi	Myi	Mzi	Fxj	Fyj	Fzj	Mxj	Myj	Mzj
37	Value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13200	0

ITERAZIONE SECONDO IL METODO DI PÖTTLER																							
CALCOLO CERNIERE PLASTICHE																							
ITERAZIONE IN NODO 37 j																							
MIDAS	PÖTTLER																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="font-size: small;">Cf<sub>iniziale, arbitraria</sub></td> <td style="text-align: center;">0.000076</td> <td style="font-size: small;">[rad/kN·m]</td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">1/Cf<sub>iniziale, arbitraria</sub></td> <td style="text-align: center;"><b>13'200</b></td> <td style="font-size: small;">[kN·m/rad]</td> </tr> </table>	Cf <sub>iniziale, arbitraria</sub>	0.000076	[rad/kN·m]	1/Cf <sub>iniziale, arbitraria</sub>	<b>13'200</b>	[kN·m/rad]																	
Cf <sub>iniziale, arbitraria</sub>	0.000076	[rad/kN·m]																					
1/Cf <sub>iniziale, arbitraria</sub>	<b>13'200</b>	[kN·m/rad]																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="font-size: small;">M<sub>nodo</sub></td> <td style="text-align: center;">10.060</td> <td style="font-size: small;">[kN·m]</td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">N<sub>nodo</sub></td> <td style="text-align: center;">62.620</td> <td style="font-size: small;">[kN]</td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">V<sub>nodo</sub></td> <td style="text-align: center;">7.280</td> <td style="font-size: small;">[kN]</td> </tr> </table>	M <sub>nodo</sub>	10.060	[kN·m]	N <sub>nodo</sub>	62.620	[kN]	V <sub>nodo</sub>	7.280	[kN]														
M <sub>nodo</sub>	10.060	[kN·m]																					
N <sub>nodo</sub>	62.620	[kN]																					
V <sub>nodo</sub>	7.280	[kN]																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="font-size: small;">Cf<sub>MIDAS</sub> = Cf<sub>Pöttler</sub></td> <td style="text-align: center;">SI</td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">Ψ<sub>Pöttler</sub> &lt; 4 mrad</td> <td style="text-align: center;">SI</td> </tr> </table>	Cf <sub>MIDAS</sub> = Cf <sub>Pöttler</sub>	SI	Ψ <sub>Pöttler</sub> < 4 mrad	SI																			
Cf <sub>MIDAS</sub> = Cf <sub>Pöttler</sub>	SI																						
Ψ <sub>Pöttler</sub> < 4 mrad	SI																						
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="font-size: small;">E<sub>g</sub></td> <td style="text-align: center;">26'400'000</td> <td style="font-size: small;">[kN/m<sup>2</sup>]</td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">d</td> <td style="text-align: center;">0.35</td> <td style="font-size: small;">[m]</td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">e</td> <td style="text-align: center;">0.1607</td> <td style="font-size: small;">[m]</td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">a</td> <td style="text-align: center;">0.04</td> <td style="font-size: small;">[m]</td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">Ψ<sub>Pöttler</sub></td> <td style="text-align: center;">0.0007532</td> <td style="font-size: small;">[rad]</td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">Cf<sub>Pöttler</sub></td> <td style="text-align: center;">0.0000749</td> <td style="font-size: small;">[rad/kN·m]</td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">1/Cf<sub>Pöttler</sub></td> <td style="text-align: center;"><b>13'357</b></td> <td style="font-size: small;">[kN·m/rad]</td> </tr> </table>	E <sub>g</sub>	26'400'000	[kN/m <sup>2</sup> ]	d	0.35	[m]	e	0.1607	[m]	a	0.04	[m]	Ψ <sub>Pöttler</sub>	0.0007532	[rad]	Cf <sub>Pöttler</sub>	0.0000749	[rad/kN·m]	1/Cf <sub>Pöttler</sub>	<b>13'357</b>	[kN·m/rad]	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">0.753151</div>
E <sub>g</sub>	26'400'000	[kN/m <sup>2</sup> ]																					
d	0.35	[m]																					
e	0.1607	[m]																					
a	0.04	[m]																					
Ψ <sub>Pöttler</sub>	0.0007532	[rad]																					
Cf <sub>Pöttler</sub>	0.0000749	[rad/kN·m]																					
1/Cf <sub>Pöttler</sub>	<b>13'357</b>	[kN·m/rad]																					

Beam Diagram\_Fx - Block analysis / ST\_N22

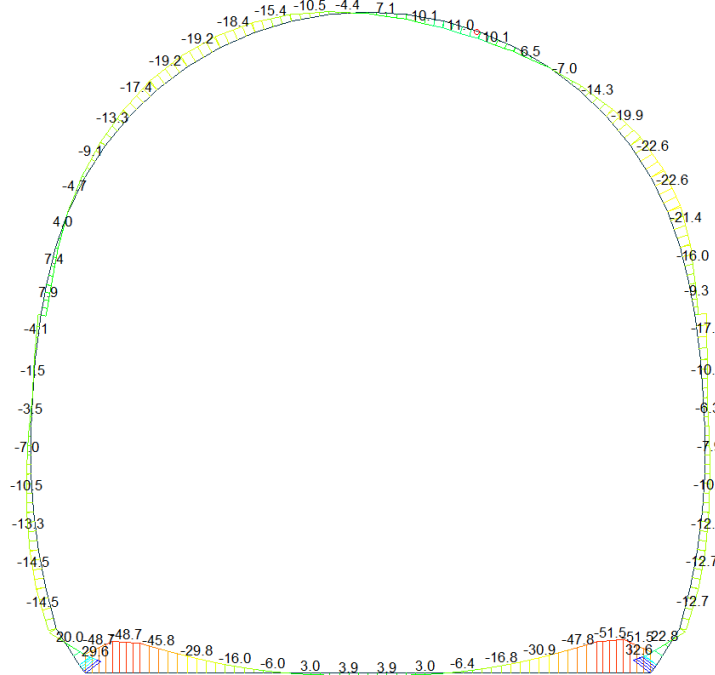


midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

ST: N22  
MAX : 8  
MIN : 19  
FILE: GA\_T2-T3 (-  
UNIT: kN  
DATE: 04/29/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_My - Block analysis / ST\_N22

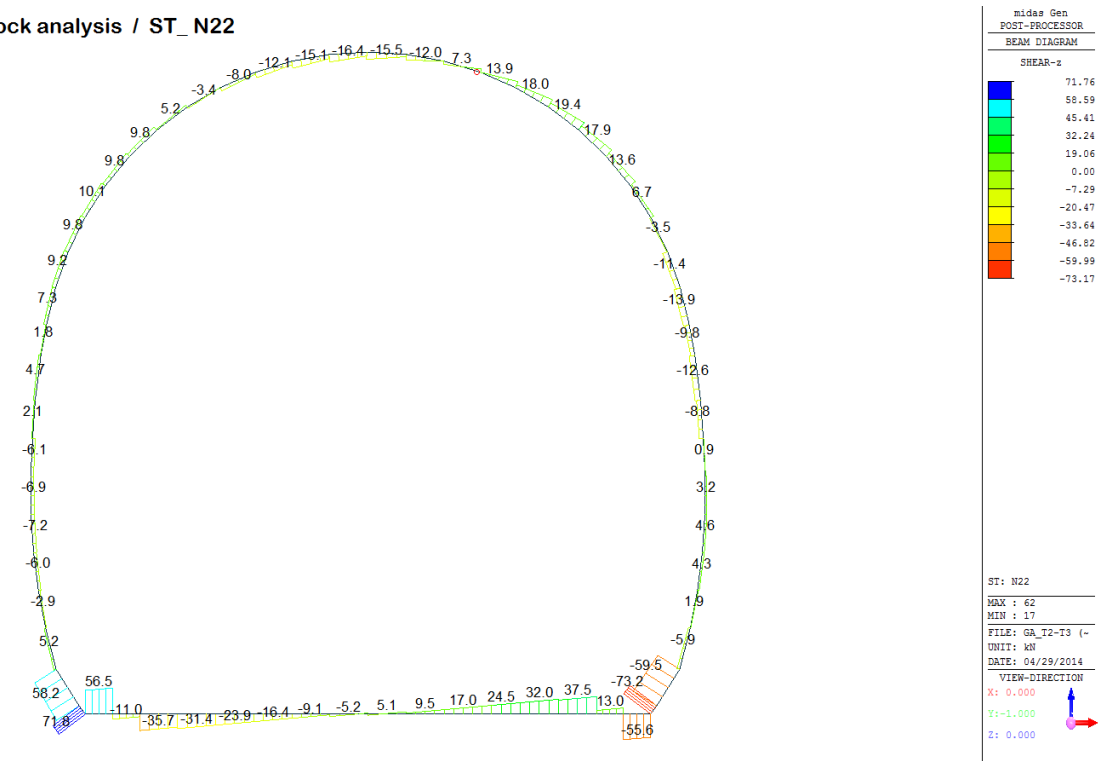


midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

ST: N22  
MAX : 17  
MIN : 16  
FILE: GA\_T2-T3 (-  
UNIT: kN\*m  
DATE: 04/29/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_Fz - Block analysis / ST\_N22



VERIFICHE SEZIONALI CALOTTA

CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

$R_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctk,0.05}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.20	$\alpha_{cc}$	0.80	$\alpha_{ct}$	0.80	$\psi$	0.80
$f_{cd,80\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	20.47	$f_{ct,80\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	1.373	$E_p$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

VERIFICHE SEZIONI FESSURATE

VERIFICA SEZIONE NODO 37 j

Combinazione di carico	Nodo n°	Posizione del nodo	$M_d$ [kN·m/m]	$N_d$ [kN/m]	$V_d$ [kN/m]	$E_p = 0.8 \cdot E_{cm}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$e_d$ [m]	$d$ [m]	Verifica dell'eccentricità $e_d < d/2$	$\sigma_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{cd,80\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica della compressione $\sigma_s < f_{cd,80\%}$
N22	37 j	Volta	10.1	62.6	7.3	26'400'000	0.161	0.35	OK	2.91	20.47	OK

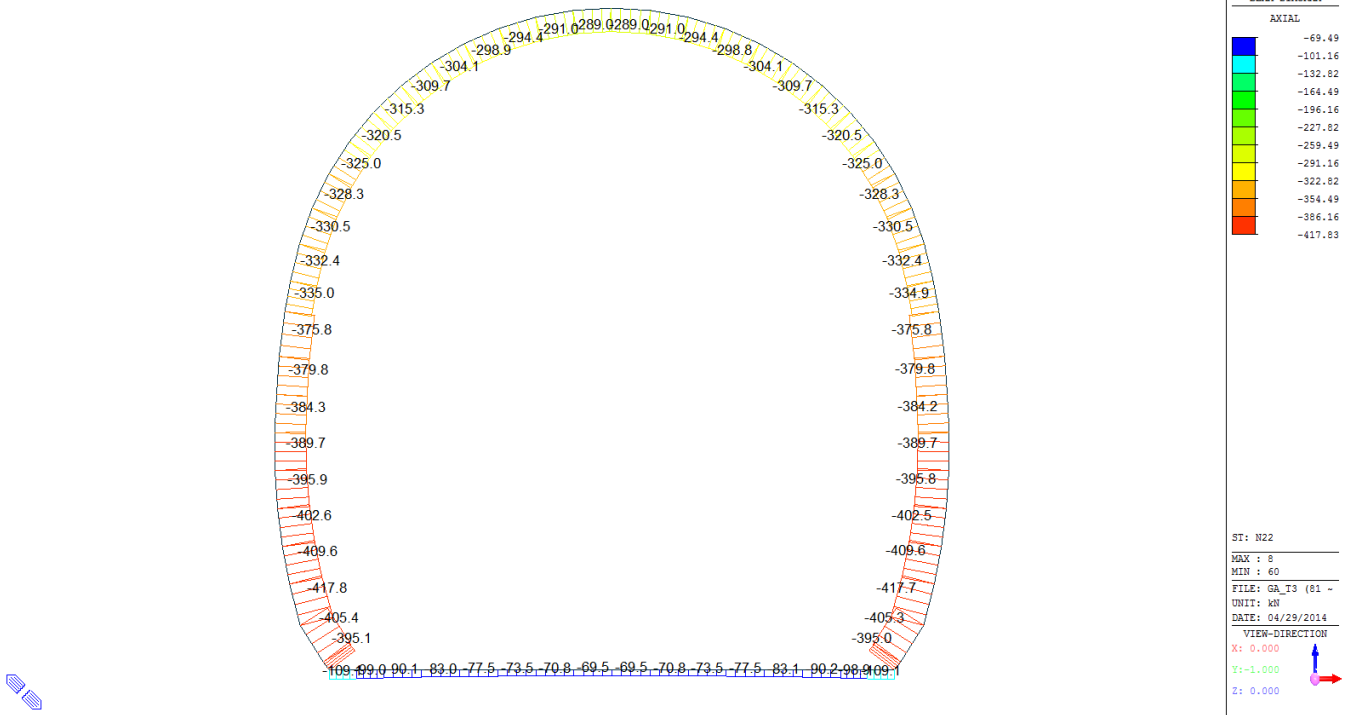
Combinazione di carico	Nodo n°	$a$ [m]	$\Psi_{Poster}$ [rad]	$1/Cf_{lim,0.05}$ [kN·m/rad]	$1/Cf_{P,0.05}$ [kN·m/rad]	Verifica della rotazione massima $< 4$ [mrad]	$w_{P,0.05}$ [mm]	Ampiezza della fessura $w < 1$ [mm]	$f_{cd,80\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,lim}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctvd}(E_{ct})$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{cp,max} \leq F_{ctvd}$
N22	37 j	0.043	0.7531508	13'200	13'357	OK	0.231	OK	1.37	0.25	9.52	2.42	OK
Iterazione ok													

VERIFICHE SEZIONI NON FESSURATE

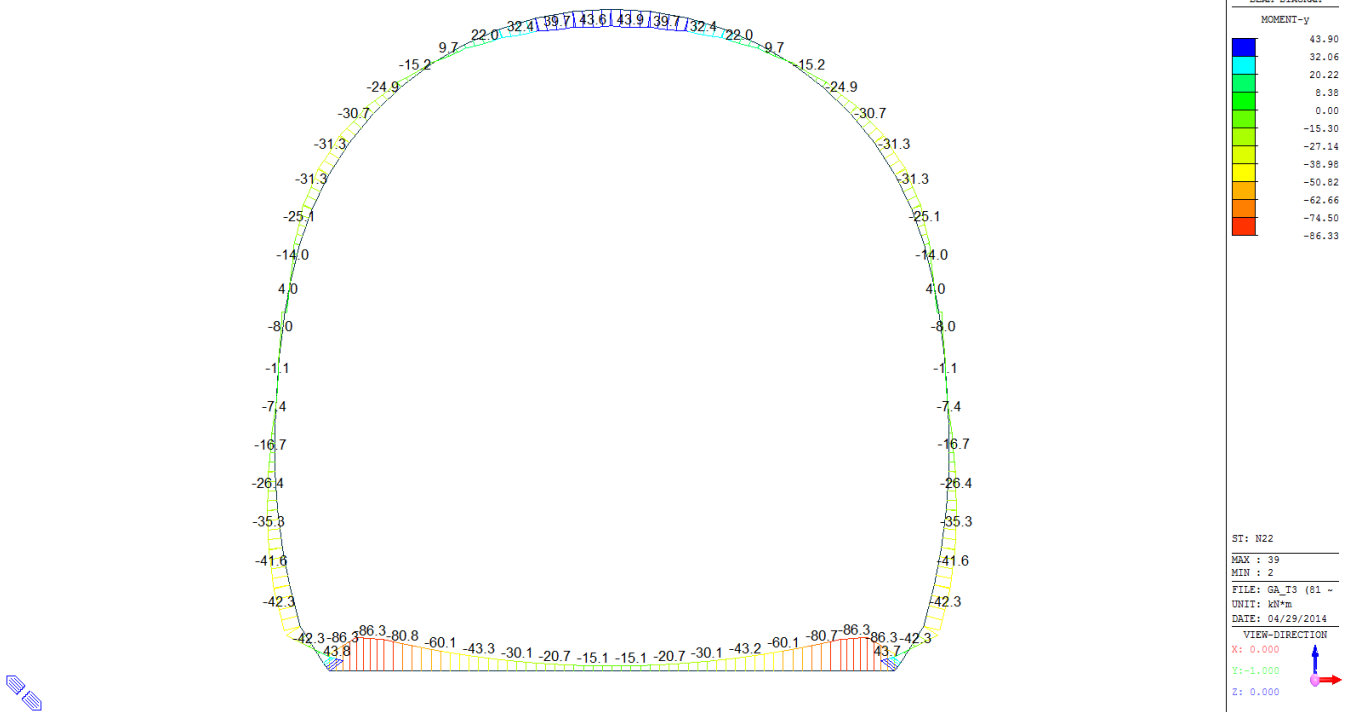
Combinazione di carico	Elemento	Nodo	M <sub>d</sub> [kN-m]	N <sub>d</sub> [kN]	V <sub>d</sub> [kN]	d [m]	Sollecitazioni interne		Resistenze di progetto		Risultato verifica	Verifica a taglio secondo EC2			
							σ <sub>sup</sub>	σ <sub>inf</sub>	f <sub>ctd,90%</sub>	f <sub>ctd,90%</sub>		τ <sub>cp</sub>	τ <sub>cp</sub>	f <sub>ctd,EC2</sub>	Verifica a taglio T <sub>cp,max</sub> ≤ F <sub>ctd</sub>
							[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
N22	29	I[30]	-21.4	-90.2	11.4	0.28	-1.96	1.31	-20.47	1.37	OK	0.061	0.979	1.80	OK
N22	29	J[29]	-16.0	-94.4	10.0	0.28	-1.56	0.89	-20.47	1.37	OK	0.053	0.782	1.72	OK
N22	30	I[31]	-22.6	-87.1	3.5	0.28	-2.04	1.37	-20.47	1.37	OK	0.019	1.021	1.81	OK
N22	30	J[30]	-21.4	-91.0	1.6	0.28	-1.96	1.31	-20.47	1.37	OK	0.008	0.980	1.80	OK
N22	31	I[32]	-19.9	-83.2	3.9	0.28	-1.82	1.23	-20.47	1.37	OK	0.021	0.912	1.77	OK
N22	31	J[31]	-22.6	-86.9	6.7	0.28	-2.04	1.37	-20.47	1.37	OK	0.036	1.021	1.81	OK
N22	32	I[33]	-14.3	-78.8	8.8	0.28	-1.37	0.81	-20.47	1.37	OK	0.047	0.687	1.68	OK
N22	32	J[32]	-19.9	-82.2	13.6	0.28	-1.82	1.23	-20.47	1.37	OK	0.073	0.910	1.77	OK
N22	33	I[34]	-7.0	-74.2	10.8	0.28	-0.80	0.27	-20.47	1.37	OK	0.058	0.401	1.56	OK
N22	33	J[33]	-14.3	-77.3	17.9	0.28	-1.37	0.82	-20.47	1.37	OK	0.096	0.684	1.68	OK
N22	34	I[35]	0.4	-69.8	9.9	0.28	-0.22	-0.28	-20.47	1.37	OK	0.053	0.249	1.49	OK
N22	34	J[34]	-7.0	-72.5	19.4	0.28	-0.80	0.28	-20.47	1.37	OK	0.104	0.398	1.56	OK
N22	35	I[36]	6.5	-66.0	6.2	0.28	0.26	-0.74	-20.47	1.37	OK	0.033	0.368	1.55	OK
N22	35	J[35]	0.4	-68.2	18.0	0.28	-0.21	-0.27	-20.47	1.37	OK	0.096	0.244	1.49	OK
N22	36	I[37]	10.1	-63.0	0.1	0.28	0.54	-1.00	-20.47	1.37	OK	0.001	0.498	1.60	OK
N22	36	J[36]	6.5	-64.8	13.9	0.28	0.27	-0.73	-20.47	1.37	OK	0.074	0.366	1.54	OK
N22	37	I[38]	10.1	-61.3	6.9	0.28	0.55	-0.99	-20.47	1.37	OK	0.037	0.495	1.60	OK
N22	37	J[37]	10.1	-62.6	7.3	0.28	0.55	-0.99	-20.47	1.37	OK	0.039	0.497	1.60	OK
N22	38	I[39]	7.1	-61.0	12.0	0.28	0.32	-0.76	-20.47	1.37	OK	0.064	0.379	1.55	OK
N22	38	J[38]	10.1	-61.7	0.3	0.28	0.55	-0.99	-20.47	1.37	OK	0.002	0.496	1.60	OK
N22	39	I[40]	1.7	-61.7	15.5	0.28	-0.09	-0.35	-20.47	1.37	OK	0.083	0.220	1.48	OK
N22	39	J[39]	7.1	-62.0	4.6	0.28	0.32	-0.76	-20.47	1.37	OK	0.025	0.381	1.55	OK
N22	40	I[41]	-4.4	-63.4	16.4	0.28	-0.57	0.11	-20.47	1.37	OK	0.088	0.283	1.51	OK
N22	40	J[40]	1.7	-63.1	8.0	0.28	-0.09	-0.36	-20.47	1.37	OK	0.043	0.225	1.48	OK
N22	41	I[42]	-10.5	-65.6	15.1	0.28	-1.04	0.57	-20.47	1.37	OK	0.081	0.520	1.61	OK
N22	41	J[41]	-4.4	-64.8	8.8	0.28	-0.57	0.11	-20.47	1.37	OK	0.047	0.286	1.51	OK
N22	42	I[43]	-15.4	-68.2	12.1	0.28	-1.42	0.94	-20.47	1.37	OK	0.065	0.711	1.69	OK
N22	42	J[42]	-10.5	-66.9	7.4	0.28	-1.04	0.57	-20.47	1.37	OK	0.039	0.522	1.61	OK
N22	43	I[44]	-18.4	-70.9	8.0	0.28	-1.66	1.16	-20.47	1.37	OK	0.043	0.831	1.74	OK
N22	43	J[43]	-15.4	-69.2	4.0	0.28	-1.43	0.93	-20.47	1.37	OK	0.021	0.713	1.69	OK
N22	44	I[45]	-19.2	-73.6	3.4	0.28	-1.73	1.20	-20.47	1.37	OK	0.018	0.865	1.75	OK
N22	44	J[44]	-18.4	-71.4	0.4	0.28	-1.66	1.15	-20.47	1.37	OK	0.002	0.832	1.74	OK
N22	45	I[46]	-17.5	-76.1	1.7	0.28	-1.61	1.06	-20.47	1.37	OK	0.009	0.804	1.73	OK
N22	45	J[45]	-19.2	-73.5	5.2	0.28	-1.73	1.20	-20.47	1.37	OK	0.028	0.865	1.75	OK
N22	46	I[47]	-13.3	-78.4	6.7	0.28	-1.30	0.74	-20.47	1.37	OK	0.036	0.650	1.67	OK
N22	46	J[46]	-17.5	-75.4	9.8	0.28	-1.60	1.07	-20.47	1.37	OK	0.053	0.802	1.73	OK
N22	47	I[48]	-9.1	-80.3	7.0	0.28	-0.99	0.41	-20.47	1.37	OK	0.037	0.493	1.60	OK
N22	47	J[47]	-13.3	-76.9	9.8	0.28	-1.29	0.74	-20.47	1.37	OK	0.052	0.647	1.67	OK
N22	48	I[49]	-4.7	-83.0	7.8	0.28	-0.65	0.06	-20.47	1.37	OK	0.042	0.327	1.53	OK
N22	48	J[48]	-9.1	-79.3	10.1	0.28	-0.98	0.42	-20.47	1.37	OK	0.054	0.491	1.60	OK
N22	49	I[50]	-0.3	-85.9	7.9	0.28	-0.33	-0.29	-20.47	1.37	OK	0.042	0.307	1.52	OK
N22	49	J[49]	-4.7	-81.9	9.8	0.28	-0.65	0.06	-20.47	1.37	OK	0.052	0.325	1.53	OK
N22	50	I[51]	4.0	-89.0	7.8	0.28	-0.01	-0.62	-20.47	1.37	OK	0.042	0.318	1.52	OK
N22	50	J[50]	-0.3	-84.9	9.2	0.28	-0.32	-0.28	-20.47	1.37	OK	0.049	0.303	1.52	OK

A.4.4.12. Load combination SLU 22 FEM analysis

Beam Diagram\_Fx - FEM analysis / ST\_N22

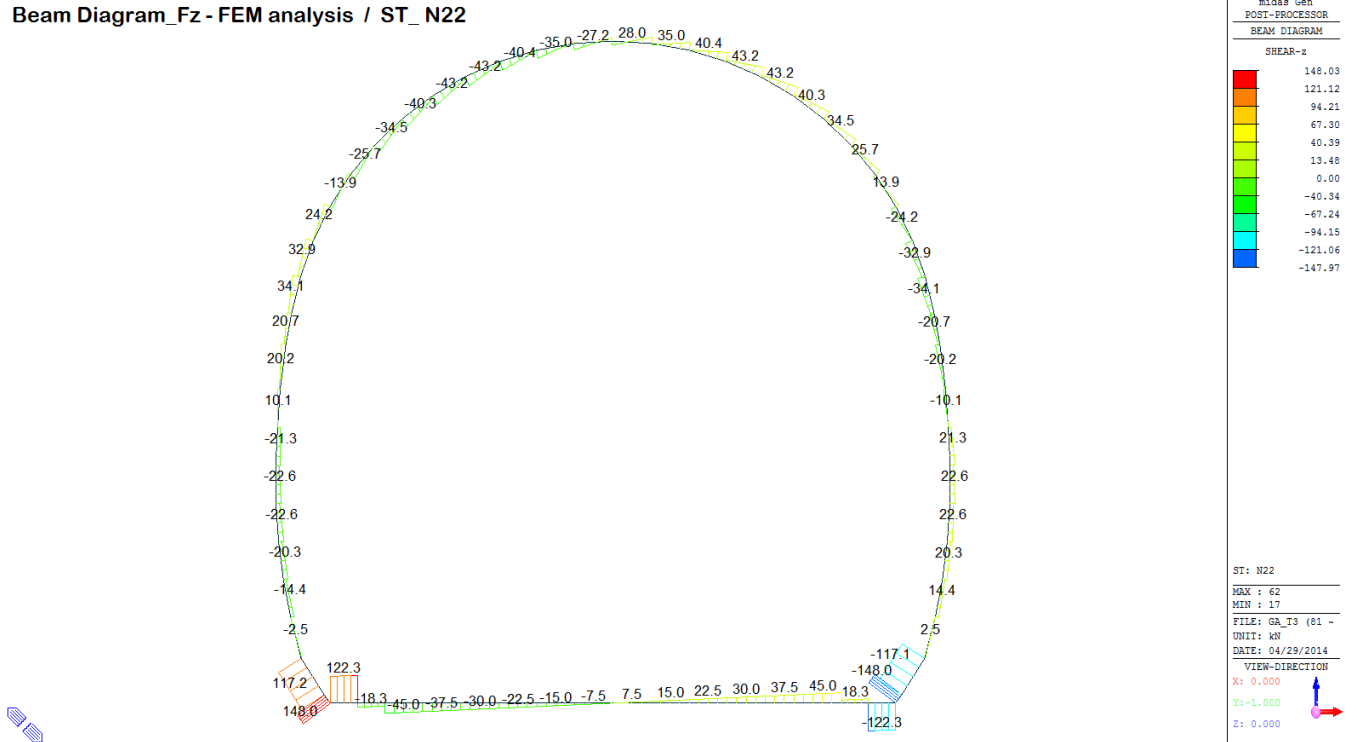


Beam Diagram\_My - FEM analysis / ST\_N22





Beam Diagram\_Fz - FEM analysis / ST\_N22



VERIFICHE SEZIONALI CALOTTA

CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

$R_{ct}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{ct}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctk,0.95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.20	$\alpha_{cc}$	0.80	$\alpha_{ct}$	0.80	$\psi$	0.80
$f_{ct,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	20.47	$f_{ct,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	1.373	$E_p$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

VERIFICHE SEZIONI NON FESSURATE

Combinazione di carico	Elemento	Nodo	$M_d$ [kN-m]	$N_d$ [kN]	$V_d$ [kN]	$d$ [m]	Solicitazioni interne		Resistenze di progetto		Risultato verifica	Verifica a taglio secondo EC2			
							$\sigma_{sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ct,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctk,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{cvd}(EC2)$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{cp,max} \leq F_{cvd}$
N22	29	J[30]	-21.4	-328.0	31.8	0.28	-2.81	0.46	-20.47	1.37	OK	0.170	1.403	1.95	OK
N22	29	J[29]	-10.8	-332.2	10.9	0.28	-2.01	-0.36	-20.47	1.37	OK	0.058	1.186	1.87	OK
N22	30	J[31]	-27.7	-326.0	24.5	0.28	-3.28	0.95	-20.47	1.37	OK	0.131	1.642	2.03	OK
N22	30	J[30]	-21.4	-330.0	1.1	0.28	-2.81	0.46	-20.47	1.37	OK	0.006	1.407	1.95	OK
N22	31	J[32]	-28.6	-323.1	14.8	0.28	-3.34	1.03	-20.47	1.37	OK	0.079	1.670	2.04	OK
N22	31	J[31]	-27.7	-326.8	11.0	0.28	-3.29	0.95	-20.47	1.37	OK	0.059	1.643	2.03	OK
N22	32	J[33]	-24.0	-319.3	5.2	0.28	-2.98	0.70	-20.47	1.37	OK	0.028	1.489	1.98	OK
N22	32	J[32]	-28.6	-322.7	23.1	0.28	-3.34	1.03	-20.47	1.37	OK	0.124	1.669	2.04	OK
N22	33	J[34]	-15.5	-314.7	1.5	0.28	-2.31	0.06	-20.47	1.37	OK	0.008	1.155	1.86	OK
N22	33	J[33]	-24.0	-317.7	32.2	0.28	-2.97	0.70	-20.47	1.37	OK	0.172	1.486	1.98	OK
N22	34	J[35]	-4.5	-309.7	5.4	0.28	-1.45	-0.76	-20.47	1.37	OK	0.029	1.106	1.84	OK
N22	34	J[34]	-15.5	-312.3	38.3	0.28	-2.30	0.07	-20.47	1.37	OK	0.205	1.151	1.86	OK
N22	35	J[36]	7.5	-304.8	6.3	0.28	-0.51	-1.66	-20.47	1.37	OK	0.034	1.088	1.84	OK
N22	35	J[35]	-4.5	-307.0	41.5	0.28	-1.44	-0.75	-20.47	1.37	OK	0.222	1.096	1.84	OK
N22	36	J[37]	19.2	-300.2	4.4	0.28	0.39	-2.54	-20.47	1.37	OK	0.023	1.269	1.90	OK
N22	36	J[36]	7.5	-301.9	41.9	0.28	-0.50	-1.65	-20.47	1.37	OK	0.224	1.078	1.83	OK
N22	37	J[38]	29.0	-296.3	0.2	0.28	1.16	-3.28	-20.47	1.37	OK	0.001	1.640	2.03	OK
N22	37	J[37]	19.2	-297.6	39.5	0.28	0.40	-2.53	-20.47	1.37	OK	0.211	1.265	1.90	OK
N22	38	J[39]	35.9	-293.5	7.4	0.28	1.70	-3.80	-20.47	1.37	FESSURATA	0.039	1.898	2.12	OK
N22	38	J[38]	29.0	-294.3	34.4	0.28	1.17	-3.27	-20.47	1.37	OK	0.185	1.637	2.03	OK
N22	39	J[40]	38.5	-292.1	18.1	0.28	1.91	-3.99	-20.47	1.37	FESSURATA	0.097	1.996	2.15	OK
N22	39	J[39]	35.9	-292.3	27.9	0.28	1.70	-3.79	-20.47	1.37	FESSURATA	0.149	1.895	2.12	OK
N22	40	J[41]	35.9	-292.4	27.0	0.28	1.70	-3.79	-20.47	1.37	FESSURATA	0.145	1.896	2.12	OK
N22	40	J[40]	38.5	-292.1	16.8	0.28	1.91	-3.99	-20.47	1.37	FESSURATA	0.090	1.996	2.15	OK
N22	41	J[42]	29.0	-294.3	34.4	0.28	1.17	-3.27	-20.47	1.37	OK	0.185	1.637	2.03	OK
N22	41	J[41]	35.9	-293.6	7.3	0.28	1.70	-3.80	-20.47	1.37	FESSURATA	0.039	1.898	2.12	OK
N22	42	J[43]	19.2	-297.6	39.5	0.28	0.40	-2.53	-20.47	1.37	OK	0.211	1.264	1.90	OK
N22	42	J[42]	29.0	-296.3	0.2	0.28	1.16	-3.28	-20.47	1.37	OK	0.001	1.640	2.03	OK
N22	43	J[44]	7.5	-301.9	41.9	0.28	-0.50	-1.65	-20.47	1.37	OK	0.224	1.078	1.83	OK
N22	43	J[43]	19.2	-300.2	4.4	0.28	0.39	-2.54	-20.47	1.37	OK	0.023	1.269	1.90	OK
N22	44	J[45]	-4.5	-307.0	41.5	0.28	-1.44	-0.75	-20.47	1.37	OK	0.222	1.096	1.84	OK
N22	44	J[44]	7.5	-304.8	6.3	0.28	-0.51	-1.66	-20.47	1.37	OK	0.034	1.088	1.84	OK
N22	45	J[46]	-15.5	-312.4	38.3	0.28	-2.30	0.07	-20.47	1.37	OK	0.205	1.151	1.86	OK
N22	45	J[45]	-4.5	-309.7	5.4	0.28	-1.45	-0.76	-20.47	1.37	OK	0.029	1.106	1.84	OK
N22	46	J[47]	-24.0	-317.7	32.2	0.28	-2.97	0.70	-20.47	1.37	OK	0.172	1.486	1.98	OK
N22	46	J[46]	-15.5	-314.7	1.5	0.28	-2.31	0.06	-20.47	1.37	OK	0.008	1.155	1.86	OK
N22	47	J[48]	-28.6	-322.7	23.1	0.28	-3.34	1.03	-20.47	1.37	OK	0.124	1.669	2.04	OK
N22	47	J[47]	-24.0	-319.3	5.2	0.28	-2.98	0.70	-20.47	1.37	OK	0.028	1.489	1.98	OK
N22	48	J[49]	-27.7	-326.8	11.0	0.28	-3.29	0.95	-20.47	1.37	OK	0.059	1.643	2.03	OK
N22	48	J[48]	-28.6	-323.2	14.8	0.28	-3.34	1.03	-20.47	1.37	OK	0.079	1.670	2.04	OK
N22	49	J[50]	-21.4	-330.0	1.1	0.28	-2.81	0.46	-20.47	1.37	OK	0.006	1.407	1.95	OK
N22	49	J[49]	-27.7	-326.0	24.5	0.28	-3.28	0.95	-20.47	1.37	OK	0.131	1.641	2.03	OK
N22	50	J[51]	-10.8	-332.2	10.9	0.28	-2.01	-0.36	-20.47	1.37	OK	0.058	1.186	1.87	OK
N22	50	J[50]	-21.4	-328.0	31.8	0.28	-2.81	0.46	-20.47	1.37	OK	0.170	1.403	1.95	OK

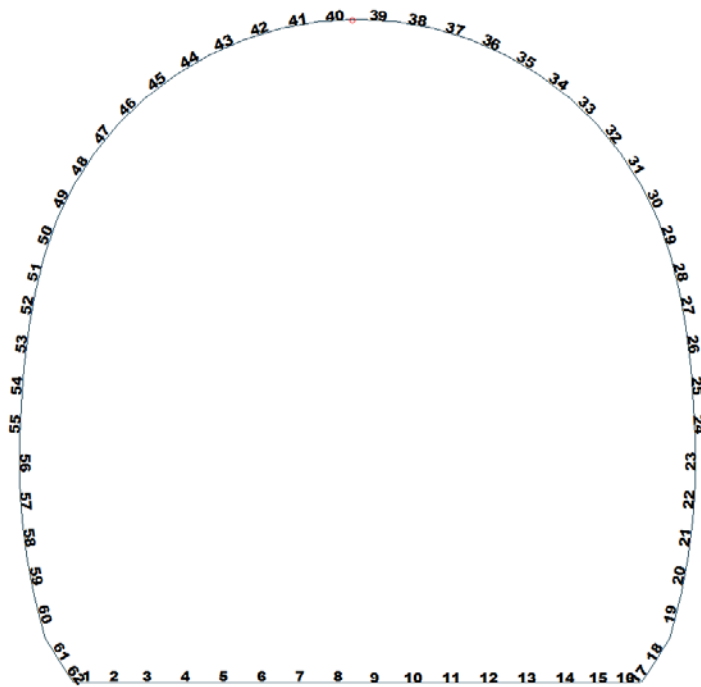


Figure 27 Beam end release

Table 8 Beam end release input value

Element	Type	Fxi	Fyi	Fzi	Mxi	Myi	Mzi	Fxj	Fyj	Fzj	Mxj	Myj	Mzj
40	Value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	101500	0

**ITERAZIONE SECONDO IL METODO DI PÖTTLER**

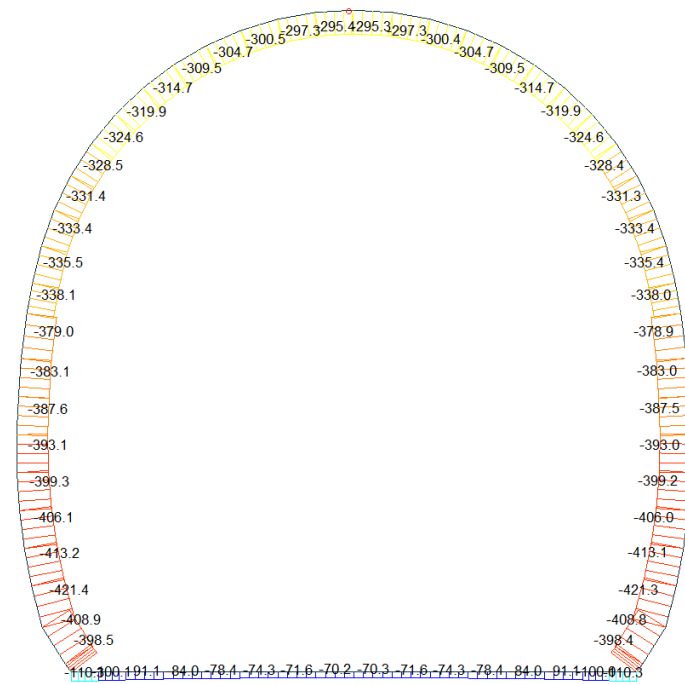
**CALCOLO CERNIERE PLASTICHE**

**ITERAZIONE IN NODO 40 j**

MIDAS			PÖTTLER		
ϕiniziale, arbitrar	0.000010	[rad/kN*m]	E <sub>ϕ</sub>	26'400'000	[kN/m <sup>2</sup> ]
Cfiniziale, arbitra	101'500	[kN*m/rad]	d	0.35	[m]
Mnodo	31.710	[kN*m]	e	0.1075	[m]
Nnodo	295.100	[kN]	a	0.10	[m]
Vnodo	16.980	[kN]	ϕpöttler	0.0003079	[rad]
ϕMIDAS = Cϕpöttler	SI		Cϕpöttler	0.0000097	[rad/kN*m]
ϕpöttler < 4 mrad	SI		1/Cϕpöttler	102'971	[kN*m/rad]

0.307949
----------

Beam Diagram\_Fx - FEM analysis / ST\_N22



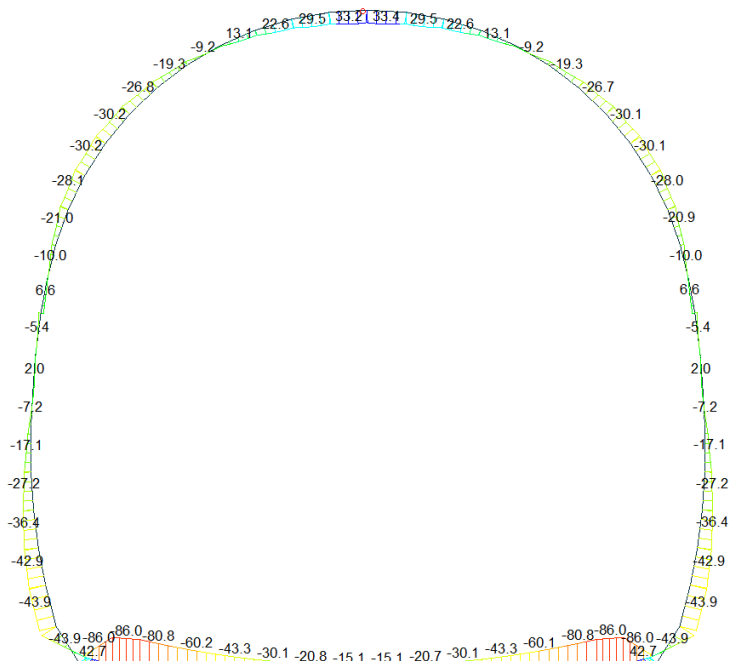
midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

Blue	-70.25
Cyan	-102.17
Green	-134.09
Light Green	-166.01
Yellow-Green	-197.93
Yellow	-229.85
Orange	-261.77
Light Orange	-293.69
Orange-Red	-325.61
Red-Orange	-357.53
Red	-389.46
Dark Red	-421.38

ST: N22  
MAX : 8  
MIN : 60  
FILE: GA\_T3 (61 -  
UNIT: kN  
DATE: 04/29/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_My - FEM analysis / ST\_N22



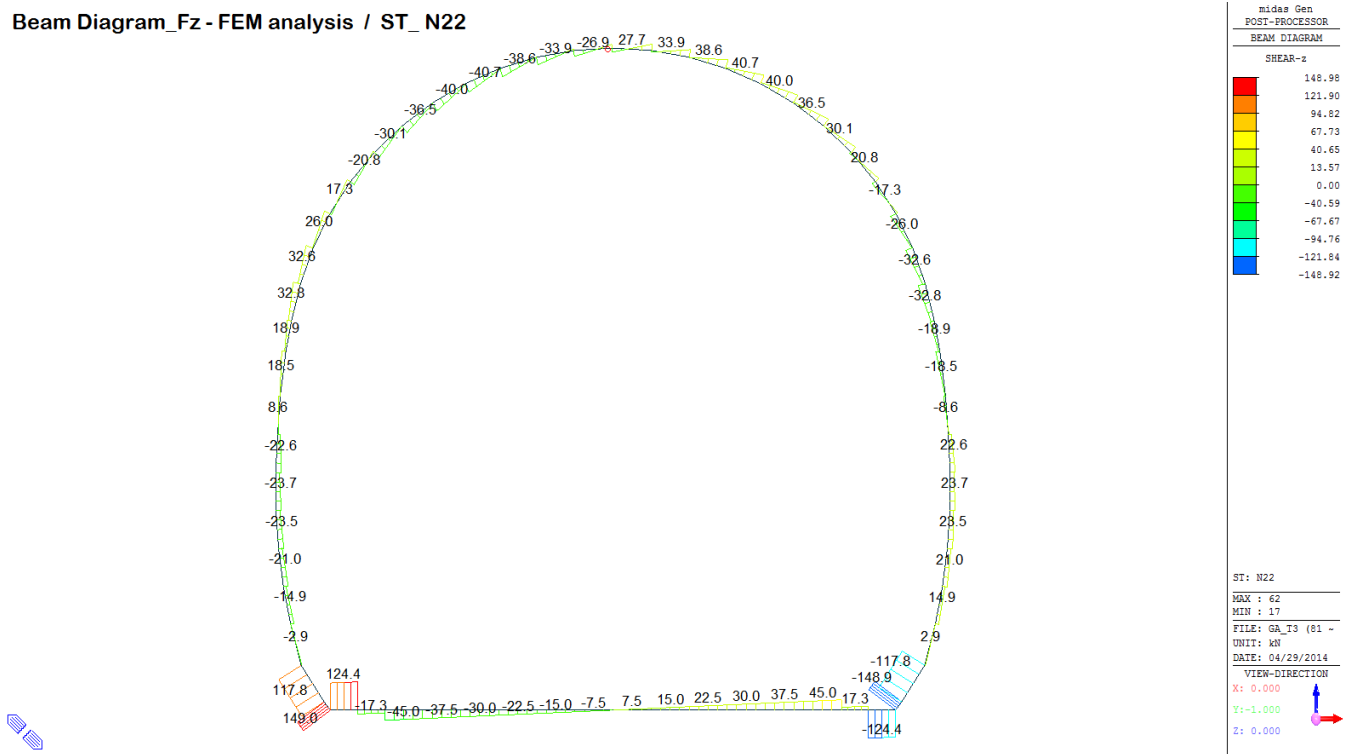
midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

MOMENT-y

Blue	42.70
Cyan	31.00
Green	19.30
Light Green	7.60
Yellow-Green	0.00
Yellow	-15.80
Orange	-27.50
Light Orange	-39.20
Orange-Red	-50.90
Red-Orange	-62.61
Red	-74.31
Dark Red	-86.01

ST: N22  
MAX : 62  
MIN : 1  
FILE: GA\_T3 (61 -  
UNIT: kN\*m  
DATE: 04/29/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_Fz - FEM analysis / ST\_N22



VERIFICHE SEZIONALI CALOTTA

CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

$R_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctk,0.95}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.20	$\alpha_{cc}$	0.80	$\alpha_{ct}$	0.80	$\psi$	0.80
$f_{td,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	20.47	$f_{td,95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	1.373	$E_p$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

VERIFICHE SEZIONI FESSURATE

VERIFICA SEZIONE NODO 40 j

Combinazione di carico	Nodo n°	Posizione del nodo	$M_d$ [kN·m/m]	$N_d$ [kN/m]	$V_d$ [kN/m]	$E_p = 0.8 \cdot E_{cm}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$e_d$ [m]	$d$ [m]	Verifica dell'eccentricità $e_d < d/2$	$\sigma_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{td, 95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica della compressione $\sigma_d \leq f_{td, 95\%}$
N22	40 j	Volta	31.7	295.1	17.0	26'400'000	0.107	0.35	OK	2.91	20.47	OK

Combinazione di carico	Nodo n°	a [m]	$\Psi_{P_{center}}$ [rad]	$1/C_{f_{MIDAS}}$ [kN·m/rad]	$1/C_{f_{P_{center}}}$ [kN·m/rad]	Verifica della rotazione massima $< 4$ [mrad]	$w_{P_{center}}$ [mm]	Ampiezza della fessura $w < 1$ [mm]	$f_{ctd, 95\%}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{c,lim}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{cvd}$ (EC2) [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica a taglio $\tau_{cp, max} \leq F_{cvd}$
N22	40 j	0.203	0.0306938	#RIF!	1'033'107	OK	0.005	OK	1.37	0.13	9.52	2.43	OK
Iterazione ok													

VERIFICHE SEZIONI NON FESSURATE

Combinazione di carico	Elemento	Nodo	M <sub>d</sub> [kN-m]	N <sub>d</sub> [kN]	V <sub>d</sub> [kN]	d [m]	Sollecitazioni interne		Resistenze di progetto		Risultato verifica	Verifica a taglio secondo EC2			
							σ <sub>sup</sub>	σ <sub>inf</sub>	f <sub>ctd,90%</sub>	f <sub>ctd,90%</sub>		τ <sub>cp</sub>	τ <sub>cp</sub>	f <sub>ctd,EC2</sub>	Verifica a taglio T <sub>cp,max</sub> ≤ F <sub>ctd</sub>
							[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
N22	29	I[30]	-21.4	-90.2	11.4	0.28	-1.96	1.31	-20.47	1.37	OK	0.061	0.979	1.80	OK
N22	29	J[29]	-16.0	-94.4	10.0	0.28	-1.56	0.89	-20.47	1.37	OK	0.053	0.782	1.72	OK
N22	30	I[31]	-22.6	-87.1	3.5	0.28	-2.04	1.37	-20.47	1.37	OK	0.019	1.021	1.81	OK
N22	30	J[30]	-21.4	-91.0	1.6	0.28	-1.96	1.31	-20.47	1.37	OK	0.008	0.980	1.80	OK
N22	31	I[32]	-19.9	-83.2	3.9	0.28	-1.82	1.23	-20.47	1.37	OK	0.021	0.912	1.77	OK
N22	31	J[31]	-22.6	-86.9	6.7	0.28	-2.04	1.37	-20.47	1.37	OK	0.036	1.021	1.81	OK
N22	32	I[33]	-14.3	-78.8	8.8	0.28	-1.37	0.81	-20.47	1.37	OK	0.047	0.687	1.68	OK
N22	32	J[32]	-19.9	-82.2	13.6	0.28	-1.82	1.23	-20.47	1.37	OK	0.073	0.910	1.77	OK
N22	33	I[34]	-7.0	-74.2	10.8	0.28	-0.80	0.27	-20.47	1.37	OK	0.058	0.401	1.56	OK
N22	33	J[33]	-14.3	-77.3	17.9	0.28	-1.37	0.82	-20.47	1.37	OK	0.096	0.684	1.68	OK
N22	34	I[35]	0.4	-69.8	9.9	0.28	-0.22	-0.28	-20.47	1.37	OK	0.053	0.249	1.49	OK
N22	34	J[34]	-7.0	-72.5	19.4	0.28	-0.80	0.28	-20.47	1.37	OK	0.104	0.398	1.56	OK
N22	35	I[36]	6.5	-66.0	6.2	0.28	0.26	-0.74	-20.47	1.37	OK	0.033	0.368	1.55	OK
N22	35	J[35]	0.4	-68.2	18.0	0.28	-0.21	-0.27	-20.47	1.37	OK	0.096	0.244	1.49	OK
N22	36	I[37]	10.1	-63.0	0.1	0.28	0.54	-1.00	-20.47	1.37	OK	0.001	0.498	1.60	OK
N22	36	J[36]	6.5	-64.8	13.9	0.28	0.27	-0.73	-20.47	1.37	OK	0.074	0.366	1.54	OK
N22	37	I[38]	10.1	-61.3	6.9	0.28	0.55	-0.99	-20.47	1.37	OK	0.037	0.495	1.60	OK
N22	37	J[37]	10.1	-62.6	7.3	0.28	0.55	-0.99	-20.47	1.37	OK	0.039	0.497	1.60	OK
N22	38	I[39]	7.1	-61.0	12.0	0.28	0.32	-0.76	-20.47	1.37	OK	0.064	0.379	1.55	OK
N22	38	J[38]	10.1	-61.7	0.3	0.28	0.55	-0.99	-20.47	1.37	OK	0.002	0.496	1.60	OK
N22	39	I[40]	1.7	-61.7	15.5	0.28	-0.09	-0.35	-20.47	1.37	OK	0.083	0.220	1.48	OK
N22	39	J[39]	7.1	-62.0	4.6	0.28	0.32	-0.76	-20.47	1.37	OK	0.025	0.381	1.55	OK
N22	40	I[41]	-4.4	-63.4	16.4	0.28	-0.57	0.11	-20.47	1.37	OK	0.088	0.283	1.51	OK
N22	40	J[40]	1.7	-63.1	8.0	0.28	-0.09	-0.36	-20.47	1.37	OK	0.043	0.225	1.48	OK
N22	41	I[42]	-10.5	-65.6	15.1	0.28	-1.04	0.57	-20.47	1.37	OK	0.081	0.520	1.61	OK
N22	41	J[41]	-4.4	-64.8	8.8	0.28	-0.57	0.11	-20.47	1.37	OK	0.047	0.286	1.51	OK
N22	42	I[43]	-15.4	-68.2	12.1	0.28	-1.42	0.94	-20.47	1.37	OK	0.065	0.711	1.69	OK
N22	42	J[42]	-10.5	-66.9	7.4	0.28	-1.04	0.57	-20.47	1.37	OK	0.039	0.522	1.61	OK
N22	43	I[44]	-18.4	-70.9	8.0	0.28	-1.66	1.16	-20.47	1.37	OK	0.043	0.831	1.74	OK
N22	43	J[43]	-15.4	-69.2	4.0	0.28	-1.43	0.93	-20.47	1.37	OK	0.021	0.713	1.69	OK
N22	44	I[45]	-19.2	-73.6	3.4	0.28	-1.73	1.20	-20.47	1.37	OK	0.018	0.865	1.75	OK
N22	44	J[44]	-18.4	-71.4	0.4	0.28	-1.66	1.15	-20.47	1.37	OK	0.002	0.832	1.74	OK
N22	45	I[46]	-17.5	-76.1	1.7	0.28	-1.61	1.06	-20.47	1.37	OK	0.009	0.804	1.73	OK
N22	45	J[45]	-19.2	-73.5	5.2	0.28	-1.73	1.20	-20.47	1.37	OK	0.028	0.865	1.75	OK
N22	46	I[47]	-13.3	-78.4	6.7	0.28	-1.30	0.74	-20.47	1.37	OK	0.036	0.650	1.67	OK
N22	46	J[46]	-17.5	-75.4	9.8	0.28	-1.60	1.07	-20.47	1.37	OK	0.053	0.802	1.73	OK
N22	47	I[48]	-9.1	-80.3	7.0	0.28	-0.99	0.41	-20.47	1.37	OK	0.037	0.493	1.60	OK
N22	47	J[47]	-13.3	-76.9	9.8	0.28	-1.29	0.74	-20.47	1.37	OK	0.052	0.647	1.67	OK
N22	48	I[49]	-4.7	-83.0	7.8	0.28	-0.65	0.06	-20.47	1.37	OK	0.042	0.327	1.53	OK
N22	48	J[48]	-9.1	-79.3	10.1	0.28	-0.98	0.42	-20.47	1.37	OK	0.054	0.491	1.60	OK
N22	49	I[50]	-0.3	-85.9	7.9	0.28	-0.33	-0.29	-20.47	1.37	OK	0.042	0.307	1.52	OK
N22	49	J[49]	-4.7	-81.9	9.8	0.28	-0.65	0.06	-20.47	1.37	OK	0.052	0.325	1.53	OK
N22	50	I[51]	4.0	-89.0	7.8	0.28	-0.01	-0.62	-20.47	1.37	OK	0.042	0.318	1.52	OK
N22	50	J[50]	-0.3	-84.9	9.2	0.28	-0.32	-0.28	-20.47	1.37	OK	0.049	0.303	1.52	OK

A.4.4.13. Rebarred sections ratio checking – Block analysis

SECTION CHECKING - PLATEA E PARAMENTI															
MEMBER	SECTION PROPERTIES		fck	fyk	CHECK	LOAD CB	LOAD CB	Rebar	N_Rdmax	N_Ed	M_Edy	M_Edz	V_Rdc	V_Rds	V_Ed
SECTION	Bc (m)	Hc (m)	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		M-N iteration	V			Ratio-N	Ratio-My	Ratio-Mz	Ratio-Vc	Ratio-Vs	Ratio-V
1	100 x 57		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	8350.18	49.931	78.640	0.000	199.891	-	130.185
5	1.00	0.57								<b>0.327</b>	<b>0.325</b>	0.000	0.651	-	<b>0.651</b>
2	100 x 60		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	8748.62	45.186	78.640	0.000	201.562	-	29.192
9	1.00	0.60								<b>0.312</b>	<b>0.309</b>	0.000	0.145	-	<b>0.145</b>
3	100 x 60		30.00	450.00	OK	N6	N1	14-2-P14	8748.62	73.928	84.219	0.000	205.514	-	60.388
9	1.00	0.60								<b>0.299</b>	<b>0.300</b>	0.000	0.294	-	<b>0.294</b>
4	100 x 60		30.00	450.00	OK	N6	N1	14-2-P14	8748.62	68.176	56.556	0.000	204.723	-	50.263
9	1.00	0.60								<b>0.181</b>	<b>0.181</b>	0.000	0.246	-	<b>0.246</b>
5	100 x 60		30.00	450.00	OK	N6	N1	14-2-P14	8748.62	63.719	33.956	0.000	204.110	-	40.138
9	1.00	0.60								<b>0.087</b>	<b>0.085</b>	0.000	0.197	-	<b>0.197</b>
6	100 x 60		30.00	450.00	OK	N6	N1	14-2-P14	8748.62	60.474	16.418	0.000	203.664	-	30.013
9	1.00	0.60								<b>0.022</b>	<b>0.022</b>	0.000	0.147	-	<b>0.147</b>
7	100 x 60		30.00	450.00	OK	N6	N1	14-2-P14	8748.62	58.378	3.943	0.000	203.376	-	19.888
9	1.00	0.60								<b>0.008</b>	<b>0.009</b>	0.000	0.098	-	<b>0.098</b>
8	100 x 60		30.00	450.00	OK	N5	N2	14-2-P14	8748.62	31.012	7.725	0.000	203.240	-	9.763
9	1.00	0.60								<b>0.010</b>	<b>0.010</b>	0.000	0.048	-	<b>0.048</b>
9	100 x 60		30.00	450.00	OK	N5	N1	14-2-P14	8748.62	30.865	7.725	0.000	203.254	-	10.516
9	1.00	0.60								<b>0.010</b>	<b>0.010</b>	0.000	0.052	-	<b>0.052</b>
10	100 x 60		30.00	450.00	OK	N6	N1	14-2-P14	8748.62	58.685	4.696	0.000	203.418	-	20.641
9	1.00	0.60								<b>0.009</b>	<b>0.009</b>	0.000	0.101	-	<b>0.101</b>
11	100 x 60		30.00	450.00	OK	N6	N1	14-2-P14	8748.62	60.995	17.548	0.000	203.735	-	30.768
9	1.00	0.60								<b>0.024</b>	<b>0.024</b>	0.000	0.151	-	<b>0.151</b>
12	100 x 60		30.00	450.00	OK	N6	N1	14-2-P14	8748.62	64.466	35.464	0.000	204.213	-	40.894
9	1.00	0.60								<b>0.088</b>	<b>0.088</b>	0.000	0.200	-	<b>0.200</b>
13	100 x 60		30.00	450.00	OK	N6	N1	14-2-P14	8748.62	69.161	58.444	0.000	204.858	-	51.022
9	1.00	0.60								<b>0.184</b>	<b>0.187</b>	0.000	0.249	-	<b>0.249</b>
14	100 x 60		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	8748.62	75.163	86.487	0.000	205.683	-	61.150
9	1.00	0.60								<b>0.304</b>	<b>0.309</b>	0.000	0.297	-	<b>0.297</b>
15	100 x 60		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	8748.62	42.984	83.651	0.000	201.259	-	32.781
9	1.00	0.60								<b>0.336</b>	<b>0.335</b>	0.000	0.163	-	<b>0.163</b>
16	100 x 57		30.00	450.00	OK	N5	N11	14-2-P14	8350.18	47.317	83.651	0.000	200.145	-	132.254
5	1.00	0.57								<b>0.345</b>	<b>0.351</b>	0.000	0.661	-	<b>0.661</b>
17	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	5428.3	214.736	64.855	0.000	175.888	-	152.518
7	1.00	0.35								<b>0.323</b>	<b>0.324</b>	0.000	0.867	-	<b>0.867</b>
19	100 x 57		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P14	8350.18	380.693	50.068	0.000	218.785	-	12.825
5	1.00	0.57								<b>0.077</b>	<b>0.079</b>	0.000	0.059	-	<b>0.059</b>
20	100 x 50		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P14	7420.49	380.680	50.068	0.000	219.716	-	7.867
4	1.00	0.50								<b>0.094</b>	<b>0.096</b>	0.000	0.036	-	<b>0.036</b>
21	100 x 45		30.00	450.00	OK	N6	N12	14-2-P14	6756.43	371.759	46.529	0.000	204.695	-	14.665
3	1.00	0.45								<b>0.105</b>	<b>0.106</b>	0.000	0.072	-	<b>0.072</b>
22	100 x 40		30.00	450.00	OK	N6	N12	14-2-P14	6092.37	363.274	39.440	0.000	189.313	-	17.462
2	1.00	0.40								<b>0.112</b>	<b>0.113</b>	0.000	0.092	-	<b>0.092</b>
23	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N12	14-2-P14	5428.3	355.511	30.825	0.000	173.481	-	17.245
1	1.00	0.35								<b>0.116</b>	<b>0.118</b>	0.000	0.099	-	<b>0.099</b>
24	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N12	14-2-P14	5428.3	348.651	22.215	0.000	173.359	-	15.420
1	1.00	0.35								<b>0.098</b>	<b>0.097</b>	0.000	0.089	-	<b>0.089</b>
25	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	5428.3	336.779	15.962	0.000	151.467	-	19.390
1	1.00	0.35								<b>0.084</b>	<b>0.085</b>	0.000	0.128	-	<b>0.128</b>
26	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	5428.3	172.575	31.712	0.000	150.720	-	21.520
1	1.00	0.35								<b>0.111</b>	<b>0.112</b>	0.000	0.143	-	<b>0.143</b>
27	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	5428.3	119.489	19.795	0.000	143.895	-	10.982
1	1.00	0.35								<b>0.068</b>	<b>0.068</b>	0.000	0.076	-	<b>0.076</b>
28	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	5428.3	114.169	22.401	0.000	163.391	-	13.491
1	1.00	0.35								<b>0.080</b>	<b>0.082</b>	0.000	0.083	-	<b>0.083</b>
51	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N12	14-2-P14	5428.3	262.083	7.228	0.000	142.457	-	19.759
1	1.00	0.35								<b>0.057</b>	<b>0.058</b>	0.000	0.139	-	<b>0.139</b>
52	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N12	14-2-P14	5428.3	267.539	1.861	0.000	143.094	-	11.625
1	1.00	0.35								<b>0.051</b>	<b>0.052</b>	0.000	0.081	-	<b>0.081</b>
53	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N12	14-2-P14	5428.3	321.258	17.324	0.000	149.941	-	13.823
1	1.00	0.35								<b>0.084</b>	<b>0.084</b>	0.000	0.092	-	<b>0.092</b>
54	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N12	14-2-P14	5428.3	328.092	14.286	0.000	150.758	-	8.678
1	1.00	0.35								<b>0.080</b>	<b>0.079</b>	0.000	0.058	-	<b>0.058</b>
55	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P14	5428.3	339.994	21.637	0.000	172.245	-	16.140
1	1.00	0.35								<b>0.095</b>	<b>0.095</b>	0.000	0.094	-	<b>0.094</b>
56	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P14	5428.3	346.899	30.448	0.000	172.374	-	17.650
1	1.00	0.35								<b>0.116</b>	<b>0.115</b>	0.000	0.102	-	<b>0.102</b>
57	100 x 40		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P14	6092.37	354.691	39.148	0.000	188.186	-	17.633
2	1.00	0.40								<b>0.111</b>	<b>0.112</b>	0.000	0.094	-	<b>0.094</b>
58	100 x 45		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P14	6756.43	363.191	46.259	0.000	203.552	-	14.712
3	1.00	0.45								<b>0.105</b>	<b>0.104</b>	0.000	0.072	-	<b>0.072</b>
59	100 x 50		30.00	450.00	OK	N6	N12	14-2-P14	7420.49	372.122	49.819	0.000	218.561	-	7.911
4	1.00	0.50								<b>0.093</b>	<b>0.095</b>	0.000	0.036	-	<b>0.036</b>
60	100 x 57		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P14	8350.18	372.150	49.819	0.000	218.370	-	8.242
5	1.00	0.57								<b>0.077</b>	<b>0.077</b>	0.000	0.038	-	<b>0.038</b>
62	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	5428.3	213.565	58.984	0.000	174.877	-	149.366
7	1.00	0.35								<b>0.270</b>	<b>0.275</b>	0.000	0.854	-	<b>0.854</b>

A.4.4.14. Rebarred sections ratio checking – FEM analysis

SECTION CHECKING - PLATEA E PARAMENTI															
MEMBER	SECTION PROPERTIES		fck	fyk	CHECK	LOAD CB	LOAD CB	Rebar	N_Rdmax	N_Ed	M_Edy	M_Edz	V_Rdc	V_Rds	V_Ed
SECTION	Bc (m)	Hc (m)	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		M-N iteration	V			Ratio-N	Ratio-My	Ratio-Mz	Ratio-Vc	Ratio-Vs	Ratio-V
1	100 x 57		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P14	9858.51	147.351	125.179	0.000	227.887	-	198.045
5	1.00	0.57								<b>0.440</b>	<b>0.434</b>	0.000	0.869	-	<b>0.869</b>
2	100 x 60		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	10336.6	133.638	125.179	0.000	232.369	-	37.593
9	1.00	0.60								<b>0.426</b>	<b>0.417</b>	0.000	0.162	-	<b>0.162</b>
3	100 x 60		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	10336.6	121.731	113.097	0.000	230.732	-	60.785
9	1.00	0.60								<b>0.368</b>	<b>0.372</b>	0.000	0.263	-	<b>0.263</b>
4	100 x 60		30.00	450.00	OK	N6	N1	14-2-P14	10336.6	112.137	85.236	0.000	222.788	-	50.693
9	1.00	0.60								<b>0.252</b>	<b>0.256</b>	0.000	0.228	-	<b>0.228</b>
5	100 x 60		30.00	450.00	OK	N6	N1	14-2-P14	10336.6	104.676	62.437	0.000	222.215	-	40.568
9	1.00	0.60								<b>0.161</b>	<b>0.162</b>	0.000	0.183	-	<b>0.183</b>
6	100 x 60		30.00	450.00	OK	N6	N1	14-2-P14	10336.6	99.204	44.701	0.000	221.798	-	30.443
9	1.00	0.60								<b>0.091</b>	<b>0.091</b>	0.000	0.137	-	<b>0.137</b>
7	100 x 60		30.00	450.00	OK	N6	N1	14-2-P14	10336.6	95.618	32.027	0.000	221.530	-	20.318
9	1.00	0.60								<b>0.049</b>	<b>0.048</b>	0.000	0.092	-	<b>0.092</b>
8	100 x 60		30.00	450.00	OK	N6	N1	14-2-P14	10336.6	93.849	24.416	0.000	221.405	-	10.193
9	1.00	0.60								<b>0.030</b>	<b>0.029</b>	0.000	0.046	-	<b>0.046</b>
9	100 x 60		30.00	450.00	OK	N6	N1	14-2-P14	10336.6	93.859	24.404	0.000	221.420	-	10.771
9	1.00	0.60								<b>0.030</b>	<b>0.029</b>	0.000	0.049	-	<b>0.049</b>
10	100 x 60		30.00	450.00	OK	N6	N1	14-2-P14	10336.6	95.652	32.005	0.000	221.576	-	20.897
9	1.00	0.60								<b>0.049</b>	<b>0.048</b>	0.000	0.094	-	<b>0.094</b>
11	100 x 60		30.00	450.00	OK	N6	N1	14-2-P14	10336.6	99.257	44.668	0.000	221.877	-	31.023
9	1.00	0.60								<b>0.091</b>	<b>0.091</b>	0.000	0.140	-	<b>0.140</b>
12	100 x 60		30.00	450.00	OK	N6	N1	14-2-P14	10336.6	104.740	62.396	0.000	222.328	-	41.150
9	1.00	0.60								<b>0.161</b>	<b>0.162</b>	0.000	0.185	-	<b>0.185</b>
13	100 x 60		30.00	450.00	OK	N6	N1	14-2-P14	10336.6	112.196	85.188	0.000	222.937	-	51.277
9	1.00	0.60								<b>0.252</b>	<b>0.256</b>	0.000	0.230	-	<b>0.230</b>
14	100 x 60		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	10336.6	121.758	113.044	0.000	230.735	-	60.776
9	1.00	0.60								<b>0.368</b>	<b>0.371</b>	0.000	0.263	-	<b>0.263</b>
15	100 x 60		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	10336.6	133.611	125.116	0.000	232.365	-	37.565
9	1.00	0.60								<b>0.426</b>	<b>0.417</b>	0.000	0.162	-	<b>0.162</b>
16	100 x 57		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P14	9858.51	147.313	125.116	0.000	228.054	-	199.632
5	1.00	0.57								<b>0.440</b>	<b>0.434</b>	0.000	0.875	-	<b>0.875</b>
17	100 x 35		30.00	450.00	OK	N4	N5	14-2-P14	6352.26	176.067	52.382	0.000	227.399	-	223.563
7	1.00	0.35								<b>0.243</b>	<b>0.248</b>	0.000	0.983	-	<b>0.983</b>
19	100 x 57		30.00	450.00	OK	N5	N12	14-2-P14	9858.51	631.116	85.077	0.000	225.110	-	15.434
5	1.00	0.57								<b>0.112</b>	<b>0.112</b>	0.000	0.069	-	<b>0.069</b>
20	100 x 50		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	8300.52	619.943	83.561	0.000	269.308	-	22.817
4	1.00	0.50								<b>0.148</b>	<b>0.150</b>	0.000	0.085	-	<b>0.085</b>
21	100 x 45		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	7946.01	610.164	73.392	0.000	252.388	-	32.663
3	1.00	0.45								<b>0.146</b>	<b>0.145</b>	0.000	0.129	-	<b>0.129</b>
22	100 x 40		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	7149.14	600.742	58.788	0.000	234.967	-	37.314
2	1.00	0.40								<b>0.152</b>	<b>0.149</b>	0.000	0.159	-	<b>0.159</b>
23	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	6352.26	592.016	42.325	0.000	216.916	-	38.455
1	1.00	0.35								<b>0.150</b>	<b>0.151</b>	0.000	0.177	-	<b>0.177</b>
24	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	6352.26	584.173	25.732	0.000	215.908	-	37.824
1	1.00	0.35								<b>0.121</b>	<b>0.123</b>	0.000	0.175	-	<b>0.175</b>
25	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N12	14-2-P14	6352.26	578.014	9.993	0.000	157.787	-	22.272
1	1.00	0.35								<b>0.101</b>	<b>0.102</b>	0.000	0.141	-	<b>0.141</b>
26	100 x 35		30.00	450.00	OK	N12	N12	14-2-P14	6352.26	128.299	29.844	0.000	157.295	-	29.730
1	1.00	0.35								<b>0.116</b>	<b>0.117</b>	0.000	0.189	-	<b>0.189</b>
27	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	6352.26	516.355	4.143	0.000	198.052	-	31.192
1	1.00	0.35								<b>0.085</b>	<b>0.085</b>	0.000	0.157	-	<b>0.157</b>
28	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	6352.26	506.514	8.840	0.000	197.500	-	48.353
1	1.00	0.35								<b>0.089</b>	<b>0.087</b>	0.000	0.245	-	<b>0.245</b>
51	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	6352.26	501.112	9.075	0.000	197.504	-	48.349
1	1.00	0.35								<b>0.088</b>	<b>0.089</b>	0.000	0.245	-	<b>0.245</b>
52	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	6352.26	510.974	3.725	0.000	198.058	-	31.178
1	1.00	0.35								<b>0.084</b>	<b>0.083</b>	0.000	0.157	-	<b>0.157</b>
53	100 x 35		30.00	450.00	OK	N12	N12	14-2-P14	6352.26	128.313	29.850	0.000	157.297	-	29.749
1	1.00	0.35								<b>0.116</b>	<b>0.117</b>	0.000	0.189	-	<b>0.189</b>
54	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N12	14-2-P14	6352.26	572.644	10.281	0.000	157.789	-	22.280
1	1.00	0.35								<b>0.100</b>	<b>0.101</b>	0.000	0.141	-	<b>0.141</b>
55	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	6352.26	578.811	25.826	0.000	215.218	-	37.433
1	1.00	0.35								<b>0.121</b>	<b>0.121</b>	0.000	0.174	-	<b>0.174</b>
56	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	6352.26	586.644	42.236	0.000	216.225	-	38.087
1	1.00	0.35								<b>0.149</b>	<b>0.150</b>	0.000	0.176	-	<b>0.176</b>
57	100 x 40		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	7149.14	595.362	58.538	0.000	234.261	-	36.989
2	1.00	0.40								<b>0.150</b>	<b>0.149</b>	0.000	0.158	-	<b>0.158</b>
58	100 x 45		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	7946.01	604.778	73.013	0.000	251.670	-	32.406
3	1.00	0.45								<b>0.144</b>	<b>0.144</b>	0.000	0.129	-	<b>0.129</b>
59	100 x 50		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	8300.52	614.555	83.107	0.000	268.580	-	22.661
4	1.00	0.50								<b>0.147</b>	<b>0.149</b>	0.000	0.084	-	<b>0.084</b>
60	100 x 57		30.00	450.00	OK	N5	N12	14-2-P14	9858.51	625.731	84.629	0.000	224.768	-	15.412
5	1.00	0.57								<b>0.111</b>	<b>0.112</b>	0.000	0.069	-	<b>0.069</b>
62	100 x 35		30.00	450.00	OK	N2	N5	14-2-P14	6352.26	176.115	52.417	0.000	226.758	-	221.650
7	1.00	0.35								<b>0.243</b>	<b>0.248</b>	0.000	0.977	-	<b>0.977</b>

A.4.4.15. Rebarred sections ratio checking for fire combinations load – Block analysis

SECTION CHECKING - FIRE COMBINATIONS LOAD															
MEMBER	SECTION PROPERTIES		fck [N/mm <sup>2</sup> ]	fyk [N/mm <sup>2</sup> ]	CHECK	LOAD CB M-N iteration	LOAD CB V	Rebar	N_Rdmax	N_Ed	M_Edy	M_Edz	V_Rdc	V_Rds	V_Ed
	SECTION	Bc (m)								Hc (m)	Ratio-N	Ratio-My	Ratio-Mz	Ratio-Vc	Ratio-Vs
26(M+N) / 26(V)	100 x 35		30.00	360.00	OK	N22	N22	14-2-P14	7'105	120.367	20.832	0.000	181.813	-	16.666
1	1.00	0.30								<b>0.090</b>	<b>0.089</b>	0.000	0.092	-	<b>0.097</b>
22(M+N) / 22(V)	100 x 40		30.00	360.00	OK	N21	N21	14-2-P14	6'936	237.744	21.553	0.000	199.932	-	11.962
2	1.00	0.35								<b>0.063</b>	<b>0.065</b>	0.000	0.060	-	<b>0.060</b>
21(M+N) / 21(V)	100 x 45		30.00	360.00	OK	N21	N21	14-2-P14	7'821	243.391	26.997	0.000	213.333	-	11.208
3	1.00	0.40								<b>0.060</b>	<b>0.061</b>	0.000	0.053	-	<b>0.053</b>
20(M+N) / 20(V)	100 x 50		30.00	360.00	OK	N21	N21	14-2-P14	8'707	249.457	30.633	0.000	225.979	-	7.798
4	1.00	0.45								<b>0.055</b>	<b>0.055</b>	0.000	0.035	-	<b>0.035</b>
16(M+N) / 16(V)	100 x 57		30.00	360.00	OK	N22	N21	14-2-P14	9'946	36.046	49.767	0.000	217.039	-	81.814
5	1.00	0.52								<b>0.228</b>	<b>0.230</b>	0.000	0.377	-	<b>0.377</b>
17(M+N) / 17(V)	100 x 35		30.00	360.00	OK	N22	N21	14-2-P14	6'050	149.167	37.707	0.000	187.336	-	96.273
7	1.00	0.30								<b>0.233</b>	<b>0.230</b>	0.000	0.514	-	<b>0.514</b>
15(M+N) / 14(V)	100 x 60		30.00	360.00	OK	N22	N21	14-2-P14	10'478	32.470	49.767	0.000	221.650	-	39.592
9	1.00	0.55								<b>0.219</b>	<b>0.218</b>	0.000	0.179	-	<b>0.179</b>

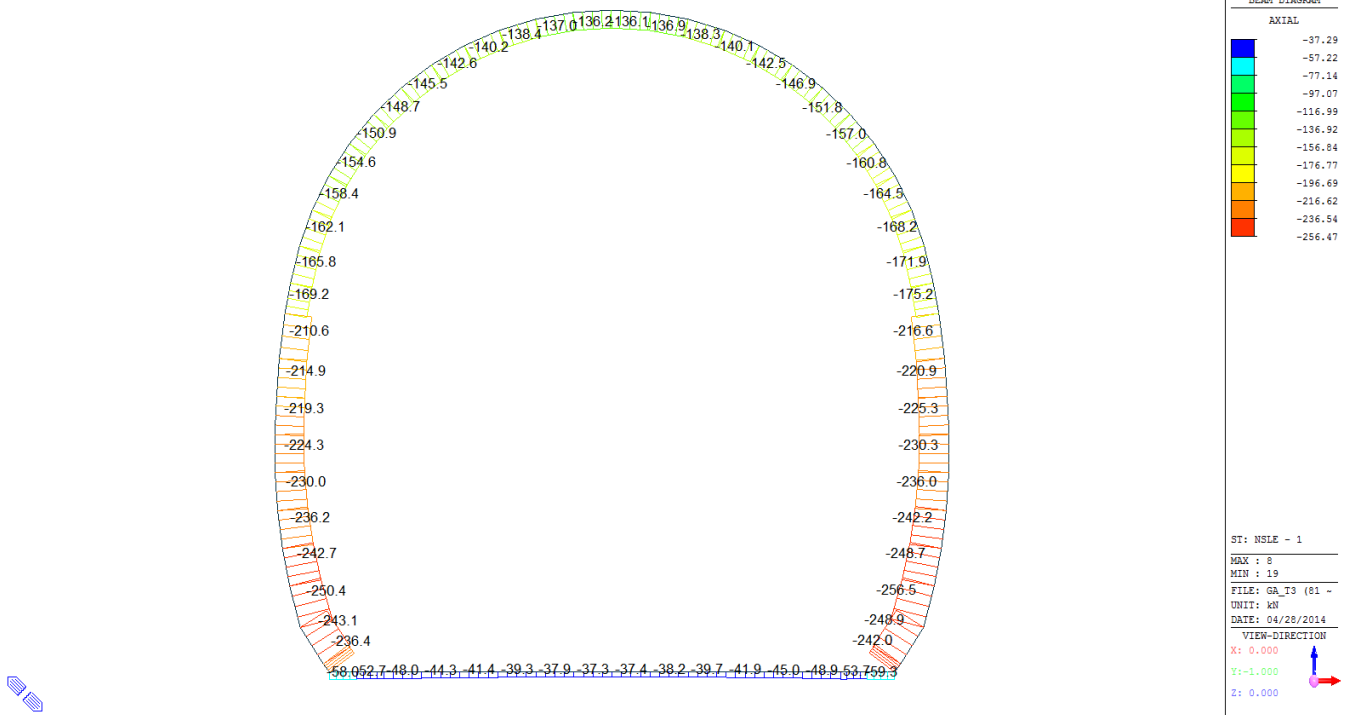
A.4.4.16. Rebarred sections ratio checking for fire combinations load – FEM analysis

SECTION CHECKING - FIRE COMBINATIONS LOAD															
MEMBER	SECTION PROPERTIES		fck [N/mm <sup>2</sup> ]	fyk [N/mm <sup>2</sup> ]	CHECK	LOAD CB M-N iteration	LOAD CB V	Rebar	N_Rdmax	N_Ed	M_Edy	M_Edz	V_Rdc	V_Rds	V_Ed
	SECTION	Bc (m)								Hc (m)	Ratio-N	Ratio-My	Ratio-Mz	Ratio-Vc	Ratio-Vs
23(M+N) / 28(V)	100 x 35		30.00	360.00	OK	N21	N22	14-2-P14	7'105	412.617	22.730	0.000	206.672	-	36.790
1	1.00	0.30								<b>0.089</b>	<b>0.090</b>	0.000	0.178	-	<b>0.178</b>
22(M+N) / 22(V)	100 x 40		30.00	360.00	OK	N21	N21	14-2-P14	6'936	418.298	33.900	0.000	234.354	-	25.611
2	1.00	0.35								<b>0.090</b>	<b>0.089</b>	0.000	0.109	-	<b>0.109</b>
21(M+N) / 21(V)	100 x 45		30.00	360.00	OK	N21	N21	14-2-P14	7'821	424.586	44.559	0.000	249.172	-	23.919
3	1.00	0.40								<b>0.088</b>	<b>0.087</b>	0.000	0.096	-	<b>0.096</b>
20(M+N) / 20(V)	100 x 50		30.00	360.00	OK	N21	N21	14-2-P14	8'707	431.258	52.977	0.000	263.077	-	18.729
4	1.00	0.45								<b>0.082</b>	<b>0.082</b>	0.000	0.071	-	<b>0.071</b>
1(M+N) / 16(V)	100 x 57		30.00	360.00	OK	N22	N21	14-2-P14	9'946	108.802	81.747	0.000	237.607	-	127.475
5	1.00	0.52								<b>0.315</b>	<b>0.314</b>	0.000	0.536	-	<b>0.536</b>
62(M+N) / 17(V)	100 x 35		30.00	360.00	OK	N22	N21	14-2-P14	6'050	118.046	31.900	0.000	218.774	-	149.978
7	1.00	0.30								<b>0.187</b>	<b>0.191</b>	0.000	0.686	-	<b>0.686</b>
15(M+N) / 3(V)	100 x 60		30.00	360.00	OK	N22	N22	14-2-P14	10'478	97.987	81.707	0.000	240.208	-	41.274
9	1.00	0.55								<b>0.304</b>	<b>0.301</b>	0.000	0.172	-	<b>0.172</b>

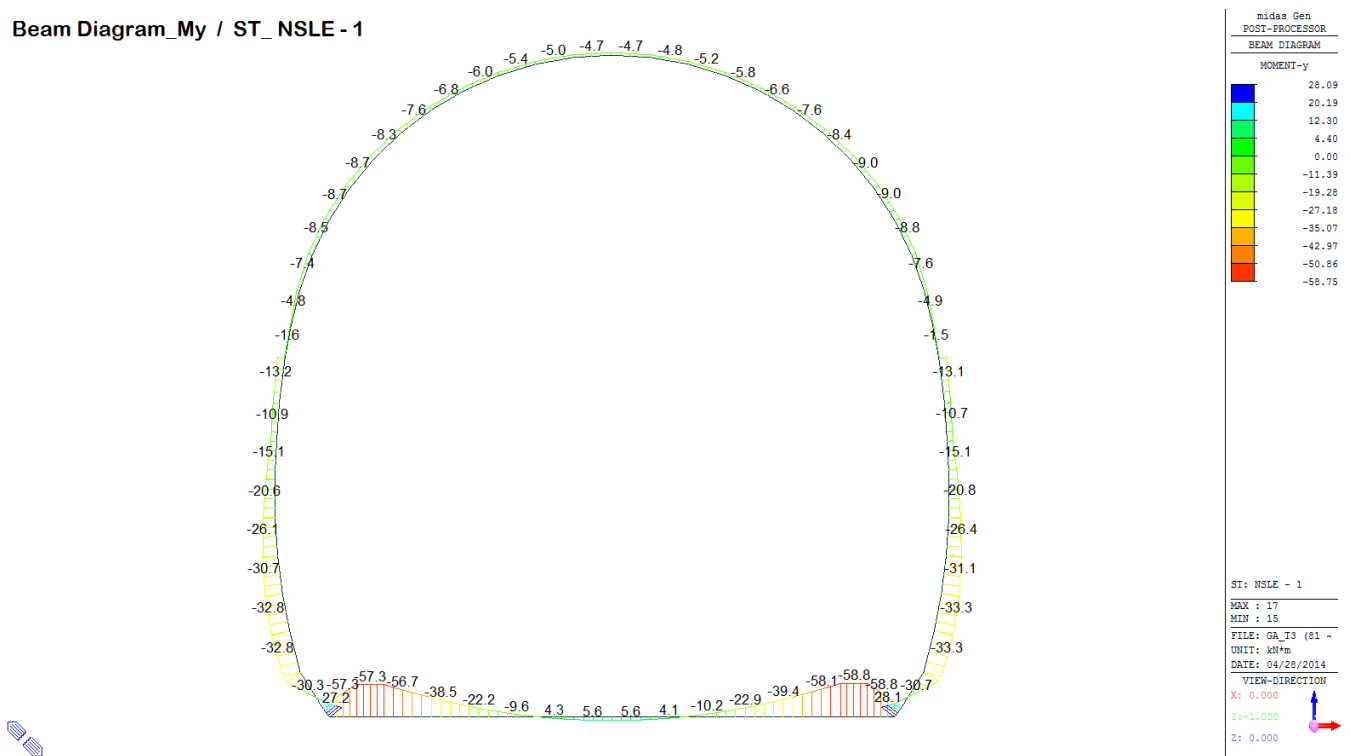


A.4.4.17. Load combination SLE 1

Beam Diagram\_Fx / ST\_NSLE - 1



Beam Diagram\_My / ST\_NSLE - 1



## VERIFICA DELLE TENSIONI AMMISSIBILI - CALOTTA

### CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

$R_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctk0.05}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.00	$\alpha_{cc}$	1.00	$\alpha_{ct}$	1.00	$\phi$	0.80
$f_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctld}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.059	$E_{\phi}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

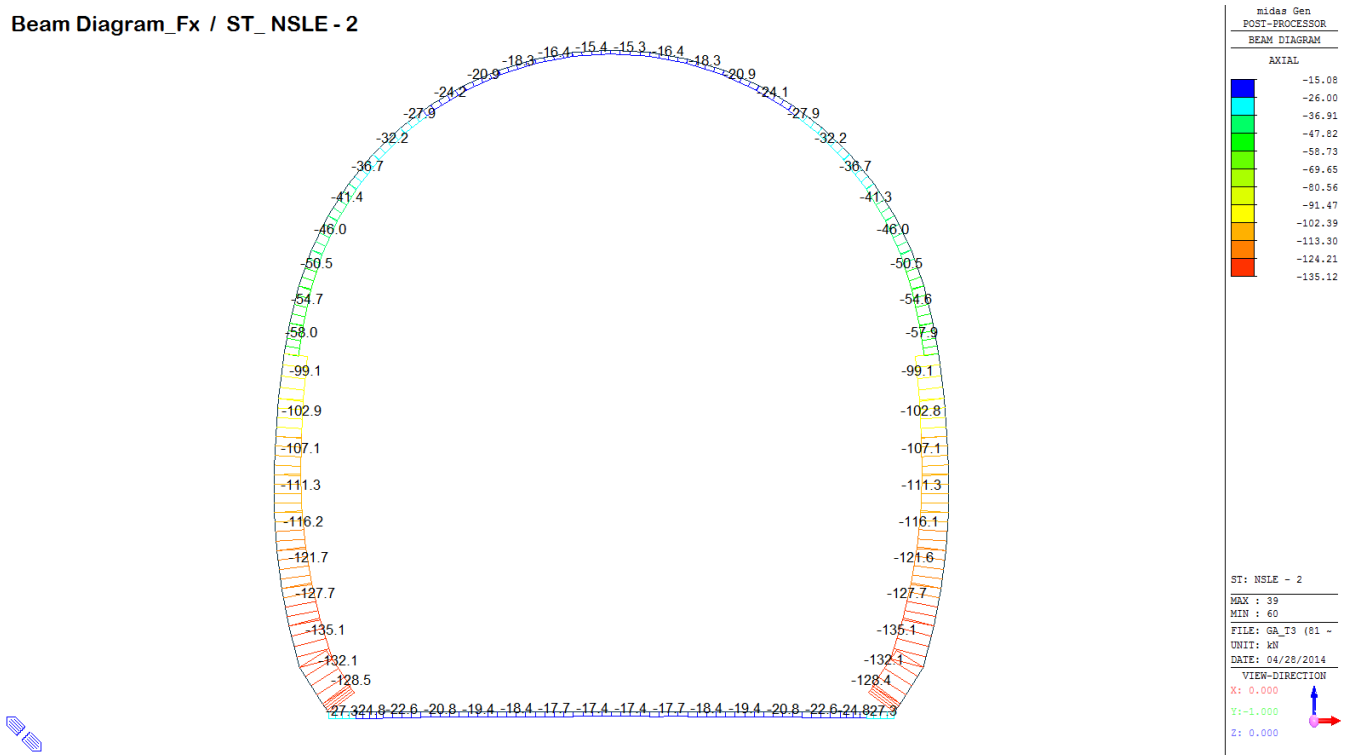
### VERIFICA SEZIONI NON FESSURATE

Combinazione di carico	Elemento	Nodo	$M_d$ [kN·m]	$N_d$ [kN]	$V_d$ [kN]	$d$ [m]	Sollecitazioni interne		Tensioni ammissibili di progetto		Risultato verifica
							$\sigma_{sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctld}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
NSLE - 1	29	I[30]	-7.7	-164.1	6.2	0.35	-0.84	-0.09	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	29	J[29]	-4.9	-168.2	4.8	0.35	-0.72	-0.24	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	30	I[31]	-8.8	-160.6	3.3	0.35	-0.89	-0.03	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	30	J[30]	-7.7	-164.6	1.4	0.35	-0.84	-0.10	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	31	I[32]	-9.0	-157.1	1.4	0.35	-0.89	-0.01	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	31	J[31]	-8.8	-160.8	0.9	0.35	-0.89	-0.03	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	32	I[33]	-8.4	-153.7	0.4	0.35	-0.85	-0.03	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	32	J[32]	-9.0	-157.1	2.4	0.35	-0.89	-0.01	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	33	I[34]	-7.6	-148.8	0.2	0.35	-0.80	-0.05	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	33	J[33]	-8.4	-151.8	3.3	0.35	-0.85	-0.02	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	34	I[35]	-6.6	-144.3	0.2	0.35	-0.74	-0.09	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	34	J[34]	-7.6	-146.9	3.6	0.35	-0.79	-0.05	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	35	I[36]	-5.8	-140.3	0.2	0.35	-0.68	-0.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	35	J[35]	-6.6	-142.5	3.6	0.35	-0.73	-0.08	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	36	I[37]	-5.2	-138.4	0.8	0.35	-0.65	-0.14	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	36	J[36]	-5.8	-140.1	3.2	0.35	-0.73	-0.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	37	I[38]	-4.8	-137.0	1.4	0.35	-0.63	-0.16	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	37	J[37]	-5.2	-138.3	2.8	0.35	-0.65	-0.14	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	38	I[39]	-4.7	-136.2	1.9	0.35	-0.62	-0.16	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	38	J[38]	-4.8	-136.9	2.4	0.35	-0.63	-0.16	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	39	I[40]	-4.7	-135.9	2.2	0.35	-0.62	-0.16	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	39	J[39]	-4.7	-136.1	2.4	0.35	-0.62	-0.16	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	40	I[41]	-4.7	-136.2	2.3	0.35	-0.62	-0.16	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	40	J[40]	-4.7	-135.9	2.1	0.35	-0.62	-0.16	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	41	I[42]	-5.0	-137.0	2.7	0.35	-0.63	-0.15	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	41	J[41]	-4.7	-136.2	1.6	0.35	-0.62	-0.16	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	42	I[43]	-5.4	-138.4	3.0	0.35	-0.66	-0.13	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	42	J[42]	-5.0	-137.1	1.2	0.35	-0.64	-0.15	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	43	I[44]	-6.0	-140.2	3.2	0.35	-0.70	-0.11	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	43	J[43]	-5.4	-138.5	0.8	0.35	-0.66	-0.13	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	44	I[45]	-6.8	-142.6	3.4	0.35	-0.74	-0.08	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	44	J[44]	-6.0	-140.4	0.4	0.35	-0.70	-0.11	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	45	I[46]	-7.6	-145.5	3.4	0.35	-0.79	-0.04	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	45	J[45]	-6.8	-142.8	0.1	0.35	-0.74	-0.08	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	46	I[47]	-8.4	-148.7	3.1	0.35	-0.83	-0.02	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	46	J[46]	-7.6	-145.7	0.1	0.35	-0.79	-0.04	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	47	I[48]	-8.7	-150.9	2.1	0.35	-0.86	0.00	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	47	J[47]	-8.4	-147.6	0.7	0.35	-0.83	-0.01	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	48	I[49]	-8.5	-154.7	0.8	0.35	-0.86	-0.02	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	48	J[48]	-8.7	-151.0	1.5	0.35	-0.86	0.00	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	49	I[50]	-7.4	-158.4	1.3	0.35	-0.82	-0.09	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	49	J[49]	-8.5	-154.5	3.2	0.35	-0.86	-0.02	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	50	I[51]	-4.8	-162.1	4.5	0.35	-0.70	-0.23	-30.71	2.06	OK
NSLE - 1	50	J[50]	-7.4	-158.0	6.0	0.35	-0.81	-0.09	-30.71	2.06	OK

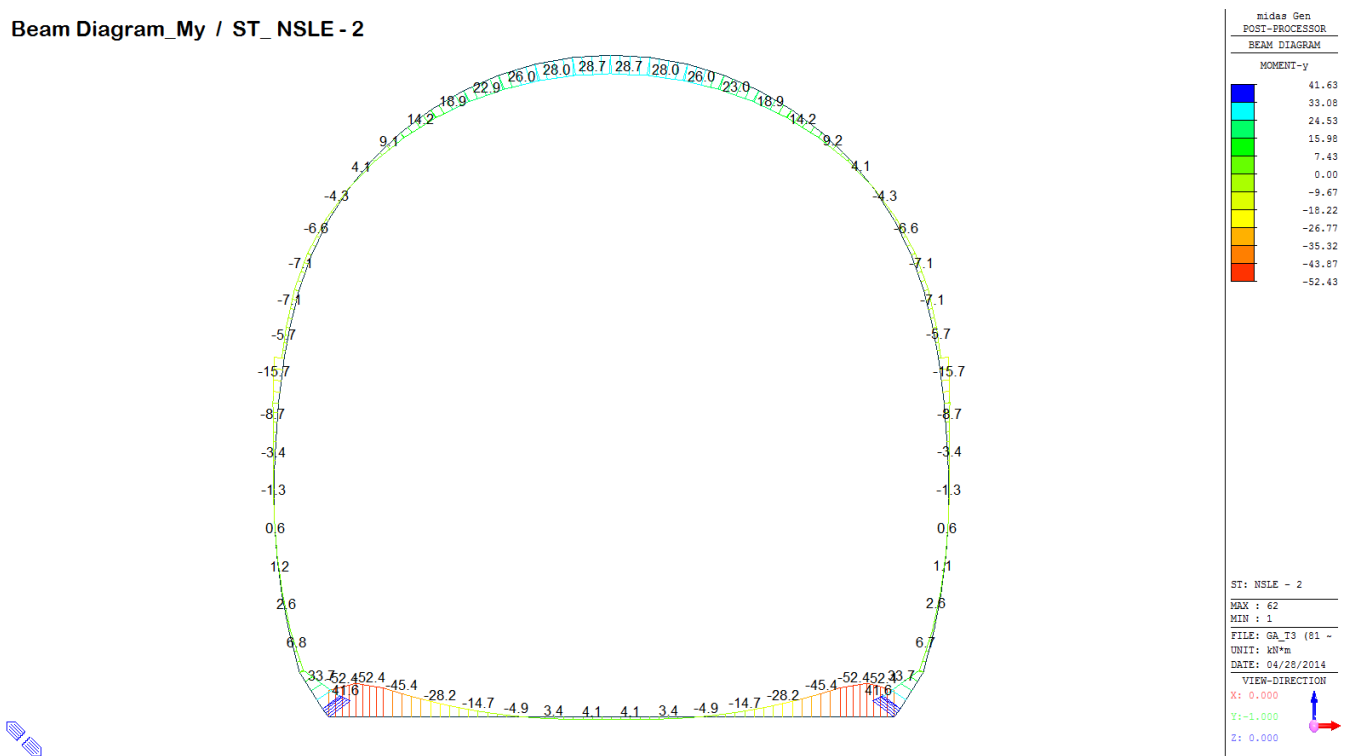
$\sigma_{c, max}$	-0.89
$\sigma_{t, max}$	0.00

A.4.4.18. Load combination SLE 2

Beam Diagram\_Fx / ST\_NSLE - 2



Beam Diagram\_My / ST\_NSLE - 2



**VERIFICA DELLE TENSIONI AMMISSIBILI - CALOTTA**

**CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO**

$R_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctk0.05}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.00	$\alpha_{cc}$	1.00	$\alpha_{ct}$	1.00	$\varphi$	0.80
$f_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.059	$E_{\varphi}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

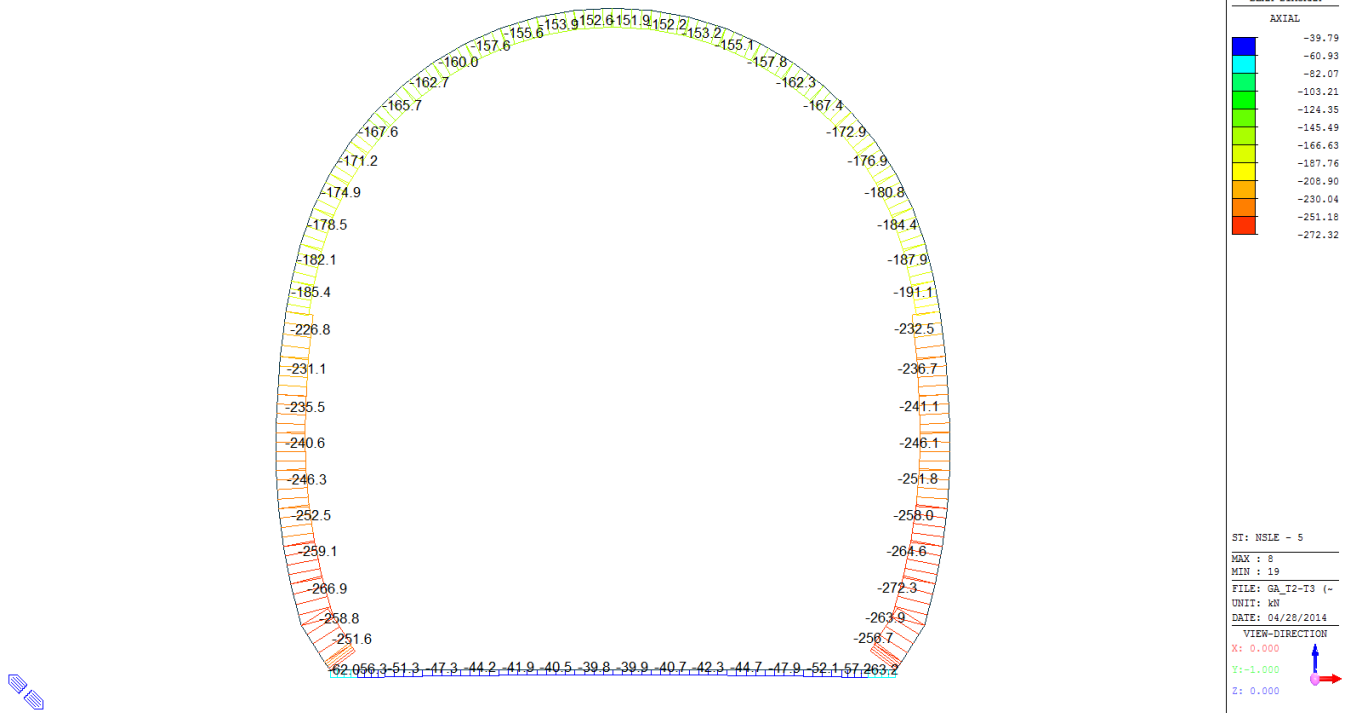
**VERIFICA SEZIONI NON FESSURATE**

Combinazione di carico	Elemento	Nodo	$M_d$ [kN·m]	$N_d$ [kN]	$V_d$ [kN]	$d$ [m]	Sollecitazioni interne		Tensioni ammissibili di progetto		Risultato verifica
							$\sigma_{sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
NSLE - 2	29	I[30]	-6.6	-46.4	0.3	0.35	-0.46	0.19	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	29	J[29]	-7.1	-50.5	1.7	0.35	-0.49	0.20	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	30	I[31]	-4.3	-42.1	3.8	0.35	-0.33	0.09	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	30	J[30]	-6.6	-46.0	5.7	0.35	-0.46	0.19	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	31	I[32]	-0.5	-37.7	6.3	0.35	-0.13	-0.08	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	31	J[31]	-4.3	-41.4	8.7	0.35	-0.33	0.09	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	32	I[33]	4.1	-33.3	7.9	0.35	0.11	-0.30	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	32	J[32]	-0.5	-36.7	10.7	0.35	-0.13	-0.08	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	33	I[34]	9.2	-29.1	8.6	0.35	0.37	-0.53	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	33	J[33]	4.1	-32.2	11.7	0.35	0.11	-0.29	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	34	I[35]	14.2	-25.3	8.4	0.35	0.63	-0.77	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	34	J[34]	9.2	-27.9	11.9	0.35	0.37	-0.53	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	35	I[36]	19.0	-21.9	7.5	0.35	0.87	-0.99	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	35	J[35]	14.2	-24.1	11.3	0.35	0.63	-0.77	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	36	I[37]	23.0	-19.1	6.0	0.35	1.07	-1.18	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	36	J[36]	19.0	-20.9	10.1	0.35	0.87	-0.99	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	37	I[38]	26.0	-17.0	4.1	0.35	1.23	-1.32	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	37	J[37]	23.0	-18.3	8.2	0.35	1.07	-1.18	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	38	I[39]	28.0	-15.7	1.7	0.35	1.33	-1.42	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	38	J[38]	26.0	-16.4	6.0	0.35	1.23	-1.32	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	39	I[40]	28.7	-15.1	1.0	0.35	1.36	-1.45	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	39	J[39]	28.0	-15.4	3.6	0.35	1.33	-1.41	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	40	I[41]	28.0	-15.4	3.6	0.35	1.33	-1.41	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	40	J[40]	28.7	-15.1	0.8	0.35	1.36	-1.45	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	41	I[42]	26.0	-16.5	6.0	0.35	1.23	-1.32	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	41	J[41]	28.0	-15.7	1.7	0.35	1.33	-1.41	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	42	I[43]	23.0	-18.3	8.3	0.35	1.07	-1.18	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	42	J[42]	26.0	-17.0	4.1	0.35	1.23	-1.32	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	43	I[44]	18.9	-20.9	10.1	0.35	0.87	-0.99	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	43	J[43]	23.0	-19.2	6.1	0.35	1.07	-1.18	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	44	I[45]	14.2	-24.2	11.3	0.35	0.63	-0.77	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	44	J[44]	18.9	-21.9	7.6	0.35	0.86	-0.99	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	45	I[46]	9.1	-28.0	11.9	0.35	0.37	-0.53	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	45	J[45]	14.2	-25.3	8.4	0.35	0.62	-0.77	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	46	I[47]	4.1	-32.2	11.7	0.35	0.11	-0.29	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	46	J[46]	9.1	-29.2	8.6	0.35	0.36	-0.53	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	47	I[48]	-0.6	-36.7	10.7	0.35	-0.13	-0.08	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	47	J[47]	4.1	-33.3	7.9	0.35	0.10	-0.29	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	48	I[49]	-4.3	-41.4	8.7	0.35	-0.33	0.09	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	48	J[48]	-0.6	-37.7	6.3	0.35	-0.14	-0.08	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	49	I[50]	-6.6	-46.0	5.7	0.35	-0.46	0.19	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	49	J[49]	-4.3	-42.1	3.8	0.35	-0.33	0.09	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	50	I[51]	-7.1	-50.5	1.7	0.35	-0.49	0.20	-30.71	2.06	OK
NSLE - 2	50	J[50]	-6.6	-46.4	0.3	0.35	-0.46	0.19	-30.71	2.06	OK

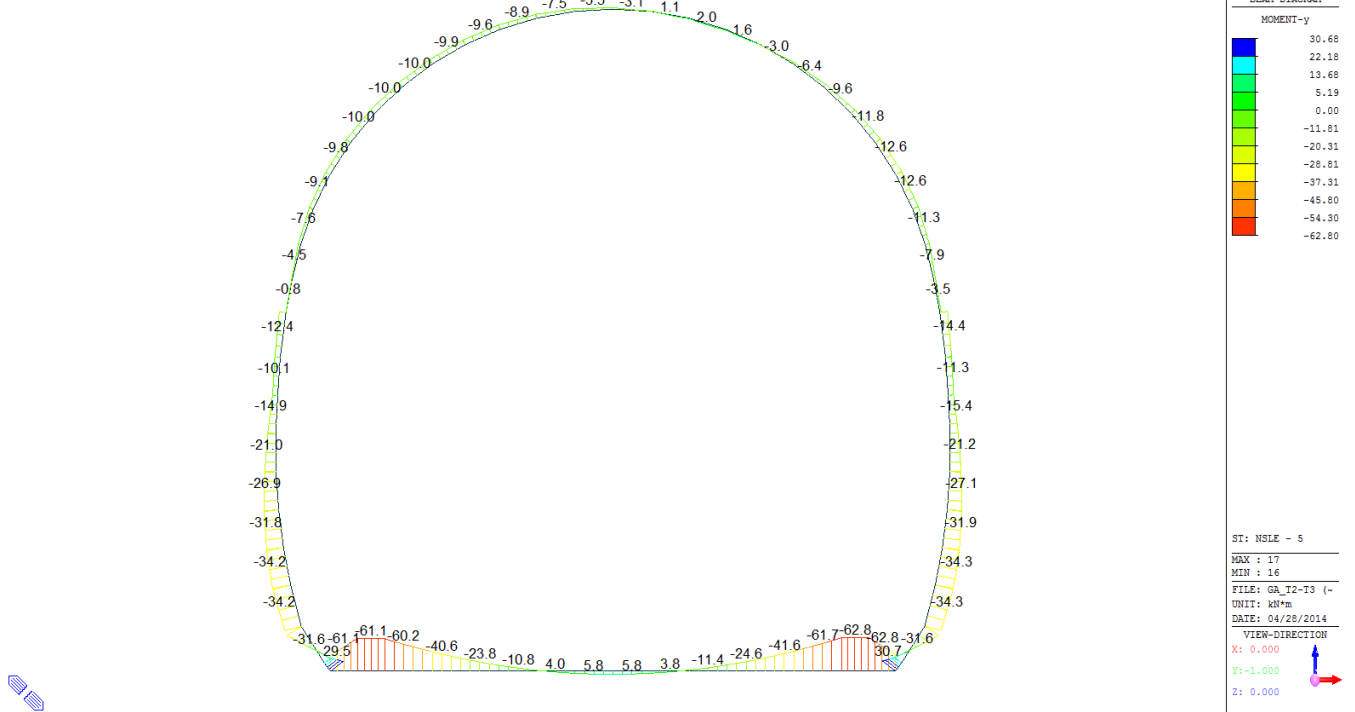
$\sigma_{c, max}$	-1.45
$\sigma_{t, max}$	1.36

A.4.4.19. Load combination SLE 5 Block analysis

Beam Diagram\_Fx - Block analysis / ST\_NSLE - 5



Beam Diagram\_My - Block analysis / ST\_NSLE - 5



## VERIFICA DELLE TENSIONI AMMISSIBILI - CALOTTA

### CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

$R_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctk0.05}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.00	$\alpha_{cc}$	1.00	$\alpha_{ct}$	1.00	$\phi$	0.80
$f_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.059	$E_{\phi}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

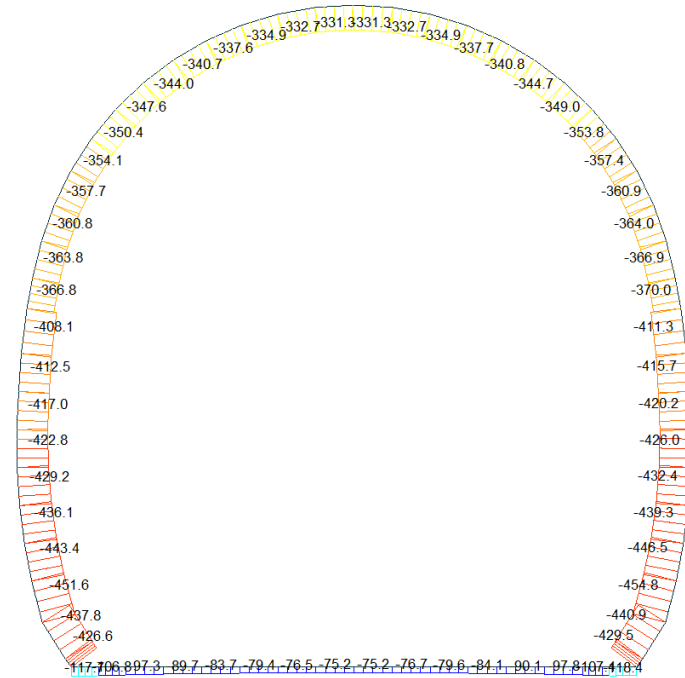
### VERIFICA SEZIONI NON FESSURATE

Combinazione di carico	Elemento	Nodo	$M_d$ [kN·m]	$N_d$ [kN]	$V_d$ [kN]	$d$ [m]	Sollecitazioni interne		Tensioni ammissibili di progetto		Risultato verifica
							$\sigma_{sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
NSLE - 5	29	I[30]	-11.4	-180.3	7.7	0.35	-1.07	0.04	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	29	J[29]	-7.9	-184.4	6.2	0.35	-0.91	-0.14	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	30	I[31]	-12.6	-176.9	3.4	0.35	-1.12	0.11	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	30	J[30]	-11.4	-180.8	1.5	0.35	-1.07	0.04	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	31	I[32]	-11.8	-173.3	0.0	0.35	-1.07	0.08	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	31	J[31]	-12.6	-177.0	2.9	0.35	-1.12	0.11	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	32	I[33]	-9.6	-169.5	2.0	0.35	-0.95	-0.02	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	32	J[32]	-11.8	-172.9	6.8	0.35	-1.07	0.09	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	33	I[34]	-6.4	-164.4	2.6	0.35	-0.78	-0.16	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	33	J[33]	-9.6	-167.4	9.8	0.35	-0.95	-0.01	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	34	I[35]	-3.0	-159.7	1.8	0.35	-0.60	-0.31	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	34	J[34]	-6.4	-162.3	11.3	0.35	-0.78	-0.15	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	35	I[36]	-0.2	-155.6	0.4	0.35	-0.45	-0.44	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	35	J[35]	-3.0	-157.9	11.4	0.35	-0.60	-0.30	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	36	I[37]	1.3	-153.3	4.2	0.35	-0.37	-0.50	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	36	J[36]	-0.2	-155.1	9.8	0.35	-0.45	-0.44	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	37	I[38]	0.9	-151.9	7.7	0.35	-0.39	-0.48	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	37	J[37]	1.3	-153.2	6.5	0.35	-0.37	-0.50	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	38	I[39]	-0.8	-151.4	9.4	0.35	-0.47	-0.39	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	38	J[38]	0.9	-152.2	2.9	0.35	-0.39	-0.48	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	39	I[40]	-3.1	-151.7	9.8	0.35	-0.59	-0.28	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	39	J[39]	-0.8	-152.0	1.1	0.35	-0.47	-0.40	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	40	I[41]	-5.5	-152.6	8.7	0.35	-0.70	-0.17	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	40	J[40]	-3.1	-152.3	0.3	0.35	-0.59	-0.28	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	41	I[42]	-7.5	-153.9	7.1	0.35	-0.81	-0.07	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	41	J[41]	-5.5	-153.1	0.8	0.35	-0.71	-0.17	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	42	I[43]	-8.9	-155.6	5.0	0.35	-0.88	-0.01	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	42	J[42]	-7.5	-154.3	0.3	0.35	-0.81	-0.07	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	43	I[44]	-9.6	-157.6	3.4	0.35	-0.92	0.02	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	43	J[43]	-8.9	-155.9	0.6	0.35	-0.88	-0.01	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	44	I[45]	-9.9	-160.0	2.5	0.35	-0.94	0.03	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	44	J[44]	-9.6	-157.8	1.3	0.35	-0.92	0.02	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	45	I[46]	-10.0	-162.7	2.0	0.35	-0.96	0.03	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	45	J[45]	-9.9	-160.0	1.5	0.35	-0.94	0.03	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	46	I[47]	-10.1	-165.7	1.6	0.35	-0.97	0.02	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	46	J[46]	-10.0	-162.7	1.5	0.35	-0.96	0.03	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	47	I[48]	-9.8	-167.6	1.0	0.35	-0.96	0.00	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	47	J[47]	-10.1	-164.2	1.8	0.35	-0.96	0.02	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	48	I[49]	-9.2	-171.2	0.2	0.35	-0.94	-0.04	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	48	J[48]	-9.8	-167.5	2.5	0.35	-0.96	0.00	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	49	I[50]	-7.6	-174.9	2.2	0.35	-0.87	-0.13	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	49	J[49]	-9.2	-170.9	4.1	0.35	-0.94	-0.04	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	50	I[51]	-4.5	-178.5	5.5	0.35	-0.73	-0.29	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	50	J[50]	-7.6	-174.3	6.9	0.35	-0.87	-0.13	-30.71	2.06	OK

$\sigma_{c, max}$	-1.12
$\sigma_{t, max}$	0.11

A.4.4.20. Load combination SLE 5 FEM analysis

Beam Diagram\_Fx - FEM analysis / ST\_NSLE - 5



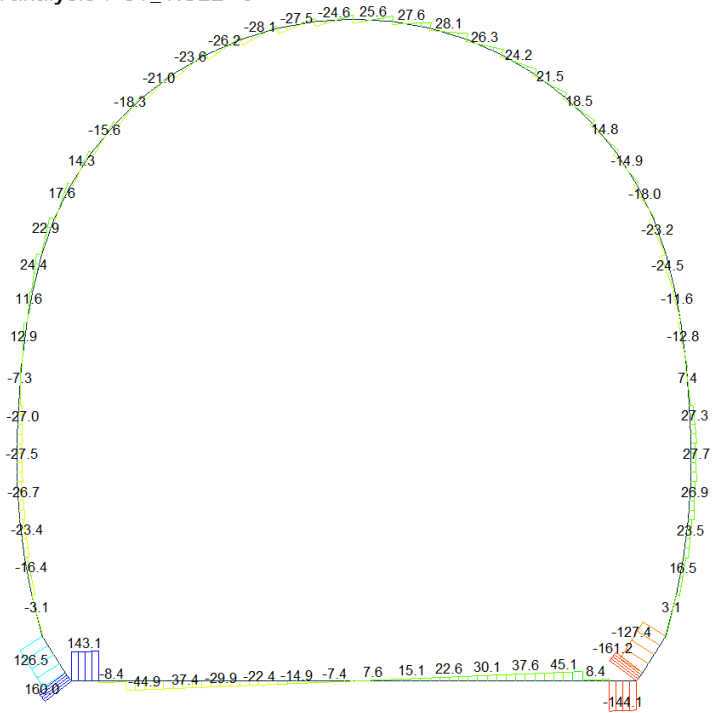
midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

AXIAL

Blue	-75.17
Cyan	-109.68
Green	-144.19
Light Green	-178.70
Yellow-Green	-213.22
Yellow	-247.73
Orange	-282.24
Light Orange	-316.75
Red-Orange	-351.26
Red	-385.77
Dark Red	-420.29
Black	-454.80

ST: NSLE - 5  
MAX : 8  
MIN : 19  
FILE: GA\_I3 (81 -  
UNIT: kN  
DATE: 04/28/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

Beam Diagram\_Fz - FEM analysis / ST\_NSLE - 5



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM

SHEAR-z

Blue	160.03
Cyan	130.83
Green	101.63
Light Green	72.44
Yellow-Green	43.24
Yellow	0.00
Orange	-15.16
Light Orange	-44.36
Red-Orange	-73.56
Red	-102.76
Dark Red	-131.95
Black	-161.15

ST: NSLE - 5  
MAX : 62  
MIN : 17  
FILE: GA\_I3 (81 -  
UNIT: kN  
DATE: 04/28/2014  
VIEW-DIRECTION  
X: 0.000  
Y: -1.000  
Z: 0.000

## VERIFICA DELLE TENSIONI AMMISSIBILI - CALOTTA

### CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

R <sub>ck</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	F <sub>ck</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	f <sub>ctk0.05</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	E <sub>cm</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
γ <sub>c</sub>	1.00	α <sub>cc</sub>	1.00	α <sub>ct</sub>	1.00	φ	0.80
f <sub>ctd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	f <sub>ctd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	2.059	E <sub>φ</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

### VERIFICA SEZIONI NON FESSURATE

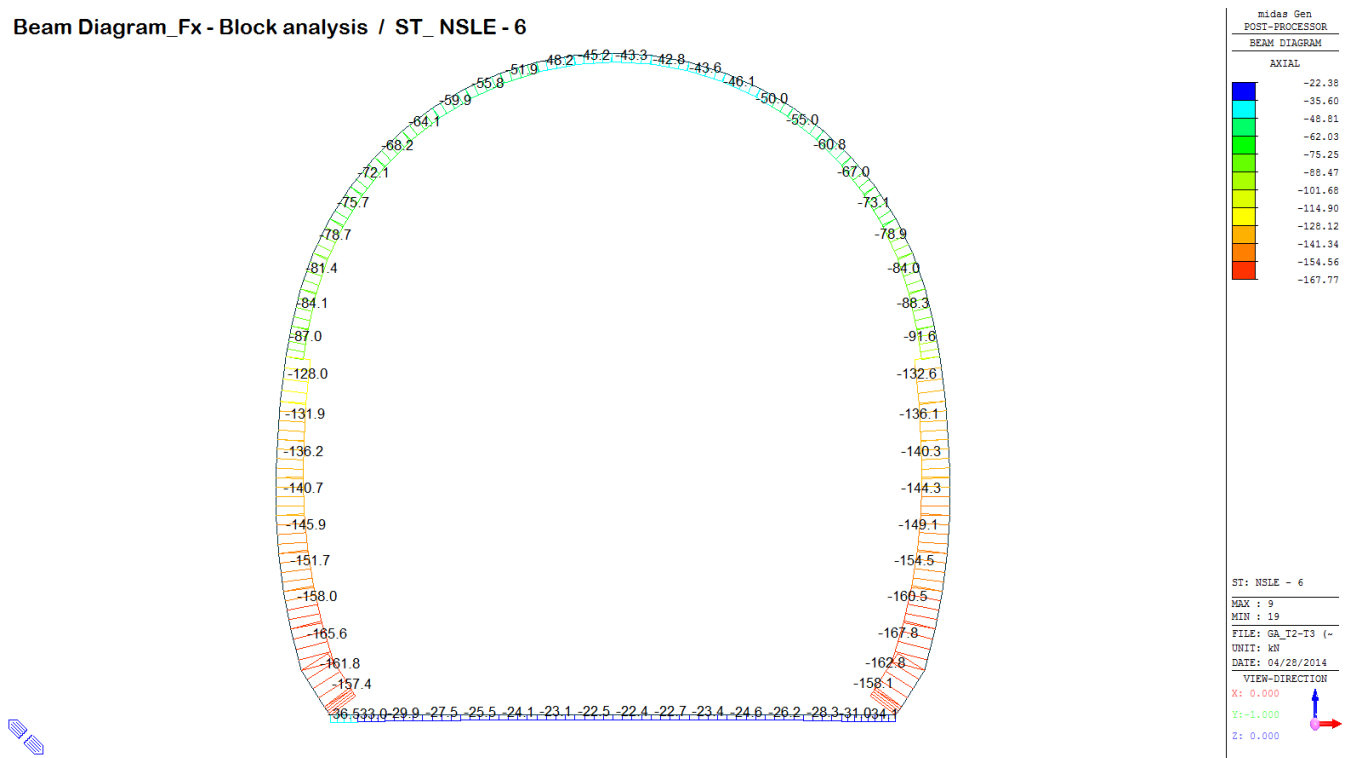
Combinazione di carico	Elemento	Nodo	M <sub>d</sub> [kN·m]	N <sub>d</sub> [kN]	V <sub>d</sub> [kN]	d [m]	Sollecitazioni interne		Tensioni ammissibili di progetto		Risultato verifica
							σ <sub>sup</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	σ <sub>inf</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>cd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>ctd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	
NSLE - 5	29	I[30]	-12.0	-359.9	23.2	0.35	-1.62	-0.44	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	29	J[29]	-5.8	-364.0	2.2	0.35	-1.32	-0.76	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	30	I[31]	-15.1	-357.0	18.0	0.35	-1.76	-0.28	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	30	J[30]	-12.0	-361.0	5.4	0.35	-1.62	-0.44	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	31	I[32]	-16.0	-353.8	14.9	0.35	-1.79	-0.23	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	31	J[31]	-15.1	-357.4	10.9	0.35	-1.76	-0.28	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	32	I[33]	-15.6	-350.4	13.5	0.35	-1.76	-0.24	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	32	J[32]	-16.0	-353.8	14.8	0.35	-1.79	-0.23	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	33	I[34]	-13.9	-346.0	12.2	0.35	-1.67	-0.31	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	33	J[33]	-15.6	-349.0	18.5	0.35	-1.76	-0.23	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	34	I[35]	-11.4	-342.0	11.5	0.35	-1.53	-0.42	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	34	J[34]	-13.9	-344.7	21.5	0.35	-1.67	-0.30	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	35	I[36]	-8.0	-338.6	11.1	0.35	-1.36	-0.58	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	35	J[35]	-11.4	-340.8	24.2	0.35	-1.53	-0.42	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	36	I[37]	-4.1	-335.9	11.2	0.35	-1.16	-0.76	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	36	J[36]	-8.0	-337.7	26.3	0.35	-1.36	-0.57	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	37	I[38]	0.1	-333.7	11.5	0.35	-0.95	-0.96	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	37	J[37]	-4.1	-334.9	28.1	0.35	-1.16	-0.75	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	38	I[39]	3.5	-331.9	14.2	0.35	-0.78	-1.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	38	J[38]	0.1	-332.7	27.6	0.35	-0.95	-0.96	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	39	I[40]	5.0	-331.0	20.3	0.35	-0.70	-1.19	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	39	J[39]	3.5	-331.3	25.6	0.35	-0.77	-1.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	40	I[41]	3.6	-331.3	24.6	0.35	-0.77	-1.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	40	J[40]	5.0	-331.1	19.2	0.35	-0.70	-1.19	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	41	I[42]	0.2	-332.7	27.5	0.35	-0.94	-0.96	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	41	J[41]	3.6	-331.9	14.3	0.35	-0.77	-1.12	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	42	I[43]	-4.0	-334.9	28.1	0.35	-1.15	-0.76	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	42	J[42]	0.2	-333.6	11.6	0.35	-0.94	-0.96	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	43	I[44]	-7.8	-337.7	26.2	0.35	-1.35	-0.58	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	43	J[43]	-4.0	-335.9	11.3	0.35	-1.16	-0.76	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	44	I[45]	-10.9	-340.7	23.6	0.35	-1.51	-0.44	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	44	J[44]	-7.8	-338.5	11.7	0.35	-1.35	-0.58	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	45	I[46]	-13.2	-344.0	21.0	0.35	-1.63	-0.33	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	45	J[45]	-10.9	-341.4	11.9	0.35	-1.51	-0.44	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	46	I[47]	-14.8	-347.6	18.3	0.35	-1.72	-0.27	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	46	J[46]	-13.2	-344.6	12.3	0.35	-1.63	-0.34	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	47	I[48]	-15.7	-350.4	15.6	0.35	-1.77	-0.23	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	47	J[47]	-14.8	-347.0	12.6	0.35	-1.72	-0.27	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	48	I[49]	-15.0	-354.1	11.5	0.35	-1.75	-0.28	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	48	J[48]	-15.7	-350.4	14.3	0.35	-1.77	-0.23	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	49	I[50]	-12.2	-357.7	5.8	0.35	-1.62	-0.43	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	49	J[49]	-15.0	-353.8	17.6	0.35	-1.75	-0.27	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	50	I[51]	-6.0	-360.8	2.0	0.35	-1.33	-0.74	-30.71	2.06	OK
NSLE - 5	50	J[50]	-12.2	-356.7	22.9	0.35	-1.62	-0.42	-30.71	2.06	OK

σ <sub>c, max</sub>	-1.79
σ <sub>t, max</sub>	-0.23

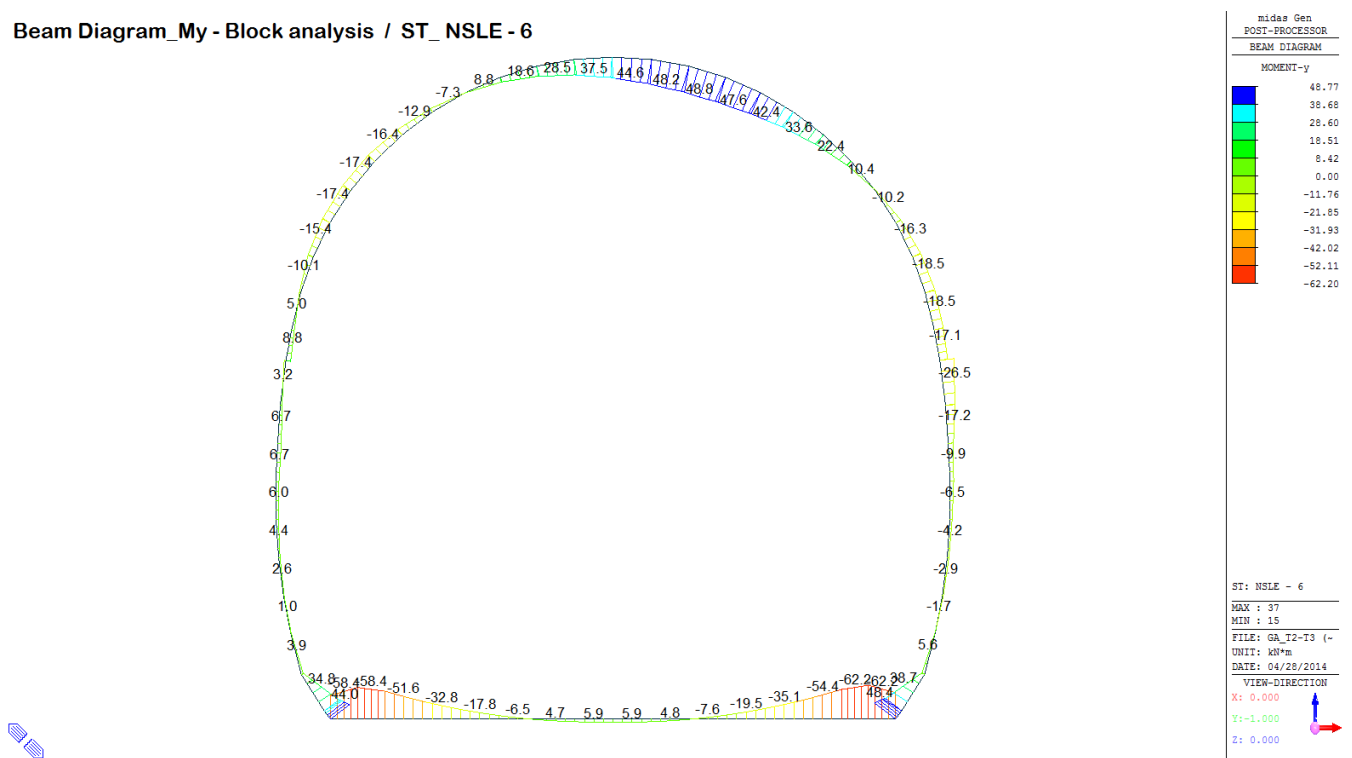


A.4.4.21. Load combination SLE 6 Block analysis

Beam Diagram\_Fx - Block analysis / ST\_NSLE - 6



Beam Diagram\_My - Block analysis / ST\_NSLE - 6



## VERIFICA DELLE TENSIONI AMMISSIBILI - CALOTTA

### CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

$R_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctk0.05}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.00	$\alpha_{cc}$	1.00	$\alpha_{ct}$	1.00	$\phi$	0.80
$f_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.059	$E_{\phi}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

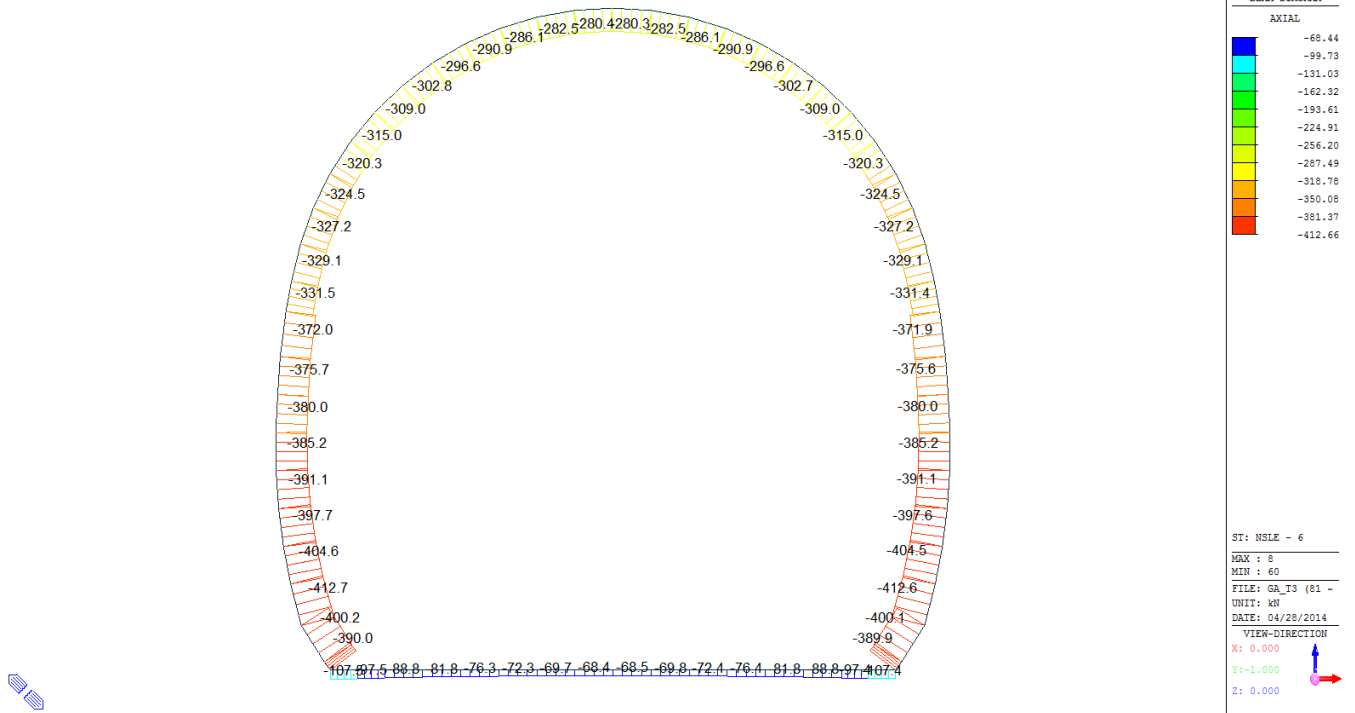
### VERIFICA SEZIONI NON FESSURATE

Combinazione di carico	Elemento	Nodo	$M_d$ [kN·m]	$N_d$ [kN]	$V_d$ [kN]	$d$ [m]	Sollecitazioni interne		Tensioni ammissibili di progetto		Risultato verifica
							$\sigma_{sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
NSLE - 6	29	I[30]	-16.3	-79.9	3.7	0.35	-1.02	0.57	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	29	J[29]	-18.5	-84.0	5.2	0.35	-1.15	0.67	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	30	I[31]	-10.2	-74.9	11.1	0.35	-0.71	0.29	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	30	J[30]	-16.3	-78.9	13.1	0.35	-1.02	0.57	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	31	I[32]	-1.0	-69.4	17.0	0.35	-0.25	-0.15	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	31	J[31]	-10.2	-73.1	19.8	0.35	-0.71	0.29	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	32	I[33]	10.4	-63.6	20.2	0.35	0.33	-0.69	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	32	J[32]	-1.0	-67.0	25.0	0.35	-0.24	-0.14	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	33	I[34]	22.4	-57.8	20.3	0.35	0.93	-1.26	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	33	J[33]	10.4	-60.8	27.5	0.35	0.33	-0.68	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	34	I[35]	33.6	-52.4	17.5	0.35	1.49	-1.79	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	34	J[34]	22.4	-55.0	26.9	0.35	0.94	-1.25	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	35	I[36]	42.4	-47.8	11.7	0.35	1.94	-2.21	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	35	J[35]	33.6	-50.0	23.5	0.35	1.50	-1.79	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	36	I[37]	47.6	-44.3	3.2	0.35	2.06	-2.46	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	36	J[36]	42.4	-46.1	17.2	0.35	1.95	-2.21	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	37	I[38]	48.2	-42.4	5.8	0.35	2.05	-2.48	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	37	J[37]	47.6	-43.7	8.4	0.35	2.06	-2.46	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	38	I[39]	44.6	-42.0	13.1	0.35	2.04	-2.30	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	38	J[38]	48.2	-42.8	0.8	0.35	2.05	-2.48	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	39	I[40]	37.5	-43.0	18.9	0.35	1.71	-1.96	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	39	J[39]	44.6	-43.3	8.0	0.35	2.04	-2.31	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	40	I[41]	28.5	-45.2	22.0	0.35	1.27	-1.52	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	40	J[40]	37.5	-44.9	13.6	0.35	1.71	-1.96	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	41	I[42]	18.6	-48.2	22.8	0.35	0.77	-1.05	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	41	J[41]	28.5	-47.5	16.5	0.35	1.26	-1.53	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	42	I[43]	8.9	-51.9	21.7	0.35	0.29	-0.58	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	42	J[42]	18.6	-50.6	17.0	0.35	0.77	-1.05	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	43	I[44]	0.1	-55.8	19.5	0.35	-0.15	-0.16	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	43	J[43]	8.9	-54.0	15.5	0.35	0.28	-0.59	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	44	I[45]	-7.3	-59.9	16.6	0.35	-0.53	0.18	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	44	J[44]	0.1	-57.7	12.9	0.35	-0.16	-0.17	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	45	I[46]	-12.9	-64.1	13.0	0.35	-0.81	0.45	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	45	J[45]	-7.3	-61.4	9.5	0.35	-0.53	0.18	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	46	I[47]	-16.4	-68.2	8.6	0.35	-1.00	0.61	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	46	J[46]	-12.9	-65.2	5.4	0.35	-0.82	0.45	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	47	I[48]	-17.4	-72.1	3.3	0.35	-1.06	0.64	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	47	J[47]	-16.4	-68.7	0.5	0.35	-1.00	0.61	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	48	I[49]	-15.4	-75.7	2.8	0.35	-0.97	0.54	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	48	J[48]	-17.4	-72.0	5.1	0.35	-1.06	0.64	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	49	I[50]	-10.1	-78.8	9.7	0.35	-0.72	0.27	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	49	J[49]	-15.4	-74.8	11.6	0.35	-0.97	0.54	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	50	I[51]	-2.4	-81.4	14.6	0.35	-0.35	-0.11	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	50	J[50]	-10.1	-77.2	16.1	0.35	-0.71	0.27	-30.71	2.06	OK

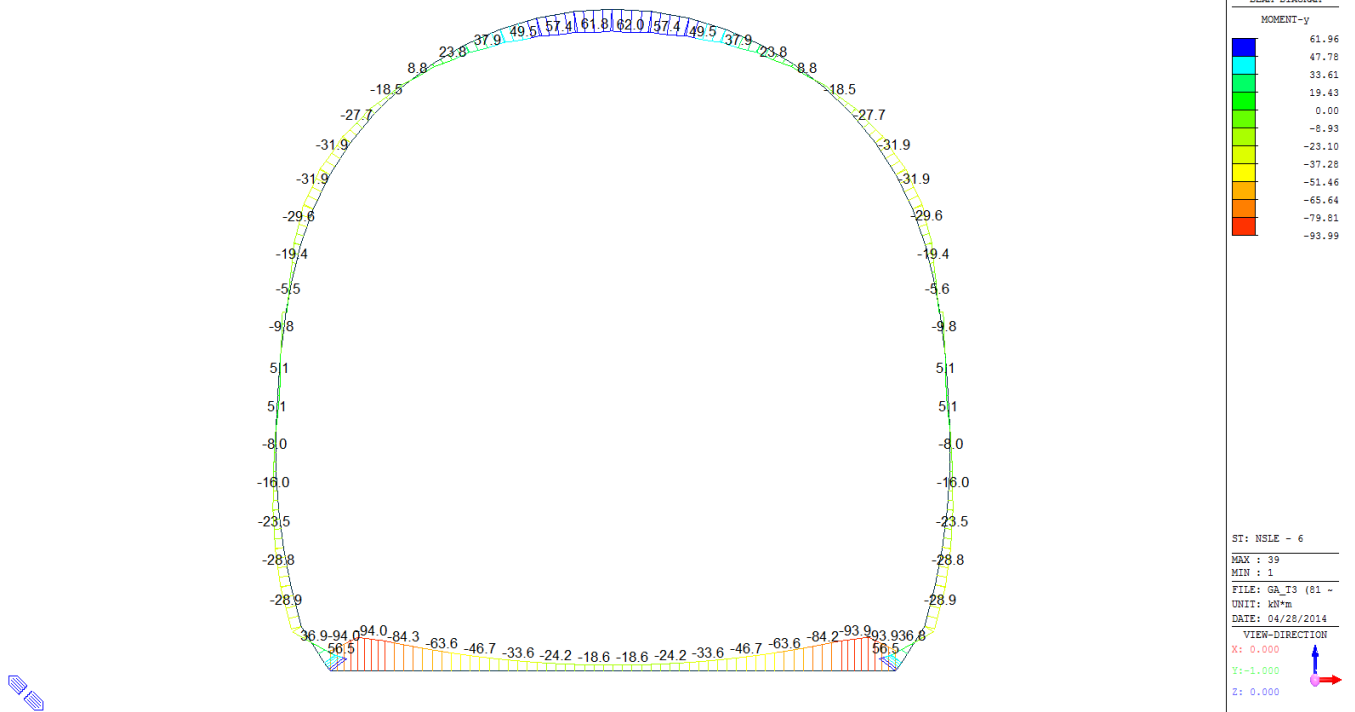
$\sigma_{c, max}$	-2.48
$\sigma_{t, max}$	2.06

A.4.4.22. Load combination SLE 6 FEM analysis

Beam Diagram\_Fx - FEM analysis / ST\_NSLE - 6



Beam Diagram\_My - FEM analysis / ST\_NSLE - 6



## VERIFICA DELLE TENSIONI AMMISSIBILI - CALOTTA

### CALCESTRUZZO - DATI DI CALCOLO

$R_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	37.00	$F_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctk0.05}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.06	$E_{cm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	33'000
$\gamma_c$	1.00	$\alpha_{cc}$	1.00	$\alpha_{ct}$	1.00	$\phi$	0.80
$f_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30.71	$f_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2.059	$E_{\phi}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	26'400		

### VERIFICA SEZIONI NON FESSURATE

Combinazione di carico	Elemento	Nodo	$M_d$ [kN·m]	$N_d$ [kN]	$V_d$ [kN]	$d$ [m]	Sollecitazioni interne		Tensioni ammissibili di progetto		Risultato verifica
							$\sigma_{sup}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{inf}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
NSLE - 6	29	I[30]	-29.6	-323.1	31.0	0.35	-2.37	0.53	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	29	J[29]	-19.4	-327.2	10.1	0.35	-1.88	0.01	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	30	I[31]	-31.9	-320.6	16.5	0.35	-2.48	0.64	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	30	J[30]	-29.6	-324.5	7.0	0.35	-2.38	0.52	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	31	I[32]	-27.7	-316.6	4.7	0.35	-2.26	0.45	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	31	J[31]	-31.9	-320.3	21.1	0.35	-2.48	0.65	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	32	I[33]	-18.5	-311.6	4.1	0.35	-1.80	0.02	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	32	J[32]	-27.7	-315.0	32.4	0.35	-2.26	0.46	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	33	I[34]	-5.8	-306.0	9.9	0.35	-1.16	-0.59	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	33	J[33]	-18.5	-309.0	40.5	0.35	-1.79	0.02	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	34	I[35]	8.8	-300.1	12.6	0.35	-0.43	-1.29	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	34	J[34]	-5.8	-302.8	45.6	0.35	-1.15	-0.58	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	35	I[36]	23.9	-294.4	12.3	0.35	0.33	-2.01	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	35	J[35]	8.8	-296.6	47.6	0.35	-0.42	-1.28	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	36	I[37]	37.9	-289.2	9.2	0.35	1.03	-2.68	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	36	J[36]	23.9	-290.9	46.7	0.35	0.34	-2.00	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	37	I[38]	49.5	-284.8	3.3	0.35	1.61	-3.24	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	37	J[37]	37.9	-286.1	42.9	0.35	1.04	-2.67	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	38	I[39]	57.4	-281.7	5.2	0.35	2.01	-3.62	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	38	J[38]	49.5	-282.5	36.6	0.35	1.62	-3.23	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	39	I[40]	60.5	-280.0	17.4	0.35	2.05	-3.76	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	39	J[39]	57.4	-280.3	28.6	0.35	2.01	-3.61	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	40	I[41]	57.4	-280.4	27.8	0.35	2.01	-3.61	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	40	J[40]	60.5	-280.1	16.1	0.35	2.05	-3.76	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	41	I[42]	49.5	-282.5	36.6	0.35	1.62	-3.23	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	41	J[41]	57.4	-281.7	5.2	0.35	2.01	-3.62	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	42	I[43]	37.9	-286.1	43.0	0.35	1.04	-2.67	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	42	J[42]	49.5	-284.8	3.3	0.35	1.61	-3.24	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	43	I[44]	23.8	-290.9	46.7	0.35	0.34	-2.00	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	43	J[43]	37.9	-289.2	9.2	0.35	1.03	-2.68	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	44	I[45]	8.8	-296.6	47.6	0.35	-0.42	-1.28	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	44	J[44]	23.8	-294.4	12.4	0.35	0.33	-2.01	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	45	I[46]	-5.9	-302.8	45.6	0.35	-1.15	-0.58	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	45	J[45]	8.8	-300.1	12.6	0.35	-0.43	-1.29	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	46	I[47]	-18.5	-309.0	40.5	0.35	-1.79	0.02	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	46	J[46]	-5.9	-306.0	9.9	0.35	-1.16	-0.59	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	47	I[48]	-27.7	-315.0	32.3	0.35	-2.26	0.46	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	47	J[47]	-18.5	-311.7	4.1	0.35	-1.80	0.02	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	48	I[49]	-31.9	-320.3	21.1	0.35	-2.48	0.65	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	48	J[48]	-27.7	-316.7	4.7	0.35	-2.26	0.45	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	49	I[50]	-29.6	-324.5	6.9	0.35	-2.38	0.52	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	49	J[49]	-31.9	-320.6	16.5	0.35	-2.48	0.64	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	50	I[51]	-19.4	-327.2	10.1	0.35	-1.88	0.01	-30.71	2.06	OK
NSLE - 6	50	J[50]	-29.6	-323.1	31.1	0.35	-2.37	0.53	-30.71	2.06	OK

$\sigma_{c, max}$	-3.76
$\sigma_{t, max}$	2.05

A.4.4.23. Rebarred sections stress checking – Block analysis

STRESS CONTROL - PLATEA E PARAMENTI												
MEMBER	SECTION PROPERTIES		LOAD CB	$\sigma_{ct, MAX}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{ct, Adm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	CHECK	$\sigma_{c, MAX}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{c, Adm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	CHECK	$\sigma_{s, MAX}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s, Adm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	CHECK
SECTION	Bc (m)	Hc (m)										
1	100 x 57		SLE - N5	1.14	2.90	OK	-1.37	-18.00	OK	5.37	360.00	OK
5	1.00	0.57										
2	100 x 60		SLE - N5	1.15	2.90	OK	-1.36	-18.00	OK	5.42	360.00	OK
9	1.00	0.60										
3	100 x 60		SLE - N6	1.14	2.90	OK	-1.33	-18.00	OK	5.38	360.00	OK
9	1.00	0.60										
4	100 x 60		SLE - N6	0.75	2.90	OK	-0.92	-18.00	OK	3.49	360.00	OK
9	1.00	0.60										
5	100 x 60		SLE - N6	0.41	2.90	OK	-0.57	-18.00	OK	1.86	360.00	OK
9	1.00	0.60										
6	100 x 60		SLE - N6	0.14	2.90	OK	-0.30	-18.00	OK	0.59	360.00	OK
9	1.00	0.60										
7	100 x 60		SLE - N6	0.05	2.90	OK	-0.16	-18.00	OK	0.21	360.00	OK
9	1.00	0.60										
8	100 x 60		SLE - N5	0.08	2.90	OK	-0.19	-18.00	OK	0.32	360.00	OK
9	1.00	0.60										
9	100 x 60		SLE - N5	0.08	2.90	OK	-0.19	-18.00	OK	0.32	360.00	OK
9	1.00	0.60										
10	100 x 60		SLE - N6	0.06	2.90	OK	-0.16	-18.00	OK	0.22	360.00	OK
9	1.00	0.60										
11	100 x 60		SLE - N6	0.16	2.90	OK	-0.31	-18.00	OK	0.65	360.00	OK
9	1.00	0.60										
12	100 x 60		SLE - N6	0.42	2.90	OK	-0.59	-18.00	OK	1.93	360.00	OK
9	1.00	0.60										
13	100 x 60		SLE - N6	0.77	2.90	OK	-0.94	-18.00	OK	3.57	360.00	OK
9	1.00	0.60										
14	100 x 60		SLE - N6	1.17	2.90	OK	-1.37	-18.00	OK	5.52	360.00	OK
9	1.00	0.60										
15	100 x 60		SLE - N5	1.22	2.90	OK	-1.40	-18.00	OK	5.81	360.00	OK
9	1.00	0.60										
16	100 x 57		SLE - N5	1.22	2.90	OK	-1.41	-18.00	OK	5.77	360.00	OK
5	1.00	0.57										
17	100 x 35		SLE - N5	0.40	2.90	OK	-0.86	-18.00	OK	1.77	360.00	OK
7	1.00	0.35										
19	100 x 57		SLE - N6	0.30	2.90	OK	-1.35	-18.00	OK	0.73	360.00	OK
5	1.00	0.57										
20	100 x 50		SLE - N6	0.43	2.90	OK	-1.60	-18.00	OK	1.12	360.00	OK
4	1.00	0.50										
21	100 x 45		SLE - N6	0.56	2.90	OK	-1.84	-18.00	OK	1.39	360.00	OK
3	1.00	0.45										
22	100 x 40		SLE - N6	0.62	2.90	OK	-2.05	-18.00	OK	1.21	360.00	OK
2	1.00	0.40										
23	100 x 35		SLE - N6	0.36	2.90	OK	-1.74	-18.00	OK	0.17	360.00	OK
1	1.00	0.35										
24	100 x 35		SLE - N6	0.10	2.90	OK	-1.44	-18.00	OK	-0.38	360.00	OK
1	1.00	0.35										
25	100 x 35		SLE - N6	0.47	2.90	OK	-1.22	-18.00	OK	1.18	360.00	OK
1	1.00	0.35										
26	100 x 35		SLE - N5	0.93	2.90	OK	-1.66	-18.00	OK	3.11	360.00	OK
1	1.00	0.35										
27	100 x 35		SLE - N5	0.59	2.90	OK	-1.09	-18.00	OK	1.92	360.00	OK
1	1.00	0.35										
28	100 x 35		SLE - N5	0.67	2.90	OK	-1.15	-18.00	OK	2.26	360.00	OK
1	1.00	0.35										
51	100 x 35		SLE - N6	0.21	2.90	OK	-0.73	-18.00	OK	0.56	360.00	OK
1	1.00	0.35										
52	100 x 35		SLE - N6	0.18	2.90	OK	-0.68	-18.00	OK	0.26	360.00	OK
1	1.00	0.35										
53	100 x 35		SLE - N6	0.50	2.90	OK	-1.24	-18.00	OK	1.53	360.00	OK
1	1.00	0.35										
54	100 x 35		SLE - N6	0.14	2.90	OK	-1.14	-18.00	OK	0.03	360.00	OK
1	1.00	0.35										
55	100 x 35		SLE - N6	0.11	2.90	OK	-1.40	-18.00	OK	-0.78	360.00	OK
1	1.00	0.35										
56	100 x 35		SLE - N6	0.37	2.90	OK	-1.71	-18.00	OK	0.24	360.00	OK
1	1.00	0.35										
57	100 x 40		SLE - N6	0.62	2.90	OK	-2.02	-18.00	OK	1.26	360.00	OK
2	1.00	0.40										
58	100 x 45		SLE - N6	0.56	2.90	OK	-1.82	-18.00	OK	1.41	360.00	OK
3	1.00	0.45										
59	100 x 50		SLE - N6	0.44	2.90	OK	-1.59	-18.00	OK	1.14	360.00	OK
4	1.00	0.50										
60	100 x 57		SLE - N6	0.30	2.90	OK	-1.34	-18.00	OK	0.75	360.00	OK
5	1.00	0.57										
62	100 x 35		SLE - N5	0.35	2.90	OK	-0.80	-18.00	OK	1.59	360.00	OK
7	1.00	0.35										

A.4.4.24. Rebarred sections stress checking – FEM analysis

STRESS CONTROL - PLATEA E PARAMENTI												
MEMBER	SECTION PROPERTIES		LOAD CB	$\sigma_{ct, MAX}$	$\sigma_{ct, Adm}$	CHECK	$\sigma_{c, MAX}$	$\sigma_{c, Adm}$	CHECK	$\sigma_{s, MAX}$	$\sigma_{s, Adm}$	CHECK
SECTION	Bc (m)	Hc (m)		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]		
1	100 x 57		SLE - N5	1.73	2.90	OK	-2.13	-18.00	OK	8.09	360.00	OK
5	1.00	0.57										
2	100 x 60		SLE - N5	1.75	2.90	OK	-2.11	-18.00	OK	8.21	360.00	OK
9	1.00	0.60										
3	100 x 60		SLE - N6	1.57	2.90	OK	-1.90	-18.00	OK	7.34	360.00	OK
9	1.00	0.60										
4	100 x 60		SLE - N6	1.16	2.90	OK	-1.46	-18.00	OK	5.38	360.00	OK
9	1.00	0.60										
5	100 x 60		SLE - N6	0.82	2.90	OK	-1.10	-18.00	OK	3.77	360.00	OK
9	1.00	0.60										
6	100 x 60		SLE - N6	0.56	2.90	OK	-0.83	-18.00	OK	2.51	360.00	OK
9	1.00	0.60										
7	100 x 60		SLE - N6	0.37	2.90	OK	-0.63	-18.00	OK	1.61	360.00	OK
9	1.00	0.60										
8	100 x 60		SLE - N5	0.26	2.90	OK	-0.51	-18.00	OK	1.07	360.00	OK
9	1.00	0.60										
9	100 x 60		SLE - N5	0.26	2.90	OK	-0.51	-18.00	OK	1.06	360.00	OK
9	1.00	0.60										
10	100 x 60		SLE - N6	0.37	2.90	OK	-0.63	-18.00	OK	1.61	360.00	OK
9	1.00	0.60										
11	100 x 60		SLE - N6	0.56	2.90	OK	-0.82	-18.00	OK	2.51	360.00	OK
9	1.00	0.60										
12	100 x 60		SLE - N6	0.82	2.90	OK	-1.10	-18.00	OK	3.76	360.00	OK
9	1.00	0.60										
13	100 x 60		SLE - N6	1.16	2.90	OK	-1.46	-18.00	OK	5.37	360.00	OK
9	1.00	0.60										
14	100 x 60		SLE - N6	1.57	2.90	OK	-1.90	-18.00	OK	7.34	360.00	OK
9	1.00	0.60										
15	100 x 60		SLE - N5	1.75	2.90	OK	-2.11	-18.00	OK	8.20	360.00	OK
9	1.00	0.60										
16	100 x 57		SLE - N5	1.73	2.90	OK	-2.13	-18.00	OK	8.09	360.00	OK
5	1.00	0.57										
17	100 x 35		SLE - N5	0.35	2.90	OK	-1.31	-18.00	OK	1.59	360.00	OK
7	1.00	0.35										
19	100 x 57		SLE - N6	0.54	2.90	OK	-2.36	-18.00	OK	1.29	360.00	OK
5	1.00	0.57										
20	100 x 50		SLE - N6	0.77	2.90	OK	-2.75	-18.00	OK	1.96	360.00	OK
4	1.00	0.50										
21	100 x 45		SLE - N6	0.85	2.90	OK	-3.05	-18.00	OK	1.82	360.00	OK
3	1.00	0.45										
22	100 x 40		SLE - N6	0.80	2.90	OK	-3.27	-18.00	OK	1.21	360.00	OK
2	1.00	0.40										
23	100 x 35		SLE - N6	0.36	2.90	OK	-2.68	-18.00	OK	0.17	360.00	OK
1	1.00	0.35										
24	100 x 35		SLE - N6	0.10	2.90	OK	-2.08	-18.00	OK	-0.89	360.00	OK
1	1.00	0.35										
25	100 x 35		SLE - N6	0.14	2.90	OK	-1.51	-18.00	OK	0.04	360.00	OK
1	1.00	0.35										
26	100 x 35		SLE - N5	0.50	2.90	OK	-1.56	-18.00	OK	1.53	360.00	OK
1	1.00	0.35										
27	100 x 35		SLE - N5	0.12	2.90	OK	-1.24	-18.00	OK	0.20	360.00	OK
1	1.00	0.35										
28	100 x 35		SLE - N5	0.20	2.90	OK	-1.88	-18.00	OK	0.56	360.00	OK
1	1.00	0.35										
51	100 x 35		SLE - N6	0.21	2.90	OK	-1.88	-18.00	OK	0.56	360.00	OK
1	1.00	0.35										
52	100 x 35		SLE - N6	0.12	2.90	OK	-1.21	-18.00	OK	0.20	360.00	OK
1	1.00	0.35										
53	100 x 35		SLE - N6	0.50	2.90	OK	-1.57	-18.00	OK	1.53	360.00	OK
1	1.00	0.35										
54	100 x 35		SLE - N6	0.14	2.90	OK	-1.51	-18.00	OK	0.03	360.00	OK
1	1.00	0.35										
55	100 x 35		SLE - N6	0.11	2.90	OK	-2.07	-18.00	OK	-0.78	360.00	OK
1	1.00	0.35										
56	100 x 35		SLE - N6	0.37	2.90	OK	-2.66	-18.00	OK	0.24	360.00	OK
1	1.00	0.35										
57	100 x 40		SLE - N6	0.80	2.90	OK	-3.26	-18.00	OK	1.26	360.00	OK
2	1.00	0.40										
58	100 x 45		SLE - N6	0.85	2.90	OK	-3.03	-18.00	OK	1.83	360.00	OK
3	1.00	0.45										
59	100 x 50		SLE - N6	0.77	2.90	OK	-2.74	-18.00	OK	1.97	360.00	OK
4	1.00	0.50										
60	100 x 57		SLE - N6	0.54	2.90	OK	-2.35	-18.00	OK	1.29	360.00	OK
5	1.00	0.57										
62	100 x 35		SLE - N5	0.35	2.90	OK	-1.31	-18.00	OK	1.59	360.00	OK
7	1.00	0.35										

## **ANHANG 5 - ZWISCHENPLATTE**

Der Anhang 5 behandelt die Nachweise der GZT und GZG der Zwischenplatte.

## **APPENDICE 5 – SOLETTA INTERMEDIA**

L'appendice 5 contiene le verifiche sezionali allo SLU e SLE svolte sulle solette intermedie.

# 1 EINFÜHRUNG

Dieser Bericht behandelt die Dimensionierung der Zwischendecke des Zugangstunnels.

Die tragende Struktur hat eine Lichtweite von ca. 8.3 m und liegt auf der Innenschale des Tunnels auf, wie aus Abbildung 13 hervorgeht.

# 1 INTRODUZIONE

Il presente allegato tratta il dimensionamento della soletta intermedia prevista nella Galleria di Accesso.

La struttura ha una luce di circa 8.3 m ed è appoggiata agli estremi sul rivestimento definitivo della galleria, come illustrato nella seguente figura.

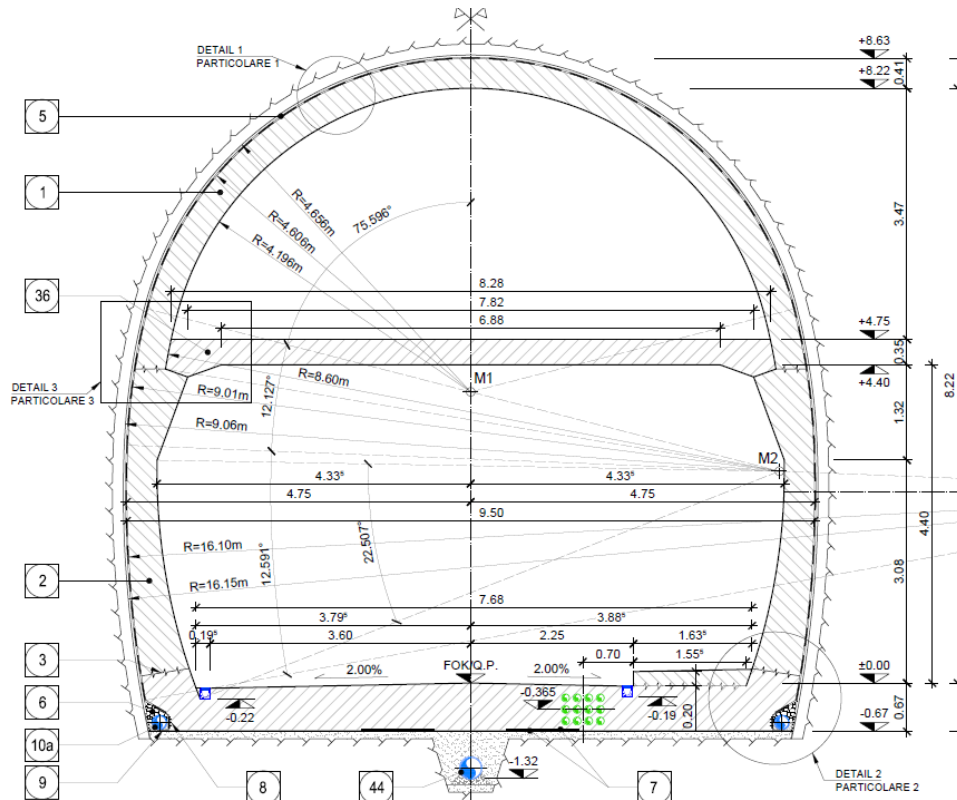


Abbildung 13: Darstellung der Innenschale

Illustrazione 13: Rappresentazione della soletta intermedia



## 2 NORMEN UND RICHTLINIEN

- [1] D.M. Infr. e Trasp. 28 ottobre 2005, "Sicurezza nelle gallerie ferroviarie. Analisi dei rischi - Misure di prevenzione e protezione - Approvazione dei progetti".
- [2] NTC 2008 del 14 gennaio 2008, "Norme tecniche delle Costruzioni D. Min. Infrastrutture".
- [3] UNI EN 1992-1-1:2005 „Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau“
- [4] UNI EN 1992-1-2:2005 „Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall“
- [5] UNI 11076 vom 1.Juli 2003, „Prüfmethoden zur Bewertung der baulichen Brandschutz-Maßnahmen für Decken von Untertagebauwerken im Brandfall.“

## 3 MATERIALIEN

### 3.1 BETON

Für die Dimensionierung der Decke ist ein Beton der Festigkeitsklasse C30/37 mit folgenden Eigenschaften zu berücksichtigen:

$$E_{cm} = 33000 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

Hierbei sind:

- $E_{cm}$  ist der Mittelwert des Sekantenmoduls
- $f_{ck}$  ist die charakteristische Druckfestigkeit des Betons nach 28 Tagen

### 3.2 BEWEHRUNGSSTAHL

Für die Dimensionierung der Decke wird Baustahl des Typs B450C verwendet:

$$E_s = 210000 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 450 \text{ MPa}$$

Hierbei ist:

- $E_s$  ist das Elastizitätsmodul
- $f_{yk}$  – charakteristischer Wert der Streckgrenze des Betonstahls

## 2 NORMATIVA

- [1] D.M. Infr. e Trasp. 28 ottobre 2005, "Sicurezza nelle gallerie ferroviarie. Analisi dei rischi - Misure di prevenzione e protezione - Approvazione dei progetti".
- [2] NTC 2008 del 14 gennaio 2008, "Norme tecniche delle Costruzioni D. Min. Infrastrutture".
- [3] UNI EN 1992-1-1:2005 "Progettazione delle strutture in calcestruzzo Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici"
- [4] UNI EN 1992-1-2:2005 "Progettazione delle strutture in calcestruzzo Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio"
- [5] UNI 11076 del 1 luglio 2003, "Modalità di prova per la valutazione del comportamento di protettivi applicati a soffitti di opere sotterranee, in condizioni di incendi".

## 3 MATERIALI

### 3.1 CALCESTRUZZO

Per il dimensionamento della soletta si considera un calcestruzzo con classe di resistenza C30/37 con le seguenti caratteristiche:

Dove:

- $E_{cm}$  è il valore medio del modulo elastico secante
- $f_{ck}$  è la resistenza caratteristica a compressione dello calcestruzzo a 28 giorni

### 3.2 ACCIAIO DA ARMATURA

Per il dimensionamento della soletta si utilizza l'acciaio tipo B450C:

dove:

- $E_s$  è il modulo elastico
- $f_{yk}$  è la tensione caratteristica di snervamento acciaio per cemento armato

## 4 BERECHNUNGSMODELL

Das Berechnungsmodell der Innenschale ist der eines Trägers auf zwei Stützen mit 8.3 m Stützweite.

### 4.1 BELASTUNGSANALYSE

Anschließend werden die zur Dimensionierung der Innenschale anzuwendenden Belastungen festgelegt.

#### 4.1.1 Eigengewicht G1

Die für die Berechnung des Eigengewichts verwendete Querschnittsfläche pro Tunnelmeter basiert auf den Realmaßen der Konstruktion.

Das spezifische Eigengewicht des Stahlbetons ist mit  $\gamma = 25\text{kN/m}^3$  zu berücksichtigen.

#### 4.1.2 Lüftung Q1

Für die Dimensionierung der Innenschale ist eine Sonderlast von  $\pm 20\text{ kN/m}^2$  (Szenario N), eine häufige Last von  $+9.27\text{ kN/m}^2$  (Szenario SZ 21), eine seltene Last von  $-5.90\text{ kN/m}^2$  (Szenario N) und eine Ermüdungslast von  $+6.56\text{ kN/m}^2$  (Szenario SZ 14) angewendet worden. Per Konvention werden die nach oben wirkenden Lasten mit dem Zeichen +, und die nach unten wirkenden mit dem Zeichen – gekennzeichnet.

#### 4.1.3 Nutzung Q2

Für die Dimensionierung der Innenschale ist eine wechselnde Last von  $-4.0\text{ kN/m}^2$  angewendet worden. Per Konvention werden die nach oben wirkenden Lasten mit dem Zeichen +, und die nach unten wirkenden mit dem Zeichen – gekennzeichnet.

#### 4.1.4 Brand A1

Gemäß den Vorschriften des MD 28/10/2005 Sicherheit von Eisenbahntunneln wird eine Standfestigkeit aller Bauwerke angesichts der Temperatur-Zeitkurve laut UNI 11076 gewährleistet.

##### 4.1.4.1 Temperatur-Zeitkurve im Tunnelbau [UNI 11076]

Die Feuerexposition wird mittels der Temperatur-Zeitkurve der Norm UNI 11076 beschrieben, die anschließend dargestellt, und im Rechnungsprogramm CPI win REI Calcolo verwendet wird.

## 4 MODELLO DI CALCOLO

Lo schema di calcolo della soletta intermedia è di trave su due appoggi con luce pari a 8.3m.

### 4.1 ANALISI DEI CARICHI

In seguito si definiscono le azioni da utilizzare nel dimensionamento della soletta intermedia

#### 4.1.1 Peso proprio G1

Il volume utilizzato per il calcolo del peso proprio si basa sulle dimensioni effettive della struttura.

Il peso specifico del calcestruzzo viene assunto pari  $\gamma = 25\text{kN/m}^3$ .

#### 4.1.2 Ventilazione Q1

Per il dimensionamento delle solette intermedie si è adottato un carico eccezionale pari a  $\pm 20\text{ kN/m}^2$  (scenario N), un carico frequente pari a  $+9.27\text{ kN/m}^2$  (scenario SZ 21), un carico raro pari a  $-5.90\text{ kN/m}^2$  (scenario N) e un carico a fatica pari a  $+6.56\text{ kN/m}^2$  (scenario SZ 14). Per convenzione si intendono agenti verso l'alto i carichi indicati con segno + e agenti verso il basso quelli con segno -.

#### 4.1.3 Utilizzazione Q2

Per il dimensionamento delle solette intermedie si è adottato un carico variabile pari a  $-4.0\text{ kN/m}^2$ . Per convenzione si intendono agenti verso l'alto i carichi indicati con segno + e agenti verso il basso quelli con segno -.

#### 4.1.4 Incendio A1

In accordo con le prescrizioni del DM 28/10/2005 Sicurezza gallerie ferroviarie viene garantita la stabilità di tutte le opere in considerazione della curva temperatura-tempo secondo la UNI 11076.

##### 4.1.4.1 Curva della temperatura/tempo per tunnel [UNI 11076]

L'esposizione al fuoco viene descritta dalla curva della temperatura/tempo della normativa UNI 11076, di seguito riportata ed inserita nel programma di calcolo CPI win REI Calcolo.

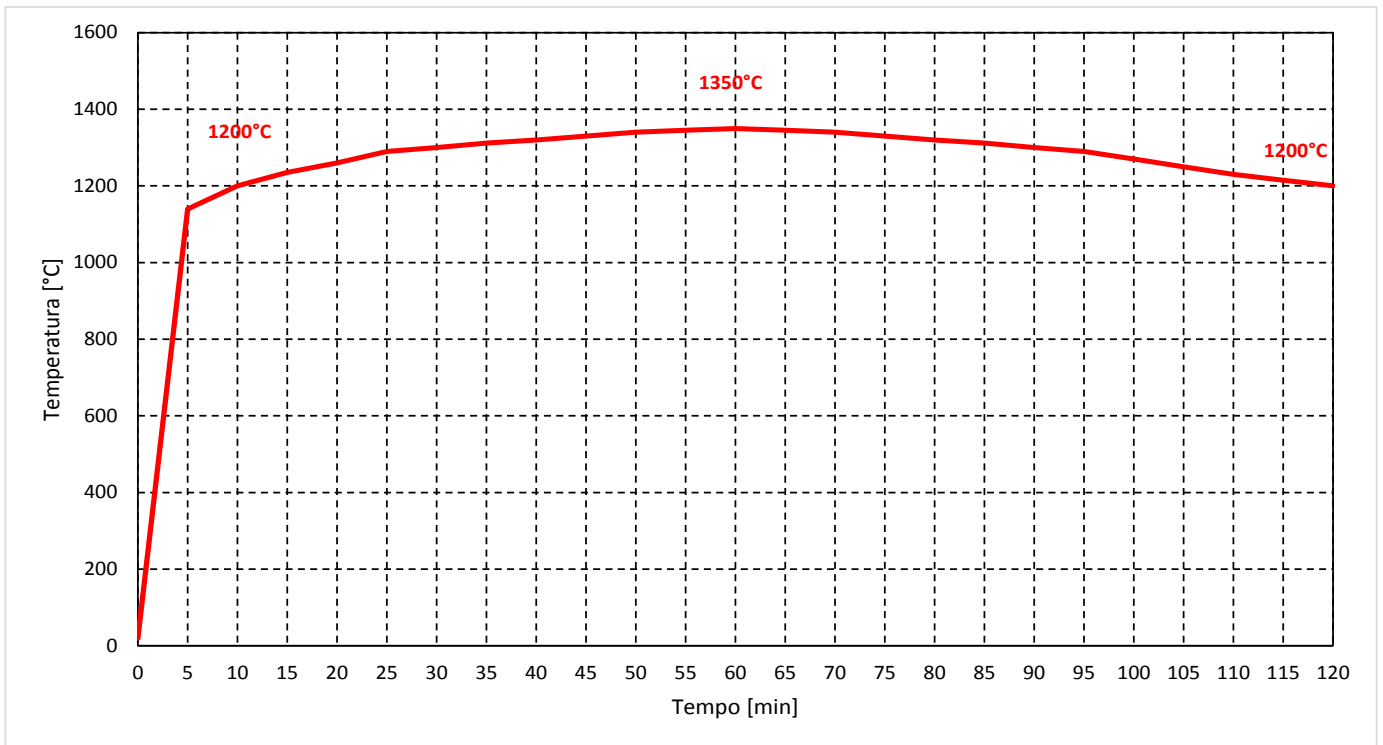


Abbildung 14: Temperatur-Zeitkurve

Illustrazione 14: Curva della temperatura/tempo

Tempo (min)	Temperatura (°C)
0	20
5	1140
10	1200
15	1235
20	1260
25	1290
30	1300
35	1312
40	1320
45	1330
50	1340
55	1345
60	1350
65	1345
70	1340
75	1330
80	1320
85	1312
90	1300
95	1290
100	1270
105	1250
110	1230
115	1215
120	1200

Abbildung 15: Temperaturwerte zu den verschiedenen Zeitpunkten

Illustrazione 15: Valori della temperatura nei diversi istanti temporali

4.1.4.2 Koeffizienten zur Bewertung der temperaturbedingten Festigkeitsminderung der Materialien

4.1.4.2 Coefficienti per la valutazione della diminuzione delle caratteristiche di resistenza dei materiali in funzione della temperatura

Laut der Norm UNI EN 1992-1-2 wird die Materialfestigkeit bei steigender Temperatur gemindert, wie in den nachfolgenden Abbildungen dargestellt:

In conformità alla UNI EN 1992-1-2 la resistenza dei materiali si riduce con l'aumento della temperatura, come rappresentato nelle figure seguenti:

- 1 Curva 1: calcestruzzo ordinario con aggregati silicei
- 2 Curva 2: calcestruzzo ordinario con aggregati calcarei

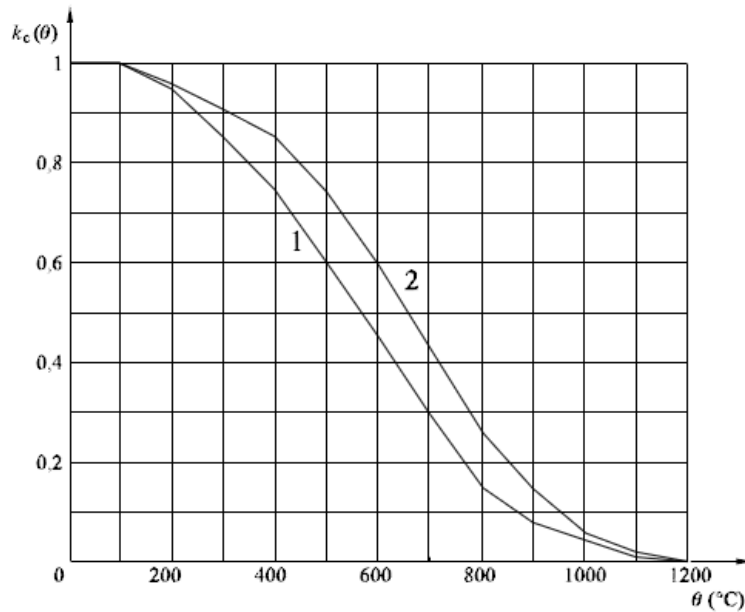


Abbildung 16: Koeffizient  $k_c(\theta)$  zur Bewertung der Abminderung der charakteristischen Betonfestigkeit ( $f_{ck}$ )

Illustrazione 16: Coefficiente  $k_c(\theta)$  per tener conto della diminuzione della resistenza caratteristica ( $f_{ck}$ ) del calcestruzzo

- Curva 1 Armatura tesa (laminata a caldo) per deformazioni  $\epsilon_{s,fi} \geq 2\%$
- Curva 2 Armatura tesa (trafilata a freddo) per deformazioni  $\epsilon_{s,fi} \geq 2\%$
- Curva 3 Armatura compressa e tesa per deformazioni  $\epsilon_{s,fi} < 2\%$

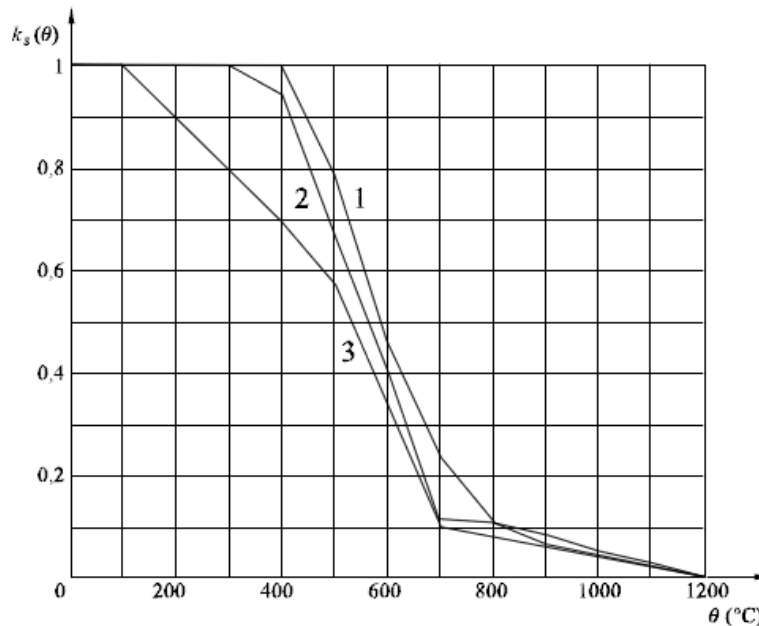


Abbildung 17: Koeffizient  $k_s(\theta)$  zur Bewertung der Minderung der charakteristischen Zug- und Druckfestigkeit ( $f_{yk}$ ) der Stahlbewehrung Klasse N

Illustrazione 17: Coefficiente  $k_s(\theta)$  per tener conto della diminuzione della resistenza caratteristica ( $f_{yk}$ ) a trazione e a compressione dell'armatura classe N.

## 4.2 NACHWEISVERFAHREN

Für den Nachweis des Grenzzustandes der Trag- und Gebrauchstauglichkeit der Innenschale sind die Wirkungskombinationen gemäß den Vorgaben im NTC2008, Abs. 2.5.3 berücksichtigt worden.

### 4.2.1 Traggrenzzustände (GZT) und Gebrauchsgrenzzustände (GZG)

#### 4.2.1.1 Kombinations- und Teilkoeffizienten der Sicherheit der Wirkungen

Die Kombinationen der zu analysierenden Wirkungen müssen, laut allen NTC 2008, mit den entsprechenden Kombinationskoeffizienten  $\psi$  rechnen. Im überprüften Fall werden folgende Werte angewendet:

## 4.2 VERIFICHE

Per la verifica allo stato limite ultimo ed allo stato limite di esercizio della soletta intermedia sono state considerate le combinazioni delle azioni in conformità delle prescrizioni del paragrafo 2.5.3 delle NTC2008.

### 4.2.1 Stati Limite Ultimi (SLU) e Stati Limite di Esercizio (SLE)

#### 4.2.1.1 Coefficienti di combinazione e parziali di sicurezza per le azioni

Le combinazioni delle azioni da analizzare devono essere considerate, in conformità alle NTC 2008, con i relativi coefficienti di combinazione  $\psi$ , nel caso in esame si adottano i seguenti valori:

Gefahren-Szenario / Scenario Di Pericolo	Nachweis-Verfahren / Verifica	Eigengewicht / Peso Proprio	Dauerlasten (Auslastung) / Carichi Permanenti (Utilizzazione)	Wechselast (Auslastung) / Carichi Variabili (Utilizzazione)	Lüftungs-Druck (Ausnahme) / Pressione Ventilazione (Eccezionale)	Lüftungs-Druck (Wechselnd) / Pressione Ventilazione (Variabile)
Lüftung / Ventilazione	GZT/SLU	$\gamma_g = 1.00$	-	-	$\gamma_a = 1.00$	-
	GZG (HÄUFIGER) /SLE (FREQUENTE)	$\gamma_g = 1.00$	-	-	-	$\gamma_0 = 0.00$
	GZG (SELTENER) /SLE (RARO)	$\gamma_g = 1.00$	-	-	-	$\gamma_1 = 1.00$
Brand/ Incendio	GZT/SLU	$\gamma_g = 1.00$	-	-	-	-
Ermüdung/ Fatica	GZT/SLU	$\gamma_g = 1.00$	-	-	-	$\gamma_q = 1.00$
Auslastung / Utilizzazione	GZT/SLU	$\gamma_g = 1.35$	-	$\gamma_q = 1.50$	-	-
	GZG (HÄUFIGER) /SLE (FREQUENTE)	$\gamma_g = 1.00$	-	$\gamma_q = 1.00$	-	-

Abbildung 18: Kombinations- und Teilkoeffizienten der Sicherheit der Wirkungen

Illustrazione 18: Coefficienti di combinazione e parziali di sicurezza per le azioni

4.2.1.2 Teilsicherheitsbeiwerte der Festigkeiten

Die auf die Materialfestigkeit angewandten Sicherheitsbeiwerte zur Gewährleistung einer Lebensdauer von 200 Jahren, wie mit BBT SE vereinbart, sind folgende:

$\gamma_c=1.6$  e  $\gamma_s=1.2$  für Gebrauchskombinationen

$\gamma_c=1.2$  e  $\gamma_s=1.0$  für Sonderkombinationen (Lüftung) und für den Brandlastfall

4.3 ERGEBNISSE

4.3.1 Grenzzustände der Tragfähigkeit (GZT)

4.2.1.2 Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze

I coefficienti di sicurezza, concordati con BBT SE al fine di garantire una vita utile dell'opera di 200anni, applicati alle resistenze dei materiali sono i seguenti:

$\gamma_c=1.6$  e  $\gamma_s=1.2$  per le combinazioni di utilizzazione

$\gamma_c=1.2$  e  $\gamma_s=1.0$  per le combinazioni eccezionali (ventilazione) e per il carico da incendio

4.3 RISULTATI

4.3.1 Sollecitazioni Stati Limite Ultimi (SLU)



Abbildung 19:  $M_{GZT-Lüftung}$

Illustrazione 19:  $M_{SLU-VENTILAZIONE}$

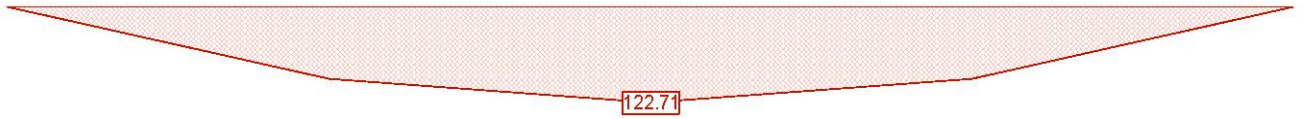


Abbildung 20:  $M_{GZT-Auslastung}$

Illustrazione 20:  $M_{SLU-UTILIZZAZIONE}$

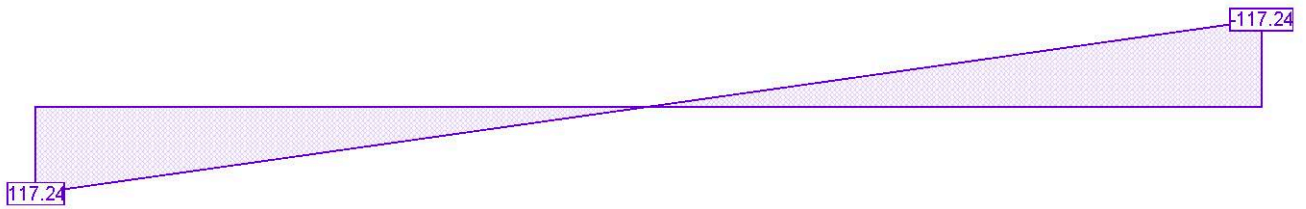


Abbildung 21:  $V_{GZT-Maximum}$

Illustrazione 21:  $V_{SLU-MASSIMO}$

4.3.2 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZG)

4.3.2 Sollecitazioni Stati Limite d'Esercizio (SLE)



Abbildung 22:  $M_{GZG-häufige Lüftung}$

Illustrazione 22:  $M_{SLE-VENTILAZIONE-FREQUENTE}$

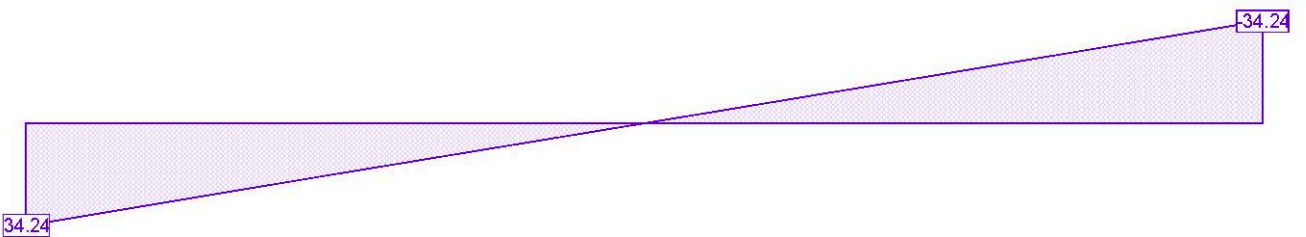


Abbildung 23:  $V_{GZG-Eigengewicht}$

Illustrazione 23:  $V_{SLE-PESO PROPRIO}$



Abbildung 24:  $M_{GZG}$ -seltene Lüftung

Illustrazione 24:  $M_{SLE-VENTILAZIONE-RARO}$

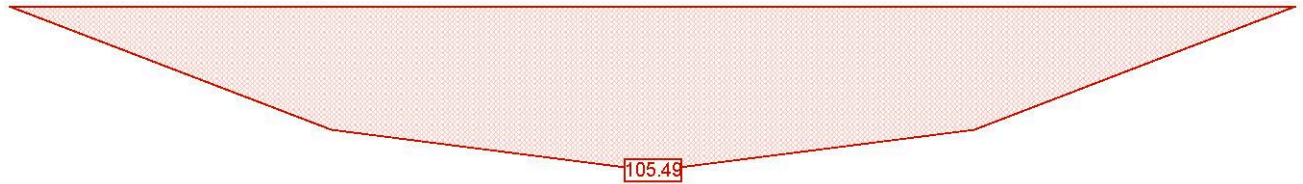


Abbildung 25:  $M_{GZG}$ - häufige Auslastung

Illustrazione 25:  $M_{SLE-UTILIZZAZIONE-FREQUENTE}$

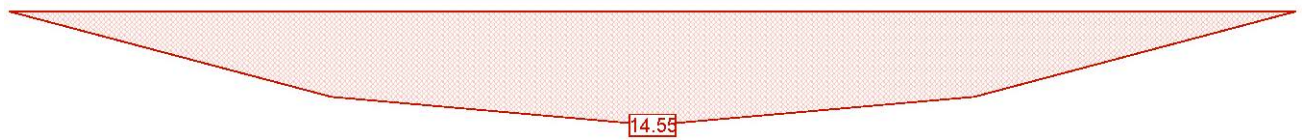


Abbildung 26:  $M_{GZG}$ -Ermüdung

Illustrazione 26:  $M_{SLE-FATICA}$

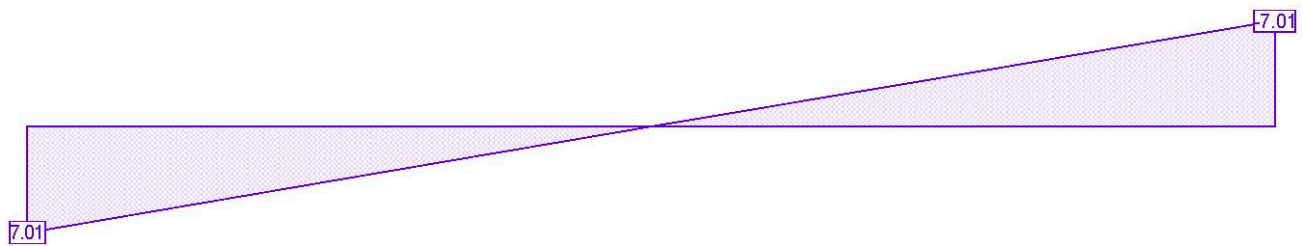


Abbildung 27:  $V_{GZG}$ -Ermüdung

Illustrazione 27:  $V_{SLE-FATICA}$

#### 4.3.3 Brandzustände (GZT)

#### 4.3.4 Sollecitazioni incendio (SLU)

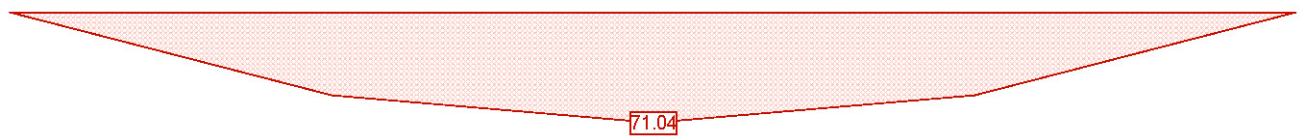


Abbildung 28:  $M_{GZT}$ -Brand

Illustrazione 28:  $M_{SLU-INCENDIO}$

#### 4.4 NACHWEISVERFAHREN

##### 4.4.1 Prüfungen der Traggrenzzustände

###### 4.4.1.1 Prüfung auf Biegung

Die 2cm Abmaß miteinbeziehend hat man einen symmetrischen Bewehrungsquerschnitt von 100x33cm statt 100x35cm mit Bewehrungsseisen  $\phi 26/15$  und Abstandhalter  $\phi 12/15$ , netto Betondeckung 5cm.

Im Anlage 1 wird die Querschnittsprüfung auf Biegung der Traggrenzzustände aufgezeigt.

###### 4.4.1.2 Prüfung auf Querkraft

Im Anlage 2 wird die Querschnittsprüfung auf Querkraft der Traggrenzzustände des Querschnitts von 100x33 cm aufgezeigt.

##### 4.4.2 Prüfungen der Gebrauchsgrenzzustände

Im Anlage 3 wird die Querschnittsprüfung auf Biegung der Gebrauchsgrenzzustände aufgezeigt.

##### 4.4.3 Prüfungen auf Rissbildung

Im Anlage 4 wird die Prüfung auf Rissbildung aufgezeigt.

##### 4.4.4 Prüfungen auf Verformung

Anschließend wird die Prüfung auf elastische sowie auf viskose Verformung gezeigt.

Wie im Absatz C.4.1.2.2.2 des Rundschreibens der NTC2008 ist der Grenzwert  $1/250 r$  Lichtweite.

$$8300\text{mm}/250 = 33.2\text{mm}$$

###### **Elastische Verformung:**

$$b = 1000 \quad \text{mm}$$

$$h = 330 \quad \text{mm}$$

$$q = 9.25 \quad \text{kN/m}$$

$$L = 8300 \quad \text{mm}$$

$$E = 33000 \quad \text{N/mm}^2$$

$$J = 2994750000 \quad \text{mm}^4$$

$$f = 8.08 \quad \text{mm}$$

#### 4.4 VERIFICHE

##### 4.4.1 Verifiche Stati Limite Ultimi

###### 4.4.1.1 Verifica a flessione

Tenuti conto dei 2cm di tolleranza si verifica una sezione 100x33cm invece della sezione 100x35cm armata simmetricamente con ferri principali  $\phi 26/15$  e ripartitori  $\phi 12/15$ , copriferro netto 5cm.

Nell'Allegato 1 si riporta la verifica della sezione a flessione agli Stati Limite Ultimi.

###### 4.4.1.2 Verifica a taglio

Nell'Allegato 2 si riporta la verifica della sezione a taglio agli Stati Limite Ultimi della sezione pari a 100x33 cm.

##### 4.4.2 Verifiche Stati Limite d'Esercizio

Nell'Allegato 3 si riporta la verifica della sezione a flessione agli Stati Limite di Esercizio

##### 4.4.3 Verifiche a fessurazione

Nell'allegato 4 si riporta la verifica a fessurazione.

##### 4.4.4 Verifica di deformabilità

Nel seguito si esegue la verifica di deformabilità sia in fase elastica che viscosa.

Come indicato nel paragrafo C.4.1.2.2.2 della circolare delle NTC2008 il limite è pari a  $1/250$  della luce.

$$8300\text{mm}/250 = 33.2 \text{ mm}$$

###### **Deformazione elastica:**

$$b = 1000 \quad \text{mm}$$

$$h = 330 \quad \text{mm}$$

$$q = 9.25 \quad \text{kN/m}$$

$$L = 8300 \quad \text{mm}$$

$$E = 33000 \quad \text{N/mm}^2$$

$$J = 2994750000 \quad \text{mm}^4$$

$$f = 8.08 \quad \text{mm}$$



### Viskose Verformung:

Im Falle von viskose Verformung wird das elastische Modul reduziert laut UNI EN 1992-1-1 Absatz 7.4.3 mit der Formel 7.20:

$$E_{c,eff} = E_{cm}/(1+\phi^\infty, t_0)$$

Wenn man ein  $t_0$  gleich 7 Tage und eine relative Feuchtigkeit von 75% berücksichtigt erhält man von der Tabelle 11.2.VI der NTC2008 ein  $\phi$  im Wert von 2.5.

b =	1000	mm
h =	330	mm
q =	9.25	kN/m
$\phi$ =	2.5	
L =	8300	mm
E =	9429.57	N/mm <sup>2</sup>
J =	2994750000	mm <sup>4</sup>
f =	30.97	mm

In beiden Fällen ist der Pfeil tiefer als der Grenzfeil.

#### 4.4.5 Prüfung auf Ermüdung durch Biegung

Die Prüfungen auf Ermüdung durch Biegung werden laut UNI EN 1992-1-1, Absatz 6.8 durch getrennte Prüfungen des Beton und des Stahls ausgeführt. Insbesondere:

Stahlprüfungen: die Überprüfungen werden unter SLE-Zuständen ausgeführt, in dem man die zyklischen Wirkungen der widrigsten Grundkombination addiert (häufige Kombination bei Gebrauchsgrenzzustand). Danach wird die Ungleichung (6.71) der Norm überprüft, wobei eine Zyklusanzahl von  $10^6$  (gerade Barren) und die Sicherheitskoeffizienten  $\gamma_{F,fat}$  und  $\gamma_{S,fat}$  entsprechend 1.00 (Vermerk 1 von Absatz 6.8.4) und von 1.20 (Sicherheitskoeffizient des Bewehrungsstahls) herangezogen werden.

Betonprüfungen: die Überprüfungen werden unter SLE-Zuständen ausgeführt, indem man die zyklischen Wirkungen zur ungünstigsten Grundkombination addiert (häufige Kombination bei Gebrauchsgrenzzustand). Danach wird die Ungleichung (6.77) der Norm überprüft. Bei der Berechnung der Planungsfestigkeit auf Ermüdung des Betons ( $f_{cd,fat}$ ) müssen der Typ des Betons und die Dauer in Tagen, bei der die Anwendung der zyklischen Last beginnt, festgelegt werden: wenn man sich auf Sicherheitsabstand stellt kann man annehme, dass  $t_0=28$ Tage und  $s=0.20$  (in dem man den Koeffizienten  $\beta_{cc}$ , in Absatz 3.1.2 festlegt, minimalisiert).

Im Anlage 5 wird die Prüfung Querschnittsprüfung auf Biegung

### Deformazione viscosa:

Nel caso di deformazione viscosa il modulo elastico viene ridotto secondo UNI EN 1992-1-1 paragrafo 7.4.3 con la formula 7.20:

$$E_{c,eff} = E_{cm}/(1+\phi^\infty, t_0)$$

Considerando un  $t_0$  pari a 7 giorni ed un'umidità relativa pari a 75% si ottiene dalla tabella 11.2.VI delle NTC2008 un  $\phi$  del valore di 2.5.

b =	1000	mm
h =	330	mm
q =	9.25	kN/m
$\phi$ =	2.5	
L =	8300	mm
E =	9429.57	N/mm <sup>2</sup>
J =	2994750000	mm <sup>4</sup>
f =	30.97	mm

In entrambi i casi la freccia è inferiore alla freccia limite.

#### 4.4.5 Verifica a fatica a flessione

Le verifiche a fatica a flessione si effettuano secondo UNI EN 1992-1-1, paragrafo 6.8 eseguendo verifiche separate per il calcestruzzo e per l'acciaio. In particolare:

Verifiche lato acciaio: le verifiche sono eseguite in condizione SLE sommando le azioni cicliche alla combinazione di base più sfavorevole (Combinazione Frequente a Stato Limite di Esercizio). Si procede quindi verificando la disequaglianza (6.71) della Normativa, considerando un numero di cicli  $N^*$  pari a  $10^6$  (barre dritte) ed i coefficienti di sicurezza  $\gamma_{F,fat}$  e  $\gamma_{S,fat}$  pari rispettivamente a 1.00 (Nota 1 del paragrafo 6.8.4) e 1.20 (coefficiente di sicurezza sull'acciaio da armatura).

Verifiche lato cls: le verifiche sono eseguite in condizione SLE sommando le azioni cicliche alla combinazione di base più sfavorevole (Combinazione Frequente a Stato Limite di Esercizio). Si procede quindi verificando la disequaglianza (6.77) della Normativa. Nel calcolo della resistenza di progetto a fatica del cls ( $f_{cd,fat}$ ) occorre definire il tipo di cemento e il tempo in giorni in cui comincia l'applicazione del carico ciclico: ponendosi a favore di sicurezza si può assumere  $t_0=28$ gg e  $s=0.20$  (minimizzando il coefficiente  $\beta_{cc}$  definito nel paragrafo 3.1.2).

Nell'allegato 5 si riporta la verifica della sezione a flessione

der Ermüdungsgrenzzustände aufgezeigt.

#### 4.4.6 Prüfung auf Ermüdung auf Querkraft

Die Prüfungen auf Ermüdung auf Querkraft werden laut UNI EN 1992-1-1, Absatz 6.8.7 Punkt (4) ausgeführt. Ins besondere für Bauglieder bei denen die Berechnung der Bewehrungen auf Querkraft auf Traggrenzzustand nicht nötig ist, kann man glauben, dass Beton der Ermüdung auf Querkraft stand hält wenn folgende Bedingungen eintreten:

- per  $V_{Ed,min}/V_{Ed,max} \geq 0$ :

$$V_{Ed,max}/V_{Rd,c} \leq 0.5 + 0.45 \cdot (V_{Ed,min}/V_{Rd,c}) \leq 0.9$$

$$V_{Ed,min}/V_{Ed,max} = 7.01/34.24 = 0.20 \geq 0$$

$$34.24/187.5 \leq 0.5 + 0.45 \cdot (7.01/187.5) \leq 0.9$$

$$0.18 \leq 0.52 \leq 0.9$$

#### 4.4.7 Brandprüfung (GZT)

Im Anlage 6 werden die Nachweise für den Lastfall des Brandes dargestellt.

## 5 VERANKERUNGEN

Das Verankerungssystem, das zur Verhinderung der Wölbung der Innenschalungen gedacht worden ist, besteht aus Stahlstiften die auf Querkraft arbeiten und in der Kalotte auf Höhe der Seitenschalungen betoniert sind.

Diese Elemente ermöglichen alle Bewegungen innerhalb der Schalungsoberfläche (X,Y Richtungen), aber nicht die Bewegungen senkrecht zur eigenen Oberfläche (Z Richtung). Die Anwendung dieses Systems ermöglicht das Element isostatisch zu erhalten, und so die Auswirkungen von Temperatur und Schrumpfung zu übergehen.

Die Höchstreaktion zur Abstützung ist 137.47 kN, daher werden Stifte des Typs HSD-CRT134V eingesetzt, seitlich des Elements werden 3φ12 links und 3φ12 rechts verteilt, ins gesamt 6φ12.

Hinsichtlich der Brandfestigkeit werden die Querkraft-Stifte mit eine Hülse ausgestattet, außerdem da sie senkrecht zur Schalung angebracht sind ist die Temperatur die diese Elemente erreichen auf alle Fälle niedriger als die der statischen Bewehrung. Aus diesen Gründen betrachtet man die Stiftbemessung nicht für problematisch hinsichtlich der Brandwirkung.

allo Stato Limite di Fatica

#### 4.4.6 Verifica a fatica a taglio

Le verifiche a fatica a taglio si effettuano secondo UNI EN 1992-1-1, paragrafo 6.8.7 punto (4). In particolare per membrature per le quali non è richiesto il calcolo di armature a taglio allo stato limite ultimo, si può ritenere che il calcestruzzo resista a fatica da taglio se si verificano le condizioni seguenti:

- per  $V_{Ed,min}/V_{Ed,max} \geq 0$ :

$$V_{Ed,max}/V_{Rd,c} \leq 0.5 + 0.45 \cdot (V_{Ed,min}/V_{Rd,c}) \leq 0.9$$

$$V_{Ed,min}/V_{Ed,max} = 7.01/34.24 = 0.20 \geq 0$$

$$34.24/187.5 \leq 0.5 + 0.45 \cdot (7.01/187.5) \leq 0.9$$

$$0.18 \leq 0.52 \leq 0.9$$

#### 4.4.7 Verifica incendio (SLU)

Nell'Allegato 6 si riportano le verifiche per la condizione di carico da incendio.

## 5 ANCORAGGI

Il sistema di ritegno pensato per evitare il sollevamento delle solette intermedie è costituito da degli spinotti in acciaio inox lavoranti a taglio inseriti in getto nella calotta, in corrispondenza delle facce laterale delle solette.

Tali elementi permettono tutti gli spostamenti interni al piano della soletta (direzione X,Y) ma non quelli perpendicolari al proprio piano (direzione Z). L'adozione di tale sistema permette di mantenere l'isostaticità dell'elemento, consentendo di trascurare gli effetti di temperatura e ritiro.

La reazione massima all'appoggio è pari a 137.47 kN, quindi si adottano spinotti tipo HSD-CRT134V, ai lati dell'elemento si disporranno 3φ12 a sinistra e 3φ12 a destra per un totale di 6φ12.

Per quanto riguarda la resistenza antincendio, gli spinotti a taglio saranno provvisti di guaina intumescente, inoltre, essendo posizionati in asse allo spessore della soletta, le temperature raggiunte da tali elementi sono comunque inferiori a quelle dall'armatura statica. Per questi motivi non si reputa problematica l'azione incendio in ambito di dimensionamento degli spinotti.

Cross-section 330X1000 (C30/37;B450C): Efficiency  $M_y=243.3$ ;  $eff(M,N) = 0.83$  OK

Scale 1 :18.3

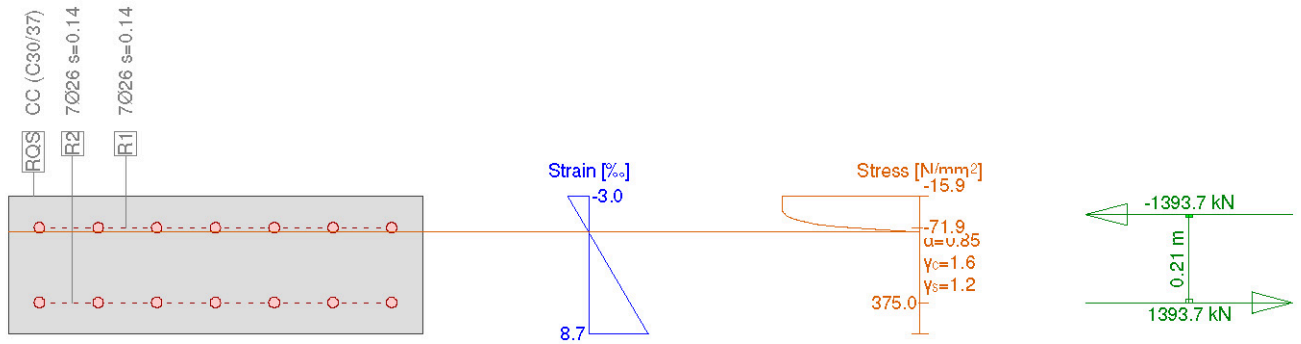


Abbildung 29: Nachweis Biegedruck für den außergewöhnlichen Lastfall Lüftung (GZT)

Illustrazione 29: Verifica a pressoflessione carico di ventilazione eccezionale (SLU)

Cross-section 330X1000 (C30/37;B450C): Efficiency  $M_y=122.7$ ;  $eff(M,N) = 0.42$  OK

Scale 1 :18.3

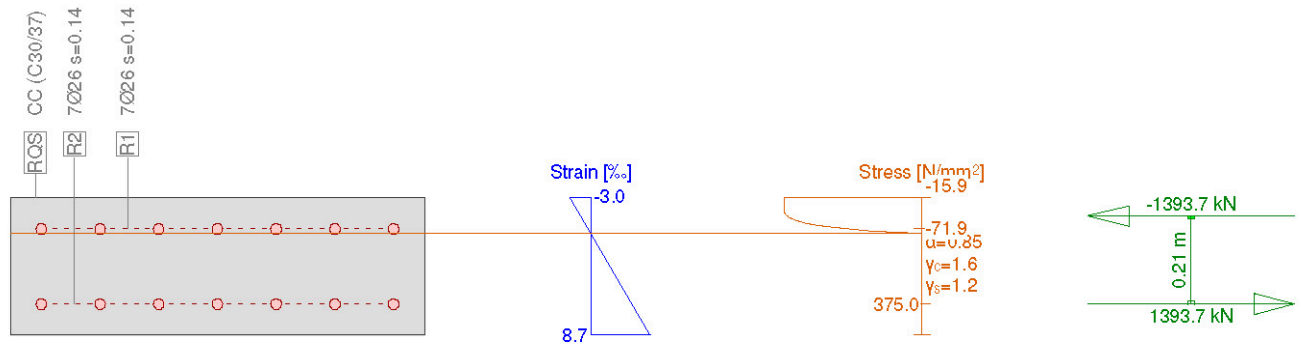


Abbildung 30: Nachweis Biegedruck für den Gebrauchsfall (GZT)

Illustrazione 30: Verifica a pressoflessione carico di utilizzazione (SLU)

**VERIFICA A TAGLIO SECONDO NTC2008 Art. 4.1.2.1.3.1**Verifica sezione senza armatura a taglio

$f_{ck}$	=	30.00	MPa	Resistenza caratteristica a compressione cilindrica
$k$	=	1.886		Coefficiente
$h$	=	330	mm	Altezza geometrica della sezione
$d$	=	255	mm	Altezza statica della sezione
$A_s$	=	3'539	mm <sup>2</sup>	Area di armatura longitudinale
$\rho_1$	=	0.01388		Percentuale di armatura
$N_{Ed}$	=	0	kN	Azione assiale di progetto
$A_c$	=	255'000	mm <sup>2</sup>	Area della sezione di calcestruzzo
$\alpha_{cc}$	=	0.85		Coefficiente per carichi di lunga durata
$\sigma_{cp}$	=	0.00	MPa	Sforzo di compressione agente
$b_w$	=	1'000	mm	Larghezza sezione collaborante
$V_{Rd1}$	=	<b>187.49</b>	kN	
$V_{Rd2}(V_{min})$	=	<b>126.58</b>	kN	
$V_{Rd}$	=	<b>187.49</b>	kN	
				$V_{Ed} =$ <b>137.47</b> kN
				$V_{Rd} > V_{Ed}$

Abbildung 31: Prüfung auf Querkraft

Illustrazione 31: Verifica a taglio

Cross-section 330X1000 (C30/37;B450C): Stress analysis with given forces  $M_y=71.0$ ;

Scale 1 :18.3

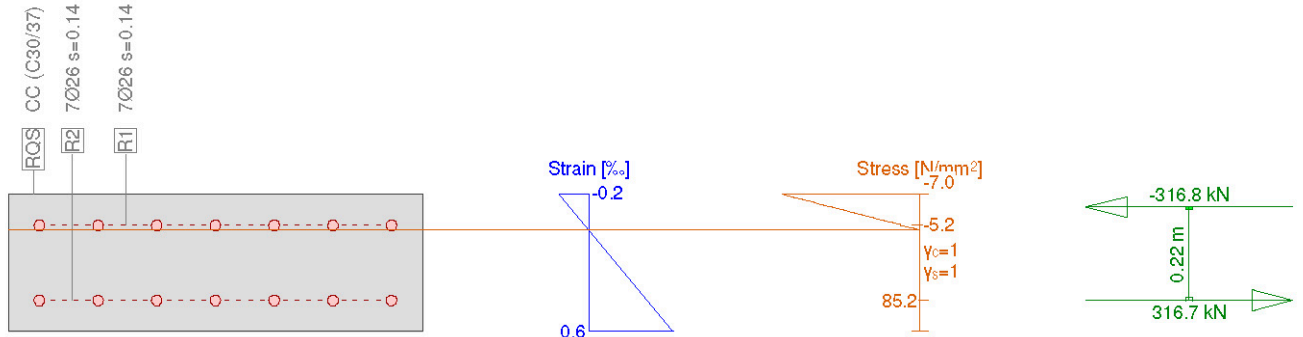


Abbildung 32: Nachweis Biegedruck für den seltenen Lastfall Lüftung (GZG)

Illustrazione 32: Verifica a pressoflessione carico di ventilazione frequente(SLE)

Cross-section 330X1000 (C30/37;B450C): Stress analysis with given forces  $M_y=121.8$ ;

Scale 1 :18.3

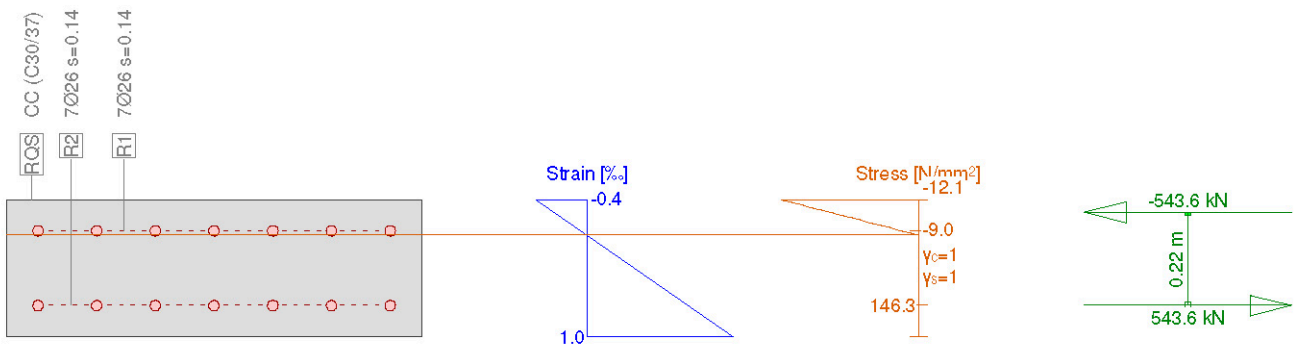


Abbildung 33: Nachweis Biegedruck für den seltenen Lastfall Lüftung (GZG)

Illustrazione 33: Verifica a pressoflessione carico di ventilazione raro (SLE)

Cross-section 330X1000 (C30/37;B450C): Stress analysis with given forces  $M_y=105.5$ ;

Scale 1 :18.3

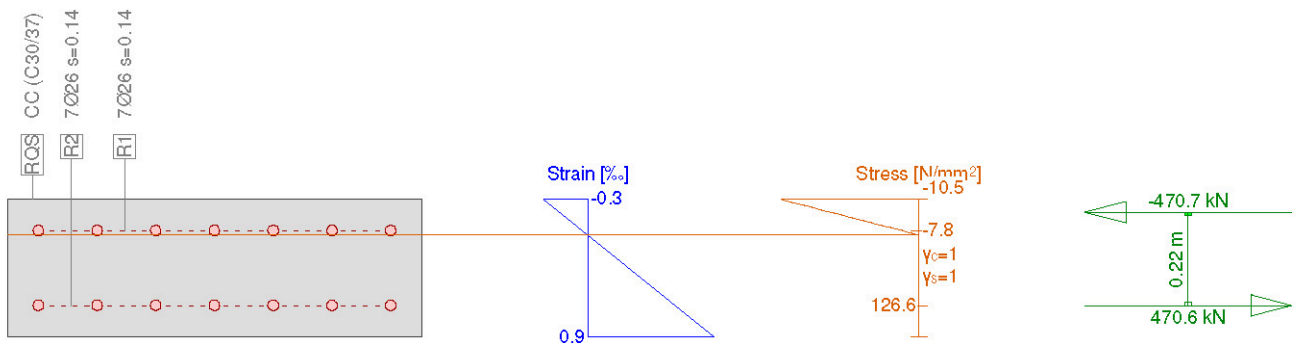


Abbildung 34: Nachweis Biegedruck für den häufigen Lastfall Lüftung (GZG)

Illustrazione 34: Verifica a pressoflessione carico di utilizzazione frequente (SLE)

## Crack verification

Text	Value	Text	Value
<b>Basic principles</b>	<b>EN 1992-1-1 7.3</b>		
<b>Cross section</b>			
h	330.0 mm	Compression zone (uncracked)	165.0 mm
d	255.0 mm	h-d	50.0 mm
Cover c	37.0 mm	$h_{c,eff}$	55.0 mm
$A_{c,eff}$ Tension surface	55000 mm <sup>2</sup>	= Min[2.5 (h-d); (h-x)/3; h/2]	
<b>Concrete</b>		<b>Additional parameters</b>	
$E_c$	33000.0 N/mm <sup>2</sup>	Duration of load $k_t$	0.40
$\alpha_e$ ( $E_s/E_c$ )	6.10	Bond properties $k_1$	0.800
Creep coefficient $\phi$	0	Distribution of strain $k_2$	0.500
$f_{ctm}$	2.9 N/mm <sup>2</sup>	$k_3$	3.400
$f_{ct,eff}$	2.9 N/mm <sup>2</sup>	$k_4$	0.425
<b>Reinforcement</b>		<b>Results</b>	
$E_s$	205000.0 N/mm <sup>2</sup>	Moment	121.8 kNm
$A_s$ (in tension surface)	3717 mm <sup>2</sup>	Stress in reinforcement $\sigma_s$	146.3 N/mm <sup>2</sup>
Diameter $\varnothing_{eq}$	26.0 mm	$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$ (7.9)	0.41 o/o
$\rho_{eff}$	6.757 o/o	Crack spacing $s_{r,max}$ (7.11)	<b>0.19 m</b>
		Crack width $w_k$ (7.8)	<b>0.13 mm</b>

Abbildung 35: Nachweis der Rissbildung (GZG)

Illustrazione 35: Verifica a fessurazione (SLE)

**Stress analysis Cross section (Girder): 330X1000****Extreme stresses and strain**

Name	Class	$y_d$ [m]	$z_d$ [m]	$\epsilon$ [‰]	$\sigma_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [-]
RQS	C30/37	0.50	0.33	-0.0	-1.4	1.00
RQS	C30/37	-0.50	0	0.1	0	1.00
R1	B450C	0.42	0.26	-0.0	-1.1	1.00
R2	B450C	-0.42	0.07	0.1	17.5	1.00

Abbildung 36: Nachweis Biegedruck durch Eigengewicht (GZG)

Illustrazione 36: Verifica a pressoflessione carico peso proprio (SLE)

**Stress analysis Cross section (Girder): 330X1000****Extreme stresses and strain**

Name	Class	$y_d$ [m]	$z_d$ [m]	$\epsilon$ [‰]	$\sigma_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [-]
RQS	C30/37	0.50	0.33	-0.2	-7.0	1.00
RQS	C30/37	-0.50	0	0.6	0	1.00
R1	B450C	-0.42	0.26	-0.0	-5.2	1.00
R2	B450C	-0.42	0.07	0.4	85.2	1.00

Abbildung 37: Nachweis Biegedruck Lastfall Ermüdung (GZG)

Illustrazione 37: Verifica a pressoflessione carico a fatica (SLE)

$$\Delta \sigma_s = 85.2 \text{ N/mm}^2 - 17.51 \text{ N/mm}^2 = 67.69 \text{ N/mm}^2$$

$$67.69 \text{ N/mm}^2 < 162.5/1.2 = 135.42 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta \sigma_c = 7.0 \text{ N/mm}^2 - 1.4 \text{ N/mm}^2 = 5.6 \text{ N/mm}^2$$

$$5.6 \text{ N/mm}^2 < 0.85 \cdot 1 \cdot 15.43 \cdot (1 - (30/250)) = 11.54 \text{ N/mm}^2$$

Cross-section 330X1001 (C30/37;B450C): Efficiency  $M_y=71.0$ ;  $eff(M,N) = 0.24$  OK

Scale 1 :18.3

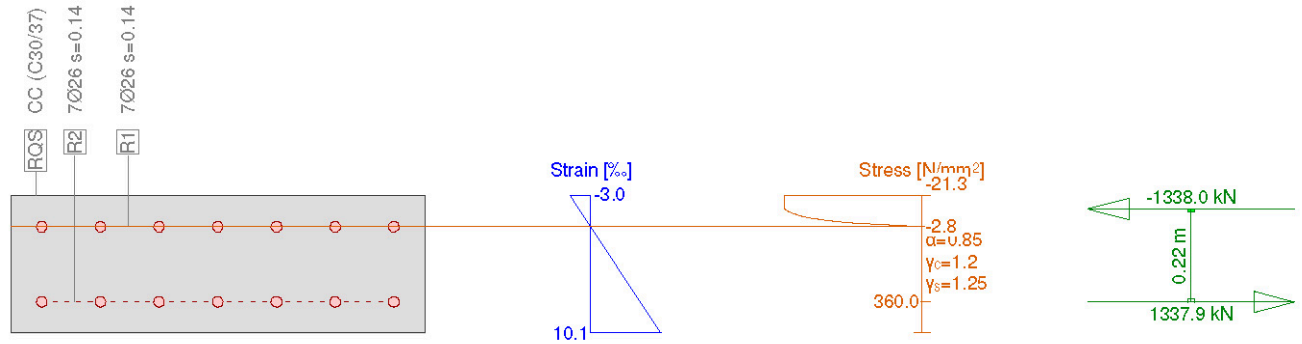


Abbildung 38: Nachweis Biegedruck Lastfall Brand (GZT)

Illustrazione 38: Verifica a pressoflessione carico da incendio (SLU)



## **ANHANG 6 - FEM-ANALYSEN DES INNENAUSBAUS : VERBINDUNG CT5-IN-GA**

Die nachfolgenden Kapitel geben die Bemessung nach GZT und GZG des Anschlussbereichs zwischen GA und CT5 wider.

## **APPENDICE 6 - ANALISI FEM DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO: INNESTO CT5-IN- GA**

L'appendice 7 contiene le verifiche secondo SLU e SLE della zona di innesto tra GA e CT5.

## 1 EINFÜHRUNG

Die nachfolgenden Kapitel geben die Bemessung des Innenausbaus des Anschlussbereichs des Querstollens CT5 mit dem GA.

## 2 BEMESSUNG DES INNENAUSBAUS

Die Bemessung des Innenausbaus im Anschlussbereich des Querstollens beruht auf die Berücksichtigung der Lasten, die für die Bemessung des Haupttunnels verwendet werden, und zwar auf kurze und lange Dauer, wie es in den spezifischen Berichten zur Berechnung angegeben ist und aufgrund der geomechanischen Charakterisierung.

Mit Bezugnahme auf diese Lasten, erfolgt die Bemessung des Innenausbaus durch 2 Nachweise:

- 1) In einer ersten Phase, die dem Ausbruch des Querschlags entspricht, ist es notwendig, die Stabilität des Tunnels auf kurze Zeit zu garantieren, auch zusammen mit der Außenschale der Tunnelabschnitte mit vollständigem Querschnitt;
- 2) In einer zweiten Phase, bei der Vervollständigung der Struktur aus Stahlbeton im Anschlussbereich des Querschlags, muss man die Gesamtheit der Lasten auf lange Dauer ausgleichen.

## 3 AUSSENSCHALEN

Die Bemessung der zusätzlichen Eingriffe für die Außenschale erfolgt durch die Überprüfung, dass der Begrenzungsdruck ' $P_{Rd}$ ' der Außenschale größer ist als der Druck ' $P_{Ed}$ ', der auf der Außenschale lastet.

$$P_{Rd} > P_{Ed}$$

Die Last auf der Außenschale entspricht der Bezugslast des laufenden Schnitts ' $P_{rif}$ ' und ist um einen Koeffizienten R erhöht, der in Funktion zur Geometrie der betroffenen Röhren steht, und um einen Einwirkungskoeffizienten  $\gamma_G=1.3$

$$P_{Ed} = P_{rif} \cdot R \cdot \gamma_G$$

$$R = 1 + \frac{b/2}{L_{zona-rinf}}$$

Betrachtet man die Breite 'b' der Querstollen, was ca. 5.5 m entspricht, und die Länge der verstärkten Zone entlang der laufenden Tunnel ' $L_{zona-rinf}$ '=4.5 m, so beträgt der

## 1 INTRODUZIONE

Nei seguenti capitoli si riporta il dimensionamento del rivestimento definitivo degli innesti del cunicolo trasversale CT5 con la GA.

## 2 DIMENSIONAMENTO DEI RIVESTIMENTI

Il dimensionamento del rivestimento della galleria all'innesto con i cunicoli trasversali si basa sulle considerazione dei carichi utilizzati per il dimensionamento della galleria corrente, nel breve e nel lungo termine, secondo quanto riportato nelle relazioni di calcolo specifiche e sulla base della caratterizzazione geomeccanica.

Con riferimento a tali carichi, il dimensionamento dei rivestimenti presenta due momenti di verifica:

- 1) in prima fase, corrispondente allo scavo del cunicolo trasversale, è necessario garantire la stabilità della galleria nel breve termine, anche in collaborazione con il rivestimento di prima fase dei tratti di galleria a sezione integra;
- 2) in seconda fase, corrispondente al completamento della struttura in c.a. nella zona di innesto e del cunicolo trasversale, si deve equilibrare la totalità dei carichi di lungo termine.

## 3 RIVESTIMENTI DI PRIMA FASE

Il dimensionamento degli interventi integrativi di prima fase è condotto verificando che la pressione di confinamento ' $P_{Rd}$ ' fornita dai rivestimenti sia maggiore del carico che insiste sul rivestimento ' $P_{Ed}$ '.

Il carico che insiste sul rivestimento è uguale al carico di riferimento della sezione corrente ' $P_{rif}$ ' amplificato per un coefficiente R funzione della geometria delle canna interessate e per il coefficiente sulle azioni  $\gamma_G = 1.3$ .

Considerando la larghezza 'b' dei cunicoli trasversali, pari a circa 5.5 m, e la lunghezza della zona rinforzata lungo le gallerie correnti ' $L_{zona-rinf}$ ' = 4.5 m, il coefficiente di amplificazione

Verstärkungskoeffizient der Lasten:

dei carichi risulta uguale a:

$$R = 1.6$$

Umgekehrt ist der Begrenzungsdruck der Außenschale 'P<sub>Rd,lfase</sub>' gleich der Summe des Begrenzungsdrucks der Nägel 'P<sub>Rd,chiodi</sub>' und des Spritzbetons 'P<sub>Rd,bet</sub>'. Die beiden Beiträge werden durch folgende Verhältnisse bewertet:

Viceversa, la pressione di confinamento fornita dal rivestimento di prima fase 'P<sub>Rd,lfase</sub>', è uguale alla somma di quella fornita dai chiodi 'P<sub>Rd,chiodi</sub>' e da quella fornita dal betoncino proiettato 'P<sub>Rd,bet</sub>'. I due contributi sono valutati mediante le seguenti relazioni:

$$P_{Rd,chiodi} = \frac{N_{yk}}{A_{inf} \cdot \gamma_s}$$

$$P_{Rd,bet} = \frac{1}{2} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \cdot \left( 1 - \frac{(R_i - s_c)^2}{R_i^2} \right)$$

Wobei:

- N<sub>yk</sub> = charakteristischer Wert der Streckgrenze der Nägel;
- A<sub>inf</sub> = Einflussgebiet des einzelnen Nagels;
- f<sub>ck</sub> = charakteristische Festigkeit des Spritzbetons;
- R<sub>i</sub> = äquivalenter Ausbruchradius;
- s<sub>c</sub> = Mächtigkeit Außenschale;
- γ<sub>c</sub> = Teilsicherheitskoeffizient Beton (1.5)
- γ<sub>s</sub> = Teilsicherheitskoeffizient Stahl (1.15)

Dove:

- N<sub>yk</sub> = Resistenza caratteristica a snervamento dei chiodi;
- A<sub>inf</sub> = Area di influenza di ciascun chiodo;
- f<sub>ck</sub> = resistenza caratteristica del cls proiettato;
- R<sub>i</sub> = raggio equivalente di scavo;
- s<sub>c</sub> = spessore del rivestimento;
- γ<sub>c</sub> = Coefficiente parziale di sicurezza sul calcestruzzo (1.5)
- γ<sub>s</sub> = Coefficiente parziale di sicurezza sull'acciaio (1.15)

Wie aus der nachfolgenden Tabelle hervorgeht, können die vorgesehenen baulichen Maßnahmen an den Haupttunnel an den Anschlussbereichen und für den Ausbruch der ersten drei Abschlänge der Querstollen klar höhere Begrenzungsdrücke liefern als die erwarteten Drücke.

Come si evince dalla seguente tabella, i provvedimenti previsti lungo la galleria di linea in corrispondenza degli innesti e per lo scavo dei primi tre sfondi dei cunicoli trasversali sono in grado di fornire pressioni di confinamento superiori rispetto alle pressioni attese:

$$P_{Ed, GA-T3} = P_{rif} \cdot R \cdot \gamma_G = 100 \text{ kPa} \cdot 1.6 \cdot 1.3 \approx 208 \text{ kPa}$$

$$P_{Ed, CT5} = P_{rif} \cdot R \cdot \gamma_G = 100 \text{ kPa} \cdot 1.6 \cdot 1.3 \approx 208 \text{ kPa}$$

	R <sub>eq</sub>	Anker Chiodi	N <sub>yk</sub>	γ <sub>s</sub>	Abstand Passo		Spritz Beton	f <sub>ck</sub>	γ <sub>c</sub>
	[m]	[-]	[kN]	[-]	ln. [m]	tr. [m]	[m]	[MPa]	[-]
GA-T3	5.18	Pm24	200	1.15	1.5	0.9	0.1	30	1.5
CT 5	2.90	Pm16	140	1.15	1.5	0.9	0.1	30	1.5

Tabelle 14: Begrenzungsdrücke, die von den zusätzlichen Eingriffen an den Anschlussbereichen geliefert werden

P <sub>chiodi,Rd</sub>	P <sub>bet,Rd</sub>	P <sub>Rd</sub>
[kPa]	[kPa]	[kPa]
129	382	538
90	1331	1421

Tabella 14: Pressioni di confinamento fornite dagli interventi integrativi in corrispondenza degli innesti

#### 4 INNENSCHALEN

Die Gesamtheit der Lasten wird dem Innenausbau des Tunnels übertragen, der vollständig mit dem Innenausbau des Querschlags betoniert ist. Das Schema für die Haupttunnel sieht einen Stützträger, der an beiden Enden eingespannt wird, am Schnitt des Haupttunnels, der vom Querschlag geschnitten wird vor, der von zwei Widerlagern gestützt wird, die seitlich am Querschlag angebracht werden und aus Teilen des intakten Haupttunnels bestehen. Dieses Modell bedingt eine Biegebeanspruchung im Stützträger aufgrund des Eigengewichts des Ausbruchkegels, der sich unmittelbar oberhalb des Stützträgers selbst befindet und aus der Lockerungslast des Gebirges. Die Erkennung des Ausbruchkegels erfolgt unter Berücksichtigung des hypothetischen Verlaufs der abgeleiteten Spannungen aufgrund des Vorhandenseins des Stützträgers, der eine Neigung von 45° zur Senkrechten aufweist. Die Last wird als gleichmäßig auf den Stützträger verteilt angenommen. Man nimmt eine wirkende Höhe des Stützträgers von 0.5 m an.

Die Bemessung des Innenausbaus erfolgt in drei Phasen:

- 1) Bemessung des Stützträgers;
- 2) Nachweis des Innenausbaus des vollständigen Tunnelschnitts angrenzend am Querschlag;
- 3) Nachweis des Innenausbaus des Querschlags.

Für die Hypothesen und Berechnungsmodelle des Querschlags CT5 verweist man auf den Bericht 06-H61-OP-070-KST-D0700-22915, da der Querschnitt des Einmündung mit dem Querschnitt des FdE-CT1 entspricht.

#### 4 RIVESTIMENTI DEFINITIVI

La totalità del carico viene trasferito al rivestimento della galleria completo del getto del rivestimento del cunicolo trasversale. La schematizzazione utilizzata per le gallerie di linea prevede un architrave incastrata alle estremità, in corrispondenza della sezione di galleria principale tagliata dal cunicolo trasversale, e sostenuta dai due ritti, posti lateralmente al cunicolo trasversale e costituiti dalle parti di galleria principale integra. Tale modello comporta uno stato di sollecitazione flessionale nell'architrave conseguente al carico costituito dal peso proprio della campana di distacco localizzata immediatamente sopra l'architrave stessa. L'individuazione della campana di distacco avviene considerando un andamento ipotetico delle tensioni deviate a causa della presenza dell'architrave avente un'inclinazione di 45° rispetto alla perpendicolare. Il carico viene considerato agente come uniformemente ripartito sull'architrave. Si ipotizza un'altezza collaborante dell'architrave pari a 0.80 m.

Il dimensionamento dei rivestimenti definitivi si compone di tre fasi:

- 1) Dimensionamento dell'architrave;
- 2) Verifica dei rivestimenti della galleria a sezione integra adiacente al cunicolo trasversale;
- 3) Verifica dei rivestimenti del cunicolo trasversale.

Per le ipotesi e i modelli di calcolo del cunicolo trasversale CT5 si rimanda al rapporto 06-H61-OP-070-KST-D0700-22915, in quanto la sezione d'innesto corrisponde a quella della sezione tipo FdE-CT1

#### 4.1 BEMESSUNG DES STÜTZTRÄGERS

Der Ausbruchkegel weist eine Fläche von 9.5 m<sup>2</sup> auf, multipliziert mit der Mächtigkeit des Gewölbes und der Wichte des Stahlbetons erhält man eine charakteristische und gleichmäßig verteilte Last von 32 kN/m.

Weiters wird eine Nutzlast ausgehend vom Verankerungsträger von 117.24 kN/m angesetzt.

Unter Berücksichtigung einer Spannweite des Stützträgers von L = 4.5 m erhält man Beanspruchungen am Lager und in der Mitte gleich:

$$\left\{ \begin{array}{l} M_{inc} = \frac{N \cdot L^2}{12} \\ V_{inc} = \frac{N \cdot L}{2} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} M_{mezz} = \frac{N \cdot L^2}{24} \\ V_{mezz} = 0 \end{array} \right.$$

#### 4.1 DIMENSIONAMENTO DELL'ARCHITRAVE

La campana di distacco presenta una superficie di 9.5 m<sup>2</sup>, che moltiplicata per lo spessore della volta e il peso specifico del calcestruzzo armato restituisce un carico caratteristico uniformemente ripartito di 32 kN/m.

Si considera, inoltre, il carico accidentale derivante dalla trave di appoggi corrispondente e 117.24 kN/m.

Considerando la luce dell'architrave, pari a L = 4.5 m, le sollecitazioni all'incastro e in mezzera risultano pari a:

Nachfolgend führt man die Biegebeanspruchungen am Stützträger für die Nachweise der GZT an:

$$M_{inc} = 270.74 \text{ kNm}$$

$$M_{mezz} = 135.37 \text{ kNm}$$

Nachfolgend führt man die Biegebeanspruchungen am Stützträger für die Nachweise der GZG an:

$$M_{inc} = 54 \text{ kNm}$$

$$M_{mezz} = 27 \text{ kNm}$$

Nachfolgend führt man die Scherbeanspruchungen am Stützträger für die Nachweise der GZT an:

$$V_{inc} = 361 \text{ kN}$$

Berücksichtigt man die folgende Dimensionierung und Bewehrung des Stützträgers, so sind diese Beanspruchungen nachgewiesen:

Di seguito si riportano le sollecitazioni flettenti agenti sull'architrave per le verifiche SLU:

$$M_{inc} = 270.74 \text{ kNm}$$

$$M_{mezz} = 135.37 \text{ kNm}$$

Di seguito si riportano le sollecitazioni flettenti agenti sull'architrave per le verifiche SLE:

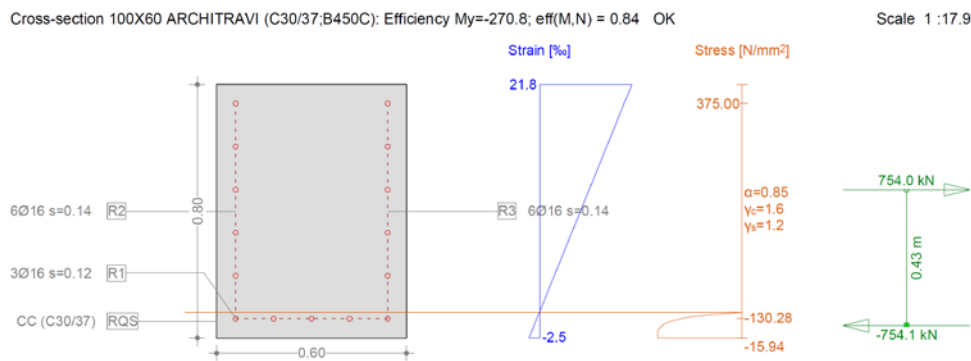
$$M_{inc} = 54 \text{ kNm}$$

$$M_{mezz} = 27 \text{ kNm}$$

Di seguito si riportano le sollecitazioni di taglio agenti sull'architrave per le verifiche SLU:

$$V_{inc} = 361 \text{ kN}$$

Tali sollecitazioni sono verificate considerando le seguenti dimensioni e armature dell'architrave:



**Ultimate strength analysis Cross section (Girder): 80X60 ARCHITRAVI**

Action forces / Efficiency factors:  $eff(M,N) = 0.84$  OK

No.	AP	P	N [kN]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]	eff(M,N) [-]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	T [kNm]	eff(V,T) [-]	Complete CS eff(M,N,V,T) [-]
1	!ULS		0	-270.8	0	0.84					

**Analysis-Parameters "IULS"**

ID	σ-ε-Diagram		Strain Limits			σ <sub>s</sub> [N/mm²]	Partial factors		Various parameters	
	c	s	ε <sub>c1d</sub> [‰]	ε <sub>c2d</sub> [‰]	ε <sub>ud</sub> [‰]		γ <sub>c</sub> [-]	γ <sub>s</sub> [-]	α [-]	φ [-]
!ULS	4/0	1	-2.0	-3.0	20.0		1.60	1.20	45.00	0

α : Inclination of diagonal in compression  
φ : Creep coefficient

**Extreme stresses and strain**

Name	Class	y <sub>q</sub> [m]	z <sub>q</sub> [m]	ε [‰]	σ <sub>d</sub> [N/mm²]	γ [-]
RQS	C30/37	-0.30	0	-2.5	-15.94	1.88
RQS	C30/37	0.30	0.80	21.8	0	1.88
R3	B450C	0.24	0.06	-0.6	-130.28	1.20
R3	B450C	0.24	0.74	20.0	375.00	1.20

**Stresses and strain during the last iterations step = Ultimate state**

N [kN]	Internal forces		Strain and Curvature			Stiffness Values		
	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]	ε <sub>x</sub> [‰]	χ <sub>y</sub> [km <sup>-1</sup> ]	χ <sub>z</sub> [km <sup>-1</sup> ]	N/ε <sub>x</sub> [kN]	M <sub>y</sub> /χ <sub>y</sub> [kNm²]	M <sub>z</sub> /χ <sub>z</sub> [kNm²]
-0.1	-323.8	-0.0	9.7	-30.3	0.0	9.13	10669.37	91027.44

Tabelle 15: Nachweise GZT Stützträger - Biegung

Tabella 15: Verifiche SLU architrave - flessione

Di seguito si riportano le verifiche a taglio dell'architrave:

Di seguito si riportano le verifiche a taglio dell'architrave:

**VERIFICA A TAGLIO SECONDO NTC2008 Art. 4.1.2.1.3.1**

Verifica sezione senza armatura a taglio

$f_{ck}$	=	30.00	MPa	Resistenza caratteristica a compressione cilindrica
$k$	=	1.519		Coefficiente
$h$	=	800	mm	Altezza geometrica della sezione
$d$	=	742	mm	Altezza statica della sezione
$A_s$	=	1'340	mm <sup>2</sup>	Area di armatura longitudinale
$\rho_1$	=	0.00301		Percentuale di armatura
$N_{Ed}$	=	1'000	kN	Azione assiale di progetto
$A_c$	=	445'200	mm <sup>2</sup>	Area della sezione di calcestruzzo
$\alpha_{cc}$	=	0.85		Coefficiente per carichi di lunga durata
$\sigma_{cp}$	=	2.25	MPa	Sforzo di compressione agente
$b_w$	=	600	mm	Larghezza sezione collaborante
$V_{Rd1}$	=	<b>308.46</b>	<b>kN</b>	
$V_{Rd2}(v_{min})$	=	<b>309.81</b>	<b>kN</b>	
$V_{Rd}$	=	<b>309.81</b>	<b>kN</b>	$V_{Ed} = 361.00$ kN $V_{Rd} > V_{Ed}$ NO!

Verifica sezione con armatura a taglio

Verifica a taglio-trazione

$V_{Rsd}$	=	<b>377.62</b>	<b>kN</b>	$V_{Ed} = 361.00$ kN	$V_{Rsd} > V_{Ed}$ OK
$f_{yd}$	=	375.00	MPa		
$d$	=	742	mm		
$\alpha$	=	90	°	Inclinazione staffe rispetto all'asse dell'elemento	
$s$	=	150	mm		
$A_{sw}$	=	226	mm <sup>2</sup>		
$\phi$	=	12	mm	Diametro staffe	
n° bracci	=	2			

Verifica a taglio-compressione

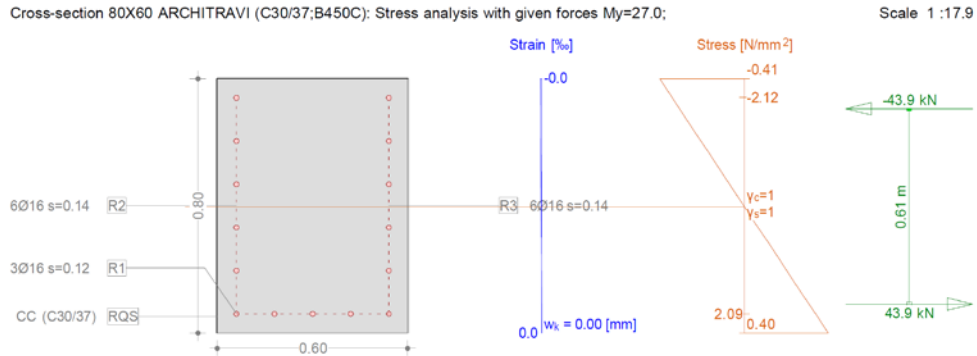
$V_{Rcd}$	=	<b>1'702.89</b>	<b>kN</b>	$V_{Ed} = 361.00$ kN	$V_{Rcd} > V_{Ed}$ OK
$b_w$	=	600	mm		
$d$	=	742	mm		
$\sigma_{cp}$	=	2.25	MPa		
$f_{cd}$	=	20.00	MPa		
$f'_{cd}$	=	10.00	MPa		
$\alpha_c$	=	0.85			
$\alpha$	=	90	°	Inclinazione staffe rispetto all'asse dell'elemento	
$\theta$	=	45	°	Inclinazione bielle calcestruzzo rispetto all'asse della sezione	

Tabelle 16: Nachweisverfahren GZT Stützträger - Querkraft

Tabella 16: Verifiche SLU architrave - Taglio

Nachfolgend werden die Nachweise GZG des Stützträgers mit dazugehöriger Überprüfung der Rissbildung für das Biegemoment, das an der Spannweite wirkt, angegeben:

Di seguito si riportano gli esiti delle verifiche secondo SLE dell'architrave con relativa verifica a fessurazione per il momento flettente agente in campata:



### Stress analysis Cross section (Girder): 80X60 ARCHITRAVI

#### Action forces

No.	AP	P	Bending and axial force			Shear forces and torsion			Remarks
			N [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$V_y$ [kN]	$V_z$ [kN]	T [kNm]	
1	!SLS		0	27.0	0				-

#### Extreme stresses and strain

Name	Class	$y_0$ [m]	$z_0$ [m]	$\epsilon$ [‰]	$\sigma_d$ [N/mm²]	$\gamma$ [-]
RQS	C30/37	-0.30	0.80	-0.0	-0.41	1.00
R2	B450C	-0.24	0.74	0.0	0.40	1.00
R3	B450C	0.24	0.06	0.0	2.09	1.00

#### Crackverification

Text	Value	Text	Value
<b>Basic principles</b>	<b>EN 1992-1-1 7.3</b>		
<b>Cross section</b>			
h	800.0 mm	Compression zone (cracked) $x_c$	402.1 mm
d	709.3 mm	h-d	90.7 mm
Cover c	52.0 mm	$h_{c,eff}$	132.6 mm
$A_{c,eff}$ Tension surface	79578 mm²	$= \text{Min}[2.5 (h-d); (h-x)/3; h/2]$	
<b>Concrete</b>		<b>Additional parameters</b>	
$E_c$	33600.0 N/mm²	Duration of load $k_t$	0.40
$\alpha_w$ ( $E_w/E_c$ )	6.10	Bond properties $k_1$	0.800
Creep coefficient $\phi$	0	Distribution of strain $k_2$	0.500
$f_{ctm}$	2.9 N/mm²	$k_3$	3.400
$f_{ct,eff}$	2.9 N/mm²	$k_4$	0.425
<b>Reinforcement</b>		<b>Results</b>	
$E_s$	205000.0 N/mm²	Moment	27.0 kNm
$A_s$ (in tension surface)	1005 mm²	Stress in reinforcement $\sigma_s$	2.1 N/mm²
Diameter $\varnothing_{eq}$	16.0 mm	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$ (7.9)	0.01 o/o
$\rho_{eff}$	1.263 o/o	Crack spacing $s_{r,max}$ (7.11)	<b>0.39 m</b>
		Crack width $w_k$ (7.8)	<b>0. mm</b>

Tabelle 17: Nachweisverfahren GZG - Rissbildung

Tabella 17: Verifiche SLE architrave - fessurazione



## 4.2 NACHWEIS INNENSCHALEN

Die lateralen Widerlager werden durch Druck-Biegespannung beansprucht, die durch die normale Reaktion der Auflage des Stützträgers hergerufen ist, sowie durch den Spannungszustand (N,M), der im intakten Ausbau vorhanden ist.

Im Besonderen werden die Einwirkungen auf die lateralen Widerlager durch die Erhöhung der vorhandenen Einwirkungen am laufenden Schnitt mittels dem Koeffizienten berechnet:

$$R = 1 + \frac{b/2}{L_{\text{zona-rinf}}}$$

Betrachtet man die Breite 'b' der Querschläge, was ca. 5.5 m entspricht, und die Länge der verstärkten Zone entlang der laufenden Tunnel 'L<sub>zona-rinf</sub>'=4.5 m, so beträgt der Verstärkungskoeffizient der Lasten auf den Widerlagern:

$$R = 1.6$$

Der so berechnete Koeffizient R wurde auch verwendet, um den Innenausbau des Querschlagschnitts am Anschlussbereichs CT5-IN zu berechnen (aus Sicherheit für die ersten drei Abschlüge).

### 4.2.1 Nachweis Innenschalen GA

#### 4.2.1.1 Nachweise GZT

Nachfolgend werden in tabellarischer Form die Ergebnisse der GZT -Nachweise an den Widerlagern der vollständigen GA, angrenzend an den Anschlussbereich angeführt. Die Nachweise erfolgen unter der Annahme, dass die Lockerungslast für ein Regelquerprofil T3 durch einen Faktor R=1.6 erhöht ist.

## 4.2 VERIFICA DEI RIVESTIMENTI

I ritti laterali sono sollecitati da uno stato di pressoflessione, dovuto alla reazione normale d'appoggio dell'architrave oltre allo stato di sforzo (N,M) presente nel rivestimento integro.

In particolare, le azioni nei ritti laterali sono calcolate amplificando quelle presenti nella sezione corrente per il coefficiente:

Considerando la larghezza di scavo 'b' dei cunicoli trasversali, pari a circa 5.5 m, e la lunghezza della zona rinforzata lungo le gallerie correnti 'L<sub>zona-rinf</sub>' = 4.5 m, il coefficiente di amplificazione dei carichi sui ritti risulta uguale a:

Il coefficiente R così calcolato è stato utilizzato per calcolare anche i rivestimenti definitivi della sezione del cunicolo trasversale in corrispondenza dell'innesto CT5-IN (cautelativamente primi 3 sfondi).

### 4.2.1 Verifica rivestimenti GA

#### 4.2.1.1 Verifiche SLU

Di seguito si riportano in formato tabellare gli esiti delle verifiche allo SLU svolte sui ritti della GA integro adiacente la zona di innesto. Le verifiche vengono svolte considerando il carico d'allentamento agente per un profilo tipo T3 maggiorato del fattore R = 1.6.

SECTION CHECKING - PLATEA E PARAMENTI															
MEMBER	SECTION PROPERTIES		f <sub>ck</sub>	f <sub>yk</sub>	CHECK	LOAD CB	LOAD CB	Rebar	N <sub>Rdmax</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Edy</sub>	M <sub>Edz</sub>	V <sub>Rdc</sub>	V <sub>Rds</sub>	V <sub>Ed</sub>
SECTION	Bc (m)	Hc (m)	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		M-N iteration	V			Ratio-N	Ratio-My	Ratio-Mz	Ratio-Vc	Ratio-Vs	Ratio-V
10	100 x 60		30.00	450.00	OK	N6	N1	14-2-P14	10336.6	137.685	59.243	0.000	221.576	-	20.897
9	1.00	0.60								<b>0.117</b>	<b>0.116</b>	0.000	0.094	-	<b>0.094</b>
11	100 x 60		30.00	450.00	OK	N6	N1	14-2-P14	10336.6	142.880	71.910	0.000	221.877	-	31.023
9	1.00	0.60								<b>0.157</b>	<b>0.161</b>	0.000	0.140	-	<b>0.140</b>
12	100 x 60		30.00	450.00	OK	N6	N1	14-2-P14	10336.6	150.771	89.642	0.000	222.328	-	41.150
9	1.00	0.60								<b>0.232</b>	<b>0.233</b>	0.000	0.185	-	<b>0.185</b>
13	100 x 60		30.00	450.00	OK	N6	N1	14-2-P14	10336.6	161.496	112.439	0.000	222.937	-	51.277
9	1.00	0.60								<b>0.319</b>	<b>0.323</b>	0.000	0.230	-	<b>0.230</b>
14	100 x 60		30.00	450.00	OK	N6	N1	14-2-P14	10336.6	175.244	140.302	0.000	223.716	-	58.293
9	1.00	0.60								<b>0.424</b>	<b>0.432</b>	0.000	0.261	-	<b>0.261</b>
15	100 x 60		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	10336.6	192.271	156.585	0.000	240.431	-	49.417
9	1.00	0.60								<b>0.505</b>	<b>0.494</b>	0.000	0.206	-	<b>0.206</b>
16	100 x 57		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P14	9858.51	211.957	156.585	0.000	236.194	-	211.698
5	1.00	0.57								<b>0.496</b>	<b>0.505</b>	0.000	0.896	-	<b>0.896</b>
17	100 x 35		30.00	450.00	OK	N2	N5	14-2-P14	6352.26	174.450	55.418	0.000	242.013	-	226.149
7	1.00	0.35								<b>0.284</b>	<b>0.280</b>	0.000	0.964	-	<b>0.934</b>
19	100 x 57		30.00	450.00	OK	N5	N11	14-2-P14	9858.51	833.965	114.028	0.000	225.110	-	15.434
5	1.00	0.57								<b>0.148</b>	<b>0.150</b>	0.000	0.069	-	<b>0.069</b>
20	100 x 50		30.00	450.00	OK	N5	N5	6-2-P14	8300.52	822.277	109.040	0.000	296.623	-	34.982
4	1.00	0.50								<b>0.196</b>	<b>0.196</b>	0.000	0.118	-	<b>0.118</b>
21	100 x 45		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	7946.01	811.828	93.767	0.000	279.277	-	47.034
3	1.00	0.45								<b>0.186</b>	<b>0.189</b>	0.000	0.168	-	<b>0.168</b>
22	100 x 40		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	7149.14	801.656	73.161	0.000	261.337	-	52.751
2	1.00	0.40								<b>0.190</b>	<b>0.193</b>	0.000	0.202	-	<b>0.202</b>
23	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	6352.26	792.163	50.364	0.000	242.649	-	54.347
1	1.00	0.35								<b>0.189</b>	<b>0.191</b>	0.000	0.224	-	<b>0.224</b>
24	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	6352.26	783.557	27.411	0.000	241.543	-	53.997
1	1.00	0.35								<b>0.153</b>	<b>0.154</b>	0.000	0.224	-	<b>0.224</b>
25	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N12	14-2-P14	6352.26	731.113	14.631	0.000	157.662	-	24.397
1	1.00	0.35								<b>0.130</b>	<b>0.130</b>	0.000	0.155	-	<b>0.155</b>
26	100 x 35		30.00	450.00	OK	N12	N12	14-2-P14	6352.26	127.443	34.570	0.000	157.185	-	31.606
1	1.00	0.35								<b>0.154</b>	<b>0.155</b>	0.000	0.201	-	<b>0.201</b>
27	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	6352.26	715.779	9.345	0.000	226.550	-	46.935
1	1.00	0.35								<b>0.122</b>	<b>0.124</b>	0.000	0.207	-	<b>0.207</b>
28	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	6352.26	663.322	27.625	0.000	226.084	-	72.077
1	1.00	0.35								<b>0.136</b>	<b>0.135</b>	0.000	0.319	-	<b>0.319</b>

Nachfolgend werden in tabellarischer Form die Ergebnisse der GZG -Nachweise an den Widerlagern der vollständigen FdE-GL, angrenzend an den Anschlussbereich angeführt. Die Nachweise erfolgen unter der Annahme, dass die Lockerungslast für ein Regelquerprofil T3 durch einen Faktor R=1.6 erhöht ist.

Di seguito si riportano in formato tabellare gli esiti delle verifiche allo SLE svolte sui ritti della GA integro adiacente la zona di innesto. Le verifiche vengono svolte considerando il carico d'allentamento agente per un profilo tipo T3 maggiorato del fattore R = 1.6.

STRESS CONTROL - PLATEA E PARAMENTI												
MEMBER	SECTION PROPERTIES		LOAD CB	$\sigma_{ct, MAX}$	$\sigma_{ct, Adm}$	CHECK	$\sigma_{c, MAX}$	$\sigma_{c, Adm}$	CHECK	$\sigma_{s, MAX}$	$\sigma_{s, Adm}$	CHECK
SECTION	Bc (m)	Hc (m)		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
10	100 x 60		SLE - N6	0.71	2.90	OK	-1.09	-18.00	OK	3.20	360.00	OK
9	1.00	0.60										
11	100 x 60		SLE - N6	0.90	2.90	OK	-1.29	-18.00	OK	4.08	360.00	OK
9	1.00	0.60										
12	100 x 60		SLE - N6	1.16	2.90	OK	-1.57	-18.00	OK	5.32	360.00	OK
9	1.00	0.60										
13	100 x 60		SLE - N6	1.49	2.90	OK	-1.93	-18.00	OK	6.90	360.00	OK
9	1.00	0.60										
14	100 x 60		SLE - N6	1.90	2.90	OK	-2.38	-18.00	OK	8.83	360.00	OK
9	1.00	0.60										
15	100 x 60		SLE - N5	2.13	2.90	OK	-2.65	-18.00	OK	9.89	360.00	OK
9	1.00	0.60										
16	100 x 57		SLE - N5	2.10	2.90	OK	-2.68	-18.00	OK	9.73	360.00	OK
5	1.00	0.57										
17	100 x 35		SLE - N5	0.35	2.90	OK	-1.63	-18.00	OK	1.58	360.00	OK
7	1.00	0.35										
19	100 x 57		SLE - N6	0.76	2.90	OK	-3.21	-18.00	OK	1.87	360.00	OK
5	1.00	0.57										
20	100 x 50		SLE - N6	1.00	2.90	OK	-3.69	-18.00	OK	2.47	360.00	OK
4	1.00	0.50										
21	100 x 45		SLE - N6	1.05	2.90	OK	-4.03	-18.00	OK	1.98	360.00	OK
3	1.00	0.45										
22	100 x 40		SLE - N6	0.89	2.90	OK	-4.26	-18.00	OK	1.21	360.00	OK
2	1.00	0.40										
23	100 x 35		SLE - N6	0.36	2.90	OK	-3.42	-18.00	OK	0.17	360.00	OK
1	1.00	0.35										
24	100 x 35		SLE - N6	0.10	2.90	OK	-2.58	-18.00	OK	-0.89	360.00	OK
1	1.00	0.35										
25	100 x 35		SLE - N6	0.14	2.90	OK	-2.00	-18.00	OK	0.00	360.00	OK
1	1.00	0.35										
26	100 x 35		SLE - N5	0.49	2.90	OK	-1.82	-18.00	OK	1.49	360.00	OK
1	1.00	0.35										
27	100 x 35		SLE - N5	0.12	2.90	OK	-1.87	-18.00	OK	0.17	360.00	OK
1	1.00	0.35										
28	100 x 35		SLE - N5	0.20	2.90	OK	-2.58	-18.00	OK	0.53	360.00	OK
1	1.00	0.35										

#### 4.2.2 Nachweis Innenschalen CT5-IN

##### 4.2.2.1 Nachweise GZT

Nachfolgend werden in tabellarischer Form die Ergebnisse der GZT -Nachweise am vollständigen CT5-IN Schnitt angeführt. Die Nachweise erfolgen unter der Annahme, dass die Lockerungslast für ein Regelquerprofil GA-T3 durch einen Faktor R=1.6 erhöht ist.

#### 4.2.2 Verifica rivestimenti CT5-IN

##### 4.2.2.1 Verifiche SLU

Di seguito si riportano in formato tabellare gli esiti delle verifiche allo SLU svolte sulla sezione CT5-IN integra. Le verifiche vengono svolte considerando il carico d'allentamento agente per un profilo tipo GA-T3 maggiorato del fattore R=1.6.

SECTION CHECKING															
MEMBER	SECTION PROPERTIES		fck	fyk	CHECK	LOAD CB	LOAD CB	Rebar	N_Rdmax	N_Ed	M_Edy	M_Edz	V_Rdc	V_Rds	V_Ed
SECTION	Bc (m)	Hc (m)	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		M-N iteration	V			Ratio-N	Ratio-My	Ratio-Mz	Ratio-Vc	Ratio-Vs	Ratio-V
1	100 x 50		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P14	8'743	122.132	87.576	0.000	204.386	-	70.110
4	1.00	0.50								<b>0.358</b>	<b>0.351</b>	0.000	0.343	-	<b>0.343</b>
2	100 x 50		30.00	450.00	OK	N6	N2	14-2-P14	8'743	<b>115.558</b>	<b>87.576</b>	0.000	186.513	-	<b>20.748</b>
4	1.00	0.50								<b>0.353</b>	<b>0.355</b>	0.000	0.111	-	<b>0.111</b>
3	100 x 50		30.00	450.00	OK	N6	N2	14-2-P14	8'743	111.716	79.312	0.000	186.483	-	12.310
4	1.00	0.50								<b>0.315</b>	<b>0.314</b>	0.000	0.066	-	<b>0.066</b>
4	100 x 50		30.00	450.00	OK	N6	N2	14-2-P14	8'743	110.517	75.267	0.000	186.474	-	3.873
4	1.00	0.50								<b>0.300</b>	<b>0.295</b>	0.000	0.021	-	<b>0.021</b>
5	100 x 50		30.00	450.00	OK	N6	N2	14-2-P14	8'743	111.716	79.313	0.000	186.483	-	12.311
4	1.00	0.50								<b>0.315</b>	<b>0.314</b>	0.000	0.066	-	<b>0.066</b>
6	100 x 50		30.00	450.00	OK	N6	N2	14-2-P14	8'743	115.558	87.578	0.000	186.513	-	20.748
4	1.00	0.50								<b>0.353</b>	<b>0.355</b>	0.000	0.111	-	<b>0.111</b>
7	100 x 50		30.00	450.00	OK	N6	N5	14-2-P14	8'743	122.133	87.578	0.000	204.386	-	70.108
4	1.00	0.50								<b>0.358</b>	<b>0.351</b>	0.000	0.343	-	<b>0.343</b>
8	100 x 50		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	8'743	375.015	67.740	0.000	236.243	-	122.631
4	1.00	0.50								<b>0.105</b>	<b>0.104</b>	0.000	0.519	-	<b>0.519</b>
9	100 x 50		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	8'743	382.347	53.544	0.000	236.608	-	97.615
4	1.00	0.50								<b>0.085</b>	<b>0.086</b>	0.000	0.413	-	<b>0.413</b>
10	100 x 50		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	8'743	395.005	35.421	0.000	235.682	-	120.878
4	1.00	0.50								<b>0.068</b>	<b>0.068</b>	0.000	0.513	-	<b>0.513</b>
11	100 x 45		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	7'946	403.353	60.359	0.000	221.756	-	92.369
3	1.00	0.45								<b>0.113</b>	<b>0.113</b>	0.000	0.417	-	<b>0.417</b>
12	100 x 40		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	7'149	411.990	60.359	0.000	210.193	-	21.182
2	1.00	0.40								<b>0.136</b>	<b>0.139</b>	0.000	0.101	-	<b>0.101</b>
13	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P12	6'146	404.460	55.875	0.000	192.802	-	36.080
1	1.00	0.35								<b>0.180</b>	<b>0.181</b>	0.000	0.187	-	<b>0.187</b>
14	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P12	6'146	395.303	45.799	0.000	191.624	-	41.896
1	1.00	0.35								<b>0.148</b>	<b>0.147</b>	0.000	0.219	-	<b>0.219</b>
15	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P12	6'146	370.881	34.807	0.000	188.484	-	42.767
1	1.00	0.35								<b>0.119</b>	<b>0.116</b>	0.000	0.227	-	<b>0.227</b>
16	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P12	6'146	378.826	26.139	0.000	187.343	-	48.088
1	1.00	0.35								<b>0.098</b>	<b>0.099</b>	0.000	0.257	-	<b>0.257</b>
17	100 x 35		30.00	450.00	OK	N2	N6	14-2-P12	6'146	19.677	11.335	0.000	185.967	-	61.311
1	1.00	0.35								<b>0.096</b>	<b>0.096</b>	0.000	0.330	-	<b>0.330</b>
18	100 x 35		30.00	450.00	OK	N2	N6	14-2-P12	6'146	12.275	18.743	0.000	184.282	-	74.833
1	1.00	0.35								<b>0.187</b>	<b>0.188</b>	0.000	0.406	-	<b>0.406</b>
19	100 x 35		30.00	450.00	OK	N2	N6	14-2-P12	6'146	6.128	25.023	0.000	182.570	-	78.129
1	1.00	0.35								<b>0.268</b>	<b>0.266</b>	0.000	0.428	-	<b>0.428</b>
20	100 x 35		30.00	450.00	OK	N2	N6	14-2-P12	6'146	1.877	29.203	0.000	181.136	-	71.641
1	1.00	0.35								<b>0.322</b>	<b>0.318</b>	0.000	0.396	-	<b>0.396</b>
21	100 x 35		30.00	450.00	OK	N2	N6	14-2-P12	6'146	-0.034	30.666	0.000	181.136	-	4.411
1	1.00	0.35								<b>0.095</b>	<b>0.337</b>	0.000	0.024	-	<b>0.024</b>
22	100 x 35		30.00	450.00	OK	N2	N6	14-2-P12	6'146	-0.034	30.666	0.000	181.136	-	4.411
1	1.00	0.35								<b>0.095</b>	<b>0.337</b>	0.000	0.024	-	<b>0.024</b>
23	100 x 35		30.00	450.00	OK	N2	N6	14-2-P12	6'146	1.877	29.202	0.000	181.136	-	71.642
1	1.00	0.35								<b>0.322</b>	<b>0.318</b>	0.000	0.396	-	<b>0.396</b>
24	100 x 35		30.00	450.00	OK	N2	N6	14-2-P12	6'146	6.128	25.023	0.000	182.570	-	78.129
1	1.00	0.35								<b>0.268</b>	<b>0.266</b>	0.000	0.428	-	<b>0.428</b>
25	100 x 35		30.00	450.00	OK	N2	N6	14-2-P12	6'146	12.275	18.743	0.000	184.282	-	74.833
1	1.00	0.35								<b>0.187</b>	<b>0.188</b>	0.000	0.406	-	<b>0.406</b>

SECTION CHECKING															
MEMBER	SECTION PROPERTIES		fck	fyk	CHECK	LOAD CB	LOAD CB	Rebar	N_Rdmax	N_Ed	M_Edy	M_Edz	V_Rdc	V_Rds	V_Ed
SECTION	Bc (m)	Hc (m)	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		M-N iteration	V			Ratio-N	Ratio-My	Ratio-Mz	Ratio-Vc	Ratio-Vs	Ratio-V
26	100 x 35		30.00	450.00	OK	N2	N6	14-2-P12	6'146	19.678	11.335	0.000	185.967	-	61.311
1	1.00	0.35								<b>0.096</b>	<b>0.096</b>	0.000	0.330	-	<b>0.330</b>
27	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P12	6'146	378.827	26.139	0.000	187.343	-	48.088
1	1.00	0.35								<b>0.098</b>	<b>0.099</b>	0.000	0.257	-	<b>0.257</b>
28	100 x 35		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P12	6'146	370.881	34.807	0.000	188.484	-	42.767
1	1.00	0.35								<b>0.119</b>	<b>0.116</b>	0.000	0.227	-	<b>0.227</b>
29	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P12	6'146	395.303	45.799	0.000	191.624	-	41.895
1	1.00	0.35								<b>0.148</b>	<b>0.147</b>	0.000	0.219	-	<b>0.219</b>
30	100 x 35		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P12	6'146	404.460	55.874	0.000	192.802	-	36.079
1	1.00	0.35								<b>0.180</b>	<b>0.181</b>	0.000	0.187	-	<b>0.187</b>
31	100 x 40		30.00	450.00	OK	N5	N5	14-2-P14	7'149	411.990	60.358	0.000	210.193	-	21.181
2	1.00	0.40								<b>0.136</b>	<b>0.139</b>	0.000	0.101	-	<b>0.101</b>
32	100 x 45		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	7'946	403.353	60.358	0.000	221.756	-	92.370
3	1.00	0.45								<b>0.113</b>	<b>0.113</b>	0.000	0.417	-	<b>0.417</b>
33	100 x 50		30.00	450.00	OK	N5	N6	14-2-P14	8'743	395.005	35.419	0.000	235.682	-	120.880
4	1.00	0.50								<b>0.068</b>	<b>0.068</b>	0.000	0.513	-	<b>0.513</b>
34	100 x 50		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	8'743	382.350	53.540	0.000	236.609	-	97.603
4	1.00	0.50								<b>0.085</b>	<b>0.086</b>	0.000	0.413	-	<b>0.413</b>
35	100 x 50		30.00	450.00	OK	N6	N6	14-2-P14	8'743	375.015	67.737	0.000	236.243	-	122.632
4	1.00	0.50								<b>0.105</b>	<b>0.104</b>	0.000	0.519	-	<b>0.519</b>

Nachfolgend werden in tabellarischer Form die Ergebnisse der GZG -Nachweise am vollständigen CT5-IN Schnitt angeführt. Die Nachweise erfolgen unter der Annahme, dass die Lockerungslast für ein Regelquerprofil GA-T3 durch einen Faktor R=1.6 erhöht ist.

Di seguito si riportano in formato tabellare gli esiti delle verifiche allo SLE svolte sulla sezione CT5-IN integra. Le verifiche vengono svolte considerando il carico d'allentamento agente per un profilo tipo GA-T3 maggiorato del fattore R=1.6.

STRESS CONTROL												
MEMBER	SECTION PROPERTIES		LOAD CB	$\sigma_{ct, MAX}$	$\sigma_{ct, Adm}$	CHECK	$\sigma_{c, MAX}$	$\sigma_{c, Adm}$	CHECK	$\sigma_{s, MAX}$	$\sigma_{s, Adm}$	CHECK
SECTION	Bc (m)	Hc (m)		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
1	100 x 50		SLE - N6	1.37	2.90	OK	-1.73	-18.00	OK	6.21	360.00	OK
4	1.00	0.50										
2	100 x 50		SLE - N6	1.38	2.90	OK	-1.72	-18.00	OK	6.27	360.00	OK
4	1.00	0.50										
3	100 x 50		SLE - N6	1.24	2.90	OK	-1.57	-18.00	OK	5.61	360.00	OK
4	1.00	0.50										
4	100 x 50		SLE - N6	1.17	2.90	OK	-1.49	-18.00	OK	5.28	360.00	OK
4	1.00	0.50										
5	100 x 50		SLE - N6	1.24	2.90	OK	-1.57	-18.00	OK	5.61	360.00	OK
4	1.00	0.50										
6	100 x 50		SLE - N6	1.38	2.90	OK	-1.72	-18.00	OK	6.27	360.00	OK
4	1.00	0.50										
7	100 x 50		SLE - N6	1.37	2.90	OK	-1.73	-18.00	OK	6.21	360.00	OK
4	1.00	0.50										
8	100 x 50		SLE - N6	0.64	2.90	OK	-1.75	-18.00	OK	2.23	360.00	OK
4	1.00	0.50										
9	100 x 50		SLE - N6	0.37	2.90	OK	-1.50	-18.00	OK	1.25	360.00	OK
4	1.00	0.50										
10	100 x 50		SLE - N5	0.12	2.90	OK	-1.19	-18.00	OK	0.43	360.00	OK
4	1.00	0.50										
11	100 x 45		SLE - N5	0.64	2.90	OK	-1.96	-18.00	OK	1.89	360.00	OK
3	1.00	0.45										
12	100 x 40		SLE - N5	0.88	2.90	OK	-2.40	-18.00	OK	2.54	360.00	OK
2	1.00	0.40										
13	100 x 35		SLE - N5	1.14	2.90	OK	-2.84	-18.00	OK	2.99	360.00	OK
1	1.00	0.35										
14	100 x 35		SLE - N5	0.83	2.90	OK	-2.47	-18.00	OK	1.99	360.00	OK
1	1.00	0.35										
15	100 x 35		SLE - N6	0.58	2.90	OK	-2.15	-18.00	OK	1.70	360.00	OK
1	1.00	0.35										
16	100 x 35		SLE - N5	0.41	2.90	OK	-1.74	-18.00	OK	1.35	360.00	OK
1	1.00	0.35										
17	100 x 35		SLE - N2	0.36	2.90	OK	-1.62	-18.00	OK	1.39	360.00	OK
1	1.00	0.35										
18	100 x 35		SLE - N2	0.65	2.90	OK	-1.49	-18.00	OK	2.64	360.00	OK
1	1.00	0.35										
19	100 x 35		SLE - N2	0.90	2.90	OK	-2.21	-18.00	OK	3.69	360.00	OK
1	1.00	0.35										
20	100 x 35		SLE - N2	1.44	2.90	OK	-2.75	-18.00	OK	4.60	360.00	OK
1	1.00	0.35										
21	100 x 35		SLE - N2	1.66	2.90	OK	-2.95	-18.00	OK	5.57	360.00	OK
1	1.00	0.35										
22	100 x 35		SLE - N2	1.66	2.90	OK	-2.95	-18.00	OK	5.57	360.00	OK
1	1.00	0.35										
23	100 x 35		SLE - N2	1.44	2.90	OK	-2.75	-18.00	OK	4.60	360.00	OK
1	1.00	0.35										
24	100 x 35		SLE - N2	0.90	2.90	OK	-2.21	-18.00	OK	3.69	360.00	OK
1	1.00	0.35										
25	100 x 35		SLE - N2	0.65	2.90	OK	-1.49	-18.00	OK	2.64	360.00	OK
1	1.00	0.35										

STRESS CONTROL												
MEMBER	SECTION PROPERTIES		LOAD CB	$\sigma_{ct, MAX}$	$\sigma_{ct, Adm}$	CHECK	$\sigma_c, MAX$	$\sigma_c, Adm$	CHECK	$\sigma_s, MAX$	$\sigma_s, Adm$	CHECK
SECTION	Bc (m)	Hc (m)		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
26	100 x 35		SLE - N2	0.36	2.90	OK	-1.62	-18.00	OK	1.39	360.00	OK
1	1.00	0.35										
27	100 x 35		SLE - N5	0.41	2.90	OK	-1.74	-18.00	OK	1.35	360.00	OK
1	1.00	0.35										
28	100 x 35		SLE - N6	0.58	2.90	OK	-2.15	-18.00	OK	1.70	360.00	OK
1	1.00	0.35										
29	100 x 35		SLE - N5	0.83	2.90	OK	-2.47	-18.00	OK	1.99	360.00	OK
1	1.00	0.35										
30	100 x 35		SLE - N5	1.14	2.90	OK	-2.84	-18.00	OK	2.99	360.00	OK
1	1.00	0.35										
31	100 x 40		SLE - N5	0.88	2.90	OK	-2.40	-18.00	OK	2.54	360.00	OK
2	1.00	0.40										
32	100 x 45		SLE - N5	0.64	2.90	OK	-1.96	-18.00	OK	1.89	360.00	OK
3	1.00	0.45										
33	100 x 50		SLE - N5	0.12	2.90	OK	-1.19	-18.00	OK	0.43	360.00	OK
4	1.00	0.50										
34	100 x 50		SLE - N6	0.37	2.90	OK	-1.50	-18.00	OK	1.25	360.00	OK
4	1.00	0.50										
35	100 x 50		SLE - N6	0.64	2.90	OK	-1.75	-18.00	OK	2.23	360.00	OK
4	1.00	0.50										

#### 4.3 NACHWEIS DES AUSBAUS - BRAND

##### 4.3.1 Nachweis des Ausbaus GA

Nachfolgend werden in tabellarischer Form die Ergebnisse der außerordentlichen GZT -Nachweise im Brandfall angeführt und zwar für die Widerlager der vollständigen GA angrenzend an den Anschlussbereich. Die Nachweise erfolgen unter der Annahme, dass die Lockerungslast für ein Regelquerprofil T3 durch einen Faktor R=1.6 erhöht ist.

#### 4.3 VERIFICA DEI RIVESTIMENTI - INCENDIO

##### 4.3.1 Verifica rivestimenti GA

Di seguito si riportano in formato tabellare gli esiti delle verifiche allo SLU accidentale per il caso incendio svolte sui ritti della GA integra adiacente la zona di innesto. Le verifiche vengono svolte considerando il carico d'allentamento agente per un profilo tipo T3 maggiorato del fattore R=1.6.

SECTION CHECKING - FIRE COMBINATIONS LOAD															
MEMBER	SECTION PROPERTIES		fck	fyk	CHECK	LOAD CB	LOAD CB	Rebar	N_Rdmax	N_Ed	M_Edy	M_Edz	V_Rdc	V_Rds	V_Ed
SECTION	Bc (m)	Hc (m)	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		M-N iteration	V			Ratio-N	Ratio-My	Ratio-Mz	Ratio-Vc	Ratio-Vs	Ratio-V
23(M+N) / 28(V)	100 x 35		30.00	360.00	OK	N21	N22	14-2-P14	5'555	563.577	24.472	0.000	186.470	-	46.657
1	1.00	0.30								0.141	0.141	0.000	0.250	-	0.250
22(M+N) / 22(V)	100 x 40		30.00	360.00	OK	N21	N21	14-2-P14	6'352	569.769	39.900	0.000	214.056	-	36.177
2	1.00	0.35								0.142	0.145	0.000	0.169	-	0.169
21(M+N) / 21(V)	100 x 45		30.00	360.00	OK	N21	N21	14-2-P14	7'149	576.573	54.777	0.000	231.795	-	34.105
3	1.00	0.40								0.140	0.142	0.000	0.147	-	0.147
20(M+N) / 20(V)	100 x 50		30.00	360.00	OK	N21	N21	6-2-P14	7'504	583.729	67.008	0.000	248.863	-	27.807
4	1.00	0.45								0.148	0.149	0.000	0.112	-	0.112
16(M+N) / 16(V)	100 x 57		30.00	360.00	OK	N22	N21	14-2-P14	9'062	159.935	97.429	0.000	213.572	-	157.443
5	1.00	0.52								0.332	0.335	0.000	0.737	-	0.737
17(M+N) / 17(V)	100 x 35		30.00	360.00	OK	N22	N21	14-2-P14	5'555	546.934	46.005	0.000	195.154	-	179.114
7	1.00	0.30								0.193	0.195	0.000	0.918	-	0.918
15(M+N) / 14(V)	100 x 60		30.00	360.00	OK	N22	N22	14-2-P14	9'540	144.094	97.429	0.000	217.707	-	41.281
9	1.00	0.55								0.313	0.319	0.000	0.190	-	0.190

##### 4.3.2 Nachweis des Ausbaus CT5-IN

Nachfolgend werden in tabellarischer Form die Ergebnisse der außerordentlichen GZT -Nachweise im Brandfall angeführt und zwar für den Regelschnitt CT5-IN, vollständig. Die Nachweise erfolgen unter der Annahme, dass die Lockerungslast für ein Regelquerprofil GA-T3 durch einen Faktor R=1.6 erhöht ist.

##### 4.3.2 Verifica rivestimenti CT5-IN

Di seguito si riportano in formato tabellare gli esiti delle verifiche allo SLU accidentale per il caso incendio svolte sulla sezione tipo CT5-IN integra. Le verifiche vengono svolte considerando il carico d'allentamento agente per un profilo tipo GA-T3 maggiorato del fattore R=1.6.

SECTION CHECKING - FIRE COMBINATIONS LOAD															
MEMBER	SECTION PROPERTIES		fck	fyk	CHECK	LOAD CB	LOAD CB	Rebar	N_Rdmax	N_Ed	M_Edy	M_Edz	V_Rdc	V_Rds	V_Ed
SECTION	Bc (m)	Hc (m)	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		M-N iteration	V			Ratio-N	Ratio-My	Ratio-Mz	Ratio-Vc	Ratio-Vs	Ratio-V
13(M+N) / 24(V)	100 x 35		30.00	360.00	OK	N22	N22	14-2-P14	5'349	288.533	30.609	0.000	156.061	-	50.684
1	1.00	0.30								0.131	0.131	0.000	0.325	-	0.325
12(M+N) / 12(V)	100 x 40		30.00	360.00	OK	N21	N21	14-2-P14	6'352	293.637	34.330	0.000	178.553	-	16.798
2	1.00	0.35								0.103	0.104	0.000	0.094	-	0.094
11(M+N) / 32(V)	100 x 45	100 x 45	30.00	360.00	OK	N21	N22	14-2-P14	7'149	288.213	34.330	0.000	193.022	-	58.969
3	1.00	0.40								0.082	0.083	0.000	0.306	-	0.306
6(M+N) / 35(V)	100 x 50		30.00	360.00	OK	N22	N22	14-2-P14	7'946	92.663	50.901	0.000	208.116	-	79.154
4	1.00	0.45								0.216	0.215	0.000	0.380	-	0.380